

การพัฒนาระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณ สำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง

Development of Decision-Making for Selection Splitter Distribution Points for the Optical Fiber Networks

ราชส จิรวัดน์สถิต¹ นัฐพงศ์ ส่องเนียม^{2*} ดุสนี สุภาวรรณกุล³ และ วรภัทร ไพรีเกรง³

Ratoes Jirawatsatid¹, Nattapong Songneam^{2*}, Dusanee Supawantanakul³ and Worapat Paireekreng³

Received: 22 May 2020, Revised: 5 November 2020, Accepted: 4 March 2021

บทคัดย่อ

การคัดเลือกจุดกระจายสัญญาณที่เหมาะสมในการติดตั้งอินเทอร์เน็ตสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง (FTTx) เป็นขั้นตอนที่สำคัญซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของการบริการอินเทอร์เน็ต การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) พัฒนาระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง 2) เปรียบเทียบวิธีการจำแนกประเภทของข้อมูล 3) ประเมินความพึงพอใจของระบบ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน โดยใช้วิธีคัดเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ โปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง โดยใช้วิธีเคเนียร์สเนเบอร์ (K-Nearest Neighbors: K-NN) สำหรับแบ่งกลุ่มข้อมูล โดยข้อมูลที่น่าสนใจใช้วิเคราะห์ประกอบไปด้วย ค่าลอส แบนด์วิดท์ แพ็กเกจ ระยะทาง และคลาส สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง ทำให้ได้เครื่องมือที่ช่วยในการเลือกจุดกระจายสัญญาณในหน่วยงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้เทคนิคเคเนียร์สเนเบอร์สำหรับเป็นตัวแทน

¹ สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร อนุสาวรีย์ บางเขน กรุงเทพฯ 10220

¹ Department of Technology Management, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University, Anusawari, Bangkok, Bangkok 10220, Thailand.

² สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร อนุสาวรีย์ บางเขน กรุงเทพฯ 10220

² Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Anusawari, Bangkok, Bangkok 10220, Thailand.

³ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ทุ่งสองห้อง หลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

³ Department of Information Technology, College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University, Thung Song Hong, Laksi, Bangkok 10210, Thailand

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): xnattapong@hotmail.com Tel: 09 9087 4433

การตัดสินใจเลือกจุดกระจายสัญญาณ จากการเปรียบเทียบวิธีการจำแนกประเภทของข้อมูลทั้ง 3 วิธี ได้แก่ เคเนียร์เซนเบอร์, นิวรอลเน็ตเวิร์ก และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ผลการทำลองพบว่า วิธีเคเนียร์เซนเบอร์ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุดที่ 97.88% ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่อข้อมูลนำเข้าอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.65$, S.D. = 0.45) 2) ความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่อกระบวนการทำงานของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.68$, S.D. = 0.51) และ 3) ความพึงพอใจของผู้บริหารต่อผลลัพธ์อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.77$, S.D. = 0.42)

คำสำคัญ: โครงข่ายใยแก้วนำแสง, จุดกระจายสัญญาณ, เคเนียร์เซนเบอร์, นิวรอลเน็ตเวิร์ก, ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

ABSTRACT

The appropriate selection of the distribution point on the internet for the fiber-optic network (FTTx) is an important step that affects the efficiency of Internet service. The purposes of this research were to (1) develop a decision-making system for selecting the Splitter Distribution Points for fiber optic networks, (2) compare data classification methods, and (3) analyze the satisfaction evaluation results of system. The sample group consisted of 100 people, using a specific sample selection method. The research methods were web-based applications for deciding on the selection of the Splitter Distribution Points for fiber-optic networks through K-Nearest Neighbors: K-NN. The feature used consisted of Loss Bandwidth Package Dist and Class. The statistics applied in the study were means and standard deviations. The results of the research were as follows: the development of a decentralized decision-making system for fiber-optic networks made it an effective tool for selecting Splitter Distribution Points in the department. The research used K-Nearest Neighbors (K-NN) technique for decision-making in selecting Splitter Distribution Points model from three comparing methods of data segmentation, which were K-Nearest Neighbors (K-NN), Neural Network, and Support Vector Machine. The result of the experiment showed that K-Nearest Neighbors (K-NN) had the highest accuracy at 97.88%. The results of the system user satisfaction evaluation were divided into 3 areas: the operators' satisfaction toward imported data was found at the highest level ($\bar{x} = 4.65$, S.D. = 0.45); the workers' satisfaction toward the work processes of the system was perceived at the highest level ($\bar{x} = 4.68$, S.D. = 0.51); and the satisfaction of the executives toward the results was observed at the highest level ($\bar{x} = 4.77$, S.D. = 0.42).

Keywords: fiber optic network, splitter distribution points, k-nearest neighbors, neural network, support vector machine

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ตมีความเจริญก้าวหน้าขึ้นเป็นอย่างมาก และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งแผนยุทธศาสตร์ของประเทศไทย (Royal Thai Government Gazette, 2018) ได้รับการพัฒนายกระดับไปสู่การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการสร้างมูลค่าเพิ่มและพัฒนาเทคโนโลยีให้ก้าวหน้า ในการให้บริการอินเทอร์เน็ตในอดีตเป็นการให้บริการบนคู่สายทองแดง ซึ่งมีข้อจำกัดในด้านความเร็วของอินเทอร์เน็ตที่ไม่ตอบสนองต่อผู้ใช้งานของการเปลี่ยนแปลงในยุคปัจจุบันที่ต้องการ ความรวดเร็ว และความถูกต้องให้มากที่สุดเพื่อการวางแผน และการแก้ปัญหาที่เกิดจากความล่าช้า ไม่ทันเวลา การใช้งานอินเทอร์เน็ตบนสายทองแดงจึงไม่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน ถึงกระนั้นก็ตามยังมีบางพื้นที่ที่ยังมีการใช้งานสายทองแดงอยู่บ้าง อันได้แก่ พื้นที่ต่างจังหวัด และบางพื้นที่ของจังหวัดกรุงเทพมหานคร และชุมชนต่างๆ ยังมีการใช้ความเร็วของอินเทอร์เน็ตที่อยู่ในระดับที่ต่ำ เสื่อมพังได้ง่าย ทำให้เกิดปัญหาความล่าช้าของอินเทอร์เน็ต มีอาการกระตุก และเกิดปัญหาอินเทอร์เน็ตตัดบ่อยครั้งในระหว่างที่มีผู้ใช้งาน จะเห็นได้ว่าอินเทอร์เน็ตที่เป็นสายทองแดง มีข้อจำกัดทางด้านความเร็วอยู่ทำให้ไม่สามารถขยายเพื่อเพิ่มความเร็วอินเทอร์เน็ตให้ตอบสนองต่อผู้ใช้ได้ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการทำงานที่ล่าช้าและไม่ทันการเปลี่ยนแปลง

ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP: Internet Service Provider) จึงได้มีการพัฒนาให้มีการนำเคเบิลใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) มาใช้แทนสายทองแดง ซึ่งสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ประเทศไทย 4.0 ที่ได้มุ่งเน้นในการพัฒนาในด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ซึ่งเคเบิลใยแก้วนำแสงนั้นจะมีการส่งความเร็วที่สูงขึ้นมากกว่าสายทองแดง ทำให้ตอบสนองต่อ

ผู้ใช้งานทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศมากยิ่งขึ้น การได้รับความเร็วอินเทอร์เน็ตที่สูง และมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลกระทบต่อตรงต่อผู้ใช้งานสอดคล้องกับรัฐบาลมีนโยบายในการขยายอินเทอร์เน็ตให้เข้าถึงทุกครัวเรือน โดยมีโครงการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในพื้นที่ชายขอบ ช่วยลดความเหลื่อมล้ำ กระจายความเจริญสู่ชนบท แต่พบว่ายังเป็นอุปสรรคต่อครัวเรือนที่มีรายได้น้อยในการเข้าถึงบริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง เพื่อเป็นการลดความเหลื่อมล้ำของประชาชน ตลอดจนเป็นการขยายโอกาสให้ครัวเรือนที่มีรายได้น้อยสามารถเข้าถึงและใช้งานบริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงได้อย่างทั่วถึงและเท่าเทียมกัน เพื่อสามารถเข้าถึงบริการต่างๆ ที่รัฐบาลได้จัดเตรียมไว้ให้ เช่น การศึกษาทางไกล การรักษาสุขภาพทางไกล เพื่อเป็นการคืนความสุขให้แก่ประชาชนตามนโยบายของรัฐบาล (Sasilawan, 2019) ด้วยคุณสมบัติใยแก้วนำแสงมีการใช้งานที่รวดเร็ว และมีความคล่องตัวในการส่งข้อมูลสูง (Wang, 2017) โดยใยแก้วนำแสงนั้นจะใช้จุดติดตั้งเป็นตัวกระจายสัญญาณไปยังบ้านลูกค้า ซึ่งปัญหาการเลือกจุดกระจายสัญญาณ ค่าใช้จ่าย และจำนวนแบนด์วิธ (Bandwidth) เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงการให้บริการอย่างมีคุณภาพ Ding *et al.* (2017) ได้กล่าวว่าการใช้งานสายใยแก้วทำให้ลดงบประมาณลงได้เฉลี่ยประมาณที่ 20 วินาที เมื่อเทียบกับสายชนิดอื่นในระยะเวลาเท่ากัน โดยเปลี่ยนมาใช้มาตรฐาน FTTx (Fiber to The Home) ซึ่งเป็นโครงข่ายบรอดแบนด์ (Broadband) ความเร็วสูง โดยจะขยายให้ครอบคลุมในส่วนของมาตรฐาน Optical Distribution Network (ODN) แต่เนื่องจากการสร้างข่ายสายของ ODN ยังไม่มีรูปแบบการดำเนินงานที่ชัดเจน ซึ่งอาจเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพการให้บริการในอนาคต และมีต้นทุนที่สูงเกินความจำเป็น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงได้ทำการกำหนดแนวทางรูปแบบ

เพื่อที่จะนำมาใช้แก้ไขปัญหาดังกล่าว (TOT public company limited, 2017)

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ศึกษาค้นคว้าปัญหาเกี่ยวเนื่องจากการสร้างเครือข่ายไร้สายของ ODN ที่ยังไม่มีรูปแบบการดำเนินงานที่ชัดเจน ที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพการให้บริการในอนาคตของหน่วยงานและเป็นการลดต้นทุนที่สูงเกินความจำเป็น และเพื่อเป็นการสนองนโยบายด้านการศึกษาค้นคว้า วิจัย เพื่อหารูปแบบมาเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการให้บริการที่มีคุณภาพยิ่งขึ้น ผู้วิจัยพบว่า ความเร็วของอินเทอร์เน็ตที่เกิดจากจุดกระจายสัญญาณเป็นปัญหาสำคัญ จึงจำเป็นต้องแก้ปัญหาและหาแนวทางในการพัฒนาการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับการให้บริการโครงข่ายใยแก้วนำแสงจึงมีความจำเป็นต่อการนำมาใช้เพื่อพัฒนาระบบให้ได้คุณภาพ ลดค่าใช้จ่ายและมีประสิทธิภาพต่อการนำไปใช้งานในกระบวนการคัดเลือกจุดกระจายสัญญาณอย่างดี โดยผู้วิจัยได้พัฒนาระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสงที่เป็นโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ โดยใช้วิธีเคเนียร์สเตนเบอร์ (K-Nearest neighbors: K-NN) ซึ่งเป็นเทคนิคเหมืองข้อมูลชนิดหนึ่งสำหรับการแบ่งประเภทหรือแยกหมวดหมู่ (Classification) ซึ่งได้มีงานวิจัยของ Akdeniz and Becerikli (2019) ที่ได้ทำงานวิจัยในการจำแนกเพศจากเสียงซึ่งได้มีการนำวิธีเคเนียร์สเตนเบอร์มาใช้งาน และมีค่าความถูกต้องมากที่สุด นอกจากนี้มีข้อมูลที่น่าสนใจประกอบด้วย ค่าลอส (Loss) แบนด์วิธ (Bandwidth) แพคเกจ (Package) ระยะทาง (Distance) และคลาส (Class) ซึ่งผ่านกระบวนการทำเหมืองข้อมูลทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) Data Cleaning เป็นขั้นตอนการทำความสะอาดข้อมูล 2) Data Integration เป็นขั้นตอนการรวมข้อมูลให้เป็นชุดเดียวกัน 3) Data Selection เป็น

ขั้นตอนการคัดเลือกข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ 4) Data Transformation เป็นขั้นตอนการแปลงข้อมูลให้เหมาะสมจากชุดข้อมูลการสอน และชุดข้อมูลทดสอบ 5) Data Mining เป็นขั้นตอนการหารูปแบบของข้อมูล 6) Pattern Evaluation เป็นขั้นตอนประเมินรูปแบบจากการทำเหมืองข้อมูล และ 7) Knowledge Representation เป็นขั้นตอนการนำเสนอข้อมูลที่ได้โดยใช้เทคนิคในการนำเสนอเพื่อให้เข้าใจ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปใช้เป็นตัวแบบการตัดสินใจในการคัดเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร คือ ผู้บริหาร และผู้ปฏิบัติงาน บริษัท ทีโอที จำกัด มหาชน

2. กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริหาร และผู้ปฏิบัติงาน บริษัท ทีโอที จำกัด มหาชน จำนวน 100 คน

2. สถิติที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจ

ในการดำเนินการวิจัยได้มีสถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 - 5.00 หมายความว่า อยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 - 4.49 หมายความว่า อยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 - 3.49 หมายความว่า อยู่ในระดับปานกลาง

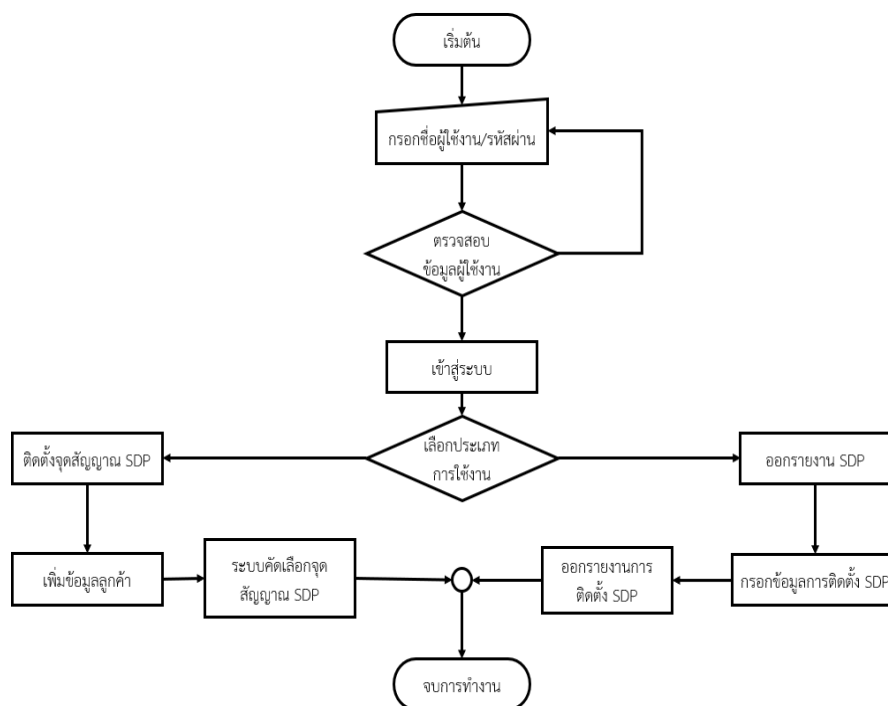
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 - 2.49 หมายความว่า อยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 - 1.49 หมายความว่า อยู่ในระดับน้อยมาก

3. การวิเคราะห์ระบบและออกแบบระบบ

การพัฒนาระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง ได้มีการวิเคราะห์ และออกแบบระบบแสดงเป็นผัง

งาน (Flow Chart) ระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง มีรายละเอียดลำดับขั้นตอนของผังงาน แสดงดังภาพที่ 1



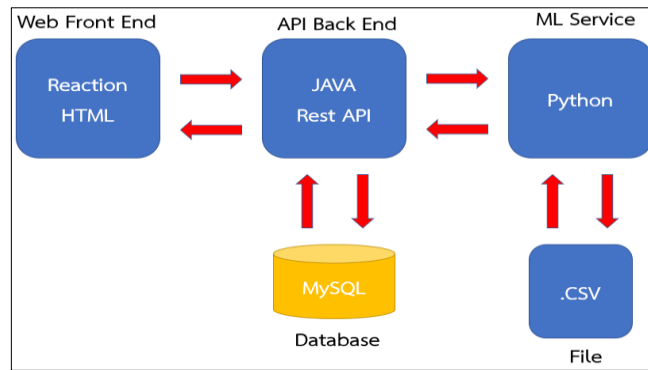
ภาพที่ 1 ผังงานระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง

4. ภาษาและฐานข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนา

การพัฒนาระบบส่วนผู้ใช้งานได้ใช้ภาษาจาวา (JAVA) และเจเอสพี (JSP: Java Server Page) ในการพัฒนา ส่วนการเรียนรู้ของเครื่องได้นำภาษาไพทอน (Python) มาใช้ในการพัฒนาอัลกอริทึม และฐานข้อมูลที่ใช้ คือ มายเอสคิวแอล (MySQL)

5. การทำงานของโปรแกรม ผู้วิจัยได้มีการสรุปลำดับขั้นตอนในการทำงาน ดังนี้

1. การทำงานของระบบ มีขั้นตอนในการทำงาน โดยมีการแสดงถึงความสัมพันธ์ของภาษาที่ใช้ในการพัฒนา และฐานข้อมูล แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 2 กระบวนการทำงานของระบบ มีขั้นตอนในการทำงานโดยมีหน้าจอของเว็บแอปพลิเคชันไว้สำหรับให้ผู้ใช้งาน เข้ามาใช้งานระบบ โดยมีการเขียนด้วยภาษา HTML และมีการทำงานเบื้องหลังด้วยภาษา JAVA โดยมีหน้าที่ในการติดต่อกับฐานข้อมูล MySQL และติดต่อกับภาษา Python ที่

ใช้ในการทำ Machine Learning Service ที่ใช้ในการคัดเลือกจุดกระจายสัญญาณโครงข่ายใยแก้วนำแสง

2. การวิเคราะห์ข้อมูล มีชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าบริการความเร็วอินเทอร์เน็ต ข้อมูลค่า Loss จากนั้นนำชุดข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ลำดับที่	ความเร็ว Download/Upload	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1	100/100	590
2	200/200	700
3	300/300	900
4	500/100	1,200
5	1000/500	1,590

(ก)

ลำดับที่	ค่า Loss
1	1 – 5
2	6 – 10
3	11 – 15
4	16 – 20
5	21 – 25

(ข)

ภาพที่ 3 (ก) ค่าบริการความเร็วอินเทอร์เน็ต (ข) ข้อมูลค่า Loss

2.1 การทำ Data Cleaning ทำการจัดการข้อมูลที่ไม่ต้องการ และข้อมูลที่ไม่จำเป็นหรือไม่เป็น

ประโยชน์ต่อการนำมาใช้งานออก เพื่อให้เหลือเพียงข้อมูลที่ต้องการนำมาใช้งานกับระบบ ดังภาพที่ 4

ลำดับที่	ความเร็ว Download/Upload	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1	100/100	590
2	200/200	700
3	300/300	900
4	500/100	1,200
5	1000/500	1,590

ภาพที่ 4 การทำ Data Cleaning

2.2 การทำ Data Integration ทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลมาไว้รวมกัน ดังภาพที่ 5

ลำดับที่	ความเร็ว Download/Upload	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1	100/100	590
2	200/200	700
3	300/300	900
4	500/100	1,200
5	1000/500	1,590

ลำดับที่	ค่า Loss
1	1 – 5
2	6 – 10
3	11 – 15
4	16 – 20
5	21 – 25

ลำดับที่	ความเร็ว Download/Upload	ค่าบริการ (บาท/เดือน)	ค่า Loss
1	100/100	590	1 – 5
2	200/200	700	6 – 10
3	300/300	900	11 – 15
4	500/100	1,200	16 – 20
5	1000/500	1,590	21 – 25

ภาพที่ 5 การทำ Data Integration

2.3 การทำ Data Selection ทำการคัดเลือกข้อมูลที่สำคัญเพื่อนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์ ดังภาพที่ 6

ลำดับที่	ความเร็ว Download/Upload	ค่าบริการ (บาท/เดือน)	ค่า Loss
1	100/100	590	1 – 5
2	200/200	700	6 – 10
3	300/300	900	11 – 15
4	500/100	1,200	16 – 20
5	1000/500	1,590	21 – 25

ลำดับที่	ความเร็ว Download/Upload	ค่าบริการ (บาท/เดือน)	ค่า Loss
4	500/100	1,200	16 – 20

ภาพที่ 6 การทำ Data Selection

2.4 การทำ Data Transformation ทำการจัดภาพแบบข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการคัดเลือกข้อมูลให้มีความเหมาะสม โดยสามารถแบ่งการทำได้ 2 แบบได้แก่ 1) ชุดข้อมูลการสอน โดยการนำข้อมูล

จากทุกแถวมาทำการวิเคราะห์ และหาผลลัพธ์ ดังภาพที่ 9 (ก) 2) ชุดข้อมูลการทดสอบ โดยการนำข้อมูลแอตทริบิวต์ ยกเว้น Class ทำการวิเคราะห์ และหาผลลัพธ์ ดังภาพที่ 9 (ข)

Loss	bandwidth	package	dist	class
1	3	3	1	A
1	2	2	4	B
1	1	1	0	A
1	2	2	3	B
2	2	2	0	A
1	1	1	3	B

(ก)

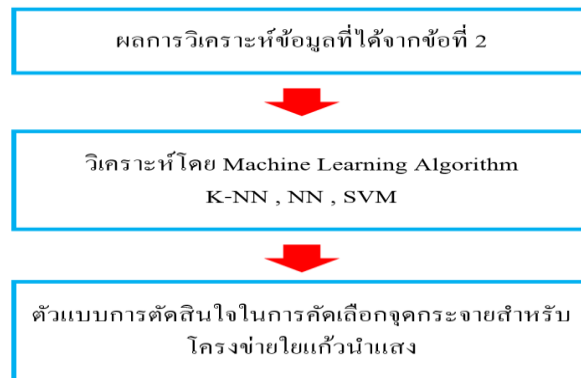
Loss	bandwidth	package	dist
1	3	3	1
2	3	3	1
1	2	2	4
1	1	1	0
1	2	2	3
2	2	2	0

(ข)

ภาพที่ 7 (ก) ชุดข้อมูลการสอน (Training Dataset) (ข) ชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Dataset)

3. ขั้นตอนการพัฒนากระบวนการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง มีขั้นตอนในการพัฒนาตัวแบบการตัดสินใจโดยนำผลของข้อมูลออกมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการ

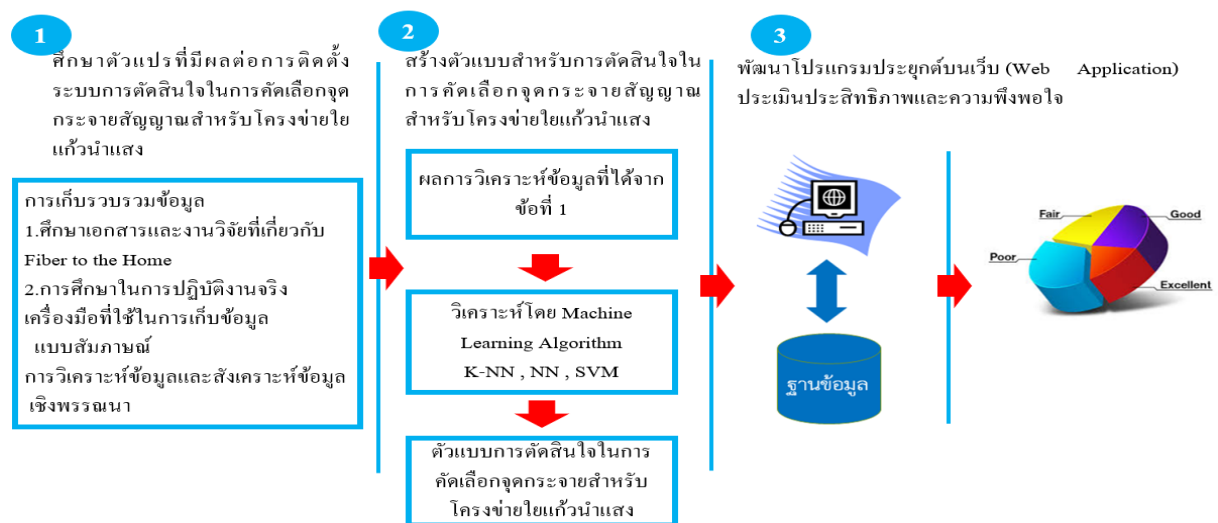
เรียนรู้ของเครื่อง มีการเปรียบเทียบวิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลทั้ง 3 วิธี ได้แก่ 1) เคเนียร์สเนเบอร์ 2) นิเวรอลเน็ตเวิร์ก และ 3) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Sriurai, 2014) มีขั้นตอนการพัฒนาดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการพัฒนาการตัดสินใจ

4. การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web Application) มีการติดต่อกับฐานข้อมูล โดยมีขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคือ 1) ทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อระบบ 2) สร้างระบบการตัดสินใจในการเลือก

จุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง 3) พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บและประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจแสดงดังภาพที่ 9



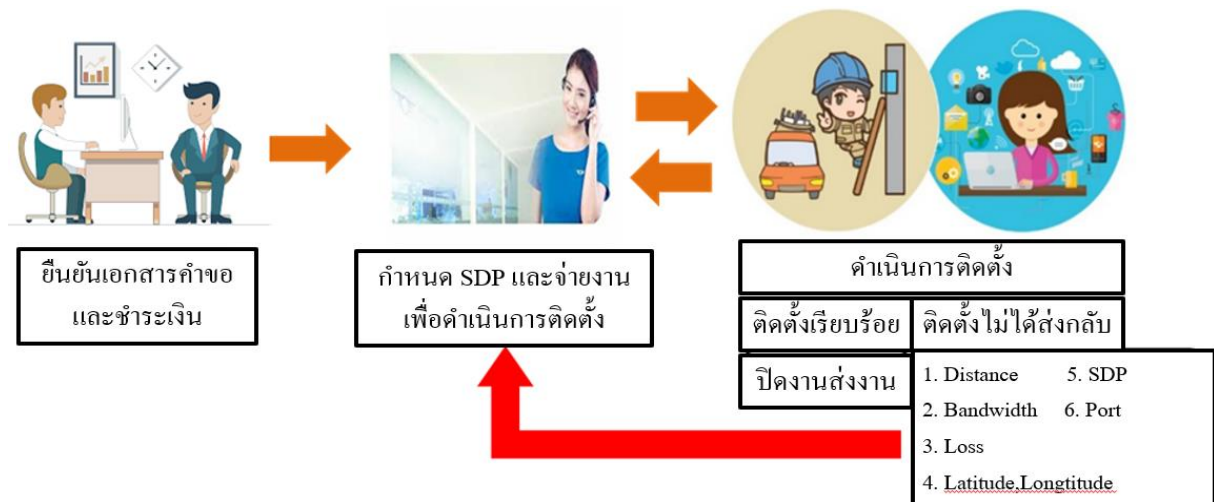
ภาพที่ 9 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม

5. การศึกษาและพัฒนาระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง มีการประยุกต์สร้างโปรแกรม ดังนี้

5.1 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการติดตั้งระบบการตัดสินใจในการคัดเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง

5.2 การเตรียมข้อมูล (Training set Data)

ในการจำแนกข้อมูลของระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง ชุดข้อมูลที่ใช้ในการสอน คือ การนำชุดของข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง



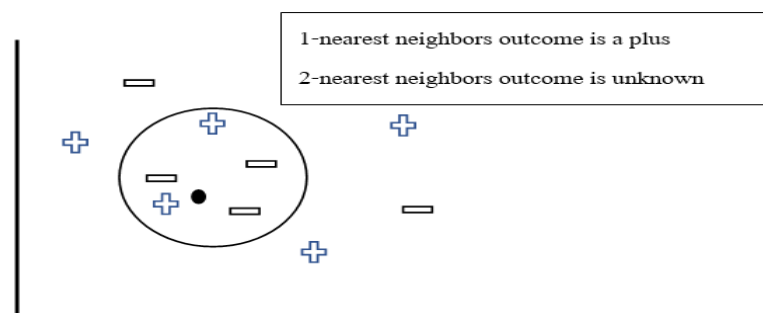
ภาพที่ 10 ขั้นตอนการให้บริการ

6. การจำแนกประเภทของข้อมูล

1. เคเนียร์สเนเบอร์ (K-NN: K-Nearest Neighbor)

วิธีเคเนียร์สเนเบอร์เป็นวิธีที่ใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยอัลกอริทึมแบบเคเนียร์สเนเบอร์ ได้แก่ 1-NN, 2-NN, 3-NN,... K-NN อีกกรณี คือ 2-KNN คือ

อัลกอริทึมที่ค้นหา 2 กรณีที่มีความใกล้เคียงกับกรณีใหม่ ดังนี้ 1) การนำสมาชิกมาเรียงกันตามระยะทางจากน้อยไปหามาก และเลือกสมาชิกที่มีระยะทางสั้นที่สุด 2) การวัดความห่างของสมาชิก ถ้ามีระยะห่างที่น้อยแสดงว่ามีความคล้ายกันมาก ถ้าระยะห่างมากแสดงว่ามีความคล้ายกันน้อย (Teerarassamee, 2015)



ภาพที่ 11 วิธีเคเนียร์สเนเบอร์

2. นิวรอลเน็ตเวิร์ก (NN: Neuron Network)

วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neuron Network) เป็นแนวคิดที่ลอกเลียนแบบมาจากการทำงานของเซลล์สมองของมนุษย์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยสมองมนุษย์ประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผลเรียกว่า นิวรอน เซลล์ประสาท หรือ Neuron เป้าหมายการใช้งานโครงข่ายประสาทเทียม

คือ ต้องการให้คอมพิวเตอร์นั้นมีความสามารถที่คล้ายกับมนุษย์ที่สามารถเรียนรู้ และฝึกฝนได้ด้วยตนเอง เพื่อใช้ในการทำ Classification, Clustering และ Regression โดยเรียกว่าเทคนิค Black Box (Thamsiri and Meesad, 2011)

การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมสามารถทำได้ด้วยวิธีการส่งข้อมูลมาที่เพอร์

เซ็ปตรอน (Perceptron) ที่เป็นเหมือนเซลล์สมองของมนุษย์ โดยเพอร์เซ็ปตรอนทำการรับข้อมูลที่เป็น

ตัวเลขเพื่อนำมาคำนวณ สำหรับฟังก์ชันผลรวมมีการทำงานดังสมการ (Thamsiri and Meesad, 2011)

$$n = \sum_{i=1}^z x_i w_i + b \quad (1)$$

เมื่อ n คือ ผลรวมที่ได้จากฟังก์ชันผลรวม
 x_i คือ ค่าข้อมูลเข้าตัวที่ i
 w_i คือ ค่าน้ำหนักของนิวรอนตัวที่ i
 z คือ จำนวนนิวรอนชั้นข้อมูลเข้า
 b คือ ค่าความโน้มเอียง
 i มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง z

วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน คือ วิธีที่ใช้ในการหาระนาบการตัดสินใจของการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน โดยการใช้สมการเส้นตรงในการแบ่งข้อมูล 2 กลุ่มออกจากกัน เพื่อลดการเกิดข้อผิดพลาดในการทำนายลง และเพิ่มระยะแยกแยะให้มากที่สุด โดยมีสมการ ดังนี้ (Ngermoon *et al.*, 2017) กำหนดให้ $(x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)$ เป็นตัวอย่างที่ใช้สำหรับการสอน n คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง m คือ จำนวนมิติข้อมูลเข้า y คือ ผลลัพธ์มีค่า +1 หรือ -1

3. ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM: Support Vector Machine)

$$(x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n) \text{ เมื่อ } x \in R^m, y \in \{+1, -1\} \quad (2)$$

ปัญหาเชิงเส้น มิติข้อมูลขนาดสูง แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยระนาบตัดสินใจ คำนวณได้ดังสมการ เมื่อ

w คือ ค่าน้ำหนัก b คือ ค่า bias สมการ ใช้สำหรับจำแนกประเภทของข้อมูล $(w \cdot x) + b = 0$

$$(w \cdot x) + b > 0 \text{ ถ้า } y_i = +1 \text{ และ } (w \cdot x) + b < 0 \text{ ถ้า } y_i = -1 \quad (3)$$

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีเคอร์เนลฟังก์ชัน (Kernel Function) ที่สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้หลายวิธี โดยผู้วิจัยต้องเลือกเคอร์เนลให้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูล

7. การวัดค่าความถูกต้อง

ในการหาค่าความถูกต้องของการใช้เทคนิคเหมือนข้อมูลสำหรับการแบ่งกลุ่มข้อมูล ได้มีการใช้คอนฟิวส์ชันเมตริกซ์ในการประเมินผลลัพธ์ของการทำนาย และหาสัดส่วนของผลลัพธ์ในการทำนายของโมเดลที่นำมาใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 คอนฟิวส์ชันเมตริกซ์

	Actual value		Total	
	p	n	P	N
Prediction outcome	p	True Positive: TP	False Positive: FP	P
	n	False Negative: FN	True Negative: TN	N
	Total	P	N	

โดยกำหนดความหมายดังนี้

True Positive (TP) = จำนวนตัวอย่างที่เป็นจริง และตัวจำแนกทำนายว่าเป็นจริง

False Positive (FP) = จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นจริง และตัวจำแนกทำนายว่าจริง

False Negative (FN) = จำนวนตัวอย่างที่เป็นจริง และตัวจำแนกทำนายว่าไม่เป็นจริง

True Negative (TN) = จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นจริงและตัวจำแนกทำนายว่าไม่จริง

ค่าความถูกต้อง (Accuracy) สมการที่ใช้ $Accuracy =$

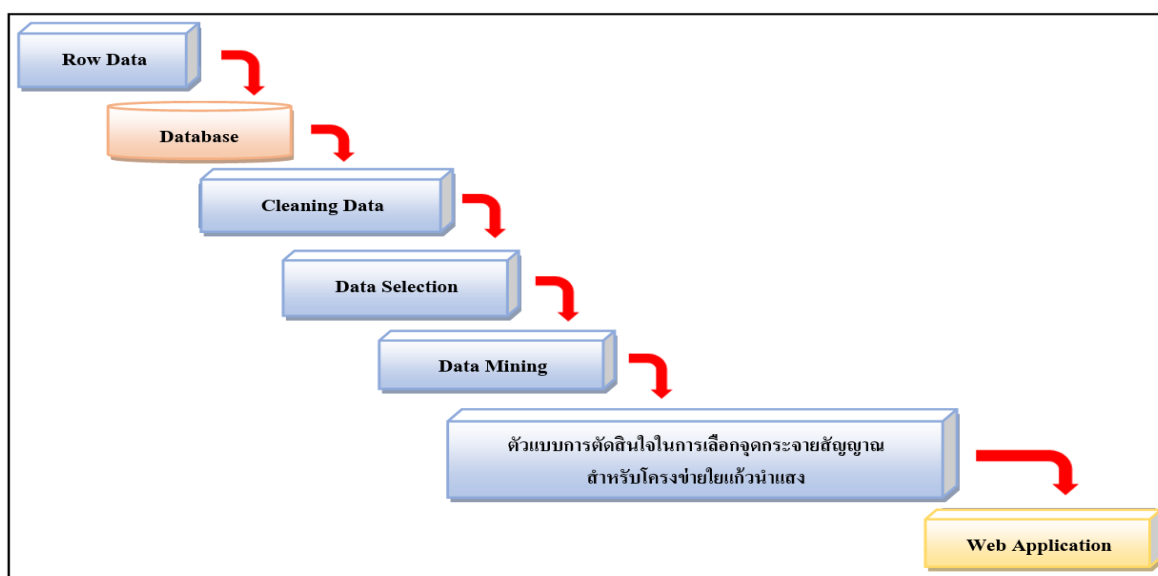
$$\frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad (4)$$

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการออกแบบการทำเหมืองข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ได้มีผลของการออกแบบการทำเหมืองข้อมูล โดยสามารถสรุปออกเป็น 7 ได้แก่ 1) การนำข้อมูลมาเตรียมประมวลผล 2) ออกแบบและสร้างฐานข้อมูลจากชุดข้อมูล 3) ทำการกรองข้อมูลที่มีการเก็บเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะต้องผ่านการกรองข้อมูล เพื่อทำการเลือกข้อมูลที่ตรงประเด็น กับกระบวนการที่กำลังจะดำเนินการ 4) ทำการคัดเลือกข้อมูลที่จะนำมาเข้าสู่กระบวนการทำเหมืองข้อมูล รวมไปถึงข้อมูลที่ต้องการนำออกจากฐานข้อมูล เพื่อ

สร้างกลุ่มของข้อมูลขึ้นมาใหม่ จัดให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน และมาตรฐานที่เหมาะสม 5) เหมืองข้อมูลโดยการนำข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนข้างต้นเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ด้วยเครื่อง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง 6) การประมวลผลที่ผ่านการทำเหมืองข้อมูล ทำให้ได้ระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง และ 7) ได้เว็บแอปพลิเคชันระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง เพื่อนำไปใช้งาน



ภาพที่ 12 การออกแบบเหมืองข้อมูล

2. ผลการเปรียบเทียบวิธีการจำแนกประเภทของข้อมูล

ผลการเปรียบเทียบวิธีการจำแนกประเภทของข้อมูล มีการเปรียบเทียบวิธีการจำแนกประเภทของข้อมูลทั้ง 3 วิธี ได้แก่ เคเนียร์เซนเบอร์ นีวรอค เน็ตเวิร์ก และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน โดยมีชุดข้อมูลที่นำมาทดสอบจำนวน 21,000 แถว และนำมาเปรียบเทียบความแม่นยำในการเลือกจุดกระจายสัญญาณของโครงข่ายใยแก้วนำแสงที่คัดเลือกด้วยคน ซึ่งวัดความแม่นยำจากระยะของตำแหน่งการติดตั้งจุดกระจายสัญญาณไปที่บ้านลูกค้า ผลการทดลองพบว่า วิธี เคเนียร์เซนเบอร์ ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุด เท่ากับ 97.88% จึงเหมาะแก่การ

นำมาใช้ในการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง แทนคนเลือก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Akdeniz and Becerikli (2019) ที่ได้ทำการศึกษา Performance Comparison of Support Vector Machine, K-Nearest-Neighbor, Artificial Neural Networks, and Recurrent Neural networks in Gender Recognition from Voice Signals ผลการวิจัยพบว่า การจำแนกเพศจากเสียงด้วยวิธี เคเนียร์เซนเบอร์ ให้ประสิทธิภาพมากที่สุดค่าความถูกต้องเท่ากับ 87.04 ดังนั้นวิธีการจำแนกประเภทของข้อมูลแบบเคเนียร์เซนเบอร์ที่ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด จึงเหมาะแก่การนำไปใช้งาน

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบวิธีการจำแนกประเภทของข้อมูล

ข้อมูล	วิธีเคเนียร์เซนเบอร์ (K-NN)	วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (NN)	วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM)
Kappa statistic	0.92	0.88	0.92
Mean Absolute Error	0.03	0.02	0.23
TPR	0.97	0.93	0.95
FPR	0.02	0.09	0.03
Precision	0.96	0.62	0.96
Recall	0.97	0.93	0.95
F-measure	0.96	0.64	0.95
Accuracy	97.88%	93.71%	95.74%

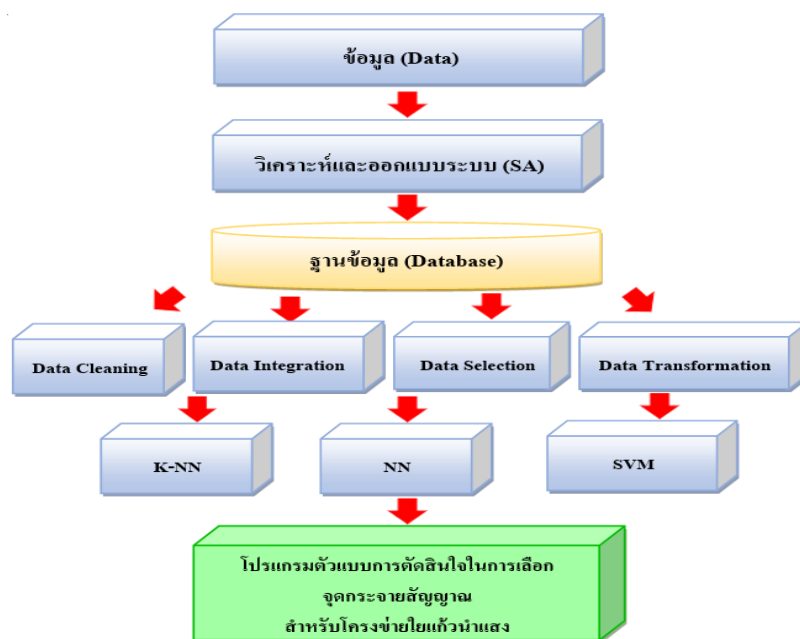
ผลการเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี ค่าความถูกต้องของวิธี K-NN มีค่าความถูกต้องสูงที่สุดในทั้งหมด 3 วิธี เนื่องจากลักษณะของชุดข้อมูลในการคัดเลือกจุดกระจายสัญญาณเป็นการดูจากลักษณะของเพื่อนบ้าน ซึ่งเป็นหลักการเดียวกันกับวิธี K-NN ที่ดูจากเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีค่าความแม่นยำเท่ากับ 97.88% ซึ่งสูงกว่าวิธี NN และ SVM

3. ผลการออกแบบระบบสถาปัตยกรรม (System Architecture)

ในงานวิจัยนี้ ได้มีผลการออกแบบสถาปัตยกรรม (System Architecture) ของระบบที่แสดงถึงลำดับของขั้นตอนในการประมวลผลของข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้อง และแม่นยำมากที่สุด ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งมีลำดับขั้นตอนในการทำงาน ดังนี้ 1) การจัดเตรียมข้อมูล เพื่อทำการ

วิเคราะห์ และออกแบบ 2) นำข้อมูลที่เตรียมไว้เข้าสู่การวิเคราะห์ และออกแบบ 3) ออกแบบฐานข้อมูลของ 4) การทำ Data Cleaning 5) การทำ Data Integration 6) การทำ Data Selection 7) การทำ Data Transformation 8) ทำการคัดเลือกขั้นตอนการติดตั้งที่ดีที่สุดด้วยวิธี

เกเนียเรสเนเบอร์ นิวรอลเน็ตเวิร์ก และซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง และ 9) ได้โปรแกรมตัวแบบการตัดสินใจในการคัดเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง เพื่อนำไปใช้งาน แสดงดังภาพที่ 13



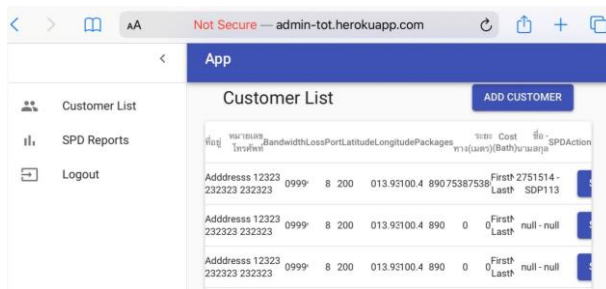
ภาพที่ 13 สถาปัตยกรรมของระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง

4. ผลการพัฒนาระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง

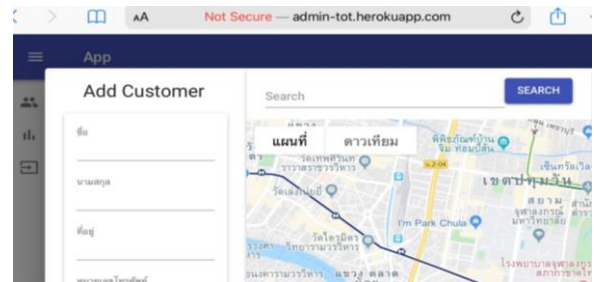
ผลการพัฒนาระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง พบว่า การพัฒนาระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง ทำให้ได้เครื่องมือที่ช่วยในการเลือกจุดกระจายสัญญาณในหน่วยงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการนำโครงข่ายใยแก้วนำแสงมาใช้เพื่อให้ได้รับความเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นัฐ

พงศ์ สงเนียม ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการขยะสำหรับศูนย์เรียนรู้การจัดการขยะแบบครบวงจร ผลการวิจัยพบว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Songneam, 2020)

1. หน้าจอเมนูหลัก ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการใช้งานของผู้ใช้งาน เพื่อเข้าไปใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ของเว็บไซต์ โดยสามารถเพิ่มข้อมูลลูกค้าได้ด้วยปุ่ม ADD CUSTOMER และมีการแสดงรายละเอียดของลูกค้าที่อยู่ในระบบ แสดงดังภาพที่ 14 (ก)



(ก)



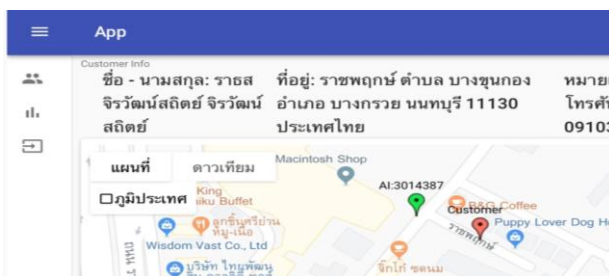
(ข)

ภาพที่ 14 (ก) หน้าจอเมนูหลัก (ข) หน้าจอการเพิ่มข้อมูลลูกค้าที่ต้องการค้นหาตำแหน่งจุดกระจายสัญญาณ (SDP)

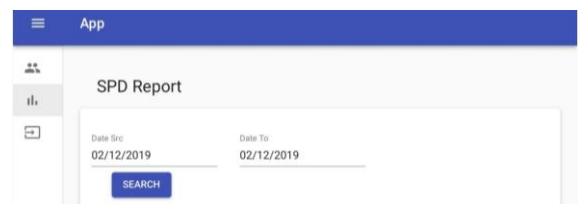
2. หน้าจอเพิ่มข้อมูลลูกค้า ทำหน้าที่ในการเพิ่มข้อมูลของลูกค้าหลังจากกดปุ่ม ADD CUSTOMER จะมีช่องว่างให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลของลูกค้าเพื่อทำการคัดเลือกจุดกระจายสัญญาณแสดงดังภาพที่ 14 (ข)

3. หน้าจอแสดงจุดการยืนยันจุดกระจายสัญญาณ ทำหน้าที่แสดงจุด และตำแหน่งต่างๆ ของจุดกระจายสัญญาณ ในแผนที่ที่แสดงผ่านหน้าจอเว็บไซต์ โดยมีรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 15 (ก)

4. หน้าจอแสดงการออกรายงาน ทำหน้าที่ให้ผู้ใช้งานออกแบบรายงานของแต่ละจุดติดตั้งจุดกระจายสัญญาณของระบบ โดยทำการกำหนดชนิดของข้อมูลที่ต้องการในการออกแบบรายงานจุดกระจายสัญญาณในช่วงนั้นๆ โดยเลือกข้อมูลที่ต้องการพิมพ์รายงานผ่านเว็บไซต์ 15 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 15 (ก) หน้าจอแสดงจุดการยืนยันตำแหน่งของจุดกระจายสัญญาณ (SDP)

(ข) หน้าจอแสดงการออกรายงาน

5. ผลการประเมินความพึงพอใจ

ผลการประเมินความพึงพอใจ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 100 คน โดยแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่อข้อมูลนำเข้าอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.65$, S.D. = 0.45) 2) ความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่อกระบวนการทำงานของระบบอยู่

ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.68$, S.D. = 0.51) และ 3) ความพึงพอใจของผู้บริหารต่อผลลัพธ์อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.77$, S.D. = 0.42) ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.7$, S.D. = 0.46) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสกสรร วิลัยลักษณ์ และคณะ ได้ทำการศึกษา การใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลเพื่อพยากรณ์ผลการเรียนของนักเรียนโรงเรียนสาธิตแห่ง

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.06 อยู่ในระดับดี 2) ผลการประเมินความ

เชื่อมั่นของผู้ใช้งานระบบพยากรณ์ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.27 อยู่ในระดับดี ดังนั้นระบบที่พัฒนาขึ้นจึงเหมาะแก่การนำไปใช้งาน (Vilailuck *et al.*, 2015)

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจ

ลำดับที่	หัวข้อ	$\bar{x}$	S.D.	หมายเหตุ
1	ความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่อข้อมูลนำเข้า	4.65	0.45	มากที่สุด
2	ความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่อกระบวนการทำงานของระบบ	4.68	0.51	มากที่สุด
3	ความพึงพอใจของผู้บริหารต่อผลลัพธ์	4.77	0.42	มากที่สุด
รวม		4.7	0.46	มากที่สุด

สรุป

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ ระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบการตัดสินใจในการเลือกจุดกระจายสัญญาณสำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง โปรแกรมมีการทำงานได้ครบทุกฟังก์ชันของการทำงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) ผลการเปรียบเทียบวิธีการจำแนกประเภทของข้อมูลทั้ง 3 วิธี จากชุดข้อมูลที่นำมาทดสอบจำนวน 21,000 แถว พบว่าวิธีเคเนียร์เสนเบอร์ ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด เท่ากับ 97.88% ซึ่งมีความแม่นยำที่สูง 3) ผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.7$, S.D. = 0.46) โดยต่อไปจะทำการพัฒนาเป็นรูปแบบ โมบายแอปพลิเคชัน เพื่อความสะดวกสบายต่อการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่ได้จัดทำหลักสูตรปริญญาคุณวุฒิบัณฑิต สาขาการ

จัดการเทคโนโลยี ทำให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ไปใช้ในการจัดทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Akdeniz, F. and Becerikli, Y. 2019. Performance Comparison of Support Vector Machine, K-Nearest-Neighbor, Artificial Neural Networks, and Recurrent Neural networks in Gender Recognition from Voice Signals, pp. 1-4. *In 2019 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*. IEEE, Ankara, Turkey.
- Ding, Z., Yang, D., Liu, K., Jiang, J., Du, Y., Li, B., Shang, M. and Liu, T. 2017. Long-Range OFDR-Based Distributed Vibration Optical Fiber Sensor by Multicharacteristics of Rayleigh Scattering. *IEEE Photonics Journal* 9(5): 1-11.
- Ngernmoon, T., Moeikham, P. and Tippachon, W. 2017. Strawberry Ripeness Classification by Support Vector Machine. *Naresuan*

- University Engineering Journal** 12(2): 55-62. (in Thai)
- Royal Thai Government Gazette. 2018. **National strategy announcement (A.D. 2018 - 2037).** Royal Thai Government Gazette. Available Source: <http://nscr.nesdb.go.th/wp-content/uploads/2019/10/National-Strategy-Eng-Final-25-OCT-2019.pdf>, January 30, 2019.
- Sasilawan, K. 2019. **The Office of the National Broadcasting and Telecommunications Commission responded to the government's policy of sending 3-year free internet access to low-income households.** Office of The National Broadcasting and Telecommunications Commission. Available Source: <https://www.nbtc.go.th/Home.aspx?lang=en-us>, January 30, 2019. (in Thai)
- Songneam, N. 2020. Development of Waste Management Information System for One-stop Waste Management Learning Center. **RMUTSV Research Journal** 12(3): 506-521. (in Thai)
- Sriurai, W. 2014. Patients Classification of Metabolic Syndrome Using Feature Selection and Artificial Neural Network. **Srinakharinwirot Science Journal** 30(1): 91-102. (in Thai)
- Teerarassamee, P. 2015. The Methodology to Find Appropriate K for K-Nearest Neighbor Classification with Medical Datasets. Degree of Master of Engineering in Computer Engineering, Suranaree University of Technology. (in Thai)
- Thamsiri, D. and Meesad, P. 2011. Ensemble Data Classification Based on Decision Tree, Artificial Neuron Network and Support Vector Machine Optimized by Genetic Algorithm. **The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok** 21(2): 293-303. (in Thai)
- TOT public company limited. 2017. **Optical Fiber Termination Kit.** tot public company limited. Available Source: [https://www.totcal.com/docs/PublicArticle/OFTK%20\(Full%20article\).pdf](https://www.totcal.com/docs/PublicArticle/OFTK%20(Full%20article).pdf), January 30, 2019. (in Thai)
- Vilailuck, S., Jaroenpuntaruk, V. and Wichadakul, D. 2015. Utilizing Data Mining Techniques to Forecast Student Academic Achievement of Kasetsart University Laboratory School Kamphaeng Saen Campus Educational Research and Development Center. **Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University** 2(2): 1-17. (in Thai)
- Wang, Z. 2017. **Dual-polarization two-port fiber-optic gyroscope.** Springer Theses book series (Springer Theses), Singapore.