

การพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกด้วยปัญญาประดิษฐ์เพื่อพยากรณ์
ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ประเทศไทย

DEVELOPED AN ANALYTICAL MODEL USING ARTIFICIAL
INTELLIGENCE TO PREDICT THE RESULTS OF THE VALUE ADDED TAX
A CASE STUDY OF THE REVENUE DEPARTMENT THAILAND

นำโชค ตั้งวงศ์ *

Numchok Tangwong

ดร. สุขสวัสดิ์ ญัณฐวุฒิสิตี **

Dr. Sooksawaddee Nattawuttisit

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ประเทศไทย 2) เพื่อพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกด้วยปัญญาประดิษฐ์เพื่อพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ประเทศไทย และ 3) เพื่อทดสอบและประเมินผลการพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากรด้วยปัญญาประดิษฐ์ โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ข้อมูลผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) และข้อมูลนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติที่เดินทางมาประเทศไทยจำนวน 16 ปี ซึ่งเป็นข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2565 และช่วงระยะเวลาของสถานการณ์โควิด-19 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ โปรแกรม RapidMiner Studio โดยใช้เทคนิค Neural Networks, Random Forest และ Support Vector Machines สำหรับสร้างตัวแบบวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดทำประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มผลการวิจัยพบว่า เทคนิค Neural Networks สามารถพยากรณ์ได้ใกล้เคียงกับค่าผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มจริงมากที่สุด โดยมีความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error : MAE) เท่ากับ 768.27 ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) ที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 920.96 และค่าความผันแปร (R-squared : R²) สูงที่สุด เท่ากับ 0.98

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์, เครือข่ายประสาทประดิษฐ์, ภาษีมูลค่าเพิ่ม, วิเคราะห์ข้อมูล, การพยากรณ์

* นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ปีการศึกษา 2566

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

* Student in M.SIT., School in Information Technology, Sripatum University, Academic Year 2023

* * Assistant Professor, Master of Science in Information Technology, Faculty of Information Technology, Sripatum University.

Corresponding author. e-Mail: Sooksawaddee.na@spu.ac.th

ABSTRACT

This research aimed to (1) study the factors related to the Value Added Tax (VAT) collection by the Thai Revenue Department, (2) develop an in-depth data analysis model using artificial intelligence to forecast the estimated VAT collection by the Thai Revenue Department, and (3) test and evaluate the VAT collection forecast using artificial intelligence. The sample group included data on VAT collections from the Revenue Department, Thailand's Gross Domestic Product (GDP), and foreign tourist entries to Thailand over a period of 16 years from 2007 to 2022, including the COVID-19 period. RapidMiner Studio software was employed to create a model for in-depth data analysis using techniques such as Neural Networks, Random Forest and Support Vector Machines. The study found that the results from Neural Networks were the most accurate in predicting VAT collection when compared to actual VAT collection data, with a Mean Absolute Error (MAE) of 768.27, Root Mean Square Error (RMSE) of 920.96 and R-squared (R^2) value of 0.98.

Keywords: Artificial Intelligence, Artificial Neural Networks, Value Added Tax, Data Analysis, Prediction

บทนำ

กรมสรรพากรเป็นหน่วยงานหลักในการจัดเก็บรายได้เพื่อนำมาพัฒนาประเทศ โดยจัดเก็บภาษีอากรตามบทบัญญัติของประมวลรัษฎากร ปัจจุบันประเทศไทยได้แบ่งการจัดเก็บภาษี ซึ่งสามารถแบ่งภาษีอากรออกเป็น 2 ประเภท คือ ภาษีทางตรงและภาษีทางอ้อม ซึ่งภาษีทางตรง คือภาษีที่ผู้มีหน้าที่เสียภาษีไม่สามารถผลักความรับผิดชอบทางภาษีของตนเองไปให้บุคคลอื่นได้ และภาษีทางอ้อม คือ ภาษีที่ผู้มีหน้าที่ต้องเสียภาษีสามารถผลักภาระทางภาษีไปให้บุคคลอื่นได้ ซึ่งภาษีที่จัดเก็บได้มากที่สุดของประเทศไทยคือ ภาษีมูลค่าเพิ่ม ตามประมวลรัษฎากร “ภาษีมูลค่าเพิ่ม” เป็นภาษีทางอ้อมประเภทหนึ่งจัดเก็บจากฐานการบริโภคทั่วไป โดยผู้มีหน้าที่เสียภาษีมูลค่าเพิ่ม ได้แก่ ผู้ขาย โดยเรียกเก็บจากผู้ซื้อสินค้าหรือบริการ และผู้นำเข้าสินค้า เป็นรายได้หลักที่นำมาใช้พัฒนาประเทศ (สุเมธ ศิริคุณโชติ และคณะ, 2565) ทั้งนี้ ภาษีมูลค่าเพิ่มเป็นภาษีที่จัดเก็บได้มากที่สุดในทุกประเภทภาษี จึงเป็นรายได้หลักที่นำมาใช้พัฒนาประเทศ ตามรายงานผลการจัดเก็บรายได้กระทรวงการคลัง ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2565 ถึงเดือนสิงหาคม 2566 (กระทรวงการคลัง, 2566) (รูปที่ 1)



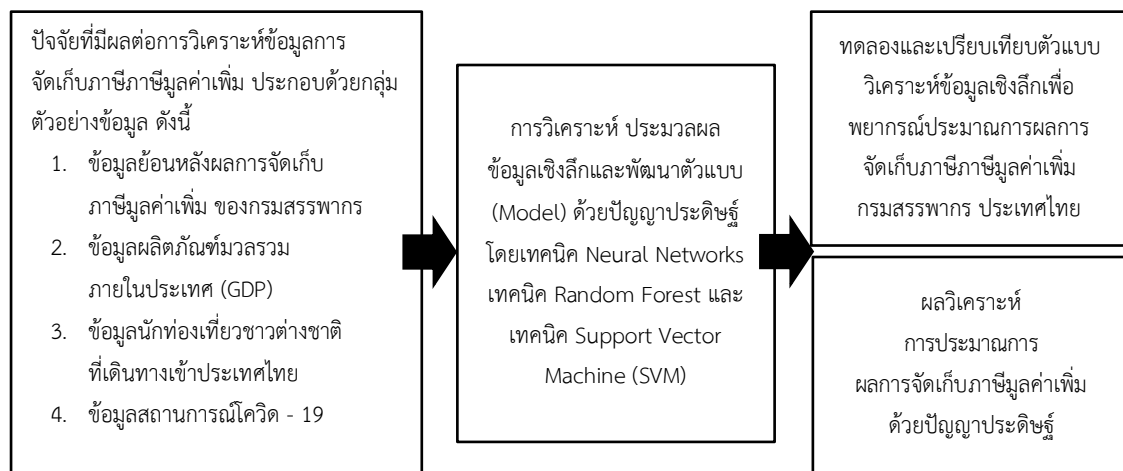
รูปที่ 1 รายงานผลการจัดเก็บรายได้กระทรวงการคลัง ปีงบประมาณ 2566

กรมสรรพากรได้ดำเนินการจัดทำแผนปฏิบัติการราชการกรมสรรพากร ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 – พ.ศ. 2570 โดยมุ่งเน้นความรวดเร็ว และผลลัพธ์ที่สร้างการเปลี่ยนแปลงที่จับต้องได้อย่างเป็นรูปธรรม เพื่อให้ผู้เสียภาษีได้รับความสะดวกในการใช้บริการ และลดงานเจ้าหน้าที่กรมสรรพากร โดยมีเป้าหมายในการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) มาใช้ในการทำงาน เพื่อลดระยะเวลาและขั้นตอนในการทำงาน เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในกระบวนการงานสำคัญ โดยการนำระบบปัญญาประดิษฐ์มาช่วยในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ (กรมสรรพากร, 2566)

จากที่กล่าวมาจึงมีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นไปที่การศึกษาหลักการและพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ เพื่อพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร เนื่องจากภาษีมูลค่าเพิ่มเป็นรายได้ของรัฐบาลที่จัดเก็บได้มากที่สุดในทุกประเภทภาษี จึงเป็นรายได้หลักที่นำมาใช้จ่ายของรัฐบาลในการพัฒนาประเทศ โดยจัดเก็บจากการบริโภคสินค้าและบริการของประชาชน มีฐานภาษีกว้าง และมีความบิดเบือนทางเศรษฐกิจน้อย ซึ่งในแต่ละปีจะมีการจัดทำประมาณการรายได้และรายจ่ายของประเทศ เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนจัดการเบิกจ่ายงบประมาณในการบริหารประเทศ หากประมาณการรายได้ไว้สูงกว่าที่จัดเก็บได้จริง จะส่งผลให้การจัดเก็บรายได้ไม่เป็นไปตามแผน ทำให้ต้องกู้ยืมเงินเพื่อชดเชยการขาดดุลงบประมาณ ก่อให้เกิดหนี้สาธารณะเพิ่มขึ้น (ณรงค์ชัย รุติพันธ์พงศ์, 2565) ผู้วิจัยจึงนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ในการจัดทำประมาณการผลจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่ม และเป็นไปตามแผนปฏิบัติการราชการกรมสรรพากรในการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการทำงาน อันมีประโยชน์ต่อการวางแผนจัดการเบิกจ่ายงบประมาณในการบริหารประเทศ ซึ่งหากจัดทำประมาณการได้แม่นยำ จะส่งผลให้การวางแผนการบริหารจัดการเบิกจ่ายงบประมาณมีประสิทธิภาพ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง “พัฒนาตัวแบบวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกด้วยปัญญาประดิษฐ์เพื่อพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ประเทศไทย” เพื่อให้ได้มาซึ่งตัวแบบการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกด้วยปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่ม ของกรมสรรพากร ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่ม จากนั้นพัฒนาตัวแบบการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเพื่อนำชุดข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ไปพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่ม (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ทฤษฎี

ภาษีมูลค่าเพิ่ม (Value Added Tax) หมายถึง ภาษีที่เก็บจากมูลค่าของสินค้าหรือบริการที่เพิ่มขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการผลิต และการจำหน่ายสินค้าหรือบริการชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นภาษีที่ผู้ซื้อหรือผู้รับบริการคนสุดท้ายเป็นผู้รับภาระ (สุจิตรา แหลมหลักสกุล และ อัสมิงพงค์ ฉัตราคม, 2563)

ปัญญาประดิษฐ์ หมายถึง ระบบประมวลผลของคอมพิวเตอร์ หุ่นยนต์ เครื่องจักร หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ มีความสามารถในการวิเคราะห์เชิงลึกที่คล้ายกับความฉลาดของมนุษย์ (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2564) เป็นเทคโนโลยีที่มีความจำเป็นในการใช้ข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ ประมวลผล เพื่อหาแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจต่าง ๆ (สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล, 2562)

โครงข่ายประสาทเทียม เป็นเทคนิคที่มีการทำงานโดยการเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ ประกอบด้วยกลุ่มของเพอร์เซปตรอน (Perceptron) หรือเซลล์ประสาทหลาย ๆ ตัวในแต่ละชั้น โครงสร้างพื้นฐานของเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย ชั้นข้อมูลนำเข้า (Input Layer) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นข้อมูลส่งออก (Output Layer) (Maher et al., 2021)

เทคนิค Random Forest มีพื้นฐานมาจากอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Trees) โดยประกอบด้วยการสร้างหลายโมเดลของต้นไม้ตัดสินใจในแบบที่แตกต่างกันโดยการสุ่มตัวแปรที่ใช้ในแต่ละโมเดลและประมวลผลเพื่อหาผลลัพธ์ที่ซ้ำกันมากที่สุดเป็นคำตอบสุดท้าย (กานต์สินี เจริญกิจวัชรชัย, 2561)

Support Vector Machine (SVM) มีความสามารถในการจัดการกับปัญหาการจำแนกประเภททั้งในรูปแบบเชิงเส้น (linear) และไม่ใช่เชิงเส้น (nonlinear) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถประมวลผลและจำแนกข้อมูลที่มีความซับซ้อนได้อย่างแม่นยำ (IBM, 2023) และสามารถใช้ในการวิเคราะห์การถดถอย โดยการค้นหาฟังก์ชันที่ประมาณความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนำเข้า (Input) และตัวแปรเป้าหมายที่ต่อเนื่อง (Alakh Sethi, 2024)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิระ จิรกิจอนุสรณ์, ชุติรัตน์ จรัสกุลชัย (2553) วิจัยเรื่องการคาดการณ์ภาษีมูลค่าเพิ่มด้วยเทคนิคของเหมืองข้อมูล โดยใช้ข้อมูล ดัชนีการลงทุนภาคเอกชน ดัชนีการอุปโภคบริโภคภาคเอกชน ค่าดัชนีราคาผู้บริโภค รายจ่ายภาครัฐ และดัชนีสินค้านำเข้า ซึ่งใช้อัลกอริทึม Multilayer Perceptron และ Linear Regression ได้ผลสรุปว่า แบบจำลอง Multilayer perceptron มีผลการพยากรณ์ผิดพลาดน้อยที่สุด และพยากรณ์ถูกต้อง เฉลี่ยเป็นร้อยละ 98

สุจิตรา แหลมหลักสกุล, อสมิณพงศ์ ฉัตรราชม (2563) วิจัยเรื่องการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ อัตราการเปิดประเทศ ดัชนีราคาผู้บริโภค และข้อมูลการใช้จ่ายในการบริโภคของเอกชน ซึ่งใช้อัลกอริทึมสมการถดถอยเชิงซ้อน (multiple linear regression) ได้ผลสรุปว่า ปัจจัยผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ อัตราการเปิดประเทศ ดัชนีราคาผู้บริโภคในปีที่ผ่านมา และการใช้จ่ายในการบริโภคของเอกชน มีความสัมพันธ์กับการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของประเทศไทย ในระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

วัชรารณ หวังพงษ์ (2566) วิจัยเรื่องการจัดเก็บรายได้ของรัฐบาลจากภาคการท่องเที่ยวและแนวโน้มปี 2566 พบว่า ประเทศไทยมีการเรียกเก็บภาษีทั้งทางตรงและทางอ้อมเกี่ยวกับกิจกรรมการท่องเที่ยวหลายรายการ ซึ่งสรุปได้ว่า จำนวนและค่าใช้จ่ายของนักท่องเที่ยวต่างชาติจะส่งผลต่อรายได้จากการท่องเที่ยว หากรายได้จากการท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นจะทำให้รัฐบาลจัดเก็บภาษีได้เพิ่มขึ้น

อารีนา อาซฟา ฟิกิริยา, ซันนี่ อิกมวาตี (2020) วิจัยเรื่องการใช้เทคนิค Support Vector Machine (SVM) เพื่อใช้ในการพยากรณ์ กรณีศึกษาภาษีของรัฐบาล ในจังหวัดลำปางใต้ ของประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งใช้ข้อมูลการจัดเก็บภาษีย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 2016 - ค.ศ. 2018 ผลลัพธ์ที่ได้คือผลของการพยากรณ์ และผลการจัดเก็บภาษีในปี ค.ศ. 2019 ช่วง 6 เดือนแรกใกล้เคียงกัน สามารถใช้การพยากรณ์ดังกล่าวในการช่วยตัดสินใจการจัดทำประมาณการในปีถัดไปได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ประเทศไทย
2. เพื่อพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกด้วยปัญญาประดิษฐ์เพื่อพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ประเทศไทย
3. เพื่อทดสอบและประเมินผลการพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากรด้วยปัญญาประดิษฐ์

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกด้วยปัญญาประดิษฐ์เพื่อพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ประเทศไทย โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย

1. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษารั้ครั้งนี้มีลักษณะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) โดยมีตัวแปรตามที่รวบรวมข้อมูลจากรายงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

(1.1) ข้อมูลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 - พ.ศ. 2565 (16 ปี) (กระทรวงการคลัง, 2566) ดังตัวอย่าง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร

ต.ค. 2555	พ.ย. 2555	ธ.ค. 2555	ม.ค. 2556	ก.พ. 2556	มี.ค. 2556	เม.ย. 2556	พ.ค. 2556	มิ.ย. 2556
58,962	61,600	57,487	62,107	56,913	57,134	59,568	56,123	56,374

จากตารางที่ 1 แสดงข้อมูลตัวอย่างจำนวนเงินภาษี จากการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากรในอดีตเป็นรายเดือน มีหน่วยของข้อมูลเป็นล้านบาท

(1.2) ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 - พ.ศ. 2565 (16 ปี) (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2566) ดังตัวอย่าง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP)

	Private_ final	Govern_ final	Gross_ fixed	Invent ories	Ex_ g and s	Ex_ goods	Ex_ services	Im_ g and s	Im_ goods	Im_ services
2560	7,578,737	2,524,405	3,579,177	-26,961	10,326,731	7,920,724	2,406,007	8,397,736	6,815,778	1,581,958
Q1	1,802,675	599,999	925,671	-50,235	2,601,044	1,963,019	638,025	2,030,987	1,641,954	389,033
Q2	1,929,254	614,686	901,492	-76,343	2,440,662	1,912,156	528,506	2,070,892	1,680,614	390,278
Q3	1,924,501	673,366	834,977	-78,300	2,658,181	2,048,831	609,350	2,083,512	1,710,848	372,664
Q4	1,922,307	636,354	917,037	177,917	2,626,844	1,996,718	630,126	2,212,345	1,782,362	429,983

จากตารางที่ 2 แสดงข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศในปี พ.ศ. 2560 โดยแบ่งเป็น 4 ไตรมาส มีหน่วยของข้อมูลเป็นล้านบาท และมีรายละเอียดข้อมูล ดังนี้ การใช้จ่ายของ

การบริโภคสุดท้ายของภาคเอกชน: Private Final Consumption Expenditure การใช้จ่ายของการ
บริโภคสุดท้ายของภาครัฐ: General Government Final Consumption Expenditure การสร้าง
เงินทุนคงที่รวม: Gross Fixed Capital Formation การเปลี่ยนแปลงในสินค้าคงคลัง: Change in
Inventories การส่งออกสินค้าและบริการ: Exports of Goods and Services การส่งออกสินค้า:
Exports of Goods การส่งออกบริการ: Exports of Services การนำเข้าสินค้าและบริการ: Imports
of Goods and Services การนำเข้าสินค้า: Imports of Goods และการนำเข้าบริการ: Imports of
Services

(1.3) ข้อมูลนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางเข้าประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 -
พ.ศ. 2565 (16 ปี) (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2566) ดังตัวอย่าง ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางเข้าประเทศไทย

เดือนปี	จำนวนนักท่องเที่ยวต่างประเทศ (คน)
ม.ค. 2550	1,150,057
ก.พ. 2550	1,169,361
มี.ค. 2550	1,164,643

จากตารางที่ 3 แสดงข้อมูลตัวอย่างปี พ.ศ. 2550 จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทาง
เข้าประเทศไทย มีหน่วยของข้อมูลเป็นคน

(1.4) ช่วงเวลาประกาศลดการเดินทางสถานการณ์โควิด-19 (COVID-19) ของประเทศไทย
ตั้งแต่วันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2563 - วันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2564 (สำนักงานสภาพัฒนาการ
เศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2566) ดังตัวอย่าง ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลช่วงเวลาประกาศลดการเดินทางสถานการณ์โควิด-19 (COVID-19)

ประกาศสถานการณ์ฉุกเฉิน	มีผลบังคับใช้ วันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2563
ประกาศกำหนดพื้นที่นำร่องท่องเที่ยว	วันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2564

จากตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการประกาศสถานการณ์ฉุกเฉินของประเทศไทย จากสถานการณ์
โควิด-19 (COVID-19) ประกาศโดยศูนย์ปฏิบัติการศูนย์บริหารสถานการณ์โควิด-19 (ศปก.ศบค.)

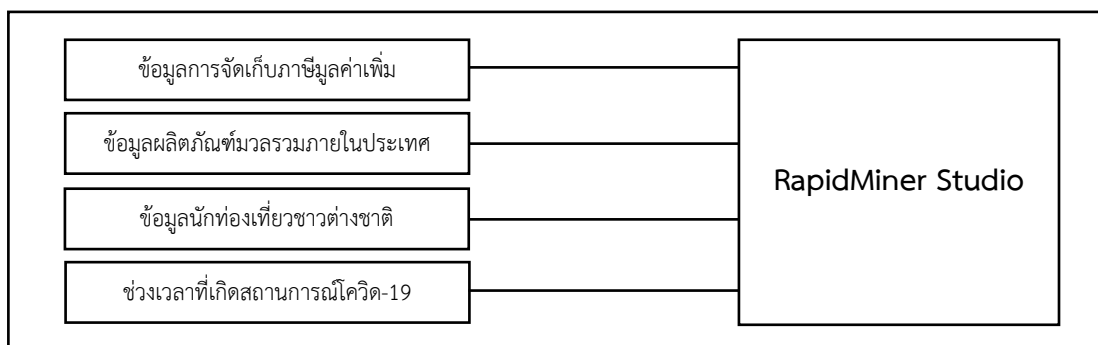
2. การจัดการข้อมูล

เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับนำมาใช้ในแบบจำลองทางปัญญาประดิษฐ์ (Neural Network) ผู้วิจัย
ได้เลือกตัวแปรจากข้อมูลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร และข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวม
ภายในประเทศ (GDP) ข้อมูลนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางเข้าประเทศไทย และช่วงเวลาที่เกิด
สถานการณ์โควิด-19 (COVID-19) ที่จะนำมาใช้ในแบบจำลอง โดยเบื้องต้นพิจารณาจากตัวแปรที่ได้จาก
การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และคัดเลือกตัวแปรที่น่าสนใจ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าจะมีผลต่อการประมาณการ

ผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร จากนั้นจึงดำเนินการปรับค่าตัวแปรให้อยู่ในรูปแบบที่สอดคล้องกันในแต่ละปี และพิจารณาภาพรวมของตัวแปรแต่ละตัวแปรว่ามีความครบถ้วน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์เพื่อนำไปสร้างโมเดลพยากรณ์ต่อไป

3. การออกแบบการวิจัย

การออกแบบการวิจัยระบบสนับสนุนการจัดทำประมาณการภาษีมูลค่าเพิ่ม (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 การออกแบบระบบสนับสนุนการจัดทำประมาณการภาษีมูลค่าเพิ่ม

4. การดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลอง มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 4 ชุดข้อมูล ประกอบด้วย 1) ชุดข้อมูลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร 2) ชุดข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) 3) ชุดข้อมูลนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางเข้าประเทศไทย โดยเก็บรวบรวมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2565 เป็นระยะเวลา 16 ปี และ 4) ช่วงเวลาที่เกิดสถานการณ์โควิด-19 (COVID-19) โดยใช้เครื่องมือโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล RapidMiner Studio ในการวิเคราะห์และการพยากรณ์

5. การวัดประสิทธิภาพตัวแบบการพยากรณ์

งานวิจัยนี้เป็นการพยากรณ์ในรูปแบบ Regression โมเดลเป็นการหาค่าประมาณการภาษีมูลค่าเพิ่มที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่จัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มได้จริง โดยใช้สมการคำนวณค่าความผิดพลาด เกณฑ์ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) เกณฑ์ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และเกณฑ์ค่าความผันแปร (R-squared: R^2) (Chicco D, Warrens MJ, Jurman G., 2021) ได้ตามสมการที่ (1) – (3) ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (X_i - Y_i)^2} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |X_i - Y_i| \quad (2)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^m (\bar{Y} - Y_i)^2} \quad (3)$$

ผลการวิจัย

ผู้วิจัย ทำการศึกษาเอกสาร และข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ รวมถึงการสอบถาม ผู้ที่เกี่ยวข้องด้านประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร เพื่อระบุเป้าหมาย ความต้องการในการกำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่ม ซึ่งจัดเก็บข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) โดยมีตัวแปรตามที่รวบรวมข้อมูล จากรายงานของหน่วยงานเพื่อใช้ในการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมข้อมูล

การจัดเตรียมข้อมูลจากแหล่งต้นทางต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลจากแหล่งต้นทางมีรูปแบบในการ จัดเก็บข้อมูลวันที่ที่แตกต่างกัน และมีข้อมูลที่ผู้วิจัยไม่ได้ใช้เป็นตัวแปรในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ จึงดำเนินการปรับรูปแบบของข้อมูลและรวบรวมข้อมูลปัจจัยตัวแปรให้เหมาะสมกับการดำเนินการวิจัย และกำหนดค่าคุณลักษณะ (Attribute) ให้เหมาะสม พร้อมทั้งดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วน พร้อมใช้งานของชุดข้อมูลที่ต้องการนำมาใช้ในการวิเคราะห์บนโปรแกรม RapidMiner Studio

2. การสร้างโมเดล

ผู้วิจัยสร้างตัวแบบวิเคราะห์ (Model) ด้วยเทคนิคต่าง ๆ จำนวน 3 วิธี เพื่อพยากรณ์ผล การจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร และเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ หาโมเดลที่มีความแม่นยำ มากที่สุดเพื่อนำไปใช้งาน ได้แก่ 1) โมเดล neural networks 2) โมเดล Random Forest และ 3) โมเดล Support Vector Machine (SVM) ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างตัวแบบวิเคราะห์ (Model) โดยการใช้โอเปอเรเตอร์ (Operators) ต่าง ๆ ของโปรแกรม RapidMiner Studio ซึ่งแต่ละโอเปอเรเตอร์ (Operators) ผู้วิจัยกำหนดค่าเพื่อทดสอบตัวแบบวิเคราะห์ (Model) ดังนี้

2.1 การกำหนด label (Set Role) ของคุณลักษณะ (Attribute) ตัวแปร “VAT” เป็น label เพื่อใช้เป็นตัวแปรตาม (Dependent variable) เพื่อใช้พยากรณ์

2.2 กำหนดส่วนแบ่งของข้อมูล (Split Data) โดยการแบ่งข้อมูลเป็นสองส่วน คือ กำหนดให้ข้อมูลส่วนที่ 1 จำนวน 70% เป็นข้อมูลสำหรับสร้างโมเดล (Training Set) และข้อมูล ส่วนที่ 2 จำนวน 30% เป็นข้อมูลสำหรับทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล (Testing Set)

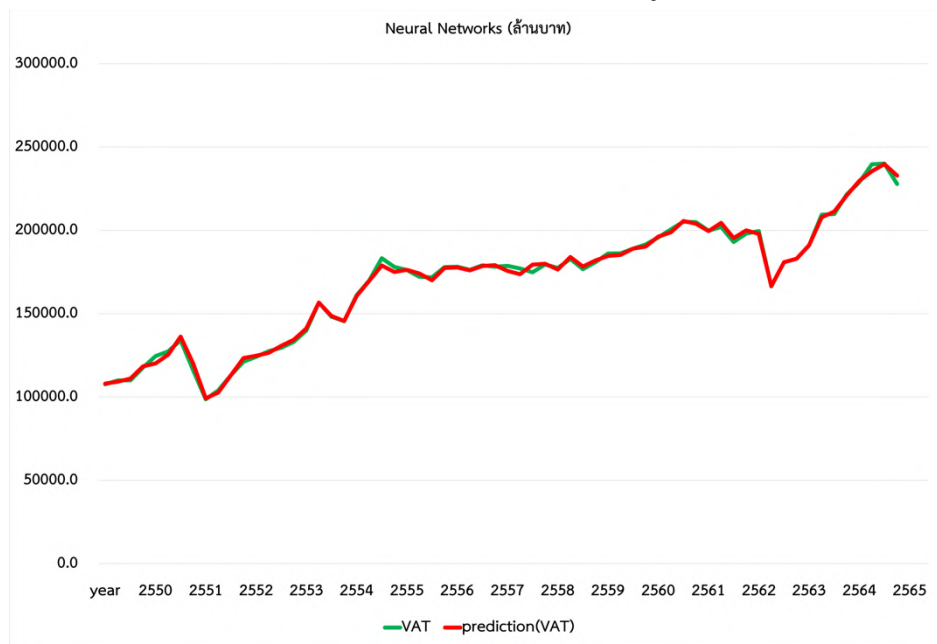
2.3 การแบ่งข้อมูลด้วย Cross Validation ผู้วิจัยแบ่งเคโฟลด์ ครอส วาลิเดชัน (k-Fold Cross Validation) กำหนดให้ค่า $k = 10$ โดยการแบ่งข้อมูลด้วยการเรียนรู้ และทดสอบจำนวน 10 รอบ โดยในแต่ละรอบจะใช้ข้อมูลจำนวน 1 ชุดที่ไม่ซ้ำกันมาเป็นข้อมูลชุดทดสอบ

2.4 การหาความสัมพันธ์ของข้อมูลและวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์ด้วย Correlation Matrix

3. ผลการทดลอง

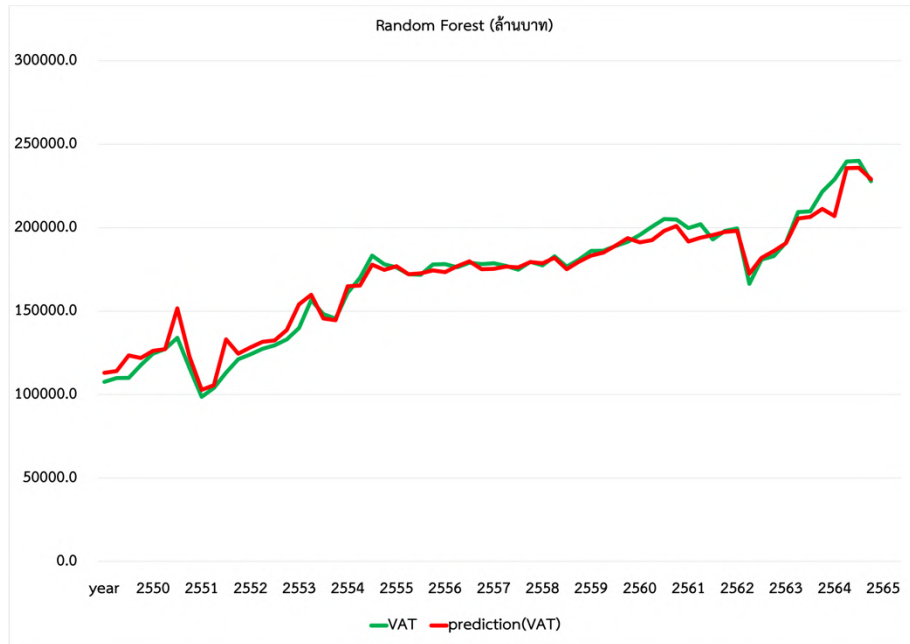
การวิจัยนี้ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ได้จากชุดข้อมูล เพื่อพัฒนาโมเดลปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้ในการพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่ม ด้วยเทคนิค Neural Networks, Random Forest และ Support Vector Machines โดยนำผลลัพธ์จากการพยากรณ์มาเปรียบเทียบกับค่าผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มที่จัดเก็บจริง และประเมินผลความแม่นยำของการพยากรณ์

3.1 ผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Neural Networks (รูปที่ 4)



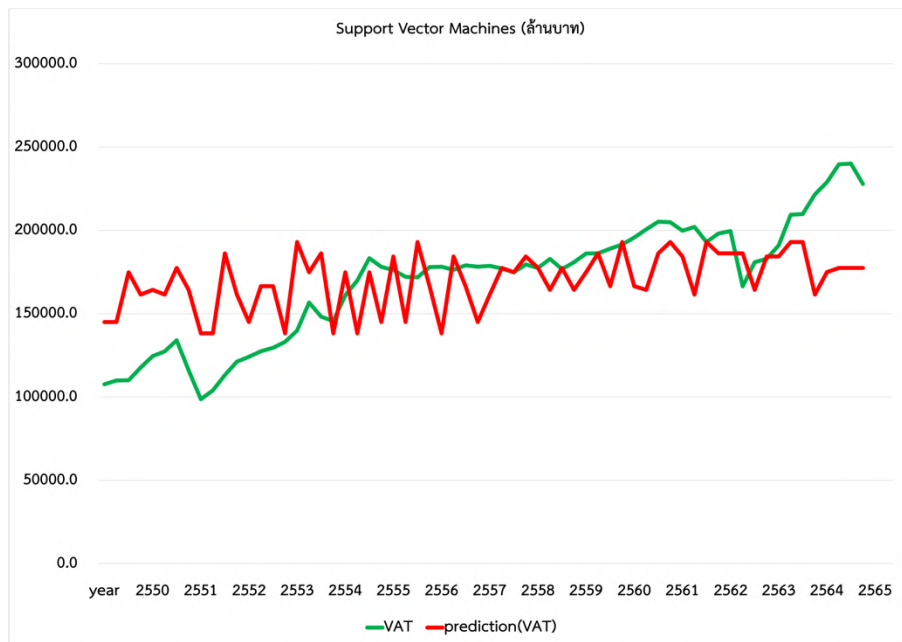
รูปที่ 4 กราฟเส้นที่แสดงการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ (Prediction) ของภาษีมูลค่าเพิ่มที่ได้จากโมเดล Neural Networks โดยเส้นสีแดงแทนค่าจริง และเส้นสีเขียวแทนค่าพยากรณ์

3.2 ผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Random Forest (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 กราฟเส้นที่แสดงการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ (Prediction) ของภาษีมูลค่าเพิ่ม
ที่ได้จากโมเดล Random Forest โดยเส้นสีแดงแทนค่าจริง และเส้นสีเขียวแทนค่าพยากรณ์

3.3 ผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Support Vector Machines (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 กราฟเส้นที่แสดงการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ (Prediction) ของภาษีมูลค่าเพิ่ม
ที่ได้จากโมเดล Support Vector Machines โดยเส้นสีแดงแทนค่าจริง และเส้นสีเขียวแทนค่าพยากรณ์

การประเมินผลความแม่นยำของการพยากรณ์ตัวแบบประเภท การหาค่าความต่อเนื่อง (Regression) โดยใช้เกณฑ์การวัดค่า ดังนี้ 1) ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) 2) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ที่ต่ำที่สุด และ 3) ค่าความผันแปร (R-squared: R^2) สูงที่สุด โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5

Neural Networks			Random Forest			Support Vector Machines		
MAE	RMSE	R^2	MAE	RMSE	R^2	MAE	RMSE	R^2
768.27	920.96	0.98	4174.36	5647.81	0.97	25689.19	30360.49	0.90

จากตารางที่ 5 แสดงข้อมูลค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ โดยเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของเทคนิค Neural Networks, Random Forest และ Support Vector Machines ซึ่งวัดค่าด้วยเกณฑ์ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ที่ต่ำที่สุด และค่าความผันแปร (R-squared: R^2) สูงที่สุด ซึ่งตัวแบบ Neural Networks มีค่าความแม่นยำมากที่สุด โดยมีค่า MAE เท่ากับ 768.27, ค่า RMSE เท่ากับ 920.96 และค่า R^2 เท่ากับ 0.98

อภิปรายผล

การพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกด้วยปัญญาประดิษฐ์เพื่อพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ประเทศไทย โดยใช้ข้อมูล ประกอบด้วย 1) ชุดข้อมูลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร 2) ชุดข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) 3) ชุดข้อมูลนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติที่เดินทางเข้าประเทศไทย โดยเก็บรวบรวมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2565 เป็นระยะเวลา 16 ปี และ 4) ช่วงเวลาที่เกิดสถานการณ์โควิด-19 (COVID-19) เพื่อนำมาสร้างตัวแบบการพยากรณ์ประมาณการภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ผลการวิจัยพบว่าชุดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมดมีผลต่อการพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ดังนี้ 1) ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) มีผลต่อการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุจิรา แหลมหลักสกุล, อัสมิงพงศ์ ฉัตรราชม (2563) 2) จำนวนนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติที่เดินทางเข้ามาประเทศไทยมีผลต่อการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มสอดคล้องกับงานวิจัยของ วัชรภรณ์ หวังพงษ์ (2566) และ 3) สถานการณ์โควิด-19 (COVID-19) โดยข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) มีผลต่อการพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มมากที่สุด

การพัฒนาตัวแบบที่วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกด้วยปัญญาประดิษฐ์เพื่อพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ประเทศไทย โดยใช้ 1) เทคนิค Neural Networks 2) เทคนิค Random Forest และ 3) เทคนิค Support Vector Machines โดยนำผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร และวัดประสิทธิภาพความแม่นยำ โดยเกณฑ์ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ที่ต่ำที่สุด และค่าความผันแปร (R-squared: R^2) สูงที่สุด เป็นตัวชี้วัดความแม่นยำ ผลการวิจัยพบว่า เทคนิค Neural Networks สามารถพยากรณ์ได้ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด โดยมีค่า MAE เท่ากับ 768.27, ค่า RMSE เท่ากับ 920.96 และค่า R^2 เท่ากับ 0.98 และได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า เทคนิค Random Forest เล็กน้อย โดยมีค่า MAE เท่ากับ 4174.36, ค่า RMSE เท่ากับ 5647.81 และค่า R^2 เท่ากับ 0.97 และเทคนิค Support Vector Machines มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด โดยมีค่า MAE เท่ากับ 25689.19, ค่า RMSE เท่ากับ 30360.49 และค่า R^2 เท่ากับ 0.90 ซึ่งสามารถนำงานวิจัยนี้ ไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานและนำไปขยายผลองค์ความรู้ด้านการพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่ม ของกรมสรรพากร

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาและพัฒนาการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร โดยใช้ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) โดยในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลที่เป็นรายงานเปิดเผยทั่วไปในการดำเนินการพยากรณ์ จึงมีข้อจำกัดด้านจำนวนของข้อมูลที่จำกัด และเลือกใช้ตัวแปรที่ผู้วิจัยศึกษามาเท่านั้น ยังมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการประมาณการที่ไม่ได้นำมาใช้ในการดำเนินการวิจัย อีกทั้งยังมีตัวแปรที่มีผลต่อการพยากรณ์ประมาณการผลการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของกรมสรรพากร ที่มีใช้ข้อมูลเปิดเผยซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำของการพยากรณ์

บรรณานุกรม

กรมสรรพากร. (2566). *ภาษีมูลค่าเพิ่ม*. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก:

https://www.rd.go.th/fileadmin/download/insight_pasi/Art_book_N1_Real.pdf.

[2566, 13 พฤศจิกายน].

กรมสรรพากร. (2566). *แผนปฏิบัติการกรมสรรพากรปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 และระยะ 5 ปี*

(พ.ศ. 2566 - 2570). (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: [https://www.rd.go.th/fileadmin/](https://www.rd.go.th/fileadmin/download/plan/Plan_66_Internet.pdf)

[download/plan/Plan_66_Internet.pdf](https://www.rd.go.th/fileadmin/download/plan/Plan_66_Internet.pdf) [2566, 13 พฤศจิกายน].

กระทรวงการคลัง. (2566). **รายงานผลการจัดเก็บรายได้ของรัฐบาล**. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก:
<https://dataservices.mof.go.th/menu3?id=2>. [2566, 6 พฤศจิกายน].

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2566). **สถิติจำนวนนักท่องเที่ยว**. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก:
https://www.mots.go.th/more_news_new.php?cid=411. [2566, 15 พฤศจิกายน].

กานต์สินี เจริญกิจวัชรชัย. (2561). **ปัญญาประดิษฐ์กับการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานไทย**. หลักสูตร
เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะเศรษฐศาสตร์,
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ณรงค์ชัย จิตินันท์พงศ์. (2565). **การจัดทำแบบจำลองเศรษฐกิจเพื่อพยากรณ์การจัดเก็บรายได้
ภาษีมูลค่าเพิ่มของรัฐบาล และวิเคราะห์ผลการเพิ่มอัตราภาษีเพื่อจัดทำข้อเสนอแนะ
เชิงนโยบาย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักการพิมพ์ สำนักงานเลขาธิการ
สภาผู้แทนราษฎร.

วิระ จิริกิจอนุสรณ์. ชุติรัตน์ จรัสกุลชัย. (2553). **การคาดการณ์ภาษีมูลค่าเพิ่มด้วยเทคนิคของ
เหมืองข้อมูล Forecasting VAT with Data Mining Technique**. วารสารเทคโนโลยี
สารสนเทศ, 6(12), หน้า 39-44.

วัชรภรณ์ หวังพงษ์. (2566). **การจัดเก็บรายได้ของรัฐบาลจากภาคการท่องเที่ยวและแนวโน้ม
ปี 2566**. สำนักงบประมาณของรัฐบาล.

สุจิรา แหลมหลักสกุล. อัมรินทร์ พงศ์ ฉัตรคาม. (2563). **การจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของประเทศไทย**.
วารสารรามคำแหง ฉบับบัณฑิตวิทยาลัย, 3(1), หน้า 47-62.

สุเมธ ศิริคุณโชติ, กำธร สิริชูติวงศ์, อติศักดิ์ สืบประดิษฐ์, ภิรัตน์ เจียรนัย. (2565). **ภาษีอากรตาม
ประมวลรัษฎากร 2565**. กรุงเทพฯ: หจก. เรือนแก้วการพิมพ์.

สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์. (2564). **ปัญญาประดิษฐ์ในการให้บริการของภาครัฐ
(AI in Government Services)**. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก:
<https://www.etda.or.th/th/Useful-Resource/Knowledge-Sharing/Articles/AI-in-Government-Services.aspx> [2566, 13 พฤศจิกายน].

สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน). (2562). **เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์สำหรับการ
บริหารงานและการบริการภาครัฐ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท ส.พิจิตรการพิมพ์
จำกัด.

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2566). **ประกาศ / คำสั่ง ศูนย์โควิด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<https://www.nsc.go.th/%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A8-%E0%B8%84%E0%B8%B3%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%87-%E0%B8%A8%E0%B8>

%B9%E0%B8%99%E0%B8%A2%E0%B9%8C%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B4/. [2566, 15 พฤศจิกายน].

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2566). *ข้อมูลย้อนหลัง (Historical Data) สถิติผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ รายไตรมาส แบบปริมาณลูกโซ่*. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.nesdc.go.th/main.php?filename=qgdp_page. [2566, 15 พฤศจิกายน].

Alakh Sethi. (2024). *Support Vector Regression Tutorial for Machine Learning*. (Online). Available: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/03/support-vector-regression-tutorial-for-machine-learning/>. [2024, Feb 24].

Arina Ashfa Fikriya. Sanny Hikmawati. (2020). *Support Vector Machine Predictive Analysis Implementation: Case Study of Tax Revenue in Government of South Lampung*. PROC. INTERNAT. CONF. SCI. ENGIN, 3, 323-327.

Chicco, D., Warrens, M. J., & Jurman, G. (2021). *The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation*. PeerJ Computer Science, 7, e623, 4-6. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.623>.

IBM. (2566). *What are support vector machines (SVMs)?*. (Online). Available: [https://www.ibm.com/topics/support-vector-machine#:~:text=A%20support%20vector%20machine%20\(SVM,in%20an%20N%2Ddimensional%20space](https://www.ibm.com/topics/support-vector-machine#:~:text=A%20support%20vector%20machine%20(SVM,in%20an%20N%2Ddimensional%20space). [2023, Nov 17].

Maher, M., et al. (2021). *Artificial Neural Networks Based Optimization Techniques: A Review*. Electronics 2021, 10, 2689, 10-11. <https://doi.org/10.3390/electronics10212689>.

RapidMiner Studio. (2024). *Getting started with RapidMiner Studio*. (Online). Available: <https://docs.rapidminer.com/10.3/studio/getting-started/index.html>. [2024, Mar 11].