

วิธีการแก้ปัญหการขนส่งฟัซซี่ที่ไม่สมดุล

A Method for Solving Unbalanced Fuzzy Transportation Problems

ดร.ณิ หันวิสัย

Darunee Hunwisai

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

darunee.hun@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาวิธีการแก้ปัญหการขนส่งฟัซซี่ที่ไม่สมดุล โดยใช้วิธีการจัดสรรตาราง และวิธีการกระจายแบบดัดแปลง จากวัตถุประสงค์ดังกล่าวผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนส่ง อุปสงค์และอุปทาน แสดงแทนด้วยตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมู สำหรับขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการจัดอันดับ ที่แข็งแกร่ง (Robust Ranking Technique) สำหรับหาค่าที่เป็นตัวแทนของตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งเมื่อได้ค่า ดังกล่าวแล้วจะนำไปหาผลลัพธ์เบื้องต้นที่เป็นไปได้ของปัญหการขนส่ง โดยใช้วิธีการตารางการจัดสรร (Allocation Table Method) และในตอนท้ายเพื่อให้ได้ ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการกระจายแบบดัดแปลง (Modified Distribution Method) เพื่อตรวจสอบและทำการปรับปรุงค่าใช้จ่ายในการขนส่งให้น้อยที่สุด ผลจากการศึกษาพบว่า เครื่องมือหรือวิธีการ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วสามารถแก้ปัญหการขนส่งที่เป็นแบบฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมูได้

คำสำคัญ: ปัญหการขนส่งฟัซซี่ที่ไม่สมดุล, เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง และการเพิ่มประสิทธิภาพ

Abstract

This research aimed to study of the solution for unbalanced fuzzy transport problem by used allocation table method (ATM) and the distribution method (MODI). For this purpose, the researcher has used the transportation cost, supply and demand are defined by a trapezoidal fuzzy number. The analysis process as follows. First, the researcher used a Robust's ranking technique for the representative value of the trapezoidal fuzzy numbers. Then, the researcher is using allocation table method (ATM) to find a basic feasible solution (BFS) for the fuzzy transportation problems. Finally, the researcher used the distribution method (MODI) to verify and reduce transportation costs to a minimum. The results of this research found that the methods described above can be used to solve the problem of trapezoidal fuzzy transportation.

Keywords : Unbalanced Fuzzy Transportation Problem, Robust Ranking Technique and Optimization

1. บทนำ

การแก้ปัญหการขนส่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหา ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่น้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัด ของความสามารถในการผลิตและความต้องการสินค้านั้น ซึ่งในปัจจุบันนี้จะพบว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นไม่คงที่ มีความผัน

ผวนเนื่องมาจากความผันผวนของราคาแก๊ส น้ำมัน พื้นที่ และระยะทางของการขนส่งสินค้า เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น สถานการณ์การระบาดของโรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ยังส่งผลต่อปริมาณการสั่งซื้อสินค้า ความต้องการสินค้า ที่ไม่แน่นอนส่งผลต่อต้นทุนในการขนส่งสินค้าอีกทางหนึ่ง

การแก้ไขปัญหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งแบบเดิม จำเป็นที่จะต้องทราบต้นทุนในการขนส่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการผลิตสินค้าและความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีความแน่นอนจากนั้นใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ หาค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด ดังสมการที่ (1)

$$\begin{aligned} \text{Minimize } Z &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\ \text{Subject to } \sum_{j=1}^n x_{ij} &\leq a_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} &\geq b_j, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \\ x_{ij} &\geq 0, \quad \forall i, j \end{aligned} \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้ Z เป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด โดยที่ c_{ij} แทนค่าขนส่งต่อหน่วยในการขนส่งสินค้าจากแหล่งต้นทางที่ i ไปยังจุดหมายปลายทางที่ j , x_{ij} แทนปริมาณของสินค้าที่ขนส่งจากแหล่งต้นทางที่ i ไปยังจุดหมายปลายทางที่ j , a_i แทนปริมาณของสินค้าของแหล่งต้นทางที่ i , b_j แทนปริมาณความต้องการสินค้าของจุดหมายปลายทางที่ j

จากสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในสมการที่ (1) มีข้อจำกัดของค่าขนส่งต่อหน่วยต้องเป็นค่าใช้จ่ายที่แน่นอน รวมถึงปริมาณการผลิตสินค้าและความต้องการสินค้าของลูกค้าจะต้องมีความแน่นอนซึ่งไม่สามารถใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้ในการแก้ไขปัญหาได้ ในสถานการณ์เช่นนี้สามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้แนวคิดของการตัดสินใจในสภาพแวดล้อมที่คลุมเครือนี้ถูกเสนอโดย Bellman and Zadeh [8] และการแก้ปัญหการขนส่งโดยใช้การโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งได้รับการพัฒนาเป็นครั้งแรกโดย HitchcockFL [4] แนวคิดดังกล่าวได้รับการพัฒนาและวิจัยอย่างต่อเนื่อง Samuel [1, 2] ได้ศึกษาวิธีการปัญหาการขนส่งฟัซซีที่ไม่สมดุล โดยที่ต้นทุนการขนส่งอุปสงค์และอุปทานเป็นตัวเลขฟัซซีรูปสามเหลี่ยม Ghadle and Pathade [5] ได้ทำการเปรียบเทียบปัญหาการขนส่งฟัซซีที่สมดุลและไม่สมดุล โดยใช้ตัวเลขฟัซซีหกเหลี่ยมและเทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง Hunwisai and Kumum [3] ได้ใช้วิธี ATM และเทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง

เพื่อแก้ปัญหการขนส่งที่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งเป็นตัวเลขฟัซซี นอกจากนั้นการแสดงวิธีการหาผลลัพธ์ของการแก้ปัญหการขนส่ง Ahmed, Khan, Uddin and Ahmed [7] ได้แนะนำวิธีการจัดสรรตารางสำหรับการค้นหาผลลัพธ์เบื้องต้นซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ให้ผลลัพธ์ ที่เทียบเท่าหรือดีกว่าวิธีการหาผลลัพธ์เบื้องต้นที่มีมาก่อนหน้านี้

จากความไม่แน่นอนของสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันทำให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจ ตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของค่าขนส่งค่าขนส่งสินค้า อุปสงค์และอุปทาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่มีต้นทุนที่สูงขึ้นได้ ดังนั้นในบทความนี้จะขอเสนอวิธีการแก้ปัญหการขนส่งแบบฟัซซีที่ไม่สมดุล (Unbalanced Fuzzy Transportation Problem) โดยใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robust Ranking Technique) สำหรับหาค่าตัวแทนของตัวเลขฟัซซี นอกจากนี้เราจะใช้วิธีการจัดสรรตาราง (Allocation Table Method) เพื่อค้นหาผลลัพธ์เบื้องต้นและปรับปรุงผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการแก้ไขแบบกระจายแบบดัดแปลง (Modified Distribution Method) เพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการแก้ปัญหการขนส่งภายใต้ความไม่แน่นอนของค่าขนส่งอุปสงค์และอุปทานที่อาจเกิดขึ้นได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาวิธีการแก้ปัญหการขนส่งฟัซซีที่ไม่สมดุลโดยใช้วิธีตารางการจัดสรรและวิธีการกระจายแบบดัดแปลง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย มีขั้นตอนดังนี้ 1) ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหการขนส่งแบบฟัซซี 2) ศึกษาวิธีการหาผลลัพธ์เบื้องต้น โดยวิธีการจัดสรรตาราง (Allocation table Method) และศึกษาวิธีการตรวจสอบและปรับปรุงผลลัพธ์เบื้องต้น โดยวิธีการกระจายแบบดัดแปลง (Modified Distribution Method) เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่น้อยที่สุด 3) พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับนำไปใช้ในการแก้ปัญหการขนส่งที่สมดุลและไม่สมดุลแบบฟัซซี 4) ทดสอบความสามารถ

ในการหาคำตอบโดยวิธีการจัดสรรตาราง รวมถึงตรวจสอบและปรับปรุงค่าใช้จ่ายในการขนส่งให้น้อยที่สุด 5) แสดงผลการหาผลลัพธ์เบื้องต้นและผลการปรับปรุงผลลัพธ์เบื้องต้น และ 6) สรุปผลการดำเนินงาน

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Zadeh [6] ได้คิดค้นฟัซซีเซต (Fuzzy set) ขึ้นในปี ค.ศ. 1965 ฟัซซีเซตเป็นเซตที่มีขอบเขตแบบคลุมเครือ ความไม่แน่นอน โดยที่ฟัซซีเซตยอมให้มีการกำหนดค่าระดับความเป็นสมาชิกในเซต (Degree of Membership) อยู่ระหว่าง 0 และ 1 ซึ่งแตกต่างจากเซตแบบฉบับ (Classical Set) ที่มีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่า เท่านั้น คือ 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกในเซต และ 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต และการกำหนดค่าระดับความเป็นสมาชิกล้วนต้องอาศัยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับฟัซซีเซตฟังก์ชัน $\mu_{\tilde{A}}$ เรียกว่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ของฟัซซีเซต $\tilde{A}$ นิยามดังต่อไปนี้

นิยาม 1 กำหนดให้ X เป็นเซตของเอกภพสัมพัทธ์ ซึ่งไม่เป็นเซตว่าง ฟัซซีเซต $\tilde{A}$ ใน X เขียนแทนด้วย

$$\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x) | x \in X\}$$

โดยที่ $\mu_{\tilde{A}} : X \rightarrow [0,1]$ เรียก $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ว่าระดับความเป็นสมาชิกของ x ในฟัซซีเซต $\tilde{A}$ ดังนั้นค่า $[0,1]$ คือ ค่าระดับความเป็นสมาชิกของ x ในฟัซซีเซต $\tilde{A}$

นิยาม 2 กำหนดให้ฟัซซีเซต $\tilde{A}$ เป็นฟัซซีเซตบนจำนวนจริง จะเรียก $\tilde{A}$ ว่าเป็นตัวเลขฟัซซี ถ้ามีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเป็นดังนี้ คือ

- 1) $\mu_{\tilde{A}} : \mathbb{R} \rightarrow [0,1]$ มีความต่อเนื่อง
- 2) $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0, \forall x \in (-\infty, l'] \cup [r', \infty)$
- 3) $\mu_{\tilde{A}}(x)$ เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอบนช่วง $[l', a]$ และลดลงอย่างสม่ำเสมอบนช่วง $[b, r']$
- 4) $\mu_{\tilde{A}}(x) = w, \forall x \in [a, b], 0 < w \leq 1$

ในบทความนี้จะกล่าวถึงตัวเลขฟัซซีที่สามเหลี่ยมคางหมูและนำเสนอตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์ระหว่างตัวเลข ฟัซซีที่สามเหลี่ยมคางหมู นิยามดังนี้

นิยาม 3 ตัวเลขฟัซซี $\tilde{A} = (l', a, b, r')$ จะเรียกว่าเป็นตัวเลขฟัซซีที่สามเหลี่ยมคางหมู ถ้ามีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเป็นดังนี้

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & , x < l' \\ \frac{(x-l')}{(a-l')} & , l' \leq x \leq a \\ 1 & , a \leq x \leq b \\ \frac{(r'-x)}{(r'-b)} & , b \leq x \leq r' \\ 0 & , x > r' \end{cases} \quad (2)$$

เมื่อ $l' \leq a \leq b \leq r'$

ข้อสังเกต จากนิยาม 3 ตัวเลขฟัซซีที่สามเหลี่ยมคางหมู $\tilde{A} = (l', a, b, r')$ ถ้า $a = b = p$ แล้ว $\tilde{A} = (l', p, r')$ จะได้ว่า $\tilde{A} = (l', p, r')$ เป็นฟัซซีสามเหลี่ยมซึ่งเป็นกรณีเฉพาะของตัวเลขฟัซซีที่สามเหลี่ยมคางหมู ในทำนองเดียวกันการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ของตัวเลขฟัซซีสามเหลี่ยมและตัวเลขฟัซซีที่สามเหลี่ยมคางหมูถูกกำหนดไว้ดังนี้

นิยาม 4 ตัวเลขฟัซซี $\tilde{A}_1 = (l'_1, a_1, b_1, r'_1)$ และ $\tilde{A}_2 = (l'_2, a_2, b_2, r'_2)$ เป็นตัวเลขฟัซซีที่สามเหลี่ยมคางหมูและ $\gamma \neq 0$ การดำเนินการระหว่างตัวเลขฟัซซีและการคูณเชิงสเกลาร์บนตัวเลขฟัซซี เป็นดังนี้

1. $\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l'_1 + l'_2, a_1 + a_2, b_1 + b_2, r'_1 + r'_2)$
2. $\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = (l'_1 - r'_2, a_1 - b_2, b_1 - a_2, r'_1 - l'_2)$
3. $\gamma \tilde{A}_1 = \begin{cases} (\gamma l'_1, \gamma a_1, \gamma b_1, \gamma r'_1) & , \gamma > 0 \\ (\gamma r'_1, \gamma b_1, \gamma a_1, \gamma l'_1) & , \gamma < 0 \end{cases}$

นิยาม 5 กำหนดให้ λ - เซตตัดของตัวเลขฟัซซีที่สามเหลี่ยมคางหมู $\tilde{A} = (l', a, b, r')$ เป็นเซตย่อยชัดแจ้ง (Crisp subset) บนจำนวนจริง ซึ่งนิยามโดย

$$\tilde{A}_\lambda = \{x | \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \lambda\} \text{ และ } \lambda \in [0,1]$$

จากนิยาม 5 จะได้ว่าเซตตัดของ $\tilde{A}$ คือ $\tilde{A}_\lambda = [\tilde{A}_\lambda^L, \tilde{A}_\lambda^U]$ และจากสมการที่ (2) สามารถนำมาจัดรูป λ - เซตตัดของตัวเลขฟัซซีที่สามเหลี่ยมคางหมู $\tilde{A} = (l', a, b, r')$ ได้ดังนี้

$$\frac{\lambda l' - l'}{a - l'} = \lambda \text{ และ } \frac{r' - b \lambda}{r' - b} = \lambda$$

จะได้ว่า $\tilde{A}_\lambda^L = l' + (a-l')\lambda$ และ

$\tilde{A}_\lambda^U = r' - (r'-b)\lambda$ ดังนั้น

$$\tilde{A}_\lambda = [l' + (a-l')\lambda, r' - (r'-b)\lambda] \quad (3)$$

3.2 เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robust's Ranking Technique)

ต่อไปจะนำเสนอเทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง
คิดค้นโดย Yager

นิยาม 6 Yager [9] กำหนดให้ $\tilde{A}$ เป็นคอนเวกซ์
(Convex) ดัชนีการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robust's

Ranking Index) นิยามโดย $R(\tilde{A}) = \frac{1}{2} \int_0^1 [\tilde{A}_\lambda^L, \tilde{A}_\lambda^U] d\lambda$

เมื่อ $[\tilde{A}_\lambda^L, \tilde{A}_\lambda^U]$ เป็น λ - เซตตัดของตัวเลขฟัซซี่ $\tilde{A}$

ดังนั้น จากนิยามที่ 3, 6 และสมการที่ (3) จะได้

$$R(\tilde{A}) = \frac{1}{2} \int_0^1 [\tilde{A}_\lambda^L, \tilde{A}_\lambda^U] d\lambda$$

$$R(\tilde{A}) = \frac{1}{2} \int_0^1 [l' + (a-l')\lambda + r' - (r'-b)\lambda] d\lambda \quad (4)$$

สัญลักษณ์ $R(\tilde{A})$ แทนดัชนีค่าของตัวเลขฟัซซี่ $\tilde{A}$

ในงานวิจัยนี้จะใช้สัญลักษณ์ $R(\tilde{C}_{ij})$ แทนดัชนีค่า
ขนส่งฟัซซี่ต่อหน่วยในการขนส่งสินค้า จากแหล่งต้นทางที่ i
ไปยังจุดหมายปลายทางที่ j

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งแบบฟัซซี่

$$\text{เป็นดังนี้ Minimize } \tilde{Z} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \tilde{C}_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Subject to } \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq \tilde{a}_i, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq \tilde{b}_j, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j$$

โดยที่ $\tilde{C}_{ij}$ แทนค่าขนส่งต่อหน่วยในการขนส่งสินค้าจาก
แหล่งต้นทางที่ i ไปยังจุดหมายปลายทางที่ j , x_{ij} แทน
ปริมาณของสินค้าที่ขนส่งจากแหล่งต้นทางที่ i ไปยัง
จุดหมายปลายทางที่ j , $\tilde{a}_i$ แทน ปริมาณของสินค้าของแหล่ง
ต้นทางที่ i , $\tilde{b}_j$ แทนปริมาณความต้องการสินค้าของจุดหมาย

ปลายทางที่ j และ $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \tilde{C}_{ij} x_{ij}$ แทน ต้นทุนการขนส่ง

ฟัซซี่ทั้งหมด

ถ้า $\sum_{i=1}^m \tilde{a}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{b}_j$ แล้วกล่าวได้ว่าเป็นปัญหาการขนส่ง

ฟัซซี่สมดุล และถ้า $\sum_{i=1}^m \tilde{a}_i \neq \sum_{j=1}^n \tilde{b}_j$ แล้วกล่าวได้ว่าเป็น

ปัญหาการขนส่งฟัซซี่ไม่สมดุล

3.3 วิธีการแก้ปัญหาการขนส่ง

3.3.1 การหาผลลัพธ์เบื้องต้น

ต่อไปแสดงวิธีการหาผลลัพธ์เบื้องต้น
โดยการใช้วิธีการจัดสรรตาราง (Allocation Table
Method) [7] ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: นำตัวเลขที่ได้จากการใช้
เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง ใส่ลงในตารางการขนส่ง
ให้ครบทุกช่อง

ขั้นตอนที่ 2: ตรวจสอบตารางในขั้นตอนที่ 1
ว่าปัญหาการขนส่งมีความสมดุลหรือไม่ ถ้าไม่สมดุลต้อง
ทำให้สมดุลก่อน

ขั้นตอนที่ 3: เลือกค่าใช้จ่ายในการขนส่ง
ที่เป็นจำนวนคี่ต่ำสุด (อาจเป็นจำนวนเต็ม/ทศนิยม/
เศษส่วน) จากทุกช่องของตารางการขนส่ง ถ้าพบว่ามี
ค่าใช้จ่ายที่เป็นจำนวนคี่ให้นำ 2 ไปหารค่าใช้จ่ายในทุกช่อง
ของตารางการขนส่ง จนสามารถได้ค่าใช้จ่ายที่เป็น
จำนวนคี่ได้ และเลือกค่าใช้จ่ายที่เป็นจำนวนคี่ต่ำสุด

ขั้นตอนที่ 4: ตารางใหม่จะเรียกว่าตาราง
การจัดสรร โดยมีค่าใช้จ่ายที่เป็นจำนวนคี่ปรากฏอยู่ใน
ครั้งแรกจะเริ่มต้นโดยการเลือกจัดสรรให้กับค่าใช้จ่าย
ที่เป็นจำนวนคี่ที่ต่ำที่สุดจากตารางการจัดสรรในขั้นตอนที่ 3
ทำการขนส่งให้มากที่สุด โดยไม่ขัดกับเงื่อนไขและข้อจำกัด
ที่มีทั้งทางด้านอุปสงค์และอุปทาน จากนั้นลบแถวหรือ
คอลัมน์ที่จัดสรรให้เสร็จสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 5: จากขั้นตอนที่ 4 ให้พิจารณา
ทำการขนส่งในช่องที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดในอันดับถัดไป

ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนจัดสรรครบทั้งทางด้านอุปสงค์และอุปทาน

ขั้นตอนที่ 6: คำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ได้จากการจัดสรรตาราง

3.3.2 การตรวจสอบผลลัพธ์เบื้องต้นที่ได้ เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยวิธีการกระจายแบบดัดแปลง

ในขั้นตอนนี้จะใช้วิธีการกระจายแบบดัดแปลง (Modified Distribution Method) ในการตรวจสอบผลลัพธ์เบื้องต้นที่คำนวณได้ เพื่อทำการปรับปรุงให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: พิจารณาช่องที่ถูกจัดสรร (Basic Cell) และไม่ถูกจัดสรร (Non Basic Cell) จากตาราง แสดงผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการจัดสรรตาราง

ขั้นตอนที่ 2: คำนวณตัวแปรคู่ R_i และ K_j สำหรับแถวและคอลัมน์ทั้งหมดตามลำดับซึ่ง $C_{ij} = R_i + K_j$ กำหนดให้ $R_1 = 0$

ขั้นตอนที่ 3: กำหนดให้ $E_{ij} = C_{ij} - R_i - K_j$ ต้องหา E_{ij} ของช่องที่ไม่ถูกจัดสรร (Non Basic Cell) ทุกช่อง

ขั้นตอนที่ 4: พิจารณาค่าของ E_{ij} ถ้า $E_{ij} \geq 0$ แสดงว่าผลลัพธ์ที่ได้เบื้องต้นเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดหากค่า E_{ij} ที่คำนวณได้มีค่า $E_{ij} < 0$ (บางช่องหรือทุกช่อง) แสดงว่ามีช่องที่สามารถลดค่าขนส่งลงได้อีก

ขั้นตอนที่ 5: จากขั้นตอนที่ 4 เลือกช่องที่ให้ค่า E_{ij} เป็นลบมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 6: เริ่มการจัดสรรค่าใหม่ โดยสร้างวงปิด (Closed Loop) โดยในตอนแรกเริ่มต้นวงปิดด้วยการเลือกช่องว่างและเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอนด้วยช่องมุมที่ถูกเลือกและกลับมาที่ช่องว่างในตอนเริ่มต้น

เพื่อทำวงปิดให้สมบูรณ์ใช้เครื่องหมาย “+” และ “-” ที่มุมของวงปิด โดยกำหนดเครื่องหมาย “+” ให้กับช่องว่างแรกที่เลือกไว้ก่อน

ขั้นตอนที่ 7: หาค่าการจัดสรรต่ำสุดจากช่องที่มีเครื่องหมาย “-” หลังจากนั้นนำค่าที่ถูกเลือกไปจัดสรรในช่องที่เลือกไว้โดยนำค่านี้ไปบวกเข้ากับช่องที่มีเครื่องหมาย “+” และนำค่านี้ไปลบออกจากช่องที่มีเครื่องหมาย “-”

ขั้นตอนที่ 8: การจัดสรรในขั้นตอนที่ 7 จะส่งผลให้ได้ผลลัพธ์ที่จะต้องทำการปรับปรุง

ขั้นตอนที่ 9: หลังจากทำการจัดสรรในขั้นตอนที่ 8 แล้ว ให้ทำการตรวจสอบค่าที่ได้จากตารางอีกครั้ง ตั้งแต่ขั้นที่ 1 จนได้ค่า $E_{ij} \geq 0$ ทุกค่า หากพบว่ายังมีค่าลบเหลืออยู่จะต้องทำการปรับปรุงผลลัพธ์และตรวจสอบผลลัพธ์จนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดซึ่งค่า $E_{ij} \geq 0$ ทุกค่า

4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

หัวข้อนี้จะนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งภายใต้สถานการณ์ที่ต้นทุนค่าขนส่งอุปสงค์และอุปทานมีความไม่แน่นอนโดยในสถานการณ์จริงข้อมูลที่นำมาคำนวณจะได้มาจากการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนส่งอุปสงค์และอุปทาน ซึ่งเป็นการนำข้อมูลย้อนหลังมาพิจารณาว่าตัวเลขที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงใด แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์ ในตัวอย่างนี้กำหนดปัญหาให้อยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่าค่าใช้จ่ายในการขนส่งอุปสงค์และอุปทาน

เป็นแบบฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมู โดยกำหนดให้มีการกระจายสินค้าจากโรงงาน 3 แห่ง คือ B_1 , B_2 และ B_3 ไปสู่ศูนย์กระจายสินค้า 3 แห่ง คือ A_1 , A_2 และ A_3 พิจารณาข้อมูลในตารางที่ 1

ตารางที่ 1: แสดงข้อมูลการขนส่งแบบฟัซซี่ (ค่าขนส่งมีหน่วยเป็นบาท)

	A_1	A_2	A_3	กำลังการผลิต ($\tilde{a}_i$)
B_1	(4,7,10,16)	(3,8,9,15)	(4,8,9,11)	(18,20,23,25)
B_2	(9,10,13,15)	(7,10,12,13)	(5,9,12,14)	(17,19,23,26)
B_3	(3,7,8,10)	(6,8,9,12)	(2,5,8,10)	(20,25,30,32)
ความต้องการ ($\tilde{b}_j$)	(25,25,25,25)	(35,42,47,50)	(17,19,20,22)	

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งกำลังการผลิตและความต้องการของลูกค้าแสดงตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมู ดังนั้นเราจะใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robust Ranking Technique) เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งใหม่ดังนี้

พิจารณาค่าขนส่งสินค้าจากเส้นทาง B_1 ไปยัง A_1 คือ (4,7,10,16) ใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่งคำนวณค่าขนส่งใหม่ดังนี้

$$\begin{aligned} R(\tilde{C}_{11}) &= R(4, 7, 10, 16) \\ &= \frac{1}{2} \int_0^1 [\tilde{C}_{11}^L, \tilde{C}_{11}^U] d\lambda \\ &= \frac{1}{2} \int_0^1 [20 - 3\lambda] d\lambda \\ &= 9.25 \end{aligned}$$

ค่าขนส่งสินค้าจากเส้นทาง B_1 ไปยัง A_1 โดยใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่งได้เท่ากับ 9.25 บาทต่อหน่วย ในทำนองเดียวกันในเส้นทางอื่น ๆ จะได้ค่าขนส่งใหม่ดังนี้คือ

$$R(\tilde{C}_{12}) = 8.75, R(\tilde{C}_{13}) = 8, R(\tilde{C}_{21}) = 11.75, R(\tilde{C}_{22}) = 10.5, R(\tilde{C}_{23}) = 10, R(\tilde{C}_{31}) = 7, R(\tilde{C}_{32}) = 8.75, R(\tilde{C}_{33}) = 6.25$$

กำลังการผลิต ($\tilde{a}_i$) โดยใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่งจะได้ค่าใหม่ดังนี้

$$R(\tilde{a}_1) = 21.5, R(\tilde{a}_2) = 21.25, R(\tilde{a}_3) = 26.75$$

และความต้องการของลูกค้า ($\tilde{b}_j$) โดยใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่งจะได้ค่าใหม่ดังนี้

$$R(\tilde{b}_1) = 25, R(\tilde{b}_2) = 43.5, R(\tilde{b}_3) = 19.5$$

นำค่าที่ได้ใส่ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: แสดงข้อมูลค่าขนส่ง โดยใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robust Ranking Technique)

	A_1	A_2	A_3	กำลังการผลิต ($\tilde{a}_i$)
B_1	9.25	8.75	8	21.5
B_2	11.75	10.5	10	21.25
B_3	7	8.75	6.25	26.75
ความต้องการ ($\tilde{b}_j$)	25	43.5	19.5	

จากตารางที่ 2 พบว่า $\sum_{i=1}^3 \tilde{a}_i = 69.5$ และ $\sum_{j=1}^3 \tilde{b}_j = 88$

นั่นคือ $\sum_{i=1}^m \tilde{a}_i \neq \sum_{j=1}^n \tilde{b}_j$ กล่าวได้ว่าเป็นปัญหาการขนส่ง

ฟัซซี่ไม่สมดุล ดังนั้นจะต้องทำให้ปัญหาการขนส่งฟัซซี่

สมดุล โดยการเพิ่มโรงงาน B_4 โดยให้ค่าขนส่งสินค้าจากเส้นทาง B_4 ไปยัง A_1, A_2 และ A_3 เป็น 0 และให้ $\tilde{a}_4 = 18.5$

ซึ่งจะทำให้ $\sum_{i=1}^m \tilde{a}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{b}_j = 88$ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: แสดงข้อมูลค่าขนส่งแบบสมดุล

	A_1	A_2	A_3	กำลังการผลิต ($\tilde{a}_i$)
B_1	9.25	8.75	8	21.5
B_2	11.75	10.5	10	21.25
B_3	7	8.75	6.25	26.75
B_4	0	0	0	18.5
ความต้องการ ($\tilde{b}_j$)	25	43.5	19.5	88

การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4
วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

ต่อไปจะแสดงการหาลัพธ์เบื้องต้นโดยใช้วิธีตารางการจัดสรรในตารางที่ 3 จะพบว่าเส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนค่าน้อยที่สุดคือ เส้นทางจาก B_3 ไปยัง A_3 มีค่าขนส่ง 6.25 บาทต่อหน่วย ดังนั้นเลือกเส้นทางนี้เป็นเส้นทางแรก โดยจะจัดสรรบนเส้นทางนี้ให้มากที่สุด จากเงื่อนไขของโรงงาน B_3 ที่มีสินค้า 26.75 หน่วย และศูนย์กระจายสินค้า A_3 ซึ่งรับสินค้าได้ 19.5 หน่วย ดังนั้นจะจัดสรรให้ขนส่งจากโรงงาน B_3 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า A_3 จำนวน 19.5 หน่วย ซึ่งจะทำให้ศูนย์กระจายสินค้า A_3 รับสินค้าได้เต็มจำนวนแล้ว ไม่สามารถรับสินค้าได้อีก ทำให้เหลือศูนย์กระจายสินค้าที่ต้องพิจารณาจัดสรรต่อไปอีก 2 ศูนย์กระจายสินค้าคือ A_1 และ A_2 ส่วนโรงงาน B_3 เหลือสินค้าที่จะจัดส่งได้อีก 7.25 หน่วย จากนั้นพิจารณาเส้นทางที่เหลืออีก 8 เส้นทางคือ โรงงาน B_1 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า A_1 และ A_2 โรงงาน

B_2 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า A_1 และ A_2 โรงงาน B_3 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า A_1 และ A_2 และ B_4 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า A_1 และ A_2 เลือกเส้นทางรองลงมาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดคือ เส้นทางจากโรงงาน B_3 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า A_1 ดังนั้นจัดสรรให้ขนส่งสินค้าจากโรงงาน B_3 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า A_1 เป็นจำนวน 7.25 หน่วย ซึ่งจะทำให้การส่งสินค้าจากโรงงาน B_3 ส่งสินค้าจนครบแล้ว ในขณะที่ศูนย์กระจายสินค้า A_1 ยังเหลือปริมาณสินค้าที่สามารถรับได้อีก 17.75 หน่วย

ในการทำงานเดียวกันพิจารณาเส้นทางขนส่งที่ยังเหลืออยู่ที่ยังไม่ได้รับการจัดสรรต่อไปอีกโดยใช้วิธีการเดียวกันกับข้างต้น จนสามารถจัดสรรได้ครบตามจำนวน ซึ่งผลลัพธ์จากการจัดสรรแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4: แสดงการหาลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการจัดสรรตาราง

	A_1	A_2	A_3	กำลังการผลิต ($\tilde{a}_i$)
B_1	9.25	8.75 21.5	8	21.5
B_2	11.75	10.5 21.25	10	21.25
B_3	7 7.25	8.75	6.25 19.5	26.75
B_4	0 17.75	0 0.75	0	18.5
ความต้องการ ($\tilde{b}_j$)	25	43.5	19.5	88

จากผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการจัดสรรตารางสามารถคำนวณค่าขนส่งทั้งหมดได้ดังนี้
ค่าขนส่งรวม

$$= \tilde{c}_{12} \times 12 + \tilde{c}_{22} \times 22 + \tilde{c}_{31} \times 31 + \tilde{c}_{33} \times 33 + \tilde{c}_{41} \times 41 + \tilde{c}_{42} \times 42$$

$$= (8.75 \times 21.5) + (10.5 \times 21.25) + (7 \times 7.25) + (6.25 \times 19.5) + (0 \times 17.75) + (0 \times 0.75) = 583.88 \text{ บาท}$$

จากการหาลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการจัดสรรตาราง นำมาตรวจสอบด้วยวิธีการกระจายแบบดัดแปลง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5: แสดงค่า R_i และ K_j

	A_1	A_2	A_3	กำลังการผลิต ($\tilde{a}_i$)	R_i
B_1	9.25	8.75 21.5	8	21.5	0
B_2	11.75	10.5 21.25	10	21.25	2
B_3	7 7.25	8.75	6.25 19.5	26.75	-1.75
B_4	0 17.75	0 0.75	0	18.5	-8.75
ความต้องการ ($\tilde{b}_j$)	25	43.5	19.5	88	
K_j	8.75	8.75	8		

จากตารางที่ 5 สามารถคำนวณค่า R_i และ K_j ในช่องที่ถูกจัดสรร (Basic Cell) ได้จาก $\tilde{c}_{ij} = R_i + K_j$

เมื่อ $\tilde{c}_{ij}$ แทน ค่าใช้จ่ายของช่องที่ ij , R_i คือ สัมประสิทธิ์ของแถวที่ i และให้ $R_1 = 0$ และ K_j คือ สัมประสิทธิ์ของคอลัมน์ที่ j

แทนค่าในสูตร $\tilde{c}_{ij} = R_i + K_j$ ได้ดังนี้

พิจารณา $\tilde{c}_{12}$; $8.75 = 0 + K_2$

$$K_2 = 8.75$$

ในทำนองเดียวกันในช่องที่ถูกจัดสรร (Basic Cell) อื่นๆ จะสามารถหาค่า R_i และ K_j ได้ดังนี้

$R_2 = 2, R_3 = -1.75, R_4 = -8.75, K_1 = 8.75, K_2 = 8.75, K_3 = 8$
คำนวณหาค่า E_{ij} จากช่องที่ไม่ถูกจัดสรร (Non Basic Cell) ได้จาก $E_{ij} = \tilde{c}_{ij} - R_i - K_j$

พิจารณา E_{11} ; $E_{11} = 9.25 - 0 - 8.75 = 0.5$ ในทำนองเดียวกันในช่องที่ไม่ถูกจัดสรร (Non Basic Cell) อื่นๆ จะสามารถหาค่า E_{ij} ได้ดังนี้

$$E_{13} = 0, E_{21} = 1, E_{23} = 0, E_{32} = 1.75, E_{43} = 0.75$$

จากผลลัพธ์ที่ได้จะพบว่า มีค่า $E_{ij} \geq 0$ ทุกค่า แสดงว่าผลลัพธ์เบื้องต้นที่คำนวณได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดแล้ว จึงไม่ต้องทำการปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนเส้นทาง การขนส่งแต่อย่างใด ดังนั้นค่าขนส่งรวมที่น้อยที่สุดเท่ากับ 583.88 บาท

5. สรุปผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาวิธีการแก้ปัญหา การขนส่งฟัซซี่ที่ไม่สมดุล โดยใช้วิธีการจัดสรรตารางและวิธีการกระจายแบบดัดแปลงจากการศึกษาจะพบว่า เครื่องมือดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การขนส่งแบบฟัซซี่ที่เหลื่อมคางหมู่ได้ ซึ่งในขั้นตอนการหา คำตอบของปัญหานี้กล่าวโดยสรุปได้ว่า เมื่อปัญหาการขนส่ง เป็นแบบฟัซซี่ที่เหลื่อมคางหมู่ จะดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้
1) หาค่าที่เป็นตัวแทนของตัวเลขฟัซซี่ที่เหลื่อมคางหมู่ จากวิธีเทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง 2) คำนวณผลลัพธ์ เบื้องต้นที่เป็นไปได้โดยวิธีการจัดสรรตาราง 3) ตรวจสอบ พัฒนาผลลัพธ์เบื้องต้นเพื่อปรับปรุงคำตอบที่ได้ให้เป็น

คำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีการกระจายแบบดัดแปลง และ นอกจากนี้หากข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนส่งอุปสงค์และ อุปทานไม่เป็นแบบฟัซซี่ ยังสามารถหาค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ที่น้อยที่สุดได้โดยเลือกใช้วิธีการจัดสรรตารางและวิธีการ กระจายแบบดัดแปลงมาคำนวณหาคำตอบได้เช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] A. E. Samuel, and P. Raja. (2016). A New Approach for Solving Unbalanced Fuzzy Transportation Problem. *International Journal of Computing and Optimization*, 3, 131-140.
- [2] A. E. Samuel, and P. Raja. (2016). Optimization of Unbalanced Fuzzy Transportation Problem. *International Journal of Contemporary Mathematical Sciences*, 11, 533-540.
- [3] D. Hunwisai, and P. kumam. (2017). A method for solving a fuzzy transportation problem via robust ranking technique and ATM. *Cogent Mathematics*, 4, 1-11.
- [4] F. L. Hitchcock. 1941. The distribution of a product several sources to numerous localities. *Journal of Mathematics and Physics*, 20, 224-230.
- [5] K. Ghadle, and P. Pathade. (2016). Optimal solution of balanced and unbalanced fuzzy transportation problem using hexagonal fuzzy numbers. *International Journal of Mathematical Research*, 5, 131-137.
- [6] L. A. Zadeh. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-356.
- [7] M. M. Ahmed, A. R. Khan, Md. S. Uddin, and F. Ahmed. (2016). A new approach to solve transportation problems. *Open Journal of Optimization*, 5, 22-30.

- [8] R. E. Bellman, and L. A. Zadeh. (1970). Decision making in afuzzy environment. *Management Science*, 17, 141-164.
- [9] Yager, R. R. (1981). A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval. *Information Science*, 24, 143-161.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล

Factors Influencing Decision to Invest in Cryptocurrencies

จิตาภา ดำรงค์สมบัติ (Jidapa Dumrongsombut)¹ ญาณากร รวมสุข (Yanakorn Ruamsuk)²

ปีใหม่ กีฬากิจไพบูลย์ (Peemai Keelakitpaibool)³ นลินภัทร์ บำเพ็ญเพียร (Nalinpat Bhumpenpein)⁴

และมาลีรัตน์ มะลิแย้ม (Maleerat Maliyaem)⁵

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

¹s6307011858152@email.kmutnb.ac.th, ²s6307011858179@email.kmutnb.ac.th, ³s6307011858217@email.kmutnb.ac.th,

⁴nalinpat.b@itd.kmutnb.ac.th, ⁵maleerat.m@itd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล เพื่อให้ นักลงทุนหรือผู้ที่สนใจในสกุลเงินดิจิทัลเกิดความตระหนักต่อการตัดสินใจที่จะลงทุนในตลาดสกุลเงินดิจิทัล ซึ่งมีความผันผวนและเปลี่ยนแปลงอย่างมากในปัจจุบัน งานวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 431 คน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ วิธี Stepwise พบว่ามีตัวแปรอิสระ 6 ตัวแปร ได้แก่ โอกาสในการลงทุนทางเลือกใหม่ทัศนคติที่ดีต่อสกุลเงินดิจิทัลความต้องการของตลาดมีเพิ่มมากขึ้นทั่วโลก ความปลอดภัยและความโปร่งใสของระบบในการเก็บข้อมูลความสนใจสกุลเงินดิจิทัลจากทั่วโลกและความเป็นส่วนตัว ของสกุลเงินดิจิทัลโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับการตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลเท่ากับ 0.649 สามารถ พยากรณ์การตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลได้ร้อยละ 41.4

คำสำคัญ : ปัจจัยที่มีส่งผล การตัดสินใจที่จะลงทุน สกุลเงินดิจิทัล

Abstract

This research aims to study factors affecting the decision to invest in cryptocurrencies. This is for investors or people interested in cryptocurrencies to become aware of their decision to invest in the highly volatile cryptocurrency market. Data were collected from 431 samples in Bangkok and were analyzed using stepwise multiple linear regression. The results have six independent variables, including new alternative investment opportunities, positive attitude towards cryptocurrencies, the market demand increasing all over the world, security and transparency of the data collection system, global interest in cryptocurrencies and cryptocurrency privacy. With a correlation coefficient of the decision to invest in cryptocurrencies of about 0.649, the model can forecast a decision to invest in cryptocurrency by 41.4 percentage.

Keyword: Influential Factor, Decision to Invest, Cryptocurrency

1. บทนำ

สกุลเงินดิจิทัลเริ่มต้นจากการพัฒนาระบบออนไลน์ให้ ไม่มีตัวกลางในการตรวจสอบและบันทึกข้อมูลการทำธุรกรรม ซึ่งอาศัยสมาชิกในเครือข่ายตรวจสอบความถูกต้อง

ของการทำธุรกรรมจากต้นทางดังกล่าวหลังจากนั้นจัดเก็บ ข้อมูลประวัติการทำธุรกรรมในรูปแบบของบล็อกเชนและ ถูกจัดเก็บให้กับสมาชิกทุกท่านในเครือข่าย ซึ่งแต่ละ สกุลเงินดิจิทัลมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ภาษาที่ใช้

พัฒนาเวลาบล็อกอัลกอริทึมในการเข้ารหัส เป็นต้น อีกทั้งเทคโนโลยีบล็อกเชนที่มีการยืนยันแล้วว่ามีความปลอดภัยสูงและความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้เองโดยไม่สามารถระบุตัวตนของผู้ใช้ที่ทำธุรกรรมได้ทำให้บุคคลที่ไม่ต้องการเปิดเผยตัวตนในการซื้อขายแลกเปลี่ยนหันมาใช้สกุลเงินดิจิทัลอย่างมาก เช่น องค์กรนอกกฎหมายบุคคลที่กระทำผิดกฎหมาย เป็นต้น ส่งผลให้สกุลเงินดิจิทัลมีผลกระทบอย่างมากต่อตลาดการเงินของโลกมีทั้งบริษัทชั้นนำของโลกที่ประกาศให้สามารถใช้สกุลเงินดิจิทัลในการซื้อสินค้า รวมถึงนักลงทุนรายใหญ่ให้ความสนใจทำให้เป็นที่พูดถึงกันทั่วโลกของการลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลในช่วงเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา

ปัจจุบันประชากรโลกกำลังให้ความสนใจเกี่ยวกับสกุลเงินดิจิทัลจำนวนมาก โดยประชากรส่วนใหญ่ขาดความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับสกุลเงินดิจิทัล อีกทั้งแนวโน้มทิศทางของประเทศไทยที่มีต่อสกุลเงินดิจิทัล ซึ่งยังไม่ได้ได้รับการรับรองโดยรัฐบาลและหน่วยงานของรัฐรวมถึงไม่มีการใช้สินทรัพย์ต่าง ๆ เช่น ทองคำ และตราสารมาค้าประกัน เป็นต้นเนื่องจากสกุลเงินดิจิทัลเป็นสกุลเงินที่อยู่บนอินเทอร์เน็ตที่ไม่เป็นรูปธรรมและไม่สามารถตรวจสอบตัวตนของผู้ทำธุรกรรมได้

จากความสำคัญของปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นยังมีประชากรที่เข้าไปลงทุนในตลาดสกุลเงินดิจิทัลเป็นจำนวนมากโดยผ่านนายหน้าต่าง ๆ ทั้งในและนอกประเทศ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดดำเนินการศึกษาวิจัยโดยวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในกรุงเทพมหานครและนำข้อมูลไปวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล เพื่อนำไปวางแผนในการลงทุนของสกุลเงินดิจิทัลและสนับสนุนให้ผู้สนใจในสกุลเงินดิจิทัลเกิดความตระหนักของการตัดสินใจลงทุนในตลาดสกุลเงินดิจิทัลที่มีความผันผวนและเปลี่ยนแปลงในอนาคคต

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัจจัยส่งผลต่อการลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล

จากการทบทวนงานวิจัยพบว่า มี 23 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยส่งผลต่อการลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล

ปัจจัย	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	รวม
X ₁	✓						✓					✓	✓	✓		5
X ₂	✓		✓				✓						✓			4
X ₃	✓	✓						✓					✓	✓		5
X ₄	✓	✓	✓					✓					✓		✓	6
X ₅						✓						✓				2
X ₆															✓	1
X ₇	✓		✓		✓							✓	✓			5
X ₈	✓											✓	✓			3
X ₉	✓												✓			2
X ₁₀		✓											✓		✓	3
X ₁₁	✓	✓					✓			✓			✓			5
X ₁₂	✓															1
X ₁₃	✓											✓				2
X ₁₄	✓		✓										✓			3
X ₁₅											✓					1
X ₁₆	✓						✓									2
X ₁₇	✓		✓													2
X ₁₈	✓											✓	✓			3
X ₁₉		✓										✓				2
X ₂₀			✓	✓										✓		3
X ₂₁			✓		✓										✓	3
X ₂₂				✓												1
X ₂₃		✓				✓	✓			✓	✓	✓	✓			6

จากตารางข้างต้น การควบคุมระบบบัญชีแยกประเภทรองรับบัญชีแยกประเภทแบบกระจายอำนาจ (X₁) เป็นระบบบัญชีแยกประเภทแบบไม่มีศูนย์กลาง โดยไม่มีตัวกลาง เช่น สถาบันการเงิน ซึ่งให้ทุกคนในสมาชิกได้เก็บข้อมูลบัญชีของทุกคน [1, 7, 12-14]

การโอนทำได้ตลอดเวลาและรวดเร็ว (X₂) สามารถทำธุรกรรมได้ตลอด 24 ชั่วโมง และมีความรวดเร็วที่แตกต่างกันในแต่ละสกุลเงินดิจิทัล [1, 3, 7, 13]

การใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน (X₃) เป็นเทคโนโลยีที่ทั่วโลกยอมรับในเรื่องความปลอดภัยสูงสุดในปัจจุบัน [1, 2, 8, 13, 14] โดยมีความปลอดภัยและความโปร่งใสของระบบในการเก็บข้อมูล (X₄) ยากต่อการโจมตี [1-3, 8, 13, 15]

ความสะดวกในการลงทุนผ่าน Platform Online (X₅) โดยมีการบริการหลายช่องทาง ตัวอย่างเช่น Mobile

Application, Web Application และสามารถลงทุนได้ตลอด 24 ชั่วโมง ไม่มีวันหยุด [6, 12]

มีการกำหนดจำนวนเหรียญของสกุลเงินดิจิทัลอย่างชัดเจน (X_6) เช่น Bitcoin สามารถผลิตได้จำกัดอยู่ที่ 21 ล้านเหรียญ อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค [15] จึงทำให้เกิดความต้องการของตลาดมีเพิ่มมากขึ้นทั่วโลก (X_{10}) [2, 13, 15]

ค่านิยมของคนในสังคมครอบครัวและเพื่อน (กระแสสังคม) (X_7) ในปัจจุบันสกุลเงินดิจิทัลได้รับความสนใจในช่องทาง Social Media ของกลุ่มนักลงทุน [1, 3, 5, 12, 13] จึงทำให้ได้รับความสนใจสกุลเงินดิจิทัลจากทั่วโลก (X_8) [1, 12-13] อีกทั้งการมีส่วนร่วมของผู้มีอิทธิพลทางการลงทุน (X_9) [1, 13]

โอกาสในการลงทุนทางเลือกใหม่ (X_{11}) ตลาดสกุลเงินดิจิทัลเป็นตลาดใหม่ที่เปิดให้ลงทุน [1, 2, 7, 10, 13] โดยมีความคล้ายกับตลาดหุ้นและตลาดแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (X_{22}) [4]

การนำสกุลเงินดิจิทัลมาใช้ในการทำธุรกิจของบริษัทชั้นนำของโลก (X_{12}) มีหลายบริษัทชั้นนำของโลกที่หันมาใช้ Bitcoin ในการแลกเปลี่ยนอย่างเช่น PayPal [1]

สถานะเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลง (X_{13}) เนื่องจากสถานการณ์ต่าง ๆ [1, 12] ตัวอย่างเช่น COVID-19 ทำให้เศรษฐกิจโลกหดตัวทำให้สกุลเงินดิจิทัลเป็นทางเลือกที่จะลงทุน (X_{15}) [11]

ค่าธรรมเนียมในการทำธุรกรรมต่ำ (X_{14}) เมื่อเทียบกับการทำธุรกรรมของธนาคารแบบดั้งเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งตลาดการเงินระหว่างประเทศ [1, 3, 13]

ความอิสระในการควบคุมเงิน (X_{16}) ผู้ใช้สามารถควบคุมเงินได้อย่างเต็มที่ โดยสามารถรับเงินได้ไม่จำกัดไปอยู่ที่ใดในโลกตามความต้องการ [1, 7]

ทัศนคติที่ดีต่อสกุลเงินดิจิทัล (X_{21}) จากราคาที่สูงขึ้นของสกุลเงินดิจิทัลในไม่กี่ปีที่ผ่านมา [3, 5, 15] ทำให้มีแรงจูงใจเชิงบวกและผลตอบแทนสูง (X_{23}) หลายเท่าตัว ทำให้ดึงดูดนักลงทุนเข้ามาลงทุน โดยขาดความตระหนักรู้มากขึ้นในการลงทุนทำให้ตัดสินใจอย่างเร่งรีบ [2, 6-7, 10,

12-13] เพราะความกลัวที่จะตกกระแส (X_{17}) (Fear of missing out) [1, 3]

ความเป็นส่วนตัวของสกุลเงินดิจิทัล (X_{18}) ไม่สามารถระบุตัวตนและวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งานได้ [1, 12, 13]

มูลค่าหลักทรัพย์ของสกุลเงินดิจิทัล (X_{19}) มีขนาดไม่ใหญ่มาก เมื่อเทียบกับขนาดของตลาดอื่น ๆ ซึ่งยังมีโอกาสในการเติบโตอีกในอนาคต [2, 12]

การยอมรับความเสี่ยงจากการลงทุน (X_{20}) สกุลเงินดิจิทัลมีความผันผวนในราคาสูง นักลงทุนจะต้องยอมรับถึงความเสี่ยงนั้น [4-5, 14]

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ประชากรในการวิจัยนี้ คือ บุคคลที่ลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลและบุคคลทั่วไปในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างด้วยสูตร W.G. Cochran ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และระดับความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 มีขนาดอย่างน้อย 400 คน แต่จากการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมีนาคม - เมษายน 2564 ได้จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 431 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบสอบถามแบบลิเคิร์ต 5 ระดับ ซึ่งถูกประเมินความเที่ยงตรง ด้วยค่าความสอดคล้อง IOC โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า X_1 , X_6 - X_7 , X_{13} - X_{14} , X_{17} , X_{19} และ X_{23} ไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย จึงตัดตัวแปรทั้งแปดออกไป จากนั้นประเมินความเชื่อมั่นทั้งฉบับด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) มีความเที่ยงตรงแต่ละข้ออยู่ในช่วง 0.907 - 0.913 แสดงว่าแบบสอบถามมีความเที่ยงตรงดี สามารถนำไปใช้ในงานวิจัยได้

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามประกอบด้วย เพศ อายุ รายได้ต่อเดือน วุฒิการศึกษา และอาชีพ ส่วนที่ 2 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสกุลเงินดิจิทัล (Crypto Currency) ประกอบด้วย การรู้จักสกุลเงินดิจิทัล การลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล ประเภทสกุลเงินดิจิทัลในการลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลและระยะเวลาในการลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลและส่วนที่ 3 ประกอบด้วย 15 ตัวแปรต้น ได้แก่ X_2 - X_5 , X_8 - X_{12} , X_{15} - X_{16} , X_{18} และ X_{20} - X_{22} และตัวแปรตาม (Y)

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป พบว่า ประชากรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 256 คน เพศชาย จำนวน 175 คน มีอายุ 20-30 ปี จำนวน 311 คน รองลงมาคือ อายุ 31-40 ปี จำนวน 78 คน อายุ 41-50 ปี จำนวน 32 คน อายุ 51-60 ปี จำนวน 5 คน ต่ำกว่า 20 ปี จำนวน 3 คน และกลุ่มตัวอย่างที่น้อยที่สุดคือ อายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 2 คน ส่วนใหญ่มีรายได้ 15,000-30,000 บาท จำนวน 235 คน รองลงมาคือรายได้ 30,001-70,000 บาท จำนวน 128 คน ส่วนใหญ่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 343 คน รองลงมาคือ วุฒิมัธยมศึกษา ระดับปริญญาโท จำนวน 66 คน ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานราชการ จำนวน 221 คน รองลงมาคือ อาชีพรับราชการ/รัฐวิสาหกิจ จำนวน 125 คน ส่วนใหญ่มีการรู้จักสกุลเงินดิจิทัล จำนวน 359 คน ส่วนใหญ่ไม่เคยลงทุน ในสกุลเงินดิจิทัล จำนวน 307 คน หากเคยลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลส่วนใหญ่ลงทุนเป็นระยะเวลาน้อยกว่า 1 ปี จำนวน 80 คน และส่วนใหญ่ได้รับผลตอบแทนเป็นกำไร จำนวน 75 คน รองลงมาคือ ผลตอบแทนเป็นเท่าทุน จำนวน 25 คน และน้อยที่สุดคือ ผลตอบแทนเป็นขาดทุน จำนวน 23 คน

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบปัจจัยและสกัดปัจจัยด้วยวิธี Principal Component Analysis โดย KMO and Bartlett's test คือ การคำนวณค่าสถิติ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์และ Communalities หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหนึ่งกับปัจจัยอื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ถ้าปัจจัยใดมีค่านี้น้อยกว่า 0.5 จะถูกตัดออก

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่า KMO มีค่าเท่ากับ 0.873 มีค่ามากกว่า 0.5 เหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ปัจจัยและค่า p-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กัน อีกทั้งพบว่าค่า Communalities ปัจจัยที่ X₁₅ ต่ำกว่า 0.5 จึงตัดข้อคำถามออกและนำปัจจัยที่เหลือไปวิเคราะห์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์กลุ่มของปัจจัย KMO and Bartlett's test และ Communalities ของตัวแปรปัจจัย

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy					0.873
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square				4342.077
	df				171
	sig				0.000
Factor	Initial	Extraction	Factor	Initial	Extraction
X ₂	1.000	0.569	X ₁₂	1.000	0.573
X ₃	1.000	0.632	X ₁₅	1.000	0.468
X ₄	1.000	0.668	X ₁₆	1.000	0.608
X ₅	1.000	0.625	X ₁₈	1.000	0.636
X ₈	1.000	0.720	X ₂₀	1.000	0.506
X ₉	1.000	0.667	X ₂₁	1.000	0.627
X ₁₀	1.000	0.670	X ₂₂	1.000	0.556
X ₁₁	1.000	0.618			
Extraction Method: Principal Component Analysis (PCA)					

4.3 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณวิธี Stepwise พบว่า การตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล มีผลมาจาก 6 ปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Stepwise)

	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	VIF	Tolerance
ค่าคงที่	-0.204	0.236		-0.862	0.389		
X ₁₂	0.264	0.063	0.208	4.172	0.000	1.825	.548
X ₂₂	0.218	0.052	0.195	4.206	0.000	1.569	.637
X ₁₀	0.147	0.061	0.124	2.405	0.017	1.961	.510
X ₄	0.105	0.043	0.105	2.467	0.014	1.339	.747
X ₈	0.155	0.058	0.135	2.677	0.008	1.877	.533
X ₁₉	0.126	0.055	0.111	2.300	0.022	1.706	.586
R = 0.649 R Square = 0.422							
Adjusted R Square = 0.414							
Std. Error of the Estimate = 0.7							

เมื่อทดสอบภาวะ Multicollinearity พบว่า ตัวแปรต้นไม่มีปัญหาภาวะ Multicollinearity ระหว่างกันเนื่องจากค่า VIF ทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 10 และค่า Tolerance ไม่เข้าใกล้ศูนย์ ดังนั้นทั้ง 6 ปัจจัยสามารถร่วมกันอธิบาย

ความผันแปรของการตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล ด้ร้อยละ 41.40 ทั้งนี้ ค่าคงที่ B ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นสมการพยากรณ์สามารถเขียนได้ดังนี้

$$Y = 0.265X_{12} + 0.218X_{22} + 0.147X_{10} + 0.105X_4 + 0.155X_8 + 0.126X_{19}$$

จากสมการข้างต้นสามารถวิเคราะห์เพื่อสรุปถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล ได้ดังนี้

(1) โอกาสในการลงทุนทางเลือกใหม่ (X_{12}) เนื่องจากปัจจุบันสกุลเงินดิจิทัลเป็นสกุลเงินเสมือนที่อยู่บนอินเทอร์เน็ตและสามารถนำมาซื้อขายแลกเปลี่ยนแทนสกุลเงินจริงได้ในหลาย ๆ ประเทศทั่วโลก จึงเกิดการลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล ซึ่งถือเป็นตลาดการลงทุนที่เพิ่งเกิดมาไม่กี่ปี และมีมูลค่าตามราคาตลาดที่ยังไม่ใหญ่มาก เมื่อเทียบกับตลาดหุ้นและตลาดแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศทำให้เห็นว่าเป็นโอกาสที่จะเข้าไปลงทุน

(2) ทัศนคติที่ดีต่อสกุลเงินดิจิทัล (X_{22}) จากสถานการณ์ที่ผ่านมาความคิดเห็นจากประชากรมีแรงจูงใจเชิงบวกเนื่องจากว่าราคาของสกุลเงินดิจิทัลมีอัตราการเติบโตสูงขึ้นอย่างมากในเวลาไม่กี่ปี [3] ทำให้เห็นว่าสกุลเงินดิจิทัลเป็นช่องทางการลงทุนที่จะได้รับผลตอบแทนหลายเท่าตัว จึงดึงดูดนักลงทุนที่ตัดสินใจเข้าไปลงทุนอย่างมากมาย

(3) ความต้องการของตลาดมีเพิ่มมากขึ้นทั่วโลก (X_{10}) เนื่องจากปัจจุบันได้รับการสนใจจากประชากรที่หันมาใช้สกุลเงินดิจิทัลมากขึ้นจึงส่งผลให้ราคาของสกุลเงินดิจิทัลเติบโตหลายเท่าตามความต้องการของประชากรที่สนใจในแต่ละสกุลเงิน ยกตัวอย่างเช่น สกุลเงิน Bitcoin ที่ได้รับความนิยมสูงในปัจจุบันและมีจำนวนจำกัดอยู่ที่ 21 ล้านเหรียญ BTC

(4) ความปลอดภัยและความโปร่งใสของระบบในการเก็บข้อมูล (X_4) ระดับความปลอดภัยของระบบอยู่ในระดับที่สูงมากซึ่งยากที่จะทำการโจมตีระบบเนื่องจากเป็นระบบการเก็บข้อมูลแบบกระจายอำนาจทำให้ผู้ที่ต้องการโจมตีจำเป็นต้องเข้าควบคุมมากกว่าร้อยละ 50 ของเครือข่าย

ทั้งหมด ซึ่งแทบจะเป็นไปไม่ได้ [1] ทำให้เกิดความไว้วางใจในความปลอดภัยของระบบสกุลเงินดิจิทัล

(5) ความสนใจสกุลเงินดิจิทัลจากทั่วโลก (X_8) สกุลเงินดิจิทัลได้รับความสนใจอย่างมากเมื่อราคาสูงขึ้นในช่วงปี 2017 และต้นปี 2018 นอกจากนี้ความสนใจวัดจากปริมาณการค้นหาข้อมูลของสกุลเงินดิจิทัล และการมีส่วนร่วมของผู้มีอิทธิพลที่ได้ประกาศว่าเขาสนใจในสกุลเงินดิจิทัล [1] ในปัจจุบันราคาของสกุลเงินดิจิทัลได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและอาจเพิ่มสูงขึ้นอีกในอนาคต

(6) ความเป็นส่วนตัวของสกุลเงินดิจิทัล (X_{19}) สกุลเงินดิจิทัลให้ความเป็นส่วนตัวที่สูงมาก โดยไม่มีใครสามารถระบุเจ้าของเหรียญนั้นเป็นใครหรือนำไปใช้จ่ายที่ใด และเพื่อวัตถุประสงค์ใด รวมทั้งการกำจัดตัวกลางช่วยเพิ่มระดับความเป็นส่วนตัวอีกด้วย [1]

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากรตัวอย่างจำนวน 431 คน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณวิธี Stepwise พบว่าตัวแปรที่มีอำนาจในการพยากรณ์การตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลมีทั้งหมด 6 ตัวแปร โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับการตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลเท่ากับ 0.649 สามารถพยากรณ์การตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลร้อยละ 41.4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ผลการวิจัยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ [1] ที่พบว่า ปัจจัยที่มีส่งผลต่อการตัดสินใจที่จะลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล เนื่องจากเป็นโอกาสที่จะลงทุนในทางเลือกใหม่ มีความปลอดภัยในการเก็บข้อมูลและได้รับความสนใจจากทั่วโลกอีกทั้งยังมีความเป็นส่วนตัว โดยปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยนี้สามารถไปวิเคราะห์วางแผน ในการลงทุนเพื่อให้ได้กำไรหรือผู้ที่สนใจในสกุลเงินดิจิทัลเกิดความตระหนักต่อการตัดสินใจที่จะลงทุนในตลาดสกุลเงินดิจิทัล ซึ่งมีความผันผวนและเปลี่ยนแปลงอย่างมากในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Saeed Alzahrani, Tugrul U. Daim. (2019). "Evaluation of the Cryptocurrency Adoption Decision Using Hierarchical Decision Modeling (HDM)".
- [2] Kartik Gautam, Nitin Sharma, Praveen Kumar. (2020). "Empirical Analysis of Current Cryptocurrencies in Different Aspects".
- [3] Haneffa Muchlis Gazali, Che Muhamad Hafiz Bin Che Ismail, TamrinAmboala. (2018). "Exploring the Intention to Invest in Cryptocurrency: The Case of Bitcoin".
- [4] Jiaqi Liang, Linjing Li, Weiyun Chen, Daniel Zeng. (2019). "Towards an Understanding of Cryptocurrency: A Comparative Analysis of Cryptocurrency, Foreign Exchange, and Stock".
- [5] Husnu S. Narman, Alymbek Damir Uulu. (2020). "Impacts of Positive and Negative Comments of Social Media Users to Cryptocurrency".
- [6] Sirapop Kamrat, Napasorn Suesangiamsakul, Rangsipan Marukat. (2018). "Technical analysis for cryptocurrency trading on mobile phones".
- [7] Juan G. LazoLazo, Gonzalo H. Herrera Medina, Alanpierre Vargas Guevara, Alvaro Talavera, (2019). "Support system to investment management in cryptocurrencies".
- [8] Benjamin Johnson, Aron Laszka, Jens Grossklags, Tyler Moore. (2018). "Economic Analyses of Security Investments on Cryptocurrency Exchanges".
- [9] Husnu S. Narman, Alymbek Damir Uulu, Jinwei Liu. (2019). "Profile Analysis for Cryptocurrency in Social Media".
- [10] ROMINA TORRES, Miguel A. Solis, Rodrigo Salas, Aurelio F. Bariviera. (2020). "A Dynamic Linguistic Decision Making Approach for a Cryptocurrency Investment Scenario".
- [11] Anupam Dutta, Debojyoti Das , R. K. Jana c, Xuan Vinh Vo. (2020). "COVID-19 and oil market crash: Revisiting the safe haven property of gold and Bitcoin".
- [12] Aamna Al Shehhi, MayadaOudah, Zeyar Aung. (2014). "Investigating Factors Behind Choosing a Cryptocurrency ".
- [13] Saeed Alzahrani, Tugrul U. Daim. (2019). "Analysis of the Cryptocurrency Adoption Decision: Literature Review".
- [14] Chang Yeon Kim, Kyungho Lee. (2018). "Risk Management to Cryptocurrency Exchange and Investors".
- [15] Fakhar Shahzad, GuoYiXiu, Jian Wang, Muhammad Shahbaz. (2018). "An empirical investigation on the adoption of cryptocurrencies among the people of mainland China".

การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ความต้องการกลบสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง

A Comparison of the Forecasting Method for Rice Husk Use as Fuel:

A Case Study Uses for Biomass Power Plant

ศีลวัชร แก้วพิจิตร์^{1*} และประจวบ กล่อมจิตร์²

Silawat Kaewpijit^{1*} PrachuabKlomjit²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

E-mail: silawat.kaewpijit@gmail.com *

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ความต้องการกลบที่เหมาะสมสำหรับการวางแผนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงงานผลิตไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษาแห่งหนึ่งโดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2559 - เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 จากนั้นเลือกวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดโดยเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของวิธีพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี คือ วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย วิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่าและวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรง จากนั้นเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดจะพิจารณาจากค่าผิดพลาดในการพยากรณ์ ผลการศึกษาพบว่า วิธีพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 2600611 ซึ่งเป็นตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการนำไปพยากรณ์หาปริมาณกลบเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในอนาคตมากที่สุด

คำสำคัญ : การพยากรณ์, วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่, วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย, วิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า, วิธีการพยากรณ์ถดถอยเชิงเส้นตรง

Abstract

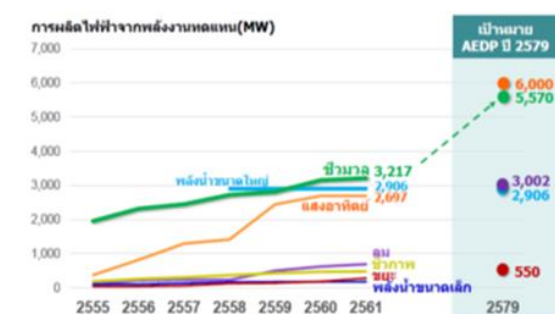
The purpose of this research is to study the comparison of forecasting the rice husk as a fuel needed for biomass power plant. The research collecting data from 2016 to 2020, then choose the most appropriate method for forecasting. Comparing the 4 different methods of forecast; moving average, single exponential smoothing method, double exponential smoothing method, and simple liner regression. The research will then select the most appropriate method by considering the error margin of forecast as a condition. The result for the research shown that the double exponential smoothing method has the lowest average as 2600211, which is the appropriate method use to forecast the amount of rice husk necessary for the power plant in the future.

Keywords : Forecasting, Moving Average Method, Single Exponential Smoothing Method, Double Exponential Smoothing Method, Simple Linear Regression Method

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในประเทศไทยมีการขยายเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งส่งผลให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยแต่ในขณะเดียวกันอุตสาหกรรมต่าง ๆ ยังมีการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักในการประกอบกิจกรรมทางเศรษฐกิจซึ่งส่งผลให้ต้นทุนทางการผลิตสินค้าอุปโภคและบริโภคที่สูงขึ้น ทำให้ภาครัฐบาลไทยเล็งเห็นช่องทางการบูรณาการร่วมกันระหว่างหลายอุตสาหกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยได้มีการสร้างนโยบายการกระจายสัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าซึ่งกำหนดให้มีการใช้พลังทดแทนหรือชีวมวล (Biomass) คิดเป็นร้อยละ 20 ของการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งหมด ภายในปี พ.ศ. 2579 ทำให้ในหลายอุตสาหกรรมมีการนำชีวมวลเข้ามาประยุกต์ใช้เป็นพลังงานทดแทน

พลังงานชีวมวล (Biomass) เป็นสารอินทรีย์ประเภทหนึ่งที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานธรรมชาติแฝงอยู่ในจำเพาะพวกพืช เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ พืชซากอ้อย และแกลบ โดยในปี พ.ศ. 2561 มีการใช้งานพลังงานประเภทนี้ คิดเป็นร้อยละ 58 ของเป้าหมายนโยบายการใช้พลังงานชีวมวลแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สถานการณ์การใช้พลังงานชีวมวล ปี พ.ศ.2561 [1]

จากรูปดังกล่าวแสดงถึงการใช้พลังงานชีวมวลในประเทศไทยใน 2 ปีที่ผ่านมา ซึ่งมีอัตราการบริโภคที่สูงขึ้นมากทุกปี ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าความผันผวนของราคาของชีวมวลสร้างความท้าทายให้แก่ผู้ผลิตกระแสไฟฟ้าที่ไม่มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรตลอดฤดูกาลและต้องรับซื้อ

วัสดุดังกล่าวจากพื้นที่ห่างไกลซึ่งถือเป็นโครงสร้างต้นทุนด้านหนึ่งสำหรับผู้ผลิตกระแสไฟฟ้าต้องให้ความสำคัญ

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงทำการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ความต้องการการกลบที่เหมาะสมสำหรับการวางแผนการผลิตกระแสไฟฟ้า

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ความต้องการการกลบที่เหมาะสมสำหรับการวางแผนการผลิตกระแสไฟฟ้า

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method)

เป็นวิธีการพยากรณ์ชนิดหนึ่งซึ่งเป็นอนุกรมเวลา โดยแต่ละจุดของค่าเฉลี่ยที่เปลี่ยนไปก็คือ ค่าทางคณิตศาสตร์หรือค่าเฉลี่ยของหลาย ๆ ค่าที่มีความต่อเนื่องกันจึงเป็นความถี่ที่ใช้ประโยชน์ในการขายสินค้ารายการต่าง ๆ ตามช่วงเวลาสั้น ๆ [2] การคำนวณจะได้ดังสมการ ดังนี้

$$\hat{y}_{t+1} = \frac{y_{t-1} + y_t + \dots + y_{t+n}}{n+1} \quad (1)$$

โดยที่ $\hat{y}_{t+1}$ = ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลา $t+1$

= ค่าข้อมูลในช่วงเวลาปัจจุบัน (t)

= จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการเฉลี่ย

ค่าสังเกตของข้อมูลทุกครั้งจะต้องถ่วงน้ำหนักเท่า ๆ กัน ขณะที่เพิ่มข้อมูลใหม่เข้าไปในค่าเฉลี่ยจะต้องตัดข้อมูลตัวแรกสุดในอดีตออกไปเพื่อให้จำนวนข้อมูลเท่าเดิม

3.2 วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลแบบง่าย (Single Exponential Smoothing Method)

เป็นวิธีที่ใช้หลักการของการหาค่าเฉลี่ยวิธีหนึ่ง โดยให้น้ำหนักความสำคัญกับข้อมูลใหม่มาก ค่าพยากรณ์จะตอบสนองกับข้อมูลใหม่เป็นหลัก เหมาะกับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงและคาดเดาได้ยาก ในการนี้จะกำหนดน้ำหนักข้อมูลล่าสุดเป็น α โดยให้ค่า α อยู่ระหว่าง 0-1 ถ้าค่า $\alpha = 1$ แสดงว่าให้น้ำหนักกับข้อมูลล่าสุดมาก

ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาถัดไปจะเท่ากับข้อมูลจริงในช่วงเวลา
ล่าสุด แต่ถ้า α มีค่าน้อยก็จะหมายความว่ายึดข้อมูล
พยากรณ์ในอดีตเป็นหลักโดยไม่คำนึงถึงข้อมูลปัจจุบัน [3]

การหาค่าพยากรณ์คำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$+1 = + (1 - \alpha) \quad (2)$$

โดยที่ $+1$ = ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาถัดไป

= ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาปัจจุบัน

= ความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในหน่วย

เวลา t

α = ค่าถ่วงน้ำหนักปรับเรียบ

3.3 วิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลสองเท่า (Double Exponential Smoothing Method)

การพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล
สองเท่าเหมาะกับการพยากรณ์ความต้องการที่มีแนวโน้ม
เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย แต่มีข้อจำกัดคือต้องเป็นแนวโน้ม
เชิงเส้นตรง การพยากรณ์ความต้องการของช่วงเวลาคือ
ผลรวมของข้อมูลสองชนิดจากช่วงเวลา ส่วนแรกข้อมูลฐาน
และส่วนที่สองเป็นความชัน [4] นั่นคือ

$$= -1 + +1 \quad (3)$$

โดยที่ -1 = ค่าประมาณข้อมูลฐาน

$+1$ = ค่าประมาณความชันของช่วงเวลา -1

การประมาณค่าของข้อมูลฐานและความชันสามารถ
คำนวณได้ตามสมการ

$$= + (1 -)(-1 + -1) \quad (4)$$

$$= (- -1) + (1 -)(-1) \quad (5)$$

โดยที่ α = ค่าปรับเรียบ

β = ค่าแนวโน้ม

3.4 วิธีการพยากรณ์แบบถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง [4] เหมาะกับ
การพยากรณ์ในกรณีที่ข้อมูลความต้องการสินค้ามีผลมาจาก
ปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความต้องการสินค้าประเภทรถยนต์
มักขึ้นอยู่กับราคา ราคาสินค้า และอุปสงค์อันวยความสะดวก
ที่มาพร้อมกับรถ โดยมีตัวแปรอิสระเพียงหนึ่งตัวแปร และ

มีความสัมพันธ์กับความต้องการสินค้าเป็นเส้นตรง แสดง
ดังสมการที่ 6

$$= 0 + 1 \quad (6)$$

เมื่อ 0 และ 1 คือพารามิเตอร์ที่แสดงถึงจุดตัด
แกนตั้ง และความชันของเส้นตรง ตามลำดับคือ ตัวแปรอิสระ
ซึ่งอาจหมายถึงราคา และคือยอดขายประมาณการการขาย

3.5 การวัดค่าผิดพลาดในการพยากรณ์

งานวิจัยฉบับนี้เลือกวิธีการวัดความคลาดเคลื่อน
ในการพยากรณ์ 3 รูปแบบ ได้แก่ ค่าความคลาดเคลื่อน
ที่แท้จริงเฉลี่ย (Mean Absolute Deviation: MAD),
ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square
Error : MSE), ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์
(Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นรวัฒน์ เหลืองทอง และนันทชัย กานตานันทะ
[5] ได้ทำการศึกษาการเลือกตัวแบบพยากรณ์ผลผลิต
การเกษตรที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบผลการพยากรณ์
ของวิธีการพยากรณ์เชิงสาเหตุ 3 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์
การถดถอยเชิงเส้นระบบผสมของขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม
และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและวิธีโครงข่าย
ประสาทเทียม จากผลการศึกษาพบว่า วิธีโครงข่าย
ประสาทเทียมให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย
ต่ำที่สุดในพืชทุกชนิด

เฉลิมชาติ ธีระวิริยะ [6] ได้ทำการศึกษาและ
เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ความต้องการ
ใช้พลังงานไฟฟ้าในจังหวัดนครพนม โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการ
พยากรณ์ 6 วิธี คือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่, วิธีแนวโน้มเชิงเส้น,
วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย, วิธีปรับเรียบเอ็กซ์
โปเนนเชียลแบบไฮลท์, วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ
วินเทอร์, วิธีแยกส่วนประกอบผลการศึกษาพบว่า วิธีการ
พยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุดคือการพยากรณ์โดยวิธี
แยกส่วนประกอบ

ลักขณา ฤกษ์เกษม [7] ได้ทำการศึกษาการศึกษา
และเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์
ความต้องการการใช้ผ้าสำหรับการผลิตชุดปฏิบัติการณ์

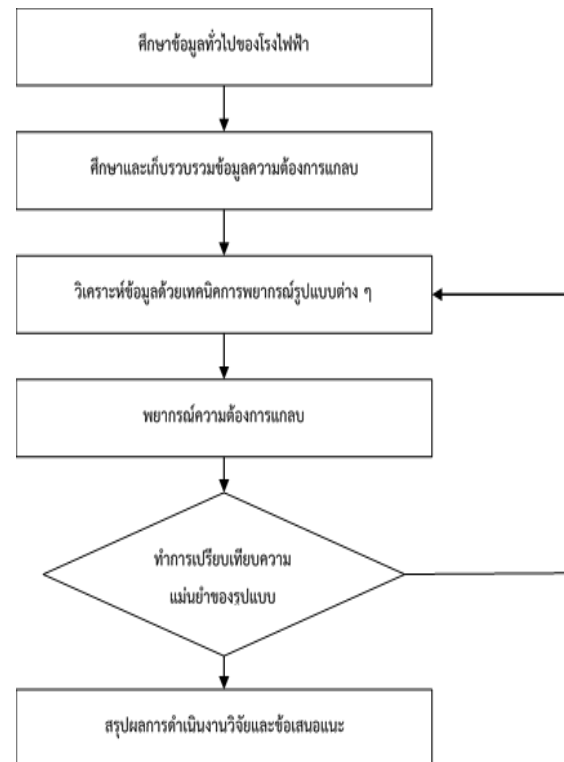
สำหรับห้องสะอาดเพื่อหาวิธีพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมที่สุด วิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 4 วิธี คือ วิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่, วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย, วิธีพยากรณ์แบบฤดูกาลของวินเตอร์และวิธีการพยากรณ์โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ผลการศึกษาพบว่า วิธีการพยากรณ์ที่ให้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีการพยากรณ์โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ที่น้อยที่สุด

บุญชัย แซ่ลี้ และศุภรัช ชัยวรรัตน์ [8] ได้ทำการศึกษาและสร้างสมการการพยากรณ์ยอดขายอาหารสัตว์โดยใช้หลักการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา 3 วิธี คือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสองครั้งและประยุกต์ใช้การแยกส่วนแบบผสมค่าดัชนีแนวโน้มค่าดัชนีฤดูกาลและค่าดัชนีเหตุการณ์ผิดปกติ ($T \times S \times I$) จากผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ยอดขายทั้ง 3 วิธี พบว่า การพยากรณ์แบบประยุกต์ใช้การแยกส่วนค่าดัชนีแนวโน้มค่าดัชนีฤดูกาลและค่าดัชนีเหตุการณ์ผิดปกติ ($T \times S \times I$) มีความเหมาะสมที่สุด

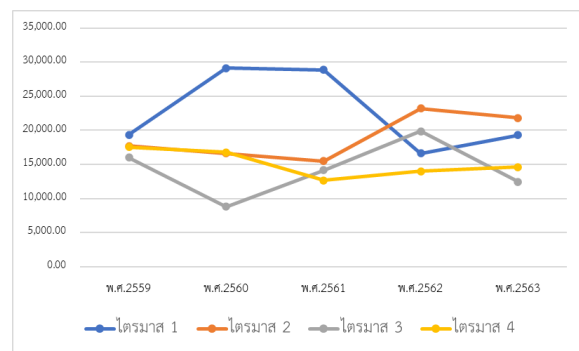
4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำข้อมูลปริมาณการสั่งซื้อแกลบของโรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษาสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วง 5 ปีย้อนหลัง (ปี พ.ศ.2559 - พ.ศ.2563) แสดงดังรูปที่ 4 มาวิเคราะห์หารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับโรงงานไฟฟ้า กรณีศึกษาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ผล เลือกรูปแบบการพยากรณ์ ซึ่งในที่นี้จะเลือกใช้ รูปแบบการพยากรณ์ 4 รูปแบบ

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab คือ กราฟแสดงปริมาณการพยากรณ์ข้อมูลการสั่งซื้อแกลบในแต่ละวิธี และสำหรับการวิเคราะห์ผลที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์โดยรูปแบบการพยากรณ์ที่ดี หรือมีความเหมาะสมกับข้อมูลแต่ละประเภทนั้นจะมีค่าต่ำที่สุดในงานวิจัย



รูปที่ 3 แผนการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 4 ข้อมูลการสั่งซื้อแกลบของโรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษา ปี พ.ศ.2559 - พ.ศ.2563

5. ผลดำเนินงานวิจัย

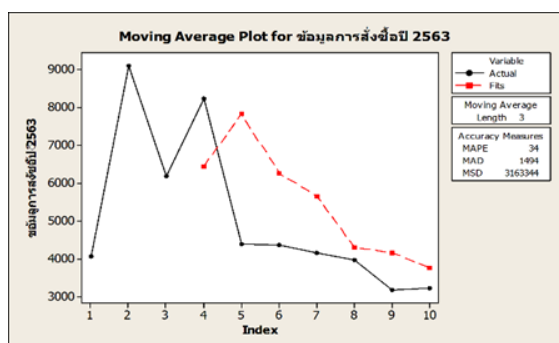
จากการศึกษาข้อมูลเชิงลึกในการพยากรณ์และความต้องการแกลบสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลปีละ 10 เดือน เนื่องจากทางโรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษาจะมีช่วงซ่อมบำรุงประจำปี 2 ครั้งต่อปี ดังนี้

5.1 ผลการพยากรณ์โดยวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

การทดสอบรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 3 เดือน ระยะเวลา ปี พ.ศ. 2559 - พ.ศ.2563 และการวิเคราะห์ค่าผิดพลาดในการพยากรณ์ พบว่าในปี พ.ศ.2560 มีค่า MSE สูงสุด 4044154 และในปี พ.ศ. 2562 มีค่า MSE ต่ำสุด 2492510

ตารางที่ 1 การพยากรณ์ความต้องการแอลกอฮอล์ด้วยวิธีที่ 1

ปีพยากรณ์	MAD	MSE	MAPE
2559	1494	3163344	34.00%
2560	1819	4044154	40.00%
2561	1561	4535779	31.00%
2562	1365	2492510	22.00%
2563	1494	3163344	34.00%
ค่าเฉลี่ย	1546	3479826	32.20%



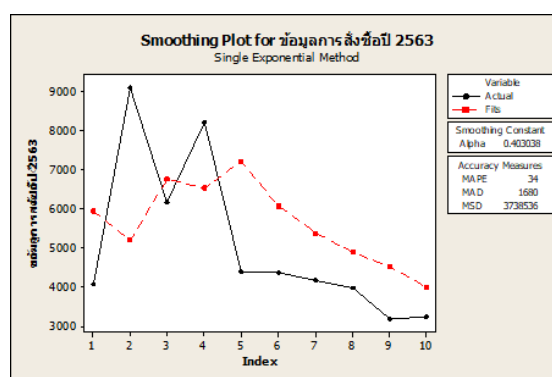
รูปที่ 5 ตัวอย่างการพยากรณ์ด้วยวิธีที่ 1 ในปี พ.ศ. 2563

5.2 ผลการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย

การทดสอบรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย โดยมีค่าที่ใช้มาจากการใช้ฟังก์ชัน optimizer ARIMA ใน Minitab [9] เป็นตัวกำหนดให้มีความเหมาะสมกับค่าพยากรณ์ ในการวิเคราะห์ค่าผิดพลาดในการพยากรณ์ พบว่าในปี พ.ศ. 2563 มีค่าความ MSE สูงสุด 3738536 และในปี พ.ศ. 2559 มีค่า MSE ต่ำสุด 2745329

ตารางที่ 2 การพยากรณ์ความต้องการแอลกอฮอล์ด้วยวิธีที่ 2

ปีพยากรณ์	MAD	MSE	MAPE
2559	1561	2745329	27.00%
2560	1632	3091942	34.00%
2561	1218	3122982	22.00%
2562	1355	2386397	23.00%
2563	1680	3738536	34.00%
ค่าเฉลี่ย	1489	3017037	28.00%



รูปที่ 6 ตัวอย่างการพยากรณ์ด้วยวิธีที่ 2 ในปีพ.ศ. 2563

ตารางที่ 3 ค่าปรับเรียบของวิธีการที่ 2

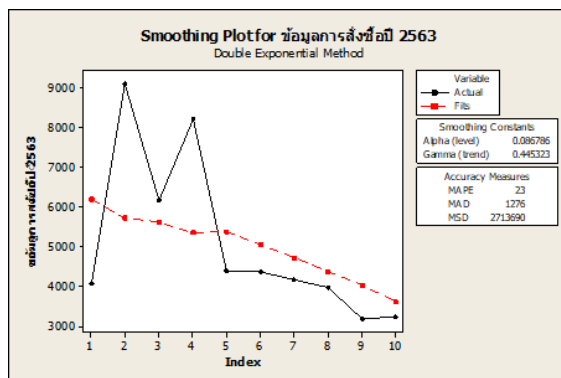
ปีพยากรณ์	ค่าปรับเรียบ
2559	0.178931
2560	0.27367
2561	0.677610
2562	0.139618
2563	0.403038

5.3 ผลการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า

การทดสอบรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองเท่าจะใช้ค่าและที่ใช้มาจากการใช้ฟังก์ชัน optimizer ARIMA ใน Minitab เป็นตัวกำหนดให้มีความเหมาะสมกับค่าพยากรณ์เหมือนกัวิธีก่อนหน้า ในการวิเคราะห์ค่าผิดพลาดในการพยากรณ์ พบว่า ในปี พ.ศ.2560 มีค่า MSE สูงสุด 3634481 และในปี พ.ศ.2561 มีค่า MSE ต่ำสุด 1752434

ตารางที่ 4 การพยากรณ์ความต้องการการกลับด้วยวิธีที่ 3

ปีพยากรณ์	MAD	MSE	MAPE
2559	1227	2386687	19.00%
2560	1572	3634481	30.00%
2561	1029	1752434	24.00%
2562	1311	2515764	22.00%
2563	1276	2713690	23.00%
ค่าเฉลี่ย	1283	2600611	24.00%



รูปที่ 7 ตัวอย่างการพยากรณ์ด้วยวิธีที่ 3 ในปี พ.ศ. 2563

ตารางที่ 5 ค่าปรับเรียบและค่าแนวโน้มของวิธีการที่ 3

ปีพยากรณ์	ค่าปรับเรียบ	ค่าแนวโน้ม
2559	0.141634	0.130715
2560	0.15399	0.84601
2561	0.11976	0.88024
2562	0.13216	0.86784
2563	0.086786	0.445323

5.4 ผลการพยากรณ์โดยวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรง

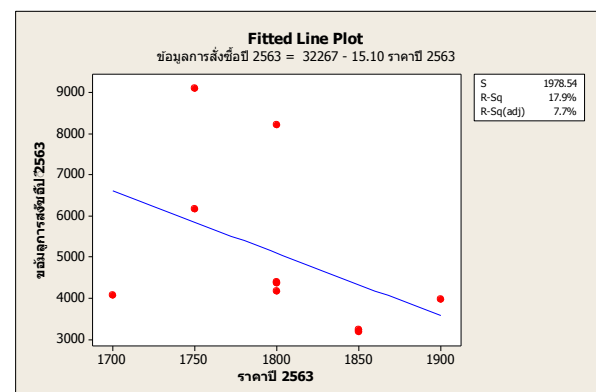
การทดสอบรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรงได้วิเคราะห์ค่าผิดพลาดในการพยากรณ์พบว่า ในปี พ.ศ.2561 มีค่า MSE สูงสุด 4291831 และในปี พ.ศ.2562 มีค่า MSE ต่ำสุด 2064976 และมีสมการถดถอยเชิงเส้นในแต่ละปีการพยากรณ์โดยค่า x คือ ราคาของแกลบในช่วงปี และ y คือ ปริมาณการสั่งซื้อแกลบในช่วงปี แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 การพยากรณ์ความต้องการการกลับด้วยวิธีที่ 4

ปีพยากรณ์	MAD	MSE	MAPE
2559	1468	3217986	24.81%
2560	1454	2910099	28.90%
2561	1794	4291831	28.42%
2562	1255	2064976	20.69%
2563	1698	4085118	33.68%
ค่าเฉลี่ย	1534	3314002	27.30%

ตารางที่ 7 สมการถดถอยเชิงเส้นในแต่ละปีพยากรณ์

ปีพยากรณ์	สมการถดถอยเชิงเส้น
2559	$Y = 10468 - 2.998 (X)$
2560	$Y = -7043 + 7.806 (X)$
2561	$Y = -9032 + 10.69 (X)$
2562	$Y = 3593 + 1.755 (X)$
2563	$Y = 32267 - 15.10 (X)$



รูปที่ 8 ตัวอย่างการพยากรณ์ด้วยวิธีที่ 4 ในปี พ.ศ. 2563

6. สรุปการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ความต้องการการกลับที่เหมาะสมสำหรับการวางแผนการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาเลือกวิธีในการพยากรณ์จากค่าผิดพลาดในการพยากรณ์โดยผลการทดลองใช้เทคนิคการพยากรณ์ 4 วิธี ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์
โดยผลการทดลองใช้เทคนิคการพยากรณ์ 4 วิธี

วิธีพยากรณ์	MAD	MSE	MAPE
วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	1547	3479826	32.20%
วิธีการปรับเรียบแบบ เอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย	1489	3017037	28.00%
วิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โป เนนเชียลสองเท่า	1283	2600611	24.00%
วิธีการพยากรณ์โดยวิธีการ ถดถอยเชิงเส้นตรง	1534	3314002	27.30%

จากผลการดำเนินงานเปรียบเทียบผลการพยากรณ์
เมื่อพิจารณาค่าค่าผิดพลาดในการพยากรณ์ พบว่า วิธีการ
พยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลสองเท่า
มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ
2600611 ซึ่งเหมาะสมสำหรับการนำไปพยากรณ์ปัญหา
ปริมาณการสั่งซื้อแกลบเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า รองลงมาคือ
วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่ายมีค่า
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 3017037 และ
วิธีการพยากรณ์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย
ที่ต่ำคือ วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3 เดือน เท่ากับ 3479826

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิทยาการพลังงาน. (2561). “พลังงานชีวมวล.”
การอบรมหลักสูตรด้านวิทยาการพลังงานสำหรับนัก
บริหารรุ่นใหม่ รุ่น 6. สืบค้น กุมภาพันธ์ 2564, จาก
[http://www.thailandenergyacademy.org/assets/
upload/coursedocument/file/.8.%20อัคินี_ชีวมวล
ผลิตไฟฟ้าทางรอดหรือทางตัน](http://www.thailandenergyacademy.org/assets/upload/coursedocument/file/.8.%20อัคินี_ชีวมวลผลิตไฟฟ้าทางรอดหรือทางตัน).
- [2] อนุสรณ์ บุญสง่า. (2559). การพยากรณ์ความต้องการ
แวนตา กรณีศึกษา: ร้านรักแวน (วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- [3] กนกกาญจน์ มูลพาลา และเรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย.
(2557). การศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายสินค้า
อุปโภคที่เหมาะสมของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง.
วารสารวิชาการบริหารธุรกิจ, 3(1), 12-21.

- [4] ชุติศักดิ์ พรสิงห์. (2562). *ทฤษฎีสินค้าคงคลังในการจัดการ
ห่วงโซ่อุปทาน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย
ศิลปากร.
- [5] นรวัฒน์ เหลืองทอง และนันทชัย กานตานันทะ.
(2559). “การเลือกตัวแบบพยากรณ์ผลผลิตทางการ
เกษตรที่เหมาะสม.” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 24(3), 371-381.
- [6] เฉลิมชาติ อีระวิริยะ. (2560). “การเปรียบเทียบ
วิธีการพยากรณ์สำหรับความต้องการใช้พลังงาน
ไฟฟ้าในจังหวัดนครพนม.” *Naresuan University
Journal: Science and Technology*, 25(4), 124-
137.
- [7] ลักขณา ฤกษ์เกษม. (2559). “การพยากรณ์ความต้องการ
สินค้าสำหรับการวางแผนการผลิต: กรณีศึกษาการ
ผลิตชุดสะอาด.” *วารสารปริชาต มหาวิทยาลัย
ทักษิณ*, 24(3 ฉบับพิเศษ), 291-304.
- [8] บุญชัย แซ่สัว และศุภรัช ชัยวรรัตน์. (2562). “การศึกษา
เทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสม
กรณีศึกษา: โรงงานผลิตอาหารสัตว์.” *Kasem
Bundit Engineering Journal*, 9(0), 54-70.
- [9] อภิชัย พรหมอ่อน. (2561). การศึกษาการพยากรณ์
แบบอนุกรมเวลา (TIME SERIES) เพื่อการวางแผน
สั่งซื้อวัตถุดิบ กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนท่อยาง
รถยนต์ (วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ:
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานที่บ้าน

Factors Affecting Efficiency of Working from Home

ธิตี ทองอำพัน (Thiti Tongumpun)¹ ชาคริต วิมานรัตน์ (Chakrit Wimanrat)² สรรศักดิ์ ขจีฟ้า (Sansak Khajeefa)³

นลินภัทร์ บำเพ็ญเพียร (Nalinpat Bhumpenpein)⁴ และมาลีรัตน์ มะลิแย้ม (Maleerat Maliyaem)⁵

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

¹s6307011858209@email.kmutnb.ac.th, ²s6307011858012@email.kmutnb.ac.th, ³s6307011858071@email.kmutnb.ac.th,

⁴nalinpai.b@itd.kmutnb.ac.th ⁵maleerat.m@itd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานที่บ้านโดยมีปัจจัยที่ศึกษาทั้งหมด 8 ปัจจัย และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามในเดือนเมษายน 2564 จากผู้ที่มีประสบการณ์ทำงานที่บ้านจำนวน 621 คน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณวิธี Stepwise พบว่า ตัวแปรอิสระ 4 ตัวแปร ได้แก่ (1) การรับรู้ถึงประโยชน์ในการใช้งานเทคโนโลยีสำหรับการทำงานที่บ้าน (2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานช่วยให้การทำงานสะดวกรวดเร็ว (3) องค์กรสนับสนุนให้ทำงานที่บ้าน และ (4) ซอฟต์แวร์ที่เอื้ออำนวยต่อการใช้งานเทคโนโลยีสำหรับการทำงานที่บ้านการทำงานที่บ้านทำให้ประสบความสำเร็จตามที่ได้รับมอบหมาย ร่วมกันอธิบายความผันแปรประสิทธิภาพในการทำงานที่บ้านได้ร้อยละ 40.5

คำสำคัญ: การทำงานจากบ้าน, การทำงานระยะไกล, ปัจจัยที่มีอิทธิพล

Abstract

This research aims to study factors affecting efficiency of working from home. Data were collected from 621 samples who have experience in working from home in Bangkok by online questionnaires and analyzed by stepwise multiple linear regression. The result reveal that there are four variables significantly affecting efficiency of working from home (i.e., perception of technology benefits from working from home, equipment that can be used for working rapidly, organization policy support for working from home and software that facilitate the use of technology for successful work) shared 40.5% variation in efficiency of working from home.

Keywords: Work from Home, Remote Work, Influential Factor

1. บทนำ

ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของยุคปัจจุบัน ทั้งในด้านเศรษฐกิจสังคมเทคโนโลยีและสภาพแวดล้อม รวมทั้งโรคติดต่อเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Covid 19) ล้วนส่งผลให้องค์กรทั่วโลกต้องปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่รอดได้ปัจจุบันเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าเป็นอย่างยิ่ง ส่งผลให้การดำรงชีวิตของมนุษย์เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้นมีเครื่องมือเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกต่าง ๆ

มากมายโดยเฉพาะการติดต่อสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตลอดเวลาทำให้คนที่อยู่ห่างไกลสามารถประชุมและติดต่อสื่อสารถึงกันได้อย่างสะดวกรวดเร็ว [1] ซึ่งถือเป็นประโยชน์ต่อองค์กรที่มีสาขาที่ห่างไกลกันหรือองค์กรที่ต้องการขยายธุรกิจไปในต่างประเทศเช่นการมีสาขาในประเทศการมีฐานการผลิตในประเทศที่มีและการมีต้นทุนต่ำกว่า เป็นต้น การใช้เทคโนโลยีในการติดต่อสื่อสารจึงเป็นสิ่งที่ทำให้

การดำเนินงานเป็นไปอย่างสะดวกรวดเร็วซึ่งหากองค์กรใดสามารถนำระบบเทคโนโลยีมาใช้อย่างเหมาะสมก็จะทำให้องค์กรสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถสร้างข้อได้เปรียบจากแข่งขันได้ การสร้างข้อได้เปรียบจากการแข่งขันนั้นองค์กรอาจทำได้โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ไม่ว่าจะเป็นการมีเครื่องมือเครื่องจักรที่ทันสมัยหรือการใช้เทคโนโลยีที่สนับสนุนการทำงาน [2] หรือมีวิธีการกระบวนการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพ มีวัตถุดิบที่มีคุณภาพ ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นสิ่งที่สามารถสร้างข้อได้เปรียบทางการแข่งขันได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสนับสนุนการทำงานที่บ้าน

จากสถานการณ์แพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 จากข้อมูลของกรุงเทพมหานคร ณ วันที่ 7 เม.ย. 2564 ส่งผลให้บริษัทหลายแห่งที่มีสำนักงานอยู่ในกรุงเทพมหานคร กำหนดแนวทางการทำงานที่สอดคล้องกับการควบคุมการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 เพื่อลดความเสี่ยงจากการติดเชื้อให้กับพนักงาน [3]

หลายบริษัทผู้บริหารระดับสูงให้การสนับสนุนให้พนักงานปรับกระบวนการทำงานต่าง ๆ ให้เอื้ออำนวยต่อการทำงานจากที่บ้าน เช่น ลดขั้นตอนในการส่งเอกสารให้ลงนามอนุมัติ เป็นการอนุมัติแทนอีเมลหรือในระบบอื่น ๆ การเซฟไฟล์เอกสารไว้ที่ส่วนกลาง ให้คนทำงานที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าไปแก้ไขได้แบบออนไลน์แทนการส่งเอกสารให้ทบทวนแก้ไขกันไปมาหลายรอบ

2.2 ความเข้าใจในการใช้งานเทคโนโลยีสำหรับการทำงานที่บ้าน

การทำงานทางไกลและที่บ้านยังเป็นเรื่องใหม่สำหรับประเทศไทยหากต้องการในไปใช้ต้องอาศัยการศึกษาข้อมูลที่ถูกต้องโดยคัดเลือ่งพนักงานที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมให้พนักงานได้รับการอบรมจากผู้ที่มีความรู้เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับระบบการทำงาน นอกจากนี้เทคโนโลยีที่ต้องใช้เป็นเทคโนโลยีที่สามารถตอบรับการทำงานได้อย่างเหมาะสมรวมทั้งมีความต่อเนื่องของ

นโยบายมีความเข้าใจเป้าหมายที่แท้จริงและกระทำอย่างจริงจัง [1,-2,4-5]

2.3 แบบการจำลองการยอมรับนวัตกรรมและเทคโนโลยี

ทฤษฎีแบบการจำลองการยอมรับเทคโนโลยี [5] เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมและการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี ถูกพัฒนาต่อยอดมาจากทฤษฎีการกระทำด้วยเหตุผล มีจุดประสงค์เพื่อการอธิบายและคาดการณ์พฤติกรรม การใช้ระบบสารสนเทศของผู้ใช้งาน โดยกล่าวว่าการยอมรับพฤติกรรมการตั้งใจใช้งาน (Behavioral Intention) และการใช้ระบบเทคโนโลยีของแต่ละบุคคล [1-2, 4-6]

2.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานที่บ้าน (Work from Home)

จากการทบทวนงานวิจัยพบว่ามี 8 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานที่บ้าน (Work from home) ดังตารางที่ 1 และมีรายละเอียดดังนี้

ความเข้าใจในการใช้งานเทคโนโลยีสำหรับการทำงานที่บ้าน (X_1) การเข้าใจถึงการใช้เทคโนโลยีในการทำงานจากที่บ้านช่วยให้มีประโยชน์มากขึ้นต่อการทำงานจากที่บ้าน [1-2, 4-5, 7-8]

การรับรู้ถึงความง่ายในใช้งานเทคโนโลยีสำหรับการทำงานที่บ้าน (X_2) การรับรู้ถึงความยากง่ายในการใช้งาน จะช่วยให้มีประโยชน์มากขึ้นทำให้สามารถใช้งานประสิทธิภาพของเทคโนโลยีสำหรับการทำงานที่บ้านอย่างเต็มที่ [1, 4-8]

การรับรู้ถึงประโยชน์ในการใช้งานเทคโนโลยีสำหรับการทำงานที่บ้าน (X_3) การรับรู้ถึงประโยชน์ช่วยให้รับรู้ว่าจะช่วยให้มีประโยชน์มากขึ้นในการทำงาน [1-2, 4-9]

ฮาร์ดแวร์ที่เอื้ออำนวยต่อการใช้งานเทคโนโลยีสำหรับการทำงานที่บ้าน (X_4) อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการทำงานจากที่บ้านช่วยให้การทำงานเป็นไปอย่างราบรื่นและไม่ติดขัด [1, 4-5, 7, 10-11]

ซอฟต์แวร์ที่เอื้ออำนวยต่อการใช้งานเทคโนโลยีสำหรับการทำงานที่บ้าน (X_5) คือ เครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพ

บนคลาวด์และเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่พนักงานใช้อยู่ นั้นแพร่หลายมากขึ้นในที่ทำงานทุกวันนี้เช่นแอปพลิเคชันการประชุมออนไลน์ [1, 4-5, 7, 10]

องค์กรสนับสนุนซอฟต์แวร์ในการทำงานที่บ้าน (X_6) รัฐบาลและองค์กรต่าง ๆ จึงควรสนับสนุนให้มีการทำงานที่บ้านมากขึ้นทั้งในช่วงที่โควิด-19 ระบาดและช่วงหลังจากที่โควิด-19 เลิกระบาดในวงกว้างแล้วจนกลายเป็น “ความปกติใหม่” (New normal) อย่างหนึ่งของประเทศ [2, 4-5, 7-8, 11-14]

แรงจูงใจในการทำงาน (X_7) การลดค่าใช้จ่ายหรือลดความเหนื่อยล้าของพนักงาน [2, 4, 7, 9, 11-12, 14-16]

ประสิทธิภาพในการทำงานที่บ้าน (Y) การทำงานที่บ้านมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับการทำงานที่องค์กร (Office)[1, 4, 6, 8, 10, 13, 15]

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อการทำงานที่บ้าน

ปัจจัย	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
[1]	✓		✓	✓	✓		
[2]	✓	✓	✓			✓	✓
[4]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
[5]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
[6]		✓	✓				
[7]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
[8]	✓	✓	✓			✓	
[9]			✓				✓
[10]				✓	✓	✓	✓
[11]				✓		✓	✓
[12]						✓	✓
[13]						✓	
[14]						✓	✓
[15]							✓
[16]							✓
รวม	6	6	8	6	5	10	10

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ตัวอย่างในงานวิจัยนี้คือพนักงานเอกชนราชการรัฐวิสาหกิจที่มีการทำงานที่บ้านจากสูตรการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างของ W.G. Cochran โดยกำหนดความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และระดับความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 จะต้องใช้ตัวอย่างอย่างน้อยจำนวน 400 คน ทั้งนี้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามออนไลน์ระหว่างเดือนเมษายน 2564 ได้จำนวนตัวอย่างที่ดีจำนวน 621 คน จากทั้งหมด 701 คน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือ แบบสอบถามออนไลน์แบบลิเคิร์ต 5 ระดับ ซึ่งถูกประเมินความเที่ยงตรงด้วยค่าความสอดคล้อง IOC โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านพบว่า X_3 , X_5 และ X_6 ไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัยจึงดำเนินการปรับเปลี่ยนคำถามเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและตรวจสอบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของครอนบาค (Cronbach's) ทั้งฉบับพบว่า มีค่า 0.811 และรายข้อมีค่าระหว่าง 0.771-0.821

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของประชากร ประกอบด้วย เพศ อายุ อาชีพ ประสบการณ์ในการทำงาน และประสบการณ์ในการทำงานจากที่บ้าน และส่วนที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานที่บ้าน

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 323 คน และเพศชายจำนวน 298 คน มีอายุระหว่าง 20-30 ปี จำนวน 320 คน รองลงมาคืออายุระหว่าง 31-40 ปี จำนวน 264 คน มีอายุระหว่าง 41-50 ปี จำนวน 26 คน มีอายุระหว่าง 51-60 ปี จำนวน 10 คน และน้อยที่สุด มีอายุระหว่าง 60 ปีขึ้นไป จำนวน 1 คน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอาชีพพนักงานเอกชน จำนวน 324 คน รองลงมาคืออาชีพเจ้าหน้าที่ของรัฐ จำนวน 282 คน และน้อยที่สุด มีอาชีพพนักงานรัฐวิสาหกิจ จำนวน 15 คน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยกว่า 1 ปี จำนวน 209 คน รองลงมาคือประสบการณ์

ในการทำงาน 1-2 ปี จำนวน 206 คน มีประสบการณ์
ในการทำงาน 5-10 ปี จำนวน 68 คน มีประสบการณ์
ในการทำงาน 10 ปีขึ้นไป จำนวน 53 คน มีประสบการณ์
ในการทำงาน 3-5 ปี จำนวน 51 คน และน้อยที่สุด
มีประสบการณ์ในการทำงาน 2-3 ปี จำนวน 34 คน

และยังพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่
มีประสบการณ์ในการทำงานจากที่บ้านน้อยกว่า 1 ปี
จำนวน 352 คน รองลงมา มีประสบการณ์ในการทำงาน
จากที่บ้าน 1-2 ปี จำนวน 259 คน มีประสบการณ์
ในการทำงาน 3-5 ปีจำนวน 9 คนและน้อยที่สุดมีประสบการณ์
ในการทำงาน 2-3 ปีจำนวน 1 คน

4.2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณวิธี Stepwise
พบว่า มี 4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อการทำงาน
ที่บ้าน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังตารางที่ 2
โดยทั้ง 4 ปัจจัยสามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของ
ประสิทธิภาพต่อการทำงานที่บ้านได้ร้อยละ 40.5 ดังสมการ
พยากรณ์ต่อไปนี้

$$Y = 0.718 + 0.311X_3 + 0.224X_4 + 0.133X_7 + 0.139X_5$$

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณวิธี Stepwise

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	.718	.150		4.785	.000
X ₃	.311	.040	.301	7.705	.000
X ₄	.224	.040	.226	5.645	.000
X ₇	.133	.031	.152	4.255	.000
X ₅	.139	.033	.148	4.148	.000
R = .639 R Square = .409 Adjusted R Square = .405					

จากสมการข้างต้นสามารถวิเคราะห์เพื่อสรุป
ข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาดังนี้

(1) การรับรู้ถึงประโยชน์ในการใช้งานเทคโนโลยี
การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยสนับสนุนการทำงานที่บ้าน
ทำให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4] และพบว่า
เมื่อมีการทำงานร่วมกับเทคโนโลยีจะทำให้การทำงาน
มีประสิทธิภาพและรู้สึกอยากใช้เทคโนโลยีต่อ [6]

ข้อเสนอแนะควรจัดอบรมให้ความรู้เชิงปฏิบัติการ
ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อมาประยุกต์ใช้ในการทำงาน
เพื่อพัฒนาบุคลากรให้มีความสามารถในการใช้งาน
เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(2) ฮาร์ดแวร์ที่เอื้ออำนวยต่อการใช้งานเทคโนโลยี
สำหรับการทำงานที่บ้าน อุปกรณ์ในการทำงานที่ช่วย
ในการทำงานให้สะดวกและรวดเร็ว [4] ข้อเสนอแนะ
ควรจัดสรรอุปกรณ์ที่ช่วยสนับสนุนการทำงานให้กับพนักงาน
อย่างเพียงพอ เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการทำงาน

(3) แรงจูงใจในการทำงาน แรงจูงใจที่ช่วยประหยั
ค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการเดินทางไปยังที่ทำงานช่วยให้
พนักงานมีกำลังใจในการทำงานให้ประสบความสำเร็จ [6]
และแรงจูงใจมีผลต่อผลของการทำงานเป็นอย่างมาก
กล่าวคือ ผลของการทำงานขึ้นกับแรงจูงใจของพนักงาน
[12, 15] ข้อเสนอแนะควรมีการเพิ่มแรงจูงใจในด้านต่างๆ
เช่น การให้ค่าตอบแทนเพิ่มเติมการปรับตำแหน่งงานขึ้น
การเพิ่มอำนาจในการตัดสินใจในการทำงาน เป็นต้น ทำให้
เกิดแรงจูงใจในการทำงานที่เพิ่มขึ้น

(4) ซอฟต์แวร์ที่เอื้ออำนวยต่อการใช้งานเทคโนโลยี
สำหรับ Work From Homeองค์กรมีการสนับสนุนโปรแกรม
หรือสภาพแวดล้อมสำหรับการทำงานที่บ้านในรูปแบบ
ออนไลน์ ช่วยประหยัดเวลาในการทำงาน [15] ข้อเสนอแนะ
ควรออกแบบระบบควรมีความซับซ้อนที่น้อย ง่าย และ
เอื้ออำนวยต่อการใช้งาน และต้องมีความสอดคล้องกับ
กระบวนการทำงาน เพื่อช่วยประหยัดเวลาในการทำงาน

5. สรุปผลและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อ
การทำงานที่บ้านจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่าง
จำนวน 621 คน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการถดถอย
เชิงเส้นพหุคูณวิธี Stepwise พบว่า ตัวแปรที่มีอำนาจ
ในการพยากรณ์มีทั้งหมด 4 ตัวแปรโดยมีค่าสัมประสิทธิ์
สหสัมพันธ์กับการตัดสินใจยกเลิกบริการเท่ากับ 0.639 สามารถ
พยากรณ์ได้ร้อยละ 40.5 พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพ
ต่อการทำงานที่บ้าน ประกอบด้วย (1) เทคโนโลยีที่ช่วยให้
การทำงานที่บ้านสามารถทำงานสำเร็จตามที่ได้รับ

มอบหมายและมีประสิทธิภาพ (2) อุปกรณ์ในการทำงาน
ที่ช่วยในการทำงานให้สะดวกและรวดเร็ว (3) แรงจูงใจ
ที่ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและระยะเวลา ในการเดินทาง
ไปยังที่ทำงาน และ (4) องค์การสนับสนุนโปรแกรมหรือ
สภาพแวดล้อมสำหรับการทำงานที่บ้านหมายเหตุ
การสนับสนุนรวมถึงการจัดหาเทคโนโลยีการจัด
สภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการทำงานร่วมกันแบบออนไลน์
กล่าวคือ การทำงานที่บ้านมีประสิทธิภาพในการทำงาน
เหมือนกับการทำงานที่ทำงานอย่างไรก็ตามปัจจัยที่มี
อิทธิพลทั้ง 4 ปัจจัยนี้สามารถนำไปวิเคราะห์แนวทางการหา
ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อการทำงานที่บ้าน
ซึ่งสอดคล้องกับ [15] ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ
ในการปฏิบัติงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี
เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพงานในทำงานที่บ้าน
ผลในภาพรวมพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน
จากที่บ้านประกอบด้วยปัจจัยด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์
ที่เอื้ออำนวยต่อการใช้งานเทคโนโลยีสำหรับการทำงานที่บ้าน
องค์การสนับสนุนให้ทำงานที่บ้านแรงจูงใจในการทำงาน
เช่น ลดความเหนื่อยล้าผลประโยชน์ด้านค่าใช้จ่ายการรับรู้
ถึงประโยชน์ในการใช้งานเทคโนโลยีแสดงให้เห็นว่า
การทำงานจากที่บ้านทำให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้
อย่างมีประสิทธิภาพและยังสามารถทำงานได้บรรลุวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนม์นิภา เขียนนอก. (2563). *การนำนโยบาย Work from Home ไปปฏิบัติในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) กรณีศึกษาของความปลอดภัยแรงงานกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (การค้นคว้าอิสระรัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- [2] Kante, M., Oboko, R. & Chepen, C., (2016). "Factors affecting the use of ICTs on agricultural input information by farmers in developing countries," *AIMS Agriculture and Food*, 1(3): 315-329.
- [3] ประชาชาติธุรกิจ. (2564). *บริษัทใน กทม. แห่ง work from home ลดเสี่ยงโควิดคลัสเตอร์ของหอ*. สืบค้น 24 เมษายน 2564, จาก <https://www.prachachat.net/csr-hr/news-645562>.
- [4] อภิเชล ทองมั่ง กำเนิดว่า และสุรสิทธิ์ ระวังวงศ์. (2563). การทำงานที่บ้าน: แนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง. *วารสารเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรม*, 19(3), 119-130.
- [5] ซาลินี ฐิติโชติพิณชัย. (2559). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้ระบบการทำงานทางไกล (Telework) ของพนักงานกรณีศึกษาบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร (การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต)* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [6] วีรยา อธิพัฒน์ภาคิน และอานนท์ ทับเที่ยง. (2562). *การศึกษาทัศนคติในมุมมองของพนักงานที่มีผลต่อการทำงานจากที่บ้าน (รายงานการวิจัย)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [7] สายสุตา ปันตระกูล และคณะ. (2014). "การศึกษาสภาพการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนการสอนระดับอนุบาลในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร," *Journal of the Association of Researchers*, 19(2), 81-91.
- [8] Putra, Y.T.P., et al., (2021). "The Effect of Work From Home (WFH) On Employee Performance In The Sub Directorate Bibliography, National Library of Indonesia". Retrieved 2 April 2021 from https://www.academia.edu/42783114/The_Effect_of_Work_From_Home_WFH_On_Employee_Performance_In_The_Sub_Directorate_Bibliography_National_Library_of_Indonesia.
- [9] หน่วยบริหารบุคคล งานบริหารทั่วไป. (2563). *Work from Home สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่แนวทางการปฏิบัติงานแบบ Work from Home*. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- [10] มนัสนันท์ ศรีนาคร และพิชิต พิทักษ์เทพสมบัติ. (2553). การทำงานทางไกลและที่บ้าน. *วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม*, 6(1), 109-118.
- [11] เสรี คงยืนยง. (2557). *ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของตำรวจบ้านในพื้นที่กองบัญชาการตำรวจภูธรภาค 3* (วิทยานิพนธ์การจัดการมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [12] ธกรศักดิ์ พรหมสาขา ณ สกลนคร. (2556). *ปัจจัยที่มีผลต่อผลการปฏิบัติงานของพนักงานกรณีศึกษาสถานีวิทยุโทรทัศน์กองทัพบก* (วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรมนุษย์, วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาด้านการจัดการ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย ศรีปทุม.
- [13] ปุริศ ชันธเสมา. (2563). *ความพึงพอใจในการทำงานที่บ้านในช่วงโควิดระบาดโควิด-19 ของกลุ่มงานพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจสำนักงานตำรวจแห่งชาติ* (สารนิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย). กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยสยาม.
- [14] ลลิตา เกอเกลี้ยง. (2562). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการทำงานของบุคลากรศูนย์การศึกษาพิเศษประจำจังหวัดในภาคใต้* (สารนิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการภาครัฐและภาคเอกชน). สงขลา: มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.
- [15] นลพรรณ บุญฤทธิ์. (2558). *ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี* (งานนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการสาธารณะ วิทยาลัยพาณิชยศาสตร์). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [16] วีรยุทธ วาณิชกมลนันท์. (2559). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของพนักงานบริษัทสยามกลาส อินดัสทรี จำกัด โรงงานอยุธยา* (การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบโลจิสติกส์สำหรับกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูป

The Increasing of Logistics Performance System for Processed Fruit Manufacturing

กฤติยา เกิดผล¹, กิรติ จงแจ่มฟ้า², และปรัชกรณ์ เศรษฐเสถียร³

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี; kittiya.k@rbru.ac.th

²นักวิจัยโครงการ; keerati.jong@gmail.com

³คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี; pratchaporn.s@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบโลจิสติกส์ของกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูปและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบโลจิสติกส์กระบวนการผลิตผลไม้แปรรูป โดยการวิจัยเริ่มจากการศึกษาระบบโลจิสติกส์ของกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูป จากนั้นวิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหลและค้นหากิจกรรมที่ก่อให้เกิดความสูญเสียด้วยการวิเคราะห์สายธารคุณค่า แล้วนำหลักการลดความสูญเสียเหล่านั้นมาวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตจากการวิจัยพบว่าระบบโลจิสติกส์ของกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูปประกอบด้วยกิจกรรมหลัก 4 กิจกรรม คือ กิจกรรมกระบวนการสั่งซื้อ กิจกรรมการบริหารสินค้าคงคลัง กิจกรรมการบริหารคลังสินค้า กิจกรรมการคาดการณ์ความต้องการ และกิจกรรมสนับสนุน 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมการขนถ่ายวัสดุ กิจกรรมการติดต่อสื่อสาร กิจกรรมการบรรจุภัณฑ์ จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตพบว่ากิจกรรมที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเกิดจากกิจกรรมโลจิสติกส์ด้านการขนถ่ายวัสดุ เมื่อได้ปรับปรุงกระบวนการแล้วสามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้านระยะทางได้ร้อยละ 56.85 และเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้านเวลาได้ร้อยละ 6.34

คำสำคัญ: ระบบโลจิสติกส์, กระบวนการผลิต, ผลไม้แปรรูป

Abstract

This research aimed to study logistics system and increase efficiency of logistics performance system for processed fruit. The research began with the study of the logistics activity of processed fruit manufacturing. Then analyzed the manufacturing by using flow process chart and find activities that cause wastes in the process. After that using ECRSto analyze for find the ways of improve process. From the research, it was found that logistic system of processed fruit consist of 4 main activities: purchasing, inventory management, warehouse management, demand forecasting and consist of 3 supporting activities: material handling, communication activities, packaging. And manufacturing process analysis results, it is found that the wastes activities caused by logistics activities in handling materials activities. When the process was improved, the distance efficiency increased by 56.85 and the time of manufacturing efficiency increased by 6.34%.

Keywords: Logistics system, Manufacturing, Processed fruits

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม อุดมไปด้วยผลไม้ และผักนานาชนิด และถือเป็นผู้ผลิตผลไม้ของโลก เนื่องจากมีเอกลักษณ์โดดเด่นด้านรสชาติจึงได้รับความนิยม เช่น ลำไย เงาะ ทุเรียน มังคุด ลิ้นจี่ และฝรั่ง ซึ่งผลไม้นี้ถือได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถสร้างรายได้ให้กับคนไทยอย่างมาก อีกทั้งยังเป็นที่ต้องการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งในปี 2561 ที่ผ่านมานั้นการส่งออกของผลไม้ไทยสู่ตลาดโลกเพิ่มขึ้นจากปี 2560 ร้อยละ 17.05 โดยมีตลาดส่งออกหลัก ได้แก่ อาเซียนและจีน โดยส่งออกไปยังอาเซียนและจีนคิดเป็นร้อยละ 80 ของการส่งออกผลไม้ไทยไปตลาดโลก [1]

ภาคตะวันออกเป็นพื้นที่ที่มีผลผลิตผลไม้อันดับต้น ๆ ของประเทศไทย เนื่องจากมีพื้นที่และภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลไม้ได้หลากหลายชนิด สำหรับการนำออกไปสู่ท้องตลาดมีทั้งผลไม้สดกับผลไม้แปรรูป [2] เนื่องจากผลผลิตผลไม้สดมีความต้องการในตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ทั้งนี้ผลไม้มักมีตามฤดูกาลจึงต้องมีการแปรรูปผลไม้เพื่อเก็บไว้รับประทานและจำหน่ายนอกฤดูกาลได้ เกษตรกรจึงนำผลไม้มาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าไม่ให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง ซึ่งการแปรรูปในปัจจุบันมีความนิยมมากขึ้น

การแปรรูปผลไม้มีจุดประสงค์เพื่อให้สามารถเก็บถนอมผลไม้ไว้ได้นาน โดยที่ผลไม้ไม่เกิดความเสียหายหรือเน่าเสีย หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี ด้านกายภาพ และด้านจุลินทรีย์ เช่น เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นสีดำคล้ำ หรือสีน้ำตาล ลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียวไม่กรอบหรือเหนียว ไม่ฉ่ำน้ำ กลิ่นรสชาติไม่หอมหวานเกิดการหมักทำให้เชื้อราเจริญได้ดี ทำให้ผลไม้สดไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน การแปรรูปผลไม้จึงสามารถถนอมรักษาผลไม้ไว้ได้นาน [3] ทำให้มีผลิตภัณฑ์ผลไม้ นอกฤดูกาล ลดผลผลิตทางการเกษตรล้นตลาดและราคาตกต่ำ ช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรให้มีมูลค่าสูงขึ้น เกิดผลิตภัณฑ์แปรรูปผลไม้ใหม่หลากหลายชนิดเพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบันกระบวนการแปรรูปผลไม้ของไทยมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ ดังนั้นการแปรรูปผลไม้

มีความสำคัญเพราะส่งผลดีทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ในหลาย ๆ ด้าน จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า จนได้รับการยอมรับในด้านคุณภาพและมาตรฐานความปลอดภัยในระดับสากล ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพระบบโลจิสติกส์ของกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูปทำให้ทราบถึงแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูปโรงงานสามารถนำมาเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตภายในโรงงานได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาระบบโลจิสติกส์ของกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูป

2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบโลจิสติกส์ของกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การรวบรวมข้อมูลและสภาพปัญหาปัจจุบัน

ในการศึกษารังนี้ทำการศึกษากับผู้ประกอบการหรือวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตผลไม้แปรรูปในจังหวัดจันทบุรี โดยศึกษาการไหลของกระบวนการผลิตและระบบโลจิสติกส์เพื่อเป็นกรณีตัวอย่างในการยกระดับประสิทธิภาพระบบโลจิสติกส์ของโซ่คุณค่าผลไม้ท้องถิ่นแปรรูปภาคตะวันออก

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ใช้เทคนิคการวิเคราะห์กระบวนการผลิตตามหลักทางวิศวกรรมโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) [4] ใช้แสดงสถานะของปัจจัยการผลิตแต่ละชนิดณขั้นตอนต่างๆของกระบวนการผลิตหรือกระบวนการปฏิบัติการตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการนั้น ๆ สัญลักษณ์ที่ใช้บันทึกขั้นตอนการทำงานดังนี้ [5]

○ Operation หมายถึง การปฏิบัติงานบนชิ้นงานเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะหรือคุณสมบัติของชิ้นงาน

⇒ Transportation หมายถึง กิจกรรมการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

□ Inspection หมายถึง การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานหรือการตรวจดูให้แน่ใจในลักษณะของชิ้นงาน

D Delay หมายถึง ความล่าช้าของงานเนื่องจากมีอุปสรรคมาขัดขวางไม่ให้ขั้นตอนการปฏิบัติงานขั้นตอนต่อไปดำเนินต่อไปได้

▽ Storage หมายถึง การเก็บดูแลชิ้นงานอย่างถาวรซึ่งการเบิกจ่ายควรมีคำสั่งหรือหนังสือจากผู้เกี่ยวข้อง

ในการวิเคราะห์กิจกรรมที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเปล่าของกระบวนการผลิตโดยหลักการลดความสูญเสียเปล่า (ECRS) ประกอบด้วย

การกำจัด (Eliminate) เป็นการกำจัดความสูญเสียเปล่าที่ไม่จำเป็นหรือไม่มีประโยชน์ทั้ง 7 ประการออกไป ได้แก่ การผลิตมากเกินไปการรอคอยการเคลื่อนที่การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์การมีสินค้าคงคลังมากเกินไปการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

การรวมกัน (Combine) เป็นการลดขั้นตอนของกระบวนการทำงานที่ไม่จำเป็นลงเป็นวิธีการที่ช่วยประหยัดเวลาลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนช่วยให้รอบเวลาในการผลิตเร็วขึ้นลดการเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนการทำงาน

การจัดเรียงใหม่ (Rearrange) หากพบว่าขั้นตอนหรือวิธีการทำงานแบบเดิมมีความสูญเสียเปล่าเกิดขึ้นเช่นเกิดระยะทางในการเคลื่อนที่ระหว่างสถานีงานมากเกินไปหรือการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ปฏิบัติงานไม่เหมาะสมอาจต้องมีการจัดเรียงลำดับงานใหม่หรือมีการเคลื่อนย้ายจุดวางเครื่องมืออุปกรณ์เพื่อให้ลดระยะทางการเคลื่อนที่หรือลดการเคลื่อนไหวของผู้ปฏิบัติงาน

การทำให้ง่าย (Simplify) เป็นการปรับปรุงวิธีการทำงานให้เกิดความสะดวกต่อผู้ปฏิบัติงานให้มากขึ้นกว่าเดิมอาจเป็นการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานหรือสร้างอุปกรณ์เครื่องมือ Jig หรือ Fixture เพื่อช่วยให้การทำงานง่ายและสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ ชัชวาล มงคล [7] ได้ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตมะม่วงกวนพัฒนาวิธีการปฏิบัติงาน

ในกระบวนการผลิตเปรียบเทียบผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานและศึกษาความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานในวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรีแปรรูปผลไม้อำเภอบางคล้าจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตแผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลใช้เทคนิคการตั้งคำถามและหลักการลดความสูญเสียเปล่า (ECRS) มาปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่าปริมาณการผลิตต่อวันเพิ่มขึ้นเวลาในกระบวนการผลิตและระยะทางการไหลของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงลดลงความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานหลังจากใช้มาตรฐานการปฏิบัติงานอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.85 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตหลังการปรับปรุงสูงกว่าก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คณิตศร ภูนิคม [8] ได้ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยเทคนิคการปรับปรุงงานกรณีศึกษา: โรงงานน้ำดื่มใบไม้เขียว โดยทำการศึกษาระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดขนาด 20 ลิตรใช้เครื่องมือในการวิจัยคือ แผนภาพกระบวนการผลิต (Flow Operation Chart) แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Flow Process Chart) ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตปรับเปลี่ยนลดกระบวนการและทำการเก็บข้อมูลโดยการจับเวลาปกติและเวลามาตรฐานพบว่า เมื่อเปรียบเทียบจำนวนขั้นตอนก่อนการปรับปรุงมี 17 ขั้นตอน หลังจากปรับปรุงมี 15 ขั้นตอน ลดลงไป 2 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 11.76 ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายวัตถุดิบมีระยะทางก่อนการปรับปรุง 51 เมตร หลังจากปรับปรุงมีระยะทาง 20 เมตร ซึ่งมีระยะทางที่ลดลงไป 31 เมตร คิดเป็นร้อยละ 60.78 และมีเวลาที่ใช้ในการผลิตก่อนการปรับปรุง 254.40 วินาที หลังจากปรับปรุงมีเวลาในการผลิต 174.16 วินาที ลดลงไป 80.24 วินาที คิดเป็นร้อยละ 32.17

กนกวรรณสุภักดี และคณะ [9] ได้ศึกษาการลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตเทียนเวียนหัว กรณีศึกษา: ธุรกิจโรงหล่อเทียนมงคล โดยใช้แผนภูมิการไหลของ

กระบวนการผลิตเป็นเครื่องในการวิเคราะห์สาเหตุโดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์ทำไม-ทำไม (Why-Why) และแผนภูมิ ก้างปลา พบว่า ขั้นตอนการจุ่มไส้เทียนและขั้นตอนการตัดกันเทียนทำให้เกิดความสูญเสียเปล่าและความเมื่อยล้าอุปกรณ์จุ่มไส้เทียนและอุปกรณ์ตัดกันเทียนถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในกิจกรรมการจุ่มไส้เทียนลดลงจาก 765 วินาทีต่อการอบการผลิตเป็น 134.6 วินาทีต่อการอบการผลิต (ร้อยละ 82.41)

และการจุ่มไส้เทียนเพิ่มขึ้นจาก 1 เส้นเป็น 27 เส้น นอกจากนี้ระยะเวลาในการตัดกันเทียนลดลงจาก 70 วินาทีต่อการอบการผลิตเป็น 24 วินาทีต่อการอบการผลิต (ร้อยละ 65.71) และการตัดกันเทียนเพิ่มขึ้นจาก 6-7 เส้นเป็น 20 เส้น

คลอเคลียจนะวิภากร [10] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตห้อง 9 จุ่ม กรณีศึกษาชุมชน ถิ่นฐานทางห้องบ้านคอนสายจังหวัดอุบลราชธานีใช้เทคนิคการปรับปรุงงาน (ECRS) มาประยุกต์ใช้ออกแบบวิธีการแก้ไขและใช้หลักการปรับปรุงงานให้ง่ายขึ้น (Simplify) นำสูตรทางคณิตศาสตร์มาใช้คำนวณหาความยาวรอบรูปแล้วจัดทำเป็นแผ่นป้ายมาตรฐานกำหนดความยาวเส้นรอบวงกลมของห้องแต่ละขนาดตามลำดับ พบว่า มีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 100 ส่วนขั้นตอนการวัดขนาดแผ่นเหล็กส่วนขอบห้องเป็นวิธีการทำงานซับซ้อนใช้หลักการรวมชิ้นงานหลาย ๆ ส่วนเข้าด้วยกัน (Combine) ตีเส้นกำหนดแถบสีขนาดขอบห้องแต่ละขนาดให้เท่ากับขนาดแผ่นเหล็กมาตรฐานเพื่อใช้เป็นแนวในการตีเส้นความกว้างของขอบห้องสามารถลดรอบเวลาในการทำงานได้ร้อยละ 57.68 และขั้นตอนการตัดแผ่นเหล็ก ส่วนขอบห้องเป็นขั้นตอนที่ใช้ทั้งเวลาและการเคลื่อนไหวในการตัดขอบห้องมากเกินไปปรับปรุงโดยใช้หลักการการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify) สร้างอุปกรณ์เข้ามาช่วยในการทำงานหลังจากการปรับปรุงแก้ไขสามารถลดรอบเวลาในการทำงานลงได้ร้อยละ 48.42 จากการปรับปรุงวิธีการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอนในกระบวนการผลิตสามารถลด

ความสูญเสียเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 41.46

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตและระบบโลจิสติกส์ของผลไม้ท้องถิ่นแปรรูป เริ่มจากการศึกษาสภาพปัจจุบันและรวบรวมข้อมูลของกระบวนการผลิต แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์กระบวนการผลิตและวิเคราะห์กิจกรรมด้านโลจิสติกส์ โดยใช้แผนภูมิกระบวนการผลิต ค้นหา และวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต โดยใช้แผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) [11] เพื่อแสดงสถานะปัจจุบันของกระบวนการผลิต (As Is) และวิเคราะห์การไหลในสายธารคุณค่า โดยใช้แผนผังกระบวนการไหล (Flow Process Chart) จากนั้นทำการจำแนกความสูญเสียเปล่าของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตามหลักของลีนโลจิสติกส์ (Lean Logistics) และวางแผนการลดความสูญเสียเปล่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

4.1 ระบบโลจิสติกส์ของกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูป

การศึกษาระบบโลจิสติกส์ของกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูป ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีขั้นตอนการผลิตทั้งหมด 33 ขั้นตอนนำไปวิเคราะห์กิจกรรมโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูปซึ่งในการวิเคราะห์ระบบโลจิสติกส์ของกระบวนการผลิตผลไม้แปรรูปใช้กิจกรรมด้านโลจิสติกส์ 13 กิจกรรม [12] จากการวิเคราะห์พบว่า มีกิจกรรมโลจิสติกส์ 7 กิจกรรม ดังต่อไปนี้

- 1) กิจกรรมด้านการติดต่อสื่อสาร ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ รับผิดชอบและรับคำสั่งซื้อ
- 2) กิจกรรมด้านการคาดการณ์ความต้องการ ประกอบด้วย 1 ขั้นตอน คือ รับผิดชอบ
- 3) กิจกรรมด้านการบริหารคลังสินค้าและการจัดเก็บ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ รับผิดชอบ พักรอผลไม้แปรรูป เก็บในคลังสินค้าใหญ่และเบิกส่งที่บรรจุผลไม้แปรรูป

4) กิจกรรมด้านการบริหารสินค้าคงคลัง ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ รับวัตถุดิบ รับคำสั่งซื้อ พักให้คลายความร้อน นำไปไว้ห้องพัก พักรอผลไม้แปรรูป นำไปเก็บในคลังสินค้า และเก็บในคลังสินค้าใหญ่

5) กิจกรรมด้านการขนถ่ายวัสดุ ประกอบด้วย 26 ขั้นตอน คือ นำไปไว้ในห้องหั่นผลไม้ พักวัตถุดิบรอปกเปลือก นำวัตถุดิบมาปกเปลือกนำวัตถุดิบมาหั่น นำวัตถุดิบใส่ตะกร้า นำวัตถุดิบไปพัก ชั่งน้ำหนัก นำวัตถุดิบไปห้องทอด พักวัตถุดิบรอทอด เตรียมหม้อทอดและน้ำมัน ตรวจสอบค่าโพลาร์ก่อนทอด นำวัตถุดิบลงมาทอด ทอดวัตถุดิบ ตรวจสอบค่าความชื้น นำผลไม้แปรรูปมาพัก ตักใส่ชับน้ำมัน นำไปไว้ห้องพัก นำวัตถุดิบไปห้องคัดแยก นำไปเก็บไว้ในคลังสินค้าใหญ่ เบิกถุงที่บรรจุผลไม้แปรรูป นำผลไม้แปรรูปจากคลังสินค้าไปห้องบรรจุ บรรจุในโถโรเจอร์ ปิดผนึกถุง นำผลิตภัณฑ์ไปห้องส่งสินค้า บรรจุกล่อง และรอส่งสินค้า

6) กิจกรรมด้านการบรรจุภัณฑ์และหีบห่อ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ คัดแยกและบรรจุผลไม้แปรรูป ลงถุง 5 กิโลกรัม บรรจุผลไม้แปรรูปลงถุง 65 กรัม บรรจุในโถโรเจอร์ และบรรจุลงกล่อง

7) กิจกรรมด้านกระบวนการสั่งซื้อ ประกอบด้วย 1 ขั้นตอน คือ รับคำสั่งซื้อ

4.2 ผลการวิเคราะห์กระบวนการผลิต

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตผลไม้แปรรูปใช้การวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการผลิต ซึ่งจากการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการผลิตทั้งหมดกิจกรรมทั้งหมด 33 กิจกรรม มีผลการบันทึกจากแผนภูมิกระบวนการไหล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการบันทึกแผนภูมิกระบวนการไหลปรับปรุง

สัญลักษณ์	กระบวนการ	จำนวนขั้นตอน
	Operation การทำงาน	17
	Transportation การเคลื่อนย้าย	7

สัญลักษณ์	กระบวนการ	จำนวนขั้นตอน
	Inspection การตรวจสอบ	2
	Delay การรอคอย	5
	Storage การจัดเก็บ	2
รวมขั้นตอนทั้งหมด		33

จากผลการวิเคราะห์แผนภูมิการไหล ประกอบด้วย กิจกรรมการทำงานจำนวน 17 กิจกรรม กิจกรรมการเคลื่อนย้ายจำนวน 7 กิจกรรม กิจกรรมการตรวจสอบจำนวน 2 กิจกรรม กิจกรรมการรอคอยจำนวน 5 กิจกรรม กิจกรรมการจัดเก็บจำนวน 2 กิจกรรม มีระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งหมด 128.4 เมตร และใช้เวลาทำงานในกระบวนการผลิต 4 ชั่วโมง 44 นาที 15 วินาที

4.3 การปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากนั้นวิเคราะห์หาความสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยใช้การวิเคราะห์สายธารคุณค่า พบกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการพักวัตถุดิบรอปกเปลือก ขั้นตอนการปกเปลือก ขั้นตอนการหั่น ขั้นตอนการพักวัตถุดิบรอทอด และขั้นตอนนำไปเก็บในคลังสินค้าใหญ่ ซึ่งจะใช้หลักการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต(ECRS) มาใช้ในการวิเคราะห์แนวทาง การปรับปรุง มีผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ขั้นตอนการทำงาน	ECRS
พักวัตถุดิบรอปกเปลือก	ใช้ E(Eliminate) มาตัดขั้นตอนนี้ออกเพราะเกิดการรอคอยที่ไม่จำเป็น
การปกเปลือกและการหั่น	ใช้ C (Combine) มารวมขั้นตอนทั้ง 2 ขั้นตอนเพราะเกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นระหว่างกระบวนการผลิต

การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4
วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

ขั้นตอนการทำงาน	ECRS
พักวัตถุติบรอตอด	ใช้ E (Eliminate) มาตัดขั้นตอนนี้ออกเพราะเกิดการรอกคอยที่ไม่จำเป็น
นำไปเก็บในคลังสินค้าใหญ่	ใช้ S (Simplify) มาปรับปรุงเพื่อทำให้ง่ายเพราะเกิดการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าการใช้ E (Eliminate) ในการตัดขั้นตอนทั้งหมด 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนพักวัตถุติบรอตอด และขั้นตอนพักวัตถุติบรอตอด เพราะก่อให้เกิดการรอกคอยที่ไม่จำเป็นในกิจกรรมโลจิสติกส์ด้านการขนถ่าย ดังนั้นควรให้พนักงานที่ความพร้อมในการปอกเปลือกได้ทันทีหลังการเบิกพักวัตถุติบ และให้พนักงานเตรียมหม้อทอดและน้ำมันให้พร้อมก่อนการทอด ใช้ C (Combine) ในการรวมขั้นตอนทั้งหมด 2 ขั้นตอนเข้าด้วยกัน คือ ขั้นตอนการปอกเปลือกและขั้นตอนการหั่น เพราะก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นระหว่างกระบวนการผลิตในกิจกรรมโลจิสติกส์ด้านการขนถ่าย ดังนั้นควรให้พนักงานปอกเปลือกและหั่นเลยในขั้นตอนเดียวกัน และใช้ S (Simplify) ในการปรับปรุงขั้นตอนให้ง่ายขึ้น 1 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนนำไปเก็บในคลังสินค้าใหญ่ เพราะการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น ในกิจกรรมโลจิสติกส์ด้านการบริหารคลังสินค้าและการจัดเก็บ กิจกรรมด้านการขนถ่ายวัสดุ และกิจกรรมด้านการบริหารสินค้าคงคลัง ดังนั้นควรให้มีการจัดเก็บในคลังสินค้าเล็กเพื่อลดระยะทางและเวลาในการขนย้ายเมื่อได้ปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้ว ได้วิเคราะห์กระบวนการผลิตหลังปรับปรุง ซึ่งจากการใช้หลักการลดความสูญเปล่าในการรวมและตัดขั้นตอนจากเดิม 33 ขั้นตอนเหลือ 29 ขั้นตอน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

กระบวนการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
○ การทำงาน	17	16
⇒ การเคลื่อนย้าย	7	6
□ การตรวจสอบ	2	2
D การคอย	5	3
▽ การเก็บ	2	2
จำนวนรวม	33	29

จากตารางที่ 3 หลังปรับปรุงทำให้กระบวนการทำงานลดลง 1 กระบวนการ การเคลื่อนย้ายลดลง 1 กระบวนการ และการรอกคอยลดลง 2 กระบวนการ

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตในกิจกรรมการขนถ่ายวัสดุสามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่จาก 128.4 เมตร ลดลงเหลือ 55.4 เมตร คิดเป็นร้อยละ 56.85 และระยะเวลาในการผลิตลดลงจาก 4 ชั่วโมง 44 นาที เหลือเวลา 4 ชั่วโมง 26 นาที คิดเป็นร้อยละ 6.34

5. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตผลไม่แปรรูปพบว่า มีกิจกรรมโลจิสติกส์เกิดขึ้นทั้งหมด 7 กิจกรรม โดยแบ่งเป็นกิจกรรมหลักซึ่งประกอบด้วย 4 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมด้านการคาดการณ์ความต้องการกิจกรรมด้านการบริหารคลังสินค้าและการจัดเก็บ กิจกรรมด้านการบริหารสินค้าคงคลังกิจกรรมด้านการกระบวนการสั่งซื้อและจากการวิเคราะห์พบว่า มีกิจกรรมสนับสนุน 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมด้านการติดต่อสื่อสาร กิจกรรมด้านการขนถ่ายวัสดุ กิจกรรมด้านการบรรจุและหีบห่อ

จากการวิเคราะห์สายธารคุณค่าโดยใช้แผนภาพการไหลในสายธารคุณค่าพบว่า กระบวนการที่ไม่มีประสิทธิภาพในการผลิต เนื่องจากใช้เวลาการทำงานไม่เหมาะสม และมีการเคลื่อนที่เกินความจำเป็น มีทั้งหมด 5 กระบวนการ ซึ่งทุกระบวนการพบกิจกรรมด้านโลจิสติกส์ คือ กิจกรรม

ด้านการขนถ่ายวัสดุ เมื่อได้ปรับปรุงกระบวนการขนถ่ายวัสดุในกระบวนการผลิตดังกล่าวแล้ว สามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้านเวลาคิดเป็นร้อยละ 6.34 และสามารถลดการเคลื่อนที่ในกระบวนการคิดเป็นประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 56.85

6. อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์สายธารคุณค่าของกระบวนการด้านโลจิสติกส์พบว่า กระบวนการที่ทำให้การผลิตไม่มีประสิทธิภาพเกิดจากการใช้เวลาการทำงานไม่เหมาะสม และมีการเคลื่อนที่เกินความจำเป็น ทุกกระบวนการพบกิจกรรมด้านโลจิสติกส์คือ กิจกรรมด้านการขนถ่ายวัสดุในการบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์นอกจากต้องให้ความสำคัญกับกิจกรรมหลักด้านโลจิสติกส์แล้วจะต้องให้ความสำคัญกับกิจกรรมสนับสนุนด้านโลจิสติกส์ด้วย โดยเฉพาะกิจกรรมการขนถ่ายวัสดุภายในกระบวนการผลิตซึ่งเป็นกิจกรรมสนับสนุนที่สำคัญที่มีส่วนในการเพิ่มประสิทธิภาพได้

7. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

กิจกรรมด้านโลจิสติกส์ที่ส่งผลถึงกระบวนการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพคือ กิจกรรมด้านการขนถ่ายวัสดุ เมื่อได้ปรับปรุงกิจกรรมดังกล่าวแล้วสามารถยกระดับประสิทธิภาพกระบวนการผลิตผลไม่ท้องถิ่นแปรรูปได้ ดังนั้นในการบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์นอกจากต้องให้ความสำคัญกับกิจกรรมหลักด้านโลจิสติกส์แล้ว จะต้องให้ความสำคัญกับกิจกรรมสนับสนุนด้านโลจิสติกส์ด้วย โดยเฉพาะกิจกรรมการขนถ่ายวัสดุภายในกระบวนการผลิตต้องเลือกกระบวนการขนถ่ายวัสดุให้เหมาะสมกับงาน รวมไปถึงออกแบบผังโรงงานและผังการขนถ่ายให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิต ซึ่งจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ลดเวลาการทำงาน ลดการเคลื่อนที่ของวัสดุและคนงาน นำไปสู่การลดต้นทุนการผลิตได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับทุนอุดหนุนจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี และด้วยความร่วมมือของคณะผู้วิจัยทุกท่าน รวมถึงได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากสาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. (2562). กรมเจรจาฯ ปลื้มเอฟทีเอต้นส่งออกผลไม้พุ่งติดลมบนกระตุ้นเกษตรกรและผู้ส่งออกใช้ประโยชน์จากเอฟทีเออย่างเต็มที่. สืบค้น 16 มีนาคม 2563, จาก <https://www.ryt9.com/s/beco/2974652>.
- [2] สำนักงานจังหวัดจันทบุรี. (2561). แผนพัฒนาจังหวัดจันทบุรี พ.ศ. 2561-2565. สืบค้น 1 มีนาคม 2563, จาก http://www.chanthaburi.go.th/files/com_nnew_struct/2019-06_68a661530c9c9ce.pdf.
- [3] อรพิน ชัยประสพ. (2555). การถนอมอาหาร. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- [4] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2550). แผนภูมิการไหลของกระบวนการ. กรุงเทพฯ: สำนักงานสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี.
- [5] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2552). การศึกษางานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป.
- [6] ประเสริฐ อัครประณพพงษ์. (2548). การลดความสูญเสียด้วยหลักการ ECRS. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม.
- [7] ชัชวาล มงคล. (2559). การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรีแปรรูปผลไม้อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. 6, 99-114.

- [8] คณิศร ภูนิคม. (2560). การปรับปรุงประสิทธิภาพ
ในกระบวนการผลิตด้วยเทคนิคการปรับปรุงงาน
กรณีศึกษา: โรงงานน้ำดื่มใบไม้เขียว. เอกสาร
สืบเนื่องจากการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรม
อุตสาหกรรมประจำปี พ.ศ. 2560 12-15 กรกฎาคม
2560 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [9] กนกวรรณ สุภักดี, อินทุอร หินผา, อาริญา กล่อกระโทก
และณัฐวัฒน์ เหล่าไก่อ. (2562). การลดความสูญเสีย
เปล่าในกระบวนการผลิตเทียนเวียนหัว กรณีศึกษา:
ธุรกิจโรงหล่อเทียนมงคล. วารสารวิชาการ
วิศวกรรมศาสตร์ ม.อ., 12(2), 112-122.
- [10] คลอเคลียวจนะวิชากร. (2562). การเพิ่ม
ประสิทธิภาพกระบวนการผลิตห้อง 9 จูม กรณีศึกษา
ชุมชนถิ่นฐานท่าช้างบ้านคอนสายจังหวัด
อุบลราชธานี. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อ.,
12(2), 86-98.
- [11] วิทยา สุหฤทธดำรง. (2550). มุ่งสู่ “ลื่น” ด้วยการจัดการ
สายธารคุณค่า (VALUE STREAM MANAGEMENT).
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ อี. ไอ. สแควร์.
- [12] รุธีร์ พนมยงค์. (2547). การจัดการโลจิสติกส์ในประเทศ.
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เวลาดีไบนามบริษัท แพลน สารา
จำกัด.

การศึกษาการทำนายค่าความเสถียรของวัคซีนเอ็มอาร์เอ็นเอสำหรับโรคโควิด 19 ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักร

Predicting Stable COVID-19 mRNA Vaccine by Machine Learning

ณัฐนรี พอสูงเนิน¹ และผศ.ดร.จันตรี ผลประเสริฐ¹

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

nutnaree.poo@gs.wu.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันวัคซีนชนิดเอ็มอาร์เอ็นเอเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ในการป้องกันการแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 โดยวัคซีนชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันโรคได้สูงถึง 95% อย่างไรก็ตามการนำวัคซีนชนิดเอ็มอาร์เอ็นเอไปใช้งานยังติดปัญหาอยู่หลายประการ อาทิเช่น ความเสถียรของวัคซีนที่อุณหภูมิห้อง การขนส่ง เป็นต้น งานวิจัยนี้นำเสนอการเรียนรู้ของเครื่องจักรทั้งหมด 4 แบบ คือ XGboost, Random Forest, Catboost และ LightGBM ในการทำนายความเสถียรของการย่อยสลายของลำดับอาร์เอ็นเอ โดยจากผลการทดลองพบว่า โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องจักรชนิด LightGBM เป็นตัวทำนายที่ดีที่สุดโดยมีค่า Mean Column-wise Root Mean Squared (MCRMSE) เท่ากับ 0.31265 โดยผลลัพธ์ที่ได้ชี้ให้เห็นความเป็นไปได้ในการใช้วิธีการดังกล่าวในการพัฒนาวัคซีนเอ็มอาร์เอ็นเอในอนาคต

คำสำคัญ: โรคโควิด-19, วัคซีนเอ็มอาร์เอ็นเอ, การเรียนรู้ของเครื่องจักร, การย่อยสลาย, การค้นพบยา

Abstract

At present, mRNA vaccine shows promising results in late-stage clinical trials to combat the COVID-19 pandemic. However, there are still many challenges surrounding the vaccine such as their formulation and stability at room temperature that need to be addressed. In this paper, we propose using machine learning methods such as XGboost, Random Forest, Catboost, and LightGBM to predict the stability of mRNA sequence degradation. Using OpenVaccine dataset [3], LightGBM model yields the best performance with the Mean Column-wise Root Mean Squared Error (MCRMSE) equal to 0.31265. Future works will focus on using other type of machine learning models such as deep learning to investigate its impact on predicting the stability of mRNA sequence degradation.

Keywords: Covid-19, mRNA Vaccine, Machine Learning, degradation, Drug Discovery

1. บทนำ

โรคโควิด 19 เกิดจากไวรัสโคโรนา 2019-nCoV โดยส่งผลกระทบต่อทั่วโลก องค์การอนามัยโลกได้ประกาศให้การระบาดนี้เป็นภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุขระหว่างประเทศยาด้านไวรัสจำเพาะแต่กำลังมีการวิจัยอยู่ขณะนี้ ปัจจุบันมีการผลิตวัคซีนเอ็มอาร์เอ็นเอสำหรับโรคโควิด 19 มีบริษัทผู้ผลิตหลายบริษัท เช่น โมเดอร์นา (Moderna), ไฟเซอร์ (Pfizer), ซิโนแวค (Sinovac), แอสตราเซนิกา

(Astra Zeneca) เป็นต้น ได้ผลิตวัคซีนออกมาได้ผลในการป้องกันไวรัสประมาณ 50-100% และคงสภาพได้เมื่อเก็บในอุณหภูมิติดลบไปจนถึง 8 องศาเซลเซียส เนื่องจากวัคซีนเอ็มอาร์เอ็นเอ(mRNA)เป็นหนึ่งในตัวเลือกของการทำวัคซีนที่เร็วและมีประสิทธิภาพสำหรับโรคโควิด แต่จากข้อมูลการเก็บรักษา มีข้อจำกัดการออกแบบโมเลกุลเอ็มอาร์เอ็นเอเนื่องจากยังไม่สามารถรักษาความเสถียรจากคุณสมบัติการย่อยสลายตามธรรมชาติได้

ดังนั้นเมื่อกลางปีพ.ศ.2563 ชุมชน Eterna นำโดย ศาสตราจารย์ Rhiju Das นักชีวเคมีเชิงคำนวณที่ Stanford's School of Medicine และ Eterna เป็นแพลตฟอร์มวิดีโอเกมออนไลน์ รวบรวมนักวิทยาศาสตร์และนักเล่นเกมเพื่อไขปริศนาคัดค้นยาและจากความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ข้อมูลของชุมชน Kaggle ทาง Eterna จึงมอบข้อมูลสำหรับการแข่งขันเพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับคู่อัตราการย่อยสลายของอาร์เอ็นเอโดยจะทำนายอัตราการย่อยสลายที่เป็นไปได้ของแต่ละฐานของโมเลกุลอาร์เอ็นเอซึ่งได้รับการฝึกฝนจากชุดข้อมูล

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงศึกษาการสร้างแบบจำลองการทำนายค่าความเสถียรของวัคซีนเอ็มอาร์เอ็นเอสำหรับโรคโควิด 19 และเปรียบเทียบการทำนายความเสถียรของโมเดลด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักรใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการวิเคราะห์วัคซีนเอ็มอาร์เอ็นเอต่อไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัคซีนเอ็มอาร์เอ็นเอเป็นวัคซีนที่มีความยืดหยุ่นสูงสำหรับการผลิตและการใช้งานดีกว่าแบบดั้งเดิมเนื่องจากมีความสามารถสูงสามารถพัฒนาอย่างรวดเร็วและใช้ต้นทุนต่ำ [2] Edison Ong et al (2020) [1] ได้พัฒนาวัคซีนที่มีประสิทธิภาพ และปลอดภัยสำหรับโรคติดเชื้อที่เกิดจากไวรัสโคโรนาพวกเขาใช้ Vaxign reverse Vaccinology 19 และอัลกอริทึมของการเรียนรู้ของเครื่องจักรในการจำแนกรวมถึงการถดถอยโลจิสติก (Logistic regression), เครื่องเวกเตอร์สนับสนุน (Support vector machine), การหาเพื่อนบ้านใกล้เคียง (K-Nearest Neighbor), Random forest และ xgboost ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดคือ xgboost งานวิจัยใช้การเรียนรู้ของเครื่องเพื่อค้นหาโปรตีนที่จะชักนำภูมิคุ้มกันแต่ไม่ได้ศึกษาความเสถียรของวัคซีน ต่อมา Ankit Singhal [4] เสนองานวิจัยโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกเป็นวิธีการทำนายความเสถียรและการเกิดปฏิกิริยาและความเสี่ยงต่อการย่อยสลายของลำดับอาร์เอ็นเอซึ่งค่อนข้างมีความซับซ้อน ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้ได้สนใจแนวคิดในการทำโมเดลอย่างง่ายและได้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ชุดของข้อมูล

ข้อมูลโครงการ Open Vaccine: COVID-19 mRNA Vaccine Degradation Prediction [3] จาก Kaggle โดยความร่วมมือของStanford's School of Medicine และ Eterna โดยจากข้อมูลจะแบ่งเป็น

1. train.json - ข้อมูลการฝึกอบรมการฝึกอบรมมีค่าของเอาต์พุตที่เกิดขึ้นจริง (Ground Truth) หลายค่า ใช้คะแนนเฉพาะ reactivity, deg_Mg_pH10 และ deg_Mg_50C
2. test.json - ชุดทดสอบโดยไม่มีคอลัมน์ใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับค่าของเอาต์พุตที่เกิดขึ้นจริง

ตารางที่ 1 รายละเอียดคอลัมน์ของชุดข้อมูลทดสอบ

คอลัมน์	รายละเอียดคอลัมน์
id	รหัสสำหรับแต่ละตัวอย่าง
seq_scored	ค่าจำนวนเต็มแสดงถึงจำนวนตำแหน่งที่ใช้ในการให้คะแนนด้วยค่าที่ทำนาย
seq_length	ความยาวของลำดับ
sequence	ลำดับ RNA การรวมกันของ A, G, U และ C สำหรับแต่ละตัวอย่าง
Structure	อาร์เรย์ของ (.) และ () ซึ่งบ่งชี้ว่าฐานควาจะจับคู่หรือไม่จับคู่ ฐานที่จับคู่แสดงโดยวงเล็บเปิดและปิดเช่น (....)
reactivity	ค่าความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาสำหรับ 68 ฐานแรกตามลำดับและใช้เพื่อกำหนดโครงสร้างรองที่เป็นไปได้ของตัวอย่างอาร์เอ็นเอ
deg_pH10	ค่าความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาสำหรับ 68 ฐานแรกตามลำดับและใช้เพื่อกำหนดความเป็นไปได้ที่จะเกิดการย่อยสลายหลังจากการบ่มโดยไม่มีแมกนีเซียมที่ pH สูง (pH 10)
deg_Mg_pH10	ค่าความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาสำหรับ 68 ฐานแรกตามลำดับและใช้เพื่อกำหนดโอกาสในการย่อยสลายหลังจากบ่มด้วยแมกนีเซียมใน pH สูง (pH 10)
deg_50C	ค่าความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาสำหรับ 68 ฐานแรกตามลำดับและใช้เพื่อกำหนดความเป็นไปได้ที่จะเกิดการย่อยสลายหลังจากการบ่มโดยไม่มีแมกนีเซียมที่อุณหภูมิสูง (50 องศาเซลเซียส)
deg_Mg_50C	ค่าความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาสำหรับ 68 ฐานแรกตามลำดับและใช้เพื่อกำหนดความเป็นไปได้ของการย่อยสลายหลังจากบ่มด้วยแมกนีเซียมที่อุณหภูมิสูง (50 องศาเซลเซียส)
error	ข้อผิดพลาดจากการคำนวณในการทดลองที่ได้รับในการทำปฏิกิริยาและคอลัมน์ deg_*
Predict_loop_type	อธิบายบริบทโครงสร้าง (เรียกอีกอย่างว่า "loop type") ของแต่ละอีกซอร์ตามลำดับประเภทที่กำหนดโดย bpRNA จากโครงสร้าง Vienna RNAfold 2 จาก bpRNA_documentation: S: จับคู่ "Stem" M: Multiloop I: Internal loop B: Bulge H: Hairpin loop E: dangling End X: external loop
signal_to_noise	ข้อผิดพลาดทางสถิติในการวัดที่มากกว่า 68 เบส ต้องมากกว่า 1.0 (ไม่มีสัญญาณรบกวน ค่า min_value ต้องมากกว่า -0.5 เนื่องจากข้อมูลถูกสร้างขึ้นจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการจึงต้องอธิบายว่าค่าดังกล่าวได้ผ่านขั้นตอนการควบคุมคุณภาพเพื่อให้แน่ใจว่าไม่ได้ใช้ข้อมูลที่มีค่า signal_to_noise ต่ำ
SN_filter	สัญญาณรบกวนในทั้ง 5 เงื่อนไข ต้องมากกว่า 1.0 (ไม่มีสัญญาณรบกวนมีไว้เพื่อตรวจสอบขั้นตอนการควบคุมคุณภาพของข้อมูล

ชุดข้อมูลประกอบด้วยจำนวน 6034 ลำดับ อาร์เอ็นเอ โดยชุดการฝึกอบรมและตรวจสอบความถูกต้อง

ประกอบด้วย 3029 ของลำดับเหล่านี้ โดยมีความยาว 107 ฐานนิวคลีโอไทด์ ชุดข้อมูลการทดสอบประกอบด้วย ลำดับ 3005 ที่มีความยาว 130 ฐานนิวคลีโอไทด์

3.2 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

โดยปกติเราสามารถคำนวณ RMSE เพื่อให้ได้ เมตริกการประเมินตัวเลขเดียวสำหรับการคาดการณ์ของเรา แต่ถ้าวเราคาดการณ์หลายค่าพร้อมกัน เช่น จำเป็นต้อง ทำนายอัตราการย่อยสลายภายใต้เงื่อนไขที่หลากหลาย เราจะได้รับหลายค่า RMSE ที่แตกต่างกันหนึ่งค่าสำหรับ แต่ละคอลัมน์ MCRMSE เป็นเพียงค่าเฉลี่ยของค่า RMSE ทั้งหมดสำหรับแต่ละคอลัมน์ดังสมการตามด้านล่าง

$$MCRMSE = \frac{1}{N_t} \sum_{j=1}^{N_t} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \hat{y}_{ij})^2}$$

โดย MCRMSE คือ ค่าเฉลี่ยของค่า RMSE

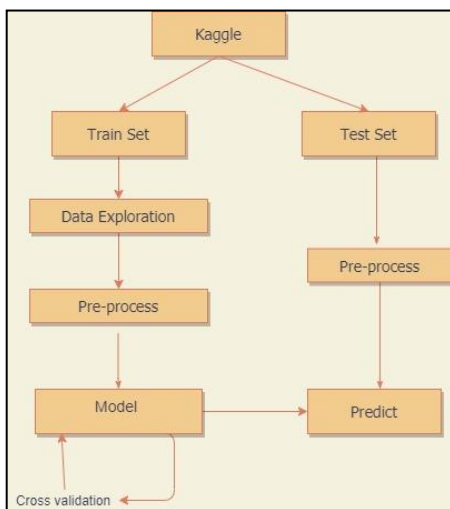
N_t คือ จำนวนคอลัมน์ scored ground truth target

n คือ จำนวนของชุดทดสอบ

y คือ ค่าจริง $\hat{y}$ คือค่าที่ทำนายได้

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

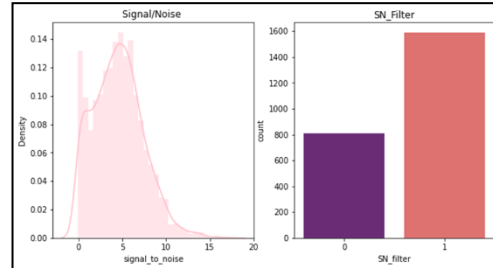
การดำเนินการวิจัยเป็นไปตามแผนผังจากรูป โดยนำข้อมูลจาก Kaggle ทั้งชุดฝึกฝนและชุดทดสอบมา เข้ากระบวนการการสำรวจข้อมูลและเตรียมข้อมูลก่อนจะ นำเข้าโมเดลและนำไปคาดการณ์ค่าอัตราการย่อยสลาย



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานของงานวิจัย

กระบวนการการสำรวจข้อมูลค่า Summary แต่ละคอลัมน์ และตรวจสอบรายละเอียดของข้อมูล

ตรวจสอบ Signal to noise และ SN filter และตรวจสอบ ค่าเฉลี่ยการย่อยสลายของเป้าหมาย ทำการนำข้อมูล คอลัมน์ที่ไม่ได้ใช้งานออก



ภาพที่ 4 ค่าSignal to noise และ SN filter เป็นค่าที่ใช้ ตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลเนื่องจากเป็นข้อมูลที่ได้จาก ห้องปฏิบัติการ

นำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการเตรียมข้อมูลมาใช้ ทดสอบโมเดลโดยงานวิจัยนี้ใช้โมเดลเปรียบเทียบกันทั้งหมด 4 โมเดล คือ Xgboost ใช้เป็น Baseline, Random Forest, Catboost และ LightGBM

3.3.1 XGBoost

เป็นโมเดลที่นำเอา Decision Tree มาต่อกัน โดยที่แต่ละ decision tree จะเรียนรู้จาก error ของ tree ก่อนหน้า เมื่อมีการเรียนรู้ของ tree ต่อเนื่องกันจนมีความลึกมากพอและโมเดลจะหยุดเรียนรู้เมื่อไม่เหลือ รูปแบบของ error จาก tree ก่อนหน้าให้เรียนรู้แล้ว

3.3.2 RandomForest

เป็นโมเดลที่นำ Decision Tree หลาย ๆ tree มา Train ร่วมกัน (ตั้งแต่ 10 ต้น ถึงมากกว่า 1000 ต้น) โดยที่แต่ละ tree จะได้รับ feature และ data เป็น subset ของ feature และ data ทั้งหมดแบบสุ่มตอนคาดการณ์ แต่ละ Decision Tree ทำการคาดการณ์ของตัวเองและเลือกผล final prediction

3.3.3 Catboost

เป็นโมเดลการจัดการสำหรับคุณสมบัติ ตามหมวดหมู่ได้รับความนิยมเมื่อเทียบกับอัลกอริธึม Gradient boosting อื่นๆเนื่องจากคุณสมบัติการใช้

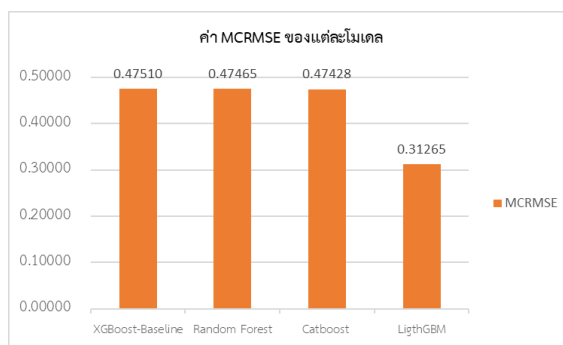
Oblivious Trees หรือ Symmetric Trees เพื่อให้โมเดลทำงานได้เร็วขึ้น

3.3.4 Light GBM

เป็นเฟรมเวิร์ก Gradient Boosting Framework ที่รวดเร็ว, ประสิทธิภาพสูงโดยใช้อัลกอริธึมแผนผังและงานการเรียนรู้ของเครื่องอื่น ๆ อีกมากมายใช้วิธีการแยกความลึกของ Trees

ในการตั้งค่าพารามิเตอร์ใช้เทคนิค 5-Fold cross-validation และทำการปรับโมเดลเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมด้วยการใช้ GridSearchCV

ในระดับหนึ่ง ทำให้โมเดลมีประสิทธิภาพที่เทียบเคียงกับการใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกที่มีความซับซ้อนกว่า



ภาพที่ 4 ค่า MCRMSE ของแต่ละโมเดล

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

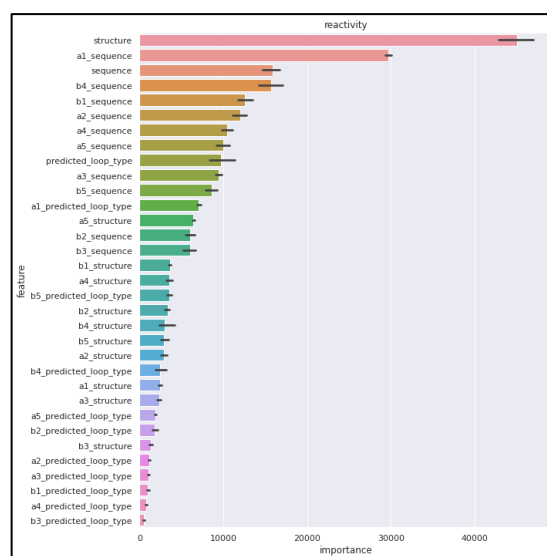
ผลการศึกษาจากการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสม (Best Parameter) ตามตารางสามารถรายงานและอภิปรายผลได้ดังนี้

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละโมเดลในที่ใช้ในการเรียนรู้

โมเดล	พารามิเตอร์
XGBoost	learning_rate: 0.1, estimator__max_depth: 5 n_estimators: 800 subsample=0.8 colsample_bytree=0.75 reg_lambda=2 reg_alpha=1
Random Forest	max_depth: 11 n_estimators: 800
Catboost	learning_rate: 0.1 max_depth: 8 n_estimators: 300
LigthGBM	learning_rate: 0.05

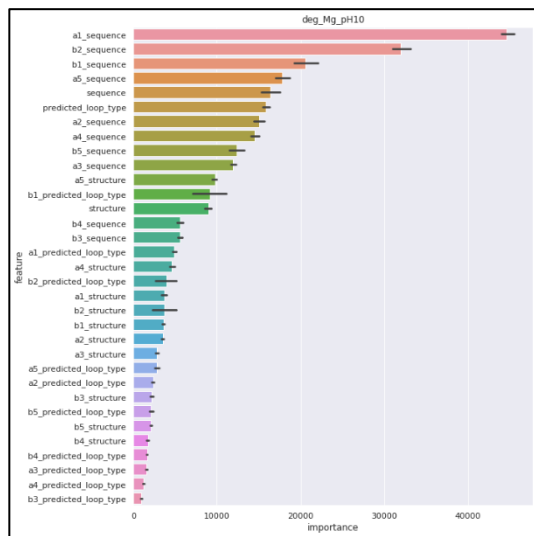
จาก Baseline ได้ค่า MCRMSE 0.4751 นั้น เมื่อนำเทคนิค Random Forest และ Catboost มาใช้งานและหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมพบว่าค่า MCRMSE ต่ำกว่าเล็กน้อยคือ 0.47465 และ 0.47428 แต่เมื่อใช้ LigthGBM พบว่า ค่าต่ำกว่าและแตกต่างจาก baseline ค่อนข้างเยอะคือ 0.31265 ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก LightGBM เป็นเทคนิคที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ใหญ่ประมาณหนึ่งโดย Trees ของมันเติบโตไปทางแนวตั้ง และลดการสูญเสียอัลกอริธึมที่สำคัญได้

นำโมเดลที่ได้จากเทคนิค LigthGBM มาหา Feature Importance มี Feature ที่ส่งผลกับโมเดลแตกต่างกันไปตามรูป

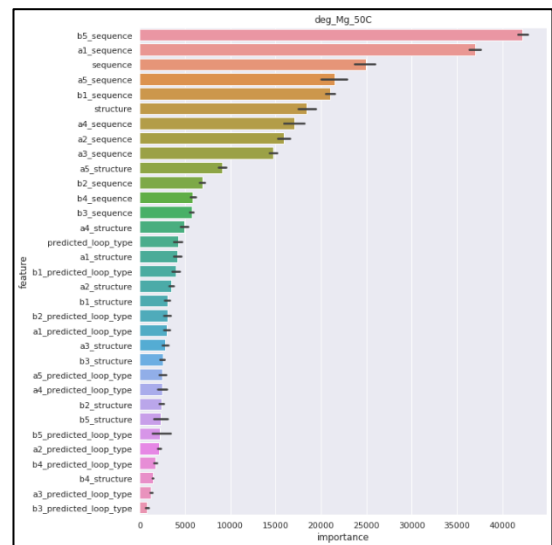


ภาพที่ 5 Feature importance ของค่า reactivity

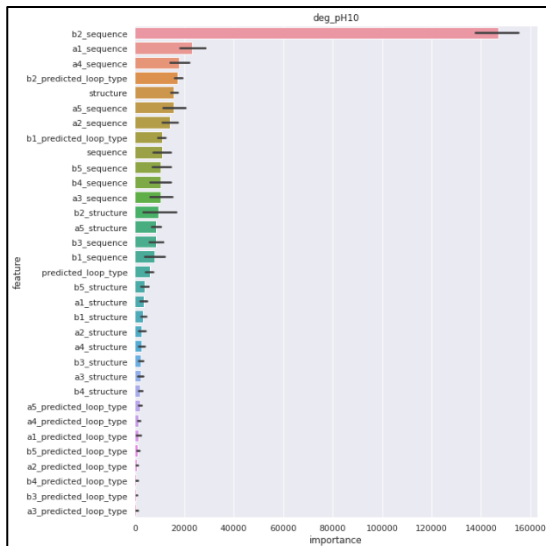
การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4
วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม



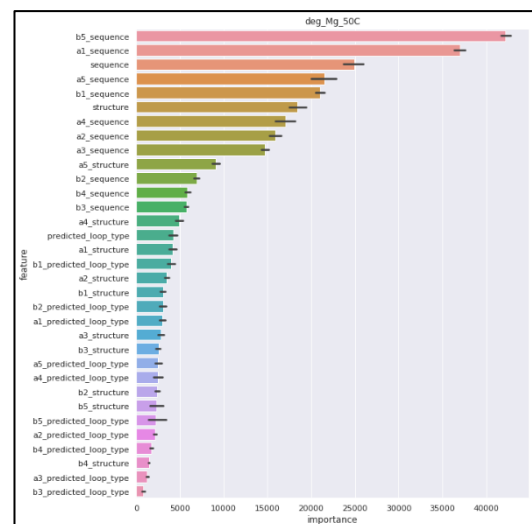
ภาพที่ 6 Feature importance ของค่า deg_Mg_pH10



ภาพที่ 8 Feature importance ของค่า deg_Mg_50C



ภาพที่ 7 Feature importance ของค่า deg_pH10



ภาพที่ 9 Feature importance ของค่า deg_50C

แต่ละเป้าหมายมีตำแหน่งของอาร์เอ็นเอในการย่อยสลายที่แตกต่างกันไป ตามตารางคือ Feature importance ที่สำคัญที่สุด ที่น่าสนใจคือ pH10 เมื่อมีแมกนีเซียมมาเกี่ยวข้องกับตำแหน่งในการย่อยสลายจะเปลี่ยน แต่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสยังคงเป็นตำแหน่งในการย่อยสลายเดิม

ตารางที่ 3 Feature Importance ที่สำคัญที่สุดของแต่ละเป้าหมาย

Target	Feature importance
reactivity	structure
deg_Mg_pH10	a1_sequence
deg_Mg_50C	b5_sequence
deg_pH10	b2_sequence
deg_50C	b5_sequence

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

แม้ว่าการสร้างโมเดลเอ็มอาร์เอ็นเอที่เสถียรจะยังคงเป็นเรื่องยากแต่การใช้ชุดข้อมูลของลำดับของเอ็มอาร์เอ็นเอกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นในการวิจัย

การใช้วิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักรในงานวิจัยนี้มีค่า MCRMSE อยู่ประมาณ 0.31-0.48 การใช้เทคนิคดังกล่าวมีความสามารถในการเพิ่มความเร็วและประสิทธิภาพของการค้นพบวัคซีนเอ็มอาร์เอ็นเอที่เสถียรและมีผลต่อการวิจัยในสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเทคนิคนี้อาจถูกใช้เพื่อทดสอบคัดกรองเพื่อลบลำดับที่ไม่เสถียรออกไป ผู้วิจัยใช้ผลของ Public Leaderboard เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองอื่นอยู่ในระดับปานกลางซึ่งอาจจะเหมาะสมเมื่อนำไปต่อยอดด้วยการวิเคราะห์ด้านอื่น ๆ ประกอบกัน

ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ ความยาวของลำดับของโมเลกุลเอ็มอาร์เอ็นเอที่ใช้ความยาวที่ใช้ในงานวิจัยนี้อยู่ระหว่าง 107-130 ฐานในขณะที่วัคซีน Covid-19 ที่แท้จริงน่าจะมี ความยาวตั้งแต่ 3,000-4,000 ฐาน แต่ผลของงานนี้แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมการทำนายดังกล่าวมีความเป็นไปได้และมีศักยภาพในการประหยัดเวลาในระหว่างกระบวนการวิจัยในระหว่างการระบาดของโรค

ในระยะยาวเทคนิคดังกล่าวอาจช่วยในการวิจัยได้ดีขึ้นในการทำความเข้าใจเหตุผลเบื้องหลังความเสถียรของโมเลกุลเอ็มอาร์เอ็นเอบางชนิดและช่วยในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานนี้จะ

ประโยชน์ต่อนักวิทยาศาสตร์ข้อมูลคนอื่น ๆ ในการสร้างการคาดการณ์ที่ดีขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนทุนนำเสนอผลงานจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ong, Wong, Huffman, & He, (2020) and Wurtmann & Wolin, (2009). *COVID-19 coronavirus vaccine design using reverse vaccinology and machine learning*. doi:10.1101/2020.03.20.000141
- [2] Schlake, T., Thess, A., Fotin-Mleczek, M., & Kallen, K.-J. (2012). Developing mRNA-vaccine technologies. *RNA Biology*, 9(11), 1319-1330. doi:10.4161/rna.22269
- [3] Open Vaccine: *COVID-19 mRNA Vaccine Degradation Prediction*. <https://www.kaggle.com/c/stanford-covid-vaccine/data>.
- [4] Singhal, A. (2020). Application and Comparison of Deep Learning Methods in the Prediction of RNA Sequence Degradation and Stability. *Cornell University*.
- [5] Florindo, H. F., Kleiner, R., Vaskovich-Koubi, D., Acúrcio, R. C., Carreira, B., Yeini, E., Satchi-Fainaro, R. (2020). Immune-mediated approaches against COVID-19. *Nature Nanotechnology*, 15(8), 630-645.
- [6] Pardi, N., Hogan, M. J., Porter, F. W., และ Weissman, D. (2018). mRNA vaccines - a new era in vaccinology. *Nat Rev Drug Discov*, 17(4), 261-279.

การพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง Forecasting of Electric Energy Distribution of the Metropolitan Electricity Authority

ณิชาวีร์ ภาโสภะ¹, ธัญชนิต แก้วแป้น², และวรกานต์ สีนอุปการ³

คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สาขาสถิติประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ในการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการพยากรณ์เดี่ยว 3 วิธี ได้แก่ วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา(TSR) วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (ES) และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พร้อมทั้งวิธีการพยากรณ์ร่วมโดยหาตัวถ่วงน้ำหนักจาก 3 วิธี ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (EWAM) วิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSEM) และวิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RPESSM) ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้ารายเดือนของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ตั้งแต่ปี 2556 ถึงปี 2562 โดยพิจารณาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ ผลการศึกษาพบว่า วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (EWAM) จะให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด

คำสำคัญ : การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า, การไฟฟ้านครหลวง, ตัวแบบพยากรณ์, วิธีการพยากรณ์เดี่ยว, วิธีการพยากรณ์ร่วม

Abstract

The purpose of this research is to compare the forecasting methods in order to forecast the electric energy distribution of the Metropolitan Electricity Authority for the use of government agencies and non-profit organizations. In this study, three single forecasting methods: Time Series Regression Method (TSR), Exponential Smoothing Method (ES), and Box-Jenkins Method as well as the combined forecasting method with three different weighting methods: Equal Weighted Average Method (EWAM), the Reciprocal Mean Square Error Method (RMSEM), and the Reciprocal Prediction Error Sum of Square Method (RPESSM) were used to create forecasting models based on the monthly electric energy distribution data of the Metropolitan Electricity Authority for the use of government agencies and non-profit organizations from 2013 to 2019. The Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Mean Square Error (MSE) were considered as the criteria for comparing the performance of forecasting methods. The results of the study showed that the combined forecasting method with EWAM provides most accurate forecasts.

Keywords: Electric Energy Distribution, Metropolitan Electricity Authority, Forecasting Model, Single Forecasting Method, Combined Forecasting Method

1. บทนำ

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เป็นรัฐวิสาหกิจที่จัดตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติการไฟฟ้านครหลวง พ.ศ. 2501 มีหน้าที่จัดจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าในบริเวณพื้นที่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ รวมพื้นที่ประมาณ 3,191.6 ตารางกิโลเมตร การดำเนินที่ผ่านมาการไฟฟ้านครหลวงได้ใช้แผนปรับปรุงและขยายระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเป็นแผนงานหลัก เพื่อให้แผนปรับปรุงและขยายการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะเป็นการรองรับความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เสริมความมั่นคง และความเชื่อถือได้ของการไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง จึงได้จัดทำการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า ซึ่งคาดว่าจะความต้องการของพลังงานไฟฟ้าในเขตพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงให้บริการจะเพิ่มขึ้น

ในปัจจุบันการพยากรณ์มีความสำคัญในการดำเนินงานเป็นอย่างมาก เพราะการพยากรณ์คือ การคาดคะเนหรือการคาดการณ์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยศึกษารูปแบบของเหตุการณ์ที่เก็บ รวบรวมไว้อย่างมีระบบ ทั้งยังมีความสำคัญต่อบุคคลและองค์กรในสาขางานต่าง ๆ ดังนั้นจึงสามารถใช้ผลพยากรณ์มาวางแผนงานให้มีคุณภาพประกอบการตัดสินใจในการดำเนินงานต่าง ๆ ลดความเสี่ยงจากเหตุการณ์ที่ควบคุมไม่ได้

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์หาตัวแบบการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงข้อมูลที่น่าสนใจในการศึกษาเป็นข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ สถิติการจำหน่ายพลังงานของการไฟฟ้านครหลวง จำแนกตามประเภทผู้ใช้ เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2562 โดยมีวิธีการพยากรณ์เดี่ยว 3 วิธีและวิธีการพยากรณ์รวม (Combined Forecasting) โดยหาตัวถ่วงน้ำหนัก 3 วิธีดังนี้

1. วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง
2. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์
3. วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา
4. วิธีการพยากรณ์รวม

4.1 วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (Equal Weighted Average Method: EWAM)

4.2 วิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Mean Square Error Method: RMSEM)

4.3 วิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Prediction Error Sum of Square Method: RPESM)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์เดี่ยว (Individual Forecast) และวิธีการพยากรณ์รวม (Combined Forecasting) แต่ละวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

2. เพื่อวิเคราะห์ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556-31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวนทั้งสิ้น 72 เดือน เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ

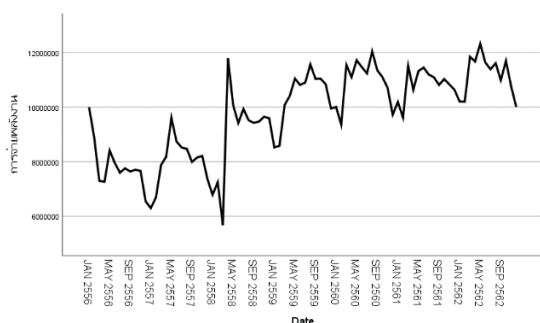
การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้ข้อมูลอนุกรมเวลาแล้วจากนั้นจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวด้วยวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาวิธีการต่าง ๆ ซึ่งในการวิจัยนี้วิธีการพยากรณ์เดี่ยวที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Method) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) และวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา (Time Series Regression Method) กับวิธีการพยากรณ์รวม 3 วิธี โดยหาตัวถ่วงน้ำหนัก ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (Equal Weighted Average Method: EWAM) วิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Mean Square Error Method: RMSEM)

และวิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Prediction Error Sum of Square Method: RPESM) มีวิธีการดำเนินงานตามแต่ละวิธีดังนี้

1. วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Method)

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลา พบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาของการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรข้อมูลมีองค์ประกอบของฤดูกาลและแนวโน้ม ดังนั้นการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลคือวิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลังด้วยวิธีของวินเตอร์ ดังรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 ประมวลค่าพารามิเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window Version 25 ที่ให้ค่าพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำสุด

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจากข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับศูนย์ ค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ถ้าคุณสมบัติผ่านทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถนำตัวแบบไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลได้

2. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

ขั้นตอนที่ 1 นำข้อมูลอนุกรมเวลาเหล่านี้มาตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีลักษณะอยู่ในสภาพที่คงที่ในค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนหรือไม่ โดยดูว่ามีค่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วหรือถูกตัดออกในช่วงเวลาใดหรือไม่ ถ้าค่า ACF ไม่มีลักษณะดังกล่าวแสดงว่าอนุกรมเวลาไม่อยู่ในสภาพคงที่ที่จะต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลานั้นเป็นอนุกรมเวลาชุดใหม่ให้อยู่ในสภาพคงที่ในค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน โดยทำการแปลงข้อมูลให้คงที่ในค่าเฉลี่ยได้ด้วยการทำผลต่างระหว่างข้อมูลที่อยู่ติดกัน ส่วนการแปลงข้อมูลให้คงที่ในความแปรปรวนทำได้โดยการใส่ $\ln$ ให้กับข้อมูล เพื่อให้อนุกรมเวลาอยู่ในสภาพคงที่ก่อนพิจารณาหาตัวแบบ

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดรูปแบบเบื้องต้นของข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร โดยเปรียบเทียบกันดูว่าใกล้เคียงกับรูปแบบใดของตัวแบบ ARIMA

ขั้นตอนที่ 3 ประมวลค่าพารามิเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window Version 25 เพื่อหาตัวแบบการพยากรณ์

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจากข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับศูนย์ ค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ถ้าคุณสมบัติผ่านทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถนำตัวแบบไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลได้

3. วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา (Time Series Regression Method)

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลา พบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาของการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรข้อมูล

มีองค์ประกอบของฤดูกาลและแนวโน้ม จึงเลือกใช้วิธีการ
ถดถอยแบบอนุกรมเวลาที่ตัวแบบมีทั้งฤดูกาลและแนวโน้ม
ขั้นตอนที่ 2 ประมวลค่าพารามิเตอร์โดยใช้
โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window Version 25 เพื่อหา
ตัวแบบการพยากรณ์

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบความเหมาะสมของ
ตัวแบบจากข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อน ได้แก่
ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับศูนย์ ค่าความแปรปรวน
ของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจง
แบบปกติและค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน
ถ้าคุณสมบัติผ่านทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถนำ
ตัวแบบไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลได้

4. วิธีการพยากรณ์ร่วม (Combined Forecasting Technique: CF)

การหาค่าพยากรณ์ใหม่โดยการหาตัวถ่วงน้ำหนัก
ที่เหมาะสมกับวิธีการพยากรณ์เดี่ยวแต่ละวิธี แล้วนำมา
รวมกันของค่าพยากรณ์เดี่ยวแต่ละวิธีที่ใช้ในการศึกษา

การหาค่าพยากรณ์ร่วม (Combined Forecasting)
มีตัวแบบคือ

$$CF_t = \sum_{j=1}^m W_j \hat{Y}_{jt}$$

W_j คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของวิธีการพยากรณ์ที่ j

$\hat{Y}_{jt}$ คือ ค่าพยากรณ์ของวิธีการพยากรณ์ที่ j

ณ เวลา t

j คือ วิธีการพยากรณ์ ; $j = 1, 2, \dots, m$

t คือ เวลา ; $t = 1, 2, \dots, n$

4.1 วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (Equal Weighted Average Method: EWAM)

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบมีดังนี้

1. หาตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการ
พยากรณ์เดี่ยว ดังนี้

1.1) วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง

1.2) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

1.3) วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา

2. หาตัวถ่วงน้ำหนักของวิธีค่าเฉลี่ย
ถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย ดังสูตร

$$W_j = \frac{1}{m}$$

โดยเรียงลำดับผลรวมความแปรปรวนความคลาดเคลื่อน
ของการพยากรณ์ ($E_{ii}, i = 1, 2, \dots, n$)

กำหนดให้ $E_{11} > E_{22} > \dots > E_{nn}$

4.2 วิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน กำลังสอง (The Reciprocal Mean Square Error Method: RMSEM) ขั้นตอนการสร้างตัวแบบมีดังนี้

1. หาตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์เดี่ยว
ดังนี้

1.1) วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง

1.2) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

1.3) วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา

2. หาตัวถ่วงน้ำหนักของวิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ย
ความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ดังสูตร

$$\omega_i = \frac{E_{ii}^{-1/2}}{\sum_{i=1}^n E_{ii}^{-1/2}}, i = 1, 2, \dots, n$$

เมื่อ E_{ii} เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง
ลำดับที่ i ของแต่ละรูปแบบการพยากรณ์

$$\text{นั่นคือ } E_{ii} = \sum_{t=1}^N e_{it}^2 = \sum_{t=1}^N (x_t - \hat{x}_{it})^2$$

4.3 วิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวม ความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Prediction Error Sum of Square Method: RPESM)

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบมีดังนี้

1. หาตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์เดี่ยว
ดังนี้

1.1) วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง

1.2) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

1.3) วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา

2. หาตัวถ่วงน้ำหนักของวิธีส่วนกลับของค่า
พยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ดังสูตร

$$w_i = \frac{E_{ii}^{-1}}{\sum_{i=1}^n E_{ii}^{-1}}, i = 1, 2, \dots, n$$

เมื่อ E_{ii} เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ลำดับที่ i
ของแต่ละรูปแบบการพยากรณ์ นั่นคือ

$$E_{ii} = \sum_{t=1}^N e_{it}^2 = \sum_{t=1}^N (x_t - x_{it})^2$$

การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากได้ค่าพยากรณ์จากทุกวิธีแล้ว จะนำข้อมูลปี พ.ศ.2563 ที่สำรองไว้มาทำการเปรียบเทียบว่าวิธีใด มีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) และค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ต่ำที่สุด และวิธีที่ให้ค่า MSE และ MAPE ต่ำสุดจะเป็นตัวแบบที่เหมาะสม

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

ผลการศึกษาตัวแบบการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีการพยากรณ์ต่าง ๆ

4.1 วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Method)

ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 72 ค่า จากการเคลื่อนไหวของข้อมูลมีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบแนวโน้มและความผันแปรทางฤดูกาล จึงเลือกใช้วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลังด้วยวิธีของวินเตอร์ หลังจากหาค่าคงที่โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคำนวณเพื่อให้ได้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุดแล้ว ได้ผลวิเคราะห์พบว่า ได้ค่าคงที่ของตัวแบบ ดังจะนำเสนอต่อไป โดยค่าคงที่ปรับให้เรียบสำหรับอนุกรมเวลาชุดนี้มี 3 ค่าคือ ค่าคงที่ปรับให้เรียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ (α) มีค่าเท่ากับ 0.310 ค่าคงที่ปรับให้เรียบระหว่างค่าฤดูกาลจริงกับค่าประมาณฤดูกาล (δ) มีค่าเท่ากับ 0.213 และค่าคงที่ปรับให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริงกับค่าประมาณของแนวโน้ม (γ) มีค่าเท่ากับ 0.004 ดังนั้นตัวแบบการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้า

ของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง คือ

$$\hat{Y}_{t+m} = \begin{cases} (a_t + b_t(m))\hat{S}_t, t \leq p \\ (a_t + b_t(m))\hat{S}_{t-p+m}, t > p \end{cases}$$

โดยที่

$$a_t = \frac{0.310Y_t}{S_t} + (1-0.310)[a_{t-1} + b_{t-1}], t \leq p$$

$$b_t = 0.004(a_t - a_{t-1}) + (1-0.004)b_{t-1}$$

$$S_t = \frac{0.213Y_t}{a_t} + (1-0.213)S_{t-p}$$

4.2 วิธีบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 72 ค่า หลังจากนั้นดำเนินขั้นตอนการสร้างตัวแบบการพยากรณ์วิธีบอกซ์-เจนกินส์ ดังนั้นตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมคือ $SARIMA(1,1,0)(1,0,0)_{12}$
 $(1-B)(1+0.42B)(1-0.32B^{12})y_t = \varepsilon_t$

4.3 วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา (Time Series Regression Method)

ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 72 ค่า หลังจากนั้นดำเนินขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา (แสดงรายละเอียดในบทที่ 3) โดยได้กำหนดตัวแปรอิสระในตัวแบบพยากรณ์ดังต่อไปนี้

1. ตัวแปรบ่งชี้เวลา (t) สำหรับอิทธิพลแนวโน้ม
2. ตัวแปรบ่งชี้ฤดูกาล ($X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{12t}$)

สำหรับอิทธิพลเนื่องจากฤดูกาล

ดังนั้นตัวแบบการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ด้วยวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา คือ

$$Y = 6956258.092 + 48939.780t + 26426.125S_1 - 189962.552S_2 + 530898.347S_3 + 1233988.442S_4 + 1681854.946S_5 + 1200173.271S_6 + 1054103.766S_7 + 1193614.482S_8 + 750321.268S_9 + 858640.759S_{10} + 637702.734S_{11} + e_t$$

$$\text{เมื่อ } e_t = 0.442e_{t-1}$$

4.4 วิธีการพยากรณ์ร่วม (Combined Forecast

Method: CF)

ในวิธีการพยากรณ์ร่วมนี้ใช้วิธีการพยากรณ์เดี่ยว 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง วิธีบ็อกซ์ - เจนกินส์ และวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา โดยจะใช้วิธีการพยากรณ์ร่วม ด้วยค่าตัวถ่วงน้ำหนักจาก 3 วิธี ดังต่อไปนี้

1. วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (Equal Weighted Average Method: EWAM)

ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 12 ค่า หลังจากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนการหาตัวถ่วงน้ำหนัก ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน โดยใช้วิธีการพยากรณ์เดี่ยวทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง วิธีบ็อกซ์ - เจนกินส์ และวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา รูปแบบทั่วไปของตัวแบบการพยากรณ์ร่วมคือ
$$\hat{CF}_t = \sum_{j=1}^m w_j \hat{Y}_{jt}$$
 ดังนั้นในการหาค่าตัวถ่วงน้ำหนักโดยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน จะได้ค่าตัวถ่วงน้ำหนักดังนี้ $w_1 = 0.333333$, $w_2 = 0.333333$ และ $w_3 = 0.333333$ และมีตัวแบบการพยากรณ์ร่วมโดยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากันของการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร คือ

$$\hat{CF}_t = 0.333333\hat{Y}_{1t} + 0.333333\hat{Y}_{2t} + 0.333333\hat{Y}_{3t}$$

2. วิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Mean Square Error Method: RMSEM)

ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 12 ค่า หลังจากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนการหาตัวถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง โดยใช้วิธีการพยากรณ์เดี่ยวทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง วิธีบ็อกซ์ - เจนกินส์

และวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา รูปแบบทั่วไปของตัวแบบการพยากรณ์ร่วมคือ

$$\hat{CF}_t = \sum_{j=1}^m w_j \hat{Y}_{jt}$$

ดังนั้นในการหาค่าตัวถ่วงน้ำหนักโดยวิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จะได้ค่าตัวถ่วงน้ำหนักดังนี้ $w_1 = 0.331058$, $w_2 = 0.313329$ และ $w_3 = 0.355614$ และมีตัวแบบการพยากรณ์ร่วมโดยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากันของการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร คือ

$$\hat{CF}_t = 0.331058\hat{Y}_{1t} + 0.313329\hat{Y}_{2t} + 0.355614\hat{Y}_{3t}$$

3. วิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Prediction Error Sum of Square Method: RPESM)

ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 12 ค่า หลังจากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนการหาตัวถ่วงน้ำหนัก ด้วยวิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง โดยใช้วิธีการพยากรณ์เดี่ยวทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลังวิธีบ็อกซ์ - เจนกินส์ และวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา รูปแบบทั่วไปของตัวแบบการพยากรณ์ร่วมคือ

$$\hat{CF}_t = \sum_{j=1}^m w_j \hat{Y}_{jt}$$

ดังนั้นในการหาค่าตัวถ่วงน้ำหนักโดยวิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จะได้ค่าตัวถ่วงน้ำหนักดังนี้ $w_1 = 0.32791$, $w_2 = 0.29373$ และ $w_3 = 0.37836$ และมีตัวแบบการพยากรณ์ร่วมโดยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากันของการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร คือ

$$\hat{CF}_t = 0.32791\hat{Y}_{1t} + 0.29373\hat{Y}_{2t} + 0.37836\hat{Y}_{3t}$$

การเปรียบเทียบค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error:

การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4
วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) ของตัวแบบการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีต่าง ๆ

การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไรที่ได้จากการพยากรณ์เดี่ยว 3 วิธี และวิธีการพยากรณ์ร่วมโดยหาตัวถ่วงน้ำหนักจาก 3 วิธีดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น หลังจากได้ค่าพยากรณ์จากทุกวิธีแล้วทำการเปรียบเทียบค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อพิจารณาจากค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) พบว่าวิธีการพยากรณ์แบบเดี่ยวที่ให้ค่า MAPE และ MSE ต่ำสุดคือ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Method: ES) โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 0.052175624 และค่า MSE เท่ากับ 630950.193 และวิธีการพยากรณ์แบบร่วมที่ให้ค่า MAPE และ MSE ต่ำสุดคือ วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (Equal Weighted Average Method: EWAM) โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 0.04038 และ MSE เท่ากับ 523052.9 ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กิโวลต์/ชั่วโมง) จำแนกรายเดือนของปี พ.ศ. 2563 และการเปรียบเทียบค่า MAPE และ MSE จากวิธีการพยากรณ์แบบเดี่ยวทั้ง 3 วิธี

ค่าจริงปี 2563		ค่าพยากรณ์ปี 2563		
เดือน	ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กิโวลต์/ชั่วโมง)	วิธีการพยากรณ์แบบเดี่ยว		
		TSR	ES	Box
มกราคม	11,138,786	10,673,737	10,253,931	10,162,510
กุมภาพันธ์	10,552,881	10,767,875	10,107,555	10,038,659
มีนาคม	11,621,855	11,653,307	10,789,820	10,616,949
เมษายน	10,943,430	12,456,452	11,658,397	10,540,076
พฤษภาคม	11,806,339	12,975,853	12,312,826	10,757,522
มิถุนายน	11,234,472	12,553,099	11,823,016	10,531,824
กรกฎาคม	11,523,149	12,460,384	11,703,410	10,455,013
สิงหาคม	11,509,134	12,650,786	11,894,243	10,526,082

ค่าจริงปี 2563		ค่าพยากรณ์ปี 2563		
เดือน	ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กิโวลต์/ชั่วโมง)	วิธีการพยากรณ์แบบเดี่ยว		
		TSR	ES	Box
กันยายน	11,299,933	12,257,295	11,440,277	10,325,926
ตุลาคม	10,822,079	12,414,936	11,611,921	10,552,660
พฤศจิกายน	10,411,325	12,243,106	11,399,316	10,256,084
ธันวาคม	10,146,340	11,654,418	10,581,133	10,011,584
MAPE		0.10	0.05	0.06
MSE		1,187,592	630,950.19	772,152.9

ตารางที่ 2 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กิโวลต์/ชั่วโมง) จำแนกรายเดือนของปี พ.ศ. 2563 และการเปรียบเทียบค่า MAPE และ MSE จากวิธีการพยากรณ์แบบร่วมทั้ง 3 วิธี

ค่าจริงปี 2563		ค่าพยากรณ์ปี 2563		
เดือน	ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กิโวลต์/ชั่วโมง)	วิธีการพยากรณ์แบบร่วม		
		EWAM	RMSEM	RPESM
มกราคม	11,138,786	10,363,393	10,374,575	10,385,916
กุมภาพันธ์	10,552,881	10,304,696	10,320,787	10,337,157
มีนาคม	11,621,855	11,020,025	11,042,722	11,065,751
เมษายน	10,943,430	11,551,642	11,591,794	11,631,864
พฤษภาคม	11,806,339	12,015,400	12,061,286	12,106,849
มิถุนายน	11,234,472	11,635,980	11,678,076	11,719,988
กรกฎาคม	11,523,149	11,539,602	11,581,442	11,623,127
สิงหาคม	11,509,134	11,690,370	11,734,596	11,778,618
กันยายน	11,299,933	11,341,166	11,381,662	11,422,085
ตุลาคม	10,822,079	11,526,506	11,565,587	11,604,613
พฤศจิกายน	10,411,325	11,299,502	11,341,172	11,382,771
ธันวาคม	10,146,340	10,749,045	10,784,352	10,819,927
MAPE		0.040	0.042	0.045
MSE		523,052.9	543,202.6	564,941.03

การอภิปรายผล

ในการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์แบบเดี่ยว 3 วิธี และวิธีการพยากรณ์ร่วม 3 วิธีดังกล่าว ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ซึ่งพิจารณาจากค่า MAPE และค่า MSE พบว่า ให้ค่า MAPE ใกล้เคียงกัน ซึ่งวิธีที่ศึกษาแต่ละวิธีต่างเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพ แต่วิธีการพยากรณ์แบบเดี่ยวที่เหมาะสมที่สุดคือ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (ES) และวิธีการพยากรณ์แบบร่วมที่เหมาะสม

ที่สุดคือ วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (EWAM) และเมื่อนำรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดมาพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน พบว่า 1. วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (ES) ที่ $(\alpha) = 0.310$ ให้ค่า MAPE และ MSE เท่ากับ 0.05 และ 630,950.19 อย่างไรก็ตามค่าพารามิเตอร์ของแต่ละวิธีมีผลต่อการพยากรณ์ ดังนั้นการปรับค่าพารามิเตอร์ (α) ของวิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (ES) อาจทำให้คำตอบของการพยากรณ์ที่ดีกว่าก็อาจเป็นไปได้ 2. วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (EWAM) ให้ค่า MAPE และ MSE ที่น้อยที่สุดเท่ากับ 0.040 และ 523,052.9 เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรภา สรรพกิจกิจกร ที่ให้คำแนะนำปรึกษา และขอขอบคุณข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ดวงพร หัสชะวนิช. (2556). การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ดัชนีราคา ผู้บริโภครายเดือน : ตัวแบบบอช-เจนกินส์และตัวแบบปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 33(2), 100-113.
- [2] ทรงศิริ แต่สมบัติ. (2539). เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ *Quantitative Forecasting Method*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [3] โกเมนทร์ ดิยะพงษ์พิทักษ์, ณัฐนรี สังข์นุช, ภัทรภา วิทยาณวิฑูร. (2561). การศึกษาเชิงเปรียบเทียบของการพยากรณ์ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมระหว่างวิธีการพยากรณ์เดี่ยวและวิธีการพยากรณ์รวม (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาสถิติประยุกต์ บัณฑิตมหาวิทยาลัย). กรุงเทพฯ: เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

- [4] จิตติมา เนียมพุ่มพวง, ณัฐนรี พูลสวัสดิ์ และจุฬารัตน์ ครอบเมือง. (2562) การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางพาราของประเทศไทย *Comparison of export value forecasting models of rubber products in Thailand*.
- [5] ข้อมูลการไฟฟ้านครหลวง จาก <https://www.mea.or.th/home>
- [6] สำนักงานสถิติแห่งชาติ, สถิติการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงปี 2556-2562. จาก shorturl.asia/hd3ci
- [7] อรรถณัฐย์ ขำบางพูน. (2560). การพยากรณ์ปริมาณรถยนต์ที่ผ่านด่านในเขตทางพิเศษเฉลิมมหานครและเขตทางพิเศษศรีรัช โดยใช้วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล วิธีบอช-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์รวม (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [8] วรางคณา กิรติวิบูลย์. (2556). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ระหว่างวิธีบอช-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม สำหรับการพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร.
- [9] Box, G.E.P., Jenkins, G.M., & Reinsel, G.C. (1994). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการถูกหลอกให้ลงทุนฟอเร็กซ์โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคมีน

Factors Affecting Behaviors of Forex Crime Victim Using K-Means Clustering Technique

พงศ์ธนรัฐ สุพานุวัฒน์ (Pongtanarat Supanuwat)¹ ศิริวัฒน์ บัวรอด (Siriwat Buarod)²

โชติระวี หนาแน่น (Choatravee Nhanaen)³ มาลีรัตน์ มะลิแย้ม (Maleerat Maliyaem)⁴

และนลินภัสร บำเพ็ญเพียร (Nalinpat Bhumpenpein)⁵

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

¹s6307011858055@email.kmutnb.ac.th, ²s6307011858063@email.kmutnb.ac.th,

³s6307011858021@email.kmutnb.ac.th, ⁴maleerat.m@itd.kmutnb.ac.th, ⁵nalimpat.b@itd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการถูกหลอกให้ลงทุนในตลาดอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ และลักษณะกลุ่มเป้าหมายที่เสี่ยงตกเป็นเหยื่อ โดยทำการศึกษากลุ่มเป้าหมายที่เคยถูกหลอกจากการลงทุนในฟอเร็กซ์ จำนวน 624 คน ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก และการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน ผลการวิจัยพบว่ามี 5 ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการถูกหลอกให้ลงทุนฟอเร็กซ์ ได้แก่ จำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทน จำนวนครั้งที่ลงทุน จำนวนผลตอบแทนที่ได้รับ ร้อยละผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน และจำนวนเงินลงทุน โดยสามารถแบ่งกลุ่มของผู้ถูกหลอกให้ลงทุนได้ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ผู้ถูกหลอกส่วนใหญ่จะเสียเงินลงทุนน้อยกว่า 50,000 บาท และได้รับผลตอบแทนเฉลี่ย 1 ครั้ง กลุ่มที่ 2 ผู้ถูกหลอกที่เสียเงินลงทุนปานกลางระหว่าง 50,000 ถึง 100,000 บาท และได้รับผลตอบแทนเฉลี่ย 7 ครั้ง และกลุ่มที่ 3 ผู้ถูกหลอกที่เสียเงินลงทุนสูง ระหว่าง 100,000 ถึง 500,000 บาท ได้รับผลตอบแทนเฉลี่ย 14 ครั้ง นอกจากนี้ยังพบ 4 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนเงินที่ลงทุนเฉลี่ยในฟอเร็กซ์ ดังนี้ 1) ช่องทางการทำธุรกรรม 2) ประสบการณ์ด้านการลงทุน ซึ่งผู้ที่มีประสบการณ์ลงทุนมากกว่า 1 ปี มีจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่สูงกว่า 3) ร้อยละผลตอบแทนที่ได้รับ โดยร้อยละผลตอบแทนที่สูงขึ้นส่งผลต่อจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่สูงขึ้น และ 4) จำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทนจากการลงทุน โดยจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทนมากขึ้นส่งผลกับจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่สูงขึ้น และจากผลการวิจัยดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อการป้องกันหรือเฝ้าระวังการถูกหลอกจากการลงทุนฟอเร็กซ์ได้

คำสำคัญ : ฟอเร็กซ์ การลงทุน เคมีน เหมือนข้อมูลถูกหลอก

Abstract

This paper aims at studying factors affecting behaviors of forex crime victim using k-means clustering technique. Data were collected from 624 samples who had been deceived by investing in Forex and analyzed using principal component analysis and K-Means clustering. The result shows that there are five factors affecting fraud of investing in Forex including 1) number of times to receive return on investment, 2) number of investment times, 3) amount of return received, 4) percentage of return received from investments, and 5) investment amount. Based on K-Means clustering analysis result, victims can be classified into 3 groups. The first group is deceived people who lost less than 50,000 baht and received an average return of one time. The second group is deceived people who lost

their average investment between 50,000-100,000 baht and received 7 times on average. The third group is deceived people who lost their high investment between 100,000-500,000 baht and received an average return of 14 times. Moreover, the result show that there are four factors affecting an amount of investment in the fore including 1) transaction channels, 2) investment experience, 3) percentage of return received, and 4) number of times of receiving return on investment. Therefore, this result can be used for the investor awareness.

Keywords: Forex, Investment, K-Means, Data Mining, Fraud Clustering

1. บทนำ

ในปัจจุบันตลาดการลงทุนอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ เป็นตลาดการลงทุนที่มีมูลค่าเงินลงทุน และอัตราผลตอบแทนสูง อีกทั้งยังเปิดให้ลงทุนตลอด 24 ชั่วโมง ยกเว้นวันหยุดเสาร์และอาทิตย์ การลงทุนฝากและถอนเงิน มีช่องทางการทำธุรกรรมมากมาย ทำได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว ส่งผลให้ดึงดูดนักลงทุนเข้ามาลงทุนในตลาดนี้เป็นจำนวนมาก โดยในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายคุ้มครองผู้ลงทุน Forex ดังนั้นผู้เล่นหรือนักลงทุน ต้องรับผิดชอบความเสี่ยง หรือความเสียหายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเอง และ “ปัจจุบันยังไม่มี การออกใบอนุญาตให้ผู้ใดประกอบธุรกิจเกี่ยวกับปัจจัย ชำระเงินต่างประเทศตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุม อัตราการแลกเปลี่ยน” [1]

อย่างไรก็ตามยังมีช่องโหว่ทางกฎหมายที่ทำให้ผู้คิด จะประกอบกิจการสามารถซื้อใบอนุญาตจากต่างประเทศ และเข้ามาประกอบกิจการในประเทศไทยได้ ซึ่งก็มีกลุ่ม ผู้ที่ไม่หวังดีเล็งเห็นช่องโหว่นี้จัดตั้งบริษัทลงทุนอัตรา แลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศและระดมทุนจากนักลงทุน ในรูปแบบการชักชวนและให้ผลประโยชน์ตอบแทน คล้ายแชร์ลูกโซ่

นอกจากนี้เนื่องด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย การเข้าถึง ระบบอินเทอร์เน็ตอย่างทั่วถึงและมีความรวดเร็ว ทำให้ การกระจายข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ถูกส่งต่อได้อย่างรวดเร็ว ไปในทุก ๆ ช่องทางการสื่อสาร ส่งผลให้มีผู้เสียหาย ที่ถูกหลอกให้นำเงินมาลงทุนเป็นจำนวนมาก รวมทั้งมีชาว มีผู้เสียหายเกี่ยวกับแชร์ลูกโซ่ Forex เกิดขึ้นมากตามไปด้วย ผู้วิจัยเห็นว่าปัญหาที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อผู้คนจำนวนมาก จึงได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการถูกหลอกให้ลงทุน Forex

และการจำแนกกลุ่มผู้เสียหายโดยใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่ม แบบเคมีน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเก็งกำไรอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ

การเก็งกำไรอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ เป็นวิธีการซื้อขายแลกเปลี่ยนเงินตราผ่านทางระบบ อินเทอร์เน็ตและพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อหวังกำไรจาก ส่วนต่างของราคาของสกุลเงินหนึ่งกับสกุลอื่น ซึ่งในปัจจุบัน ตลาดแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศมีสกุลเงินมากกว่า 100 สกุลเงิน มีปริมาณการซื้อขายมากกว่า 5.1 ล้านล้าน เหรียญดอลลาร์สหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นช่องว่างให้ผู้กระทำความ ผิดนำหลักการเก็งกำไรอัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา ต่างประเทศมาหลอกลวงประชาชนซึ่งเข้าข่ายความผิด แชร์ลูกโซ่ส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ สังคม และประเทศชาติ [1]

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเป็นวิธีการคำนวณ ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับลดจำนวนตัวแปรที่ต้องการ ศึกษา ซึ่งมีหลักการคือค้นหาองค์ประกอบหลัก (Principle Components) เพื่อระบุว่าตัวแปรใดที่มีอิทธิพลที่สุดของ ชุดข้อมูลจากการหาค่าแปรปรวน (Variance) ของแต่ละ องค์ประกอบหลัก โดยตัวแปรที่มีค่าความแปรปรวนสูงที่สุด จะสามารถใช้อธิบายชุดข้อมูลได้มากที่สุดส่วนองค์ประกอบ ที่มีค่าความแปรปรวนน้อย หมายความว่าไม่มีอิทธิพลหรือ มีอิทธิพลน้อยต่อชุดข้อมูลที่กำลังศึกษา [2]

2.3 การจัดกลุ่มแบบ K-means Clustering

การจัดกลุ่มแบบ K-means Clustering เป็นอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) รูปแบบหนึ่งซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) โดยแบ่งกลุ่มของชุดข้อมูลออกเป็นกลุ่มๆ (Clusters) ซึ่งตัวแทนของแต่ละกลุ่มคือ ค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลที่ใช้เป็นจุดศูนย์กลาง (Centroid) โดยใช้หลักการ Euclidean Distance ในการคำนวณระยะห่างระหว่างชุดข้อมูลและจุดศูนย์กลาง มีหลักการทำงาน [3] คือ

- 1) กำหนดค่า K ของจำนวนกลุ่มที่ต้องการศึกษา
- 2) สุ่มหาจุดศูนย์กลาง (Centroid) ชุดข้อมูลตามจำนวน K ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 1
- 3) คัดเลือกกลุ่มสมาชิกในแต่ละกลุ่ม โดยเลือกจากระยะห่างจุดของข้อมูลที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลาง (Centroid) มากที่สุด
- 4) ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 3) จนค่าจุดศูนย์กลาง (Centroid) ไม่เปลี่ยนหรือครบจำนวนรอบที่กำหนด

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการหลอกลวงต่าง ๆ เช่น (1) การหลอกลวงการเก็งกำไร อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ [1] พบว่ามี 8 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตกเป็นเหยื่อ ได้แก่ เศรษฐกิจโลก เทคโนโลยีสมัยใหม่ การคบหาสมาคมภาพลักษณ์ความรู้ความเข้าใจจิตวัตรประจำวัน และการทำงานภาครัฐ (2) การหลอกลวงแบบแชร์ลูกโซ่ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตกเป็นเหยื่ออาชญากรรมทางเศรษฐกิจ พบว่า ความเชื่อมั่นจากผู้ชักชวนส่งผลต่อการตกเป็นเหยื่อมากที่สุด [4] (3) การหลอกลวงทำธุรกรรมทางการเงินออนไลน์ผ่านเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ลักษณะการหลอกลวงมักให้ทำธุรกรรมผ่านช่องทาง ATM โดยมีมูลค่าความเสียหายเฉลี่ย 115,889 บาท [5] (4) การศึกษาแนวทางการตัดสินใจลงทุนในตลาดหุ้นอเมริกาของนักลงทุนชาวไทยในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า นักลงทุนมีเป้าหมายในการลงทุนโดยเน้นโอกาสที่จะได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนสูงขึ้น [6] และ (5) การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ

พฤติกรรมการลงทุนหุ้นสามัญในตลาดหลักทรัพย์ พบว่าวัตถุประสงค์หลักในการลงทุน คือ ต้องการส่วนต่างของกำไรจากการลงทุน และประสบการณ์ของผู้ลงทุนส่งผลต่อพฤติกรรมการลงทุนที่แตกต่างกัน [7]

เมื่อพิจารณาด้านการประยุกต์ใช้เหมืองข้อมูล มีตัวอย่างให้ศึกษาในหลายงานวิจัย เช่น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลบุคลากรสายวิชาการเพื่อบริหารการเรียนการสอนด้วยการปรับวิธีแบ่งกลุ่มแบบเคมีนร่วมกับกฎความสัมพันธ์ (Apriori) พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มผู้สอนภายใต้สาขาวิชาที่เหมาะสมได้ 5 กลุ่มวิชา ซึ่งแต่ละกลุ่มสามารถมีผู้สอนทดแทนกันได้มากที่สุด 3 คน ด้วยกฎความสัมพันธ์ 18 วิธี [8] การแบ่งกลุ่มลูกค้าโดยใช้เทคนิคการทำคลัสเตอร์แบบเคมีน สำหรับการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ พบว่า จากการแบ่งกลุ่มลูกค้าจำนวน 1,000 คน สามารถจำแนกได้เป็น 7 กลุ่ม โดยในแต่ละกลุ่มจะมีคุณลักษณะที่เด่นชัด เช่น กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีรายได้ต่ำกว่า 39,050 เหรียญ กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ไม่มีรถ การศึกษาค่อนข้างดี และมีรายได้ระดับปานกลาง และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีอายุต่ำกว่า 37 ปี ไม่มีบุตร และจบการศึกษาจากมหาวิทยาลัย เป็นต้น [9] และการศึกษาการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมด้วยอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง โดยพัฒนาโปรแกรมพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมด้วยภาษาไพทอน และได้เปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์โรคดังกล่าวระหว่างเทคนิคการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง และอัลกอริทึมอื่นๆ พบว่า เทคนิคการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง สามารถพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมได้ถูกต้องมากกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ [10]

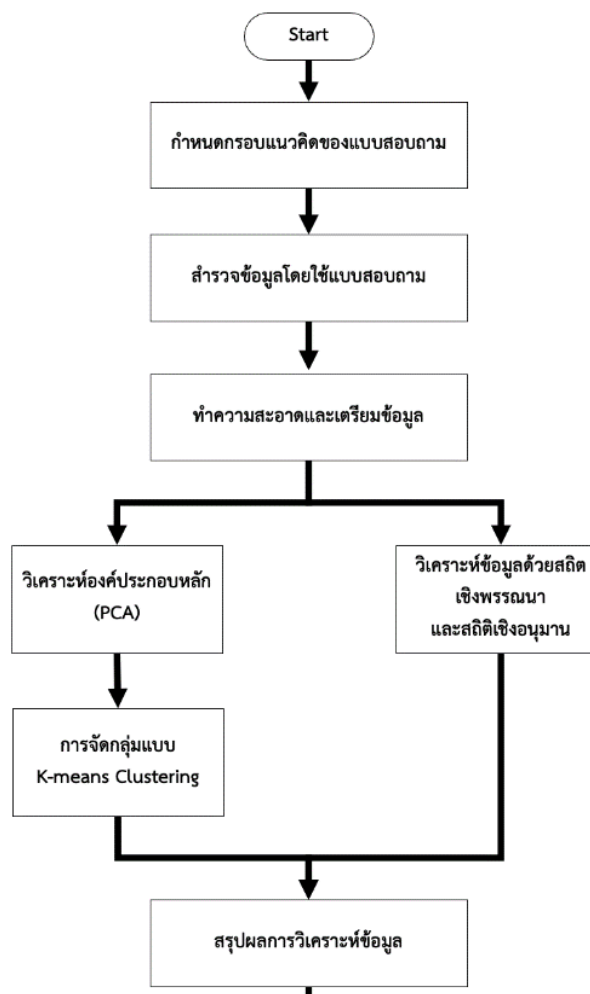
จากการศึกษางานวิจัยที่ใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน พบว่า วิธีการดังกล่าวสามารถจำแนกกลุ่มข้อมูลตามคุณลักษณะเด่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงหากมีการนำไปผนวกกับเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลอื่น ๆ จะช่วยให้เสริมประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลมากขึ้น

3. วิธีดำเนินการศึกษา

งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลจาก 624 ตัวอย่างที่เป็นผู้เสียหายจากคดี Forex ที่สำนักงานป้องกันและปราบปรามการฟอกเงิน โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ ประกอบด้วย 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลสถานภาพและข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม และตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการถูกหลอกให้ลงทุน Forex อันประกอบด้วย 6 ปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ปัจจัยด้านผู้ชักชวนให้ลงทุน ปัจจัยด้านช่องทางการทำธุรกรรม ปัจจัยด้านผลตอบแทนการลงทุน ปัจจัยด้านประสบการณ์ด้านการลงทุน ปัจจัยด้านจำนวนครั้งของผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน ปัจจัยด้านร้อยละผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นข้อมูลวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม SPSS และ Rapidminer Studio ตามขั้นตอนดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรด้านปัจจัยที่ศึกษา

ตัวแปรด้านปัจจัยที่ศึกษา
● ผู้ชักชวนให้ลงทุน ● ช่องทางการทำธุรกรรม ● ผลตอบแทนการลงทุน ● ประสบการณ์ด้านการลงทุน ● จำนวนครั้งของผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน ● ร้อยละผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน



ภาพที่ 1 ขั้นตอนดำเนินการศึกษาวิจัย

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมของผู้ตอบแบบสอบถาม จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 54.17 มีอายุอยู่ระหว่าง 31-40 ปี ร้อยละ 39.58 มีถิ่นที่อยู่อาศัยในต่างจังหวัด ร้อยละ 55.61 มีสถานภาพโสด ร้อยละ 61.70 ประกอบอาชีพพนักงานบริษัท 34.46 มีรายได้ระหว่าง 15,001-30,000 บาท ร้อยละ 42.79 และมีระดับการศึกษาปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 63.30 2) นอกจากนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการถูกหลอกให้ลงทุน FOREX พบว่า โดยส่วนใหญ่ถูกเพื่อนชักชวนให้ลงทุนร้อยละ 76.28 มีการทำธุรกรรมผ่าน Mobile Application ร้อยละ 70.03 มีการเลือกผล

การลงทุนเฉลี่ย 7% ร้อยละ 37.50 ไม่เคยมีประสบการณ์ด้านการลงทุน ร้อยละ 87.82 และจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทนอยู่ระหว่าง 1-3 ครั้ง ร้อยละ 38.30 อีกทั้งยังพบว่า ช่องทางการลงทุนอื่น ๆ มีจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่สูงกว่าช่องทางธนาคาร/ATM Internet banking และ Mobile Application ซึ่งช่องทางธนาคาร/ATM Internet banking และ Mobile Application มีจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผู้ที่มีประสบการณ์การลงทุน ร้อยละ 87.82 นั้น ไม่เคยมีประสบการณ์ในการลงทุน ร้อยละ 8.49 มีประสบการณ์ในการลงทุนไม่เกิน 1 ปี และร้อยละ 2.56 มีประสบการณ์ในการลงทุน 1-3 ปี โดยผู้ที่มีประสบการณ์การลงทุนมากกว่า 1 ปี มีจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเทียบกับผู้ที่มีประสบการณ์น้อยกว่า 1 ปี และผู้ที่ไม่เคยมีประสบการณ์ โดยผู้ที่มีประสบการณ์ลงทุนมากกว่า 1 ปี มีจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่สูงกว่า

นอกจากนั้นผู้ชักชวนให้ลงทุนที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อีกทั้งยังพบว่าร้อยละผลตอบแทนที่สูงขึ้นส่งผลต่อจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่สูงขึ้น รวมถึงจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนโดยได้รับ 1-3 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 38.30 รองลงมาได้รับ 4-6 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 18.91 ไม่เคยได้รับผลตอบแทน คิดเป็นร้อยละ 17.15 ได้รับผลตอบแทนมากกว่า 10 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 15.06 และได้รับผลตอบแทน 7-9 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 10.58 ซึ่งจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนมากกว่า 10 ครั้ง ส่งผลต่อจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทนน้อยกว่า 10 ครั้ง โดยจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทนมากขึ้นส่งผลกับจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่สูงขึ้นร้อยละผลตอบแทนได้รับการลงทุน โดยผู้ตอบแบบสอบถามเลือกร้อยละของผลตอบแทน 7% คิดเป็นร้อยละ 37.50 รองลงมาได้รับผลตอบแทน 6% คิดเป็นร้อยละ 25.16 ได้รับผลตอบแทน 8% คิดเป็น

ร้อยละ 13.30 ได้รับผลตอบแทน 9% คิดเป็นร้อยละ 12.50 และได้รับผลตอบแทน 10% คิดเป็นร้อยละ 11.54 ซึ่งร้อยละผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยร้อยละผลตอบแทนที่สูงขึ้นส่งผลต่อจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่สูงขึ้น

4.2 ผลการศึกษาโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) โดยเลือกจากปัจจัยที่มีค่าความสำคัญสูงสุดห้าลำดับแรก พบว่า ปัจจัยด้านจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทน จำนวนครั้งที่ลงทุน จำนวนผลตอบแทนที่ได้รับ ร้อยละผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนและจำนวนเงินลงทุนมีค่าความสำคัญเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการจัดลำดับปัจจัยที่สำคัญ (PCA)

ปัจจัย	ค่าความสำคัญ
จำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทน	0.885
จำนวนครั้งที่ลงทุน	0.436
จำนวนผลตอบแทนที่ได้รับ	0.105
ร้อยละผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน	0.092
จำนวนเงินลงทุน	0.081

จากการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มของผู้ถูกหลอกจาก Forex ด้วยเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน พบว่าสามารถจำแนกผู้ที่ถูกหลอกออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ถูกหลอกมากที่สุดแต่เสียเงินลงทุนน้อย จำนวน 366 คน โดยมีจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทน 1 ครั้ง มีจำนวนครั้งที่ลงทุน 2 ครั้ง จำนวนผลตอบแทนที่ได้รับน้อยกว่า 20,000 บาท เลือกลงทุนโดยได้รับตอบแทน 7% และใช้เงินลงทุนน้อยกว่า 50,000 บาท ซึ่งผลการวิจัยนี้มีสอดคล้องกับการศึกษาแนวทางการตัดสินใจลงทุนในตลาดหุ้นอเมริกาของนักลงทุนชาวไทยในเขตกรุงเทพมหานคร โดยพบว่าปัจจัย

ที่มีอิทธิพลต่อการลงทุนในตลาดหุ้นคือ ปัจจัยด้านผลตอบแทนจากการถือครองทรัพย์สิน (Investment Returns) [6] กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ถูกหลอกปานกลางและเสียเงินลงทุนปานกลาง จำนวน 182 คน โดยมีจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทน 7 ครั้ง มีจำนวนครั้งที่ลงทุน 3 ครั้ง จำนวนผลตอบแทนที่ได้รับระหว่าง 20,000-40,000 บาท เลือกลงทุนโดยได้รับผลตอบแทน 8% และใช้เงินลงทุน อยู่ระหว่าง 50,000 ถึง 100,000 บาท และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ถูกหลอกน้อยที่สุดแต่ใช้เงินลงทุนมาก จำนวน 62 คน โดยมีจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทน 14 ครั้ง มีจำนวนครั้งที่ลงทุน 10 ครั้ง จำนวนผลตอบแทน ที่ได้รับระหว่าง 40,000-80,000 บาท เลือกลงทุนโดยได้รับผลตอบแทน 9% และใช้เงินลงทุนอยู่ระหว่าง 100,000-500,000 บาท

5. การสรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษานี้พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามลงทุนใน Forex โดยมีเพื่อนเป็นผู้ชักชวนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 76.28 รองลงมาถูกชักชวนโดยคนในครอบครัว และญาติ คิดเป็นร้อยละ 9.78 และ 5.13 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการหลอกลวงการเก็งกำไร อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ [1] โดยพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการตกเป็นเหยื่อด้านการคบหาสมาคม ผู้ตกเป็นเหยื่อมักถูกชักชวนโดยเพื่อนและบุคคลใกล้ชิด คนในครอบครัว หรือเพื่อนในสังคมออนไลน์แต่อย่างไรก็ตามไม่พบนัยสำคัญทางสถิติระหว่างปัจจัยด้านผู้ชักชวนลงทุนต่อจำนวนเงินที่ลงทุน

จากการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มของผู้ถูกหลอกด้วยเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ช่วยให้สามารถค้นพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการถูกหลอกให้ลงทุนมากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยด้านจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทน รองลงมาคือ จำนวนครั้งที่ลงทุนจำนวนผลตอบแทนที่ได้รับร้อยละผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนและจำนวนเงินลงทุน ตามลำดับ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มของผู้ที่ถูกหลอกออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) ผู้ถูกหลอกส่วนใหญ่ที่เสียเงิน

ลงทุนน้อย 2) ผู้ถูกหลอกจำนวนปานกลางที่เสียเงินลงทุนปานกลาง และ 3) ผู้ถูกหลอกจำนวนน้อยแต่เสียเงินลงทุนจำนวนมาก โดยสอดคล้องกับการแบ่งกลุ่มลูกค้าโดยใช้เทคนิคการทำคลัสเตอร์แบบเคมีน สำหรับการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ [9] พบว่าในแต่ละกลุ่มจะมีคุณลักษณะที่เด่นชัด เช่น กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีรายได้ต่ำกว่า 39,050 เหรียญ กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ไม่มีรถ การศึกษาค่อนข้างดี

นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนเงินที่ลงทุนเฉลี่ยใน Forex มีดังนี้ (1) ช่องทางการทำธุรกรรมโดยเฉพาะช่องทางอื่น ๆ (2) ประสบการณ์ด้านการลงทุนโดยผู้ที่มีประสบการณ์ลงทุนมากกว่า 1 ปี มีจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่สูงกว่า (3) ร้อยละผลตอบแทนที่ได้รับ โดยร้อยละผลตอบแทนที่สูงขึ้นส่งผลต่อจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่สูงขึ้น และ (4) จำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทนจากการลงทุน โดยจำนวนครั้งที่ได้รับผลตอบแทนมากขึ้นส่งผลกับจำนวนเงินลงทุนเฉลี่ยที่สูงขึ้น ทั้งนี้ สามารถนำผลที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อการเฝ้าระวังเพื่อให้ผู้ลงทุนใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุนได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] วณันท์ กันทะวงศ์ และฐิตยา เพชรมณี. (2563). อาชญากรรมเศรษฐกิจ : การหลอกลวงการเก็งกำไรอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ. *วารสารสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 23(1), 133-144.
- [2] Rapidminer Document. (ม.ป.ป). สืบค้น 15 เมษายน 2564, จาก Principle Component Analysis. https://docs.rapidminer.com/latest/studio/operators/cleansing/dimensionality_reduction/principal_component_analysis.html
- [3] RapidminerDocument. (ม.ป.ป). *K-Means*. สืบค้น 15 เมษายน 2564, จาก https://docs.rapidminer.com/latest/studio/operators/modeling/segmentation/k_means.html.

- [4] พลิสสุภาพ จนะลาวัณย์. (2561). ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตกเป็นเหยื่ออาชญากรรมทางเศรษฐกิจ : ศึกษากรณีในเครือข่าย. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติ UTCC Academic Day ครั้งที่ 2.
- [5] จิตติมา อินกล้า. (2559). วากรรมทางการสื่อสารเพื่อการหลอกลวงทำธุรกรรมทางการเงินออนไลน์ผ่านเครื่องอิเล็กทรอนิกส์. *ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY*, 1(2) 85-100.
- [6] ภัทราวดี นามสีฐาน และตรีเนตร ดันตระกูล. (2563). แนวทางการตัดสินใจในตลาดหุ้นอเมริกาของนักลงทุนชาวไทยในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสารวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ*, 21-34.
- [7] เกียรติศักดิ์ พัฒนดำรงเกียรติ. (ม.ป.ป.). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการลงทุนหุ้นสามัญในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยของนักลงทุนในเขตกรุงเทพมหานคร. (ม.ป.ท.).
- [8] พงศพิศ เพ็งศิริ. (2563). การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลบุคลากรสายวิชาการเพื่อการบริหารการเรียนการสอนด้วยการปรับวิธีแบ่งกลุ่มแบบเคมินร่วมกับกฎความสัมพันธ์. *RMUTI JOURNAL Science and Technology*, 13(3), 106-119.
- [9] วณิช แฝงรักษา และนิเวศ จิระวิชิตชัย. (2562). การแบ่งกลุ่มลูกค้าโดยใช้เทคนิคการทำคลัสเตอร์แบบเคมินสำหรับการบริหารลูกค้าสัมพันธ์. *วารสารวิชาการชายันท์ มทว.ภูเก็ต*, 3(2), 1-10.
- [10] อาริกา ธรรมโน และคณะ. (2563). การพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมด้วยอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมินร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง. *Journal of Information Science and Technology*, 10(2), 1-9.

การพยากรณ์อัตราการว่างงานของประเทศไทย

A Foreemployment for Thailand's Unemployment Rate

วีรภัทร อูสาหกิจ, สุจิตา คักกันหา และสุภาภิก จิตต์ธรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ สถาพร เทพสัมฤทธิ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ การสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของจำนวนผู้ว่างงานในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของธนาคารแห่งประเทศไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 2558-2563 จำนวน 60 ค่า โดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือ ข้อมูลปี พ.ศ. 2558-2562 เป็นข้อมูลในการหาตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง วิธีการบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์รวม 2 วิธี ได้แก่ วิธีการให้น้ำหนักเท่ากัน และวิธีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยผกผัน ชุดที่สอง คือ ข้อมูลปี พ.ศ. 2563 จำนวน 12 ค่า เป็นข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ ด้วยเกณฑ์ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่าจากวิธีการพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีการพยากรณ์รวมเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์เป็น $\hat{Y}_t = 0.333\hat{Y}_{1t} + 0.333\hat{Y}_{2t} + 0.333\hat{Y}_{3t}$
คำสำคัญ : อัตราการว่างงาน, วิธีการบอกซ์-เจนกินส์, วิธีการปรับเรียบให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง, วิธีการพยากรณ์รวม

Abstract

The objective of this research is to create the most suitable forecasting model of the number of unemployed people in Thailand. Using data from the Bank of Thailand website from 2015 - 2020, 60 values, divided into 2 sets. The first set is the 2015 - 2019 data for finding a single forecasting model by means of There are three statistical methods: time series regression method. Exponential smoothing method Box-Jenkins Method And two combined forecasting methods: equal weight method And the second inverse of the second set of inverse squares error methods, which is the 2020 data of 12 values, were used to verify the accuracy of the forecast. With percentage criteria, mean absolute error And the mean square error The results of the study revealed that from all the methods of forecasting that were studied, The total forecasting method is the most appropriate for this time series. Which has a predictive model $\hat{Y}_t = 0.333\hat{Y}_{1t} + 0.333\hat{Y}_{2t} + 0.333\hat{Y}_{3t}$

Keywords : Unemployment, Box-Jenkins, Exponential Smoothing, total forecasting

1. บทนำ

การว่างงาน หมายถึง ภาวะการที่ผู้อยู่ในวัยทำงาน ซึ่งมีความสมัครใจ และมีความสามารถที่จะทำงาน ณ ระดับค่าแรงที่ปรากฏ แต่ไม่สามารถหางานทำได้ ความบกพร่องในการปรับตัวให้เข้ากับงานที่ทำ การผิดปกติทางจิตใจ

ความบกพร่องทางสังคมของบุคคล และอีกต่าง ๆ มากมาย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิเคราะห์สถานการณ์ด้านประชากร กำลังคน แรงงาน และการมีงานทำเป็นอยู่ในปัจจุบัน เพื่อกำหนดเป็นแนวทางการพัฒนาและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ จากสถานการณ์การงานว่างการเลิกจ้าง และ

ความต้องการ แรงงานที่สำรวจโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าในเดือนมกราคม 2558 มีแรงงานประมาณ 55057.31 พันคน เป็นคนทำงาน 38010.41 พันคน คนว่างงาน 404.01 พันคน และธันวาคม 2562 มีแรงงานประมาณ 56700.77 พันคน เป็นคนทำงาน 37661.05 พันคน คนว่างงาน 366.95 พันคน จะเห็นได้ว่าอัตราการว่างงานของปี 2562 สูงกว่าจึงบ่งบอกถึงความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของ ประเทศว่าผู้คนอยู่ดีมีสุขของคนในประเทศว่าทิศทาง เศรษฐกิจไปทางใด ดังนั้นสำนักงานสถิติแห่งชาติ จึงได้ ดำเนินการสำรวจภาวะการว่างงานของประชากรเป็น ประจำเดือน เพื่อนำข้อมูลและติดตามสถานการณ์ ด้านแรงงานอย่างต่อเนื่อง

ผู้วิจัยจึงสนใจถึงความสำคัญในความต้องการของผู้ใช้ ในการศึกษาแบบการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงาน ในประเทศไทยด้วยการนำข้อมูลจำนวนผู้ว่างงานในอดีต มาศึกษาการเคลื่อนไหวโดยพบว่ากาญจน์ภัส มหิพันธุ์ (2555) ได้ใช้แบบจำลองโครงสร้างข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Model : ANN) และวิธีการ บอซ-เจนกินส์ในการพยากรณ์ ผลการศึกษาพบว่าวิธีการ บอซ-เจนกินส์ มีความเหมาะสมกว่าแบบจำลอง ประสาทเทียม ดังนั้นการศึกษานี้ผู้วิจัยโดยใช้วิธี บอซ-เจนกินส์ ในการพยากรณ์ และเพิ่มเติมวิธีการ พยากรณ์อื่น ๆ อีก 3 วิธี คือ วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง และวิธีการพยากรณ์ รวมโดยหาตัวถ่วงน้ำหนักจาก 2 วิธี ได้แก่ วิธีการ ให้น้ำหนักเท่ากัน และวิธีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ผกผัน โดยพิจารณาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย จากนั้นจึงคัดเลือก วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมเพียง 1 วิธี สำหรับการพยากรณ์ จำนวนผู้ว่างงานให้ทันสมัยตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งตัวเลขอัตราการว่างงานในประเทศทำให้ทราบถึง จำนวนผู้ว่างงานยังเป็นตัวชี้ภาวะเศรษฐกิจได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาตัวแบบ การพยากรณ์เดี่ยว และการพยากรณ์รวมของจำนวน การว่างงานในประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบที่ดีที่สุด

โดยใช้เกณฑ์ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) โดยจะเลือกวิธีที่มีค่าความคลาดเคลื่อนค่าที่น้อยที่สุด

2. วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพยากรณ์ด้วย วิธีการพยากรณ์เดี่ยว วิธีการพยากรณ์รวม และหาตัวแบบ พยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาในการพยากรณ์ การว่างงานในประเทศไทย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลที่ได้รวบรวมจากเว็บไซต์ ธนาคารแห่งประเทศไทย ในหัวข้อการว่างงานในประเทศไทย ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลทุติยภูมิแสดงการว่างงาน ของประเทศไทยรายเดือนทั้งหมด 60 เดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ 2558 ถึง พ.ศ. 2563

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

โดยวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Regression Method : TSR) วิธีการปรับให้เรียบแบบเลข ชี้กำลัง (Exponential Smoothing Method : ES) และ วิธีการบอซ-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) และวิธีการ พยากรณ์รวมโดยหาตัวถ่วงน้ำหนักจาก 2 วิธี ได้แก่ วิธีการ ให้น้ำหนักเท่ากัน (Equivalent Weighted Method : EW) และวิธีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยผกผัน (Inverse of Mean Square Error Method : IMSE) โดยพิจารณา ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อน กำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) โดยใช้ วิธีการหาจากโปรแกรม SPSS เพื่อให้ได้วิธีที่เหมาะสมที่สุด ในการพยากรณ์ที่มีค่าต่ำที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การสร้างตัวแบบการพยากรณ์โดยวิธีการ วิเคราะห์อนุกรมเวลา

1.1 พิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูล คนว่างงานในประเทศไทยว่ามีลักษณะคงที่หรือไม่

1.2 ประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย

1.3 พิจารณาฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อนว่าตัวแบบพยากรณ์มีความเหมาะสมหรือไม่

1.4 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบตามข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อน (ϵ_t)

1.5 นำตัวแบบที่ได้มาใช้ในการพยากรณ์มูลค่าการว่างงานในประเทศไทยล่วงหน้าในปี พ.ศ. 2563

2. การสร้างตัวแบบการพยากรณ์วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง

2.1 พิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลการว่างงานประเทศไทย ว่ามีลักษณะคงที่หรือไม่

2.2 ประมาณค่าพารามิเตอร์ α , γ โดยเลือกค่าที่ทำให้ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำสุด

2.3 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบตามข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อน (ϵ_t)

2.4 นำตัวแบบที่ได้มาใช้ในการพยากรณ์มูลค่าการว่างงานในประเทศไทยล่วงหน้าในปี พ.ศ. 2563

3. การสร้างตัวแบบการพยากรณ์วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

3.1 พิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลการว่างงานในประเทศไทยว่ามีลักษณะคงที่หรือไม่

3.2 กำหนดตัวแบบเบื้องต้นของข้อมูลอนุกรมเวลาการว่างงานในประเทศไทย โดยพิจารณาจากฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (ACF) และค่าฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วน (PACF) ของข้อมูลทำการแปลงแล้วมาเปรียบเทียบกับใกล้เคียงกับรูปแบบในของตัวแบบ ARIMA

3.3 เมื่อกำหนดตัวแบบเบื้องต้นแล้วจึงประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบพยากรณ์

3.4 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบตามข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อน (ϵ_t)

3.5 นำตัวแบบที่ได้มาใช้ในการพยากรณ์มูลค่าการว่างงานในประเทศไทยล่วงหน้าในปี พ.ศ. 2563

4. การสร้างตัวแบบวิธีการพยากรณ์รวม

ใช้เทคนิคการพยากรณ์รวมหาตัวถ่วงน้ำหนักจาก 2 วิธี

4.1 วิธีการให้น้ำหนักเท่ากัน (EW)

$$W_j = \frac{1}{M}$$

โดยที่ w_j หมายถึง ค่าเฉลี่ยน้ำหนักพยากรณ์ที่ j

M หมายถึง จำนวนวิธีการพยากรณ์รวมกัน

4.2 วิธีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยผกผัน

(IMSE)

$$W_j = \frac{\frac{1}{MSE}}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{MSE}} ; MSE_j = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_{jt})^2$$

โดยที่ w_j หมายถึง ตัวถ่วงน้ำหนักของพยากรณ์ที่ j

Y_t หมายถึง ค่าสังเกต ณ คาบเวลาที่ t

$\hat{Y}_{jt}$ หมายถึง ค่าพยากรณ์ของวิธีพยากรณ์ที่ j

ณ คาบเวลาที่ t

J หมายถึง วิธีการพยากรณ์ที่ j

T หมายถึง คาบเวลา; $t=1,2,\dots,n$

5. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้ตัวแบบการพยากรณ์จากแต่ละวิธีแล้วจึงพยากรณ์การว่างงานในประเทศไทยล่วงหน้า 12 คาบเวลาและนำข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2563 มาหาค่า MAPE และ MSE เพื่อเปรียบเทียบว่าวิธีการพยากรณ์ใดที่มีให้ค่าต่ำที่สุด วิธีนั้นจะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

5.1 ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นวิธีวัดความแม่นยำโดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยไม่นับถึงเครื่องหมาย

$$MAPE = \frac{(\sum |Y_t - \hat{Y}_t| / Y_t) 100}{n}$$

โดยที่ Y_t หมายถึง ค่าสังเกต ณ คาบเวลาที่ t

$\hat{Y}_t$ หมายถึง ค่าพยากรณ์ ณ คาบเวลาที่ t

n หมายถึง จำนวนข้อมูล

5.2 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE)

$$MSE = \frac{(Y_1 - \hat{Y}_1)^2 + \dots + (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}$$

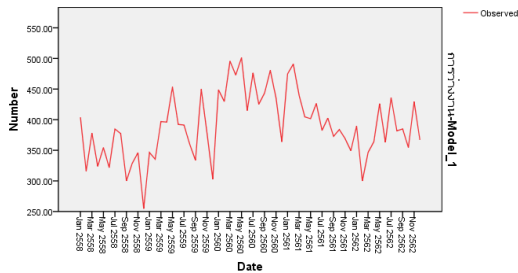
โดยที่ Y_t หมายถึง ค่าสังเกต ณ คาบเวลาที่ t

$\hat{Y}_t$ หมายถึง ค่าพยากรณ์ ณ คาบเวลาที่ t

N หมายถึง จำนวนข้อมูล

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 โดยวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา



ภาพที่ 1 การเคลื่อนไหวของข้อมูลการว่างงานในประเทศไทย
ในปี พ.ศ. 2558-2562

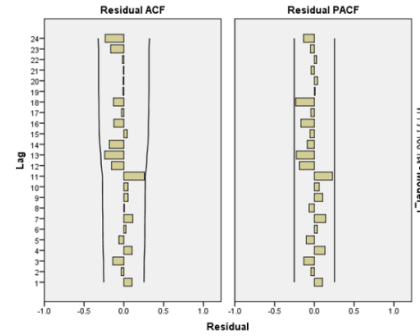
จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการถดถอย
แบบอนุกรมเวลา ผลจากการประมาณค่าพารามิเตอร์
โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย

$$\hat{Y}_t = 0.005 + 384.612 + \varepsilon_t$$

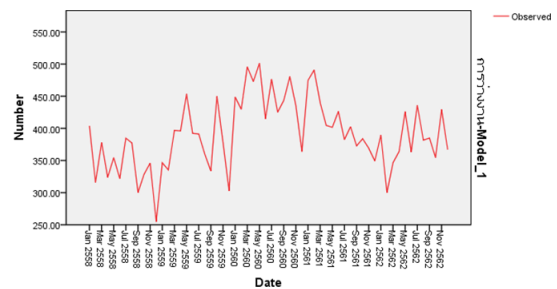
3.2 วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง

จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการปรับ
ให้เรียบแบบเลขชี้กำลังโดยวิธีการพยากรณ์แบบ
Winters' Additive พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ 7.336 และมีค่า
สถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Ljung-Box
Q ณ lag 18 = 21.621, p-value = 0.0118) ค่าปรับให้
เรียบระหว่างข้อมูลกับค่าพยากรณ์ = 0.41 และค่าปรับให้
เรียบระหว่างแนวโน้มกับค่าประมาณแนวโน้ม = 0.00001224
เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการ
พยากรณ์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ
(Kolmogorov-Smirnov Z=0.11, p-value = 0.062)
มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน และมีความแปรปรวนคงที่
ทุกช่วงเวลา (แสดงรายละเอียดในรูปที่ 2 และรูปที่ 3)
ดังนั้นตัวแบบการพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม
แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_t = 0 + 0.0000124 + \varepsilon_t$$



ภาพที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อน
จากการพยากรณ์โดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลังของ
Winters' Additive

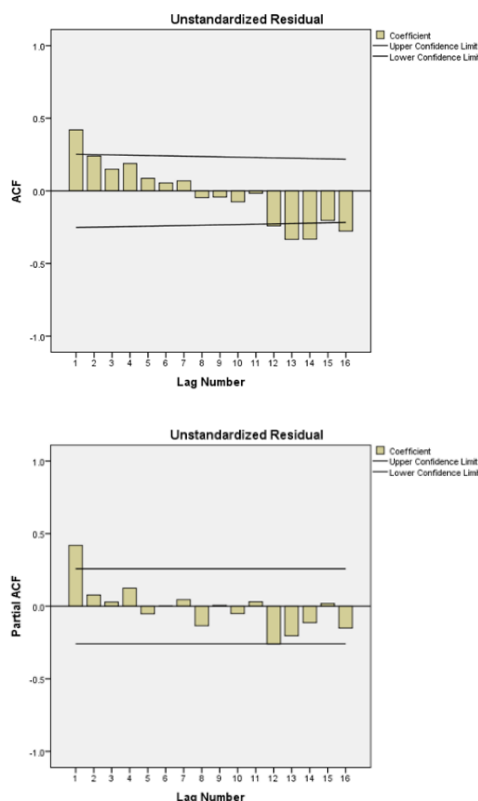


ภาพที่ 3 ลักษณะการเคลื่อนไหวของความคลาดเคลื่อน
จากการพยากรณ์โดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง
ของ Winters' Additive

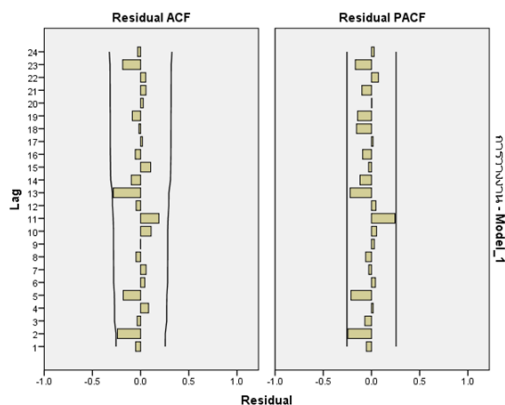
3.3 วิธีบอกซ์-เจนกินส์

จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-
เจนกินส์ จากกราฟ ACF และ PACF ดังรูปที่ 2 พบว่า
อนุกรมเวลาอย่างไม่คงที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงแปลงข้อมูลด้วยการ
หาผลต่างฤดูใหม่ ARIMA(1,1,0),(1,0,0) ดังรูปที่ 5 อนุกรม
เวลามีลักษณะคงที่ จึงกำหนดตัวแบบการพยากรณ์
ที่เป็นไปได้ พร้อมค่าพารามิเตอร์ BIC มีค่าเท่ากับ 7.825
(Ljung-Box Q ณ lag 18 = 18.956, p-value = 0.271)
ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-
Smirnov Z=0.6, p-value = 0.2) มีการเคลื่อนไหว
เป็นอิสระกัน และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา
(แสดงรายละเอียดในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ดังนั้นตัวแบบ
การพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสมแสดงดังนี้

$$\hat{Y}_t = 0.349 + \varepsilon_t$$



ภาพที่ 4 กราฟ ACF และ PACF ของความเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีบอซ-เจนกินส์ อนุกรมเวลาอย่างไม่คงที่



ภาพที่ 5 กราฟ ACF และ PACF ของความเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีบอซ-เจนกินส์ ARIMA (1,1,0), (1,0,0)₁₂

3.4 วิธีการพยากรณ์รวม

จากการประมาณค่าถ่วงน้ำหนักของวิธีการน้ำหนักเท่ากัน (EW) ของแต่ละการพยากรณ์พบว่า ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากันหมด ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์การว่างงานในประเทศไทย คือ

$$\hat{Y}_t = 0.333\hat{Y}_{1t} + 0.333\hat{Y}_{2t} + 0.333\hat{Y}_{3t}$$

และค่าถ่วงน้ำหนักของวิธีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (IMSE) ของแต่ละการพยากรณ์พบว่า ตัวแบบพยากรณ์การว่างงานในประเทศไทย คือ

$$\hat{Y}_t = 0.919\hat{Y}_{1t} + 0.04\hat{Y}_{2t} + 0.042\hat{Y}_{3t}$$

โดย $\hat{Y}_{1t}$ หมายถึง ค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีการพยากรณ์โดยใช้วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา

$\hat{Y}_{2t}$ หมายถึง ค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีการพยากรณ์โดยใช้วิธีบอซ-เจนกินส์

$\hat{Y}_{3t}$ หมายถึง ค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีการพยากรณ์โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเลขชี้กำลัง

3.5 เปรียบเทียบค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE)

พบว่าวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE ต่ำสุดคือวิธีการให้น้ำหนักเท่ากัน (EW) โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 0.31 รองลงมาคือ วิธีการปรับให้เรียบเลขชี้กำลัง (IMSE)

มีค่า MAPE เท่ากับ 0.32 และเมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่า วิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MSE ต่ำสุดคือ วิธีการให้น้ำหนักเท่ากัน (EW) โดยมีค่า MSE เท่ากับ 21351.7 รองลงมาคือ วิธีการวิธีบอซ-เจนกินส์ (IMSE) โดยมีค่า MSE เท่ากับ 59149.64

ค่าจริงปี 2563		ค่าพยากรณ์ปี 2563			
เดือน	การว่างงาน(พันคน)	Expo	ARIMA	TSR	EW
มกราคม	405.51	411.16	445.91	198835.728	72068.982
กุมภาพันธ์	419.50	361.92	403.78	163038.288	89317.299
มีนาคม	391.77	388.42	444.53	197906.921	68799.541
เมษายน	215	392.33	424.72	180387.078	7093.5699
พฤษภาคม	332.06	418.46	461.5	212982.250	37084.489
มิถุนายน	395.69	394.11	416.65	173597.223	69865.0624
กรกฎาคม	830.95	422.91	448.68	201313.742	476072.4
สิงหาคม	723.90	402.78	423.46	179318.372	347675.33
กันยายน	693.00	404.75	398.97	159177.061	311457.007
ตุลาคม	810.19	393.52	432.56	187108.154	461063.634
พฤศจิกายน	783.76	422.69	425.7	181220.490	413273.245
ธันวาคม	589.66	399.54	358.28	128364.558	208373.99
MSE		61258.82	59419.64	168822154542.11	21351.7
MAPE		0.32	0.36	548.25	0.31

ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาในอดีต (วรจนา กิรติวิบูล, 2558) ที่พบว่าพยากรณ์รวมเป็นวิธีที่มีความถูกต้องในการพยากรณ์มากที่สุด ซึ่งค่าพยากรณ์จากวิธีการพยากรณ์รวมมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ เมื่อมีกำหนดค่าน้ำหนักที่เหมาะสม

4. สรุปผลการศึกษา

การสร้างตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การว่างงานในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา

รายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2563 จำนวน 72 ค่า ซึ่งคณะผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด โดยข้อมูลที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2558 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ โดยการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีการพยากรณ์เดี่ยว 3 วิธี ได้แก่ วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง และวิธีบอซ-เจนกินส์ วิธีการพยากรณ์รวมโดยหาตัวถ่วงน้ำหนักจาก 2 วิธี ได้แก่วิธีการให้น้ำหนักเท่ากัน และวิธีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยผกผัน ส่วนข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 จำนวน 12 เดือน ใช้สำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการเลือกตัวแบบที่เหมาะสม ซึ่งตัวแบบการพยากรณ์จากวิธีที่ให้ค่า MAPE และ MSE ต่ำสุดจะเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งผลการพยากรณ์สรุปได้ ดังนี้

ตัวแบบพยากรณ์สำหรับข้อมูลการว่างงานในประเทศไทย

$$\hat{Y}_t = 0.333Y_{1t} + 0.333Y_{2t} + 0.333Y_{3t}$$

เอกสารอ้างอิง

- [1] กัญญ์ลภัส มหิพันธ์. (2555). การพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานในประเทศไทย. จาก <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/NUST/10981784.pdf>
- [2] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2558). ภาพการว่างงานของประชากร. จาก <https://www.bot.or.th>
- [3] วรางคณา กิริติวิบูล. (2558). การพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานในประเทศไทยด้วย Box-Jenkins. จาก www.ubu.ac.th
- [4] สุพรรณิ อังปัญญาตวงศ์. (2551). การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยโปรแกรม spss. จาก home.kku.ac.th/somrutai/files/book_analysis_data_alphabetical_time_by_spss.pdf
- [5] Bond Snows. (2559). Exponential smoothing ด้วยโปรแกรม SPSS. จาก <https://www.youtube.com/watch?v=FmqtV60gclk>

การศึกษาการใช้อีซีจีเพื่อการระบุชีวมิติด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

The Study of ECG for Biometrics Identification

by Convolution Neural Network

ทิตยวัฒน์ คำวงษ์¹, เจษฎา ตัณฑนุช²

¹สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; santacuzz@gmail.com

²สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; jessada@g.sut.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเพื่อระบุชีวมิติจากข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจี ทั้งนี้ได้พัฒนาโปรแกรมภาษา Python เพื่อใช้ดำเนินการวิจัย โดยใช้ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจีจาก Physionet จำนวน 310 ข้อมูล เป็นข้อมูลของอาสาสมัคร 90 คน อายุระหว่าง 13 ถึง 75 ปี แบ่งเป็นเพศชาย 44 คน และเพศหญิง 46 คน เพื่อทดสอบการระบุชีวมิติ ผลการวิจัยพบว่า สามารถใช้ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจี เป็นข้อมูลชีวมิติสำหรับระบุตัวบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพจากการทำซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้อง คือ ร้อยละ 89.68 และค่าเฉลี่ยของค่าสูญเสียคือ 0.74

คำสำคัญ : โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน, การระบุชีวมิติ, อีซีจี

Abstract

This research aims to apply the convolution neural network (CNN) for biometrics identification from electrocardiograph ECG. Python code was developed for using in this research. The ECG data was 310 records from 90 persons, which was provided by Physionet. It was the data of 44 male and 46 female volunteers varied from 13 to 75 years old. The result showed that ECG can be use as biometrics identification effectively. For 10 trials, it provided the average of accuracy =89.68% and the average of loss = 0.74.

Keywords : Convolution neural network, Biometrics identification, ECG

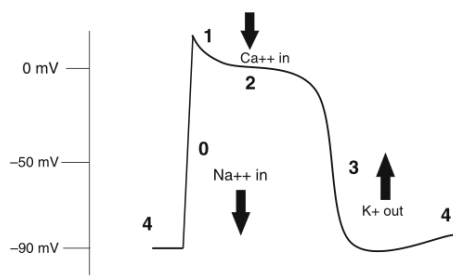
1. บทนำ

ชีวมิติ (biometrics) เป็นการใช้ข้อมูลทางชีวภาพ เช่น ลายนิ้วมือ ลายบนฝ่ามือ ลักษณะของใบหน้า รูปแบบเส้นเลือดบนจอประสาทตา ม่านตา เสียง หรือรูปแบบการเต้นของหัวใจ ร่วมกับการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อใช้ในการระบุตัวบุคคล [1] การระบุชีวมิติ (biometrics identification) เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยเห็นได้จากการเข้าอาคารในบางที่และการทำหนังสือเดินทางที่ใช้การกราดตรวจลายนิ้วมือ (fingerprint scanning) การเข้าใช้อุปกรณ์โทรศัพท์มือถือรุ่นใหม่ โดยพิจารณา

จากการกราดตรวจลายนิ้วมือหรือการกราดตรวจใบหน้า (facial scanning) หรือโทรศัพท์มือถือยี่ห้อ LG รุ่น G8 พิจารณาเส้นเลือดที่ปรากฏบนฝ่ามือด้วยลำแสงอินฟราเรด (vein scanning) นาฬิกาสมาร์ทวอตช์ Apple watch ใช้ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจี (electrocardiograph-ECG) รวมกับการใช้ภาพใบหน้าในการเข้าใช้เครื่องโทรศัพท์ iPhone ทั้งนี้เพื่อให้การระบุชีวมิติมีประสิทธิภาพ พบว่า มักมีการใช้ข้อมูลชีวมิติร่วมกับระบบการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) ซึ่งเป็นแขนงหนึ่งของงานทางด้าน

ปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) ในการจดจำ
อัตลักษณ์ของบุคคล [2]

การบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจซึ่งเป็นกระบวนการใน
การบันทึกกราฟของความต่างศักย์ไฟฟ้า (voltage) ณ
ช่วงเวลาที่น่าสนใจ โดยความต่างศักย์ไฟฟ้านั้นเกิดจาก
กิจกรรม การเคลื่อนไหวของหัวใจ ซึ่งได้ข้อมูลจาก
อิเล็กโทรดที่ปะอยู่บนผิวหนังโดยอิเล็กโทรดทำหน้าที่
ตรวจจับอิมพัลส์ทางไฟฟ้า (electrical impulse) ที่เกิดจาก
เซลล์ควบคุมจังหวะหัวใจ (cardiac pacemaker cell)
ทั้งนี้กลไกการเกิดอิมพัลส์ทางไฟฟ้าเกิดจากการไหล
เข้าออกไอออนของธาตุต่าง ๆ โดยไอออนหลักที่ทำให้
เกิดกลไกดังกล่าวคือ โซเดียม (Na) แคลเซียม (Ca) และ
โพแทสเซียม (K) [3] เนื่องด้วยกลไกดังกล่าวของแต่ละบุคคล
มีเอกลักษณ์เฉพาะ ทำให้มีนักวิจัยจำนวนหนึ่งได้พยายาม
พัฒนาให้สามารถใช้รูปแบบการเต้นของหัวใจเพื่อใช้
ในการพิสูจน์ตัวจริงจากชีวมิติ (biometric authentication)
[4]



ภาพที่ 1 แสดงกลไกการเกิดอิมพัลส์ทางไฟฟ้าของ
หัวใจจากการไหลเข้าออกไอออนของธาตุ Na, Ca และ K
[4]

โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (convolution
neural network-CNN) เป็นรูปแบบหนึ่งของโครงข่าย
ประสาทเทียมประกอบด้วยกระบวนการทำงานเลียนแบบ
การมองเห็นของมนุษย์ในมุมมองย่อย เช่น ขอบ สี รูปร่าง
หรือเสียงโดยเรียกมุมมองเหล่านั้นว่า ลักษณะ (feature)
ของวัตถุ แล้วนำกลุ่มของ feature ดังกล่าวมาผสานกัน
เพื่อประมวลผลว่าสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ผลนั้นหมายถึง

สิ่งใดโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันมีส่วนประกอบ
หลัก 3 ส่วนได้แก่

1. ชั้นสังวนนาการ (convolution layer) ซึ่งเป็น
ส่วนที่ใช้หา feature ของข้อมูลนำเข้า
2. ชั้นรวม (pooling layer) เป็นชั้นที่ปรับขนาด หรือ
ปริมาณข้อมูลให้ลดลง เพื่อเป็นการสรุป feature ที่สำคัญ
จากชั้นสังวนนาการ
3. ชั้นเชื่อมโยงอย่างเต็มที่ (Fully-connected
layer) เป็นชั้นที่นำผลลัพธ์ทั้งหมดจากชั้นสังวนนาการ
และชั้นรวมมาทำการเรียงเรียงและเชื่อมต่อกันใหม่
ทั้งหมดให้เป็น 1 มิติก่อนจะไปสู่ขั้นตอนการระบุ
(identification)

CNN ถูกนำมาใช้ในการรับรู้หน้า (facial recognition)
วิเคราะห์ลายมือ (handwriting analysis) วิเคราะห์
ภูมิอากาศหรือแม้แต่ใช้ในการออกแบบงานโฆษณา [5]

จากเหตุผลข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาการใช้
โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันมาระบุชีวมิติด้วย
คลื่นไฟฟ้าหัวใจซึ่งทั้งนี้ความรู้ในเรื่องดังกล่าวจะสามารถ
นำไปต่อยอดในการระบุชีวมิติให้มีประสิทธิภาพได้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อการศึกษาการใช้ไอซีจีเพื่อการระบุชีวมิติด้วย
โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลในการทำวิจัย

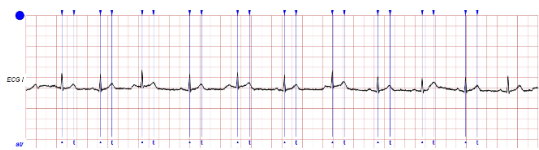
ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจไอซีจีในการทำวิจัยได้จาก
PhysioNet โดยสามารถเข้าถึงข้อมูลได้จาก

<https://physionet.org/static/published-projects/ecgiddb/ecg-id-database-1.0.0.zip>

ซึ่งเป็นข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจไอซีจีความยาว
20 วินาที บันทึกในรูปแบบดิจิทัลที่ความถี่ 500Hz ของ
ช่วงความต่างศักย์ $\pm 10\text{mV}$ ความละเอียดของระดับข้อมูล
12 bit (4096 ระดับ) แต่ละข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจมีข้อมูล
ประกอบการเต้นของคลื่นหัวใจ (annotated beats) ของ

แต่ละจังหวะการเต้นจำนวน 10 ข้อมูล (จาก R-wave และ T-wave)

ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจีในงานวิจัยนี้ มีจำนวน 310 ข้อมูล โดยเป็นข้อมูลของอาสาสมัคร 90 คน อายุระหว่าง 13 ถึง 75 ปี แบ่งเป็นเพศชาย 44 คน และเพศหญิง 46 คน โดยการบันทึกข้อมูลของแต่ละบุคคลอาจจะมีบางคนที่มีการบันทึกข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจี 2 ชุดข้อมูลภายใน 1 วัน ไปจนถึงบางคนที่มีการบันทึกข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจี 20 ชุดข้อมูลภายในระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจีที่มีข้อมูลประกอบการเต้นของคลื่นหัวใจจำนวน 10 ข้อมูล แสดงผลโดย <https://physionet.org/lightwave/?db=ecgiddb/1.0.0>

3.2 สมมติฐานงานวิจัย

สามารถประยุกต์ขั้นตอนวิธีโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเพื่อใช้อีซีจี เพื่อการระบุชนิดจากข้อมูลทดสอบได้ โดยมีค่าความถูกต้อง (accuracy) มากกว่าร้อยละ 85 และ ค่าสูญเสีย (loss) น้อยกว่า 1

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์หลักสำหรับใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นโปรแกรมภาษา Python รุ่น 2.7 ซึ่งจะใช้ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจีและการสร้างแบบจำลองเพื่อแยกแยะตัวบุคคล โดยใช้ไลบรารี wfdb package, keras, pandas และ numpy ช่วยในการดำเนินการวิจัยโดย CNN ที่ใช้เป็นรูปแบบที่ถูกกำหนดโดยไลบรารีkeras

การทำวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ MacBook CPU รุ่น i5 1.4 GHz Quad-core หน่วยความจำ 8 GB ระบบปฏิบัติการ MacOS 64 bit

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ส่วนที่ 1 การเตรียมข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจี

เพื่อนำเข้าสู่ระบบโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

1. พัฒนาโปรแกรมสำหรับอ่านข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจี และทำการกรองสัญญาณรบกวน
2. พัฒนาโปรแกรมในส่วนการทำสังวัตนาส่วนการทำขึ้นรวมและส่วนการทำขึ้นเชื่อมโยงอย่างเต็มที่เพื่อสกัด feature ลดขนาดของ feature และจัดเรียงเชื่อมต่อ feature ที่ได้

ส่วนที่ 2 การทดสอบการระบุชนิดด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง

ในส่วนนี้จะพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำข้อมูลโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันไปใช้ในการระบุชนิด

1. พัฒนาโปรแกรมในส่วนการนำข้อมูลที่ได้นำไปสู่การสร้างชุดฝึกการเรียนรู้ (training set) ของเครื่อง
2. พัฒนาโปรแกรมเพื่อทดสอบการระบุชนิดด้วยด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

ส่วนที่ 1 การเตรียมข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจีเพื่อใช้ในการเรียนรู้ของเครื่อง

1. โปรแกรมสำหรับอ่านข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจีและทำการกรองสัญญาณรบกวน

```
#.dat to .csv converter
class csvGenerator:
    def __init__(self):
        self.dir = os.path.join(os.getcwd(),
                                '/content/drive/MyDrive/Master Degree/Project/ecg-id-database-1.0.0')
        self.database = 'ecgiddb'

    def constructor(self, folder, filename):
        signals, fields = wfdb.rdsamp(filename, sampfrom=0,
                                       pn_dir=os.path.join(self.database, folder))
        df = pd.DataFrame(signals)
        df.to_csv(os.path.join(self.dir, folder, filename + ".csv"), index=False)

    #crawls into every folder and sends .dat file to constructor
    def tocsv(self):
        for folders in os.listdir(self.dir):
            if (folders.startswith('Person_')):
                for inpersonsdirend in os.listdir(os.path.join(self.dir, folders)):
                    if (inpersonsdirend.endswith('.dat')):
                        basename = inpersonsdirend.split(".",1)[0]
                        self.constructor(folders, basename)
```

ภาพที่ 3 โปรแกรมสำหรับอ่านข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจีและโปรแกรมสำหรับทำการกรองสัญญาณรบกวน

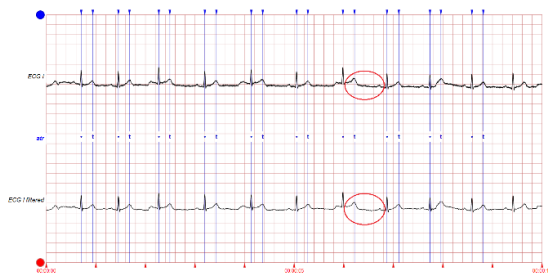
```
#generates features and labels
class ProcessData:
    def __init__(self):
        self.dir = os.path.join(os.getcwd(),
                                '/content/drive/MyDrive/Master Degree/Project/ecg-id-database-1.0.0')
        self.persons_labels = [] #who the person is
        self.age_labels = [] #age of thatperson
        self.gender_labels = [] #is that person male or female
        self.date_labels = [] #month.day.year of ecg record
        self.ecg_signal = pd.DataFrame() #filtered ecg dataset
        self.ecg_signal = pd.DataFrame() #unfiltered ecg dataset

    #extracts labels and features from rec_1.hea of each person
    def extract_labels(self, filepath):
        for folders in os.listdir(filepath):
            if (folders.startswith('Person_')):
                self.persons_labels.append(folders)
                for inpersondir in os.listdir(os.path.join(filepath, folders)):
                    if (inpersondir.startswith('rec_1.') and inpersondir.endswith('.hea')):
                        with open(os.path.join(filepath, folders, inpersondir)) as f:
                            array2d = [[str(token) for token in line.split()] for line in f]
                            self.age_labels.append(array2d[4][2])
                            self.gender_labels.append(array2d[5][2])
                            self.date_labels.append(array2d[6][3])
                        f.close()
```

ตารางที่ 1 แสดงโครงสร้างของแบบจำลองการเรียนรู้
ส่วนการทำสำเนาส่วนการทำซ้ำรวมและส่วนการทำ
ซ้ำเชื่อมโยงอย่างเต็มที่

ชนิดของชั้น	ค่าส่งออก ในแต่ละชั้น	จำนวนตัวแปรเสริม ในแต่ละชั้น
convolution	(1,9995,32)	192
Max pooling	(1,3331,32)	0
convolution	(1, 3327,64)	10304
Max pooling	(1,1109, 64)	0
flatten	70976	0
dense 1	128	9085056
dense 2	90	11610

ภาพที่ 3 โปรแกรมสำหรับอ่านข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจซีจี
และโปรแกรมสำหรับการกรองสัญญาณรบกวน (ต่อ)



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจซีจีที่มีสัญญาณ
รบกวนและที่ได้รับการกรองสัญญาณรบกวน

2. โปรแกรมในส่วนการสร้างระบบโครงข่ายประสาท
แบบคอนโวลูชันโดยการทำสำเนาการทำซ้ำรวมและ
การทำซ้ำเชื่อมโยงอย่างเต็มที่

```
#model architecture
model = Sequential()
model.add(Convolution2D(32, 1, 5, activation='tanh',
                        input_shape=(1,9999,1),
                        kernel_regularizer=regularizers.l2(0.001)))
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(1,3)))

model.add(Convolution2D(64, 1, 5, activation='tanh',
                        kernel_regularizer=regularizers.l2(0.001)))
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(1,3)))

model.add(Flatten())
model.add(Dense(128, activation='tanh'))
model.add(Dense(90, activation='softmax'))

# compile model
model.compile(loss='categorical_crossentropy',
              optimizer='adam',
              metrics=['accuracy'])
```

ภาพที่ 5 โปรแกรมในส่วนการทำสำเนาการทำซ้ำรวมและส่วนการทำซ้ำเชื่อมโยงอย่างเต็มที่

ส่วนที่ 2 การทดสอบการระบุชีวมิติด้วยการเรียนรู้
ของเครื่อง

1. โปรแกรมในส่วนการนำข้อมูลที่ได้ไปสู่การสร้าง
ชุดฝึกการเรียนรู้ของเครื่อง

```
# compile model
model.compile(loss='categorical_crossentropy',
              optimizer='rmsprop',
              metrics=['accuracy'])

# fit model on training data
tensorboard = TensorBoard(log_dir="logs_personid/{}".format(time()))
earlystopping = EarlyStopping(monitor='val_loss', patience=10)
history = model.fit(X_train, Y_train,
                    batch_size=10, validation_data=(X_test, Y_test), nb_epoch=100, verbose=1,
                    callbacks = [earlystopping, tensorboard])
```

ภาพที่ 6 โปรแกรมในส่วนการนำข้อมูลที่ได้ไปสู่การสร้าง
ชุดฝึกการเรียนรู้ของเครื่อง

2. โปรแกรมเพื่อทดสอบการระบุชีวมิติด้วย
โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

```
# evaluate model on test data
print "Evaluating model"
score = model.evaluate(X_test, Y_test, verbose=1)
print('Test loss:', score[0])
print('Test accuracy:', score[1])

# save model to dir
model.save_weights(os.path.join('saved_models', 'rsampled_h5'))

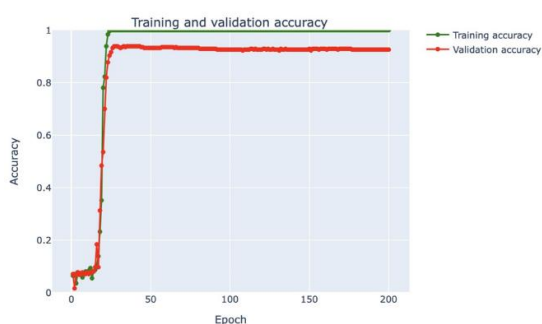
# plot performance graph
plot_fn = data.plotHelper()
plot_fn.plot_keys(history)

# confusion matrix
y_pred = model.predict_classes(X_test)
print(y_pred)
```

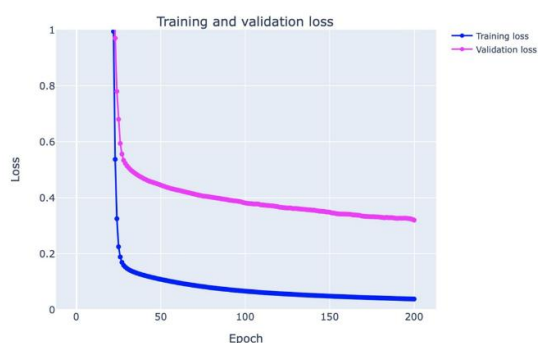
ภาพที่ 7 โปรแกรมในส่วนการทดสอบการระบุชีวมิติด้วย
ด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

เมื่อดำเนินการระบุชีวิตด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน จะระบุค่าตัวแปรเสริม (parameter) เป็นดังนี้ ให้คอร์เนลเป็นแบบ regularization L2 เพื่อช่วยในการลด overfitting กำหนด batch size = 30 และ epoch = 200 เพื่อให้ข้อมูลจำนวน 310 ข้อมูล ถูกใช้ในการเรียนรู้ครั้งละ 30 ชุดข้อมูลจนครบ 310 ข้อมูลและทำซ้ำ 200 ครั้ง สำหรับ Activation คือ tanh เพื่อให้ใช้ฟังก์ชัน $\tanh x$ ในการแบ่งแยกผลของชุดข้อมูลการเรียนรู้ และ Optimizer คือ adaptive moment estimation หมายถึง การเปลี่ยนแปลงค่า weight และ bias ที่เชื่อมโยงกับเครือข่ายโครงข่ายประสาทเพื่อปรับ learning rate สำหรับตัวแปรเสริมในแต่ละครั้งที่มีกระบวนการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาการลดลงของเกรเดียนท์ (gradient) ในแต่ละขั้นตอนที่ผ่านมา

ผลการดำเนินการเป็นดังนี้



ภาพที่ 8 กราฟสรุปความแม่นยำของในแต่ละลำดับขั้นการเรียนรู้



ภาพที่ 9 กราฟสรุปความสูญเสีย (loss) ของในแต่ละลำดับขั้นการเรียนรู้

ตารางที่ 2 แสดงค่าความถูกต้องและค่าสูญเสียของการระบุชีวิตด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

	ค่าความถูกต้อง (ร้อยละ)	ค่าสูญเสีย
ครั้งที่ 1	96.13	0.23
ครั้งที่ 2	94.19	0.32
ครั้งที่ 3	81.94	0.82
ครั้งที่ 4	95.48	0.20
ครั้งที่ 5	80.32	1.18
ครั้งที่ 6	96.13	0.19
ครั้งที่ 7	72.26	2.69
ครั้งที่ 8	99.68	0.06
ครั้งที่ 9	97.74	0.08
ครั้งที่ 10	86.13	0.94
ครั้งที่ 11	89.67	0.66
เฉลี่ย	89.68	0.74

จากตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้องคือ ร้อยละ 89.68 และค่าเฉลี่ยของค่าสูญเสียคือ 0.74 แสดงให้เห็นได้ว่าการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Python เพื่อใช้เป็นขั้นตอนวิธีดำเนินการระบุชีวิตด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันจากข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีซีจีสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีความความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 85 และค่าสูญเสียน้อยกว่า 1 ตามที่ต้องการ

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้อีซีจีเพื่อการระบุชีวิตเพื่อใช้ในการระบุตัวบุคคล ในอนาคต อาจจะประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีดังกล่าวเพื่อขยายไปสู่การระบุรอยโรค เช่น โรคหัวใจจากข้อมูลอีซีจี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยได้รับทุนพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) และได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีวกลศาสตร์ทาง

การแพทย์ (Center of Excellence in Biomechanics Medicine) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี คณะผู้วิจัย
ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการ
วิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Pato, J. N. and Millett, L. I. (2010). *Biometric Recognition: Challenges and Opportunities*. The National Academies Press, Washington, D.C.
- [2] Damousis, Y & Argyropoulos, S. (2012). Four Machine Learning Algorithms for Biometrics Fusion: A Comparative Study. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*.10.1155/2012/242401.
- [3] Romanò, M. (2015). *Text Atlas of Practical Electrocardiography: A Basic Guide to ECG Interpretation*. Springer-Verlag Italia.
- [4] Matchar, E. (2017). *Using Your Heartbeat as a Password*. *Smithsonian Magazine*. <https://www.smithsonianmag.com/innovation/using-your-heartbeat-password-180961952/>
- [5] Venkatesan, R. & Li, B. (2018). *Convolutional Neural Networks in Visual Computing: A Concise Guide*. CRC Press.

การประยุกต์ของขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเพื่อจำแนกเสียงหัวใจ ที่มีเสียงหายใจรบกวน

Application of The Support Vector Machine Algorithm to Heart Sound with Breathing Sound Noise Classification

วราภรณ์ ศรีทรัพย์¹, เจษฎา ตันธนุช², ภาณุ ยิ้มเมือง³

¹สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; warapronnew@gmail.com

²สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; jessada@g.sut.ac.th

³สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; panu.y@sut.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนจำแนกเสียงหัวใจปกติ เสียงหัวใจผิดปกติแบบมีเสียงฟู่ของหัวใจ และแบบมีเสียงคลิกโดยมีเสียงหายใจรบกวนความดังต่าง ๆ ทั้งนี้ใช้ข้อมูลเสียงหัวใจจาก Heart Sound & Murmur Library, University of Michigan และเสียงหายใจจาก Respiratory Auscultation <https://www.mediscuss.org/> ผลการวิจัยพบว่า ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสามารถจำแนกเสียงหัวใจได้ โดยมีความถูกต้องร้อยละ 90.48 ± 5.50 ความแม่นยำร้อยละ 90.91 ± 5.40 และค่าเรียกคืนร้อยละ 90.41 ± 5.56

คำสำคัญ : ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน, เสียงหัวใจผิดปกติ, เสียงหายใจ

Abstract

This research aims to apply the support vector machine algorithm to classify normal heart sound and abnormal heart sound (heart murmurs and clicks) with the interference of breathing sound noise. Here, the data of heart sounds and vesicular breath sounds was provided by Heart Sound & Murmur Library, University of Michigan and the Respiratory Auscultation and <https://www.mediscuss.org/>, respectively. It was found that the support vector machine could classify with accuracy = $90.48 \pm 5.50\%$, precision = $90.91 \pm 5.40\%$, and recall = $90.41 \pm 5.56\%$.

Keywords: support vector machine, Abnormal heart sound, Breathing sound

1. บทนำ

โรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular disease - CVDs) เป็นหนึ่งในกลุ่มโรคไม่ติดต่อหลักสำคัญที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของประเทศไทย [1] ในปี พ.ศ. 2560 องค์การอนามัยโลก (World Health Organization - WHO) กล่าวว่าโรคดังกล่าวเป็นสาเหตุอันดับหนึ่งที่ทำให้ผู้คนในโลกเสียชีวิต [2]

สำหรับการวินิจฉัยโรคหัวใจและหลอดเลือดสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องฟังตรวจทางการแพทย์ (stethoscope)

การฉายรังสีเอ็กซเรย์ทรวงอก (chest X-ray) การทดสอบกายบริหาร (exercise test) การบันทึกภาพหัวใจด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (echocardiogram by ultrasound) การวิเคราะห์ภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ อีซีจี, อีเคจี (electrocardiogram, ECG, EKG) และการถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ของหัวใจ (Cardiac Computed Tomography Imaging) [3] แต่โดยทั่วไปการวินิจฉัยโรคหัวใจและหลอดเลือดเบื้องต้นมักจะเริ่มจากเครื่องฟังตรวจทางการแพทย์ เพราะง่าย สะดวกต่อการใช้งานทั้งสำหรับ

แพทย์และผู้เข้ารับการวินิจฉัย เป็นการวินิจฉัยที่ไม่รุกราน (noninvasive diagnosis) และมีค่าใช้จ่ายต่ำ

เครื่องฟังตรวจทางกายภาพถูกคิดค้นครั้งแรกเพื่อใช้ในการฟังตรวจจากทรวงอกตามรากศัพท์ของกรีก stethos ที่แปลว่าทรวงอกและ scopos ที่แปลว่า การตรวจสอบ ซึ่งโดยโครงสร้างลักษณะของหูฟังที่ถูกออกแบบมานอกจากที่จะใช้ในการฟังเสียงจากอกหรือเสียงจากหัวใจแล้วยังสามารถใช้ฟังเสียงลำไส้ (bowel) หรือเสียงการไหลของเลือดผ่านหลอดเลือดดำหรือหลอดเลือดแดงได้อีกด้วย [4] หลายทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการปรับปรุงศักยภาพของเครื่องฟังตรวจทางกายภาพให้ดีขึ้น เช่น มีการพัฒนาในเครื่องฟังตรวจทางกายภาพสามารถแปลงสัญญาณเสียงที่ได้เป็นสัญญาณแสงอินฟราเรดเพื่อส่งข้อมูลเสียงหัวใจและเสียงฟู่ของหัวใจ (murmur) แบบไร้สายเพื่อให้สามารถฟังได้หลายคนพร้อมกันตั้งแต่ปี 1978 [5] และมีการพัฒนาต่อมาเพื่อให้เครื่องฟังตรวจทางกายภาพสามารถบันทึกสัญญาณเสียงหัวใจ เสียงฟู่ของหัวใจ และเสียงหัวใจแบบมีเสียงคลิกเป็นแบบข้อมูลแบบดิจิทัลได้ และจากข้อมูลเสียงในระบบดิจิทัลดังกล่าว เมื่อนำมาศึกษาวิจัยด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) ก็จะสามารถใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์วินิจฉัยภาวะหัวใจผิดปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (support vector machine algorithm) ในบางครั้งก็อาจถูกเรียกว่า วิธีฐานเคอร์เนล (kernel-based method) เป็นขั้นตอนวิธีที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจำแนกประเภท (classification) ของข้อมูลที่ต้องการโดยการหาฟังก์ชันการตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุด (optimal decision function) ที่ทำหน้าที่จำแนกประเภทของข้อมูลไม่ให้ซ้อนทับกัน และระยะห่างระหว่างข้อมูลที่ถูกจำแนกดังกล่าวดังกล่าวมีค่ามากที่สุด ในบางครั้งการดำเนินการดังกล่าวกระทำได้ค่อนข้างยาก จึงมีการส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังปริภูมิที่มีมิติที่สูงขึ้น โดยเรียกปริภูมิดังกล่าวว่าปริภูมิลักษณะ (feature space) และเรียกฟังก์ชันการตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุดนั้นว่าฟังก์ชันระนาบเกินเหมาะสมที่สุด (optimal hyper plane) ในการสร้าง

ฟังก์ชันระนาบเกินเหมาะสมที่สุดดังกล่าวอาจมีความยุ่งยากหลาย ๆ ครั้ง อาจมีการสร้างการส่ง (mapping) เพื่อปรับรูปร่าง (shape) ให้สามารถหาฟังก์ชันระนาบเกินได้ง่ายขึ้น หนึ่งในเทคนิคดังกล่าวคือ การส่งแบบเอมพิริคัลเคอร์เนล (empirical kernel map) จะทำการส่งปริภูมิลักษณะที่สนใจไปสู่ปริภูมิลักษณะใหม่ที่มีสมบัติเป็นเชิงเส้น (linear) โดยเคอร์เนลที่มักเป็นที่นิยมใช้ ได้แก่ พหุนาม (polynomial) เกาส์เซียน (Gaussian) ซิกมอยด์ (sigmoid) และฟังก์ชันเรเดียลเบสิส (Radial basis function-RBF) [6]

ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนถือว่าเป็นการจำแนกที่ไม่อิงตัวแปรเสริม (nonparametric classifier) ที่เป็นที่นิยมมากที่สุดขั้นตอนวิธีหนึ่งที่นำมาใช้ในงานทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence-AI) [7-10]

จากข้อมูลข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมาเป็นส่วนตัดสินใจหลักในการจำแนกเสียงหัวใจที่มีสัญญาณรบกวนจากเสียงหายใจว่าเสียงหัวใจดังกล่าวเป็นเสียงหัวใจปกติ เป็นเสียงหัวใจผิดปกติแบบมีเสียงฟู่ หรือเป็นเสียงหัวใจผิดปกติแบบมีเสียงคลิก

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนจำแนกเสียงหัวใจปกติ เสียงหัวใจผิดปกติแบบมีเสียงฟู่ของหัวใจและแบบมีเสียงคลิกโดยมีเสียงหายใจรบกวนความดังต่าง ๆ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลในการทำวิจัย

1. ข้อมูลเสียงหัวใจจำนวน 23 ไฟล์ เป็นข้อมูลประเภท MP3 ค่า Bit rate 128kbps ประกอบไปด้วยเสียงหัวใจปกติ เสียงหัวใจผิดปกติในส่วน apex, aortic และ pulmonary valve โดยมีเสียงเสียงฟู่ และเสียงคลิกจาก Heart Sound & Murmur Library, University of Michigan

<https://open.umich.edu/find/open-educational-resources/medical/heart-sound-murmur-library>

2. เสียงหายใจปกติ Vesicular Breath Sound ซึ่งเป็นข้อมูลประเภท MP3 ค่า Bit rate 192kbps จาก <https://www.mediscuss.org/respiratory-auscultation>

สมมติฐานงานวิจัย

สามารถใช้ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ในการจำแนกกระหว่างเสียงหัวใจปกติและเสียงหัวใจผิดปกติโดยมีเสียงหายใจรบกวนความดังต่าง ๆ ได้โดยมีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 85 ความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 85 และค่าเรียกคืนมากกว่าร้อยละ 85

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Audacity 2.4.2

โปรแกรมนี้ทำหน้าที่รวมเสียงของหัวใจแบบต่าง ๆ เข้ากับสัญญาณรบกวนที่ความดังแตกต่างกัน เพื่อสร้างเป็นไฟล์เสียงใหม่ เพื่อใช้ในการเรียนรู้ของเครื่อง

2. โปรแกรม RapidMiner Studio รุ่น 9.6

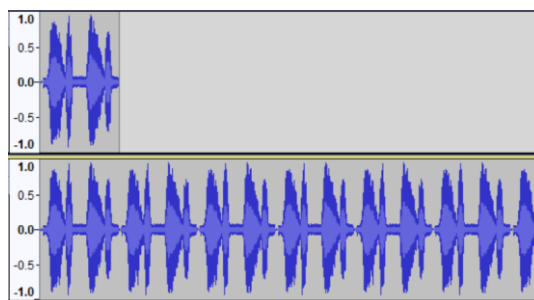
โปรแกรมนี้ทำหน้าที่สร้างระบบเรียนรู้ เพื่อใช้ในการจำแนกเสียงหัวใจ

การทำวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ CPU รุ่น I7 6700HQ หน่วยความจำ 4 GB ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 10 64 bit

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

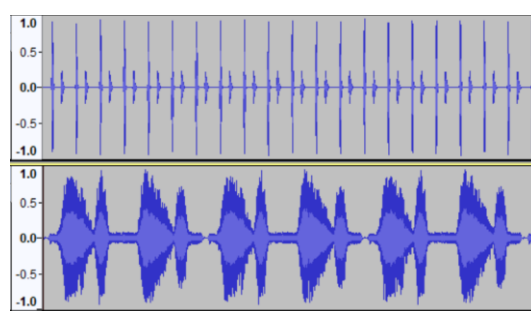
ส่วนที่ 1 สร้างไฟล์เสียงเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของเครื่อง

1. ปรับปรุงไฟล์เสียงหายใจให้มีความยาวใกล้เคียงกับไฟล์เสียงหัวใจ



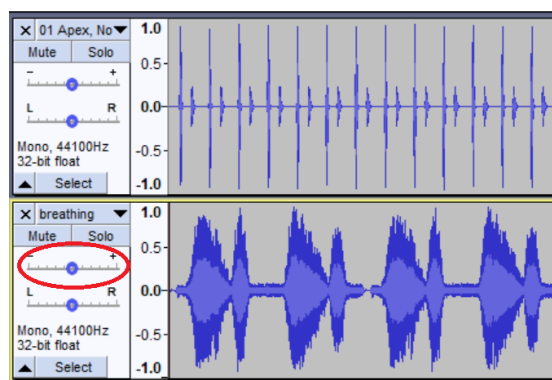
ภาพที่ 1 แสดงการเพิ่มความยาวเสียงหายใจให้มากขึ้น

2. นำไฟล์เสียงหัวใจมาเตรียมการซ้อนทับกับไฟล์เสียงหายใจ



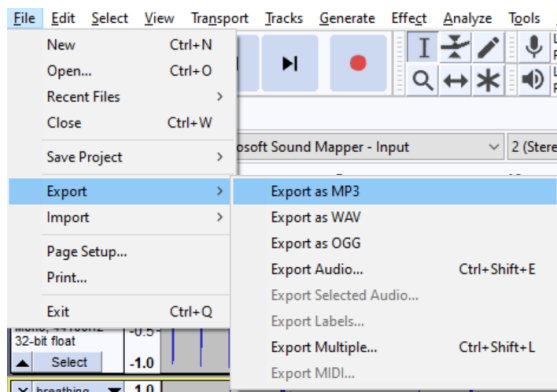
ภาพที่ 2 แสดงการเตรียมการซ้อนทับกับไฟล์เสียงหัวใจกับไฟล์เสียงหายใจ

3. ปรับระดับความดังของไฟล์เสียงหายใจ โดยในงานวิจัยนี้จะปรับตั้งระดับความดังที่ 0.0dB (ความดังเท่ากับข้อมูลดั้งเดิม), -5.0dB, -15.0dB, -25.0dB และ -35.0dB



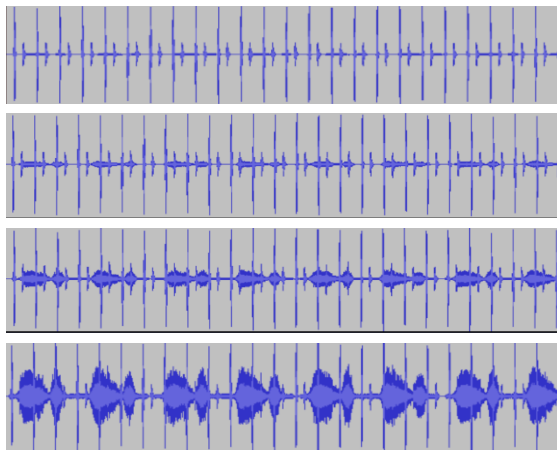
ภาพที่ 3 แสดงการปรับระดับความดังของเสียงหายใจ

4. ทำการส่งออก (Export) ไฟล์เสียงเพื่อนำไปใช้ต่อไป



ภาพที่ 4 แสดงการ Export ไฟล์เสียง

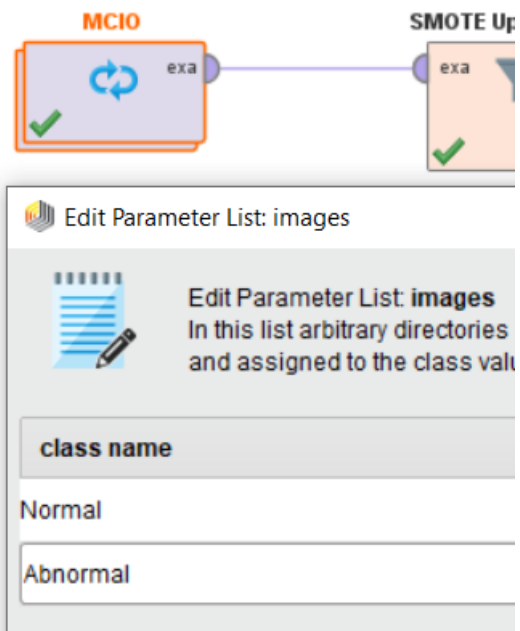
5. ทำการบันทึกรูปแบบเสียงหัวใจที่มีเสียงหายใจ
รบกวนเป็นรูปภาพขนาด 1600x170 pixels ในรูปแบบ
jpg เพื่อใช้ในการเรียนรู้ของเครื่องต่อไป



ภาพที่ 5 แสดงภาพเสียงหัวใจที่มีเสียงหายใจรบกวน
ที่ความดังแตกต่างกัน

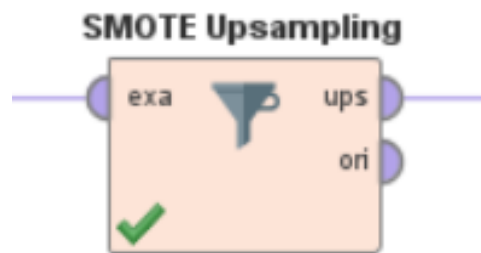
ส่วนที่ 2 การใช้โปรแกรม RapidMiner Studio
เพื่อใช้ในการเรียนรู้ของเครื่องด้วยขั้นตอนวิธีซัพพอร์ต
เวกเตอร์แมชชีนในการจำแนกเสียง

1. เตรียมข้อมูลภาพเสียงหัวใจทั้งแบบมีและไม่มี
สัญญาณรบกวน



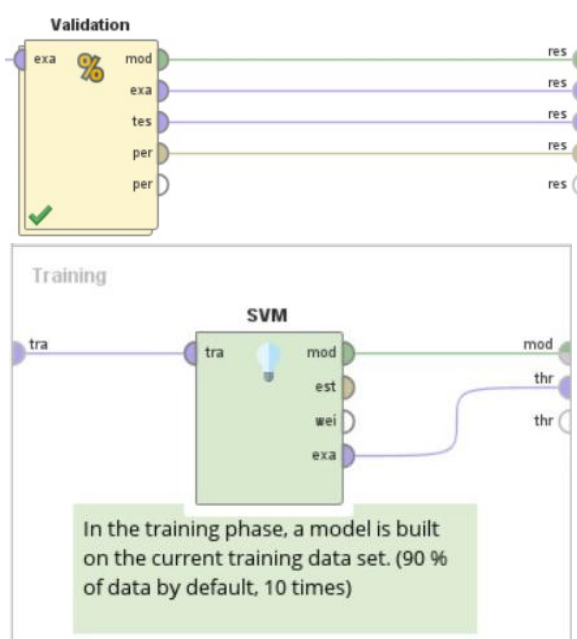
ภาพที่ 6 แสดงการใช้โปรแกรม RapidMiner Studio
รับข้อมูลภาพเสียงหัวใจ

2. เนื่องจากจำนวนของข้อมูลในแต่ละประเภท
มีจำนวนแตกต่างกัน จึงต้องใช้การดำเนินการ SMOTE
Upsampling ในการสร้างความสมดุลให้กับข้อมูล



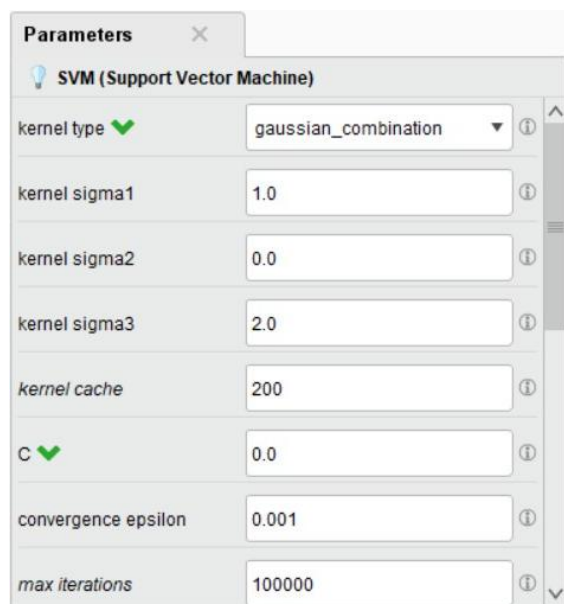
ภาพที่ 7 แสดงการใช้โปรแกรม RapidMiner Studio
สร้างสมดุลของข้อมูล

3. จำแนกข้อมูลด้วยขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์
แมชชีนและสร้างระบบฝึก (training set) สำหรับการเรียนรู้
ของเครื่อง



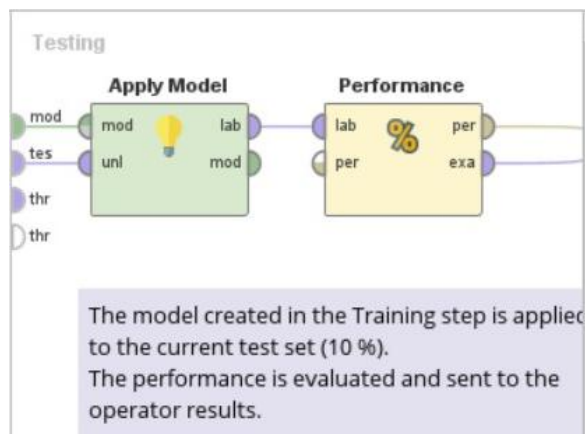
ภาพที่ 8 แสดงการใช้โปรแกรม RapidMiner Studio จำแนกข้อมูลด้วยขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

4. เลือกใช้เคอร์เนล (kernel) และปรับตัวแปรเสริม (parameter) เพื่อให้การจำแนกมีประสิทธิภาพสูงที่สุด



ภาพที่ 9 แสดงการปรับตัวแปรเสริมสำหรับขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

5. ทดสอบระบบการเรียนรู้ของเครื่องด้วยชุดทดสอบ (test set) และวัดประสิทธิภาพของระบบจำแนกเสียง



ภาพที่ 10 แสดงการทดสอบระบบการเรียนรู้ของเครื่องและวัดประสิทธิภาพของระบบจำแนกเสียง

6. วิเคราะห์ผลการจำแนกเสียงของระบบที่ได้

Row No.	label	prediction(la...	confidence(Abnormal)	confidence(Normal)
1	Abnormal	Normal		
2	Normal	Abnormal		

ภาพที่ 11 แสดงตัวอย่างตารางข้อมูลผลการจำแนกเสียงเพื่อใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบจำแนกเสียง

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

พบว่า การดำเนินการจำแนกเสียงหัวใจด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนที่ใช้เคอร์เนล Radial Basis Function โดยมีตัวแปรเสริมคือ kernel gamma = 1.0, kernel cache = 200, C = 0.0, convergence epsilon = 0.001, max iteration = 100,000, L pos = 1.0, L neg = 1.0, epsilon = 0, epsilon plus = 0, epsilon minus = 0 ให้ผลการดำเนินการดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงคอนฟิวชันเมทริกซ์ (confusion matrix)

		actual		class
		Normal	abnormal	precision
predict	normal	93	8	92.08%
	abnormal	12	97	89.99%
	class recall	88.57%	92.38%	

และผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม Rapid Miner Studio แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้อง (accuracy) ร้อยละ 90.48±5.50 ค่าเฉลี่ยของความแม่นยำ (precision) ร้อยละ 90.91±5.40 และค่าเฉลี่ยของค่าเรียกคืน (recall) ร้อยละ 90.41±5.56

เห็นได้ว่าการใช้ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน สามารถจำแนกเสียงหัวใจปกติและเสียงหัวใจผิดปกติได้ โดยมีความความถูกต้อง ความแม่นยำค่าเรียกคืนมากกว่า ร้อยละ 90

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

เนื่องด้วยงานวิจัยนี้ต้องการใช้โปรแกรม RapidMiner สำหรับการดำเนินการจำแนกเสียง แต่ด้วยข้อจำกัดของ extension ในการดำเนินการเรื่องเสียงทำให้จำเป็นต้องใช้รูปภาพของคลื่นเสียงมาวิเคราะห์แทน ในอนาคตควรหาวิธีที่ใช้การวิเคราะห์จากไฟล์เสียงโดยตรง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยได้รับทุนเรียนผลการเรียนดี ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและได้รับการสนับสนุนจาก ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีวกลศาสตร์ทางการแพทย์ (Center of Excellence in Biomechanics Medicine) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ GNU AFFERO GENERAL PUBLIC LINCESE สำหรับ Image Mining Extension for RapidMiner และคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กลุ่มยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค. (2560). *แผนยุทธศาสตร์การป้องกันและควบคุมโรคไม่ติดต่อระดับชาติ 5 ปี (พ.ศ. 2560 - 2564)*. กรุงเทพฯ: บริษัท อีโมชั่น อาร์ต จำกัด.

- [2] World Health Organization. (2017). *Cardiovascular disease (CVDs)*. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)).
- [3] Gillum, R. F. (1988). Diagnostic technology in cardiovascular disease: review of noninvasive methods for population studies. *Bulletin of the World Health Organization*, 66(2), 249-258.
- [4] American Diagnostic Corporation. (N.D.) *History of the Stethoscope*. <https://www.adctoday.com/learning-center/about-stethoscopes/history-stethoscope>
- [5] DeLeon, A. C., Harvey W. P., Canfield, D & Johnson, E. (1978). Group Teaching of Auscultation: Use of New Wireless Stethoscope-Type Headphone. *The American journal of cardiology*. Vol 41. February 1978.
- [6] Schölkopf, B. & Smola, A. J. (2002) *Learning with Kernels*. London: The MIT Press.
- [7] Abe, S. (2010). *Support Vector Machine for Pattern Classification*. (2nd ed.). London: Springer-Verlag.
- [8] Wang, Y., Sun, B., Yang, X. & Meng, Q. (2017). Research on heart sound recognition based on support vector machine. *Chinese Automation Congress (CAC)*. 62-65.
- [9] Azmy, M. M. & Mohamady, R. (2017). Heart sounds recognition using multifractal detrended fluctuation analysis and support vector machine. *IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT)*. 1-4.
- [10] Li, J. & Ke, L. & Du, Q. (2019). Classification of Heart Sounds Based on the Wavelet Fractal and Twin Support Vector Machine. *Entropy*, 21, 472-486.