



Srinakharinwirot University Journal of Sciences and Technology



Volume 17, Issue 1, January - June 2025, Pages 1 – 14 ISSN 2985-2641 (Online)

Research Article

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุดรดิตถ์ ด้วยเทคนิคการพยากรณ์

Development of a decision support system for planning durian production in Uttaradit Province with forecasting techniques

อนุชา เรืองศิริวัฒนกุล¹, จุฬาลักษณ์ มหาวาน², ชนิดา เรืองศิริวัฒนกุล^{2*}

Anucha Ruangsiriwattanakul¹, Julalug Mahawan², Chanida Ruangsiriwattanakul^{2*}

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

¹Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University.

²สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

²Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University.

*Corresponding author, e-mail: chanida@uru.ac.th

Received: 10 June 2024; Revised: 10 October 2024; Accepted: 11 October 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตทุเรียน และ 2) เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุดรดิตถ์ด้วยเทคนิคการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลปริมาณผลผลิตทุเรียนของจังหวัดอุดรดิตถ์ ขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ราคาผลผลิตเฉลี่ย/กิโลกรัม และข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณผลผลิต ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย และลมกระโชก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2566 ในการสร้างแบบจำลองพยากรณ์ โดยเลือก 4 เทคนิควิธี ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เนอ็ฟเบย์ (Naïve Bayes) เคเนียร์สเนเบอร์ (K-Nearest Neighbor) และต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ผลการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองการพยากรณ์ โดยใช้การวัดความแม่นยำของการพยากรณ์ (Accuracy) จากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) และค่ารากของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) พบว่าแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่ารากของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด รองลงมาคือแบบจำลองเคเนียร์สเนเบอร์ เนอ็ฟเบย์ และโครงข่ายประสาทเทียมตามลำดับ จึงนำเทคนิควิธีแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุน

การตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยผลการประเมินการใช้งานระบบอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49

คำสำคัญ: การพยากรณ์; โครงข่ายประสาทเทียม; เนอ์ฟเบย์; เคเนียร์สเนเบอร์; ต้นไม้ตัดสินใจ

Abstract

The objectives of this research were to 1) measure the performance of the forecast model of durian production, and 2) develop a decision support system for planning durian production in Uttaradit province with forecasting techniques. This research uses data on durian production in Uttaradit Province: harvesting area, average production price, and information on factors related to the amount of production, such as average rainfall, average temperature, average maximum temperature, average minimum temperature, average high wind speed, and gusts of wind during 2010-2023 for forecast modeling. A forecast model was developed using 4 techniques: Artificial Neural Network, Naïve Bayes, K-Nearest Neighbor, and Decision Tree. The performance evaluation results of the forecasting model were obtained by finding accuracy from the Mean Absolute Error (MAE), Mean Square Error (MSE) and Root Mean Squared Error (RMSE). Performance tests revealed that the Decision Tree model had the lowest Mean Absolute Error, Mean Square Error and Root Mean Squared Error. Next was the K-Nearest Neighbor model, followed by Naïve Bayes and Artificial Neural Networks, respectively. Therefore, the Decision Tree modeling technique was applied in the development of the decision support system. The results of the system satisfaction evaluation found that the system usability evaluation results were at a good level with an average score of 4.49

Keywords: Forecasting; Artificial Neural Network; Naïve Bayes; K-Nearest Neighbor; Decision Tree

บทนำ

จังหวัดอุตรดิตถ์ตั้งอยู่บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำน่าน อยู่ในเขตภูเขาและที่สูงบริเวณทางด้านเหนือของประเทศไทย พืชเศรษฐกิจของจังหวัดที่สำคัญ คือ ทุเรียน ลำไย และสับปะรด โดยการผลิทุเรียนในจังหวัดอุตรดิตถ์มีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากในพื้นที่อำเภอลับแล อำเภอมะนัง และอำเภอท่าปลา ทุเรียนเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยมีพื้นที่ปลูกรวม 29,818 ไร่ [1] โดยทั่วไปแล้วการปลูกทุเรียนของจังหวัดอุตรดิตถ์จะมีการเพาะปลูกทุเรียนหลากหลายพันธุ์ แต่ที่ได้รับความนิยมและเป็นที่รู้จักของผู้บริโภคทั่วไปคือทุเรียนหลงลับแล และหลินลับแล นอกจากนั้นแล้วยังมีทุเรียนพันธุ์อื่น ๆ เช่น หมอนทองลับแล ชะนี และพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดอุตรดิตถ์

การศึกษาอิทธิพลของสภาพอากาศที่มีต่อการออกดอกและติดผลของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง [2] และสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการผลิตทุเรียน [3] สรุปว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อการให้ผลผลิต ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ข้อมูลจากกรมวิชาการเกษตรพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกทุเรียนอยู่ในช่วงประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศประมาณ 75-85 เปอร์เซ็นต์ ต้องมีแหล่งน้ำจัดให้ต้นทุเรียนได้เพียงพอตลอดทั้งปี พื้นที่ที่มีอากาศร้อนจัดหรือเย็นจัด และมีลมแรงจะพบปัญหาใบไหม้หรือใบร่วง ทำให้ต้นทุเรียนไม่เจริญเติบโตหรือเติบโตช้าให้ผลผลิตน้อย และไม่คุ้ม

ต่อการลงทุน [4] โดยในปี พ.ศ. 2566 จังหวัดอุดรดิตถ์มีผลผลิตทุเรียนประมาณ 10,708 ตัน โดยมีราคาขายเฉลี่ย 187.30 บาท/กิโลกรัม [5]

ดังนั้น ผลผลิตและราคาจึงเป็นปัจจัยสำคัญในระบบเศรษฐกิจเกษตรการปลูกทุเรียนของจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยการพยากรณ์เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลมาใช้ตัดสินใจสำหรับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต มีการประยุกต์ใช้ระบบการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อสร้างระบบพยากรณ์ผลผลิตทุเรียนพันธุ์หมอนทองในจังหวัดจันทบุรี มีการเก็บข้อมูลการออกดอกติดผลจากแปลงทดลองในพื้นที่ นำข้อมูลที่ได้มาใช้สร้างชุดข้อมูลสอนระบบให้กับตัวเรียนรู้และนำมาสร้างเป็นระบบพยากรณ์ผลผลิตทุเรียน [6] ซึ่งจะทำให้เกษตรกรชาวสวนทุเรียน สามารถใช้ในการวางแผนการเพาะปลูก และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้ ส่วนผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร เช่น เกษตรจังหวัด ผู้นำเข้าผู้ส่งออก และผู้ผลิตสินค้าเกษตร สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการบริหารจัดการ รวมไปถึงภาครัฐสามารถวางนโยบายวางแผนการผลิตที่เหมาะสมได้ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับเกษตรกรชาวสวนทุเรียน โดยสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนการเพาะปลูก และบริหารจัดการผลผลิตทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้เป็นการนำข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตของทุเรียนมาทำการออกแบบแบบจำลองพยากรณ์ในการคาดการณ์ผลผลิตทุเรียน โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning : ML) เป็นการให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ข้อมูลจากอดีต มาใช้ในการพยากรณ์สิ่งที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต [7] จากการศึกษางานวิจัยที่ใช้เทคนิคพยากรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ การใช้แบบจำลองการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นเพื่อพยากรณ์ราคามันสำปะหลัง [8] ใช้แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจสำหรับระบบแนะนำการปลูกทุเรียน [9] รวมถึงมีการใช้การเรียนรู้แบบเบย์ (Naive Bayes) เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลการจำแนกการจำแนกเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ [10] ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อนำมาใช้พยากรณ์ผลผลิตทุเรียนสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนของจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยเลือกจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งใช้เทคนิคการพยากรณ์ 4 เทคนิควิธี ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เนออีฟเบย์ (Naive Bayes) เคเนียร์เนสเนเบอร์ (K-Nearest Neighbor) และต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ในการสร้างแบบจำลองพยากรณ์โดยนำข้อมูลผลผลิตทุเรียนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2566 มาใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองเพื่อหาเทคนิคการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดมาใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตทุเรียน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตทุเรียน
2. เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุดรดิตถ์ ด้วยเทคนิคการพยากรณ์

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาข้อมูลปริมาณผลผลิตทุเรียนเฉลี่ยต่อไร่รายปีของจังหวัดอุดรดิตถ์ จำแนกตามอำเภอ และข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณผลผลิต โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2566 โดยเลือกใช้ 4 เทคนิควิธี ได้แก่ เทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เนออีฟเบย์ (Naive Bayes) เคเนียร์เนสเนเบอร์ (K-Nearest Neighbor) และต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ในการสร้างแบบจำลองพยากรณ์ และนำมาวิเคราะห์สรุปผล และเปรียบเทียบเทคนิควิธีพยากรณ์ เพื่อเลือกใช้วิธีพยากรณ์ที่มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และนำไปประยุกต์ใช้กับระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุดรดิตถ์

1. จัดเตรียมข้อมูล งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลผลผลิตทุเรียนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2566 จำนวน 14 ปี มาใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง และนำผลการพยากรณ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ของศูนย์สารสนเทศการเกษตร เพื่อได้วิธีการพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุดและนำมาใช้กับระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุดรดิตถ์ งานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูล 2 ส่วนคือ 1) ข้อมูลสภาพแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย และลมกระโชก ของจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา (<https://data.tmd.go.th/api/>) 2) ข้อมูลผลผลิตทุเรียน ได้แก่ ผลผลิตทุเรียนเฉลี่ยต่อไร่ ขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ราคาผลผลิตเฉลี่ย/กิโลกรัม ของจังหวัดอุดรดิตถ์ จากระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์(<https://production.doae.go.th/service/site/>) โดยนำข้อมูลสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นข้อมูลรายชั่วโมงมาหาค่าเฉลี่ยรายวัน และในส่วนของข้อมูลผลผลิตทุเรียนเฉลี่ยต่อไร่เป็นข้อมูลรายปี จำแนกตามอำเภอ รวมข้อมูลทั้งหมด 7,578 รายการ

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตทุเรียน โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามคือ ผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุดรดิตถ์ (Y) และตัวแปรอิสระแต่ละตัว คือ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (X_1) อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (X_2) อุณหภูมิเฉลี่ย (X_3) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_4) ความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย (X_5) ลมกระโชก (X_6) ขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (X_7) และราคาผลผลิตเฉลี่ย/กิโลกรัม (X_8) โดยในงานวิจัยนี้จะใช้วิธี สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้หาความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงปริมาณ [11] โดยจะนำค่าที่ได้โดยนำไปเทียบกับตารางการแปลความหมายความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)

ค่า r	ระดับของความสัมพันธ์
0.81 - 1.00	มีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก
0.61 - 0.80	มีความสัมพันธ์ในระดับสูง
0.41 - 0.60	มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง
0.21 - 0.40	มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ
0.01 - 0.20	มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก
0.00	ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ความหมายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีดังนี้

ที่ r เป็นเครื่องหมาย + หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน คือถ้าค่าของตัวแปรหนึ่งเพิ่มค่าของอีกตัวแปรก็จะเพิ่ม

ที่ r เป็นเครื่องหมาย - หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางตรงกันข้าม คือถ้าค่าของตัวแปรหนึ่งเพิ่มค่าของอีกตัวแปรก็จะลด

3. การทำความสะอาดข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จัดให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม และมีความถูกต้องก่อนที่จะนำไปใช้ โดยคัดเลือกตัวแปรที่เป็นปัจจัยต่อการให้ผลผลิตของทุเรียน ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย ขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต และราคาผลผลิตเฉลี่ย/กิโลกรัม และปริมาณผลผลิตทุเรียนต่อไร่ จากนั้นทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล เพื่อไม่ให้มีข้อมูลที่สูญหาย (Missing Value) จากข้อมูล

ทั้งหมด 7,578 รายการ เมื่อผ่านกระบวนการทำความสะอาดและตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล เหลือข้อมูลจำนวนทั้งสิ้น 804 รายการ โดยภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างชุดข้อมูลที่ผ่านการคัดเลือกตัวแปรและวิเคราะห์ข้อมูลสูญหาย เพื่อให้พร้อมต่อการนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

Row No.	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ (กิโลกรัม)	temp_max	temp_min	rain_sum	windspeed_max
1	1362	21800	39.800	16.600	203.400	17.600
2	1364	57357	38.100	15.600	163.400	15
3	1000	12000	35.700	13.800	205.700	15
4	2345	288500	38.400	15.800	183.600	16.700
5	200	1400	38.900	16.300	203.400	17.600
6	2021	11319900	38.400	15.300	223	15.500
7	1220	3536800	39.100	16	223	15.500
8	1575	715100	39.600	16.400	203.400	17.600
9	650	2600	39.600	16.400	203.400	17.600
10	1260	203000	37.900	9.800	1471.700	16.300
11	2293	12839700	37.700	9.200	1682.800	16.300
12	1908	5532000	38.400	9.900	1682.800	16.300
13	1402	594600	38.800	10.300	1473.900	17.800
14	333	1000	39.200	9.800	1473.900	17.800

ภาพที่ 1 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่ผ่านการคัดเลือกตัวแปรและวิเคราะห์ข้อมูลสูญหาย

เนื่องจากข้อมูลผลผลิตทุเรียนเป็นข้อมูลรายเดือนซึ่งบางเดือนไม่มีผลผลิต จากนั้นทำการแปลงรูปแบบของข้อมูล (Data Transformation) ให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมนำไปใช้ในการวิเคราะห์และเหมาะสมต่อการทำนาย โดยการแปลงชนิดข้อมูลแบบมาตราวัดเรียงลำดับ (Ordinal Scale) [12] เพื่อแบ่งกลุ่มข้อมูลผลผลิตเป็น 4 ระดับ ได้แก่ Low Medium High และ Very High แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การแปลงรูปข้อมูลผลผลิต

ช่วงค่าข้อมูลผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	ชื่อระดับ
0 - 1,000	Low (LO)
1,001 - 1,500	Medium (MD)
1,501 - 2,000	High (HI)
> 2,001	Very High (VH)

4. สร้างแบบจำลองพยากรณ์ ด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เนอรัลเน็ต เคเนียเรสเนตเวิร์ก และต้นไม้ตัดสินใจ โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพแบบจำลองโดยใช้วิธีการตรวจสอบไขว้ หรือ K - Fold Cross Validation โดยกำหนดวิธีวัดประสิทธิภาพเป็น 10 ส่วน หรือเรียกว่า 10-Fold Cross-validation โดยแต่ละส่วนมีจำนวนข้อมูลเท่ากัน สร้างแบบจำลองจากข้อมูล 9 ส่วน แล้วใช้ 1 ส่วนที่เหลือสำหรับทดสอบ วนซ้ำการทำงานนี้จนกระทั่งข้อมูลทุกส่วนถูกใช้ทดสอบ ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2566 ประกอบด้วยผลผลิตทุเรียน ขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ราคาผลผลิต

เฉลี่ย/กิโกรัม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย ของจังหวัดอุดรดิตถ์รายปีจำแนกตามอำเภอ โดยวิธีวัดประสิทธิภาพแบบ 10-Fold Cross-validation จะแบ่งข้อมูลทั้งหมด 804 รายการเป็น 10 ส่วนเท่ากัน เพื่อหาความแม่นยำของแบบจำลอง

5. วัดประสิทธิภาพแบบจำลอง ด้วยการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของการพยากรณ์ (Accuracy) จากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) และค่ารากของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ดังนี้

5.1 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) คือค่าความแตกต่างโดยเฉลี่ยระหว่างค่าจากการพยากรณ์ และค่าจริง ดังสมการที่ (1) [13]

กำหนดให้ ตัวแปร a คือ ค่าข้อมูลที่แท้จริง

ตัวแปร y คือ ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์

ตัวแปร n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |a_i - y_i| \quad (1)$$

5.2 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Squared Error: MSE) คือการวัดความคลาดเคลื่อนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าจากการพยากรณ์และค่าจริงเฉลี่ยกำลังสอง ดังสมการที่ (2)

$$MSE = \frac{(a_1 - y_1)^2 + \dots + (a_n - y_n)^2}{n} \quad (2)$$

5.3 ค่ารากของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) คือการนำค่า MSE มาหา Squared Root ดังสมการที่ (3)

$$RMSE = \sqrt{\frac{(a_1 - y_1)^2 + \dots + (a_n - y_n)^2}{n}} \quad (3)$$

โดยแบบจำลองพยากรณ์ที่มีค่า MAE, MSE และ RMSE ต่ำที่สุดจะเป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด

6. การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ สำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุดรดิตถ์ หลังจากที่ทำกรทดสอบประสิทธิภาพการพยากรณ์เพื่อให้ได้แบบจำลองพยากรณ์ที่มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการพยากรณ์ผลผลิตทุเรียน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนนั้น ผู้วิจัยได้ออกแบบการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจโดยจะแสดงผลในลักษณะเว็บแอปพลิเคชัน โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วน Front-end และส่วน Back-end โดยที่ส่วน Front-end จะทำหน้าที่รับข้อมูลผลการพยากรณ์จากส่วน Back-end มาแสดงผล โดยการทำงาน ส่วน Back-end จะใช้ตัวเรียนรู้ที่ได้จากการคัดเลือกในแบบจำลองพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด โดยสามารถรับข้อมูล ขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ราคาผลผลิตเฉลี่ย/กิโกรัม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย จากผู้ใช้เพื่อนำมาประมวลผลและแสดงผลลัพธ์การพยากรณ์ผลผลิตทุเรียนของจังหวัดอุดรดิตถ์ได้

ในส่วนของการพัฒนาระบบฝั่ง Font-end เป็นแอปพลิเคชันที่สามารถทำงานบนอุปกรณ์พกพาและเว็บได้ พัฒนาโดยใช้ลู้คเกอร์ สตูดิโอ (Looker Studio) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล สร้างรายงานและแดชบอร์ด โดยสามารถเชื่อมต่อกับพื้นที่จัดเก็บข้อมูลบนคลาวด์ และแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยในฉบับนี้ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตทุเรียนของจังหวัดอุดรดิตถ์ มีผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

งานวิจัยนี้ได้หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตทุเรียน โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม คือผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุดรดิตถ์ (Y) และตัวแปรอิสระแต่ละตัว คือ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (X_1) อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (X_2) อุณหภูมิเฉลี่ย (X_3) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_4) ความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย (X_5) ลมกระโชก (X_6) ขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (X_7) และราคาผลผลิตเฉลี่ย/กิโลกรัม (X_8) จะได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมต่อปริมาณผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุดรดิตถ์

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
X_1	0.26	1.00							
X_2	-0.38	0.26	1.00						
X_3	0.07	0.94	0.49	1.00					
X_4	-0.08	-0.89	-0.15	-0.87	1.00				
X_5	0.27	0.22	0.22	0.19	0.06	1.00			
X_6	-0.07	-0.36	0.47	-0.25	0.59	0.65	.00		
X_7	0.35	-0.09	-0.28	-0.11	0.04	-0.26	-0.27	1.00	
X_8	0.64	-0.40	-0.29	-0.45	0.62	0.40	0.53	0.25	1.00

จากตารางที่ 3 ค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมต่อปริมาณผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุดรดิตถ์ เมื่อนำค่าที่ได้โดยนำไปเทียบกับตารางการแปลความหมายความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตามตารางที่ 1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพบว่า

1) ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามคือผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุดรดิตถ์ (Y) ที่มีความสัมพันธ์ในระดับสูง โดยมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ได้แก่ ราคาผลผลิตเฉลี่ย/กิโลกรัม (X_8) โดยมีค่าทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.64

2) ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามคือผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุดรดิตถ์ (Y) ที่มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ โดยมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ได้แก่ ขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (X_7) ความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย (X_5) และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (X_1) โดยมีค่าทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.35 0.27 และ 0.26 ตามลำดับ

3) ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามคือผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุดรดิตถ์ (Y) ที่มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก โดยมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย (X_3) โดยมีค่าทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.07

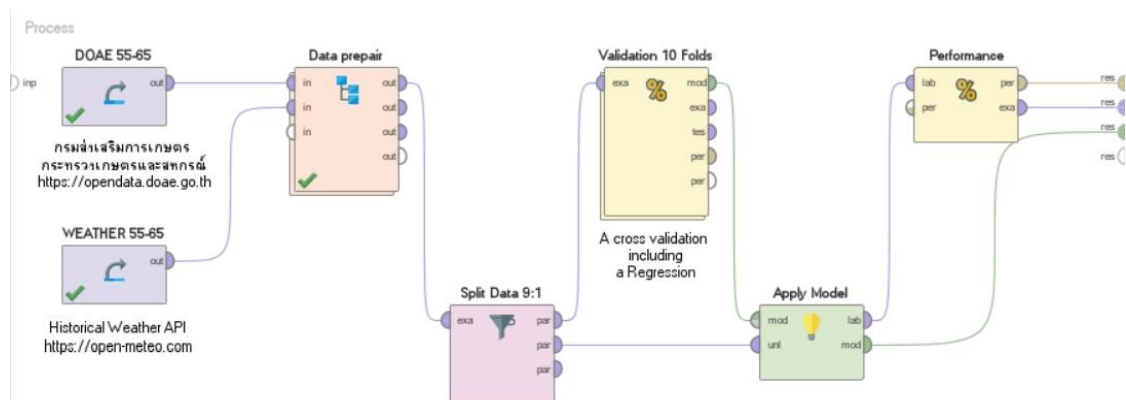
4) ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามคือผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุดรดิตถ์ (Y) ที่มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ โดยมีแนวโน้มไปในทิศทางตรงกันข้าม ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (X_2) โดยมีค่าทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.38

5) ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามคือผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุดรดิตถ์ (Y) ที่มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก โดยมีแนวโน้มไปในทิศทางตรงกันข้าม ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_4) และลมกระโชก (X_6) โดยมีค่าทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.08 และ -0.07 ตามลำดับ

โดยเมื่อนำค่า P-Value มาใช้ทดสอบสมมติฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เพื่อเปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด พบว่าเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีค่าน้อยทั้งในทิศทางเดียวกัน (ค่า +) และทิศทางตรงข้าม (ค่า -) ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย (X_3) มีค่า $r = 0.07$ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_4) มีค่า $r = -0.08$ และลมกระโชก (X_6) มีค่า $r = -0.07$ ดังนั้นตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ย (X_3) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_4) และลมกระโชก (X_6) เป็นตัวแปรอิสระที่อาจไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตทุเรียน (Y)

2. ผลการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตทุเรียน

การสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ ใช้วิธีการตรวจสอบไขว้ 10-Fold Cross-validation โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 ถึงปี พ.ศ. 2566 โดยทำการแบ่งข้อมูลทั้งหมด 804 รายการเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กันโดยข้อมูล 1 ส่วนจะประกอบไปด้วยข้อมูลประมาณ 80 รายการ จากนั้นนำข้อมูลส่วนการเรียนรู้ 9 ส่วนเข้าสู่เทคนิคการพยากรณ์ทั้ง 4 แบบ เพื่อทำการเรียนรู้ข้อมูล และทดสอบความแม่นยำด้วยข้อมูล 1 ส่วนที่เหลือ วนซ้ำการทำงานเพื่อให้ข้อมูลทุกส่วนถูกใช้ทดสอบทำการเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความแม่นยำสูงสุด โดยการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ผลผลิตทุเรียนใช้โปรแกรม Rapid Miner แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ผลผลิตทุเรียน

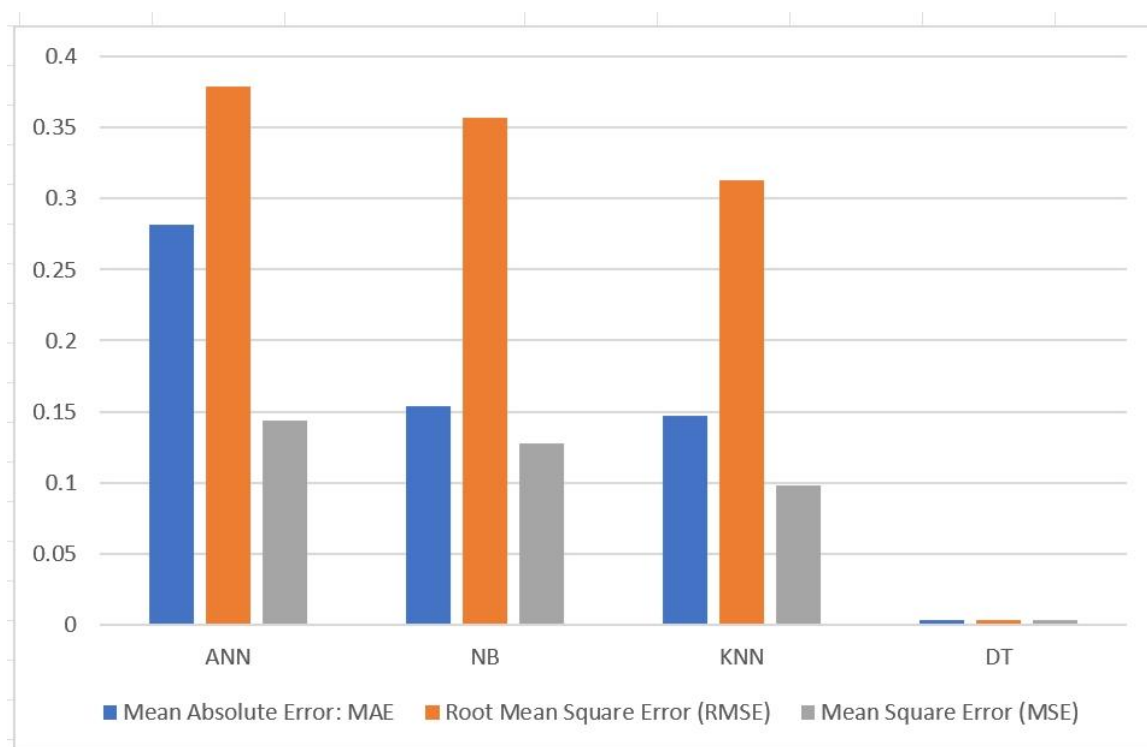
3. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตทุเรียน

จากผลการทดสอบการคัดเลือกแบบจำลองพยากรณ์จำนวน 4 แบบคือ Artificial Neural Network: ANN, Naïve Bayes: NB, K-Nearest Neighbor: KNN และ Decision Tree: DT โดยการทดลองวัดผลโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิคเพื่อหาความแม่นยำของการพยากรณ์จากค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) ค่ารากของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการพยากรณ์

ประสิทธิภาพและความแม่นยำของแบบจำลอง	ANN	NB	KNN	DT
Mean Absolute Error (MAE)	0.282	0.154	0.147	< 0.001
Root Mean Square Error (RMSE)	0.379	0.357	0.313	< 0.001
Mean Square Error (MSE)	0.144	0.128	0.098	< 0.001

จากการทดสอบเปรียบเทียบค่าทั้ง 4 แบบโดยใช้วิธี 10-Fold Cross Validation โดยเปรียบเทียบค่าความแม่นยำในการพยากรณ์จากค่า Mean Absolute Error, Root Mean Square Error และค่า Mean Square Error แสดงผลการเปรียบเทียบการทดสอบทั้ง 4 แบบ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองพยากรณ์ทั้ง 4 แบบ โดยใช้วิธี 10-Fold Cross Validation

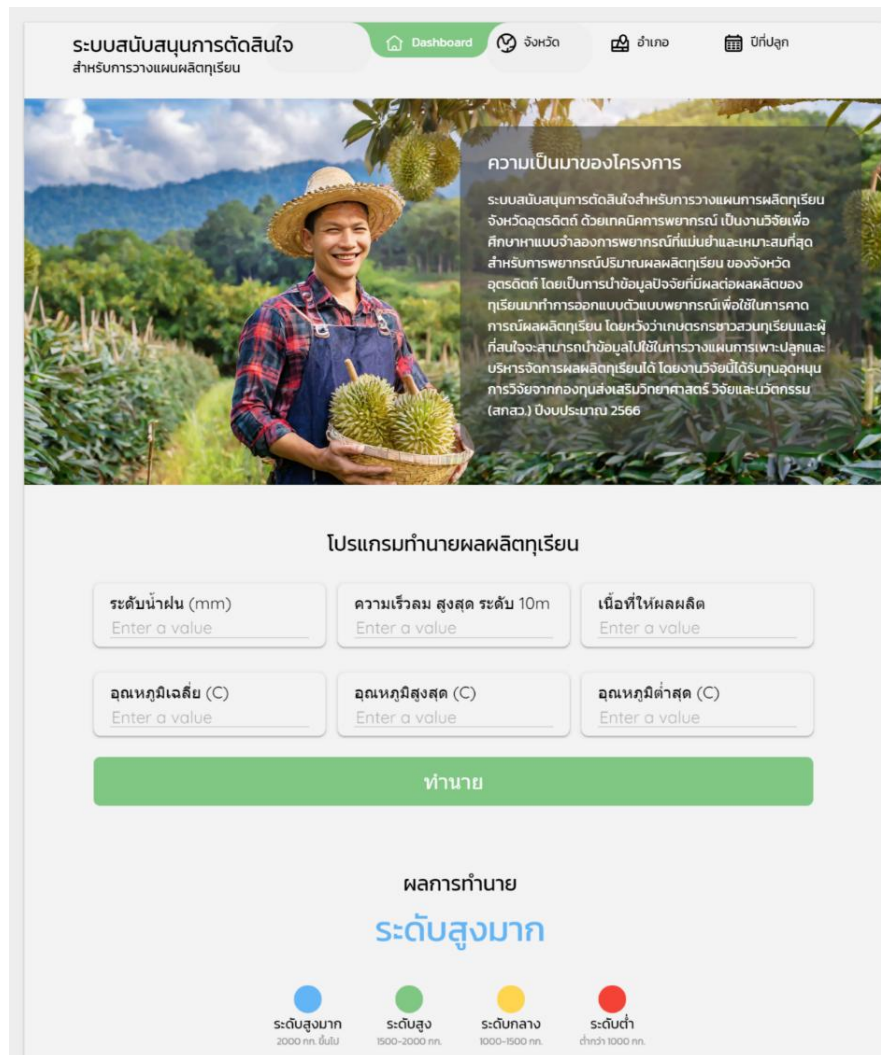
จากภาพที่ 3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลองพยากรณ์ พบว่าแบบจำลอง Decision Tree (DT) มีความแม่นยำมากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด โดยมีค่า MAE, RMSE และ MSE < 0.001 รองลงมาคือ K-Nearest Neighbor (KNN) มีค่า MAE = 0.147 ค่า RMSE = 0.313 และค่า MSE = 0.098 รองลงมาคือ Naïve Bayes (NB) มีค่า MAE = 0.154 ค่า RMSE = 0.357 และค่า MSE = 0.128 และสุดท้ายคือ Artificial Neural Network (ANN) มีค่า MAE = 0.282 ค่า RMSE = 0.379 และค่า MSE = 0.144

การสร้างแบบจำลองพยากรณ์ด้วยเทคนิควิธีต้นไม้ตัดสินใจ จะทำการคัดเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ได้แก่ ขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ราคาผลผลิตเฉลี่ย/กิโลกรัม ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิเฉลี่ย และความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย ดังภาพที่ 4

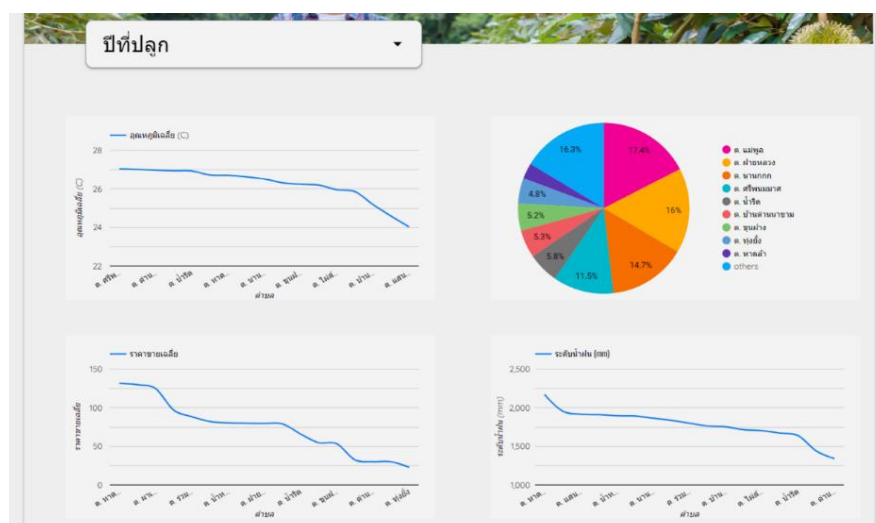


4. ผลการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุตรดิตถ์

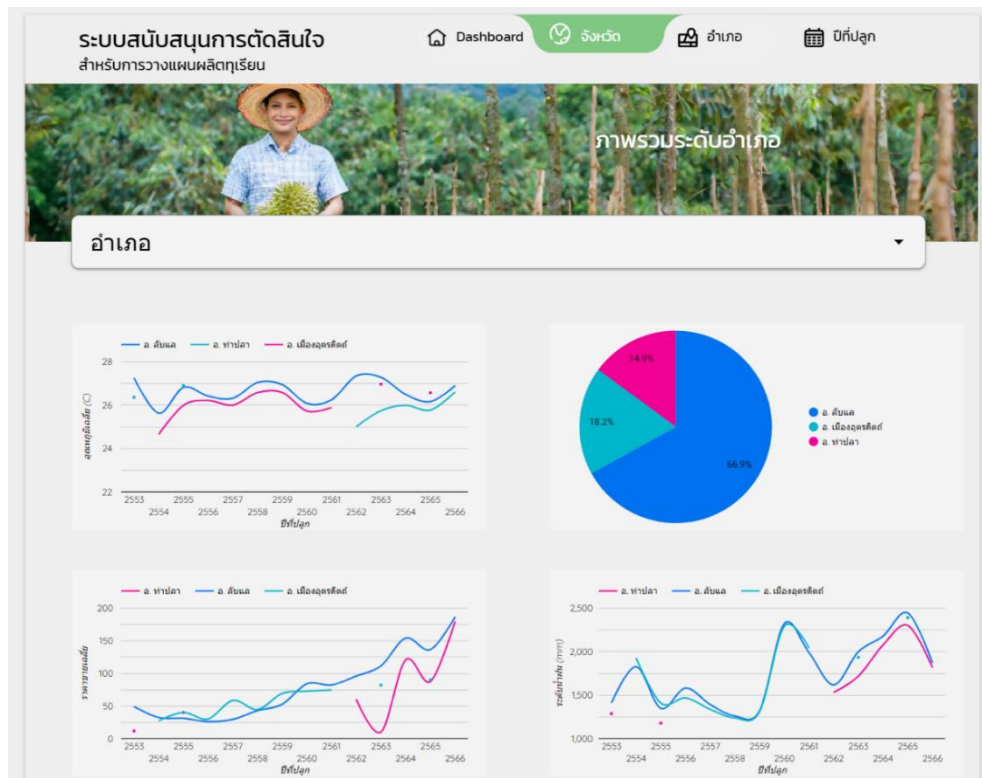
10 | Article 254421



ภาพที่ 5 หน้าแรกของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียน



ภาพที่ 6 การพยากรณ์ผลผลิตทุเรียนโดยเลือกแสดงผลตามปีที่เพาะปลูก



ภาพที่ 7 การพยากรณ์ผลผลิตทุเรียนโดยเลือกแสดงผลตามอำเภอ

ผู้วิจัยได้นำระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุตรดิตถ์ให้ผู้ใช้ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายจำนวน 10 คน ได้ทดลองใช้ระบบโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจระบบในภาพรวม จากคะแนนเต็ม 5.00 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 อยู่ในระดับดี

สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุตรดิตถ์ ด้วยเทคนิคการพยากรณ์ พบว่าปัจจัยขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยมีความสัมพันธ์ในระดับสูง มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากหากมีพื้นที่ในการเพาะปลูกหรือเก็บเกี่ยวผลผลิตมาก ก็จะสามารถให้ผลผลิตทุเรียนมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนันทศันย์ เจริญงาม และวิหมา ธรรมเจริญ [14] ได้ทำการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตทุเรียนโดยแบบจำลองพยากรณ์ปริมาณผลผลิตทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี ซึ่งผลการศึกษาพบว่า พื้นที่เพาะปลูกทุเรียนในจังหวัดจันทบุรีมีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี เช่นเดียวกัน

การสร้างและวิเคราะห์แบบจำลองการพยากรณ์ผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุตรดิตถ์ ใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมและข้อมูลผลผลิตทุเรียนจังหวัดอุตรดิตถ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2566 โดยมีการหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมต่อปริมาณผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุตรดิตถ์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตทุเรียน ได้แก่ ขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ราคาผลผลิตเฉลี่ย/กิโลกรัม อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย และความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย จากนั้นนำข้อมูลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องมาผ่านกระบวนการทำความสะอาดข้อมูล และสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีการตรวจสอบไขว้ 10 - Fold Cross Validation โดยทดสอบการพยากรณ์ 4 ทั้งแบบคือ โครงข่ายประสาทเทียม เนอรัลเน็ตเวิร์ก และต้นไม้ตัดสินใจเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลองพยากรณ์

จากค่า Mean Absolute Error: MAE ค่า Mean Square Error: MSE และค่า Root Mean Square Error: RMSE พบว่าแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่ารากของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุดคือมีค่า <0.01 รองลงมาคือแบบจำลองเคเนียร์เซนเบอร์ เนอเพย์ และโครงข่ายประสาทเทียมตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของปรีชา ลิ้มตระกูล และคณะ [15] ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล และพัฒนาระบบสารสนเทศการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง โดยใช้อัลกอริธึมต้นไม้ตัดสินใจ พบว่ามีความแม่นยำสูงสุดและน่าเชื่อถือที่ได้จากต้นไม้ตัดสินใจไปใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง ดังนั้นจึงนำเทคนิควิธีแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยผลการประเมินการใช้งานระบบอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ซึ่งระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตทุเรียนจังหวัดอุตรดิตถ์ที่พัฒนานี้จะเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่จะสามารถช่วยให้เกษตรกรชาวสวนทุเรียนสามารถทราบค่าคาดการณ์ผลผลิตล่วงหน้า รวมถึงนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนการเพาะปลูกและบริหารจัดการผลผลิตทุเรียน และใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตรของพืชชนิดอื่น ๆ ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

- 1) หากมีการศึกษาเทคนิคพยากรณ์วิธีอื่นเพิ่มเติมอาจจะทำให้ได้ค่าการพยากรณ์ที่ต่างกันในแต่ละเทคนิค
- 2) งานวิจัยนี้ในขั้นตอนการทำความสะอาดข้อมูลพบว่าบางปีเพาะปลูก ข้อมูลผลผลิตรายอำเภอมีข้อมูลสูญหายทำให้อาจจะมีข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสอนระบบไม่มากพอ และความหลากหลายของข้อมูลอาจมีน้อย
- 3) อาจเพิ่มตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณผลผลิตทุเรียนในจังหวัดอุตรดิตถ์ เช่น ราคาปุ๋ย รายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือน ฯลฯ เข้ามาใช้ในการสร้างแบบจำลองพยากรณ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องของการทดสอบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทว.) ประจำปีงบประมาณ 2566

เอกสารอ้างอิง

- [1] Uttaradit Provincial Agricultural. (2023). *Growing important economic crops in Uttaradit Province*. Strategic group, Department of Agricultural Extension, Uttaradit Province.
- [2] Khunjade, S. (2018). Environmental factors affecting the production of Monthong Durian in Chanthaburi Province. *Kehakaset Magazine*, 42(10), 117-119.
- [3] Jitdee, P., and Aor-isoorn, C. (2009). *Durian production in Muang Laplae*. Academic documents on durian production, Laplae, Uttaradit Province: Office of Agricultural Research and Development.
- [4] Department of Agricultural. (2020). *Durian production*.
<https://www.doa.go.th/share/attachment.php?aid=2973>
- [5] Department of Agricultural Extension. (2023). *Agricultural production information service system*. Ministry of Agriculture and Cooperatives. <https://production.doe.go.th/service/site/>
- [6] Srinin, P. (2018). *Forecasting system for durian yield cv. Monthong based on influence factors of climatic data* [Research report]. Faculty of Science and Arts, Burapha University.

- [7] Pacharawongsakda, E. (2022). Practical data science with rapidminer studio. Nonthaburi: IDC.
- [8] Boonrawd, P., and Phonyiam K. (2017). A cassava price forecasting model using a multi-layer artificial neural network. *Thai Science and Technology Journal*, 25(3), 533-543.
- [9] Bualerd, P. (2019). *Recommendation system for precision agriculture using data mining technique* [Unpublished bachelor's thesis]. King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
- [10] Sinsomboonthong, S. (2020). An efficiency comparison in prediction of khao dokmali 105 paddy rice classification with data mining techniques. *Thai Science and Technology Journal*, 28(3), 394-402.
- [11] Best, J. W. (1977). *Research in Education* (3rd ed). Englewood cliffs: N.J.: Prentice-Hall Inc.
- [12] Vijitwanna, S. (2022). Correlation in statistics: How to use. *Journal of Humanities and Social Sciences, Rajapruk University*, 8(2), 1-15.
- [13] Yuk, W., and Thongkam, J. (2018). Comparison of time series techniques for predicting gold and oil prices. *RMUTI Journal Science and Technology*, 11(2), 154-167.
- [14] Charoenngam, N., and Dhamcharoen, V. (2018). *Prediction of durian quantity by modeling durian quantity in Chanthaburi province* [Research report]. Rambhai Barni Rajabhat University.
- [15] Limtrakul, P., Jaroenpuntaruk, V., and Pornpatcharapong, W. (2016). Development of a model to predict cassava yield using data mining. *Science and Technology*, 3(3), 15-36.