



การพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย

โดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล

Forecasting the Amount of Credit Card's Payments

Using Time Series Data Mining Techniques

โดย

นิตยา เกิดแย้ม

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสยาม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย โดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล 3 เทคนิค ได้แก่ 1) การถดถอยเชิงเส้น 2) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น และ 3) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลการใช้บัตรเครดิตประเภทบัตรเครดิตเพื่อการชำระสินค้าและบริการรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 รวมทั้งสิ้น 78 เดือน

จากผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองมีความเหมาะสมในการทำนายปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่ายได้แก่ แบบจำลองการพยากรณ์ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นมีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (MMRE) เท่ากับ 6.01%

คำสำคัญ: การพยากรณ์, ปริมาณการใช้บัตรเครดิต, การวิเคราะห์อนุกรมเวลา, เทคนิคเหมืองข้อมูล

Abstract

The purposes of this research were to develop the model of forecasting amount of credit card's payments using the time series data mining techniques by 3 methods, as follows; 1) Linear Regression, 2) Multi-Layer Perceptron and 3) Support Vector Machine for Regression. The data for study was the amount of credit card' payments from January, 2010 to June, 2016. (A total was 78 months)

The result can concluded that the suitable model for forecasting credit card's payments using of all series test for the linear regression forecasting was the most suitable at 6.01% MMRE.

Keywords: Forecasting, Amount of Credit Card's Payments, Time Series Analysis, Data Mining techniques

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำผลวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.วีระยุทธ พิมพาภรณ์ ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยสยามที่สนับสนุนทุนในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์ในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศที่ทำให้กำลังใจและสนับสนุนการทำวิจัย อยู่เบื้องหลัง และขอขอบพระคุณบุคคลอื่นที่ช่วยเหลือผู้วิจัย ตลอดจนผู้แต่งหนังสือต่าง ๆ ที่ผู้วิจัย ค้นคว้าและนำมาอ้างอิงในการทำวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจต่อไป

นิตยา เกิดแย้ม

สารบัญ

บทคัดย่อ	ก
Abstract.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining).....	4
ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data).....	5
การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis).....	5
การวิเคราะห์การถดถอย (Linear Regression).....	5
โครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron: MLP).....	6
ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย (Support Vector Machine for Regression).....	6
3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	7
ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ข้อมูล	7
การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)	7
การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis).....	8
4 ผลการวิจัย.....	11
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการทำนายกับชุดข้อมูล	11
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการทำนายในแต่ละเดือน.....	12
5 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	14
อภิปรายผล	14
ข้อเสนอแนะ	15
บรรณานุกรม	16

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

ปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการชำระสินค้าและบริการของคนไทยในแต่ละปีมีมากขึ้น เนื่องจากการชำระเงินผ่านบัตรเครดิตมีข้อดีหลายประการ อาทิ ช่วยให้ผู้บริโภคได้รับสินค้าก่อน แล้วจึงชำระเงินให้แก่ธนาคารภายหลัง หรือสามารถผ่อนจ่ายได้ตามอัตราดอกเบี้ยที่ได้ตกลงไว้ ข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ การรับสิทธิพิเศษหรือส่วนลดในการใช้จ่ายค่าสินค้าหรือการบริการต่าง ๆ ซึ่งทั้งหมดทำให้บัตรเครดิตเป็นที่นิยมใช้สำหรับผู้ใช้บัตรเครดิตมากขึ้น ธนาคารต่าง ๆ มักหากลยุทธ์วิธีการตลาดเพื่อให้ผู้ใช้บัตรเครดิตมีความสนใจ พอใจ และหันมาใช้บัตรเครดิตเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันพบว่าแนวโน้มการใช้จ่ายผ่านบัตรเครดิตในปริมาณที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2559) ปริมาณการใช้บัตรเครดิตของคนไทยจึงเป็นตัวเลขที่น่าสนใจของสถาบันการเงิน หากพบว่าการใช้จ่ายในช่วงเวลาใดที่ลดน้อยลง อาจส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศไทย ดังนั้น หากสถาบันการเงินสามารถทราบถึงแนวโน้มในการใช้บัตรเครดิตว่า มีช่วงเดือนใดที่มีปริมาณการใช้บัตรเครดิตลดลง อาจช่วยให้ทางสถาบันฯ คิดโปรโมชั่น หรือจัดแผนกลยุทธ์ที่เหมาะสมและเพิ่มยอดการใช้จ่ายให้มากขึ้น เป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจของประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

ข้อมูลที่ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ เป็นข้อมูลการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่ายรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นชุดที่รัฐบาลนำมาเผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์ www.data.go.th ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน) (สรอ.) โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดหมวดหมู่ต่าง ๆ และนำมาเผยแพร่ทั้งหมด 17 ชุด ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสามารถความสะดวกให้กับประชาชนที่สนใจสามารถเข้าไปสืบค้นและนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ อีกทั้งสามารถนำข้อมูลไปสร้างนวัตกรรมทางสถิติข้อมูลในการศึกษาวิจัยอีกด้วย ในการนี้ ประชาชนที่สนใจสามารถแสดงความคิดเห็นเพื่อให้หน่วยงานปรับปรุงชุดข้อมูลให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น โดยการร้องขอข้อมูลได้ที่เว็บไซต์ www.data.go.th เพื่อเป็นการยกระดับการให้บริการประชาชน และหน่วยงานภาครัฐและเอกชน

ผู้วิจัยนำข้อมูลดังกล่าวมาพยากรณ์หาแนวโน้มปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย โดยการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล (Time Series Data Mining Techniques) 3 วิธี ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multilayer Perceptron) และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย

(Support Vector Machine for Regression) โดยผลลัพธ์ของการประมวลผลข้อมูลอนุกรมเวลาจะอยู่ในรูปแบบจำลองของการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย สำหรับชุดข้อมูลตัวอย่างสำหรับการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกเฉพาะข้อมูลการใช้บัตรพลาสติกประเภทบัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่ายชำระสินค้าและบริการ โดยแบ่งเป็นรายเดือนในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 (สำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ องค์การมหาชน, 2559) ในการพยากรณ์ครั้งนี้ต้องการทราบถึงแนวโน้มการใช้บัตรเครดิตในอนาคต เพื่อให้สถาบันการเงินสามารถนำผลวิเคราะห์มาสรุปจัดทำแผนการตลาด จัดหาโปรโมชั่นในช่วงที่มียอดไม่สูงนัก ทำให้ผู้บริโภคหันมาใช้บัตรเครดิตกันมากขึ้น และส่งผลต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศไทยในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และเลือกเทคนิควิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย
2. เพื่อสร้างรูปแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่ายด้วยวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านข้อมูล

ข้อมูลที่ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ เป็นข้อมูลการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่ายรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นชุดที่รัฐบาลนำมาเผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์ www.data.go.th จัดทำโดยสำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน) (สรอ.) โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดหมวดหมู่ต่าง ๆ และนำมาเผยแพร่ทั้งหมด 17 ชุด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้บัตรพลาสติก และนำมาวิเคราะห์เพื่อการวิจัยเพียงเฉพาะข้อมูลปริมาณการใช้บัตรเครดิตเท่านั้น

ขอบเขตด้านวิธีวิจัย

ผู้วิจัยเลือกวิธีการเพื่อพยากรณ์หาแนวโน้มการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย โดยวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล (Time Series Data Mining Techniques) 3 วิธี ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multilayer Perceptron) และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย (Support Vector Machine for Regression)

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

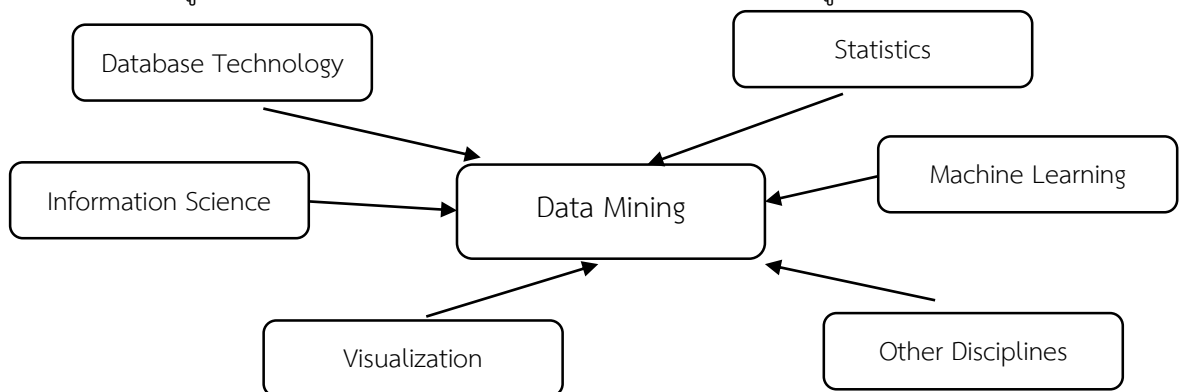
ผู้วิจัยศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining)
2. ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data)
3. การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis)
4. การวิเคราะห์การถดถอย (Linear Regression)
5. โครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron: MLP)
6. ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย (Support Vector Machine for Regression)

1. การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining)

Berry and Linnoff, 2004 (อ้างในบุญมา เฟ่งชวน, 2548) กล่าวถึงการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) คือการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ เพื่อค้นหารูปแบบหรือกฎที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลขนาดใหญ่ นั้น และนำความรู้ที่ค้นพบได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อพัฒนาองค์กร

นำความรู้จากศาสตร์หลายแขนงมาประกอบกันในการทำเหมืองข้อมูล



ที่มา: Han, Jiawei, and Micheline Kamber. Data Mining Concepts and Techniques. (USA: Morgan Kaufman, 2001 อ้างในบุญมา เฟ่งชวน, 2548)

2. ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data)

Hoshmand, 2009 กล่าวถึงข้อมูลอนุกรมเวลา เป็นชุดข้อมูลที่เก็บรวบรวมและจัดเก็บลำดับ ให้มีความต่อเนื่องกันภายใต้การเพิ่มขึ้นของเวลา โดยจะต้องเก็บข้อมูลอย่างละเอียดและมีความต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาหนึ่งตามความต้องการ เช่น ข้อมูลบันทึกรายวัน (daily) ของปริมาณน้ำในเขื่อน ข้อมูลปริมาณการเกิดอุบัติเหตุช่วงเทศกาลปีใหม่ ซึ่งจะกำหนดเวลาในการจัดเก็บเริ่มต้น และกำหนดเวลาในการจัดเก็บสิ้นสุดเท่า ๆ กันทุกปี การจัดเก็บข้อมูลอนุกรมเวลามีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อการสร้างแบบจำลองในการทำนายปริมาณที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (Time Series Model) โดยการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis)

3. การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis)

Hoshmand, 2009 อธิบายความหมายของการวิเคราะห์อนุกรมเวลา หมายถึง การทำนายปริมาณข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต อาศัยข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีต ซึ่งเป็นเทคนิควิธีที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับช่วงเวลาที่มีความเท่ากันช่วงเวลาอาจหมายถึง วัน เดือน ไตรมาส หรือปี และการวิเคราะห์อนุกรมเวลานี้ก็เพื่อต้องการพยากรณ์ปริมาณข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยมีความจำเป็นต้องวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่ขึ้นต่อกันของชุดข้อมูล เช่น ส่วนของแนวโน้ม (Trend Component) ส่วนของฤดูกาล (Seasonal Component) ส่วนของวัฏจักร (Cyclical Component) และส่วนของเหตุการณ์ผิดปกติ (Irregular Component) จุดมุ่งหมายที่สำคัญของการวิเคราะห์อนุกรมเวลา คือ วิเคราะห์หาตัวแปรที่เหมาะสมกับการสร้างแบบจำลองในการทำนาย (Time Series Model) ซึ่งค่าพยากรณ์ดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับข้อมูลในอดีต

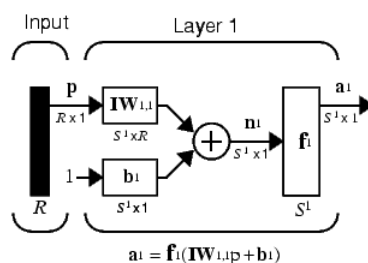
4. การวิเคราะห์การถดถอย (Linear Regression)

Cai, Hall, & others, 2006 ให้ความหมายของ การวิเคราะห์การถดถอยว่า เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยนี้ อาศัยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรเพื่อใช้ในการทำนาย ลักษณะของสมการ Linear regression แสดงให้เห็นถึงค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระในลักษณะของข้อมูลเชิงปริมาณ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Y = a + bx_1 + cx_2 + \dots \quad (1)$$

5. โครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron: MLP)

Kubat, 1999 กล่าวถึงโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น เป็น ลักษณะการเชื่อมต่อแบบ โยงไปข้างหน้าแบบทั่วถึง (Fully connected feed-forward nets) มีชั้นได้ตั้งแต่หนึ่งชั้นขึ้นไป (Frias-Martinez, Sanchez, & Velez, 2006) พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้จุดอ่อนของโครงข่ายประสาท เทียมแบบชั้นเดียว (Single layer perceptron) มีความสามารถในการคำนวณชั้นที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นจะประกอบด้วย ชั้นข้อมูลเข้า (Input layer) ตามจำนวน แอทริบิวต์ของชุดข้อมูล ชั้นซ่อน (Hidden Layer) ความเหมาะสมของการกำหนดขึ้นอยู่กับ การทดสอบประสิทธิภาพ และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer)



รูปที่ 1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Machine for Regression)

6. ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย (Support Vector Machine for Regression)

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine for Regression: SVM) คือ อัลกอริทึมที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีการหาระนาบการตัดสินใจ (Decision Hyperplane) หรือไฮเปอร์เพลนที่มีความเหมาะสมในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน โดยแยกออกจากกัน นอกจากนี้ SVM ยังถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสมการในการประมาณการค่าฟังก์ชันเชิงเส้น

$f(x)$ ที่ใช้แทนระนาบตัดสินใจ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย หรือ SVR เป็นการนำข้อมูลปัจจุบันและข้อมูลในอดีตจำนวนหนึ่งมาเรียนรู้ (Training) เพื่อให้ทราบถึงรูปแบบ สำหรับการคาดการณ์หรือทำนายผลที่เกิดขึ้นในอนาคต (Shevade, Keerthi, Bhattacharyya, & Murthy, 2000; Smola & Scholkopf, 2004)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเรื่องการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย โดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ข้อมูล

การพยากรณ์แนวโน้มการใช้บัตรเครดิตเป็นวิธีศึกษาปริมาณการใช้บัตรเครดิตในอนาคต ทั้งนี้เพื่อที่จะนำผลการพยากรณ์มาใช้ในการวางแผนการตลาดของสถาบันการเงิน ในการกำหนดและจัดทำโปรโมชั่นในช่วงเวลาที่คาดว่าจะมีปริมาณการใช้บัตรเครดิตลดลง หากสถาบันการเงินทราบตัวเลขล่วงหน้า อาจวางแผนหรือให้ข้อมูลให้กับลูกค้าได้ทันท่วงที ผู้วิจัยจึงพัฒนางานวิจัยนี้ขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์หลักในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิต เพื่อสร้างเป็นรูปแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตสำหรับการใช้จ่าย ด้วยวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และเลือกเทคนิควิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย ชุดข้อมูลที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นชุดข้อมูลปริมาณการใช้บัตรเครดิต โดยเลือกเฉพาะข้อมูลการใช้บัตรเครดิตประเภทบัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่ายชำระสินค้าและบริการ โดยแบ่งเป็นรายเดือนในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ที่รัฐบาลเผยแพร่ข้อมูลผ่านเว็บไซต์บริการศูนย์กลางข้อมูลภาครัฐ (Open Government Data) (สำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ องค์การมหาชน, 2559)

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และเลือกเทคนิควิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย อีกประการหนึ่งเพื่อสร้างรูปแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่ายด้วยวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559

2. การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการทำนายปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล (Time Series Data Mining Techniques) 3 เทคนิค ได้แก่ ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multilayer Perceptron) และซัพพอร์ต

เวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย (Support Vector Machine for Regression) โดยผลลัพธ์ของการประมวลผลข้อมูลอนุกรมเวลาจะอยู่ในรูปแบบจำลองของการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้งาน ผู้วิจัยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Data Set) วิเคราะห์โดยใช้การวัดรากของความคลื่อนที่กำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) เพื่อแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองเพื่อใช้ประมาณค่าปริมาณการใช้บัตรเครดิต สำหรับ 2) ชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Data Set) โดยใช้วิธีการประมาณการความแม่นยำในการพยากรณ์ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Magnitude of Relative Error: MRE) สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยแยกแต่ละเดือนในช่วงของชุดข้อมูลทดสอบ และใช้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Mean Magnitude of Relative Error: MMRE) เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของแบบจำลองการพยากรณ์สำหรับชุดข้อมูลทดสอบ

ชุดข้อมูลจะประกอบไปด้วยปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้งาน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 จำนวน 6 ปี 6 เดือน โดยในแต่ละชุดข้อมูลจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดข้อมูลที่จะนำมาสอนระบบเพื่อสร้างแบบจำลองการทำนาย (Training Data Set) โดยใช้ข้อมูลในระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 และแบ่งข้อมูลที่เหลือในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการทดสอบ (Testing Data Set) แบบจำลองการพยากรณ์

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

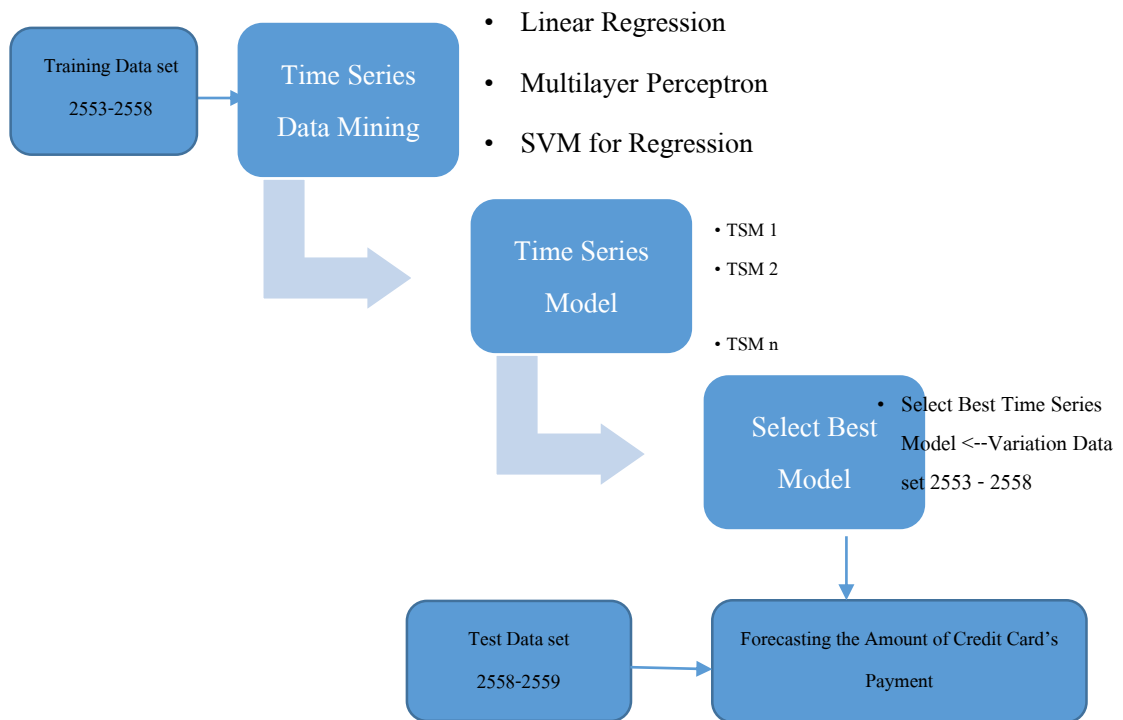
ผู้วิจัยเลือกการใช้โปรแกรม WEKA Version 3.9 เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิต โดยใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล (Time Series Data Mining Techniques) วิธีการทั้งหมดจะให้ผลลัพธ์ในรูปแบบของแบบจำลอง (Model) ซึ่งถือเป็นลักษณะของการแทนความรู้ (Knowledge Representation) แบบหนึ่ง สำหรับรูปแบบการพยากรณ์จะมีลักษณะเป็นแบบ Sliding Window ซึ่งเป็นการจัดเรียงข้อมูลแบบอนุกรมเวลาโดยสร้างชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ผู้วิจัยจะนำข้อมูลในเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 เป็นชุดข้อมูลทดสอบแบ่งเป็นชุดข้อมูลย้อนหลัง (Lagged) ดังนี้ 1) 3 เดือน 2) 6 เดือน 3) 9 เดือน 4) 12 เดือน 5) 15 เดือน 6) 18 เดือน 7) 21 เดือน และ 8) 24 เดือน โดยผลลัพธ์ ในการทดสอบประสิทธิภาพของชุดข้อมูลในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2558 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 เป็นเป้าหมาย (Target) ในการพยากรณ์ ประสิทธิภาพของการพยากรณ์

ในแต่ละอัลกอริทึมจะเป็นดัชนีชี้วัดว่าอัลกอริทึมใดเหมาะสมกับการพยากรณ์ในเดือนใด รายละเอียดชุดข้อมูลทั้งหมด สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดการจัดเรียงข้อมูลแบบอนุกรมเวลาโดยข้อมูลมีลักษณะเป็นช่วงมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559

เดือน	ปริมาณการใช้บัตรเครดิต (พันล้านบาท)							
	Training Data set/ Variation Data set						Testing Data set	
	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2558	2559
มกราคม	60	70	89	101	106	107		116
กุมภาพันธ์	57	65	84	90	96	101		114
มีนาคม	66	71	90	101	109	116		121
เมษายน	57	66	87	97	104	104		113
พฤษภาคม	54	73	87	97	101	105		115
มิถุนายน	57	70	84	93	101	109		114
กรกฎาคม	60	73	90	99	103		109	
สิงหาคม	63	77	88	99	104		109	
กันยายน	60	74	83	97	104		103	
ตุลาคม	64	71	97	101	111		110	
พฤศจิกายน	69	63	99	105	113		118	
ธันวาคม	81	93	120	125	145		144	
รวม	748	866	1,098	1,205	1,297	642	693	693

จากข้อมูลในตาราง ผู้วิจัยนำข้อมูลอนุกรมเวลาทั้งหมดไปทดสอบสร้างแบบจำลอง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมือนข้อมูล ทั้ง 3 เทคนิค (Linear Regression, Multilayer Perceptron, Support Vector Machine for Regression) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการทำนายปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย ทั้งนี้ผู้วิจัยพิจารณาค่า RMSE และ MAE มาเป็นดัชนีชี้วัดแบบจำลองการทำนายที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์แต่ละเดือนสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยแยกแต่ละเดือนในชุดข้อมูลทดสอบ ผู้วิจัยพิจารณาค่า MRE และ MMRE เพื่อเลือกแบบจำลองที่เหมาะสม (Weiss & Indurkha, 1998) ในการนำไปใช้งาน



รูปที่ 2 กระบวนการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับการทำนายปริมาณการใช้บัตรเครดิต

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า การวัดประสิทธิภาพแบบจำลองเพื่อใช้ในการทำนายปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล (Time Series Data Mining Techniques) ตามวิธีการดำเนินงานวิจัยด้วยเทคนิค 3 วิธี กับการทดสอบชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Data Set) และชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Data Set) ตามขั้นตอนวิธีวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการทำนายกับชุดข้อมูล

จากชุดข้อมูลที่ผู้วิจัยเลือกปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย ซึ่งเป็นชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ ผู้วิจัยนำข้อมูลในปี พ.ศ.2553 – 2558 เป็นชุดข้อมูลทดสอบแบ่งเป็น ชุดข้อมูลย้อนหลัง (Lagged) ดังนี้ 1) 3 เดือน 2) 6 เดือน 3) 9 เดือน 4) 12 เดือน 5) 15 เดือน 6) 18 เดือน 7) 21 เดือน และ 8) 24 เดือน นำมาสร้างแบบจำลองในการทำนายปริมาณการใช้บัตรเครดิต เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพที่ได้จากเทคนิควิธีเหมืองข้อมูลทั้ง 3 วิธี โดยการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการ MAE และ RMSE จากผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการทำนายโดยใช้ชุดข้อมูลย้อนหลัง (Lagged)

Lagged (เดือน)	Time Series Data Mining techniques					
	Linear Regression		Multilayer Perceptron		SMOreg	
	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE
3 เดือน	6.0559	9.1594	15.274	17.5394	5.9853	9.2076
6 เดือน	6.0402	9.2646	16.6523	18.7906	5.7693	9.1997
9 เดือน	6.2544	9.4894	21.0541	22.2333	5.4964	9.2037
12 เดือน	6.0301	8.4564	16.3298	17.2054	5.4297	8.8816
15 เดือน	4.602	6.4337	16.2145	16.915	4.2016	6.6276
18 เดือน	4.5409	6.4498	9.1772	10.58	4.1444	6.6692
21 เดือน	4.8154	6.6596	6.3424	8.3796	4.3966	7.0159
24 เดือน	*4.2852	*5.9713	*3.2629	*3.5354	*3.7885	*6.2256

จากตารางที่ 2 ผลการทำนายของแต่ละเทคนิควิธีเหมืองข้อมูลกับการใช้ชุดข้อมูล โดยมีจำนวนเดือนย้อนหลัง (Lagged) ที่แตกต่างกัน โดอน MAE และ RMSE เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Multilayer Perceptron) และแบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย (SMOreg) ผู้วิจัยพิจารณาแล้วพบว่า เมื่อสร้างข้อมูลย้อนหลังในเทคนิคเหมืองข้อมูลทั้ง 3 แบบ ด้วยชุดข้อมูลย้อนหลัง 24 เดือน มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ดังนี้ การถดถอยเชิงเส้น 24 เดือน มีค่า MAE เท่ากับ 4.2852 ค่า RMSE เท่ากับ 5.9713 ส่วนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม 24 เดือน มีค่า MAE เท่ากับ 3.2629 ค่า RMSE เท่ากับ 3.5354 และแบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย 24 เดือน มีค่า MAE เท่ากับ 3.7885 ค่า RMSE เท่ากับ 6.2256

จากผลการทดลอง ผู้วิจัยจึงเลือกชุดข้อมูลย้อนหลังที่ทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพดีที่สุด มาใช้สร้างแบบจำลองเพื่อการทำนายปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย บนชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Data Set) ซึ่งเป็นปริมาณการใช้บัตรเครดิตในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2559

2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการทำนายในแต่ละเดือน

จากการนำแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตมาทดสอบกับชุดข้อมูลปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่ายในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2559 โดยแยกปริมาณออกเป็นรายเดือนจำนวน 12 เดือน ด้วยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล (Time Series Data Mining Techniques) โดยใช้อัลกอริทึม 3 แบบ และคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Magnitude of Relative Error: MMRE) สามารถแสดงผลการทดลองได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการทำนายในแต่ละเดือน

ก.ค. 2558 - มิ.ย. 2559 (พื้นล่าง)		Time Series Data Mining Techniques					
		Linear Regression		Multilayer Perceptron		SMOreg	
เดือน	Actual	Predict	MRE	Predict	MRE	Predict	MRE
ก.ค. 58	109	109.418	<u>0.003835</u>	144.4521	0.325249	108.5179	0.004423
ส.ค. 58	109	109.0131	<u>*0.00012</u>	139.1209	0.276339	108.3199	0.006239
ก.ย. 58	103	107.8178	0.046775	105.9904	<u>*0.029033</u>	111.7979	0.085417
ต.ค. 58	110	113.3154	<u>*0.03014</u>	119.1922	0.083565	105.674	0.039327
พ.ย. 58	118	113.9629	0.034213	63.2725	0.463792	114.5467	<u>*0.029265</u>
ธ.ค. 58	144	142.644	<u>*0.009417</u>	106.0436	0.263586	134.8145	0.063788
ม.ค. 59	116	104.7175	<u>*0.097263</u>	151.3825	0.305022	102.314	0.117983
ก.พ. 59	114	98.7923	<u>*0.133401</u>	115.9028	0.016691	99.6169	0.126168
มี.ค. 59	121	112.7724	0.067997	141.6386	0.170567	113.8504	<u>*0.059088</u>
เม.ย. 59	113	100.8709	<u>*0.107337</u>	63.3033	0.439794	100.3752	0.111724
พ.ค. 59	115	101.762	0.115113	106.6877	<u>*0.072281</u>	104.2119	0.09381
มิ.ย. 59	114	105.4066	<u>*0.075381</u>	105.1827	0.077345	104.3755	0.084425
MMRE		<u>*6.01%</u>		21.03%		6.85%	

จากตารางพบค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่ายในภาพรวม ผู้วิจัยจึงนำผลการพยากรณ์ มาทดสอบกับชุดข้อมูลปริมาณการใช้บัตรเครดิตที่เกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2559 การสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคการถดถอยเชิงเส้น ให้ค่าประสิทธิภาพดีที่สุดในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 มีค่า MRE เท่ากับ 0.00012 และภาพรวม ค่า MMRE เท่ากับ 6.01% แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ให้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 มีค่า MRE เท่ากับ 0.029033 และภาพรวมค่า MMRE เท่ากับ 21.03% และเทคนิคสุดท้าย คือ การสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558 มีค่า MRE เท่ากับ 0.029265 และภาพรวมค่า MMRE เท่ากับ 6.85%

บทที่ 5

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล (Time Series Data Mining Techniques) โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล 3 วิธี ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multilayer Perceptron) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย (Support Vector Machine) โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ 1) ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการใช้บัตรพลาสติก โดยเลือกเฉพาะข้อมูลการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่ายในปี พ.ศ. 2553 ถึงปี พ.ศ. 2559 ที่เผยแพร่โดยสำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ องค์การมหาชน ที่นำเสนอผ่านเว็บไซต์ www.data.go.th เป็นบริการศูนย์กลางข้อมูลภาครัฐ (Open Government Data) มาใช้เป็นข้อมูลในการทดลอง 2) การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) ผู้วิจัยเลือกชุดข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยชุดข้อมูลปริมาณการใช้บัตรเครดิตตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 จนถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 จำนวน 6 ปี 6 เดือน 3) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) สำหรับรูปแบบการพยากรณ์จะมีลักษณะเป็นแบบ Sliding Window ซึ่งเป็นการจัดเรียงข้อมูลแบบอนุกรมเวลา โดยสร้างชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ ผู้วิจัยนำข้อมูลในเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 เป็นชุดข้อมูลทดสอบแบ่งเป็น ชุดข้อมูลย้อนหลัง (Lagged) 1) 3 เดือน 2) 6 เดือน 3) 9 เดือน 4) 12 เดือน 5) 15 เดือน 6) 18 เดือน 7) 21 เดือน และ 8) 24 เดือน

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า แบบจำลองในการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตด้วยเทคนิคการถดถอยเชิงเส้น เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด มีค่า MRE เท่ากับ 0.00012 มีค่า MMRE เท่ากับ 6.01% เมื่อพิจารณาผลการวิจัยโดยละเอียด พบว่า ประเด็นสำคัญในการพยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตเพื่อการใช้จ่าย แบ่งได้เป็น 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ผู้วิจัยต้องเลือกใช้เทคนิควิธีที่มีความเหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของชุดข้อมูลผ่านกระบวนการทดลอง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาผลในภาพรวมสะท้อนให้เห็นว่า เทคนิควิธีที่ต่างกัน จะส่งผลต่อประสิทธิภาพที่ต่างกันด้วย และจำนวนข้อมูลย้อนหลัง (Lagged) ที่มีความเหมาะสม จะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพของแบบจำลองเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากบางกรณีข้อมูลเกิดการเปลี่ยนแปลงในระยะสั้น

ข้อเสนอแนะ

สถาบันการเงินสามารถนำวิธีการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิควิธีการถดถอยเชิงเส้นมาใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้บัตรเครดิตในอนาคตได้ เนื่องจากเป็นเทคนิควิธีที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด นอกจากนี้การสรุปผลการพยากรณ์ ยังพบว่าในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 จะมีปริมาณการใช้บัตรเครดิตที่ต่ำลง แต่เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกับตัวเลขจริงพบว่ามีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ เพียง 0.133401 ด้วยเทคนิควิธีการถดถอยเชิงเส้น ดังนั้นหากสถาบันการเงินมีการกำหนดแผนการตลาดเพื่อดึงดูดและกระตุ้นให้ลูกค้าใช้บัตรเครดิตมากขึ้น ก็อาจส่งผลดีต่อสถาบันการเงินและเศรษฐกิจของประเทศได้ ผู้วิจัยจึงสรุปเป็นข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการตลาดให้กับสถาบันการเงินนำมาใช้ปรับแผนการตลาดแบบเชิงรุกในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ซึ่งมีความเป็นไปได้สูง เนื่องจากในเดือนดังกล่าวมีจำนวนวันที่น้อยกว่าเดือนอื่น ๆ แนวทางการส่งเสริมยอดการใช้บัตรเครดิตในเดือนที่มียอดใช้จ่ายน้อย อาจทำได้โดยโฆษณาผ่านสื่อวิทยุ โทรทัศน์ จัดโปรโมชั่นร่วมกับการให้ส่วนลดเงินสด การแลกแต้มคะแนนสะสม สิทธิพิเศษคุณภาพยนต์ สิทธิพิเศษเข้าพักโรงแรม สิทธิพิเศษรับประทานอาหาร และส่วนลดค่าธรรมเนียมความเสี่ยงจากการแปลงสกุลเงิน (นิติพันธ์ สกุลเกรียงไกร, 2557) ทั้งนี้โดยจัดเป็นธีม (Themes) ของการใช้จ่าย เช่น “ธันวาคมแห่งความรัก” เพื่อเป็นการกระตุ้นยอดการใช้จ่ายของผู้ใช้บัตรเครดิตที่เป็นคู่รักได้อีกแนวทางหนึ่ง

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- นิติพัฒน์ สกุกเกรียงไกร. (2557). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บัตรเครดิตของธนาคาร ซีไอเอ็มบีไทย ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร**. การค้นคว้าอิสระ บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- บุญมา เฟ่งชวน (2548). **การใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้านการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาตรี**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภาษาอังกฤษ

- Berry, Michael J. A., and Gordon S. Linnoff. **Data Mining Techniques For Marketing, Sale and Customer Relationship Management**. New York: Wiley Publishing, 2004.
- Cai, T.T., Hall, P., & others. (2006). Prediction in functional linear regression. **The Annals of Statistics**, 34(5), 2159-2179.
- Frias-Martinez, E., Sanchez, A., & Velez, J. (2006). Support vector machines versus multi-layer perceptrons for efficient off-line signature recognition. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, 19(6), 693-704.
- Hoshmand, A. R. (2009). **Business Forecasting, Second Edition: A Practical Approach**. Routledge.
- Kubat, M. (1999). **Neural Networks: A Comprehensive Foundation** by Simon Haykin, Macmillan, 1994, ISBN 0-02-352781-7. **Knowl. Eng. Rev.**, 13(4), 409-412.
- Shevade, S. K., Keetthi, S. S., Bhattacharyya, C., & Murthy, K. R. K. (2000). Improvements to the SMO algorithm for SVM regression. **IEEE Transactions on Neural Networks**, 11(5), 1188-1193.
- Weiss, S. M., & Indurkha, N. (1998). **Predictive Data Mining: A Practical Guide**. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.

เว็บไซต์

ธนาคารแห่งประเทศไทย. **สถิติ**. (ออนไลน์) เว็บไซต์ <https://www.bot.or.th> (เข้าถึงเมื่อวันที่ 8 กันยายน 2559).

สำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์. **ชุดข้อมูล**. (ออนไลน์) เว็บไซต์ <https://www.data.go.th> (เข้าถึงเมื่อวันที่ 8 กันยายน 2559).