วิธีประเมินมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมโรงสีข้าว

An Assessment Method of Customer Outage Cost of Rice Mill Industries

เฉลียว เกตุแก้ว อรอุไร หนูหอม ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์ และวินัย พฤกษะวัน
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ศูนย์สุพรรณบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Email: kchaliew@yahoo.com, nonurai@hotmail.com, fengdur@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีประเมินมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับของอุตสาหกรรมโรงสีข้าวด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซี และวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติ แบบจำลองมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับนี้เป็นแบบจำลองแบบแยกประเภทอุตสาหกรรมตามรหัสมาตรฐานอุตสาหกรรมประเทศไทย รหัส TSIC 31161 โดยใช้ข้อมูลจากผู้ใช้ไฟประเภทอุตสาหกรรมโรงสีข้าวที่มีขนาดกำลังการผลิตระหว่าง 100 ถึง 2,000 ตันต่อวัน สร้างแบบจำลองมูลค่าความเสียหายโดยใช้ข้อมูลโรงสีข้าว 10 แห่ง และในการทดสอบแบบจำลองใช้ข้อมูลโรงสีข้าว 5 แห่ง ในส่วนของข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย ขนาดกำลังการผลิตของโรงสีข้าว ค่ากระแสไฟฟ้าของโรงสีข้าว และระยะเวลาเริ่มกระบวนการผลิตใหม่ของกระบวนการสีข้าว บทความนี้ได้นำเสนอวิธีเลือกใช้แบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟประเภทอุตสาหกรรมโรงสีข้าวระหว่างวิธีวิเคราะห์ความถดถอยทั้งสองแบบ เพื่อให้ได้ผลประเมินมูลค่าความเสียหายใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าทั้งของผู้ใช้ไฟฟ้า และการไฟฟ้าผู้ดูแลระบบจำหน่ายไฟฟ้าต่อไป

คำสำคัญ :

มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับ วิธีวิเคราะห์ความถดถอยฟัซซี อุตสาหกรรมโรงสีข้าว การวางแผนบำรุงรักษา

Abstract

This paper presents assessment methods of customer outage cost of rice mill factories using fuzzy regression and statistic regression. Therefore, the customer outage cost models can be used for those classified as the Thai Standard Industrial Classification (TSIC) group of 31161. Ten rice mill factories randomly selected from the surveyed factories are used to develop the

customer outage cost models. Also, another five factories are spared for testing the above models. The key factors such as production rate, cost of electricity bill and restarting time are used as the input variables. On the other hand, the customer outage cost is the output variable of the models. The paper also presents the selection criteria for the models resulted from the fuzzy regression and statistic regression in order to achieve the most reliable outage cost assessment. The results can be applied for preventive maintenance planning of those customers and power distribution system utilities.

Keywords :

customer outage cost, fuzzy regression, rice mill industry, maintenance planning

1. คำนำ

อุตสาหกรรมโรงสีข้าวในประเทศไทยมีจำนวนมาก และมีโรงสีที่มีกำลังการผลิตสูงระดับร้อยตันต่อวันขึ้นไปมีจำนวนหลายร้อยแห่ง เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ผู้ให้บริการระบบจำหน่ายไฟฟ้าจำเป็นต้องทราบมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟซึ่งเป็นลูกค้า เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนจัดลำดับความสำคัญในการลงทุนปรับปรุงและบำรุงรักษาระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า [1-2] เพื่อให้ เกิดผลกระทบน้อยที่สุดต่อผู้ใช้ไฟ รวมถึงลูกค้าเองจำเป็น ต้องทราบความเสียหายในส่วนโรงงานของตนเองด้วย ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการลงทุนป้องกันสาเหตุความขัดข้องต่างๆ ภายในโรงงาน

บทความนี้นำเสนอแบบจำลองความเสียหายจากไฟฟ้าดับด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยทั้งแบบฟัซซีและแบบสถิติ ซึ่งวิธีเหล่านี้เป็นที่นิยมในงานวิจัยต่างๆ ทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงประยุกต์ [3-5] วิธีวิเคราะห์ความ ถดถอยฟัซซี (Fuzzy Regression) เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เมื่อวิธีวิเคราะห์ความถดถอยทางสถิติ (Statistic or Conventional Regression) ไม่เหมาะต่อการใช้งาน เช่น จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์น้อยเกินไป ตรวจสอบลักษณะการกระจายข้อมูลได้ยาก ข้อมูลมีความ สัมพันธ์ที่ไม่ชัดเจนระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม เป็นต้น [6]

วิธีวิเคราะห์ความถดถอยทางสถิตินั้นวัดผลความคลาดเคลื่อนจากค่าที่สังเกต (Observed) หรือค่าจริงเปรียบเทียบกับค่าที่ประมาณได้ (Estimated) วิธีวิเคราะห์ความถดถอยฟัซซีเป็นการประยุกต์วิธีการฟัซซีร่วมกับวิธีการทางสถิติ ซึ่งผู้สร้างแบบจำลองสามารถตัดสินใจเลือกค่าความเป็นสมาชิก (Membership Value) ซึ่งเป็นตัวกำหนดระดับความพอดีของข้อมูล (Degree of Fitness) [3] ทำให้ได้แบบจำลองที่มีค่าฟัซซีพารามิเตอร์ประกอบด้วยค่ากลาง (Center) และความกว้าง (Width)

2. วิธีการ

2.1 ฟังก์ชันความเสียหายผู้ใช้ไฟฟ้า

ฟังก์ชันความเสียหายผู้ใช้ไฟเฉพาะราย (Customer Damage Function ; CDF) [13-16] ฟังก์ชันนี้ ประกอบด้วยค่าความเสียหายต่อครั้ง (Initial Outage Cost; IC) และค่าความเสียหายต่อระยะเวลา (Duration Outage Cost; DC) แสดงดังสมการที่ (1)

$$CDF(t) = DC.t + IC \quad (1)$$

เมื่อ

CDF ฟังก์ชันความเสียหายผู้ใช้ไฟ(บาทต่อครั้ง)

IC ค่าความเสียหายเริ่มต้นเมื่อเกิดไฟดับหรือไฟกะพริบ (บาท)

DC ค่าความเสียหายต่อระยะเวลาไฟดับ (บาทต่อชั่วโมง)

I ระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยต่อครั้ง (นาที)

2.2 การวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซี

การวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซีเริ่มต้นโดย H.Tanaka และคณะ [3] นำหลักการของตรรกะแบบคลุมเครือ (Fuzzy logic) ของ L.A. Zadeh [8] มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความถดถอย ซึ่งมีความแตกต่างจากวิธีวิเคราะห์ความถดถอยทางสถิติแบบเดิม เนื่องจากการวิเคราะห์ความถดถอยทางสถิติอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability theory) ในขณะที่การวิเคราะห์ความถดถอยฟัซซีอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีความเป็นไปได้ (Possibility Theory) และทฤษฎีฟัซซีเซต (Fuzzy set theory) โดยแบบจำลองด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยฟัซซีของ H. Tanaka แสดงดังสมการที่ (2)

$$Y = A_o + A_1x_1 + A_2x_2 \ldots + A_nx_n \quad (2)$$

เมื่อ

Y ฟัซซีเอาต์พุต

A ฟัซซีพารามิเตอร์

x ตัวแปรอิสระ

ในบทความนี้ใช้วิธีการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) ในการหาพารามิเตอร์ของแบบจำลองเพื่อให้ได้ J มีค่าน้อยสุด โดย J คือผลรวมของผลคูณระหว่างความกว้างของฐานสามเหลี่ยมประจำตัวแปรอินพุตกับผลรวมข้อมูลของตัวแปรอินพุตนั้นทุกข้อมูล ดังสมการที่ (3) และมีเงื่อนไขขอบเขตตามสมการที่ (4) ดังต่อไปนี้

$$Minimize\ J = \sum_{j=0}^{N} \left(c_j \sum_{i=1}^{M} \left| x_{ij} \right| \right) \quad (3)$$

$$Subject\ to \sum_{j=0}^{N} a_j x_{ij} + (1 - h) \sum_{j=0}^{N} c_j \left| x_{ij} \right| \geq y_i \quad (4)$$

$$\sum_{j=0}^{N} a_j x_{ij} + (1 - h) \sum_{j=0}^{N} c_j \left| x_{ij} \right| \geq y_i$$

$$c_j \geq 0,\ a_j \in \Re,\ j = 0, 1, 2, \ldots, N$$

$$x_{i0} = 1,\ i = 0, 1, 2, \ldots, M\ 0 \leq h \leq 1$$

โดย h คือค่าความเป็นสมาชิก (Membership Value) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 เป็นระดับความเหมาะสม (Threshold Level) เป็นตัวกำหนดความพอดีของข้อมูลที่ใช้ โดยผู้เกี่ยวข้องเป็นผู้ตัดสินใจในการกำหนดค่า c_j เป็นความกว้างของฐานสามเหลี่ยม และ a_j เป็นค่ากลางของฐานสามเหลี่ยมซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์ฟัซซี โดย x คือตัวแปรอิสระ y คือตัวแปรตาม M คือจำนวนของข้อมูล และ N คือจำนวนของตัวแปร

2.3 การวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติ

วิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติเป็นวิธีการแบบดั้งเดิมที่ได้รับความนิยมในการสร้างแบบจำลองเป็นวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร [10,11] กรณีมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายตัว สามารถใช้การวิเคราะห์ความถดถอยแบบพหุคูณแสดงดังสมการที่ (5)

$$Y = \beta 0 + \beta_i x_i + \beta_2 x_{2 + \ldots +} \beta_p x_p \quad (5)$$

เมื่อ

Y ตัวแปรตาม

X ตัวแปรอิสระ

β ค่าคงที่ หรือ สัมประสิทธิ์ความถดถอย

P จำนวนของตัวแปรอิสระ

2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียวเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล โดยพิจารณาเพียงตัวประกอบเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรระหว่างกลุ่มประชากรตั้งแต่สามกลุ่มขึ้นไป [9,10] เพื่อแสดงให้เห็นว่าการกระจายของข้อมูลประชากรมีลักษณะไปในแนวทางเดียวกันหรือแตกต่างกัน

จากตัวอย่างในบทความนี้ การวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลค่าเฉลี่ยประชากรที่สนใจ คือ มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับ เพื่อทดสอบความแตกต่างของกลุ่มข้อมูลของมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับสามกลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มข้อมูลของมูลค่าความเสียหาย เนื่องจากไฟฟ้าดับที่ประเมินจากผู้ใช้ไฟฟ้า ต่อมากลุ่มที่สอง คือ กลุ่มข้อมูลของมูลค่าความเสียหาย เนื่องจากไฟฟ้าดับที่ประมาณค่าจากแบบจำลองด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซี และกลุ่มที่สามคือกลุ่มข้อมูลของมูลค่าความเสียหาย เนื่องจากไฟฟ้าดับที่ประมาณค่าจากแบบจำลองด้วยวิธี วิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติ

เริ่มต้นโดยการกำหนดสมมติฐานในการทดสอบ H0 และกำหนดสมมติฐานตรงกันข้าม H1 อย่างน้อยหนึ่งคู่ของค่าเฉลี่ย

H0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_n$

H1 : $\mu_i \neq \mu_j$ โดยที่ $i \neq j$ และ $i, j = 1, 2, ..., n$

เมื่อ μ_1, μ_2, μ_3 และ μ_n คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

n คือ จำนวนกลุ่มของประชากร

จากนั้นกำหนดค่าระดับนัยสำคัญ (The α level) เท่ากับ 0.05 แล้วคำนวณดูความเหมาะสมทางสถิติ

2.5 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์

การคำนวณเพื่อวัดความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ประมาณได้จากแบบจำลอง และค่าจริงหรือค่าสังเกต ซึ่งจากตัวอย่างในบทความนี้ คือค่าของมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับ โดยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error) ซึ่งมีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ แสดงดังสมการที่ (6)

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^{N} \frac{| y_i - \hat{y}_i |}{y_i} \qquad (6)$$

เมื่อ N จำนวนของข้อมูล

$\hat{y}_1$ ค่าที่ประมาณได้

y_1 ค่าที่สังเกตหรือค่าจริง

2.6 การทำข้อมูลให้เป็นภาวะปกติ

เนื่องจากกรณีข้อมูลดิบมีความแตกต่างของค่าในย่านที่กว้าง สามารถปรับข้อมูลให้เป็นภาวะปกติ (Data Normalization) หรือเรียกว่าการทำข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่แคบลงระหว่างค่าศูนย์ถึงค่าไม่เกินหนึ่ง (Rescaling) ดังสมการที่ (7)

$$x_{normalized} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \qquad (7)$$

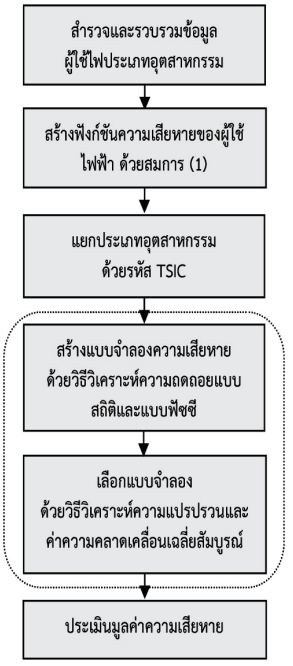
เมื่อ x ค่าดั้งเดิมของข้อมูล

x_{min} ค่าต่ำสุดของข้อมูลชุดนั้น

x_{max} ค่าสูงสุดของข้อมูลชุดนั้น

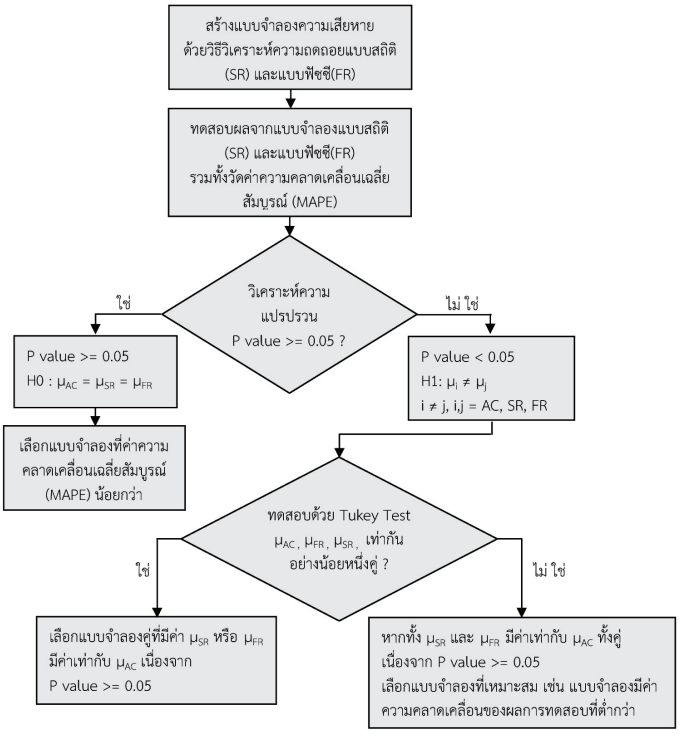
3. ขั้นตอนการศึกษา

กระบวนการประเมินมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงดังภาพที่ 1 โดยเริ่มจากการสำรวจข้อมูลมูลค่าความเสียหายผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรม [11,12] เพื่อสร้างฟังก์ชันความเสียหายผู้ใช้ไฟของผู้ใช้ไฟแต่ละราย จำแนกตามประเภทอุตสาหกรรม โดยอ้างอิงตามรหัส TSIC แล้วกำหนดตัวแปร และเลือกตัวแปรที่มีนัยสำคัญสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรอินพุต และตัวแปรเอาต์พุต แล้วสร้างแบบจำลองมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟประเภทอุตสาหกรรม ด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติ (SR) และวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซี (FR) จากนั้นตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับที่ประเมินจากผู้ใช้ไฟ มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับที่ประมาณค่า จากแบบจำลองที่ใช้วิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซี และมูลค่าความเสียหาย เนื่องจากไฟฟ้าดับที่ประมาณค่าจากแบบจำลองที่ใช้วิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติ และคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของผลทดสอบจากแบบจำลองทั้งสองวิธี



ภาพที่ 1 การประเมินมูลค่าความเสียหาย เนื่องจากไฟฟ้าดับแบบแยกประเภทอุตสาหกรรม

ในภาพที่ 2 แสดงกระบวนการสร้าง และเลือกแบบ จำลองมูลค่าความเสียหายด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ซึ่งเป็นการอธิบายรายละเอียดขั้นตอนการสร้าง และเลือกแบบจำลองมูลค่าความเสียหายภายในเส้นประของภาพที่ 1 โดยหลังจากสร้างแบบจำลองด้วยวิธีทั้งสองวิธีแล้ว นำค่ากลางสามกลุ่ม ได้แก่ มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับที่ประเมินได้จากผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มที่หนึ่ง อีกสองกลุ่มคือมูลค่าความเสียหายที่ประมาณค่าได้จากแบบจำลองทั้งสอง นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อสังเกตค่านัยสำคัญ (P value) ซึ่งถ้ายอมรับสมมติฐาน ($P >= 0.05$) ให้พิจารณาเลือกแบบจำลองจากค่า MAPE แต่ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน ($P<0.05$) ให้ทดสอบทีละคู่ด้วยวิธี Tukey Test และพิจารณาค่านัยสำคัญประกอบเพื่อเลือกแบบจำลองที่เหมาะสม



ภาพที่ 2 การเลือกแบบจำลองด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์

4. กรณีศึกษา

ผู้ใช้ไฟประเภทอุตสาหกรรมแยกตามรหัสอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้ 9 ประเภท (TSIC 31 - 39) ผู้ใช้ไฟอุตสาหกรรมโรงสีข้าวเป็นอุตสาหกรรมในกลุ่ม 31 ซึ่งเป็นการผลิตอาหารเครื่องดื่มและยาสูบ ซึ่งมีรหัสคือ TSIC 31161 และมีผลสำรวจข้อมูลผู้ใช้ไฟฟ้าแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลสำรวจผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทโรงสีข้าวขนาดกำลังผลิต 100 - 2,000 ตันต่อวัน พ.ศ. 2553

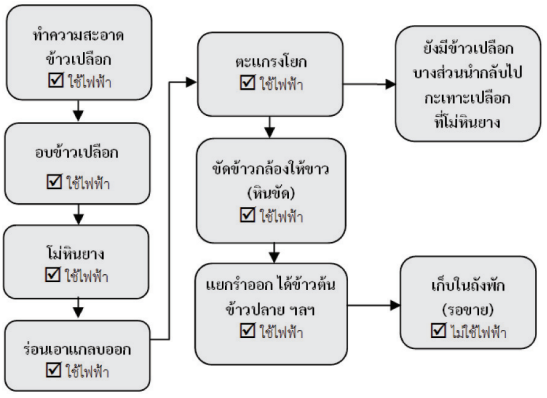
รหัสอุตสาหกรรม (TSIC)	จำนวนโรงสีที่สำรวจข้อมูล (แห่ง)	จำนวนโรงสีที่ให้ข้อมูล (แห่ง)	เปอร์เซ็นต์
31161	318	33	10.38

สำหรับรายละเอียดข้อมูลทั่วไปที่สำรวจได้จากผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทโรงสีข้าว แสดงดังในตารางที่ 2

กระบวนการสีข้าวของโรงสีส่วนใหญ่จะมีลักษณะใกล้เคียงกันดังแสดงในภาพที่ 3 เริ่มตั้งแต่ทำความสะอาดข้าวเปลือก อบข้าว ผ่านการกะเทาะเปลือกข้าวด้วยโม่หินหรือลูกยาง เพื่อเอาแกลบออก แล้วผ่านตะแกรงโยก เพื่อแยกข้าวเปลือกบางส่วนที่ไม่ผ่านการสี แล้วเอาเปลือกข้าวหรือแกลบออก แล้วจึงส่งกลับไปผ่านกระบวนการเดิม ในส่วนของข้าวกล้องซึ่งเป็นข้าวที่ไม่มีเปลือกแล้วจะนำไปผ่านกระบวนการขัดข้าวให้ขาว โดยผ่านตะแกรงโยก เพื่อแยกรำข้าวซึ่งก็คือเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวออก ในส่วนนี้จะได้ข้าวสารที่ขัดขาวเป็นข้าวต้นและข้าวปลายบรรจุลงกระสอบ หรือเก็บในถังพัก เพื่อรอการจำหน่าย

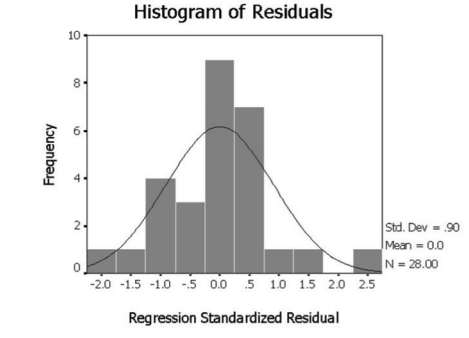
ตารางที่ 2 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทโรงสีข้าว

ข้อมูล	รายละเอียด
ที่ตั้ง (จำนวน)	ภาคกลาง: กรุงเทพฯ (1) นนทบุรี (3) พระนครศรีอยุธยา (1) สระบุรี (1) ปทุมธานี (1) ชัยนาท (1) สุพรรณบุรี (3) ภาคเหนือ: พิษณุโลก (2) นครสวรรค์ (5) เพชรบูรณ์ (1) กำแพงเพชร (2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: ร้อยเอ็ด (1) นครราชสีมา (2) บุรีรัมย์ (2) ยโสธร (1) ศรีสะเกษ (1) สุรินทร์ (3) อุบลราชธานี (2)
การผลิต	สีข้าว อบข้าว ข้าวบรรจุถุง ส่งออก
พันธุ์ข้าว	ข้าวเปลือกเหนียว ข้าวเปลือกเจ้า เช่น ข้าวหอมปทุมธานี ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ข้าวหอมมะลิ) พิษณุโลก 1 สุพรรณบุรี 2 ชัยนาท 1 เป็นต้น
การผลิต	กำลังผลิตอยู่ในช่วง 100 – 2,000 ตัน/วัน ผลิต 7 วัน ตลอด 24 ชั่วโมง ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ผลิต 6 วัน ตลอด 24 ชั่วโมง ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ผลิตเฉพาะกลางวันหรือกลางคืนประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาเริ่มต้นกระบวนการผลิตใหม่เฉลี่ย 28.73 นาที พบว่าติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง 3 เปอร์เซ็นต์
สาเหตุไฟฟ้าดับ	ภายนอก : ต้นไม้ อุบัติเหตุ รถยนต์ชนเสา ภัยธรรมชาติ เช่น ฝนตก ฟ้าลง พายุ ภายใน : หนูกัดสาย งู นก ทำให้หม้อแปลงลัดวงจรฟิวส์แรงสูงขาดบ่อย
ระบบไฟฟ้า	ไฟกะพริบเฉลี่ย 18 ครั้งต่อปี ไฟดับเฉลี่ย 11 ครั้งต่อปี มีแผนบำรุงรักษา 54 เปอร์เซ็นต์ สนใจเปลี่ยนรับแรงดันระบบ 115 กิโลโวลต์ 52 เปอร์เซ็นต์ เป็นผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) 15 เปอร์เซ็นต์

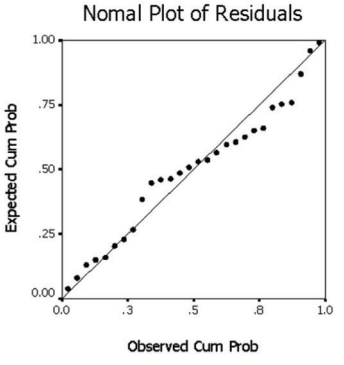


ภาพที่ 3 กระบวนการสีข้าว

กราฟฮิสโตแกรมและกราฟความน่าจะเป็นสะสมของ standardized residual ของตัวแปรตามหรือเอาต์พุต คือ มูลค่าความเสียหาย เนื่องจากไฟฟ้าดับ ในภาพที่ 4 เพื่อดูลักษณะการกระจายของข้อมูล ซึ่งพบว่ามีลักษณะใกล้เคียงการกระจายแบบปกติ



Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



ภาพที่ 4 กราฟฮิสโตแกรมและความน่าจะเป็นสะสมของ standardized residual

5. ผลการศึกษา

5.1 การสร้างแบบจำลองความเสียหาย

ในการพัฒนาแบบจำลองความเสียหายด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซี และแบบจำลองความเสียหายด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติ มีข้อมูลตัวแปรอิสระหลายตัวแปร ในการศึกษานี้พิจารณาใช้ตัวแปรดังต่อไปนี้

ตัวแปรอิสระที่ใช้เป็นอินพุตมีสามตัวแปร คือ

- กำลังการผลิตของโรงสีข้าว (100 – 2,000 ตันต่อวัน), x_1
- ค่ากระแสไฟฟ้าของโรงสีข้าว (0.1-1.8 ล้านบาทต่อเดือน), x_2
- ระยะเวลาเริ่มกระบวนการผลิตใหม่ของการสีข้าว (10, 15, 30, 60 นาที เป็นต้น), x_3

โดยมีเอาต์พุตหรือตัวแปรตาม คือ

- มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับ (0.01– 0.6 ล้านบาทต่อครั้ง), y

สำหรับผลของตัวแปรเอาต์พุต คือ มูลค่าความเสียหาย เนื่องจากไฟดับได้มาจากการใช้ระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยต่อครั้ง แทนลงในฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท โรงสีข้าวทุกแห่งที่ให้ข้อมูลความเสียหาย พิจารณาจากมูลค่าเงินจากความเสียหายต่อครั้งไฟดับ เนื่องจากความขัดข้อง (Failure) เป็นความเสียหายบางส่วน เช่น อุปกรณ์เสียหาย ผลิตภัณฑ์เสียคุณภาพ ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาที่เพิ่มขึ้น ค่าซ่อมที่เพิ่มขึ้น ร่วมกับมูลค่าในการเสียโอกาสในการผลิตสินค้า (ราคาขาย) ซึ่งจะประเมินเป็นมูลค่าเฉลี่ยต่อชั่วโมง

ตัวอย่างการคำนวณมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับ เช่น โรงสีข้าวหมายเลข 21 มีอัตราการผลิตข้าวดังนี้

ผลิตข้าวชนิด A 7,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การผลิต 60%

ผลิตข้าวชนิด B 7,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การผลิต 30%

ผลิตข้าวชนิด C 7,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและเปอร์เซ็นต์การผลิต 10%

โรงสีนี้ใช้ระยะเวลาในการเริ่มกระบวนการผลิตใหม่ภายใน 30 นาที

จากอัตราการผลิตข้าวทั้ง 3 ชนิด นำมาสร้างฟังก์ชันความเสียหายผู้ใช้ไฟดังนี้

Duration outage cost

= (7,500 กก./ชม. x ราคาข้าวชนิด A 27 บาท/กก.

x 60%) + (7,500 กก./ชม. x ราคาข้าวชนิด B

28 บาท/กก. x 30%) + (7,500 กก./ชม.x ราคาข้าวชนิด C 18.5 บาท/กก. x 10%)

= 198,375 บาท/ชม.

Initial outage cost

= (Duration outage cost 198,375 บาท/ชม.)

x (ระยะเวลาเริ่มต้นกระบวนการผลิตใหม่ 30 นาที/60 นาที)

= 99,188 บาท/ครั้ง

ได้ CDF(t) = 198,375.t + 99,188

จากสมการฟังก์ชันความเสียหายข้างต้นของโรงสีตัวอย่าง เมื่อแทนด้วยระยะเวลาเฉลี่ยไฟดับ 36 นาทีต่อครั้ง ผลของมูลค่าความเสียหายเป็น 218,213 บาทต่อครั้ง

5.2 แบบจำลองมูลค่าความเสียหายด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซี

เมื่อนำตัวแปรอิสระและตัวแปรตามไปสร้างแบบจำลอง โดยกำหนดสมการเงื่อนไขขอบเขตตามสมการ (4) โดยกำหนดค่าความเป็นสมาชิก (h) เป็น 0.5 เนื่องจากผู้วิจัยกำหนดค่าความเป็นกลาง และกำหนดสมการวัตถุประสงค์ตามสมการ (3) ซึ่งต้องการคำนวณผลรวม J ให้มีค่าน้อยสุด คือให้ค่าความกว้างของฐาน c_j น้อยที่สุด โดยใช้วิธีการโปรแกรมเชิงเส้น คำนวณได้ค่าฟัซซีพารามิเตอร์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าฟัซซีพารามิเตอร์ (h=0.5)

ฟัซซีพารามิเตอร์	ค่ากลาง	ความกว้าง
A_0	0.1989	0.5476
A_1	0.4519	0.0000
A_2	0.2230	0.1325
A_3	-0.0307	0.0000

จากตารางที่ 3 สร้างแบบจำลองสำหรับประเมินมูลค่าความเสียหายผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซี ได้ดังนี้

$Y = (0.1989, 0.5476) + (0.4519, 0.0000)x_1 + (0.2230, 0.1325)x_2 + (-0.0307, 0.0000)x_3$

5.3 แบบจำลองมูลค่าความเสียหายด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติ

เมื่อนำตัวแปรอิสระคือตัวแปรอินพุตและตัวแปรตามหรือเอาต์พุตไปสร้างแบบจำลอง โดยกำหนดสมการเงื่อนไขขอบเขตตามสมการ (5) โดยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยแบบพหุคูณ และได้ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย

สัมประสิทธิ์ความถดถอย	ค่าสัมประสิทธิ์
β_0	-0.036
β_1	0.852
β_2	0.23
β_3	0.031

หมายเหตุ แบบจำลองมีค่า R square = 0.522

จากตารางที่ 4 สร้างแบบจำลองสำหรับประเมินมูลค่าความเสียหายผู้ใช้ไฟเนื่องจากไฟดับด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติ ได้ดังนี้

$Y = -0.036 + (0.852)x_1 + (0.23)x_2 + (0.031)x_3$

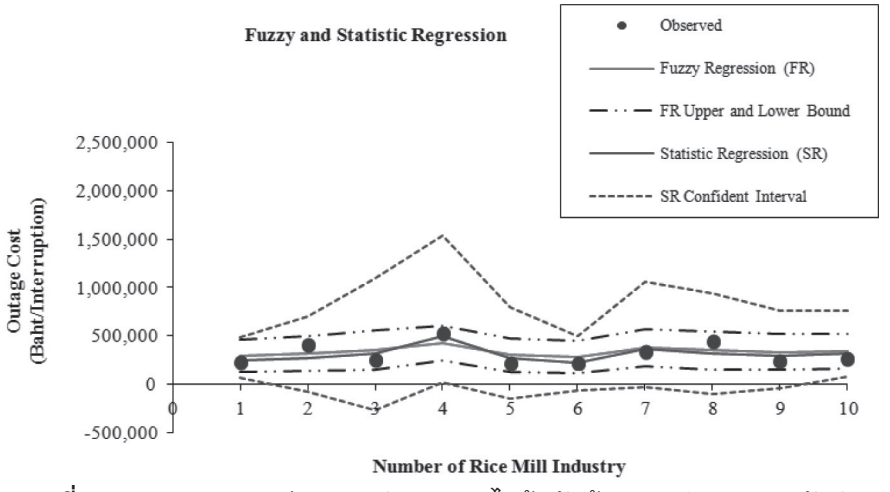
แบบจำลองมูลค่าความเสียหายที่ได้จากวิธีวิเคราะห์ความถดถอยทั้งสองวิธีเป็นแบบจำลองจากการใช้ข้อมูลที่ปรับให้เป็นภาวะปกติด้วยสมการที่ (7) ก่อนแล้วจึงคำนวณ

5.4 การเลือกแบบจำลองมูลค่าความเสียหาย

ข้อมูลที่ใช้ทดสอบใช้ข้อมูลของโรงสี 5 แห่ง แสดงดังตารางที่ 5 และผลทดสอบจากค่าความเสียหายที่ประมาณค่าจากแบบจำลองวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซีและแบบสถิติซึ่งเทียบกับมูลค่าความเสียหายที่คำนวณได้จากผู้ใช้ไฟฟ้าแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ข้อมูลสำหรับใช้ทดสอบ

ชื่อ	X_1 (ตันต่อวัน)	X_2 (ล้านบาทต่อเดือน)	X_3 (นาที)
โรงสี 1	420	0.150	30
โรงสี 2	400	0.130	60
โรงสี 3	750	1.774	25
โรงสี 4	500	1.600	30
โรงสี 5	200	0.400	20



ภาพที่ 5 การประมาณมูลค่าความเสียหายจากไฟฟ้าดับด้วยแบบจำลองแบบฟัซซีและแบบสถิติสำหรับผู้ใช้ไฟประเภทอุตสาหกรรมโรงสีข้าว (TSIC 31161)

กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองความเสียหายของโรงสีจำนวน 10 แห่ง แสดงมูลค่าความเสียหายจากไฟดับของโรงสีและมูลค่าความเสียหายที่ประมาณค่าได้จากแบบจำลองด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซีและแบบสถิติแสดงในภาพที่ 5

ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของข้อมูลโรงสี ที่ใช้ทดสอบ 5 แห่ง แสดงในตารางที่ 6 ในการเลือกใช้แบบจำลอง นอกจากพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของแต่ละแบบจำลองความเสียหายแล้ว ควรพิจารณาวิเคราะห์ระดับความแตกต่างของข้อมูล ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสามกลุ่ม ซึ่งข้อมูลทั้งสามกลุ่ม ดังตารางที่ 7 ประกอบด้วย มูลค่าความเสียหายของโรงสีที่ได้จากการสำรวจ (AC) มูลค่าความเสียหายที่ได้จากการประมาณค่าด้วยแบบจำลองความเสียหายด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซี (FR) และมูลค่าความเสียหายที่ได้จากการประมาณค่าด้วยแบบจำลองความเสียหายด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติ (SR)

ตารางที่ 6 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE)

ข้อมูลทดสอบ	มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟ (บาทต่อครั้ง)	มูลค่าความเสียหายประมาณค่าจากแบบจำลอง (บาทต่อครั้ง)		ความคลาดเคลื่อนแบบจำลอง (เปอร์เซ็นต์)	
		FR	SR	FR	SR
โรงสี 1	481,250	378,061	359,562	21.44	25.29
โรงสี 2	395,352	364,920	356,282	7.70	9.88
โรงสี 3	413,021	532,342	588,361	28.89	42.45
โรงสี 4	572,825	459,811	461,353	19.73	19.46
โรงสี 5	261,333	334,714	261,886	28.08	0.21
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) =				21.17	19.46

หมายเหตุ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ที่ได้จากชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง มีค่า FR = 28.85 และ SR = 18.49

การวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างข้อมูลทั้งสามกลุ่ม โดยตั้งสมมติฐานให้มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับของทั้งสามกลุ่มมีค่าเท่ากัน กระบวนการดังภาพที่ 2 ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าระดับนัยสำคัญ (P value) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.05 แสดงการยอมรับสมมติฐาน หมายความว่ายอมรับค่ากลางของทั้งสามกลุ่มว่ามีลักษณะการกระจายของข้อมูลไม่แตกต่างกัน ตามที่แสดงในตารางที่ 8 เมื่อได้ผลเช่นนี้จึงตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง โดยพิจารณาที่ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ซึ่งผลจากตารางที่ 6 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของแบบจำลองความเสียหายด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติมีค่าต่ำกว่า ดังนั้นจึงเลือกแบบจำลองความเสียหายด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติเป็นแบบจำลองสำหรับประเมินมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมโรงสีข้าว

ตารางที่ 7 ค่าทางสถิติของมูลค่าความเสียหาย เนื่องจากไฟฟ้าดับของโรงสีข้าว 3 กลุ่มทดสอบ

Groups	Count	Sum	Average	Variance
AC	10	3,098,046	309,805	11,851,278,846
FR	10	3,367,011	336,701	1,890,492,656
SR	10	3,097,994	309,799	6,181,737,835

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของมูลค่าความเสียหายโรงสีข้าว

Source of Variation	Sum square	Degree of freedom	Mean square	P-value
Between Groups	4,823,751,295	2	2,411,875,648	0.6988
Within Groups	179,311,584,021	27	6,641,169,779	
Total	184,135,335,317	29		

ทั้งนี้หากผลการทดสอบความแปรปรวนมีค่าระดับนัยสำคัญยอมรับสมมติฐานในการทดสอบค่ากลางระหว่างกลุ่มทั้งสามกลุ่ม ว่าแบบจำลองทั้งสองยอมรับได้ พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของแบบจำลองทั้งสองที่ไม่ต่างกันมากนัก อาจตัดสินเลือกใช้แบบจำลองความเสียหายแบบใดแบบหนึ่งได้

หากผลการทดสอบความแปรปรวนมีค่าที่ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ จึงปฏิเสธสมมติฐานในการทดสอบค่ากลางระหว่างกลุ่มทั้งสามกลุ่ม จำเป็นต้องใช้การทดสอบแบบเป็นคู่ เช่น การทดสอบแบบ Tukey เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบกันเป็นคู่จนครบทุกกลุ่ม พิจารณากระบวนการตามภาพที่ 2

6. สรุป

บทความนี้นำเสนอวิธีการสร้างแบบจำลองสำหรับประเมินมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมโรงสีข้าว ซึ่งประกอบด้วยวิธีการเลือกใช้แบบจำลองมูลค่าความเสียหาย

ระหว่างแบบจำลองความเสียหายด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบฟัซซี และแบบจำลองมูลค่าความเสียหายด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบสถิติ เป็นการนำเสนอกระบวนการที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลองทั้งสองแบบได้อย่างเหมาะสม เพิ่มทางเลือกเพื่อตัดสินใจในการเลือกใช้แบบจำลอง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับของผู้ใช้ไฟอุตสาหกรรมประเภทอื่นได้

ประโยชน์จากการใช้มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับนอกจากนำไปใช้ประกอบในการวางแผนปรับปรุงและบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนเพื่อป้องกันไฟฟ้าดับ หรือการหยุดชะงักของกระบวนการผลิตภายในสถานประกอบการของผู้ใช้ไฟฟ้าเองได้ เช่น นำมูลค่าความเสียหายเมื่อเกิดไฟดับนี้มาจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมบำรุงรักษา โดยเน้นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันภายในโรงงานของตนเองได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โครงการวิจัยและพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลัง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผู้ใช้ไฟอุตสาหกรรมโรงสีข้าวทุกท่าน โรงสีธนทรัพย์ไพบูลย์ผล อ.ศรีประจันต์ และบริษัท ก.เจริญกิจวิศวกรรม อ.สามชุก จ.สุพรรณบุรี และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ข้อมูลสำหรับการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] ชำนาญ ห่อเกียรติ. 2549. ความเชื่อถือได้และการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] Billinton, R., 1996. Reliability Evaluation of Power Systems. New York and London: Plenum.

[3] Tanaka, H., Uejima, S. and Asai, K. 1982. Linear Regression Analysis with Fuzzy Model. IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, Vol.12, No.6. November/December, pp. 903 – 907.

[4] Ip, K.W., Kwong, C.K. and Wong, Y.W. 2003. Fuzzy Regression Approach to Modeling Transfer Moulding for Microchip Encapsulation. Journal of Materials Processing Technology, Vol.140, pp.147-151,

[5] Nazarko, J. and Zalewski, W. 1996. The Fuzzy Regression Approach to Peak Load Estimatation in Power Distribution Systems, IEEE Transaction on Power System, vol. 14 n. 3, August 1999, pp. 809-814.

[6] Neter, J., Wasserman, W. and Kutner, M. H. 1989. Applied Linear Regression Models. USA: IRWIN.

[7] Chatterjee, S. and Price, B. 1991. Regression Analysis by Example. USA: Wiley-Intersceince.

[8] Zadeh, L. A. 1978. Fuzzy Sets as A Basic for A Theory of Possibility, Fuzzy Sets and Systems, vol. 1, pp. 3 - 28.

[9] Elvers, G. C. 2013. Using SPSS for One Way Analysis of Variance. University of dayton, from the World Wide Web: http://academic.udayton.edu/gregelvers/psy216/spss/1wayanova.htm

[10] Azadeh, A., Khakestani, M. and Saberi, M. 2009. A Flexible Fuzzy Regression algorithm for Forecasting Oil consumption. Energy Policy, vol. 37, pp. 5567-5579.

[11] Energy research institute. 2001. Electricity Outage Cost Study. Chulalongkorn University

[12] Sullivan, M. and Keane, D. 1995. Outage Cost Estimation Guidebook. Electric Power Research Institute, TR-106082, December, from the World Wide Web: http://www.epriweb.com/public/TR-106082.pdf

[13] IEEE Committee Report 1998. Report on Reliability Survey of Industrial Plants, Part II: Cost of Power Outages, Plant Restart Time, Critical Service Loss Duration Time, and Type of Loads Lost Versus Time of Power Outages (IEEE Std 493-1997). Appendix A, pp. 234-241.

[14] Smith, A. M. and Hinchcliffe, G. R. 2003. RCM-Gateway to World Class maintenance. USA: Elsevier Butterworth-Heinemann.