

NCIT 2016

The 8th National Conference on Information Technology

การประชุมวิชาการระดับประเทศทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 8



การวิเคราะห์ความผิดปกติข้อมูลการใช้ไฟฟ้าด้วยนาอ็อบเบย์

วุฒิชัย กำจรกิจกิจคุณ¹ และ ชัยพร เขมะภาคะพันธ์²

^{1,2}สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Email: ¹kamchonkitticoon@gmail.com, ²chaiyaporn.k@eng.dpu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการคัดกรองความผิดปกติของข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading : AMR) ของผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งอาศัยการนำสถิติการใช้ไฟฟ้ามาวิเคราะห์หาสาเหตุอันก่อให้เกิดความผิดปกติ โดยใช้เทคนิคนาอ็อบเบย์ (Naive Bayes) เพื่อหาความน่าจะเป็นของความผิดปกติที่เกิดขึ้นและจำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขเนื่องจากอุปกรณ์ชำรุด แยกออกจากพฤติกรรมการใช้กำลังไฟฟ้าที่ไม่สมดุล

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองโดยการวิเคราะห์รูปแบบการใช้กำลังไฟฟ้ารายเดือนควบคู่กับความสัมพันธ์ของพลังงานที่ใช้ในแต่ละเฟส ส่งผลให้จำนวนครั้งในการตรวจสอบที่ไม่จำเป็นลดลงเมื่อเทียบกับการดำเนินการแบบเดิมที่ต้องตรวจสอบทุกกรณี และยังเสริมสร้างความน่าเชื่อถือให้กับระบบไฟฟ้าอีกด้วย

คำสำคัญ-- ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (AMR); การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค; นาอ็อบเบย์

Abstract

This paper proposed the Provincial Electricity Authority (PEA) commercial and industrial customer's energy load profile filtering fault method, which use Automatic Meter Reading System (AMR) data. This paper presents finding the probability of failure by Naive Bayes method which separate to be asymmetric power usage and device failure.

The results of the experiment by analyzing the pattern of power monthly report and the relation of each phase energy. As a result, the number of unnecessary surveying decrease than the legacy process significantly and also enhance the reliability of electrical system.

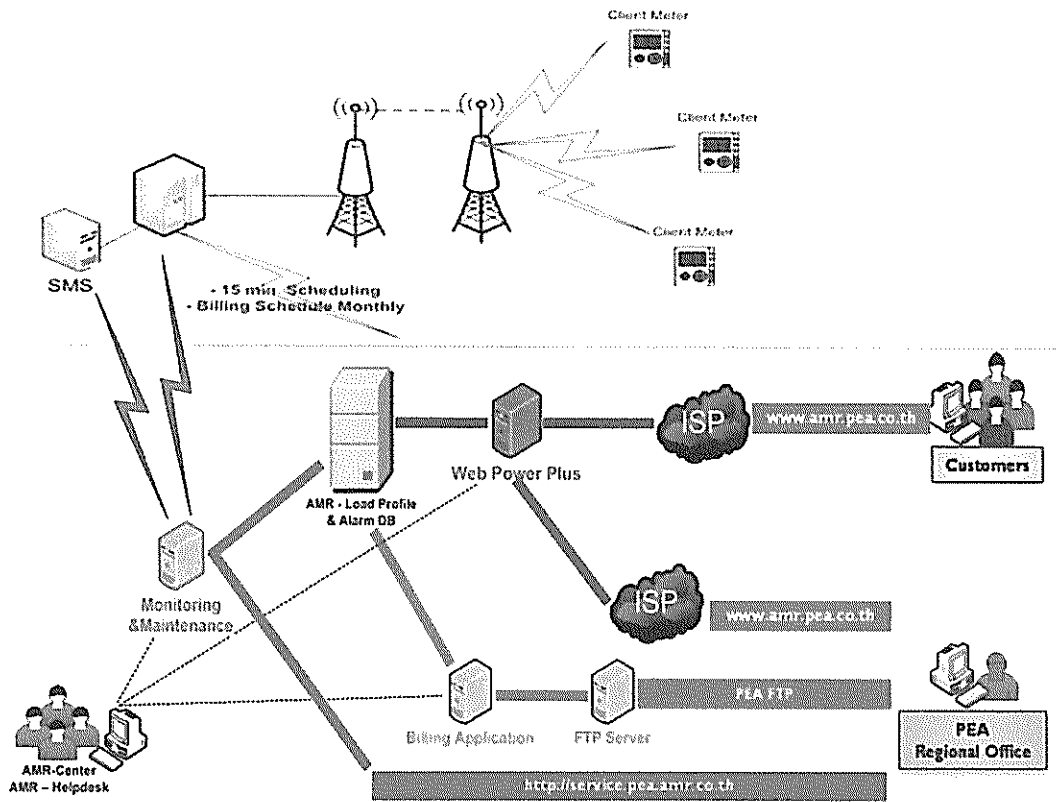
Keywords – Automatic Meter Reading (AMR); Provincial Electricity Authority (PEA); Naive Bayes

1. ที่มาและความสำคัญ

ระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) คือการผนวกระหว่างโครงข่ายไฟฟ้า การสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศเข้าด้วยกันเพื่อจัดการระบบผลิต ระบบสายส่ง ระบบจำหน่าย รวมถึงการควบคุมการใช้ไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของระบบจำหน่ายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้านั้นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการควบคุมได้คือ โครงสร้างพื้นฐานสำหรับการวัดค่าขั้นสูง (Advanced Metering Infrastructure: AMI) ซึ่งมีความสามารถในการอ่านหน่วยอัตโนมัติ (AMR) ทำให้ทราบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้บริโภคได้อย่างเป็นปัจจุบันนำไปสู่การบริหารการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้มีการใช้งานระบบมิเตอร์อ่านหน่วยอัตโนมัติ (AMR) โดยติดตั้งมิเตอร์ให้กับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่เพื่อให้ได้มาซึ่งหน่วยการใช้ไฟฟ้าประจำเดือนโดยไม่ต้องส่งพนักงานไปอ่านหน่วย อีกทั้งผู้ใช้ไฟฟ้ายังสามารถตรวจสอบข้อมูลการใช้พลังงานของตนเองผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้อีกด้วย[1] โดยมีเตอร์จะส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์สื่อสารให้กับระบบทุกๆ 15 นาที ข้อมูลที่ได้จะถูกรวบรวมและจัดเก็บในฐานข้อมูลซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ให้เกิดประโยชน์ได้มากมายดังรูปที่ 1.

ในการปฏิบัติงานเจ้าหน้าที่จะต้องนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ หากตรวจพบว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้น จะเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบและแก้ไขการทำงานของอุปกรณ์ให้ถูกต้อง แม่นยำ และมีประสิทธิภาพ ความผิดปกติที่ตรวจพบนั้นมีหลายกรณี เช่น กระแสไฟฟ้าบางเฟสมีค่าเท่ากับศูนย์, มีการใช้กระแสไฟฟ้าสูงกว่าขีดจำกัดของอุปกรณ์เครื่องวัด, ระดับแรงดันต่ำกว่าปกติ เป็นต้น ซึ่งความผิดปกติที่ตรวจพบบางประการอาจเกิดขึ้นจากสาเหตุลักษณะการใช้ไฟฟ้าจริงของลูกค้าโดยไม่มีอุปกรณ์ใดชำรุดหรือผิดปกติไปจากเดิม แต่ระบบไม่



รูปที่ 1. ระบบการจัดการข้อมูลมิเตอร์ AMR ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค[1]

สามารถทราบสาเหตุที่แน่ชัดนั้นได้จนกว่าจะส่งพนักงานเข้าไปตรวจสอบซึ่งมีค่าใช้จ่ายมาก

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการคัดกรองความผิดปกติจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้า โดยอาศัยการนำสถิติการใช้ไฟฟ้ามาจำแนกตามสาเหตุที่เป็นไปได้ด้วยสมการคณิตศาสตร์ และใช้เทคนิคนาอ็ฟเบย์ (Naïve Bayes) ในการหาความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดปกติที่ต้องดำเนินการแก้ไข เพื่อช่วยลดจำนวนครั้งของการตรวจสอบความผิดปกติ ทำให้ภาระงานของพนักงานผู้เกี่ยวข้องและค่าใช้จ่ายในการเดินทางลดลง รวมถึงเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าอีกด้วย

2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 นาอ็ฟเบย์

เป็นทฤษฎีทางด้านสถิติโดยมีพื้นฐานมาจากกฎของเบย์โดยใช้ความน่าจะเป็นมาประเมินความไม่แน่นอนออกมาเป็นตัวเลข เมื่อกล่าวถึงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (A) ถ้ามีเหตุการณ์อีกเหตุการณ์หนึ่งเกิดมาแล้ว (B) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปอย่างง่าย [2] ดังสมการที่ 1

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

$P(A|B)$ คือ ความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์ A จะเกิดขึ้นถ้าเหตุการณ์ B เกิดขึ้นแล้ว

$P(B|A)$ คือ ความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์ B จะเกิดขึ้นถ้าเหตุการณ์ A เกิดขึ้นแล้ว

$P(A)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ A

$P(B)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ B

นาอ็ฟเบย์จัดเป็นเทคนิคในการแก้ปัญหาแบบ classification ที่สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์และสามารถอธิบายได้ด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพื่อใช้ในการสร้างเงื่อนไขความน่าจะเป็นสำหรับแต่ละความสัมพันธ์ นาอ็ฟเบย์จึงเป็นการจำแนกข้อมูลวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ มีการทำงานที่ไม่ซับซ้อน เหมาะกับกรณีของเซตตัวอย่างที่มีจำนวนมากและคุณสมบัติ (Attribute) ของตัวอย่างไม่ขึ้นต่อกัน โดยกำหนดให้ความน่าจะเป็นของข้อมูลเป็นดังสมการที่ 2

$$P(A_1, A_2, \dots, A_n | V_j) = \prod_{i=1}^n P(A_i | V_j) \quad (2)$$

กลุ่ม V_j สำหรับข้อมูลที่มีคุณสมบัติ n ตัว

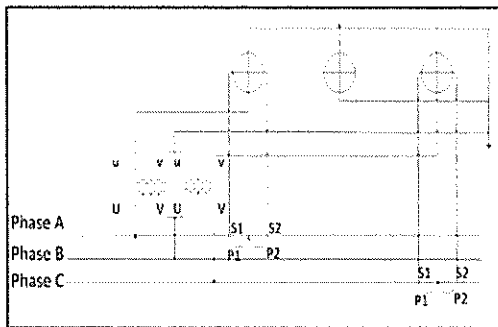
$X = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ หรือใช้สัญลักษณ์ว่า $P(A_1, A_2, \dots, A_n | V_j)$ โดยที่ Π หมายถึงผลคูณของค่า $P(A_i | V_j)$ ทั้งหมด $i = 1, 2, 3, \dots, n$ และ $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ดังนั้นจะได้วิธีการจำแนกประเภทแบบหาอีพเบย์ดังสมการที่ 3

$$V_{NB} = \arg \max P(V_j) \times \prod_{i=1}^n P(A_i | V_j) \quad (3)$$

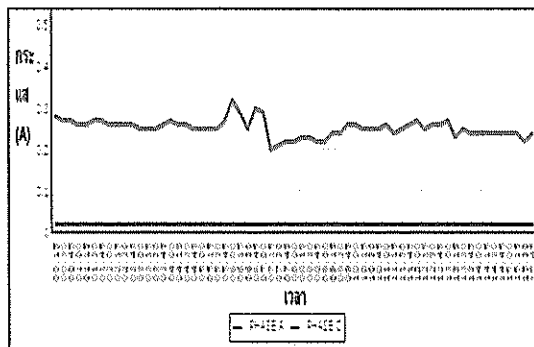
การนำเอาอีพเบย์มาใช้ในการวิเคราะห์ความผิดปกติของข้อมูลการใช้ไฟฟ้านั้นจะทำการหาความน่าจะเป็นของความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์หรือ $P(A)$ เปรียบเทียบกับความน่าจะเป็นของความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของลูกค้ายหรือ $P(B)$ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วค่าใดมากกว่า แสดงว่าความผิดปกติดังกล่าวน่าจะเกิดจากสาเหตุนั้น

2.2 กำลังไฟฟ้าไม่สมดุล (Asymmetric Power)

ในการวัดกำลังไฟฟ้าจะใช้ชุดหม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดัน 2 ชุด เพื่อวัดกำลังไฟฟ้าทั้งสามเฟส ดังรูปที่ 2. โดยปัญหาที่มักตรวจพบจากลักษณะการใช้ไฟฟ้าของมิเตอร์ประเภทนี้คือ การใช้กำลังไฟฟ้าไม่สมดุล อันมีปัจจัยมาจากลักษณะการใช้กระแสไฟฟ้าแต่ละเฟสมีความแตกต่างกันเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดดังรูปที่ 3.



รูปที่ 2. วงจรการวัดกำลังไฟฟ้าสามเฟสโดยใช้หม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดัน 2 ชุด



รูปที่ 3. การใช้กระแสไฟฟ้าแต่ละเฟสแตกต่างกันในแต่ละเวลา

สาเหตุที่ก่อให้เกิดความผิดปกตินี้สามารถแบ่งออกได้เป็นสองกรณีคือ 1. ผู้ใช้ไฟฟ้าใช้โหลดไม่สมดุลกันซึ่งไม่กระทบกับค่าไฟฟ้า 2. อุปกรณ์ชำรุด เช่น มิเตอร์ หม้อแปลงกระแส เป็นต้น จะทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อน จำเป็นต้องเร่งดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขให้กลับมามีค่าได้อย่างถูกต้อง[3]

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ความผิดปกติกรณีการใช้กำลังไฟฟ้าไม่สมดุล ซึ่งจำแนกระหว่างสาเหตุที่ไม่กระทบต่อค่าไฟฟ้ากับสาเหตุที่ต้องเร่งดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขให้กลับมาทำงานอย่างถูกต้อง โดยอาศัยข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (Load Profile) ที่ได้จากระบบ AMR

3.1 การเตรียมข้อมูล

นำข้อมูลจากการส่งพนักงานส่วนที่เกี่ยวข้องออกตรวจสอบความผิดปกติที่จุดติดตั้งมิเตอร์ตามใบงานในระบบแจ้งเดือนความผิดปกติของมิเตอร์ AMR : AMR Maintenance System) โดยใบงานกรณีกำลังไฟฟ้าไม่สมดุลนั้นเกิดจากการคัดกรองข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าที่มีความแตกต่างกันระหว่างเฟสมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงเปิดใบงานให้พนักงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการตรวจสอบอุปกรณ์ ณ จุดติดตั้ง ในที่นี้จะสุ่มข้อมูลใบงานเฉพาะที่มีสาเหตุการตรวจสอบเป็นกำลังไฟฟ้าไม่สมดุลมา 60 ตัวอย่าง (ได้จากข้อมูลจริงของปี 2559 จากระบบ AMR Maintenance) โดยแยกผลการตรวจสอบออกเป็นสองกลุ่มคืออุปกรณ์ชำรุด (Class = A) และเป็นพฤติกรรมการใช้ไฟจริงของลูกค้าย (Class = B)

จากนั้นพิจารณาหา Attributes ที่เหมาะสมโดยอาศัยทางสถิติสำหรับคัดแยกกว่าใบงานใดมีสาเหตุความผิดปกติจากอะไรแล้วนำข้อมูลการใช้ไฟของแต่ละใบงานมาวิเคราะห์ตาม Attributes ที่ได้ โดยในการทดลองได้พิจารณา Attributes ที่เหมาะสมมา 3 Attributes ดังนี้

1. หากอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าพลังงานชำรุด เช่น หม้อแปลงกระแสหรือหม้อแปลงแรงดันชำรุด จะส่งผลให้กำลังไฟฟ้าเฟสใดเฟสหนึ่งมีค่าเท่ากับศูนย์ ต้องเร่งแก้ไขให้กลับมาทำงานได้ปกติ จึงกำหนดให้ $C_1 = 1$ หมายความว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นกับเฟสที่เป็นศูนย์ (ในที่นี้มีความเป็นไปได้ทั้งกระแส แรงดัน และตัวประกอบกำลังจะมีค่าเป็นศูนย์) แต่อีกเฟสหนึ่งยังสามารถวัดค่าได้ดังสมการที่ 4

$$P_{AB} \times P_{CB} = 0 \quad (4)$$

โดยที่ P_{AB} คือ กำลังไฟฟ้าเฟส A

และ P_{CB} คือ กำลังไฟฟ้าเฟส C

แต่ถ้ากำลังไฟฟ้าทั้งสองเฟสมีค่าปกติจะกำหนดให้ $C_1 = 0$

2. โดยทั่วไปหากการเกิดปัญหาหากกำลังไฟฟ้าไม่สมดุลโดยมีผลมาจากพฤติกรรมการใช้โหลดตามปกติของผู้ใช้ไฟฟ้าย่อมไม่ส่งผลกับหน่วยการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนมากนักด้วยเหตุนี้จึงได้พิจารณาหาหน่วยการใช้ไฟฟ้าของเดือนนั้นๆ หากลดลง 25% หรือเพิ่มขึ้น 100% จากหน่วยการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยสามเดือนก่อนหน้า จะกำหนดให้ $C_2 = 1$ แต่หากมีความแตกต่างไม่เกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด $C_2 = 0$ ซึ่งเป็นไปตามระเบียบปฏิบัติของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [4] ดังสมการที่ 5 นั้นหมายความว่าอาจมีการใช้ไฟฟ้าตามพฤติกรรมที่ไม่เป็นไปตามปกติ

$$E_{ave} = \frac{E_T(n-1) + E_T(n-2) + E_T(n-3)}{3} \quad (5)$$

โดยที่ E_T คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในแต่ละเดือน

E_{ave} คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยรวมเฉลี่ย

และ n คือ เดือนที่เกิดความผิดปกติ

3. หากรูปแบบกำลังไฟฟ้าของแต่ละเฟสในทุกๆ 15 นาที (interval) มีการเปลี่ยนแปลงไปซึ่งไม่สอดคล้องกับรูปแบบของ interval ก่อนหน้า ซึ่งโดยทั่วไปการวัดพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ชุดหม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดัน 2 ชุด จะทำให้ค่าพลังงานทั้งสองเฟสมีความสมมาตรหรือมีลักษณะการใช้พลังงานเพิ่ม-ลดในรูปแบบเดียวกัน จึงกำหนดให้ $C_3 = 1$ แต่หากมีความสอดคล้องกันจะกำหนดให้ $C_3 = 0$ โดยการพิจารณาว่าสอดคล้องกันหรือไม่จะใช้การ Correlation กันระหว่างกำลังไฟฟ้าทั้งสองเฟส ดังสมการที่ 6

$$-1 \leq \text{Corr}(P_{AB}, P_{CB}) \leq 0 \quad (6)$$

การ Correlation แล้วได้ค่า 0 หมายถึงไม่สามารถหาความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าทั้งสองเฟสได้ และค่า -1 หมายความว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม

3.2 การสร้างข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (Training set)

ทำการแปลงข้อมูลในข้อ 3.1 ให้เป็นค่าตามที่กำหนดให้อยู่ในรูปของ array ดังตารางที่ 1.

ตาราง 1. ข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (Training set)

โบราณที่	C_1	C_2	C_3	Class
1	1	1	1	A
2	0	1	0	B
3	0	0	0	B
4	1	0	1	A
5	0	0	0	B
⋮				
60	1	1	0	A

จากตารางที่ 1. สามารถสรุปเป็น Learning Phase ได้ดังนี้

โดย $P(A)$ คือความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์ชำรุด และ $P(B)$ คือความน่าจะเป็นที่เกิดจากพฤติกรรมการใช้ไฟจริงของลูกค้า โดยทั้งสองค่านี้ได้จากสถิติของสาเหตุการเกิดกำลังไฟฟ้าไม่สมดุลทั้งหมดที่สุ่มมา

ตาราง 2. Learning Phase

Attributes	Class = A	Class = B
$C_1 = 0$	5/22	17/22
$C_1 = 1$	20/38	18/38
$C_2 = 0$	10/39	29/39
$C_2 = 1$	15/21	6/21
$C_3 = 0$	12/45	33/45
$C_3 = 1$	13/15	2/15
P(A) = 25/60		P(B) = 35/60

4. ผลการทดลอง

นำข้อมูลจากการส่งพนักงานส่วนที่เกี่ยวข้องออกตรวจสอบความผิดปกติ ณ จุดติดตั้งมิเตอร์ตามโรงงานในระบบแจ้งเตือนความผิดปกติของมิเตอร์ AMR : AMR Maintenance System) เพื่อใช้เป็น Test set จำนวน 30 ตัวอย่าง ซึ่งได้ผลการทดสอบของการใช้ทฤษฎีนาอิว์เบย์มาช่วยวิเคราะห์โดยสามารถบ่งบอกสาเหตุของการเกิดความผิดปกติประเภทการใช้กำลังไฟฟ้าไม่สมดุลได้ ดังรูปที่ 4. และวัดประสิทธิภาพของวิธีการคัดกรองสาเหตุความผิดปกติโดยใช้นาอิว์เบย์มาช่วย ซึ่งสามารถวัดความถูกต้องได้ดังสมการที่ 7 ซึ่งได้ค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 70

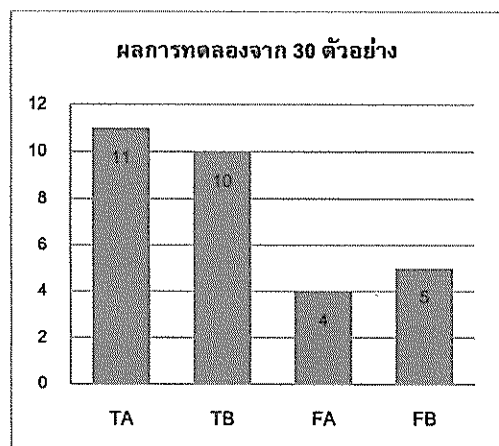
$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \frac{TA+TB}{TA+FA+TB+FB} \times 100 \quad (7)$$

โดยที่ TA คือ จำนวนตัวอย่างที่อุปกรณ์ชำรุด (Class = A) และทำนายได้ว่าอยู่ (Class = A)

TB คือ พฤติกรรมการใช้ไฟจริงของลูกค้า (Class = B) และทำนายได้ว่าอยู่ (Class = B)

FA คือ จำนวนตัวอย่างที่อุปกรณ์ชำรุด (Class = A) แต่ทำนายได้ว่าอยู่ (Class = B)

FB คือ พฤติกรรมการใช้ไฟจริงของลูกค้า (Class = B) แต่ทำนายได้ว่าอยู่ (Class = A)



รูปที่ 4. ผลการทดลองใช้นาอีฟเบย์ในการวิเคราะห์สาเหตุความผิดปกติประเภทการใช้กำลังไฟฟ้าไม่สมดุล

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จะเห็นได้ว่าการใช้นาอีฟเบย์มาช่วยในการวิเคราะห์ความผิดปกติจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้านั้น เป็นแนวคิดที่สามารถช่วยลดภาระงานที่เกิดขึ้นโดยไม่จำเป็น หมายถึงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางและค่าแรงปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลงได้นอกจากความผิดปกติประเภทกำลังไฟฟ้าไม่สมดุลที่ได้ทดลองแล้วนั้น ยังสามารถใช้แนวคิดนี้สำหรับแก้ปัญหาความผิดปกติในเรื่องอื่นๆ ซึ่งหากกำหนดเงื่อนไข (Attributes) ที่สอดคล้องและมีผลกระทบต่อวิเคราะห์แล้ว สามารถสร้างเป็นระบบตรวจจับความผิดปกติจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้า อาจทราบถึงพฤติกรรมการละเมิดการใช้ไฟฟ้าได้อีกด้วย

6. งานที่คาดว่าจะดำเนินการต่อ

ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างนาอีฟเบย์กับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเพื่อหาว่าอัลกอริทึมใดสามารถให้ความแม่นยำในการทำนายได้มากกว่า

เอกสารอ้างอิง

- [1] Worawat Ladarat and Sumate Naetiladdanon, "PEA Automatic Meter Reading System : Progress and Lesson Learned," Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON) 12th, 24-27 June 2015, page 1-5.
- [2] บุญเสริม กิจศิริกุล. อัลกอริทึมการทำเหมืองข้อมูล. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [3] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, "คู่มือการใช้งานระบบตรวจสอบความผิดปกติของมิเตอร์ (AMR) : AMR Monitoring System), "ครั้งที่ 1, 31 สิงหาคม 2559
- [4] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, "ระเบียบ กฟภ. ว่าด้วยการตรวจสอบมิเตอร์และมาตรการป้องกันการละเมิดการใช้ไฟฟ้า พ.ศ.2559," ฉบับที่ 1, 1 กรกฎาคม 2559.
- [5] ชัยพร เขมระภาคพันธ์ และ นนท์ บุญนิริประเสริฐ, "การกรองข้อความภาษาไทยและภาษาอังกฤษของบริการส่งข้อความสั้นบนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่," National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT) 5th, 2009.
- [6] พัชรภรณ์ สิทธิคำฟู และ มาลีรัตน์ โสदानิล, "การจำแนกหมวดหมู่ข้อความข่าวสารภัยพิบัติอุทกภัยจากแหล่งข้อมูลสาธารณะภาษาไทย," National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT) 11th, 2015.
- [7] Sundus Hassan, Muhammad Rafi, and Muhammad Shahid Shaikh, "Comparing SVM and Naive Bayes Classifiers for Text Categorization with Wikitology as knowledge enrichment", Multitopic Conference (INMIC)14th, 22-24 Dec. 2011, page 31-34.