การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการพยากรณ์ข้อมูลความเครียดทางการเงินด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล

พิเชฐ แก้ววิชิต[1] อุดมศักดิ์ กาวิละ[1] นิติมา ลักขณานุรักษ์[2] ไก้รุ่ง เฮงพระพรหม[1*] และสุพจน์ เฮงพระพรหม[1]

[1]สาขาวิทยาการข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

**kairung2011.heng@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลความเครียดทางการเงิน ในการวิจัยครังนี้ได้ทำการศึกษาคัดเลือกเทคนิคสำหรับใช้ในการวิจัยนี้ทั้งหมด 3 เทคนิค ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น โครงข่ายประสาทเทียม และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน เพื่อหาประสิทธิภาพของการพยากรณ์ข้อมูลที่ดีที่สุดของข้อมูลความเครียดทางการเงิน ผลการวิจัยพบว่า เทคนิคที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีสุด คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน โดยให้ค่าโดยให้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง 2.58 รองลงมาคือ โครงข่ายประสาทเทียม โดยให้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง3.34 และสุดท้าย การถดถอยเชิงเส้น ให้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองที่ 82.49

คำสำคัญ : *การพยากรณ์ การถดถอยเชิงเส้น โครงข่ายประสาทเทียม ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน*

A Comparison of Forecasting Techniques Efficiency for Financial Stress Data using Data Mining Techniques

Pichet Kaewwichit [1] Udomsak Kawila [1] Nitima Lukkananuruk[2] Kairung Hengpraphorm[1*] and Supojn Hengpraphorm[1]

[1] *Data Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University*

[2]*Information Technology and Digital Innovation, Faculty of Science, Silpakorn University*

[*]*kairung2011.heng@gmail.com*

Abstract

The purpose of this research is to study and compare the forecasting techniques which are suitable with the financial stress data. In this research, three techniques including linear regression, Artificial Neural Networks, and Support Vector Machine, have been selected. In order to find the best of effectiveness for the financial stress data forecasting. The result shows that Support Vector Machin gives the best performance in terms of the square root of the mean squared error (2.58). The second one is the artificial neural network that gives the square root of the mean squared error = 3.34. Linear regression provides the lowest performance (the square root of the mean square error = 82.49).

Key word: Linear Regression, Neural Network, Support Vector Machine

1.บทนำ

การเงินมีความสำคัญในระบบเศรษฐกิจทุกระบบ ในระบบเศรษฐกิจแบบทุนนิยม ซึ่งเป็นระบบเศรษฐกิจที่เอกชนทุกคนมีกรรมสิทธิ์ในทรัพย์สินที่เขามีอยู่ และมีเสรีภาพที่จะเลือกประกอบอาชีพอะไรก็ได้ การผลิตเป็นเรื่องของเอกชนที่จะดำเนินการได้โดยเสรี ในระบบเศรษฐกิจแบบนี้เงินมีความสำคัญมาก การใช้เงินจะทำให้ระบบเศรษฐกิจและตลาดขยายตัวออกไป สำหรับระบบสังคมนิยมและระบบคอมมิวนิสต์นั้นเงินมีความสำคัญเช่นเดียวกัน การจ่ายค่าจ้างแรงงานในระบบเศรษฐกิจแบบสังคมนิยมหรือคอมมิวนิสต์ก็จ่ายเงินและประชาชนก็เอกาเงินไปซื้อสินค้าและบริการเช่นเดียวกันกับระบบเศรษฐกิจแบบนายทุน จะต่างกันตรงที่รัฐบาลของประเทศคอมมิวนิสต์ก็จะเป็นผู้ตั้งราคาสินค้าและบริการเองเท่านั้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์ข้อมูลที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ความเครียดทางการเงินโดยทำการศึกษากับ 3 วิธี ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น(Linear Regression) โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน (Support Vector Machine) รวมไปถึงการวิเคราะห์เพื่อหาเทคนิคที่ดี

ที่สุดสำหรับการพยากรณ์สภาพความเครียดทางการเงินเฉลี่ยต่อปี และนำเสนอแนวทางในการพยากรณ์ความเครียดทางการเงินสำหรับบริษัทเพื่อให้ทราบแนวทางการเงินในแต่ละไตรมาส สำหรับวางแผนการเงินของบริษัท

2.วัตถุประสงค์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการพยากรณ์ข้อมูลความเครียดทางการเงินด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น(Linear Regression) โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน (Support Vector Machine)

3.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การถดถอยเชิงเส้น(Linear Regression)

การถดถอยเชิงเส้นพยายามที่จะสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรโดยการปรับสมการเชิงเส้นให้สอดคล้องกับข้อมูลที่สังเกตได้ ตัวแปรหนึ่งถูกพิจารณาว่าเป็นตัวแปรอธิบายและอีกตัวแปรหนึ่งถือเป็นตัวแปรตาม ตัวอย่างเช่นผู้สร้างแบบจำลองอาจต้องการเชื่อมโยงน้ำหนักของบุคคลกับความสูงโดยใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น

ก่อนที่จะพยายามให้พอดีกับโมเดลเชิงเส้นกับข้อมูลที่สังเกตได้ผู้สร้างโมเดลควรพิจารณาก่อนว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของดอกเบี้ยหรือไม่ สิ่งนี้ไม่จำเป็นต้องหมายความว่าตัวแปรหนึ่งเป็นสาเหตุของอีกตัวแปรหนึ่ง (ตัวอย่างเช่น คะแนน SAT ที่สูงขึ้นไม่ทำให้เกิดเกรดวิทยาลัยที่สูงกว่า) แต่มีความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างตัวแปรทั้งสอง Scatterplot สามารถเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการพิจารณาความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร หากดูเหมือนว่าไม่มีการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรอธิบายและขึ้นอยู่กับที่เสนอ (เช่น scatterplot ไม่ได้ระบุแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง) จากนั้นปรับโมเดลการถดถอยเชิงเส้นให้เหมาะสมกับข้อมูลที่อาจจะไม่ได้เป็นแบบจำลองที่มีประโยชน์ การวัดเชิงตัวเลขที่มีคุณค่าของการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรสองตัวคือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ซึ่งเป็นค่าระหว่าง -1 ถึง 1 แสดงถึงความแข็งแรงของการเชื่อมโยงของข้อมูลที่สังเกตได้สำหรับตัวแปรทั้งสอง

เส้นการถดถอยเชิงเส้นมีสมการของรูปแบบ Y = a + bX โดยที่ X คือตัวแปรอธิบายและ Y เป็นตัวแปรตาม ความชันของเส้นคือ b และ a คือจุดตัด (ค่าของ y เมื่อ x = 0)

โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นเครือข่ายหรือวงจรของเซลล์ประสาทหรือในแง่ที่ทันสมัยเครือข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยเซลล์ประสาทเทียมหรือโหนด ดังนั้นเครือข่ายประสาทเป็นทั้งเครือข่ายประสาทชีววิทยาที่สร้างขึ้นจากเซลล์ประสาทชีวภาพจริงหรือเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการแก้ปัญหาปัญญาประดิษฐ์ (AI) การเชื่อมต่อของเซลล์ประสาทชีวภาพถูกสร้างแบบจำลองเป็นน้ำหนัก น้ำหนักบวกสะท้อนถึงการเชื่อมต่อ excitatory ในขณะที่ค่าลบหมายถึงการเชื่อมต่อยับยั้ง อินพุตทั้งหมดได้รับการแก้ไขโดยน้ำหนักและผลรวม กิจกรรมนี้เรียกว่าเป็นการรวมเชิงเส้น ในที่สุดฟังก์ชั่นการเปิดใช้งานจะควบคุมแอมพลิจูดของเอาต์พุต ตัวอย่างเช่นช่วงเอาต์พุตที่ยอมรับได้มักจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หรืออาจเป็น -1 และ 1

เครือข่ายประดิษฐ์เหล่านี้อาจใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองการทำนายการควบคุมแบบปรับตัวและแอพพลิเคชั่นที่สามารถฝึกอบรมผ่านชุดข้อมูล การเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นผลมาจากประสบการณ์สามารถเกิดขึ้นได้ภายในเครือข่ายซึ่งสามารถสรุปได้จากชุดข้อมูลที่ซับซ้อนและดูเหมือนไม่เกี่ยวข้อง

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน (Support Vector Machine)

ในการเรียนรู้ของเครื่องจักรเครื่องสนับสนุนเวกเตอร์ (SVMs ยังสนับสนุนเครือข่ายเวกเตอร์) เป็นแบบจำลองการเรียนรู้ภายใต้การดูแลที่มีอัลกอริทึมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สำหรับการจำแนกประเภทและการวิเคราะห์การถดถอย เมื่อได้รับชุดตัวอย่างการฝึกอบรมแต่ละรายการที่ทำเครื่องหมายว่าเป็นของหนึ่งหรือสองหมวดอื่น ๆ ขั้นตอนวิธีการฝึกอบรม SVM จะสร้างแบบจำลองที่กำหนดตัวอย่างใหม่ให้กับหมวดหมู่หนึ่งหรืออีกประเภทหนึ่งทำให้เป็นลักษณนามเชิงเส้นไบนารี่ เช่น Platt Scaling มีอยู่เพื่อใช้ SVM ในการตั้งค่าการจัดหมวดหมู่ความน่าจะเป็น) แบบจำลอง SVM เป็นการแสดงตัวอย่างเป็นจุดในอวกาศแมปเพื่อให้ตัวอย่างของหมวดหมู่ที่แยกต่างหากถูกหารด้วยช่องว่างที่ชัดเจนที่กว้างที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตัวอย่างใหม่จะถูกแมปลงในพื้นที่เดียวกันนั้นและคาดการณ์ว่าจะอยู่ในหมวดหมู่ตามด้านข้างของช่องว่างที่ตก

เมื่อไม่มีการติดป้ายกำกับข้อมูลการเรียนรู้แบบมีผู้สอนจะไม่สามารถทำได้และจำเป็นต้องมีวิธีการเรียนรู้แบบไม่สำรองข้อมูลซึ่งจะพยายามค้นหาการจัดกลุ่มข้อมูลตามธรรมชาติเป็นกลุ่มและจากนั้นทำแผนที่ข้อมูลใหม่ไปยังกลุ่มที่เกิดขึ้นเหล่านี้ อัลกอริทึมการสนับสนุน - เวกเตอร์การจัดกลุ่ม สร้างโดย Hava Siegelmann และ Vladimir Vapnik ใช้สถิติของเวกเตอร์สนับสนุนที่พัฒนาในอัลกอริทึมเวกเตอร์สนับสนุนเครื่องเพื่อจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ไม่มีป้ายกำกับและเป็นหนึ่งในอัลกอริทึมการจัดกลุ่ม การใช้งาน

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐธยาน์ มนุษย์ดี (2553) สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ค้นคว้าเรื่อง การพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ 3 แบบ คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองครั้ง การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีการของโฮลท์ และ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ ทั้ง 3 เทคนิคนี้เทคนิคที่ใช้ดีที่สุดคือ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ มีค่าเท่ากับ 0.987

ในการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี [10-11] สำ หรับการพยากรณ์ความ ต้องการการใช้ผ้าซึ่งผลการวิเคราะห์ ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ซึ่งพิจารณาจากค่า MAPE พบว่า ทั้ง 4 วิธี ให้ค่า MAPE ใกล้เคียงกัน ซึ่งวิธีที่ศึกษาแต่ละวิธีต่างเป็นวิธีการ พยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพ แต่วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย 5 ช่วงเวลา เป็นวิธีที่ให้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด และเมื่อนำ รูปแบบที่เหมาะสมที่สุดมาพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน พบว่า วิธีการพยากรณ์โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ให้ค่า MAPE ที่น้อยที่สุดคือ 0.3087 รองลงมาคือวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย 3 ช่วงเวลา ให้ค่า MAPE อยู่ที่คือ 0.38 และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชีย ที่ = 0.1 ให้ค่า MAPE =0.41 อย่างไรก็ตาม ค่าพารามิเตอร์ ของแต่ละวิธีการมีผลต่อการพยากรณ์ ดังนั้น การปรับค่าพารามิเตอร์ ของ วิธีปรับเรียบ เอ็กซ์โปเนนเชียล อาจทำ ให้ได้คำตอบของการพยากรณ์ที่ดีกว่าก็อาจเป็นไปได้

คงกฤช ปิ่นทอง (2554) วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ค้นคว้าเรื่อง การพยากรณ์การผลิตชิ้นส่วนยางในรถยนต์: กรณีศึกษา บริษัท ฮีโนเว รับเบอร์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ใช้เทคนิคในการวิเคราะห์การพยากรณ์ยอดขายของแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีวิธีการทดลองทั้งหมด 3 แบบด้วยกันคือ แบบ Seasonal Forecast, Trend Forecast และการประยุกต์ใช้ Forecast by T x S

ซีลกระโปงหน้า (Part no 53381-0K010) ซีลกระจังหน้ารถยนต์ (Part no 53397-0K030) ขอบหน้าแค็ปรถยนต์ (Part no 62741/42-0K010) และ ยางซีลกระจกหลังรถยนต์ (Part no 75571-0K010) พบว่าวิธีการพยากรณ์ยอดขายที่เหมาะสมที่สุด คือ Forecast by Tx S ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 20 % ตามเกณฑ์ พยากรณ์ที่บริษัทกำหนดไว้ และมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 20 % ตามเกณฑ์พยากรณ์ที่บริษัท กำหนดไว้โดยดูได้จากค่า Sig.(2-tailed) = 0.000 ซึ่งหมายความว่าค่าการ Error จากการ Forecast น้อย กว่า 20% อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

ยางซีลกระจกหลังรถยนต์ (Part no YA861-0091) พบว่าวิธีการพยากรณ์ยอดขายที่เหมาะสมที่สุด คือ Trend Forecast มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 20% ตามเกณฑ์พยากรณ์ที่บริษัทกำหนดไว้โดยดูได้จากค่า Sig.(2-tailed)=0.000 ซึ่งหมายความว่าค่าการ Error จากการ Forecast น้อยกว่า 20% อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

ชัชชญา เสริมพงษ์พันธ์ (2560) คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ค้นคว้าเรื่อง การพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล 2 แบบ คือ การพยากรณ์ปริมาณความต้องการ การพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการ จากผลของแบบจำลองทั้ง 2 ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในปี ค.ศ. 2021 อยู่ในช่วง 36,754 - 44,189 พันตัน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบผลในรูปแบบปริมาณ ความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ ของตัวแบบผสมทั้ง 2 ตัวแบบ จะพบว่าเมื่อแปลงผลพยากรณ์ของตัวแบบ ผสมของการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยให้เป็น ปริมาณความต้องการใช้ซีเมนต์ในประเทศแล้ว จะให้ค่า RMSE เท่ากัน 877 พันตัน ซึ่งน้อยกว่า 1,029 พันตันของผลพยากรณ์จากตัวแบบผสมของการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ใน ประเทศไทย

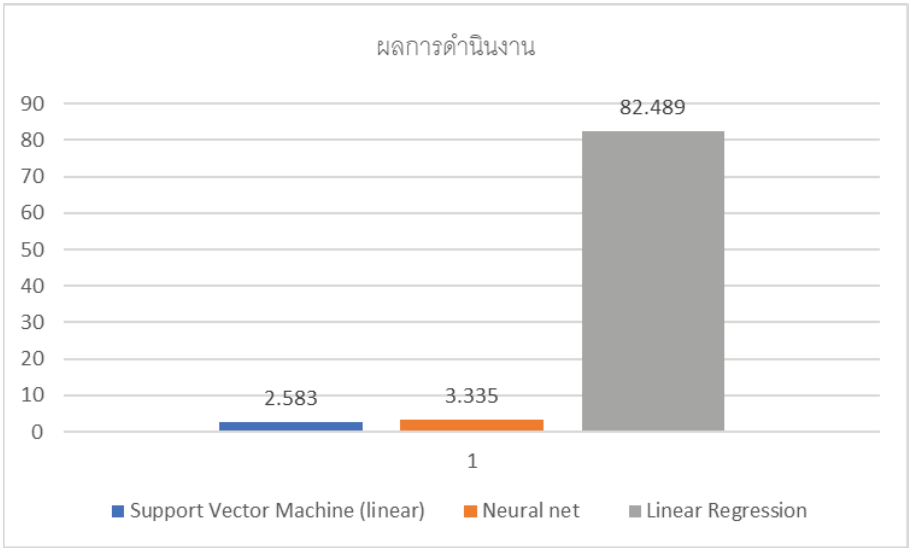
ศิริเทพ จันทร์บุญแก้ว (2554) สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ค้นคว้าเรื่อง การพยากรณ์ปริมาณสายโทรเข้าสำหรับศูนย์บริหารลูกค้าธนาคารพาณิชย์ ใช้เทคนิคการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Simple Moving Average method) วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์ (Holt's Exponential Smoothing method) และวิธีการของบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins method) ผลปรากฏว่าแต่ละกลุ่มบริการ จะได้ตัวแบบที่ดีที่สุด คือ วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Simple Moving Average method)

4.ผลการดำเนินงาน

ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ชุดข้อมูลความเครียดทางการเงิน ด้วยเทคนิค 3 เทคนิค ได้แก่ ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น(Linear Regression) โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน (Support Vector Machine) จะแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยาการณ์ในชุดข้อมูลความเครียดทางการเงิน

Method	root_mean_squared_error
Support Vector Machine	2.58
Neural network	3.34
Linear Regression	82.49



ภาพที่ 1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยาการณ์ในชุดข้อมูลการทำนายความเครียดทางการเงิน

จากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ข้อมูลความเครียดทางการเงินด้วยเทคนิค 3 เทคนิค ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน (Support Vector Machine) วิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีสุด คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน โดยให้ค่ารากที่สองของค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 2.58

5.สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการดำเนินงาน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการพยากรณ์ข้อมูลความเครียดทางการเงินด้วย 3 เทคนิค ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน (Support Vector Machine) วิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีสุด คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน โดยให้ค่ารากที่สองของค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 2.58 อาจจะเนื่องมาจากเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชินเหมาะกับข้อมูลที่เป็นตัวเลข และข้อได้เปรียบของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน คือ มีประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลที่มีมิติจำนวนมากได้ซึ่งข้อมูลความเครียดทางการเงินก็มีคุณสมบัติดังกล่าว

ข้อเสนอแนะ

ควรทดสอบกับเทคนิคอื่นนอกเหนือจากถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน (Support Vector Machine) เพื่อให้แน่ใจว่าวิธีการไหนที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลดังกล่าว เช่น การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นต้น

6. เอกสารอ้างอิง

ศิริเทพ จันทร์บุญแก้ว. (2554). **การพยากรณ์ปริมาณสายโทรเข้าสำหรับศูนย์บริหารลูกค้าธนาคารพาณิชย์.** สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฐธยาน์ มนุษย์ดี. (2553). **การพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย.** สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

คงกฤช ปิ่นทอง. (2554). **การพยากรณ์การผลิตชิ้นส่วนยางในรถยนต์: กรณีศึกษา บริษัท ฮีโนเว รับเบอร์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน).**สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี