



การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้า
ในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีน

โดย

นาย กมล จีจมานนท์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้า
ในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีน

โดย

นายกมล จีงมานนท์



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

SALE FORECASTING OF ELECTRIC VEHICLES
IN UNITED STATES OF AMERICA AND CHINA

BY

MR. KAMOL JUENGMANON



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF BUSINESS ADMINISTRATION
FACULTY OF COMMERCE AND ACCOUNTANCY
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2019
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

การค้นคว้าอิสระ

ของ

นายกมล จีงมานนท์

เรื่อง

การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีน

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 08 ธ.ค. 2562

ประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ



(รองศาสตราจารย์ ดร. สถาพร โอภาสานนท์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ



(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกจิตต์ จีงเจริญ)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ ดร. รุจิร พนมยงค์)

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้า ในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีน
ชื่อผู้เขียน	นายกมล จิ่งมานนท์
ชื่อปริญญา	บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
คณะ/มหาวิทยาลัย	คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ	รองศาสตราจารย์ ดร. เอกจิตต์ จิ่งเจริญ
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาและจีน เพื่อเทียบวิธีพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุดด้วยกระบวนการทางสถิติ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาด้วยวิธีการพยากรณ์ 4 แบบ ได้แก่ การพยากรณ์อนุกรมเวลาวิธีแยกองค์ประกอบ (Decomposition) วิธีแบบจำลองเอกซ์โพเนนเชียลของวินเทอร์ (Winters' Exponential Smoothing) วิธีแบบจำลองแบบถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) และวิธีการรวมผลพยากรณ์ (Combined Forecast) แล้วนำผลลัพธ์มาเทียบหาวิธีที่ให้ค่าความแม่นยำสูงสุด

การพยากรณ์วิธี Multiple Regression นั้น ต้องทำการประมวลผลเพื่อตัดปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องและเกี่ยวข้องกันเองออกก่อน และเทียบกับการพยากรณ์โดยไม่ตัดปัจจัยใด ๆ ทำให้ทราบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าของประเทศสหรัฐอเมริกาได้แก่ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ อัตราเงินเฟ้อ ข้อมูลยอดขายปีก่อนหน้า และอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราระหว่างประเทศ สำหรับประเทศจีนได้แก่ ยอดขายปีก่อนหน้า และอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราระหว่างประเทศ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์นำไปรวมผลพยากรณ์กับวิธี Decomposition และ Winters' Exponential Smoothing ทั้ง 3 วิธี ทำให้ได้ค่าความแม่นยำสูงสุด โดยค่า R-Square ของการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าประเทศสหรัฐอเมริกาอยู่ที่ 94.77% และค่า RMSE อยู่ที่ 2,101.27 ส่วนประเทศจีน R-Square อยู่ที่ 98.05% และค่า RMSE อยู่ที่ 5,327.83 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การพยากรณ์, ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้า, การถดถอย, สหรัฐอเมริกา, จีน

Independent Study Title	SALE FORECASTING OF ELECTRIC VEHICLES IN UNITED STATES OF AMERICA AND CHINA
Author	Mr. Kamol Juengmanon
Degree	Master of Business Administration
Faculty/University	Faculty of Commerce and Accountancy Thammasat University
Independent Study Advisor	Associate Professor Ekachidd Chungcharoen, Ph.D.
Academic Year	2019

ABSTRACT

The Propose of sale forecasting of the electric vehicles of United States of America and China is to compare the best statistical models with highest accuracy to forecast the sales volume. We use four forecasting models which are Decomposition, Winters' Exponential Smoothing, Multiple Regression and Combined Forecast and compare the results to find highest accuracy method.

In the multiple regression forecasting method, first we will cut off the non-relation and co-relation factor for forecasting sales volume and compare with the forecasting that use all factors. The result of relation factors of sales forecasting electric vehicles in USA is effective federal funds rate, inflation rate, sales volume last year, exchange rate and factor of sales forecasting electric vehicles in China is sales volume last year and exchange rate. The results from forecasting will be combined with Decomposition method and Winters' Exponential Smoothing. This process provides the results with the highest accuracy with R-square of the sales forecasting of electric vehicles of USA is 94.77% and RMSE is 2,101.27. And R-square of the sales forecasting of electric vehicles of China is 98.05% and RMSE is 5,327.83

Keywords: forecasting, sales volume of electric vehicles, Regression, USA, CHINA

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ สามารถสำเร็จไปได้ด้วยความอนุเคราะห์จากท่าน รองศาสตราจารย์ ดร. เอกจิตต์ จิงเจริญ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นอกจากจะให้คำแนะนำและความรู้ ในการศึกษาวิจัยแล้ว ยังเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ ระหว่างการศึกษาค้นคว้า อิสระ ทำให้งานค้นคว้าอิสระในครั้งนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณท่านรอง ศาสตราจารย์ ดร. สถาพร โอภาสานนท์ ผู้เป็นประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระครั้งนี้ ที่ได้ให้ คำแนะนำแนวทาง ที่สามารถนำไปปรับปรุงการศึกษาครั้งนี้ ทางผู้ศึกษาต้องขอกราบขอบพระคุณทุก ท่านเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ผู้ศึกษาขอกราบขอบคุณแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่มีเผยแพร่ และสามารถให้เข้าถึง ข้อมูลได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้จะเป็นประโยชน์ต่อประเทศต่อไป

สุดท้ายนี้ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณมารดา บิดา ครอบครัว ผู้ให้การสนับสนุนผู้ศึกษา ในทุกทาง รวมถึงคณาจารย์หลักสูตรปริญญาธุรกิจมหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทุกท่าน นอกจากนี้ขอขอบคุณบุคคลที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่สนับสนุนด้วยดีมา ตลอด สุดท้ายขอขอบคุณมิตรภาพที่ดีจากเพื่อน ๆ ร่วมรุ่น MBA รุ่นที่ 47 ปี 2561 โดยเฉพาะเพื่อน ร่วมกลุ่มทำงานในบางรายวิชา ที่คอยให้กำลังใจและช่วยกันให้คำปรึกษาระหว่างทาง ทำให้การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นาย กมล จิงมานนท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.1.1 ความสำคัญของอุตสาหกรรมรถยนต์	3
1.1.2 ความสำคัญของอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้า	4
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	5
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.4 คำจำกัดความในงานวิจัย	6
1.5 วิธีการเก็บข้อมูล	6
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 กรอบแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1.1 ความสำคัญของรถยนต์ไฟฟ้ากับการรักษาสิ่งแวดล้อม	7
2.1.2 การพยากรณ์ทางธุรกิจ	8

2.1.2.1 ช่วงเวลาของการพยากรณ์	8
2.1.2.2 ประเภทของการพยากรณ์ทางธุรกิจ	8
2.1.3 การพยากรณ์ข้อมูลเชิงเหตุผล	9
2.1.4 การพยากรณ์อนุกรมเวลา	11
2.1.4.1 ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ (Moving Average Method)	12
2.1.4.2 ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Simple Exponential Smoothing Method)	12
2.1.4.3 ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลของ Holt (Holt's Exponential Smoothing Method)	13
2.1.4.4 ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลของ Winters (Winters' Exponential Smoothing Method)	13
2.1.4.5 การพยากรณ์ด้วยวิธี Box-Jenkins ด้วยแบบจำลอง ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average Model)	14
2.1.5 การรวมผลพยากรณ์	16
2.1.6 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ	16
2.2 งานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	17
2.3 กรอบแนวคิดงานวิจัย	17
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	19
3.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล	19
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	20
3.2.1 สร้างแบบจำลองถดถอยพหุคูณ	20
3.2.1.1 สมมติฐานและตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย	20
(1) ตัวแปรตาม (Dependent Variables)	20
(2) ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)	20
3.2.1.2 การทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร	21
3.2.1.3 สร้างแบบจำลองและคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมกับแบบจำลอง	21
3.2.1.4 การประเมินค่าความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง	22
3.2.2 การสร้างแบบจำลองอนุกรมเวลา	22

3.2.3 การรวมผลพยากรณ์	22
3.2.4 การอภิปรายผล	23
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	23
3.4 ระยะเวลาในการวิจัย	23
 บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	 24
4.1 พยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา	24
4.1.1 วิธี Decomposition	25
4.1.2 วิธี Winters' Exponential Smoothing	26
4.1.3 วิธี Multiple Regression	27
4.1.4 วิธี Combined Forecast	31
4.1.4.1 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Decomposition กับวิธี Winters' Exponential Smoothing	32
4.1.4.2 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Decomposition กับวิธี Multiple Regression	34
4.1.4.3 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Multiple Regression กับวิธี Winters' Exponential Smoothing	35
4.1.4.4 การรวมผลการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี Decomposition , วิธี Winters' Exponential Smoothing และวิธี Multiple Regression	37
4.2 พยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศจีน	40
4.2.1 วิธี Decomposition	41
4.2.2 วิธี Winters' Exponential Smoothing	42
4.2.3 วิธี Multiple Regression	43
4.2.4 วิธี Combined Forecast	46
4.2.4.1 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Decomposition กับวิธี Winters' Exponential Smoothing	47
4.2.4.2 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Decomposition กับวิธี Multiple Regression	49

	(7)
4.2.4.3 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Multiple Regression กับวิธี Winters' Exponential Smoothing	51
4.2.4.4 การรวมผลการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี Decomposition , วิธี Winters' Exponential Smoothing และวิธี Multiple Regression	53
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	57
5.1 สรุปผลการวิจัย	57
5.1.1 พิจารณาส่วน Historical Period	57
5.1.2 พิจารณาส่วน Holdout Period	58
5.2 ข้อเสนอแนะ	61
รายการอ้างอิง	62
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ผลการพยากรณ์รถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา	64
ภาคผนวก ข ผลการพยากรณ์รถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน	67
ประวัติผู้เขียน	69

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้า โดยโปรแกรม Forecast X โดยวิธี Multiplicative Decomposition	25
4.2 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Winters' Exponential Smoothing	27
4.3 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Multiple Regression	29
4.4 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Multiple Regression	30
4.5 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Winters' Exponential Smoothing	33
4.6 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Multiple Regression	35
4.7 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Winters' Exponential Smoothing รวมผลกับวิธี Multiple Regression	37
4.8 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Winters' Exponential Smoothing และ วิธี Multiple Regression	39
4.9 ตารางแสดงค่า R-Square และค่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ในการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยการรวมผลวิธีแบบต่าง ๆ ดังนี้	39
4.10 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน โดยโปรแกรม Forecast X วิธี Multiplicative Decomposition	41
4.11 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Winters' Exponential Smoothing	43
4.12 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Multiple Regression	44
4.13 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Multiple Regression	46

4.14	ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Winters' Exponential Smoothing	48
4.15	ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Multiple Regression	50
4.16	ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Winters' Exponential Smoothing รวมผลกับวิธี Multiple Regression	52
4.17	ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้ 3 วิธี คือ Decomposition รวมผลกับวิธี Winters' Exponential Smoothing และ วิธี Multiple Regression	55
4.18	ตารางแสดงค่า R-Square และค่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ในการพยากรณ์ ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยการรวมผลวิธีแบบต่าง ๆ ดังนี้	55
5.1	ตารางเปรียบเทียบค่าความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อนโดยพยากรณ์ต่าง ๆ จากข้อมูล Historical Period เพื่อพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศ สหรัฐอเมริกา	57
5.2	ตารางเปรียบเทียบค่าความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อนโดยพยากรณ์ต่าง ๆ จากข้อมูล Historical Period เพื่อพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน	58
5.3	ตารางเปรียบเทียบค่าความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อนโดยพยากรณ์ต่าง ๆ จากข้อมูล Holdout Period เพื่อพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศ สหรัฐอเมริกา	58
5.4	ตารางเปรียบเทียบค่าความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อนโดยพยากรณ์ต่าง ๆ จากข้อมูล Holdout Period เพื่อพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน	60

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงยอดขายรถยนต์ทั่วไปในแต่ละภูมิภาค	4
1.2 แสดงยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน เทียบรายเดือนในปี 2016-2019	5
2.1 แสดงกรอบแนวคิดงานวิจัย	18
3.1 ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้ารายเดือนของประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 2013-2018	19
3.2 ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้ารายเดือนของประเทศจีนตั้งแต่ปี 2015-2018	20
4.1 กราฟ ACF ของยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี 2013-2018	24
4.2 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี 2013-2018 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Multiplicative Decomposition	25
4.3 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2018 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Winters' Exponential Smoothing	26
4.4 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2018 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Multiple Regression โดยไม่มีตัวแปรจำลองเดือน 12	28
4.5 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2018 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Multiple Regression	30
4.6 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Winters' Exponential Smoothing	32
4.7 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2018 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Multiple Regression	34
4.8 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Multiple Regression กับวิธี Winters' Exponential Smoothing	36
4.9 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2019 ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Decomposition, Multiple Regression และ Winters' Exponential Smoothing	38
4.10 กราฟ ACF ของยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าประเทศจีนตั้งแต่ปี 2015-2018	40

4.11 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Multiplicative Decomposition	41
4.12 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Winters' Exponential Smoothing	42
4.13 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน ตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Multiple Regression	44
4.14 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน ตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Multiple Regression	45
4.15 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Winters' Exponential Smoothing	48
4.16 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Multiple Regression	50
4.17 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Winters' Exponential Smoothing กับวิธี Multiple Regression	52
4.18 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธีการความผลการพยากรณ์ ด้วยวิธี Decomposition, Multiple Regression และ Winters' Exponential Smoothing	54
5.1 แสดงการเปรียบเทียบยอดขายจริงกับผลจากการพยากรณ์โดยวิธี Decomposition ในช่วง Holdout Period ของประเทศสหรัฐอเมริกา	59
5.2 แสดงการเปรียบเทียบยอดขายจริงกับผลจากการพยากรณ์โดยวิธี Decomposition ในช่วง Holdout Period ของประเทศจีน	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

รถยนต์ถือเป็นยานพาหนะสำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้ในการคมนาคม เนื่องจากสามารถอำนวยความสะดวก รวดเร็วและให้ความเป็นส่วนตัว อุตสาหกรรมรถยนต์สามารถต่อยอดและเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ หลายประเภท และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจทั่วโลก ซึ่งรถยนต์ยังถือเป็นการคมนาคมหลักของประชากรในประเทศไทย และเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศอย่างมาก

ในอดีตมีทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับรถยนต์ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าจากพลังงานของแบตเตอรี่ซึ่งไม่สามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้ ทำให้มีการคิดค้นแบตเตอรี่ตะกั่ว ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าสามารถเติมประจุไฟฟ้าได้ แต่เทคโนโลยีการเก็บพลังงานแบตเตอรี่ยังไม่สามารถใช้งานได้ยาวนานและต้นทุนการผลิตแบตเตอรี่สูงทำให้ราคาสูงตามไปด้วย แต่หลังจากเทคโนโลยีรถยนต์สันดาปได้รับการพัฒนาขึ้น รวมถึงการพัฒนากระบวนการผลิตรถยนต์ให้ผลิตในปริมาณมากเพื่อลดต้นทุน ทำให้รถยนต์สันดาปภายในมีราคาต่ำลงมาก และได้รับความนิยมมากกว่ารถยนต์ไฟฟ้า นอกจากจะราคาถูกกว่าแล้ว การเติมเชื้อเพลิงยังทำได้ง่ายกว่าและรวดเร็วกว่าการเติมพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย

แต่กระบวนการสันดาปภายในจากเครื่องยนต์ทำให้เกิดก๊าซที่ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน สิ่งแวดล้อมถูกทำลายไปมาก ก๊าซจากท่อไอเสียนั้น ประกอบไปด้วย

- คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)
- ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon : C_xH_x)
- ไนตริกออกไซด์ (NO₂) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)
- พวกลัลดีไฮด์ (Aldehyde)
- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfurdioxide : SO₂)

นอกจากนี้พลังงานจากเชื้อเพลิงเกิดจากการทับถมจากซากพืชซากสัตว์หลายหมื่นปี ทำให้พลังงานเหล่านี้เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ไม่สามารถผลิตใหม่ในเวลาอันสั้นได้ ในอนาคตอาจเกิดปัญหาพลังงานขาดแคลน ดังนั้น จึงมีการพัฒนาทางเลือกที่สามารถผลิตเพิ่มขึ้นได้ เช่นการใช้พลังงานทดแทนจากเอทานอล ไบโอดีเซล หรือพลังงานอื่น ๆ ซึ่งสามารถใช้กับเครื่องยนต์เดิมได้ ทำให้ลดการใช้พลังงานหลักลง แต่ยังคงเกิดก๊าซของเสียอยู่ และทำให้สมรรถภาพเครื่องยนต์ลดลงไปมากกว่าปรกติด้วย

การพัฒนารถยนต์เพื่อให้สามารถใช้พลังงานทดแทนจากน้ำมันจึงได้รับความสนใจอีกครั้ง เนื่องจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงาน เพื่อต้องการลดมลภาวะทางอากาศและปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศจากปรากฏการณ์เรือนกระจก ส่งผลให้หลายบริษัททั่วโลก ค้นคว้าหาวิธีใช้พลังงานทดแทนอีกครั้ง โดยมุ่งไปที่เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ทำให้ในปี 2540 บริษัท โตโยต้า ได้เปิดตัวรถยนต์ไฮบริด รุ่นแรกของโลก นั่นคือ โตโยต้า 프리อุส ที่สามารถใช้ทั้งพลังงานจากน้ำมันและพลังงานจากไฟฟ้าสลับกันได้

รถยนต์ไฟฟ้าได้รับความสนใจอีกครั้ง ในปี ค.ศ.2014 บริษัท Tesla Motor นำโดย CEO อีลอน มาร์ก ผู้ที่ริเริ่มแนวคิดที่จะผลิตรถยนต์ไฟฟ้าที่มีข้อจำกัดมากมาย ให้สามารถใช้งานได้จริงบนท้องถนน ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ไฟฟ้า 100 เปอร์เซนต์ มีการสร้างโรงงานขนาดใหญ่และคิดค้นมอเตอร์ กับแบตเตอรี่เซลล์เชื้อเพลิง เพื่อใช้ในรถยนต์พลังงานไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม ในขณะเดียวกันนั้น บริษัท Nissan ได้มีการผลิตรถยนต์ Nissan Leaf รถยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กที่ขายได้กว่า 100,000 คัน ซึ่งในช่วงนั้นยังมีข้อจำกัดเรื่องของจุดชาร์จแบตเตอรี่

ต่อมาได้มีการพัฒนาด้านกระบวนการผลิตและเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อให้อาจสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันกับรถยนต์ทั่ว ๆ ไปได้ จนมีการเปิดตัว Tesla Model รุ่นที่ 3 ซึ่งสามารถวิ่งได้ระยะทางกว่า 320 กิโลเมตร ซึ่งน้อยกว่า 20 เปอร์เซนต์ ของ Tesla Model S รถยนต์คันนี้มีอัตราเร่ง 0 ถึง 100 กิโลเมตรต่อลิตร ภายในเวลา 2.5 วินาที ในราคา 35,000 ดอลลาร์ หรือประมาณ 1.1 ล้านบาทซึ่งถือว่าเป็นราคาที่ผู้บริโภคสามารถจับต้องได้ ทำให้มีความต้องการสูงมากกว่า 400,000 คัน

ดังนั้น การพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าจึงมีความสำคัญมาก นอกจากช่วยลดปัญหามลภาวะทางอากาศแล้ว ยังช่วยอนุรักษ์พลังงานอีกด้วย ทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการกักเก็บพลังงาน

(แบตเตอรี่) ให้สามารถใช้ได้นานขึ้นและผลิตปริมาณมากขึ้น ทำให้มีการคาดการณ์ว่าเทคโนโลยีดังกล่าวอาจมาทดแทนเทคโนโลยีการใช้พลังงานน้ำมันแบบเดิมในอนาคต อย่างไรก็ตาม รถยนต์ไฟฟ้าจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐ ในการลงทุนสร้างสถานีบริการชาร์จพลังงานด้วย ถึงแม้ว่ารถยนต์ไฟฟ้าจะวิ่งได้หลายร้อยกิโลเมตรต่อการชาร์จ 1 ครั้ง แต่การวิ่งระยะไกล ยังคงต้องอาศัยการชาร์จพลังงานอยู่ จึงมีเปิดตัวรถยนต์ไฟฟ้าแบบ Plugin Hybrid ซึ่งสามารถใช้พลังงานจากน้ำมันและพลังงานจากไฟฟ้าโดยการชาร์จจากภายนอกได้ เพื่อตอบสนองผู้บริโภคที่ต้องการใช้รถยนต์ไฟฟ้าแต่ยังกังวลเรื่องสถานีให้บริการอยู่

นอกจากนี้ รถยนต์ไฟฟ้ายังใช้อุปกรณ์ภายในจำนวนน้อยขึ้นกว่ารถยนต์ปรกติมาก ยกตัวอย่างรถยนต์ Tesla มีอุปกรณ์ขับเคลื่อนเพียง 18 ชิ้นส่วน เมื่อเทียบกับรถยนต์สันดาปซึ่งมีชิ้นส่วนมากกว่า 2,000 ชิ้น ทำให้ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์แบบเดิมอาจจะถูก Disrupt จากรถยนต์ไฟฟ้าได้ เช่น ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์ น้ำมันหล่อลื่น อุปกรณ์หล่อเย็น ฯลฯ ดังนั้น การศึกษาแนวโน้มการเติบโตของรถยนต์ไฟฟ้าจึงมีความสำคัญมาก เพื่อการเตรียมการรับมือ ธุรกิจที่เกี่ยวข้องและการเตรียมพร้อมด้านพลังงาน เพื่อการลงทุนระยะยาวที่เหมาะสม

1.1.1 ความสำคัญของอุตสาหกรรมรถยนต์

ในปัจจุบัน แม้จะมีการสร้างระบบขนส่งมวลชนมากขึ้น แต่การบริการการคมนาคมสาธารณะส่วนใหญ่จะมีการสร้างในหัวเมืองใหญ่ (เช่นการสร้างรถไฟฟ้าระบบรางในกรุงเทพ) เท่านั้น รวมถึงการเดินทางไปตามชานเมืองซึ่งยังคงไม่มีระบบขนส่งมวลชนบริการที่ดีเพียงพอกับความต้องการ รวมถึงค่าใช้จ่ายการก่อสร้างระบบขนส่งสาธารณะที่มีราคาสูงถ้าต้องการความสะดวกรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีความไม่พร้อมของระบบขนส่งต่าง ๆ (เช่นในกรุงเทพฯ ดังที่เห็นได้จากชาวรถไฟฟ้าระบบรางมีปัญหาการใช้งานบ่อยครั้ง) ดังนั้น รถยนต์ถือเป็นการคมนาคมที่สำคัญ ด้วยความสะดวก ปลอดภัยและรวดเร็วกว่า ทำให้ทั่วโลกนั้นมีจำนวนยอดขายรถยนต์สูงขึ้นทุกปี โดยในปี 2561 ยอดขายรถยนต์ทั่วโลกสูงถึง 86 ล้านคัน ประเทศที่มียอดขายรถยนต์สูงสุดคือ จีนและสหรัฐอเมริกา ตามลำดับ



ภาพที่ 1.1 แสดงยอดขายรถยนต์ทั่วไปในแต่ละภูมิภาค

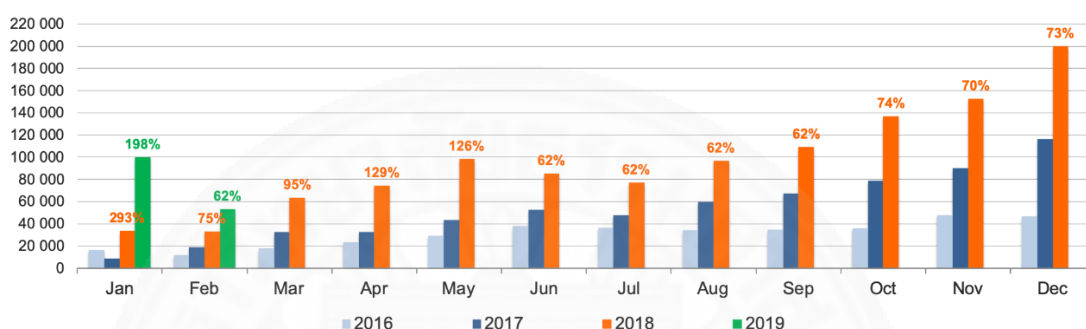
1.1.2 ความสำคัญของอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้า

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน รถยนต์ได้รับการพัฒนา อย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านเทคโนโลยีและสมรรถภาพเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ขับขี่มากขึ้น ในอดีตนั้นให้ความสำคัญกับการพัฒนาเครื่องยนต์ด้านความเร็ว การเร่งออกตัว เพื่อสมรรถนะในการขับขี่ที่ดี ทำให้เครื่องยนต์ใช้พลังงานมากตามไปด้วย ในเวลาต่อมา มีการอนุรักษ์พลังงานขึ้นในหลายประเทศ ผู้บริโภคเริ่มตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่ามากขึ้น จึงมีการพัฒนาเครื่องยนต์ให้ประหยัดพลังงานมากขึ้น รวมถึงการพัฒนาให้รถยนต์มีผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เพื่อการรักษาสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม เครื่องยนต์ยังคงมีการใช้พลังงานจากน้ำมันเป็นพลังงานหลัก และยังคงมีการปล่อยก๊าซจากการสันดาปภายในเครื่องยนต์ปริมาณมาก

ในปัจจุบันรถยนต์ไฟฟ้า (PEV) ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีด้านการเก็บประจุไฟฟ้า (แบตเตอรี่) ได้รับการพัฒนามากขึ้น รวมถึงกระบวนการผลิตในระดับกว้างขวางขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้มากขึ้น รวมถึงการให้การสนับสนุนจากภาครัฐในบางประเทศ ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าได้รับความนิยมมากขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในประเทศจีนนั้นจากปี 2016 จนถึงปี 2019 รถยนต์ไฟฟ้าได้รับความนิยมมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากรัฐบาลจีนให้การสนับสนุนอุตสาหกรรมรถยนต์ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเต็มที่ นอกจากการลดภาษีแล้ว รัฐบาลยังมีการอัดฉีดเงินให้กับบริษัทที่ผลิตรถยนต์ไฟฟ้า เร่งสร้างและ

กระจายโครงสร้างพื้นฐานอย่างทั่วถึงไฟฟ้าให้มีจำนวนมากที่สุด ในขณะเดียวกันก็ออกกฎเตรียมออกกฎหมายให้ยานพาหนะใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงทุกรูปแบบในประเทศ เช่น การเพิ่มรถเมล์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะ หรือการประกาศไม่ให้ใบอนุญาตขับขี่กับคนขับรถผ่านแอปฯ สำหรับคนที่ไม่ใช้รถยนต์ไฟฟ้า แม้ในปีที่ผ่านมาจะมีการชะลอนโยบายการส่งเสริมจากภาครัฐ แต่รถยนต์ไฟฟ้าในประเทศจีนยังคงเติบโตอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 1.2 แสดงยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน เทียบรายเดือนในปี 2016-2019

แต่ในปัจจุบันยังคงมีความกังวลจากการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า เช่น สถานีจ่ายไฟฟ้าไม่เพียงพอ การชาร์จพลังงานไฟฟ้ายังคงใช้เวลานานกว่าการเติมน้ำมัน ซึ่งภาครัฐในหลายประเทศได้มีการเพิ่มสถานีจ่ายไฟและให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่เพื่อให้ตลาดรถยนต์ไฟฟ้าเติบโตแทนที่ระบบน้ำมัน เพื่อลดมลพิษรักษาสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การพยากรณ์การใช้รถยนต์ใช้ไฟฟ้าจึงมีความสำคัญในการวางแผนธุรกิจที่เกี่ยวข้องในอนาคต เพื่อศึกษาหาแนวโน้ม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการซื้อและนำมาวางแผนธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์ไฟฟ้า เช่น สถานีบริการชาร์จพลังงาน การซ่อมบำรุงต่าง ๆ เพื่อการจัดทำงบประมาณสร้างธุรกิจหรือสถานที่บริการต่าง ๆ ในเวลาที่เหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐกิจต่าง ๆ และปัจจัยด้านประชากร กับความต้องการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในตลาดจีนและอเมริกา เนื่องจากเป็นรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตลาดใหญ่ของโลก

1.2.2 เพื่อพัฒนาแบบแผนที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ความต้องการใช้รถยนต์ไฟฟ้าใน 3-5 ปีข้างหน้า โดยศึกษาจากวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมและปัจจัยที่มีผลต่อยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้า

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐกิจต่าง ๆ และปัจจัยด้านประชากร ซึ่งสามารถช่วยให้ธุรกิจรถยนต์ไฟฟ้าสามารถติดตามสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยดังกล่าว แล้วนำมาปรับใช้กับประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3.2 ธุรกิจรถยนต์ไฟฟ้าสามารถนำแม่แบบและข้อมูลไปพยากรณ์ตลาดในอนาคตและออกแบบกลยุทธ์ที่เหมาะสมกับการทำธุรกิจ

1.4 คำจำกัดความในงานวิจัย

รถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicles) รถยนต์ที่ใช้พลังงานจากไฟฟ้าสะสมโดยผ่านอุปกรณ์เก็บประจุไฟฟ้า (Battery) หรือกักเก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบอื่น ๆ โดยไม่มีเครื่องสันดาปภายใน หรือมีก็ได้ แต่ต้องมีการเพิ่มประจุไฟฟ้าจากภายนอกได้ เช่นการใช้แท่นชาร์จไฟ หรือไฟฟ้าชาร์จไฟฟ้าจากที่บ้าน

รถยนต์เครื่องสันดาปภายใน หมายถึง รถยนต์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและอากาศภายในรถยนต์ การเผาไหม้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานในการขับเคลื่อนรถยนต์

การพยากรณ์ (ทางธุรกิจ) หมายถึง การใช้ข้อมูลตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อหาแนวโน้มของธุรกิจ และประมาณการณ์เพื่อการตัดสินใจดำเนินการได้อย่างถูกต้อง

1.5 วิธีการเก็บข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2015-2019

1.5.1 ข้อมูลการจำหน่ายรถยนต์ในสหรัฐอเมริกา โดย www.insideev.com

1.5.2 ข้อมูลการจำหน่ายรถยนต์ในจีน โดย <http://www.evlook.com>

1.5.3 ข้อมูลราคาน้ำมัน (ดอลลาร์ต่อบาร์เรล) ซึ่งเป็นพลังงานหลักในการใช้เปรียบเทียบปัจจัย จากบริษัทบางจาก และ ปตท. จำกัด (มหาชน)

1.5.4 ข้อมูลจากข่าวการเมืองที่เกิดขึ้น จากเว็บไซต์ข่าวต่าง ๆ

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาด้านการพยากรณ์ทางธุรกิจ เพื่อนำมาวิเคราะห์การพยากรณ์ด้านเทคโนโลยีและปัจจัยที่ทำให้คนต้องการใช้รถยนต์ไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล บทความทางวิชาการ ข่าวสารต่าง ๆ ดังนี้

2.1 กรอบแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความสำคัญรถยนต์ไฟฟ้ากับการรักษาสิ่งแวดล้อม

รถยนต์ถือเป็นการคมนาคมหลักในหลายประเทศ เนื่องจากการเดินทางที่สะดวก รวดเร็ว และการลงทุนก่อสร้างระบบเส้นทางเพื่อรถยนต์นั้นต่ำกว่าการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนอื่น ๆ มาก จึงถือได้ว่ารถยนต์เป็นการขนส่งที่สะดวกที่สุด ดังนั้นอุตสาหกรรมรถยนต์จึงสำคัญมากในเศรษฐกิจโลก และมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง อย่างไรก็ตามตลาดรถยนต์ทั่วไปยิ่งเติบโต จะทำให้สิ่งแวดล้อมยิ่งทรุดโทรมและเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐ หรือ EPA (Environmental Protection Agency) กล่าวว่า 75% ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในสหรัฐอเมริกา เกิดจากการใช้งานรถยนต์บนท้องถนน ซึ่งเป็นมลภาวะที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก

ปฏิเสธไม่ได้ว่าปัจจุบันนี้สภาวะอากาศของโลกอยู่ในช่วงวิกฤตมาก ดังที่เห็นได้จากที่ประเทศไทยประสบกับภาวะฝุ่น PM 2.5 ซึ่งเกิดจากการปล่อยของเสียในรูปแบบก๊าซจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงการปล่อยของเสียจากรถยนต์ นอกจากนี้การปล่อยของเสียที่เกิดจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ ยังก่อให้เกิดก๊าซพิษมากมาย เช่นคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ไนตริกออกไซด์ (NO₂), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x), อัลดีไฮด์ (Aldehyde), ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) รวมถึงเขม่า ที่ประกอบด้วย ผงคาร์บอน, สารประกอบของตะกั่ว, สารจำพวกฟีนอลส์ (Phenol), ไอระเหยจากน้ำมันรถยนต์, สารอินทรีย์จำพวกไนโตร (Nitro Organic) และยางเหนียวจำพวกโพลีซายคลิก อโรเมติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) ซึ่งสารเหล่านี้ทำให้สิ่งแวดล้อมทรุดโทรมลง และเป็นอันตรายต่อมนุษย์ทั่วไป ดังนั้นภาครัฐหลายประเทศจึง

ให้ความสำคัญกับรถยนต์ไฟฟ้าอย่างมาก นอกจากช่วยลดการปล่อยก๊าซพิษให้น้อยลงจนถึง 0 (Zero Emission) แล้ว ยังช่วยให้ประเทศประหยัดการนำเข้าพลังงานจากน้ำมันได้อีกด้วย ดังนั้นการ

2.1.2 การพยากรณ์ทางธุรกิจ

(เอกจิตต์ , 2560) การพยากรณ์ทางธุรกิจ หมายถึงการคาดการณ์เกี่ยวกับลักษณะหรือแนวโน้มของสิ่งที่ผู้พยากรณ์สนใจที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อให้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจทางธุรกิจ และนำมาเป็นแนวทางในการวางแผนหรือเตรียมการตัดสินใจดำเนินการใด ๆ ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อสร้างผลกำไรเพิ่มขึ้น มีความได้เปรียบในการแข่งขัน ดังนั้นการพยากรณ์ทางธุรกิจนั้นจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากในอดีตจนถึงปัจจุบันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ผลลัพธ์จากการพยากรณ์ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ผู้ทำการพยากรณ์สามารถนำหลายวิธีมาใช้ขึ้นอยู่กับข้อมูลหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น นำข้อมูลในอดีตมาพยากรณ์อนาคตโดยอาศัยปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เข้าช่วย บางครั้งอาจใช้ดุลยพินิจของผู้พยากรณ์อย่างเดียว หรืออาจใช้หลายวิธีรวมกันเพื่อให้การพยากรณ์แม่นยำและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

2.1.2.1 ช่วงเวลาของการพยากรณ์

การพยากรณ์เพื่อวางแผนและการตัดสินใจทางธุรกิจ สามารถแบ่งตามระยะเวลาของการพยากรณ์ได้ 3 ระยะ คือ

(1) การพยากรณ์ระยะสั้น ส่วนมากเป็นการพยากรณ์เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้จัดการปฏิบัติการ เนื่องจากสามารถใช้ระยะเวลาน้อยในการปรับเปลี่ยน เช่น การพยากรณ์วางแผนจัดซื้อ การจัดตารางการทำงาน การมอบหมายงาน การพยากรณ์ยอดขาย การพยากรณ์การผลิต เป็นต้น โดยระยะเวลาของการพยากรณ์ระยะสั้นจะมีระยะตั้งแต่ 3 เดือนถึงไม่เกิน 1 ปี

(2) การพยากรณ์ระยะปานกลาง เป็นการพยากรณ์เพื่อนำผลลัพธ์ไปใช้ในการวางแผนการผลิต วางแผนการตลาด และวางแผนงบประมาณดำเนินงานต่าง ๆ โดยระยะเวลาการพยากรณ์ระยะปานกลางส่วนมาก จะใช้เวลาตั้งแต่ 3 เดือนจนถึง 3 ปี

(3) การพยากรณ์ระยะยาว เป็นการพยากรณ์เพื่อนำผลลัพธ์ไปใช้ในการตัดสินใจการขยายกำลังการผลิต การพัฒนาสินค้าใหม่ การเลือกทำเลที่ตั้ง การลงทุนวิจัยและพัฒนา เป็นต้น โดยส่วนมากจะมีระยะเวลาดั้งแต่ 3 ปีขึ้นไป

2.1.2.2 ประเภทของการพยากรณ์ทางธุรกิจ

การพยากรณ์เป็นการคาดคะเนโดยอาศัยข้อมูลในอดีตที่มี นำมาใช้พยากรณ์อนาคต หากยังมีข้อมูลในอดีตมาก การพยากรณ์จะยิ่งแม่นยำตามไปด้วยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้งภายในและภายนอกอีกด้วย ปัจจุบันประเภทหรือวิธีการพยากรณ์ทางธุรกิจแบ่งเป็น 2

ลักษณะ ได้แก่ การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting Methods) และการพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting Methods)

(1) การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting Methods)

เทคนิคการพยากรณ์เชิงคุณภาพนั้นโดยส่วนมากเป็นที่นิยมใช้ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลในอดีตและปัจจุบันให้วิเคราะห์ อาศัยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญหรือประสบการณ์ของผู้ทำการพยากรณ์เป็นหลัก เช่น การพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์ใหม่ การพยากรณ์การใช้น้ำมันไฟฟ้าสายใหม่ เป็นต้น

(2) การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting Methods)

(เฉลิมพร จตุพร, 2560) เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณเป็นวิธีการวิเคราะห์อย่างมีระบบ โดยอาศัยข้อมูลในอดีตจนถึงปัจจุบันมาวิเคราะห์ โดยใช้ความรู้ทางสถิติประกอบการพยากรณ์ ดังนั้นความถูกต้องแม่นยำของการพยากรณ์นี้จะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีในการพยากรณ์ ทำให้การพยากรณ์เชิงปริมาณเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง การพยากรณ์เชิงปริมาณนี้อาจแบ่งได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเหตุผล (Associative Models) เป็นการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่ผลกระทบต่อสิ่งที่ทำการพยากรณ์ เช่น การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

2. รูปแบบอนุกรมเวลา (Time Series Models) เป็นวิธีการใช้รูปแบบ (Pattern) ของข้อมูลในลักษณะที่บันทึกได้จากอดีตถึงปัจจุบัน เช่น วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบทรงตัว (Native Approach), วิธีการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average), วิธีการปรับเทียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing)

การพยากรณ์เชิงปริมาณเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบันว่า มีความแม่นยำในการพยากรณ์สูง ซึ่งสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพยากรณ์ที่มีให้เลือกใช้อย่างแพร่หลาย และเป็นการวิเคราะห์ที่ดีกว่าการใช้ความรู้สึกหรือประสบการณ์ของผู้พยากรณ์

แม้ผลลัพธ์การพยากรณ์จะแม่นยำเพียงใดผู้ที่พยากรณ์ไม่ควรเชื่อมั่นในผลลัพธ์ของการพยากรณ์นี้จนเกินไป และไม่ควรละเลยผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์เชิงคุณภาพเนื่องจากบางครั้งประสบการณ์ของผู้เกี่ยวข้องมีความสำคัญมาก

2.1.3 การพยากรณ์ข้อมูลเชิงเหตุผล

การพยากรณ์ข้อมูลเชิงเหตุผล เป็นการใช้วิธีการทางสถิติศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ส่งผลต่อสิ่งที่พยากรณ์กับสิ่งที่พยากรณ์ โดยกำหนดให้ตัวแปรที่ส่งผลเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable) และสิ่งที่พยากรณ์เป็นตัวแปรตาม (Dependent Variable) และนำ

ความสัมพันธ์ที่ได้ในรูปแบบสมการคณิตศาสตร์มาพยากรณ์ตัวแปรตาม เทคนิคการพยากรณ์เชิงเหตุผลที่ได้รับความนิยม คือการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์หรือสมการเพื่อพยากรณ์ตัวแปรตามหนึ่งตัว (Y) จากกลุ่มตัวแปรอิสระ (X) อาจใช้ตัวแปรอิสระตัวเดียวหรือหลายตัวก็ตาม ตัวแปรอิสระที่นำมาวิเคราะห์ต้องมีหลักฐานหรือรายงาน หรือความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องว่าเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม การวิเคราะห์ตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปเพื่ออธิบายผลของตัวแปรตามที่เกิดขึ้นเรียกว่า การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณหรือเชิงซ้อน (Multiple Regression Analysis) โดยมีรูปแบบสมการของสมการเชิงเส้น ดังนี้

$$\begin{aligned}\hat{Y} &= f(X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n) \\ &= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon\end{aligned}\quad (1)$$

โดยที่ตัวแบบหรือสมการการถดถอยพหุคูณในระดับประชากรเขียนได้เป็น

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

โดยที่

β_0 คือ จุดตัดแกน Y

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ คือ ค่าความชันของตัวแปรแบบถดถอย

ε คือ ค่าความผิดพลาด

ดังนั้น เราสามารถเขียนสมการการถดถอยพหุคูณในระดับกลุ่มตัวอย่างได้เป็น

$$\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_k X_k + e$$

โดยที่

b_0 คือ จุดตัดแกน Y ของกลุ่มตัวอย่าง

$b_1, b_2, \dots, b_k$ คือ ค่าความชันของตัวแปรแบบถดถอย

e คือ ค่าความผิดพลาด

2.1.4 การพยากรณ์อนุกรมเวลา

(เฉลิมพร จตุพร, 2560) การพยากรณ์อนุกรมเวลาคือการพยากรณ์จากชุดข้อมูลที่ได้มีการเก็บบันทึกจากอดีตสู่ปัจจุบัน โดยที่ระยะห่างของข้อมูลที่เก็บมีช่วงเวลาที่เท่ากัน เช่น รายสัปดาห์ รายเดือน รายไตรมาส โดยสมมติฐานที่สำคัญของการพยากรณ์คือ ในกรณีที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่อนโยบายที่สำคัญต่อผลลัพธ์ของการพยากรณ์แล้ว อิทธิพลใด ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ของข้อมูลในอดีตและปัจจุบันจะส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ของข้อมูลในอนาคตเช่นเดิมด้วย ดังนั้น การพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตยังคงขึ้นอยู่กับข้อมูลในอดีตและปัจจุบัน โดยอนุกรมเวลามีองค์ประกอบสำคัญ 4 อย่างได้แก่

(1) แนวโน้ม (Trend : T) การเก็บข้อมูลมากเพียงพอ จะทำให้เห็นทิศทางของข้อมูลในระยะยาวว่าไปในทิศทางใด สาเหตุของแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงนี้อาจจะมาจากสภาพของธุรกิจ เศรษฐกิจ หรือเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป

(2) ฤดูกาล (Seasonality : S) เป็นรูปแบบการเคลื่อนไหวที่มีรูปแบบซ้ำกันทุกปี มีสาเหตุจากอิทธิพลของฤดูกาลหรือเทศกาลต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลต่อข้อมูลยอดขายของสินค้าหรือบริการ

(3) วัฏจักร (Circle : C) เป็นรูปแบบของข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวในระยะยาวมากกว่า 1 ปี ส่วนมากเกิดจากผลกระทบทางเศรษฐกิจ ระยะในเวลานี้อาจอยู่ระหว่าง 2-20 ปี ในทางทฤษฎีระยะเวลาการครบรอบในแต่ละรอบจะต้องเท่ากัน แต่ในทางปฏิบัติแต่ละรอบของวัฏจักรอาจไม่เท่ากัน เนื่องจากความผันผวนทางเศรษฐกิจ หรือความไม่แน่นอนแวดล้อมอื่น ๆ เป็นต้น ดังนั้นต้องมีการเก็บข้อมูลที่มากพอจึงจะเห็นรอบของวัฏจักรได้ชัดเจน

(4) เหตุการณ์ที่ผิดปกติ (Irregular Variation : I) เป็นการเคลื่อนไหวอย่างไม่มีระเบียบแบบแผน ไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด และเกิดช่วงสั้น ๆ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อข้อมูลอย่างมาก เช่น พายุ น้ำท่วม การประท้วง การก่อจลาจล ทำให้ยอดขายสูงขึ้นหรือต่ำลงมากกว่าปกติ

จากส่วนประกอบของอนุกรมเวลาสามส่วนแรก (แนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร) เป็นส่วนประกอบที่สามารถหาค่าเป็นดัชนีการวัดได้ ซึ่งส่วนประกอบอนุกรมเวลานี้สามารถเป็นตัวแทนในการคำนวณได้ จึงเรียกได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่กำหนดได้ (Deterministic Component) สำหรับส่วนประกอบเหตุการณ์ที่ผิดปกติ เป็นส่วนประกอบของอนุกรมเวลาที่วัดไม่ได้ จึงเรียกว่าส่วนประกอบที่คลาดเคลื่อน (Stochastic Component) จากส่วนประกอบของอนุกรมเวลาทั้งหมด สามารถรวมเข้าด้วยกันมี 2 วิธีคือ

$$\text{รูปแบบเชิงบวก (Additive Model)} \quad Y = T + S + C + I$$

$$\text{รูปแบบเชิงคูณ (Multiplicative Model)} \quad Y = T \times S \times C \times I$$

การพยากรณ์โดยทั่วไปนิยมใช้รูปแบบเชิงคูณ ซึ่งบางอนุกรมเวลาอาจมีส่วนประกอบเพียงส่วนเดียวหรือหลายส่วนประกอบรวมกันก็ได้ ซึ่งการพยากรณ์โดยการวิเคราะห์จากอนุกรมเวลาสามารถนำไปใช้กับเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

2.1.4.1 ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ (Moving Average Method)

เทคนิคการเฉลี่ยการเคลื่อนที่เป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลในระยะสั้น โดยเทคนิคนี้เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีความโน้มเอียงของฤดูกาลเด่นชัด และเป็นเทคนิคที่มีพื้นฐานมาจากการคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีต โดยเป็นการทำข้อมูลให้ราบเรียบขึ้น เพื่อนำค่าเฉลี่ยไปใช้พยากรณ์ข้อมูลในอนาคต โดยสมการทั่วไปของตัวแบบค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ คือ

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{t-(N+1)}^t (X_t)}{n}$$

โดย F_{t+1} คือ ค่าที่พยากรณ์ได้ในคาบเวลา $t+1$
 X_t คือ ค่าของข้อมูลจริงที่คาบเวลาปัจจุบัน (ที่เวลา t)
 n คือ จำนวนข้อมูลที่นำมาหาค่าเฉลี่ย

การพยากรณ์วิธีนี้ช่วยให้การพยากรณ์แม่นยำขึ้น เนื่องจากกรณีข้อมูลที่มีความผันผวนสูงมาก ควรใช้จำนวนข้อมูลน้อยชุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยที่มีความใกล้เคียงกับข้อมูลปัจจุบันมากที่สุด หรือกรณีข้อมูลผันผวนน้อย อาจใช้จำนวนข้อมูลจำนวนมากขึ้นได้

2.1.4.2 ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Simple Exponential Smoothing Method)

วิธีการเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลนี้เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีความโน้มเอียงของฤดูกาลเด่นชัดเช่นเดียวกับวิธีหาค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ แต่ค่าพยากรณ์ที่ได้จะคิดเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของข้อมูลในอดีตไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับช่วงเวลา ซึ่งข้อมูลล่าสุดจะถือว่าเป็นข้อมูลปัจจุบันจะให้ค่าถ่วงน้ำหนักมากที่สุดและส่งผลกระทบต่ออนาคต ส่วนค่าน้ำหนักของข้อมูลในอดีตยิ่งห่างไกลขึ้นจะยิ่งลดลงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลตามระยะเวลา ซึ่งตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Simple Exponential Smoothing : SES) สามารถเขียนในรูปแบบสมการได้ดังนี้

$$F_{t+1} = \alpha X_1 + (1 - \alpha)F_t$$

โดย F_{t+1}	คือ ค่าที่พยากรณ์ได้ในคาบเวลา $t+1$
α	คือ ค่า Smoothing Constant ($0 < \alpha < 1$)
X_t	คือ ค่าของข้อมูลจริงที่คาบเวลาปัจจุบัน (ที่เวลา t)
F_t	คือ ค่าที่พยากรณ์ได้ที่คาบเวลา t

2.1.4.3 ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลของ Holt (Holt's Exponential Smoothing Method)

การใช้ค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Holt นั้น ปรับเปลี่ยนมาจากการพยากรณ์แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ซึ่งข้อมูลไม่ปรากฏอิทธิพลของฤดูกาลเด่นชัด แต่การพิจารณาค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีค่า Growth Factor หรือ Trend Factor ในสมการ โดยสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$H_{t+n} = F_{t+1} + nT_{t+1}$$

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)(F_t + X_t)$$

$$T_{t+1} = \gamma(F_{t+1} - F_t) + (1 - \gamma)T_t$$

โดย H_{t+n}	คือ ค่าพยากรณ์โดยตัวแบบ Holt's Exponential Smoothing ที่เวลา $t+n$
F_{t+1}	คือ ค่าที่พยากรณ์ได้ที่เวลา $t+1$
T_{t+1}	คือ ค่าพยากรณ์แนวโน้มที่เวลา $t+1$
F_t	คือ ค่าที่พยากรณ์ได้ในที่เวลา t
X_t	คือ ค่าของข้อมูลจริงที่เวลาปัจจุบัน (ที่เวลา t)
n	คือ จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์
α	คือ ค่า Smoothing Constant ($0 < \alpha < 1$)
γ	คือ ค่า Smoothing Constant สำหรับพยากรณ์แนวโน้ม ($0 < \gamma < 1$)

2.1.4.4 ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลของ Winters (Winters' Exponential Smoothing Method)

การใช้ค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Winters นั้น ปรับเปลี่ยนมาจากการพยากรณ์แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลของ Holt ซึ่งนอกจากจะมีข้อมูลแนวโน้มแล้ว ยังมีข้อมูลของ Seasonal

Factor หรือ ฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อลดความผิดพลาดในการพยากรณ์ โดยสร้างแบบจำลองใหม่สามารถเขียนใหม่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$W_{t+n} = (F_t + nT_t)S_{t+n-p}$$

$$F_t = \frac{\alpha X_t}{S_{t-p}} + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \gamma(F_t - F_{t-1}) + (1 - \gamma)T_{t-1}$$

$$S_t = \frac{\beta X_t}{F_t} + (1 - \beta)S_{t-p}$$

โดย	W_{t+n}	คือ ค่าพยากรณ์โดยตัวแบบ Winters ที่เวลา t+n
	F_t	คือ ค่าที่พยากรณ์ได้ในเวลา t
	T_t	คือ ค่าพยากรณ์แนวโน้มที่เวลา t
	S_t	คือ ค่าพยากรณ์ฤดูกาลที่เวลา t
	X_t	คือ ค่าของข้อมูลจริงที่เวลาปัจจุบัน (ที่เวลา t)
	F_{t-1}	คือ ค่าที่พยากรณ์ได้ที่เวลา t-1
	T_{t-1}	คือ ค่าพยากรณ์แนวโน้มที่เวลา t-1
	n	คือ จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์
	α	คือ ค่า Smoothing Constant ($0 < \alpha < 1$)
	γ	คือ ค่า Growth Factor สำหรับพยากรณ์แนวโน้ม ($0 < \gamma < 1$)
	β	คือ ค่า Seasonal Factor สำหรับพยากรณ์ฤดูกาล ($0 < \beta < 1$)
	p	คือ จำนวนช่วงเวลาในรอบฤดูกาล

2.1.4.5 การพยากรณ์ด้วยวิธี Box-Jenkins ด้วยแบบจำลอง ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average Model)

วิธี Box-Jenkins: ARIMA Models จะใช้รูปแบบของข้อมูลในอดีตและข้อมูลปัจจุบันเป็นข้อมูลตั้งต้น แล้วมาวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ล่าสุดเพื่อที่จะมีการแก้ไขค่าพยากรณ์แล้วนำไปใช้พยากรณ์ข้อมูลในอนาคตต่อไป วิธีนี้เหมาะกับข้อมูลที่สามารถ

รวบรวมได้มากในรูปแบบอนุกรมเวลา และเหมาะไปใช้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทุกระยะ ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์นั้นไม่มีการกำหนดรูปแบบตายตัวขึ้นก่อนทำการวิเคราะห์ โดยในระหว่างวิเคราะห์รูปแบบจะถูกกำหนดขึ้นมาเองผ่านลักษณะของกล่องดำ ซึ่งภายในกล่องดำจะมีตัวแบบหลัก 3 รูปแบบคือ

(1) Moving Average (MA) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Y_t = e_t + \sum_{i=1}^n W_i e_{t-i}$$

โดย Y_t คือ ค่าพยากรณ์ที่คาบเวลา t
 e_t คือ ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ (Residual) ที่เวลา t
 W_i คือ ค่าพยากรณ์ที่คาบเวลา $t-i$
 e_{t-i} คือ ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ (Residual) ที่คาบเวลา $t-1, \dots, t-n$

(2) Auto Regressive (AR) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Y_t = e_t + \sum_{i=1}^n A_i Y_{t-i}$$

โดย Y_t คือ ค่าพยากรณ์ที่คาบเวลา t
 e_t คือ ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ (Residual) ที่เวลา t
 A_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์หน้า Y
 Y_{t-i} คือ ค่าพยากรณ์ที่คาบเวลา $t-1, t-2, \dots, t-n$ ตามลำดับ

(3) Mixed Auto Regressive-Moving-Average (ARMA) คือการนำสองรูปแบบเข้าด้วยกัน สามารถเขียนได้

$$Y_t = e_t + \sum_{t=1}^n A_t Y_{t-i} + \sum_{t=1}^n W_t e_{t-i}$$

2.1.5 การรวมผลพยากรณ์

หากมีข้อมูลจากการพยากรณ์หลายรูปแบบมาวิเคราะห์ จะช่วยให้ความแม่นยำในการพยากรณ์มากขึ้น ดังนั้น การรวมผลพยากรณ์จึงมีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงให้การพยากรณ์แม่นยำขึ้น โดยทั่วไปแล้วผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีรวมผลพยากรณ์จากแบบต่าง ๆ นั้นจะมีความแม่นยำกว่าการพยากรณ์แบบเดี่ยว ๆ และช่วยให้นักพยากรณ์สามารถรวบรวมข้อมูลสำคัญจากหลากหลายเทคนิคพยากรณ์เข้าด้วยกันได้ ส่งผลให้ผลลัพธ์ของการพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น

ในการรวมผลพยากรณ์จากแบบหลายตัว มีการใช้เทคนิคการเลือกน้ำหนักให้กับตัวแบบในการรวมผลพยากรณ์แบบต่าง ๆ ได้แก่ เทคนิคการกำหนดน้ำหนักแบบปรับค่าได้ และเทคนิคการกำหนดน้ำหนักใช้ตัวแบบถดถอยพหุคูณ ซึ่งมีหลักการกำหนดค่าน้ำหนักของตัวแบบแต่ละตัว เพื่อให้ผลของความพยากรณ์มีการผิดพลาดน้อยที่สุด

2.1.6 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

ในงานวิจัยได้เลือกใช้รากที่สองของกำลังสองของความผิดพลาด (Root Mean-Squared Error, RMSE) เนื่องจากเครื่องมือวัดความคลาดเคลื่อนที่ได้ศึกษามา ใช้การลบกันของค่าพยากรณ์กับค่าผลที่เกิดขึ้นจริง และไม่มีแนวโน้มว่า ค่าใดจะมากกว่าหรือน้อยกว่าทำให้เกิดเครื่องหมายลบและทำให้กระบวนการทางคณิตศาสตร์บางขั้นตอนผิดพลาด ซึ่งวิธี RMSE สามารถแก้ปัญหาในกรณีความคลาดเคลื่อนเป็นทั้งบวกและลบได้ โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (A_t - F_t)^2}{N}}$$

โดย F_t คือ ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลา t
 A_t คือ ค่าผลที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลา t
 N คือ จำนวนข้อมูล

2.2 งานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

งานเขียนอื่น ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลให้เลือกซื้อรถยนต์ไฟฟ้า และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสถานการณ์ปัจจุบัน มีดังนี้

Robbert Slot (2017) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์ไฟฟ้า พบว่าปัจจัยที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับงานวิจัยชิ้นนี้คือ ความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี EV แรงกระตุ้นทางสังคม และจำนวนสถานีชาร์จ ส่งผลให้คนเลือกซื้อรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งหมายถึงภาครัฐจำเป็นต้องมีนโยบายผลักดันสนับสนุนการใช้รถยนต์ไฟฟ้า

Trin Thananusak (2017) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์ไฟฟ้า ในไทย พบว่า ปัจจัยทางการเงิน ราคา สิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์ไฟฟ้า โดยทำการสำรวจจากประชากรไทย ช่วงอายุ 20-50 ปี

Ning Wang, Yafei Liu ได้สำรวจกลุ่มตัวอย่างเป็นชาวจีน 1,057 คนเพื่อพบว่าปัจจัยที่ส่งผลให้คนจีนเลือกซื้อรถยนต์ไฟฟ้า โดยทำแบบสำรวจและใช้วิธี Logistic Regression Analysis พบว่าปัจจัยที่ส่งผลได้แก่ อิทธิพลทางสังคม สถานีบริการ และการรับรู้ถึงความเสี่ยงส่งผลให้คนซื้อรถยนต์ไฟฟ้า อาจกล่าวได้ว่า สภาพสังคมหมายถึงนโยบายจากภาครัฐ เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจ และสร้างสถานีบริการให้ครอบคลุมพื้นที่

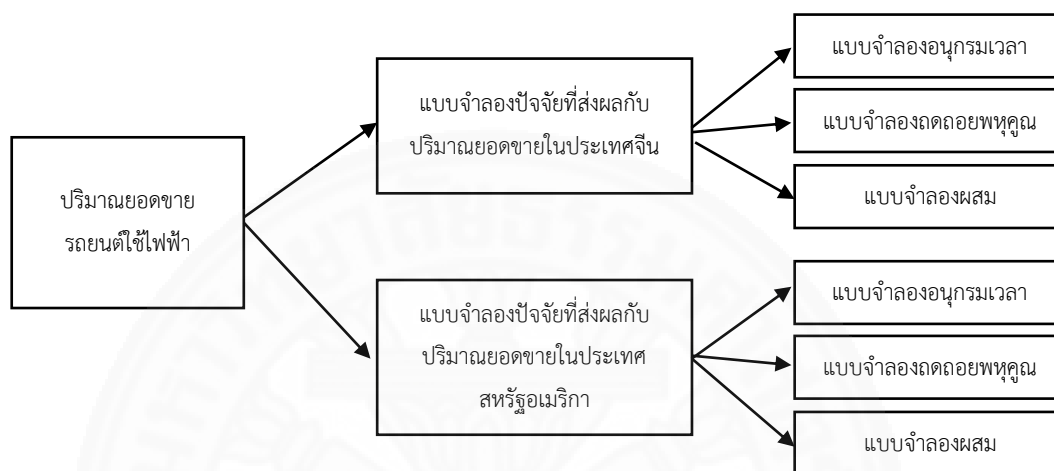
EVAoption.com (201) ได้เสนอปัจจัยที่ส่งผลให้คนเลือกซื้อรถยนต์ไฟฟ้า ถึง 24 ปัจจัย แต่ผู้วิจัย เห็นว่าปัจจัยที่ส่งผลและนำมาวิเคราะห์ได้ ได้แก่ จำนวนรุ่นรถ ราคาเมื่อเทียบกับรถยนต์ปกติ ระยะทางที่วิ่งได้ สถานีบริการชาร์จไฟฟ้า ราคาน้ำมัน ราคาแบตเตอรี่เก็บประจุไฟฟ้า นโยบายส่งเสริมจากภาครัฐ เทคโนโลยี และแผนการเงิน

Nissan Motors ประเทศไทย (2019) ได้ร่วมกับบริษัท FROST & SULLIVAN เพื่อวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยในการกระตุ้นการซื้อรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย พบว่า ปัจจัยที่สำคัญได้แก่ มาตรฐานความปลอดภัยของรถยนต์ใช้ไฟฟ้า ความสามารถและสถานีในการชาร์จพลังงานนอกบ้าน ความสามารถและสถานีที่ชาร์จพลังงานในบ้าน นโยบายสนับสนุนจากภาครัฐ และความสามารถของเทคโนโลยี Fast Charge

2.3 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ในการศึกษานี้จะสร้างแบบจำลองถดถอยแบบพหุคูณ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในด้านประชากรและเศรษฐกิจกับความต้องการใช้รถยนต์ไฟฟ้าตลาดประเทศจีนกับ

สหรัฐอเมริกา และเพื่อให้ค่าพยากรณ์แม่นยำขึ้น ทางผู้วิจัยสร้างแบบจำลองแบบผสม ผ่านการรวมผลพยากรณ์ของแบบจำลองถดถอยพหุคูณและแบบจำลองอนุกรมเวลา โดยในแบบจำลองจะใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้จากเว็บไซต์ที่น่าเชื่อถือของประเศนั้น ๆ โดยผลลัพธ์ของตัวแปรตามคือยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าในหน่วยจำนวนคันต่อเดือน



ภาพที่ 2.1 แสดงกรอบแนวคิดงานวิจัย

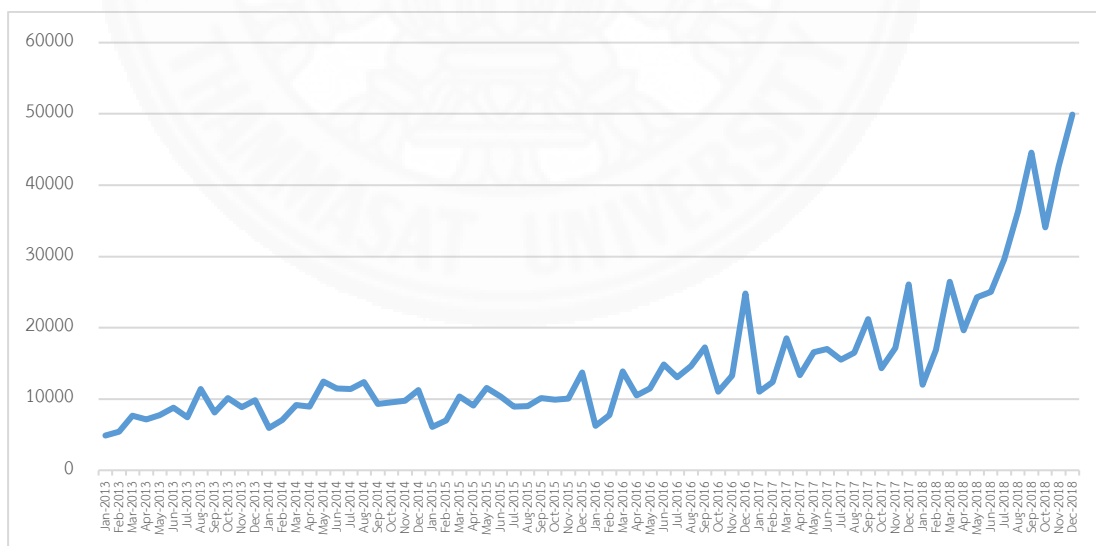
บทที่ 3

วิธีการวิจัย

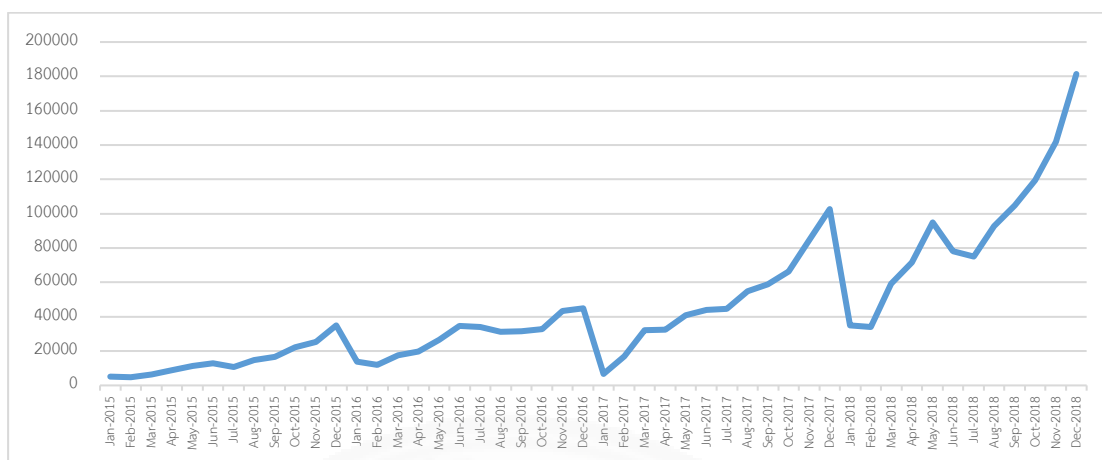
ในงานวิจัยนี้ต้องการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อการพยากรณ์ความต้องการซื้อรถยนต์ไฟฟ้าในตลาดจีนและอเมริกาโดยมีหน่วยเป็นจำนวนคันต่อเดือน โดยมีการสร้างแบบจำลองถดถอยแบบพหุคูณ แบบจำลองอนุกรมเวลา และแบบจำลองผสมจากการรวมผลการพยากรณ์เพื่อให้ได้ผลแม่นยำที่สุด โดยรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์ต่าง ๆ และศึกษาความเหมาะสมของตัวแปรที่จะใช้ในการพยากรณ์ความต้องการซื้อรถยนต์ไฟฟ้า และทำการอภิปรายผลการพยากรณ์ที่ได้จากแบบจำลองต่าง ๆ ที่กล่าวมา โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

3.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ทางผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าของประเทศสหรัฐอเมริกา รายเดือนตั้งแต่ปี 2013-2018 (รวม 6 ปี) และประเทศจีนตั้งแต่ปี 2015-2018 (รวม 4 ปี) โดยแสดงผลเป็นข้อมูลรายเดือน ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้ารายเดือนของประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 2013-2018



ภาพที่ 3.2 ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้ารายเดือนของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2015-2018

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

3.2.1 สร้างแบบจำลองถดถอยพหุคูณ

3.2.1.1 สมมติฐานและตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

เพื่อสร้างแบบจำลองที่ให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด ในการพยากรณ์ความต้องการซื้อรถยนต์ไฟฟ้าในตลาดจีนและอเมริกา ภายใต้สมมติฐานว่า ความต้องการใช้รถยนต์ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับสถานะเศรษฐกิจ นโยบายจากภาครัฐ ราคาน้ำมันและภาวะของประชากรในประเทศนั้น โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์และความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (Independent Variable) เพื่อพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งถูกกำหนดเป็นตัวแปรตาม (Dependent Variable) ในการรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ได้รวบรวมอนุกรมเวลารายเดือนตั้งแต่ปี 2015-2018 จากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ดังนี้

(1) ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

ตัวแปรตามในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าในตลาดจีนกับอเมริกา โดยผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าที่ขายได้ในรูปแบบจำนวนคัน จากเว็บไซต์ต่างประเทศที่ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลสำคัญ ๆ เป็นรายเดือนตั้งแต่ปี 2015-2018

(2) ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)

ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น ที่นำมาพยากรณ์ในครั้งนี้ได้แก่ ข้อมูลเศรษฐกิจของประเทศนั้น ๆ ผลผลิตมวลรวมประชาชาติต่อคน การให้การสนับสนุนจากภาครัฐ จำนวนประชากร อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้าชั้นดี ราคาน้ำมัน

3.2.1.2 การทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร

เพื่อการเลือกตัวแปรที่เหมาะสมต่อแบบจำลอง ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่าง ๆ โดยค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม โดยต้องมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 95% และเพื่อตรวจสอบปัญหาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปรขึ้นไป ซึ่งถ้าตัวแปรอิสระที่สนใจมีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 95% แล้ว เมื่อถูกใช้เป็นตัวแปรอิสระในแบบจำลองเดียวกัน จะส่งผลให้ความแม่นยำของการพยากรณ์ลดลง โดยผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบปัญหาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สนใจตามสมมติฐานดังนี้

H_0 : ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

ที่ระดับนัยสำคัญที่ 95%

การวิเคราะห์จะพิจารณาจากค่า P-Value โดยหากค่า P-Value < 0.05 หมายถึงตัวแปรทั้งสองที่พิจารณามีความสัมพันธ์กัน (Reject H_0) แต่ถ้า P-Value > 0.05 หมายถึงตัวแปรทั้งสองที่พิจารณาไม่มีความสัมพันธ์กัน (Reject H_1)

3.2.1.3 สร้างแบบจำลองและคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมกับแบบจำลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกแบบจำลองสมการถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Regression Model) เป็นอีกหนึ่งแบบจำลองในการพยากรณ์ เนื่องจากมีความเหมาะสมในการใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง และมีแนวโน้มให้เกิน ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระต่าง ๆ มากกว่า 1 ตัวแปร และข้อมูลที่เก็บได้เป็นรายเดือน โดยมีลักษณะความสัมพันธ์ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_kX_k + e$$

โดยที่	Y	คือ ตัวแปรตาม
	X	คือ ตัวแปรอิสระ
	b_0	คือ จุดตัดแกน Y ของกลุ่มตัวอย่าง
	$b_1, b_2, \dots, b_k$	คือ ค่าความชันของตัวแปรในสมการแบบถดถอย
	e	คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

ในการเลือกตัวแปรอิสระเพื่อนำไปใช้กับแบบจำลอง ผู้วิจัยใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรแบบลำดับขั้น (Stepwise Selection) ซึ่งเป็นการคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบผสมระหว่าง

วิธีการเลือกแบบก้าวหน้า (Forward Selection) กับวิธีการเลือกแบบถอยหลัง (Backward Selection) คือเลือกตัวแปรที่มีความพอดีกับตัวแปรตามมากที่สุด เรียงลำดับค่า R^2 และใช้เทคนิค Backward Selection ในการเลือกตัดตัวแปรอิสระโดยพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระในแบบจำลอง โดยเป็นการทำซ้ำจนกระทั่งไม่สามารถเพิ่มหรือลดตัวแปรออกจากแบบจำลองได้ จึงจะถือว่าได้ สมการแบบจำลองที่เหมาะสม

3.2.1.4 การประเมินค่าความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินแบบจำลองในมิติต่าง ๆ เพื่อยืนยันถึงความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองดังนี้

- (1) การตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูล (Outlier Test)
- (2) ตัวแปรตามและค่าความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงปกติ
- (3) ค่าแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเป็นค่าคงที่ ที่ไม่ทราบค่า
- (4) ค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละค่าเป็นอิสระต่อกัน
- (5) ตัวแปรอิสระแต่ละตัว ต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน

3.2.2 การสร้างแบบจำลองอนุกรมเวลา

เพื่อศึกษาหาแบบจำลองที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองอนุกรมเวลา Exponential Smoothing โดยการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE : Root Mean Square Error) เพื่อให้ได้ค่าวัดผลในการเทียบแบบจำลองที่มีค่าพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด แล้วจึงนำไปรวมผลพยากรณ์ (Combine Forecast Method) โดยได้มาซึ่งแบบจำลองอนุกรมเวลาแบบต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างจากโปรแกรม Forecast X

3.2.3 การรวมผลพยากรณ์

เพื่อให้แบบการพยากรณ์มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น การศึกษาครั้งนี้จึงใช้การรวมผลพยากรณ์ โดยการกำหนดน้ำหนักใช้ตัวแบบถดถอยแบบพหุคูณ ซึ่งมีสมการในการคำนวณในรูปแบบของค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

$$F^* = w_1 F_1 + w_2 F_2$$

โดย F^*	คือ ผลรวมของการรวมผลพยากรณ์
F_1	คือ ค่าพยากรณ์จากตัวแบบที่ 1
F_2	คือ ค่าพยากรณ์จากตัวแบบที่ 2
w_1	คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแบบพยากรณ์ที่ 1

W_2 คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแบบพยากรณ์ที่ 2

ค่า W_1 และ W_2 จะถูกคำนวณมาจากค่าความชันของตัวแบบถดถอยพหุคูณ โดยบังคับให้ผ่านจุดกำเนิด และผลรวมของค่าความชัน จะเท่ากับ 1 เสมอ

3.2.4 การอภิปรายผล

หลังจากการปรับปรุงผลพยากรณ์ที่ประกอบด้วยผลจากการวิเคราะห์และการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมแล้ว ตัวแปรอิสระที่มีค่าความสัมพันธ์กับความต้องการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในตลาดจีนและอเมริกา รวมถึงตัวแปรตามจะถูกนำมาพยากรณ์ค่าในปี 2020-2024 โดยใช้โปรแกรม ForecastX ซึ่งโปรแกรมจะหาค่าพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดตามเทคนิคแบบข้อมูลอนุกรมเวลา จากนั้นจะนำค่าของตัวแปรอิสระที่พยากรณ์ได้ตามความสัมพันธ์ของตัวแบบเพื่อทำการพยากรณ์การความต้องการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในอีก 4 ปีข้างหน้า

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้โปรแกรม Google Chrome เพื่อหาข้อมูลตัวเลขยอดขายและตัวแปรต้นจากอินเทอร์เน็ต แล้วนำมารวบรวมในโปรแกรม Microsoft Excel 2019 หลังจากนั้นจะใช้ฟังก์ชัน Data Analysis เพื่อตรวจสอบเบื้องต้น ก่อนนำไปใช้ประมวลผลทางสถิติ โดยโปรแกรม SPSS และ ForecastX

3.4 ระยะเวลาในการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เวลาประมาณ 4 เดือนคือระหว่างเดือนกันยายน-ธันวาคม ค.ศ. 2019

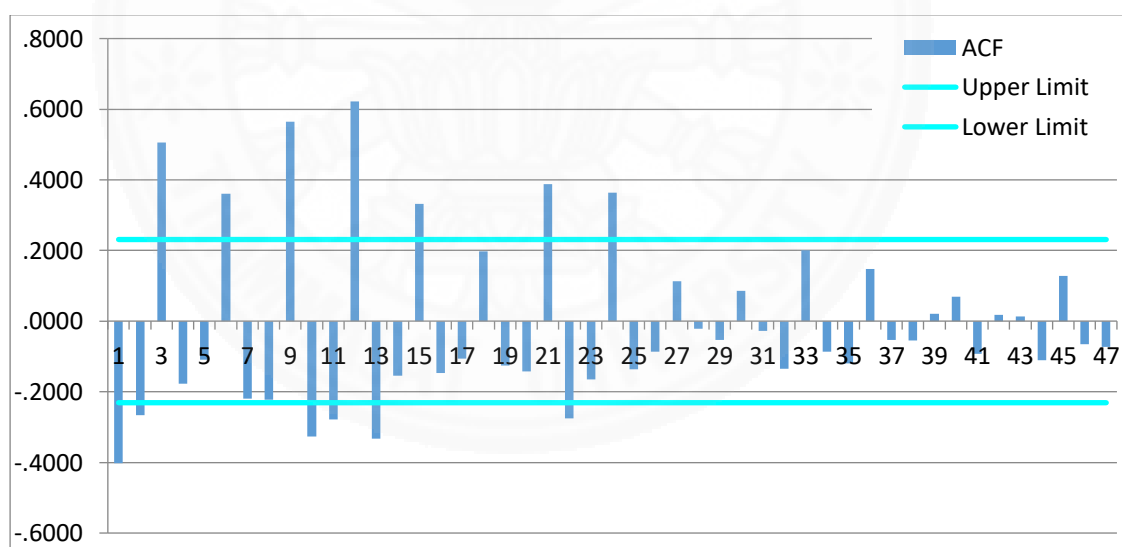
บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

หลังจากการเก็บข้อมูลยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2013-2018 และประเทศจีนตั้งแต่ปี 2015-2018 มาใช้ในการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้า โดยใช้การพยากรณ์แบบต่าง ๆ ในบทวิธีการวิจัย เพื่อเลือกแบบพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด ให้กับยอดขายของรถยนต์ไฟฟ้าในการศึกษาครั้งนี้ ผลจากการศึกษา มีดังนี้

4.1 พยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย

ผู้วิจัยใช้กราฟ Autocorelation Function กับข้อมูลยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2013-2018 เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมีอิทธิพลของ Time Series หรือ Seasonal หรือไม่ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 กราฟ ACF ของยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ตั้งแต่ปี 2013-2018

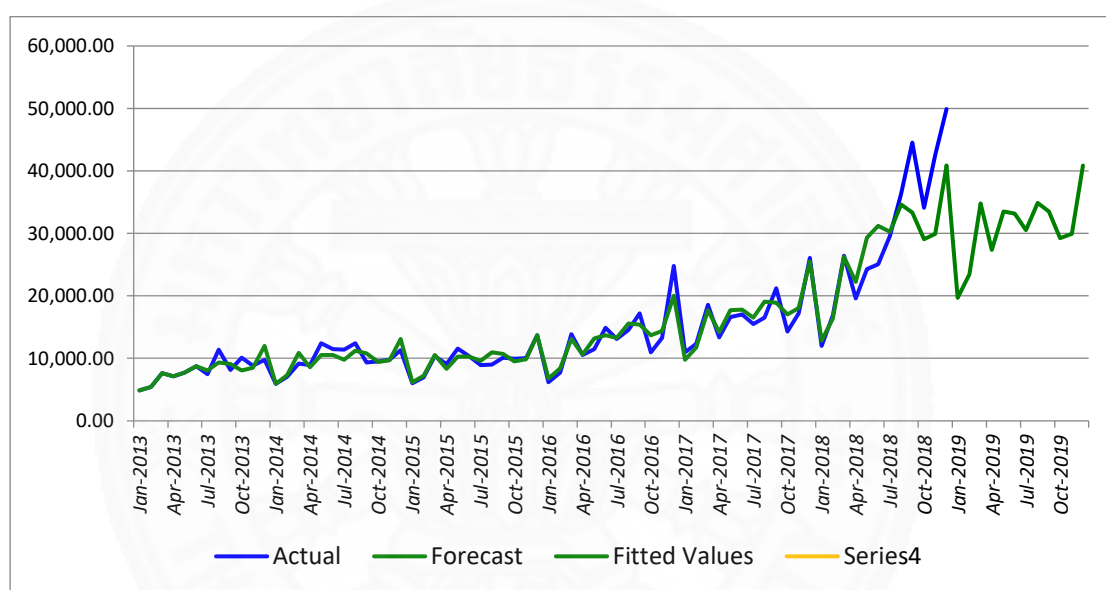
จากกราฟ ACF ของยอดขายรายเดือนตั้งแต่ปี 2013-2018 เมื่อพิจารณาร่วมกับภาพที่ 3.1 แล้ว ในภาพที่ 4.1 นั้นใช้ r_1 - r_{48} พบว่า มี r_{12} , r_{24} ที่มีค่าสูงกว่า r อื่น แสดงให้เห็นว่า ฤดูกาล หรือ Seasonal มีผลกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้า ในประเทศไทย

การพยากรณ์ที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ข้อมูลที่มีอิทธิพลของฤดูกาลคือวิธี Winters' Exponential Smoothing และ Multiplicative Decomposition นอกจากนี้ผู้วิจัยยังใช้ข้อมูล CPI,

ราคาน้ำมัน, Time Series, ค่า Seasonal มาคำนวณโดยใช้วิธี Multiple Regression เพื่อหาตัวแปรที่มีผลกับการพยากรณ์

4.1.1 วิธี Decomposition

ทางผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Forecast X พยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเลือกวิธี Decomposition แบบ Multiplicative หรือวิธีแยกองค์ประกอบ ผลการพยากรณ์ได้ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี 2013-2018 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Multiplicative Decomposition

ตารางที่ 4.1 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้า โดยโปรแกรม Forecast X โดยวิธี Multiplicative Decomposition

Parameter	Values
R-Square	90.51%
MAPE	8.94%
MAE	1,587.08
RMSE	2,829.55

นอกจากผลการพยากรณ์แล้ว โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน ซึ่งในงานนี้ได้เลือกใช้ค่า Mean Absolute

Percentage Error (MAPE) หรือ ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ , ค่า Mean Absolute Error (MAE) หรือ ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดสัมบูรณ์ และค่า Root Mean-Squared Error (RMSE) คือค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความผิดพลาด มีค่าดังนี้

โดยปกติค่า R-Square อยู่ในช่วง 0-100% ถ้ามีค่าใกล้ 100% หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ซึ่งในการพยากรณ์นี้ มีค่า R-Square อยู่ที่ 90.51% ซึ่งถือว่าสูงมาก

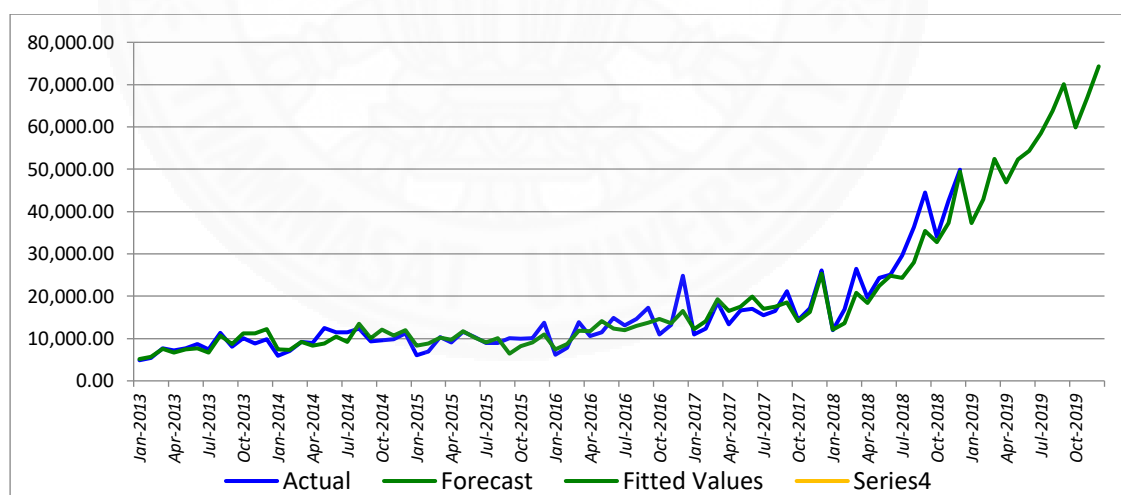
MAPE มีค่าอยู่ที่ 8.94% แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 8.94% โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 1,587.08 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกามีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 1,587.08 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 2,829.55 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 2,829.55 คัน

4.1.2 วิธี Winters' Exponential Smoothing

ทางผู้วิจัยใช้โปรแกรม Forecast X พยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเลือกวิธี Winters' Exponential Smoothing ได้ผลการพยากรณ์ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2018 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Winters' Exponential Smoothing

โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน ซึ่งในงานนี้ได้เลือกใช้ค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) หรือ ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ , ค่า Mean Absolute Error (MAE) หรือ ค่าเฉลี่ยของ

ความผิดพลาดสมบูรณ์ และค่า Root Mean-Squared Error (RMSE) คือค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความผิดพลาด มีค่าดังนี้

ตารางที่ 4.2 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Winters' Exponential Smoothing

Parameter	Values
R-Square	91.88%
MAPE	12.52%
MAE	1,807.06
RMSE	2,618.47

ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 91.88% ซึ่งถือว่าสูงมาก หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา

MAPE มีค่าอยู่ที่ 12.52% แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาคาดเคลื่อนจากค่าจริง 12.52% โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 1,807.06 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกามีความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยที่ 1,807.06 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 2,618.47 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา คาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 2,618.47 คัน

4.1.3 วิธี Multiple Regression

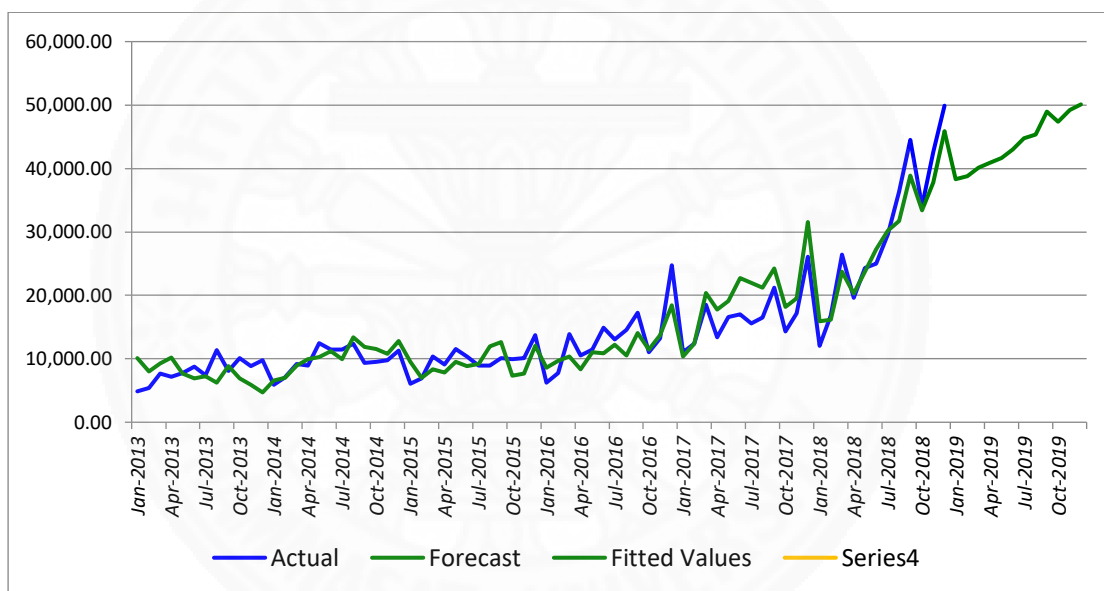
ทางผู้วิจัยต้องการทดสอบปัจจัย ที่ส่งผลในการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทางผู้วิจัยได้เพิ่มตัวแปรที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการซื้อรถยนต์ ได้แก่ ค่าดัชนีราคาผู้บริโภค หรือ Consumer Price Index , ราคาน้ำมัน (ในหน่วยดอลลาร์ต่อแกลลอน) , GDP , อัตราเงินเฟ้อ , อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราแลกเปลี่ยนสหรัฐอเมริกา กับ จีน , อัตราดอกเบี้ยเงินกู้จากนโยบายธนาคารกลาง นอกจากนี้ทางผู้วิจัยได้เพิ่มตัวแปร Time Index ตัวแปรบ่งชี้รายเดือนคือ m2-m12 และ ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าจากปีก่อน

จากนั้นผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS เพื่อประมวลผล Linear Regression แบบ Stepwise เพื่อเลือกเฉพาะปัจจัยที่มีผลกับการพยากรณ์ Multiple Regression และเพื่อแก้ปัญหา Serial Correlation ที่เกิดขึ้น ซึ่งปัจจัยที่นำมาใช้และมีผลกับการพยากรณ์ ได้แก่

- (1) อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารกลางสหรัฐอเมริกา

- (2) อัตราเงินเฟ้อ
- (3) ตัวแปรจำลองเดือน 9
- (4) ข้อมูลยอดขายปีก่อนหน้า
- (5) Time Index
- (6) อัตราแลกเปลี่ยนเงินสหรัฐอเมริกา (หยวน / 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา)

อย่างไรก็ตาม โปรแกรม SPSS ในขั้นตอนสุดท้ายได้ทำการตัดตัวแปรเดือน 12 ออก เนื่องจากค่า P-Value มากกว่า 0.05 นั้นหมายถึง ตัวแปรจำลองเดือน 12 ไม่มีผลกับการพยากรณ์ หลังจากเมื่อได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว ผู้วิจัยจึงใช้โปรแกรม Forecast X พยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการพยากรณ์ได้ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2018 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Multiple Regression โดยไม่มีตัวแปรจำลองเดือน 12

สมการ Linear Regression ที่ได้จากโปรแกรม Forecast X คือ

$$\begin{aligned} \text{EV USA Sales} = & -56,569.85 + (\text{Effective Federal Funds Rate}) * \\ & 14,323.60 + (\text{Inflation Rate}) * -388,087.83 + (m9) * 3,070.15 + ((\text{Series 5}) * \\ & 0.893017) + ((\text{Time Index}) * -386.33) + ((\text{Exchange rate}) * 10,638.76) \end{aligned}$$

นอกจากนี้ โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน ดังตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Multiple Regression

Parameter	Values
R-Square	89.89%
MAPE	19.13 %
MAE	2,362.33
RMSE	2,921.75

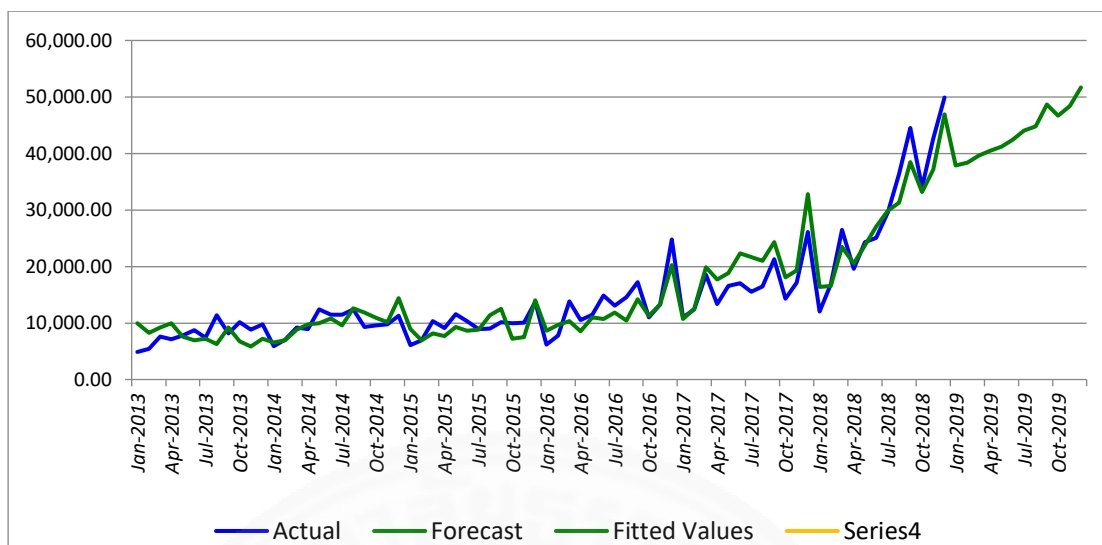
ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 89.89 % ซึ่งถือว่าสูงมาก หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับข้อมูลนี้

MAPE มีค่าอยู่ที่ 19.13 % แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 19.13 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 2,362.33 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกามีความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยที่ 2,362.33 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 2,921.75 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 2,921.75 คัน

อย่างไรก็ตามผู้วิจัยต้องการทดสอบการพยากรณ์อีกครั้งด้วยการเพิ่มปัจจัยตัวแปรจำลองเดือน 12 ไปกับการใช้โปรแกรม Forecast X อีกครั้ง ผลการพยากรณ์ได้ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2018 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Multiple Regression

สมการ Linear Regression ที่ได้จากโปรแกรม Forecast X คือ

$$FR = -53,438.00 + (\text{Effective Federal Funds Rate}) * 14,184.25 + (m12) * 2,401.82 + (\text{Inflation Rate}) * -324,560.28 + (m9) * 3,337.35 + (\text{Last Year}) * 0.817896 + (\text{Time Index}) * -361.60 + (\text{Exchange rate}) * 10,089.71$$

โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน โดยผู้วิจัยเปรียบเทียบกับค่าคำนวณที่ไม่มีตัวแปรจำลองเดือน 12 เพื่อเปรียบเทียบว่า การนำตัวแปรจำลองเดือน 12 ออก มีผลแม่นยำมากขึ้นเพียงใด ดังตาราง 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Multiple Regression

Parameter	With m12	No m12
R-Square	90.29%	89.89%
MAPE	18.44 %	19.13 %
MAE	2,285.37	2,362.33
RMSE	2,862.97	2,921.75

ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 90.29 % เทียบกับการคำนวณที่ไม่มีตัวแปรจำลองเดือน 12 อยู่ที่ 89.89 % ซึ่งสังเกตได้ว่า เมื่อมีตัวแปรเดือน 12 แล้วค่าพยากรณ์แม่นยำขึ้น ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับข้อมูลนี้ที่ 90.29 %

MAPE มีค่าอยู่ที่ 18.44 % เทียบกับการคำนวณที่ไม่มีตัวแปรจำลองเดือน 12 อยู่ที่ 19.13% ซึ่งเมื่อใช้ตัวแปรเดือน 12 ไปด้วย แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีตัวแปรเดือน 12 แล้วค่าความคลาดเคลื่อนลดลง ดังนั้น การพยากรณ์คลาดเคลื่อนจากค่าจริง 18.44 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 2,285.37 เทียบกับการคำนวณที่ไม่มีตัวแปรจำลองเดือน 12 อยู่ที่ 2,362.33 แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีตัวแปรเดือน 12 แล้วความผิดพลาดสัมบูรณ์ลดลง ดังนั้น ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 2,285.37 คำน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 2,862.97 เทียบกับการคำนวณที่ไม่มีตัวแปรจำลองเดือน 12 อยู่ที่ 2,921.75 แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีตัวแปรเดือน 12 แล้วความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ยลดลง ดังนั้น ค่าที่ได้การพยากรณ์ คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 2,862.97 คำน

4.1.4 วิธี Combined Forecast

ทางผู้วิจัยใช้วิธีรวมผลพยากรณ์โดยใช้เทคนิคการกำหนดน้ำหนักโดยใช้ตัวแบบถดถอยแบบพหุคูณ ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถหาแนวทางของการพัฒนาใช้ตัวแบบถดถอยในการหาน้ำหนักของแต่ละการพยากรณ์ ว่าการถ่วงน้ำหนักของแต่ละวิธีการพยากรณ์ที่ถูกกำหนดนั้นจะต้องส่งผลให้ผลลัพธ์ของการรวมผลพยากรณ์ที่ทำให้มีค่าพยากรณ์ผิดพลาดต่ำที่สุดมีหลักการดังนี้

(1) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณปรกติกับการพยากรณ์แต่ละวิธี ได้สมการคือ

$$F^* = a + b_d FD + b_w FW + b_r FR$$

โดย FD คือค่าที่ได้จากการพยากรณ์วิธี Decomposition , FW คือค่าที่ได้จากการพยากรณ์วิธี Winters' Exponential Smoothing , FR คือค่าที่ได้จากการพยากรณ์วิธี Multiple Regression และ F^* คือผลการพยากรณ์ที่ได้จากวิธี Combined หรือการรวมผลพยากรณ์ ซึ่งการพยากรณ์แบบรวมผลแต่ละครั้งอาจใช้เพียงค่าจากการพยากรณ์เพียง 2 ชุด ส่วน a คือค่าคงที่ และ b_n คือค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละ Model การพยากรณ์ ซึ่งในการพยากรณ์ที่ไม่มีควมล่าเอียง ค่าคงที่ a ควรมีค่าเท่ากับ 0 เพราะผลการพยากรณ์ควรได้มาจากค่าของแต่ละวิธีเท่านั้น

(2) ทำการพัฒนาการพยากรณ์ด้วยวิธี Multiple Regression อีกครั้ง โดยบังคับให้ค่าคงที่ $a=0$ ทำให้การพยากรณ์ครั้งนี้ผ่านจุดกำเนิด และโปรแกรมจะคำนวณ b มาให้ซึ่งเป็นน้ำหนักที่เหมาะสมของแต่ละการพยากรณ์เพื่อนำไป Combined และผลรวมต้องเท่ากับ 1 เสมอ

เนื่องจากผู้วิจัยต้องการหา Forecasting Model ที่ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงที่สุด จึงทดสอบการรวมผลพยากรณ์ดังนี้

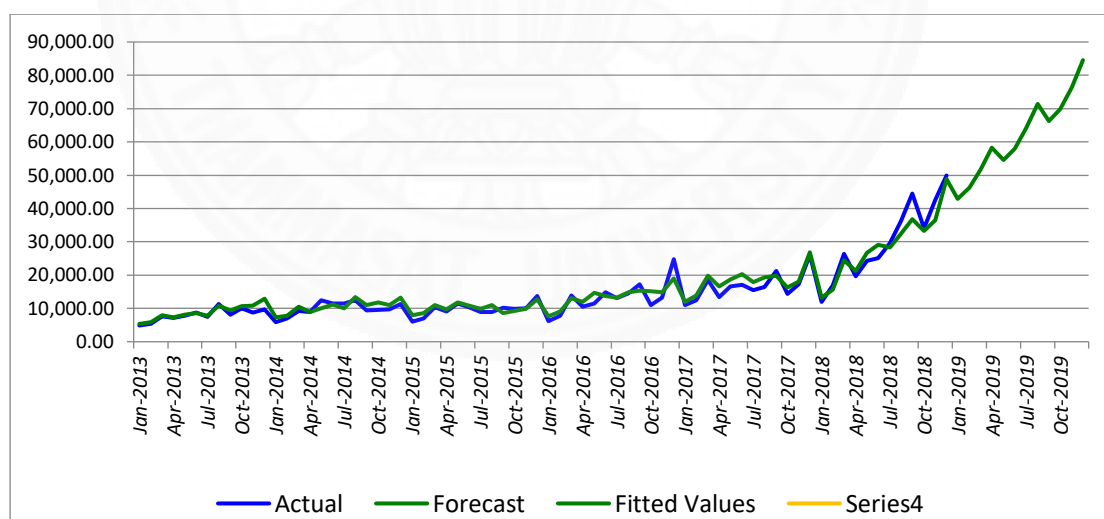
4.1.4.1 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Decomposition กับวิธี Winters' Exponential Smoothing

(1) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณตามปรกติวิธี Decomposition กับ Winters' Exponential Smoothing โดยใช้โปรแกรม Forecast X ทำให้ได้สมการการพยากรณ์คือ

$$F^* = -1,800.89 + 0.496 FD + 0.663 FW$$

เมื่อพิจารณาค่า t_{test} คือ -3.64 ซึ่งค่าวิกฤต คือ $T_{0.025,69} = \pm 1.9939$ ซึ่งพบว่าค่า t_{test} แตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ และค่าความชันของ FD กับ FW มีค่า 5.51 , 7.43 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวิธีทั้งสองสามารถนำไปใช้ในการ Combined forecast ได้โดยไม่เกิดความลำเอียง

(2) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณอีกครั้ง โดยบังคับให้ผ่านจุด Origin คือให้ค่า Constant $a = 0$ ทำให้ผลการพยากรณ์ดังนี้



ภาพที่ 4.6 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Winters' Exponential Smoothing

ผลการรวมผลพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Winters' Exponential Smoothing คือ

$$F^* = 0.424 \text{ FD} + 0.637 \text{ FW}$$

โดยค่า F^* คือผลลัพธ์ที่ได้จากการความผลพยากรณ์จากวิธีรวมผล และค่า 0.424 , 0.637 คือค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับแต่ละวิธี ซึ่งผลรวมมีค่าเท่ากับ 1.06 ซึ่งมีค่าเกิน 1 อยู่พอสมควร ดังนั้น การพยากรณ์โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Winters' Exponential Smoothing นี้อาจจะยังไม่เหมาะสมสำหรับการใช้การรวมผลการพยากรณ์

โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ดังตาราง 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Winters' Exponential Smoothing

Parameter	Decom - Winter
R-Square	94.55 %
MAPE	11.81 %
MAE	1,611.81
RMSE	2,143.93

ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 94.55% ซึ่งถือว่าสูง หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา

MAPE มีค่าอยู่ที่ 11.81 % แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาคาดเคลื่อนจากค่าจริง 11.81 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 1,611.81 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกามีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 1,611.81 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 2,143.93 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 2,143.93 คัน

4.1.4.2 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Decomposition กับวิธี Multiple

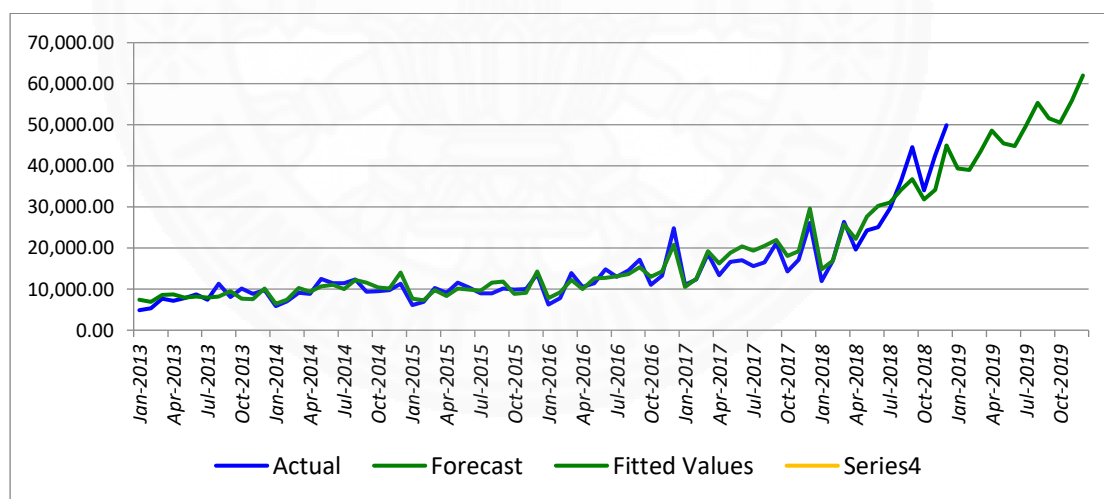
Regression

(1) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณตามปรกฏระหว่างการพยากรณ์ Decomposition กับ Multiple Regression โดยใช้โปรแกรม Forecast X ทำให้ได้สมการการพยากรณ์คือ

$$F^* = -1,269.20 + 0.664 FD + 0.436 FW$$

เมื่อพิจารณาค่า t_{test} คือ -2.15 ซึ่งค่าวิกฤต คือ $T_{.025,69} = \pm 1.9939$ ซึ่งพบว่าค่า t_{test} แตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ และค่าความชันของ FD กับ FR มีค่า 5.85 , 4.29 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวิธีทั้งสองสามารถนำไปใช้ในการ Combined forecast ได้โดยไม่เกิดความลำเอียง

(2) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณอีกครั้ง โดยบังคับให้ผ่านจุด Origin คือให้ค่า Constant $a = 0$ ทำให้ได้ผลการพยากรณ์ดังนี้



ภาพที่ 4.7 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2018 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Multiple Regression

สมการผลการรวมผลพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Multiple Regression คือ

$$F^* = 0.574 FD + 0.457 FR$$

โดยค่า F^* คือผลลัพธ์ที่ได้จากการความผลพยากรณ์จากวิธีรวมผล และค่า 0.574 , 0.457 คือค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับแต่ละวิธี ซึ่งผลรวมมีค่าเท่ากับ 1.03 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 มาก ดังนั้น การพยากรณ์โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Multiple Regression นี้เหมาะสมสำหรับการใช้การรวมผลการพยากรณ์

โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ดังตาราง 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Multiple Regression

Parameter	Decom - Regress
R-Square	93.07 %
MAPE	12.97 %
MAE	1,801.24
RMSE	2,418.19

ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 93.07 % ซึ่งถือว่าสูง หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา

MAPE มีค่าอยู่ที่ 12.97 % แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาคาดเคลื่อนจากค่าจริง 12.97 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 1,801.24 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกามีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 1,801.24 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 2,418.19 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 2,418.19 คัน

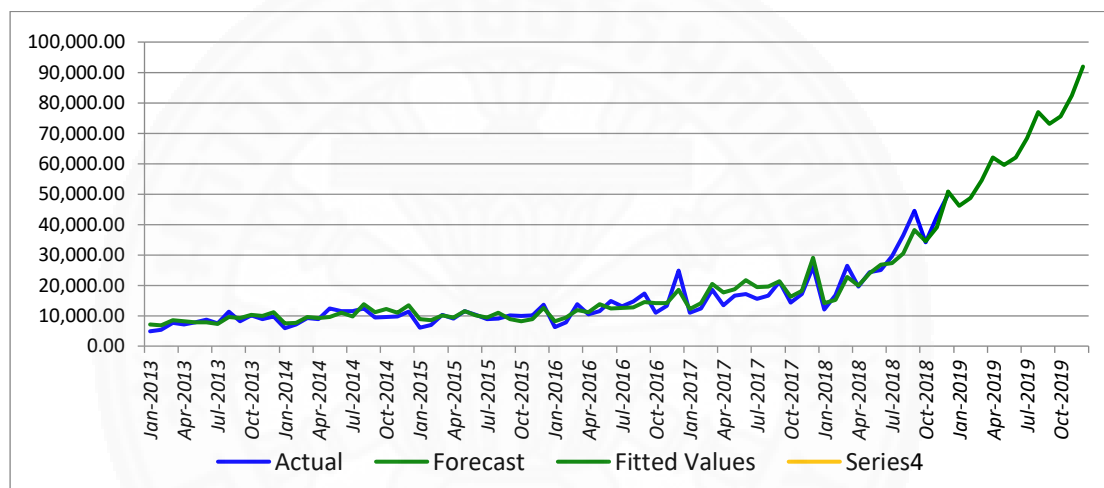
4.1.4.3 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Multiple Regression กับวิธี Winters' Exponential Smoothing

(1) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณระหว่างวิธี Multiple Regression กับวิธี Winters' Exponential Smoothing โดยใช้ Forecast X ทำให้ได้สมการการพยากรณ์คือ

$$F^* = -1,139.11 + 0.77 \text{ FW} + 0.338 \text{ FR}$$

เมื่อพิจารณาค่า t_{test} คือ -2.13 ซึ่งค่าวิกฤต คือ $T_{.025,69} = \pm 1.9939$ ซึ่งพบว่าค่า t_{test} แตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ และค่าความชันของ FD กับ FR มีค่า 7.10 , 3.45 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวิธีทั้งสองสามารถนำไปใช้ในการ Combined forecast ได้โดยไม่เกิดความลำเอียง

(2) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณอีกครั้ง โดยบังคับให้ผ่านจุด Origin คือให้ค่า Constant $a = 0$ ทำให้ได้ผลการพยากรณ์ดังนี้



ภาพที่ 4.8 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Multiple Regression กับวิธี Winters' Exponential Smoothing

สมการผลการรวมผลพยากรณ์ด้วยวิธี Winters' Exponential Smoothing กับวิธี Multiple Regression คือ

$$F^* = 0.701 \text{ FW} + 0.345 \text{ FR}$$

โดยค่า F^* คือผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมผลพยากรณ์จากวิธีรวมผล และค่า 0.701 , 0.345 คือค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับแต่ละวิธี ซึ่งผลรวมมีค่าเท่ากับ 1.046 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 ดังนั้น การพยากรณ์โดยใช้วิธี Winters' Exponential Smoothing รวมผลกับวิธี Multiple Regression นี้เหมาะสมสำหรับการใช้การรวมผลพยากรณ์

โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ดังตาราง 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Winters' Exponential Smoothing รวมผลกับวิธี Multiple Regression

Parameter	Winter - Regress
R-Square	94.02 %
MAPE	13.66 %
MAE	1,761.47
RMSE	2,246.66

ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 94.02 % ซึ่งถือว่าสูง หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา

MAPE มีค่าอยู่ที่ 13.66 % แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาคาดเคลื่อนจากค่าจริง 13.66 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 1,761.47 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกามีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 1,761.47 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 2,246.66 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 2,246.66 คัน

4.1.4.4 การรวมผลการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี Decomposition , วิธี Winters' Exponential Smoothing และวิธี Multiple Regression

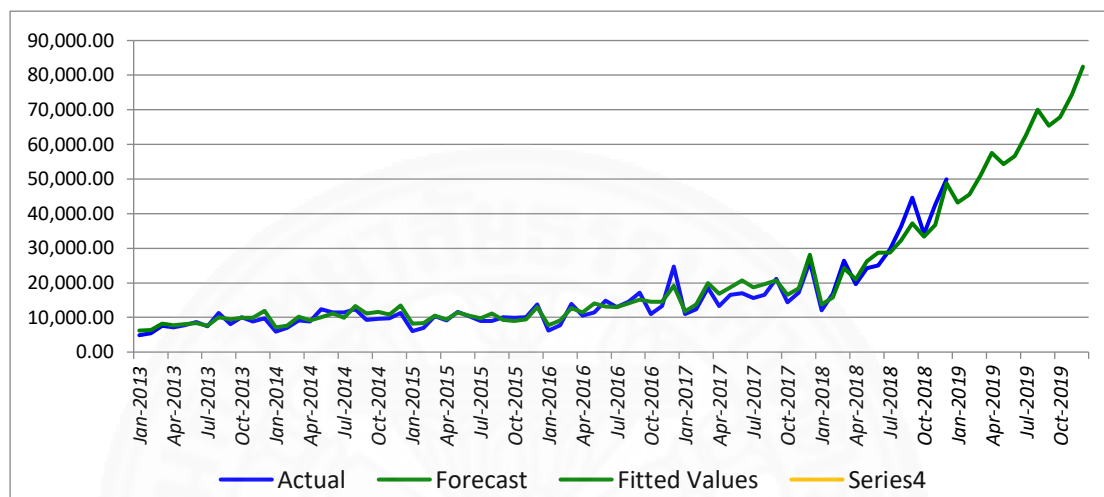
(1) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณระหว่างวิธี Decomposition , วิธี Winters' Exponential Smoothing และวิธี Multiple Regression โดยใช้โปรแกรม Forecast X ทำให้ได้สมการการพยากรณ์คือ

$$F^* = -1,700.55 + 0.432 FD + 0.591 FW + 0.125 FR$$

เมื่อพิจารณาค่า t_{test} คือ -3.14 ซึ่งค่าวิกฤต คือ $T_{.025,69} = \pm 1.9939$ ซึ่งพบว่าค่า t_{test} แตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ และค่าความชันของ FD , FW และ FR มีค่า 4.17 ,

5.55 , 1.22 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวิธีทั้งสองสามารถนำไปใช้ในการ Combined forecast ได้โดยไม่เกิดความลำเอียง

(2) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณอีกครั้ง โดยบังคับให้ผ่านจุด Origin คือให้ค่า Constant $a = 0$ ทำให้ได้ผลการพยากรณ์ดังนี้



ภาพที่ 4.9 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2013-2019 ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Decomposition, Multiple Regression และ Winters' Exponential Smoothing

สมการผลการรวมผลพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition, Multiple Regression และ Winters' Exponential Smoothing คือ

$$F^* = 0.337 FD + 0.534 FW + 0.181 FR$$

โดยค่า F^* คือผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมผลพยากรณ์จากวิธีรวมผล และค่า 0.337 , 0.534 และ 0.181 คือค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับแต่ละวิธี ซึ่งผลรวมมีค่าเท่ากับ 1.052 ซึ่งมีค่าเกิน 1 อยู่พอสมควร ดังนั้น การรวมพยากรณ์โดยใช้วิธี Decomposition วิธี Winters' Exponential Smoothing และวิธี Multiple Regression นี้อาจจะยังไม่เหมาะสมสำหรับการใช้การรวมผลพยากรณ์

โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ดังตาราง 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Winters' Exponential Smoothing และ วิธี Multiple Regression

Parameter	Decom+Wint+Reg
R-Square	94.77 %
MAPE	11.93 %
MAE	1,604.38
RMSE	2,101.27

ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 94.77 % ซึ่งถือว่าสูง หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา

MAPE มีค่าอยู่ที่ 11.93 % แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาคาดเคลื่อนจากค่าจริง 11.93 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 1,604.38 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกามีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 1,604.38 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 2,101.27 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา คาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 2,101.27 คัน

เมื่อได้ผลจากการรวมผลพยากรณ์ทั้ง 4 แบบแล้ว สามารถสรุปค่าความแม่นยำ และค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ดังตาราง 4.9

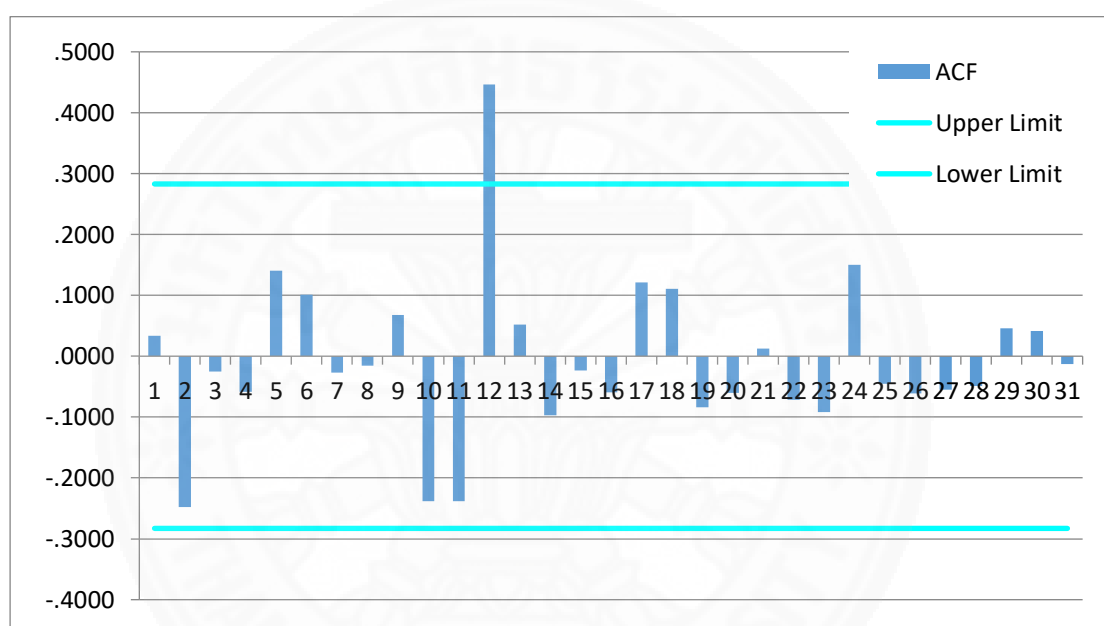
ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงค่า R-Square และค่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ในการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยการรวมผลวิธีแบบต่าง ๆ ดังนี้

Parameter	Decom - Winter	Decom - Regress	Winter - Regress	All
R-Square	94.55 %	93.07 %	94.02 %	94.77 %
MAPE	11.81 %	12.97 %	13.66 %	11.93 %
MAE	1,611.81	1,801.24	1,761.47	1,604.38
RMSE	2,143.93	2,418.19	2,246.66	2,101.27

จากตาราง 4.9 สามารถสรุปได้ว่าวิธีการรวมผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุดคือการรวมผลจากทั้ง 3 วิธี นอกจากจะให้ความแม่นยำสูงสุดแล้ว ยังให้ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ

4.2 พยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน

ผู้วิจัยใช้กราฟ ACF กับข้อมูลยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนตั้งแต่ปี 2015-2018 เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมีอิทธิพลของ Time Series หรือ Seasonal หรือไม่ ดังภาพที่ 4.9



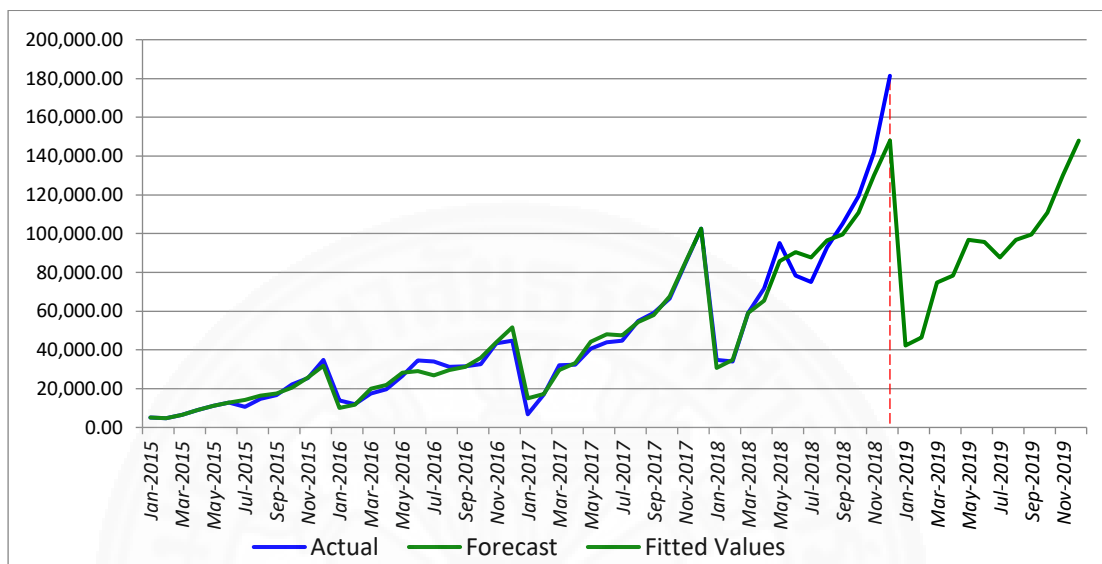
ภาพที่ 4.10 กราฟ ACF ของยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศจีนตั้งแต่ปี 2015-2018

จากภาพที่ 4.10 กราฟ ACF ของยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศจีนตั้งแต่ปี 2015-2018 เมื่อพิจารณาร่วมกับภาพที่ 3.2 แล้ว ในภาพที่ 4.9 นั้น พบว่า มี r_{12} ที่มีค่าสูงกว่า r อื่น แสดงให้เห็นว่า ฤดูกาลหรือ Seasonal มีผลกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้า ในประเทศจีน

การพยากรณ์ที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ข้อมูลที่มีอิทธิพลของฤดูกาลคือวิธี Winters' Exponential Smoothing และ Multiplicative Decomposition นอกจากนี้ผู้วิจัยยังใช้ข้อมูลทางเศรษฐกิจอื่น มาคำนวณโดยใช้วิธี Multiple Regression เพื่อหาตัวแปรที่มีผลกับการพยากรณ์ซึ่งจะกล่าวในส่วนถัดไป

4.2.1 วิธี Decomposition

ทางผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Forecast X พยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน โดยเลือกวิธี Decomposition แบบ Multiplicative หรือวิธีแยกองค์ประกอบ ผลการพยากรณ์ได้ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.11 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Multiplicative Decomposition

นอกจากผลการพยากรณ์แล้ว โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน ซึ่งในงานนี้ได้เลือกใช้ค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) หรือ ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ , ค่า Mean Absolute Error (MAE) หรือ ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดสัมบูรณ์ และค่า Root Mean-Squared Error (RMSE) คือค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความผิดพลาด มีค่าดังตาราง 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน โดยโปรแกรม Forecast X วิธี Multiplicative Decomposition

Parameter	Values
R-Square	96.93%
MAPE	9.87%
MAE	3,773.30
RMSE	6,683.88

โดยปกติค่า R-Square อยู่ในช่วง 0-100% หากมีค่าใกล้ 100% หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ซึ่งในการพยากรณ์นี้ มีค่า R-Square อยู่ที่ 96.93% ซึ่งถือว่าสูงมาก

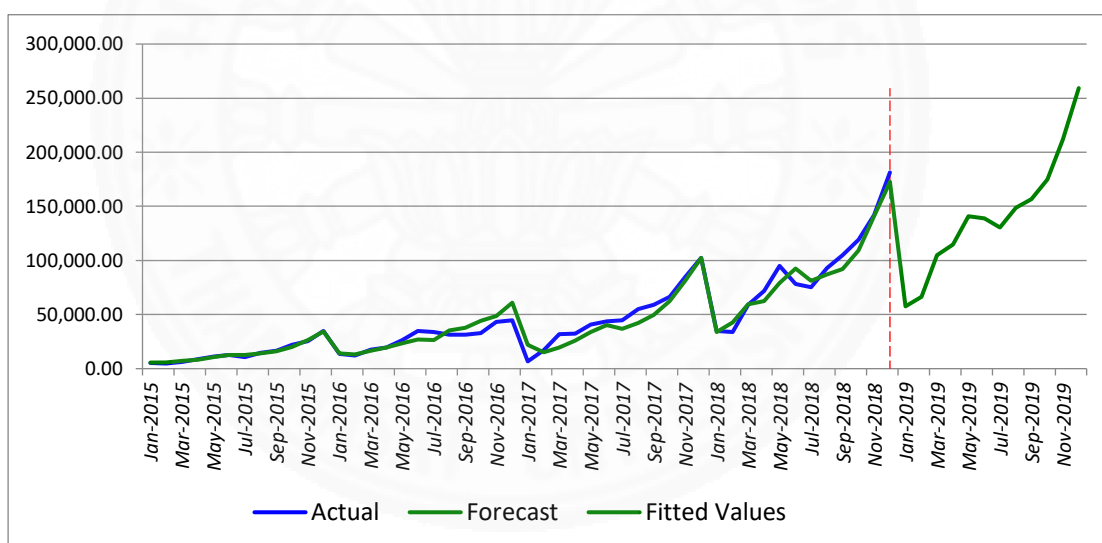
MAPE มีค่าอยู่ที่ 9.87% แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 9.87 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 3,773.30 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนมีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 3,773.30 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 6,683.88 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 6,683.88 คัน

4.2.2 วิธี Winters' Exponential Smoothing

ทางผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Forecast X พยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน โดยเลือกวิธี Winters' Exponential Smoothing ทำให้ได้ผลการพยากรณ์ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.12 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกวิธี Winters' Exponential Smoothing

โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน ซึ่งในงานนี้ได้เลือกใช้ค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) หรือค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ , ค่า Mean Absolute Error (MAE) หรือ ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดสัมบูรณ์ และค่า Root Mean-Squared Error (RMSE) คือค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความผิดพลาด มีค่าดังตาราง 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Winters' Exponential Smoothing

Parameter	Values
R-Square	96.44%
MAPE	16.61%
MAE	5,271.63
RMSE	7,193.78

ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 96.44 % ซึ่งถือว่าสูงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยวิธีหนึ่ง

MAPE มีค่าอยู่ที่ 16.61% แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 16.61% โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 5,271.63 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยมีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 5,271.63 คัน

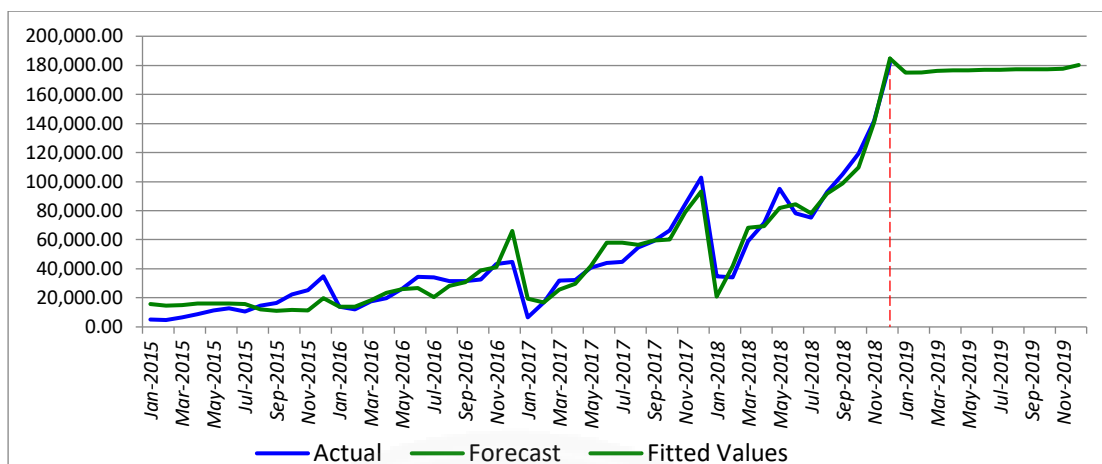
RMSE มีค่าอยู่ที่ 7,193.78 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 7,193.78 คัน

4.2.3 วิธี Multiple Regression

ทางผู้วิจัยต้องการทดสอบปัจจัย ที่ส่งผลในการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย โดยทางผู้วิจัยใช้ตัวแปรที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการซื้อรถยนต์ ได้แก่ ค่าดัชนีราคาผู้บริโภค หรือ Consumer Price Index , ราคาน้ำมัน (ในหน่วยดอลลาร์ต่อแกลลอน) , อัตราเงินเฟ้อ , อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราแลกเปลี่ยนสหรัฐอเมริกากับจีน , อัตราดอกเบี้ยเงินกู้จากนโยบายธนาคารกลางจีน นอกจากนี้ทางผู้วิจัยได้เพิ่มตัวแปร Time Index ตัวแปรบ่งชี้รายเดือนคือ m2-m12 และ ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าจากปีก่อน

จากนั้นผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS เพื่อประมวลผล Linear Regression แบบ Stepwise เพื่อเลือกเฉพาะตัวแปรที่มีผลกับการพยากรณ์ Multiple Regression เพื่อแก้ปัญหา Serial Correlation ที่เกิดขึ้น ซึ่งโปรแกรมได้คำนวณได้ปัจจัยที่นำมาใช้ได้แก่

- (1) ยอดขายจากปีก่อนหน้า
- (2) อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ
- (3) ตัวแปรจำลองเดือน 12



ภาพที่ 4.13 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน ตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกรูปแบบ Multiple Regression

สมการ Linear Regression ที่ได้จากโปรแกรม Forecast X คือ

$$EV \text{ China Sales} = 202,856.55 + (\text{Last Period}) * 1.73 + (\text{Exchange rate}) * -30,115.65 + (m12) * 11,094.59$$

ตารางที่ 4.12 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Multiple Regression

Parameter	Values
R-Square	95.43 %
MAPE	32.38 %
MAE	6,451.98
RMSE	8,155.74

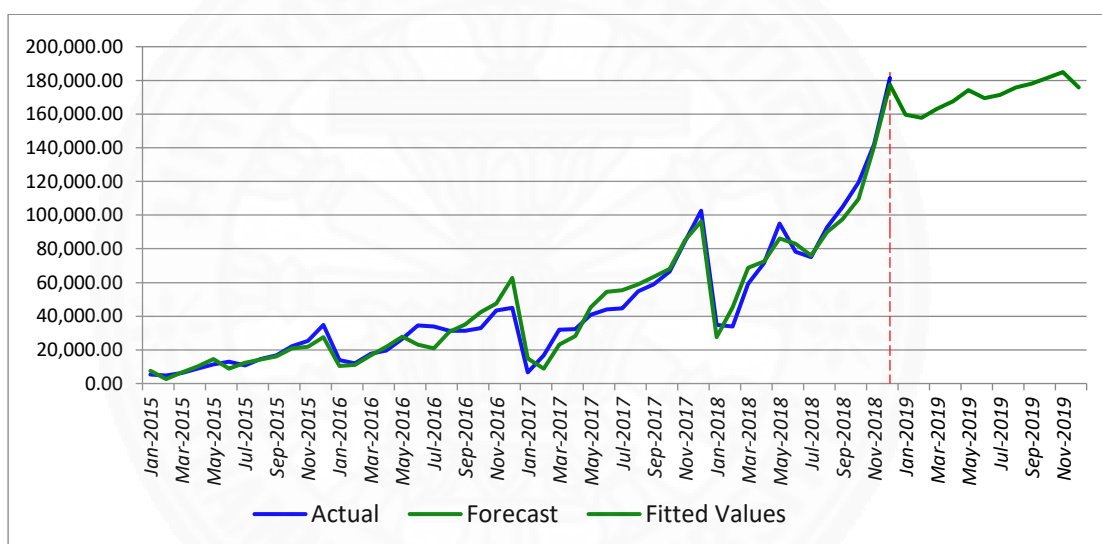
ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 95.43 % ซึ่งถือว่าสูงมาก หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนวิธีหนึ่ง

MAPE มีค่าอยู่ที่ 32.38 % แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 32.38 % โดยเฉลี่ย ซึ่งถือว่ามากเกินไปสำหรับความผิดพลาดของการพยากรณ์

MAE มีค่าอยู่ที่ 6,451.98 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนมีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 6,451.98 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 8,155.74 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 8,155.74 คัน

อย่างไรก็ตามผู้วิจัยมองว่า ปัจจัยที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ และข้อมูลยอดขายมีเพียง 4 ปี ซึ่งในการเปิดตัวช่วงแรกยังไม่เป็นที่นิยมนัก ทำให้สถิติยอดขายของประเทศจีนนั้นไม่มีการบันทึกไว้ในช่วงปีแรก ๆ นอกจากนี้การใช้ปัจจัย 3 ตัวแปรมาคำนวณแล้วให้ค่า R-Square มีค่าแม่นยำสูง แต่ค่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ นั้นสูงกว่าวิธีอื่น ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลทั้งหมดในการคำนวณอีกครั้ง แล้วใช้โปรแกรมพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน ผลการพยากรณ์ได้ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.14 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน ตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X เลือกรูปแบบ Multiple Regression

สมการ Linear Regression ที่ได้จากโปรแกรม Forecast X คือ

$$\begin{aligned} \text{EV China Sales} = & 187,496.84 + ((\text{Last Year}) * 1.38) + ((\text{Exchange rate}) * -37,901.95) + ((\text{Inflation Rate}) * 1,673.71) + ((\text{CPI}) * 431.41) + ((\text{Gasoline}) * \\ & -11,228.94) + ((\text{Time Index}) * 674.37) + ((\text{Effective Federal Funds Rate}) * 8,336.65) \\ & + ((m2) * -3,611.61) + ((m3) * 2,825.19) + ((m4) * 5,124.35) + ((m5) * 10,786.12) \\ & + ((m6) * 4,892.16) + ((m7) * 5,478.03) + ((m8) * 8,506.19) + ((m9) * 9,823.94) + \\ & ((m10) * 13,382.29) + ((m11) * 16,280.88) + ((m12) * 22,307.27) \end{aligned}$$

โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน ดังตาราง 4.11

ตารางที่ 4.13 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Multiple Regression

Parameter	Values
R-Square	97.16 %
MAPE	17.70 %
MAE	4,963.80
RMSE	6,429.29

ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 97.16 % ซึ่งถือว่าสูงมาก หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยวิธีหนึ่ง

MAPE มีค่าอยู่ที่ 17.70 % แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยมีคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 17.70 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 4,963.80 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยมีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 4,963.80 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 6,429.29 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 6,429.29 คัน

ดังนั้น การพยากรณ์ด้วยวิธี Multiple Regression นั้น ควรทำการคำนวณโดยวิธี Stepwise Regression เพื่อตัดตัวแปรที่ไม่จำเป็นทิ้งไปก่อน แล้วทำการพยากรณ์เทียบกับการใช้ตัวแปรทุกตัวทำการพยากรณ์ และดูจากค่า R-Square เป็นพื้นฐาน หากค่าไหนดีที่สุดให้ใช้วิธีนั้น ถือว่าเป็นวิธีที่แม่นยำที่สุด

4.2.4 วิธี Combined Forecast

ทางผู้วิจัยใช้วิธีรวมผลพยากรณ์โดยใช้เทคนิคการกำหนดน้ำหนักโดยใช้ตัวแบบถดถอยแบบพหุคูณ โดยรวมผลทั้ง 3 วิธี และใช้ทีละ 2 วิธีจนครบ โดยเริ่มจาก

(1) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณกับการพยากรณ์แต่ละแบบ โดยใช้โปรแกรม Forecast X จะได้รูปแบบสมการคือ

$$F^* = a + b_d FD + b_w FW + b_r FR$$

โดย FD คือค่าที่ได้จากการพยากรณ์วิธี Decomposition , FW คือค่าที่ได้จากการพยากรณ์วิธี Winters' Exponential Smoothing , FR คือค่าที่ได้จากการพยากรณ์วิธี Multiple Regression และ F^* คือผลการพยากรณ์ที่ได้จากวิธี Combined หรือการรวมผลพยากรณ์ ซึ่งการพยากรณ์แบบรวมผลแต่ละครั้งอาจใช้เพียงค่าจากการพยากรณ์เพียง 2 ชุด ส่วน a คือค่าคงที่ และ b_n คือค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละวิธีการพยากรณ์ ซึ่งในการพยากรณ์ที่ไม่มีความลำเอียง ค่าคงที่ a ควรมีค่าเท่ากับ 0 เพราะผลการพยากรณ์ควรได้มาจากค่าของแต่ละวิธีเท่านั้น

(2) ทำการพัฒนารายการพยากรณ์ด้วยวิธี Multiple Regression อีกครั้ง โดยบังคับให้ค่าคงที่ $a=0$ ทำให้การพยากรณ์ครั้งนี้ผ่านจุดกำเนิด

หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการรวมผลพยากรณ์จากวิธี Decomposition , Winters' Exponential Smoothing , Multiple Regression โดยเลือกทีละ 2 วิธี และรวมผล 3 วิธี เพื่อทดลองหาการรวมผลวิธีใดแม่นยำที่สุด

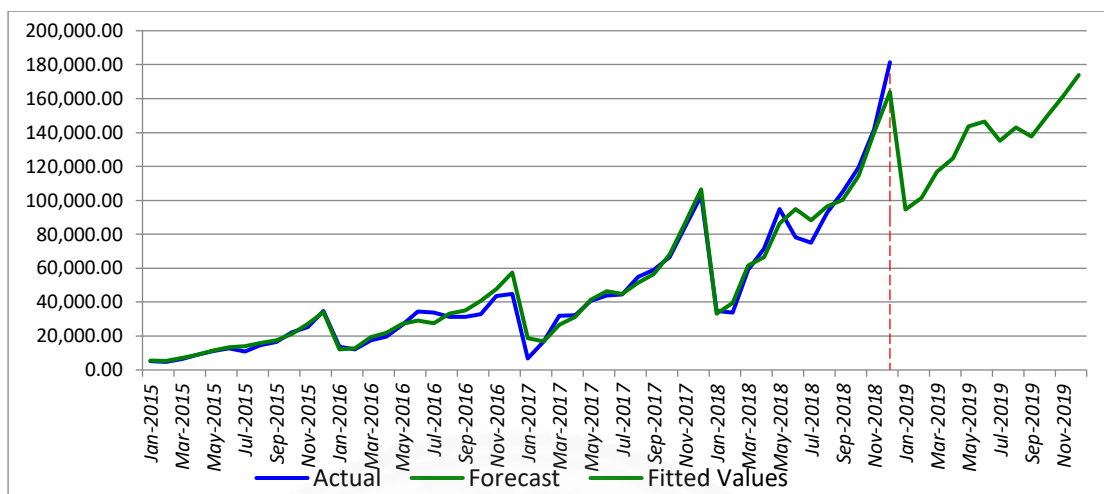
4.2.4.1 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Decomposition กับวิธี Winters' Exponential Smoothing

(1) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณตามปกติระหว่างการพยากรณ์ Decomposition กับ Winters' Exponential Smoothing โดยใช้โปรแกรม Forecast X ทำให้ได้สมการการพยากรณ์คือ

$$F^* = -2,097.18 + 0.677 FD + 0.390 FW$$

เมื่อพิจารณาค่า t_{test} คือ -1.54 ซึ่งค่าวิกฤต คือ $T_{.025,45} = \pm 2.0141$ ซึ่งพบว่าค่า t_{test} ไม่แตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ และค่าความชันของ FD กับ FW มีค่า 5.19 , 3.11 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวิธีทั้งสองสามารถนำไปใช้ในการ Combined forecast ได้โดยไม่เกิดความลำเอียง

(2) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณอีกครั้ง โดยบังคับให้ผ่านจุด Origin คือให้ค่า Constant $a = 0$ ทำให้ผลการพยากรณ์ดังนี้



ภาพที่ 4.15 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Winters' Exponential Smoothing

ผลการรวมผลพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Winters' Exponential Smoothing คือ

$$F^* = 0.617 FD + 0.421 FW$$

โดยค่า F^* คือผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมผลพยากรณ์จากวิธีรวมผล และค่า 0.617 , 0.421 คือค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับแต่ละวิธี ซึ่งผลรวมมีค่าเท่ากับ 1.04 ซึ่งมีค่าเกิน 1 อยู่เล็กน้อย ดังนั้น การพยากรณ์โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Winters' Exponential Smoothing นี้อาจจะยังไม่เหมาะสมสำหรับการใช้การรวมผลพยากรณ์

โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ดังตาราง 4.12

ตารางที่ 4.14 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Winters' Exponential Smoothing

Parameter	Decom - Winter
R-Square	97.79 %
MAPE	12.07 %
MAE	3,791.44
RMSE	5,667.01

จากตารางที่ 4.12 แสดงค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 97.79 % ซึ่งถือว่าสูงมาก หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนวิธีหนึ่ง

MAPE มีค่าอยู่ที่ 12.07 % แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนมีคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 12.07 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 3,791.44 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนมีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 3,791.44 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 5,667.01 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 5,667.01 คัน

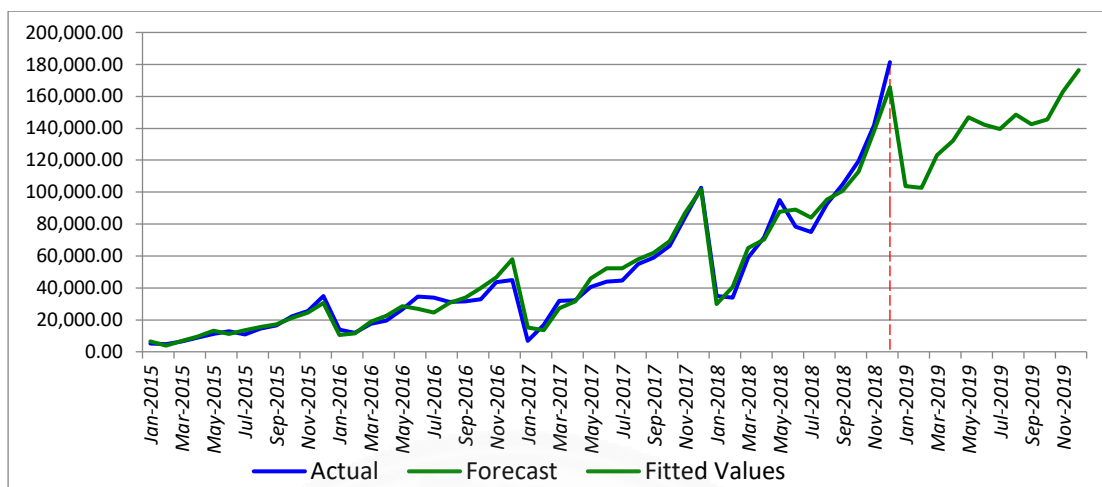
4.2.4.2 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Decomposition กับวิธี Multiple Regression

(1) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณตามปกติโดยใช้ค่าจากการพยากรณ์ระหว่างวิธี Decomposition กับ Multiple Regression โดยใช้โปรแกรม Forecast X ทำให้ได้สมการการพยากรณ์คือ

$$F^* = -1,867.14 + 0.598 FD + 0.452 FR$$

เมื่อพิจารณาค่า t_{test} คือ -1.41 ซึ่งค่าวิกฤต คือ $T_{.025,45} = \pm 2.0141$ ซึ่งพบว่าค่า t_{test} ไม่แตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ และค่าความชันของ FD กับ FR มีค่า 4.42 , 3.59 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวิธีทั้งสองสามารถนำไปใช้ในการ Combined forecast ได้โดยไม่เกิดความลำเอียง

(2) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณอีกครั้ง โดยบังคับให้ผ่านจุด Origin คือให้ค่า Constant $a = 0$ ทำให้ได้ผลการพยากรณ์ดังนี้



ภาพที่ 4.16 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Multiple Regression

ผลการรวมผลพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition กับวิธี Multiple Regression คือ

$$F^* = 0.538 FD + 0.485 FR$$

โดยค่า F^* คือผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมผลพยากรณ์จากวิธีรวมผล และค่า 0.538 , 0.485 คือค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับแต่ละวิธี ซึ่งผลรวมมีค่าเท่ากับ 1.02 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 มาก ดังนั้น การพยากรณ์โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Multiple Regression นี้เหมาะสมสำหรับการใช้การรวมผลพยากรณ์

โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ดังตาราง 4.13

ตารางที่ 4.15 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Decomposition รวมผลกับวิธี Multiple Regression

Parameter	Decom - Regress
R-Square	97.93 %
MAPE	13.69 %
MAE	4,194.33
RMSE	5,484.85

จากตารางที่ 4.13 ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 97.93 % ซึ่งถือว่าสูงมาก นั้นหมายถึง การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน โดยใช้วิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำและเหมาะสมวิธีหนึ่ง

MAPE มีค่าอยู่ที่ 13.69 % แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนมีคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 13.69 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 4,194.33 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนมีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 4,194.33 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 5,484.85 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 5,484.85 คัน

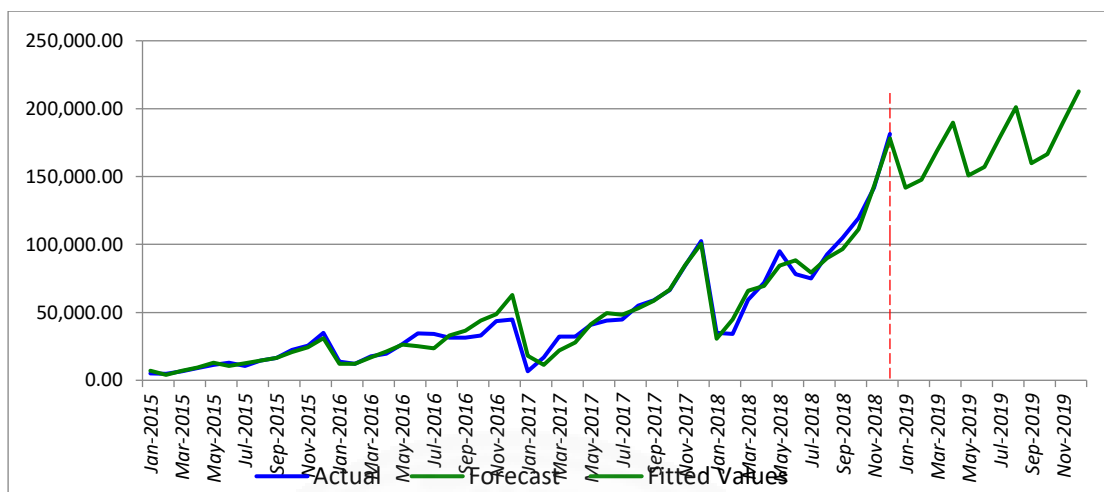
4.2.4.3 รวมผลการพยากรณ์จากวิธี Multiple Regression กับวิธี Winters' Exponential Smoothing

(1) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณระหว่างวิธี Multiple Regression กับวิธี Winters' Exponential Smoothing โดยใช้ Forecast X ทำให้ได้สมการการพยากรณ์คือ

$$F^* = -320.44 + 0.425 FW + 0.594 FR$$

เมื่อพิจารณาค่า t_{test} คือ -0.23 ซึ่งค่าวิกฤต คือ $T_{.025,45} = \pm 2.0141$ ซึ่งพบว่าค่า t_{test} ไม่แตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ และค่าความชันของ FW กับ FR มีค่า 7.10 , 3.45 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวิธีทั้งสองสามารถนำไปใช้ในการ Combined forecast ได้โดยไม่เกิดความลำเอียง

(2) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณอีกครั้ง โดยบังคับให้ผ่านจุด Origin คือให้ค่า Constant $a = 0$ ทำให้ได้ผลการพยากรณ์ดังนี้



ภาพที่ 4.17 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธี Combined ด้วยวิธี Winters' Exponential Smoothing กับวิธี Multiple Regression

สมการผลการรวมผลพยากรณ์ด้วยวิธี Winters' Exponential Smoothing กับวิธี Multiple Regression คือ

$$F^* = 0.423 \text{ FW} + 0.592 \text{ FR}$$

โดยค่า F^* คือผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมผลพยากรณ์จากวิธีรวมผล และค่า 0.423 , 0.592 คือค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับแต่ละวิธี ซึ่งผลรวมมีค่าเท่ากับ 1.046 ซึ่งมีค่าห่างจาก 1 พอสมควร ดังนั้น การพยากรณ์โดยใช้วิธี Winters' Exponential Smoothing รวมผลกับวิธี Multiple Regression นี้จะไม่เหมาะสมสำหรับการใช้การรวมผลพยากรณ์ อย่างไรก็ตามควรพิจารณาค่าสถิติต่าง ๆ ประกอบอีกครั้ง นอกจากนี้โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ดังตาราง 4.14

ตารางที่ 4.16 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้วิธี Winters' Exponential Smoothing รวมผลกับวิธี Multiple Regression

Parameter	Winter - Regress
R-Square	97.63 %
MAPE	15.00 %
MAE	4,200.52
RMSE	5,874.40

ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 97.63 % ซึ่งถือว่าสูง หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับการพยากรณ์ ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน

MAPE มีค่าอยู่ที่ 15.00 % แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 15.00 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 4,200.52 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีนมีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 4,200.52 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 5,874.40 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 5,874.40 คัน

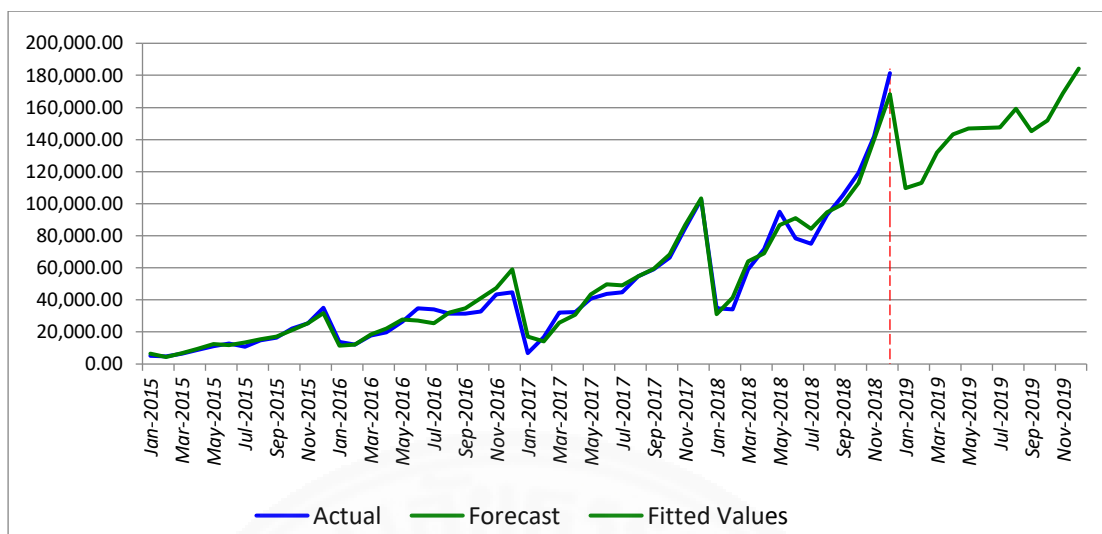
4.2.4.4 การรวมผลการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี Decomposition , วิธี Winters' Exponential Smoothing และวิธี Multiple Regression

(1) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณระหว่างวิธี Decomposition , วิธี Winters' Exponential Smoothing และวิธี Multiple Regression โดยใช้โปรแกรม Forecast X ทำให้ได้สมการการพยากรณ์คือ

$$F^* = -1,727.44 + 0.49999 FD + 0.2205 FW + 0.331 FR$$

เมื่อพิจารณาค่า t_{test} คือ -3.40 ซึ่งค่าวิกฤต คือ $T_{.025,45} = \pm 2.0141$ ซึ่งพบว่าค่า t_{test} ไม่แตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ และค่าความชันของ FD , FW และ FR มีค่า 4.17 , 5.55 , 1.22 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวิธีทั้งสองสามารถนำไปใช้ในการ Combined forecast ได้โดยไม่เกิดความลำเอียง

(2) ทดสอบการถดถอยแบบพหุคูณอีกครั้ง โดยบังคับให้ผ่านจุด Origin คือให้ค่า Constant $a = 0$ ทำให้ได้ผลการพยากรณ์ดังนี้



ภาพที่ 4.18 ผลการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2015-2019 โดยใช้โปรแกรม Forecast X ด้วยวิธีการความผลการพยากรณ์ ด้วยวิธี Decomposition, Multiple Regression และ Winters' Exponential Smoothing

สมการผลการรวมผลพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition, Multiple Regression และ Winters' Exponential Smoothing คือ

$$F^* = 0.4386 \text{ FD} + 0.233 \text{ FW} + 0.355 \text{ FR}$$

โดยค่า F^* คือผลลัพธ์ที่ได้จากการความผลการพยากรณ์จากวิธีรวมผล และค่า 0.4386 , 0.233 และ 0.355 คือค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับแต่ละวิธี ซึ่งผลรวมมีค่าเท่ากับ 1.026 ซึ่งมีใกล้เคียง 1 มาก ดังนั้น การรวมพยากรณ์โดยใช้วิธี Decomposition วิธี Winters' Exponential Smoothing และวิธี Multiple Regression นี้เหมาะสมสำหรับการใช้การรวมผลพยากรณ์

โปรแกรมยังคำนวณค่า R-Square หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ดังตาราง 4.15

ตารางที่ 4.17 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการพยากรณ์โดยโปรแกรม Forecast X โดยใช้ 3 วิธี คือ Decomposition รวมผลกับวิธี Winters' Exponential Smoothing และ วิธี Multiple Regression

Parameter	Decom+Wint+Reg
R-Square	98.05 %
MAPE	12.81 %
MAE	3,834.54
RMSE	5,327.83

ค่า R-Square มีค่าอยู่ที่ 98.05 % ซึ่งถือว่าสูง หมายถึงการพยากรณ์นั้น ๆ มีใกล้เคียงกับความจริงมาก ดังนั้น การพยากรณ์ในวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่ได้ผลแม่นยำกับการพยากรณ์ ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย

MAPE มีค่าอยู่ที่ 12.81 % แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 12.81 % โดยเฉลี่ย

MAE มีค่าอยู่ที่ 3,834.54 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยมีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ 3,834.54 คัน

RMSE มีค่าอยู่ที่ 5,327.83 แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้การพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย คลาดเคลื่อนจากค่าจริงโดยเฉลี่ย 5,327.83 คัน

เมื่อได้ผลจากการรวมผลพยากรณ์ทั้ง 4 แบบแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสรุปค่าความแม่นยำ และค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบว่า วิธีใดสามารถให้ผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุด ดังตาราง 4.16

ตารางที่ 4.18 ตารางแสดงค่า R-Square และค่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ในการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยการรวมผลวิธีแบบต่าง ๆ ดังนี้

Parameter	Decom - Winter	Decom - Regress	Winter - Regress	All
R-Square	97.79 %	97.93 %	97.63 %	98.05 %
MAPE	12.07 %	13.69 %	15.00 %	12.81 %
MAE	3,791.44	4,194.33	4,200.52	3,834.54
RMSE	5,667.01	5,484.85	5,874.40	5,327.83

จากตาราง 4.16 สามารถสรุปได้ว่าวิธีการรวมผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุดคือการรวมผลทุกวิธีเข้าด้วยกัน หรือ Combined Forecast จะให้ค่าความแม่นยำสูงสุด และค่าความผิดพลาดน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีน โดยผู้วิจัยศึกษาหาตัวแปรที่มีผลต่อการซื้อรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเทศ และศึกษาแนวโน้มของยอดขายมีแนวโน้มแบบใด ซึ่งผู้วิจัยหวังว่าสามารถเป็นประโยชน์ใช้เป็นต้นแบบให้ประเทศไทยและประเทศอื่น ๆ ในอนาคตได้

5.1 สรุปผลการวิจัย

เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมและแม่นยำที่สุด ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละวิธี โดยแยกพิจารณาส่วน Historical Period กับ Holdout Period ดังนี้

5.1.1 พิจารณาส่วน Historical Period

เพื่อทำการพิจารณาตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดและแม่นยำในการพยากรณ์สำหรับแต่ละประเทศ ดังนั้นผู้วิจัยเลือกใช้ค่าทางสถิติจากข้อมูลช่วง Historical Period ประกอบการพิจารณา เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์แต่ละวิธีดังนี้

ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบค่าความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อนโดยพยากรณ์ต่าง ๆ จากข้อมูล Historical Period เพื่อพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา

Parameter	Decomposition	Winters	Regression	Combine
R-Square	90.51%	91.88%	90.29%	94.77 %
MAPE	8.94%	12.52%	18.44 %	11.93 %
MAE	1,587.08	1,807.06	2,285.37	1,604.38
RMSE	2,829.55	2,618.47	2,862.97	2,101.27

จากการทดสอบพบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาคือวิธีการรวมผลการพยากรณ์ทุกวิธีเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วยวิธี Decomposition , Winters' Exponential Smoothing และ Multiple Regression ให้ค่าพยากรณ์

ที่มีความแม่นยำสูง และค่า RMSE ต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบค่า MAPE กับ MAE แล้วจะพบว่าวิธี Decomposition เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีอื่น ดังนั้นอาจใช้วิธี Decomposition ประกอบประกอบการพยากรณ์เป็นอีกแนวทาง

ตารางที่ 5.2 ตารางเปรียบเทียบค่าความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อนโดยพยากรณ์ต่าง ๆ จากข้อมูล Historical Period เพื่อพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย

Parameter	Decomposition	Winters	Regression	Combine
R-Square	96.93%	96.44%	97.16 %	98.05 %
MAPE	9.87%	16.61%	17.70 %	12.81 %
MAE	3,773.30	5,271.63	4,963.80	3,834.54
RMSE	6,683.88	7,193.78	6,429.29	5,327.83

จากการทดสอบพบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยคือวิธี Combined นอกจากให้ความแม่นยำสูง ยังให้ค่าผิดพลาดที่น้อยกว่าวิธีอื่น ๆ

5.1.2 พิจารณาส่ว Holdout Period

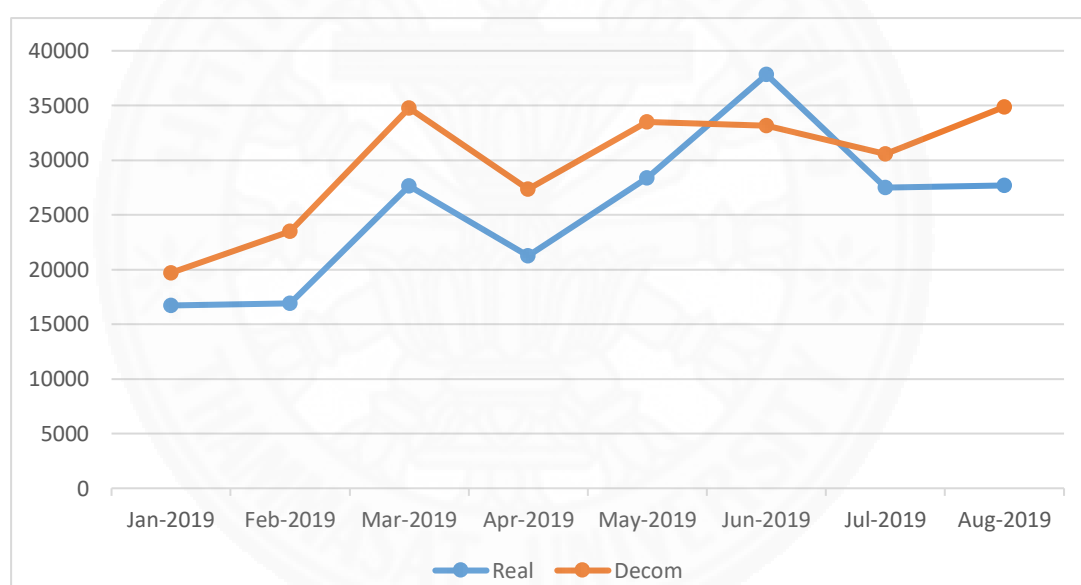
เพื่อความแม่นยำมากขึ้น ผู้วิจัยใช้ข้อมูลยอดขายจริงกับข้อมูลส่วน Holdout Period มาคำนวณหาค่า RMSE และ MAPE เพื่อหาค่าที่ผิดพลาดจากค่าจริงจากการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยสหรัฐอเมริกา ในแต่ละวิธีดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ตารางเปรียบเทียบค่าความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อนโดยพยากรณ์ต่าง ๆ จากข้อมูล Holdout Period เพื่อพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยสหรัฐอเมริกา

Method	RMSE	MAPE
Decomposition	5,589.73	22.38%
Winter's Exponential	26,177.95	107.33%
Multiple Regression	16,492.41	70.91%
Decom+Winter	31,316.80	128.58%
Decom+Regression	21,237.19	89.09%
Winter+Regression	35,236.44	144.34%
Decom+Winter+Reg	30,527.82	125.81%

ผลจากการพยากรณ์ในช่วง Holdout Period เมื่อวิเคราะห์เทียบกับข้อมูลยอดขายจริง จะพบว่าการพยากรณ์ที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับยอดขายจริงที่สุดคือการพยากรณ์วิธี Decomposition ซึ่งมีความขัดแย้งกับข้อมูลส่วน Historical Period (ดังภาพที่ 5.1) โดยใช้วิธี Combined Forecast แต่การพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition ถือเป็นส่วนประกอบหนึ่งของวิธีนี้นั้นหมายถึง การพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition ในการวิจัยนี้ถือเป็นวิธีที่ให้ผลแม่นยำวิธีหนึ่งกับการพยากรณ์ยอดขายยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าในสหรัฐอเมริกา

อย่างไรก็ตาม ด้วยเทคโนโลยีรถยนต์ใช้ไฟฟ้าเป็นเทคโนโลยีใหม่ รวมถึงการบันทึกข้อมูลยอดขายจริงยังไม่ครบถึงปลายปีหรือครบฤดูกาล นอกจากนี้ยังคงเป็นสินค้าเฉพาะกลุ่ม และภาครัฐยังไม่มียุทธศาสตร์ในการผลักดันที่ชัดเจน จึงควรต้องอาศัยข้อมูลแวดล้อมประกอบการพยากรณ์



ภาพที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบยอดขายจริงกับผลจากการพยากรณ์โดยวิธี Decomposition ในช่วง Holdout Period ของประเทศสหรัฐอเมริกา

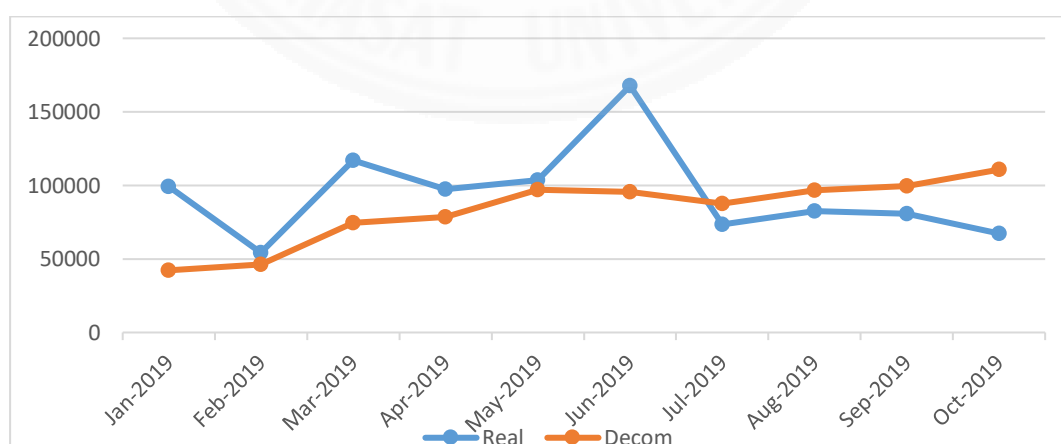
ในขณะเดียวกัน ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน โดยนำข้อมูลยอดขายจริงในส่วน Holdout Period เทียบกับผลที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละวิธี โดยคำนวณหาค่า RMSE และ MAPE เพื่อหาค่าที่ผิดพลาดจากค่าจริงโดยเฉลี่ย โดยเทียบกับการพยากรณ์แต่ละวิธีที่ได้ ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ตารางเปรียบเทียบค่าความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อนโดยพยากรณ์ต่าง ๆ จากข้อมูล Holdout Period เพื่อพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย

Method	RMSE	MAPE
Decomposition	36,521.44	30.15%
Winter's Exponential	54,207.66	55.61%
Multiple Regression	81,936.82	96.81%
Decom+Winter	47,441.98	52.07%
Decom+Regression	49,797.89	55.41%
Winter+Regression	80,915.87	93.92%
Decom+Winter+Reg	55,501.62	63.12%

ผลจากการพยากรณ์ในช่วง Holdout Period เมื่อวิเคราะห์เทียบกับข้อมูลยอดขายจริง จะพบว่าพยากรณ์ที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับยอดขายจริงที่สุดคือการพยากรณ์วิธี Decomposition (ดังภาพที่ 5.2) ซึ่งมีความขัดแย้งกับข้อมูลส่วน Historical Period โดยใช้วิธี Combined Forecast นั้นหมายถึง วิธี Decomposition ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งของวิธี Combined เป็นวิธีที่ให้ผลแม่นยำวิธีหนึ่งกับการพยากรณ์ยอดขายรถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย

เนื่องด้วยเทคโนโลยีรถยนต์ใช้ไฟฟ้าเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับประเทศไทยที่มีขายไม่กี่ปี ทำให้การบันทึกยอดขายจริงยังปริมาณข้อมูลไม่มาก และข้อมูลช่วง Holdout Period ยังไม่ครบถึงปลายปีหรือครบฤดูกาล นอกจากนี้ภาครัฐยังไม่ชัดเจนในการผลักดันการใช้รถยนต์ใช้ไฟฟ้า



ภาพที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบยอดขายจริงกับผลจากการพยากรณ์โดยวิธี Decomposition ในช่วง Holdout Period ของประเทศไทย

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยพบข้อจำกัดต่าง ๆ ในการหาข้อมูลและการพยากรณ์ ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะเป็นแนวทางในการพิจารณาในการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

(1) ในการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเทคโนโลยีใหม่ ดังนั้นจำนวนข้อมูลที่นำมาวิจัยมีปริมาณน้อยเกินไป เช่นในประเทศจีนการเริ่มต้นเก็บข้อมูลเริ่มชัดเจนในปี 2015 ทำให้ข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณอาจจะไม่มากพอในการพัฒนาการพยากรณ์ ดังนั้นในอนาคตเมื่อมีข้อมูลมากขึ้นเพื่อการวิจัยความแม่นยำในการพัฒนาแม่แบบการพยากรณ์อาจมีค่าสูงขึ้น

(2) การเก็บข้อมูลทางเศรษฐกิจจากประเทศจีนมีข้อจำกัดด้านภาษา เนื่องจากข้อมูลภายในประเทศส่วนใหญ่เป็นภาษาจีน ยังไม่เผยแพร่เป็นภาษาอังกฤษมากนัก ทำให้ยากต่อการค้นหาข้อมูลเพื่อนำมาใช้งาน ส่งผลให้ข้อมูลในการใช้วิเคราะห์ความเป็นเหตุเป็นผลมีน้อยเกินไป

(3) ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องเนื่องในการพยากรณ์มากขึ้น เนื่องจากตัวแปรอิสระที่ใช้ในครั้งนี้ส่วนใหญ่ไม่นำมาใช้ในการพยากรณ์ เนื่องจากมีค่าความสัมพันธ์ (Correlation) กับการพยากรณ์น้อยเกินไป

(4) เนื่องจากรถยนต์ใช้ไฟฟ้าเป็นสินค้าที่มีมูลค่าต่อหน่วยสูง ทำให้บางครั้งที่มาของยอดขายขึ้นไม่เพียงขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ต่าง ๆ แต่ขึ้นอยู่กับนโยบายจากภาครัฐของประเทศนั้น ๆ อีกด้วย ดังนั้นที่มาของยอดขายในบางครั้งอาจเกินจริงจากปกติ

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

- วิจิต หล่อจิระชุมท์กุล, และ จิราวัลย์ จิตรถเวช. (2548). *เทคนิคการพยากรณ์*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- อรรถมัยคณา แยมนวนล และ เฉลิมพล จตุพร. (2561). *ปัญหาของตัวตลาดเคลื่อนในประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการวิจัยสำหรับนักเศรษฐศาสตร์*. นนทบุรี: สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- เอกจิตต์ จิงเจริญ. (2560). *การพยากรณ์ทางธุรกิจ (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ดร.วิจิตร บุญยะโหดระ. (2562). มลภาวะจากท่อไอเสียรถ. 30 ตุลาคม 2562, จาก <https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/tol/toln.htm>
- Economic Research, Federal Reserve Bank of St. Louis. *China / U.S. Foreign Exchange Rate*. 30 กันยายน 2561, จาก <https://fred.stlouisfed.org/series/EXCHUS>
- InsideEVs. (2562). *Monthly Plug-In EV Sales Scorecard: Historical Charts*. จาก <https://insideevs.com/news/344007/monthly-plug-in-ev-sales-scorecard-historical-charts/>
- IHS Market. (2562). *US Monthly GDP (MGDP) Index from Macroeconomic Advisers by IHS Markit*. 30 ตุลาคม 2562, <https://ihsmarkit.com/products/us-monthly-gdp-index.html>
- Nissan Motors. (2562). *THE FUTURE OF ELECTRIC VEHICLES IN SOUTH EAST ASIA THAILAND*. 1 ธันวาคม 2562, จาก https://www-asia.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/th/news/purchaseddecisionresearch/Nissan_whitepaper_TH.pdf
- EV-Volumes.com. (2562). *China NEV Sales for 2019*. ตุลาคม 2562, จาก <http://www.ev-volumes.com/country/china/>

วิทยานิพนธ์

- International Review of Management and Marketing. (2016). *An Analysis of Factors that Affecting the Number of Car Sales in Malaysia*. International Review of Management and Marketing.
- Makena, C. Paul, B. Sherilyn, W. (2015) .*Factors Affecting EV Adoption: A Literature Review and EV Forecast for Hawaii*. (University of Hawaii, Economic Research Organization).
- Trin, T. Sirisuhk, R. Thiti, T. Prattana, P. (2017). Affecting the Intention to Buy Electric Vehicles: Empirical Evidence from Thailand. (College of Management, Mahidol University)
- Wenhua, Q. (2016). Analysis on the Factors Influencing Chinese Consumers to Buy New Energy Vehicles. (Economic Management Institute; Jiangxi University of Finance and Economics)
- Ning, W. Yafei, L. (2015) factors influencing consumers' willingness to purchase electric vehicles in China. (School of Automotive Studies, Tongji University)



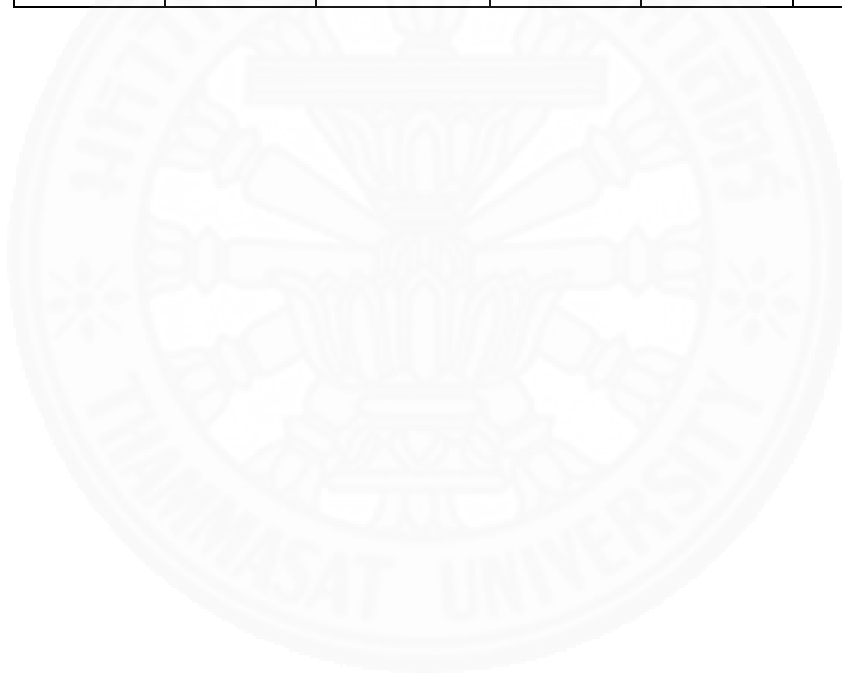
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลการพยากรณ์รถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา

Month-Year	Original Data	Decomposition	Winters	Regression	Combined
Jan-13	4,876.00	4,876.00	5,156.31	9,985.67	6,213.79
Feb-13	5,405.00	5,405.00	5,687.12	8,252.07	6,361.28
Mar-13	7,632.00	7,632.00	7,512.08	9,200.92	8,260.20
Apr-13	7,138.00	7,138.00	6,672.35	9,983.77	7,786.75
May-13	7,754.00	7,754.00	7,468.71	7,632.13	7,993.37
Jun-13	8,742.00	8,742.00	7,667.10	6,912.18	8,301.88
Jul-13	7,442.00	8,070.86	6,740.43	7,200.70	7,632.48
Aug-13	11,363.00	9,327.80	10,684.99	6,241.53	9,991.32
Sep-13	8,127.00	9,101.37	8,750.19	9,202.15	9,417.87
Oct-13	10,100.00	8,063.15	11,267.18	6,775.79	9,973.19
Nov-13	8,833.00	8,525.75	11,256.50	5,843.86	9,954.28
Dec-13	9,790.00	12,033.89	12,263.22	7,184.09	11,918.70
Jan-14	5,905.00	5,971.84	7,411.22	6,595.75	7,173.60
Feb-14	7,045.00	7,265.95	7,367.90	6,976.57	7,655.91
Mar-14	9,172.00	10,871.60	9,227.63	8,850.34	10,206.16
Apr-14	8,905.00	8,592.42	8,338.70	9,721.86	9,120.59
May-14	12,453.00	10,544.65	8,816.10	9,999.28	10,084.44
Jun-14	11,493.00	10,554.84	10,422.38	10,837.50	11,098.92
Jul-14	11,433.00	9,816.29	9,161.24	9,595.02	9,950.02
Aug-14	12,403.00	11,194.95	13,524.81	12,642.54	13,301.27
Sep-14	9,340.00	10,799.22	10,108.28	11,837.47	11,194.89
Oct-14	9,553.00	9,466.20	12,119.74	10,918.29	11,654.10
Nov-14	9,785.00	9,673.40	10,705.63	10,167.52	10,831.55
Dec-14	11,286.00	13,075.78	12,015.22	14,383.27	13,444.25
Jan-15	6,057.00	6,198.92	8,292.90	8,922.68	8,144.01
Feb-15	6,951.00	7,190.89	8,784.43	6,912.46	8,376.38
Mar-15	10,341.00	10,531.75	10,275.24	8,157.34	10,525.93
Apr-15	9,094.00	8,343.05	9,728.25	7,664.39	9,406.00
May-15	11,540.00	10,250.57	11,761.27	9,256.23	11,425.18
Jun-15	10,364.00	10,274.70	10,211.04	8,593.01	10,484.02
Jul-15	8,951.00	9,595.93	9,125.76	8,864.75	9,724.19
Aug-15	8,972.00	10,986.92	10,036.93	11,397.11	11,140.09
Sep-15	10,134.00	10,746.54	6,403.47	12,487.83	9,314.23
Oct-15	9,926.00	9,561.97	8,219.30	7,208.63	8,927.43

Month-Year	Original Data	Decomposition	Winters	Regression	Combined
Nov-15	10,070.00	9,855.91	9,041.72	7,497.56	9,518.73
Dec-15	13,699.00	13,680.82	11,029.12	13,975.30	13,046.92
Jan-16	6,221.00	6,814.33	7,406.26	8,625.93	7,823.55
Feb-16	7,763.00	8,417.07	8,651.55	9,660.44	9,217.59
Mar-16	13,857.00	13,066.15	11,911.42	10,335.88	12,650.78
Apr-16	10,531.00	10,598.48	11,737.11	8,496.20	11,391.60
May-16	11,467.00	13,175.69	14,163.13	10,969.26	14,006.68
Jun-16	14,863.00	13,688.96	12,328.17	10,750.90	13,158.95
Jul-16	13,067.00	13,298.20	11,980.74	11,885.14	13,047.32
Aug-16	14,592.00	15,604.54	12,985.31	10,401.14	14,092.70
Sep-16	17,224.00	15,405.57	13,781.79	14,240.84	15,148.51
Oct-16	11,007.00	13,724.02	14,588.63	11,302.72	14,479.60
Nov-16	13,237.00	14,388.57	13,645.34	13,283.28	14,558.82
Dec-16	24,785.00	20,019.37	16,466.29	20,289.61	19,237.56
Jan-17	11,004.00	9,760.73	12,259.38	10,729.26	11,793.76
Feb-17	12,375.00	11,755.12	14,066.88	12,529.47	13,759.46
Mar-17	18,542.00	17,695.76	19,348.00	19,893.41	19,923.03
Apr-17	13,367.00	14,215.93	16,499.38	17,658.06	16,820.81
May-17	16,596.00	17,742.80	17,520.26	18,819.67	18,766.69
Jun-17	17,046.00	17,811.09	19,928.43	22,295.63	20,708.35
Jul-17	15,540.00	16,546.07	17,046.67	21,650.02	18,623.75
Aug-17	16,514.00	19,123.08	17,536.39	20,995.24	19,635.63
Sep-17	21,242.00	18,923.45	18,577.45	24,343.94	20,732.86
Oct-17	14,315.00	17,051.76	14,177.46	18,076.55	16,611.41
Nov-17	17,178.00	18,041.89	16,322.20	19,301.65	18,314.43
Dec-17	26,107.00	25,461.76	25,311.18	32,826.89	28,077.79
Jan-18	12,009.00	12,841.61	12,143.49	16,366.14	13,793.82
Feb-18	16,845.00	16,352.41	13,649.81	16,532.86	15,813.25
Mar-18	26,443.00	26,246.75	20,806.93	23,456.41	24,233.05
Apr-18	19,623.00	22,271.65	18,400.37	20,557.38	21,079.72
May-18	24,307.00	29,323.35	22,497.44	23,719.19	26,222.00
Jun-18	25,029.00	31,247.38	24,837.76	27,035.40	28,724.07
Jul-18	29,598.00	30,252.55	24,356.29	29,903.29	28,651.81
Aug-18	36,347.00	34,609.32	27,990.99	31,314.33	32,320.39
Sep-18	44,544.00	33,336.09	35,484.54	38,498.78	37,202.06
Oct-18	34,074.00	29,112.26	32,785.52	33,184.22	33,370.01
Nov-18	42,588.00	29,894.02	37,357.44	37,106.48	36,790.19
Dec-18	49,900.00	40,841.61	49,362.96	46,907.84	48,679.95

Month-Year	Original Data	Decomposition	Winters	Regression	Combined
Jan-19	16,715	19,701.30	37,288.93	37,875.64	43,201.87
Feb-19	16,891	23,475.73	42,867.59	38,371.75	45,584.69
Mar-19	27,639	34,770.51	52,408.86	39,626.60	51,021.73
Apr-19	21,255	27,361.78	46,842.46	40,447.94	57,615.72
May-19	28,386	33,483.28	52,348.71	41,231.99	54,315.75
Jun-19	37,818	33,133.53	54,371.53	42,483.01	56,690.97
Jul-19	27,470	30,564.47	58,505.47	44,071.83	62,660.20
Aug-19	27,665	34,878.24	63,783.09	44,762.56	70,031.90
Sep-19		33,515.43	70,048.98	48,678.29	65,429.64
Oct-19		29,225.31	59,840.88	46,721.92	67,797.25
Nov-19		29,964.96	66,938.76	48,368.80	74,298.67
Dec-19		40,860.81	74,317.68	51,681.95	82,448.09



ภาคผนวก ข
ผลการพยากรณ์รถยนต์ใช้ไฟฟ้าในประเทศจีน

Month-Year	Original Data	Decomp	Winter	Regression	Combine
Jan-15	5,200	5,200.00	5,659.56	7,657.35	6,319.89
Feb-15	4,764	4,764.00	5,679.16	2,659.61	4,358.48
Mar-15	6,448	6,448.00	7,405.21	6,662.70	6,921.19
Apr-15	8,945	8,945.00	8,362.69	9,960.21	9,410.61
May-15	11,286	11,286.00	10,786.31	14,430.98	12,590.25
Jun-15	12,835	12,835.00	12,620.46	8,695.67	11,660.72
Jul-15	10,746	14,137.20	12,415.87	12,357.23	13,484.36
Aug-15	14,629	16,302.68	14,171.54	14,218.11	15,504.41
Sep-15	16,609	17,598.66	16,015.82	16,269.99	17,231.62
Oct-15	22,265	20,649.62	19,855.86	20,815.16	21,079.43
Nov-15	25,459	25,798.69	26,546.85	21,852.68	25,266.77
Dec-15	34,925	31,808.63	34,351.21	27,503.44	31,729.60
Jan-16	13,792	9,959.30	14,355.83	10,403.94	11,410.95
Feb-16	11,980	11,744.27	13,036.89	10,920.71	12,069.64
Mar-16	17,622	19,958.61	16,360.76	16,858.22	18,555.96
Apr-16	19,649	21,859.61	19,659.29	21,933.39	21,961.33
May-16	26,578	28,252.98	23,443.02	27,742.97	27,710.88
Jun-16	34,612	29,104.61	26,743.42	23,191.73	27,238.00
Jul-16	33,976	26,828.49	26,357.65	20,779.54	25,293.19
Aug-16	31,380	29,529.51	35,213.81	30,554.90	32,014.88
Sep-16	31,437	31,245.93	37,574.03	35,027.30	34,906.39
Oct-16	32,770	36,075.34	43,975.28	42,535.20	41,183.69
Nov-16	43,441	43,979.09	48,690.13	47,418.02	47,483.71
Dec-16	44,874	51,566.20	60,952.40	62,556.83	59,047.40
Jan-17	6,704	15,132.56	22,143.32	14,851.07	17,075.48
Feb-17	16,875	17,287.69	14,917.06	8,735.46	14,163.33
Mar-17	32,017	29,531.02	19,681.20	23,105.30	25,747.00
Apr-17	32,351	33,183.63	25,903.75	28,283.43	30,639.18
May-17	40,718	44,266.18	33,656.88	45,337.78	43,364.29
Jun-17	43,891	47,977.83	40,105.50	54,612.39	49,789.81
Jul-17	44,679	47,444.22	36,593.05	55,290.78	48,977.40
Aug-17	54,820	54,371.42	42,223.56	59,039.21	54,659.88
Sep-17	58,986	57,921.79	49,408.84	63,229.68	59,381.05
Oct-17	66,443	67,685.12	62,443.79	68,061.56	68,419.24

Month-Year	Original Data	Decomp	Winter	Regression	Combine
Nov-17	84,518	85,057.63	81,307.68	85,215.86	86,530.05
Dec-17	102,635	102,628.83	102,611.31	96,334.65	103,153.77
Jan-18	34,892	30,596.33	33,693.48	27,675.64	31,105.66
Feb-18	33,965	34,941.48	42,752.30	45,268.22	41,371.68
Mar-18	59,110	59,042.43	59,605.44	68,570.77	64,147.64
Apr-18	71,702	65,512.84	62,386.55	72,469.97	69,018.70
May-18	94,996	85,760.13	79,280.00	86,066.28	86,667.16
Jun-18	78,260	90,556.91	92,577.17	83,098.21	90,818.50
Jul-18	75,134	87,647.48	81,359.80	76,107.45	84,443.49
Aug-18	92,812	96,610.00	87,237.47	89,828.78	94,617.77
Sep-18	104,904	99,500.91	92,111.26	97,409.04	99,714.31
Oct-18	119,401	110,723.59	109,398.23	109,467.08	112,950.44
Nov-18	141,790	130,176.79	141,082.35	140,721.45	139,971.29
Dec-18	181,385	147,842.81	172,437.62	177,424.08	168,066.41
Jan-19	99,299	42,267.81	57,594.14	159,601.81	109,697.38
Feb-19	54,267	46,333.49	66,426.85	157,773.30	112,878.91
Mar-19	116,902	74,615.33	104,899.64	163,010.49	131,833.73
Apr-19	97,276	78,405.98	114,857.62	167,607.35	143,263.06
May-19	103,674	96,870.71	140,800.58	174,161.82	146,892.49
Jun-19	167,691	95,632.75	138,744.16	169,434.11	147,065.58
Jul-19	73,339	87,689.34	130,286.79	171,246.40	147,443.07
Aug-19	82,714	96,835.12	148,568.12	175,694.55	159,160.44
Sep-19	80,762	99,635.95	156,416.22	178,036.88	145,141.88
Oct-19	67,389	110,726.95	174,742.13	181,620.07	151,944.13
Nov-19		130,143.58	211,833.62	184,931.85	168,721.12
Dec-19		147,960.81	259,250.88	175,641.58	184,219.98

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายกมล จีงมานนท์
วันเดือนปีเกิด	25 มกราคม พ.ศ. 2528
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2550: วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยมหิดล ปีการศึกษา 2555: วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำแหน่ง	ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศ ธนาคารไทยเครดิต เพื่อรายย่อย จำกัด (มหาชน)
ทุนการศึกษา (ถ้ามี)	ทุนเรียนนักเรียนคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยมหิดล
ประสบการณ์ทำงาน	2560-ปัจจุบัน ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศ ธนาคารไทยเครดิต เพื่อรายย่อย จำกัด (มหาชน) 2559-2560 เจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคโนโลยี บริษัท พรอพเพอร์ตี้กูรู จำกัด 2556-2559 เจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคโนโลยี บริษัท เอ็นโซโก้ (ประเทศไทย) จำกัด 2554-2556 เจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคโนโลยี (Outsource) คณะกรรมการการเศรษฐกิจและสังคมแห่งสหประชาชาติ สำหรับเอเชียและแปซิฟิก (UNESCAP)