Forecasting of Cement Consumption in Thailand

Chatchaya Sermpongpan*
Ekachidd Chungcharoen**
Sathaporn Opasanon***

Submitted: March 31, 2019 / Accepted: 22 July 2019

Abstract

This research is an applied research project designed to determine macroeconomic and demographic impacts on Thai's cement consumption to develop 5 years-forecasting models for both volume and growth in Thailand's demand for cement. Several techniques including Multiple Linear Regression, time-series models such as Simple and Holt's Exponential Smoothing, ARIMA, and combined-forecast models were developed and examined to attain forecasting accuracy. The results showed that the combined-forecast model was the most accurate model according to its lowest RMSE for both volume and growth. Based on the results, the total cement consumption in Thai market in 2021 should fall between 36,223 and 42,082 thousand tons. However, the volume model resulted in 753 thousand tons of RMSE, lower than 2,099 thousand tons of RMSE in the growth model.

Keywords: Forecasting, Cement, Consumption, Regression Analysis, Combined Forecasts

* The Siam Cement Group Public Company Limited.
** Department of Operations Management, Faculty of Commerce and Accountancy, Thammasat University, Tel. 0-2226-4509, E-mail: ekachidd@tbs.tu.ac.th
*** Department of International Business, Logistics and Transport, Faculty of Commerce and Accountancy, Thammasat University, Tel. 0-2613-2276, E-mail: sathaporn@tbs.tu.ac.th

การพยากรณ์ความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย

ชัชชญา เสริมพงษ์พันธ์*
เอกจิตต์ จึงเจริญ**
สถาพร โอภาสานนท์***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเศรษฐกิจมหภาคและปัจจัยด้านประชากรกับปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ทั้งในรูปแบบปริมาณที่มีหน่วยเป็นตันซีเมนต์ และอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์เทียบช่วงเดียวกันของปีก่อน สำหรับใช้พยากรณ์ความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในระยะ 5 ปีข้างหน้า โดยพัฒนาตัวแบบถดถอยพหุคูณ ตัวแบบอนุกรมเวลาแบบ Simple และ Holt's Exponential Smoothing ตัวแบบ ARIMA และตัวแบบรวมผลพยากรณ์ เพื่อให้ได้ผลการพยากรณ์ที่มีความผิดพลาดต่ำที่สุด จากการศึกษาพบว่า ตัวแบบรวมผลพยากรณ์ระหว่างตัวแบบถดถอยพหุคูณกับตัวแบบ ARIMA ทั้งในตัวแบบปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์และตัวแบบอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด โดยผลของตัวแบบรวมผลพยากรณ์ทั้ง 2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในปี ค.ศ. 2021 อยู่ในช่วง 36,223-42,082 พันตัน อย่างไรก็ตาม ตัวแบบรวมผลพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศ ให้ค่า RMSE ที่ 753 พันตัน น้อยกว่าค่า RMSE ของตัวแบบรวมผลพยากรณ์ของปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศ ซึ่งให้ค่า RMSE ที่ 2,099 พันตัน

คำสำคัญ: การพยากรณ์ ปูนซีเมนต์ ความต้องการใช้ การวิเคราะห์ถดถอย การรวมผลพยากรณ์

* บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)
** ภาควิชาบริหารการปฏิบัติการ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โทร. 0-2226-4509 อีเมล: ekachidd@tbs.tu.ac.th
*** ภาควิชาบริหารธุรกิจระหว่างประเทศ โลจิสติกส์และการขนส่ง คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โทร. 0-2613-2276 อีเมล: opasanon@gmail.com

บทนำ (Introduction)

ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per Capita) มักถูกใช้เป็นตัววัดระดับมาตรฐานการครองชีพ หรือความกินดีอยู่ดีของประชากรในแต่ละประเทศ ซึ่งเป็นปัจจัยส่งเสริมความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ จะเห็นได้จากการที่ภาคอุตสาหกรรมที่ขยายตัวเนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจมีแนวโน้มที่จะมีการใช้ปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้น ทำให้การศึกษาความสัมพันธ์ของ GDP per Capita และปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ต่อหัวได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในอดีต โดยถูกนำไปใช้ตัดสินการเติบโตทางเศรษฐกิจสัมพัทธ์ระหว่างประเทศ และคาดการณ์อัตราการใช้ปูนซีเมนต์ (Davidson, 2014) อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ในบางประเทศจะพบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่น้อยลงระหว่าง GDP per Capita และปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ต่อหัว ความสัมพันธ์ที่น้อยลงดังกล่าวนี้อาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ

สำหรับประเทศไทยความสัมพันธ์ระหว่าง GDP per Capita และปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ต่อหัวมีค่าสูงถึง 0.78 ในช่วงปี ค.ศ. 2000-ค.ศ. 2016 ซึ่งจะเห็นได้ว่า GDP per Capita และปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ต่อหัวของประเทศไทยมีความเกี่ยวพันกันอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม โครงสร้างตลาดของการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยอยู่ในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลง จากการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้างของจำนวนประชากรไทยที่กำลังเข้าสู่ยุคของอัตราการเติบโตของจำนวนประชากรที่ชะลอตัวและลดลงในที่สุด ซึ่งจะสะท้อนไปยังปริมาณการก่อสร้างเพื่อที่อยู่อาศัยและการลงทุนตามแผนการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานของรัฐบาล ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญต่อปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ในปัจจุบันและระยะข้างหน้า โดยปัจจัยเหล่านี้กำลังอยู่ในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก ซึ่งอาจส่งผลกระทบอย่างรุนแรงกับปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในอนาคตของประเทศไทย ดังนั้นการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์สำหรับประเทศไทยอย่างแม่นยำในช่วงระยะเวลา 1-5 ปีข้างหน้า จึงมีความจำเป็นสำหรับทั้งภาครัฐและเอกชนเพื่อใช้ในการวางแผนการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

เนื่องจากปัจจุบันตัวแบบเพื่อพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ของประเทศไทยยังไม่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างชัดเจน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาตัวแบบสำหรับพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในอนาคตของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลทางเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยพิจารณาจาก 2 แนวทางหลัก ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นลักษณะปริมาณทางตรงจากปัจจัยหลักทางเศรษฐกิจ และข้อมูลที่สะท้อนอัตราการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยหลักต่างๆ ทางเศรษฐกิจ เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุด สำหรับใช้พยากรณ์ความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในระยะ 5 ปีข้างหน้า โดยพัฒนาตัวแบบจำลองถดถอยพหุคูณ แบบจำลองอนุกรมเวลา และแบบจำลองผสมจากการรวมผลการพยากรณ์ ที่ใช้เทคนิคการกำหนดน้ำหนักในการรวมผลพยากรณ์โดยใช้ตัวแบบถดถอยแบบพหุคูณ เพื่อให้ได้ผลการพยากรณ์ที่มีความผิดพลาดต่ำที่สุด

ทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการใช้ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบสำคัญสำหรับงานก่อสร้างแทบทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ของภาครัฐ (Mega Project) โดยจะถูกใช้ในหลายขั้นตอนของการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นในงานโครงสร้าง เช่น การทำเสาเข็ม ตอม่อ ฐานรากสำหรับการรับน้ำหนักของสิ่งก่อสร้าง งานก่อและงานฉาบ หรือเป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตสินค้าอื่น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปูนซีเมนต์เป็นสินค้ามีน้ำหนักมาก การขนส่งระยะทางไกลจึงมีข้อจำกัด การผลิตปูนซีเมนต์ส่วนใหญ่จึงเป็นการใช้ในประเทศเป็นหลัก

Low (1983) ใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ทำการคาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ของทุกประเทศทั่วโลก โดยกำหนดให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) เป็นตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว ซึ่งการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ทำโดยการศึกษาความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ตัวแปรที่มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มประเทศ โดย Low ได้ให้ความเห็นว่า ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์เป็นผลมาจากความต้องการของประชาชนมากกว่าระดับการพัฒนาของเศรษฐกิจ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Dobrotă & Căruntu (2013) ที่ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวกับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตเหล็กกล้าดิบของประเทศต่างๆ ผ่านการวิเคราะห์การถดถอย ซึ่งพบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ตัวแปรมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก โดยการเติบโตของสภาพเศรษฐกิจที่สะท้อนจากผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวมีทิศทางเดียวกับการเติบโตของปริมาณการผลิตเหล็กกล้าดิบ แต่มีความแตกต่างกันในขนาดของความสัมพันธ์ในแต่ละประเทศ ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยอื่นๆ เช่น สถานการณ์การส่งออก ราคาสินค้าขั้นปลาย เทคโนโลยีในการผลิต เป็นต้น

Office of Industrial Economics (2007) ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางเศรษฐกิจในช่วงภาวะปกติต่อดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (MPI) ของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ซึ่งตัวแปรที่มีผลต่อดัชนีผลผลิตของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์คือ การส่งออก การลงทุนในอุตสาหกรรมของภาครัฐ การลงทุนในอุตสาหกรรมของภาคเอกชน ราคาปูนซีเมนต์ โดยที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ทางลบกับ MPI เพียงตัวแปรเดียวเท่านั้น และตัวแบบพยากรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถอธิบาย MPI ได้ถึง 82% โดยที่การเปลี่ยนแปลงของราคาปูนซีเมนต์จะส่งผลต่อ MPI มากที่สุด

Li et al. (2015) ได้ศึกษาปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศจีนจากการพิจารณา 5 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณการก่อสร้างอาคาร (Building) การก่อสร้างถนน (Highway) การก่อสร้างทางรถไฟ (Railway) การก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่ชนบท (Rural Infrastructure) และการก่อสร้างอื่นๆ โดยผ่านการพิจารณาอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP Growth Rates) จำนวนประชากรในอนาคต (Future Population) และอัตราการเข้าอยู่อาศัยในเขตเมือง (Urbanization Rate) ในขณะที่ Cao et al. (2016) ได้ศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ โดยพิจารณาจากปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและประชากร ได้แก่ จำนวนประชากร (Population) ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per Capita) ปริมาณความหนาแน่นของการใช้ปูนซีเมนต์ (Cement Consumption Intensity) การสะสมทุน (Fixed Investment) และระดับการอยู่อาศัยในเขตเมือง (Urbanization Level) โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความต้องการปูนซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญคือ การสะสมทุน และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวเท่านั้น

นอกจากการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ กับปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์แล้ว ยังมีงานเขียนและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับปูนซีเมนต์ เช่น ปริมาณการก่อสร้าง หรือตลาดอสังหาริมทรัพย์ โดย Noppawong, H. (2009) ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและสหสัมพันธ์เชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression and Multiple Correlation Analysis) ศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดอุปสงค์งานก่อสร้างในประเทศไทย โดยใช้การศึกษาอุตสาหกรรมก่อสร้างของ World Bank ปี ค.ศ. 1984 มาเป็นแนวทางในการศึกษา ในขณะที่ Mankiw & Weil (1989) ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณความต้องการที่อยู่อาศัยมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างประชากรหรือจำนวนประชากรในแต่ละอายุ Lim & Lee (2013) ได้ใช้แบบจำลองของ Mankiw & Weil (1989) ในการคาดการณ์ปริมาณความต้องการที่อยู่อาศัย โดยใช้ขนาดพื้นที่ของที่อยู่อาศัยรวมเป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งได้ผลลัพธ์มีค่า r^2 เท่ากับ 0.856 นอกจากนี้ยังพบว่าอิทธิพลของประชากรในแต่ละช่วงอายุต่อปริมาณความต้องการที่อยู่อาศัยจะสูงสุดที่ช่วงอายุ 35-40 ปี จากนั้นจะปรับลดลงตามอายุที่สูงขึ้น

Li (2014) ได้ทำการศึกษาผลของปัจจัยทางประชากรศาสตร์และเศรษฐกิจที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาที่อยู่อาศัย ผ่านการใช้สมการการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ โดยตัวแปรอิสระที่ใช้ในการศึกษาคือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) ดัชนีราคาผู้บริโภค (CPI) อุปทานที่อยู่อาศัย (Supply of Homes) ค่ามัธยฐานของรายได้ที่แท้จริง (Real Median Income) จำนวนประชากรในวัยทำงาน (อายุตั้งแต่ 15-64 ปี) อัตราการว่างงาน (Unemployment Rate) สินเชื่อที่อยู่อาศัยคงค้าง (Mortgage Debt Outstanding) จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาขั้นสูงตั้งแต่ระดับปริญญาตรีขึ้นไป (Higher Education: Bachelor's Degree or Higher) โดยผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรในวัยทำงานมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงราคาที่อยู่อาศัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการทบทวนงานวิจัยในอดีตพบว่า ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ขึ้นอยู่กับปัจจัยเศรษฐกิจมหภาค ธุรกิจ และปัจจัยด้านประชากรในประเทศ อาทิ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว การก่อสร้างภาครัฐ การก่อสร้างภาคเอกชน สินเชื่ออสังหาริมทรัพย์ของธนาคารพาณิชย์ และจำนวนประชากร โดยตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Model) ถูกใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม คือ ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์

วิธีการพยากรณ์ข้อมูลเชิงเหตุผล

ในแต่ละช่วงเวลาของสินค้า การตัดสินใจของผู้เกี่ยวข้องจะมีลักษณะแตกต่างกันและต้องการชุดของข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนั้นวิธีในการพยากรณ์จึงถูกใช้ไม่เหมือนกันในแต่ละช่วงเวลา สำหรับตลาดปูนซีเมนต์ที่อยู่ในระยะคงตัว (Steady Stage) มีแนวโน้มและอัตราการเติบโตที่ค่อนข้างคงที่ ความผันผวนของปริมาณความต้องการซื้อและผลกำไรจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจ สภาพการแข่งขัน และการเข้ามาของผู้ผลิตรายใหม่ สภาพการณ์ดังกล่าวจึงเหมาะแก่การใช้การวิเคราะห์ด้วยตัวแบบเชิงเหตุผลและเศรษฐมิติ (Causal & Econometric Models) และการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Analysis) (Chambers et al., 1971)

วิธีการพยากรณ์ข้อมูลเชิงเหตุผลที่ได้รับความนิยมทั่วคือ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป กับตัวแปรตามในลักษณะเชิงเส้นตามหลักการของ Ordinary Least Squares (OLS) โดยมีตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณทั่วไปดังนี้

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + ... + b_nx_n + e$$

โดยที่	y	คือ ตัวแปรตาม
	$b_1, b_2, ..., b_n$	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ
	$x_1, x_2, ..., x_n$	คือ ตัวแปรอิสระ
	ถดถอย n	คือ จำนวนตัวแปรอิสระ
	b_0	คือ ค่าคงที่
	e	คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

ตัวแบบพยากรณ์โดยใช้การวิเคราะห์แบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณนี้ จะมีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้นั้น จำเป็นจะต้องเป็นไปตามสมมติฐานที่สำคัญของค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ (y-ŷ) ได้แก่ จะต้องเป็นอิสระจากกัน (Independence) มีการแจกแจงแบบปกติ (Normality) และมีค่าความแปรปรวนคงที่ (Homoscedasticity) นอกจากนี้การที่ข้อมูลบางค่ามีค่าที่ผิดปกติไปจากข้อมูลอื่น (Outlier) หรือการที่ตัวแปรอิสระบางตัวมีความสัมพันธ์กันเองสูง (Multicollinearity) จะส่งผลต่อความน่าเชื่อถือและความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณอีกด้วย

วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา

วิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาที่นิยมใช้มีอยู่หลากหลาย ในที่นี้จะขอกล่าวถึงบางวิธีที่งานวิจัยนี้นำไปใช้ดังต่อไปนี้

วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย (Simple Exponential Smoothing: SES) วิธีนี้อาศัยหลักเกณฑ์แบบเดียวกับวิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ กล่าวคือ เป็นการปรับค่าให้เรียบเพื่อขจัดความแปรปรวนของข้อมูลในลักษณะเชิงสุ่ม (Randomness) จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น แต่จะถูกพัฒนาให้ดีขึ้นโดยมีลักษณะเป็นการหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก โดยที่ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากจะถูกถ่วงน้ำหนักมาก และน้ำหนักที่ถ่วงนี้จะมีค่าลดลงตามเวลาของข้อมูลที่ย้อนหลังไปในอดีต ซึ่งตัวแบบ SES สามารถแสดงได้ดังนี้

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

โดยที่	F_{t+1}	คือ ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลา t+1
	α	คือ ค่า Smoothing Constant
	x_t	คือ ค่าข้อมูลจริงที่เวลาปัจจุบัน หรือ t
	F_t	คือ ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาปัจจุบัน

วิธีการปรับเรียบข้อมูลของ Holt (Holt's Exponential Smoothing) โดย Holt (1957) ได้พัฒนาวิธีการพยากรณ์แบบ SES เพิ่มเติม โดยมีการเพิ่มสมการปรับเรียบแนวโน้มเข้าไปในตัวแบบ ซึ่งวิธีของ Holt จะปรับระดับข้อมูลและความลาดชันของข้อมูลโดยตรง ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มด้วยการใช้ค่าคงที่เรียกว่า ค่าปรับเรียบ (Smoothing Constant) จำนวน 2 ค่า ค่าปรับคงที่นี้จะช่วยในการประมาณการระดับและความลาดชันของข้อมูลในการพยากรณ์ตลอดเวลาเมื่อมีค่าข้อมูลใหม่เกิดขึ้นดังแสดงได้ดังนี้

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)(F_t + X_t)$$
$$T_{t+1} = \gamma(F_{t+1} - F_t) + (1 - \gamma)\, T_t$$
$$H_{t+m} = F_{t+1} + mT_{t+1}$$

โดยที่ F_{t+1} คือ ค่าพยากรณ์ข้อมูลที่เวลา t+1
α คือ ค่า Smoothing Constant ($0 < \alpha < 1$)
x_t คือ ค่าข้อมูลจริงที่เวลา t
F_t คือ ค่าพยากรณ์ข้อมูลที่เวลา t
T_{t+1} คือ ค่าพยากรณ์แนวโน้มที่เวลา t+1
γ คือ ค่า Smoothing Constant สำหรับพยากรณ์แนวโน้ม ($0 < \gamma < 1$)
m คือ จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการจะพยากรณ์
H_{t+m} คือ ค่าพยากรณ์ของ Holt ที่เวลา t+m

วิธีการพยากรณ์ของ Box and Jenkins (1970) หรือ Autoregressive Integrated Moving Average หรือที่เขียนว่า ARIMA(p,d,q) เป็นวิธีการพยากรณ์แบบหนึ่งที่มีแนวคิดว่า พฤติกรรมในอดีตของสิ่งที่ต้องการพยากรณ์นั้นเพียงพอที่จะพยากรณ์พฤติกรรมในอนาคตของตัวเองได้ โดยวิธีนี้จะแตกต่างจากการพยากรณ์โดยวิธีอื่น เช่น การวิเคราะห์ถดถอยที่จะต้องมีการกำหนดรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและข้อมูลที่ต้องการพยากรณ์ก่อนที่จะทำการพัฒนาตัวแบบ ซึ่งทำให้ยากในการกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมได้ ในขณะที่วิธีของ Box and Jenkins ไม่มีการกำหนดรูปแบบที่ตายตัวขึ้นก่อนทำการวิเคราะห์ โดยในระหว่างการวิเคราะห์ รูปแบบความสัมพันธ์จะถูกกำหนดขึ้นมาเองโดยมี 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ รูปแบบ Autoregressive (AR) รูปแบบ Moving Average (MA) และรูปแบบผสมของ Autoregressive and Moving Average (ARMA) ซึ่งตัวแบบ ARIMA(p,d,q) ที่พัฒนาขึ้นจะประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ 3 ตัว ได้แก่ p ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของเทอม AR ค่า d ที่เป็นพารามิเตอร์ของ Integration หรือ Differencing ซึ่งจะเท่ากับ 0 ในกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม (Stationary) และเท่ากับ 1 กรณีมีแนวโน้ม (Non-Stationary) แบบเชิงเส้น ส่วนค่า q เป็นพารามิเตอร์ของเทอม MA โดยสามารถเขียนตัวแบบได้ดังนี้

ตัวแบบ AR อาศัยหลักการที่ว่า ค่าพยากรณ์ของข้อมูลที่เวลาใดๆ มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของข้อมูลอนุกรมเวลาย้อนไปในอดีตดังนี้

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \ldots + A_p Y_{t-p} + e_t$$

โดยที่ Y_t คือ ค่าพยากรณ์ที่คาบเวลา t
$A_1, A_2, \ldots, A_p$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของ $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \ldots, Y_{t-p}$ ตามลำดับ
$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \ldots, Y_{t-p}$ คือ ค่าพยากรณ์ที่คาบเวลา t-1, t-2, ..., t-p ตามลำดับ
e_t คือ ค่า Residual ที่เวลา t ซึ่งเป็น White Noise

ตัวแบบ MA อาศัยหลักการที่ว่า ค่าพยากรณ์ของข้อมูลที่เวลาใดๆ มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของความผิดพลาดของค่าพยากรณ์ย้อนไปในอดีตดังนี้

$$Y_t = e_t + W_1 e_{t-1} + W_2 e_{t-2} + \ldots + W_q e_{t-q}$$

โดยที่ Y_t คือ ค่าพยากรณ์ที่คาบเวลา t

e_t คือ ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ (Residual) ที่เวลา t มีลักษณะเป็น White Noise

$W_{1, 2, \ldots, q}$ คือ ค่าคงที่เป็นค่าถ่วงน้ำหนักของความผิดพลาดของการพยากรณ์ในอดีต

$e_{t-1\ ,\ \ldots,\ t-q}$ คือ ค่า Residual ที่คาบเวลา t-1, ..., t-q หรือ 1 Time Lag, ..., q Time Lag

และตัวแบบ ARMA สามารถเขียนได้ดังนี้

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \ldots + A_p Y_{t-p} + W_1 e_{t-1} + W_2 e_{t-2} + \ldots + W_q e_{t-q} + e_t$$

ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบ ARIMA(p,d,q) สามารถพิจารณาได้โดยกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม ค่า p และ q สามารถอ่านได้โดยตรงจากการดู Significant Lag (s) ของแผนภาพ Partial Correlation Function (PACF) และ Autocorrelation Function (ACF) ตามลำดับ ซึ่งตัวแบบจะถูกเขียนในรูปแบบสัญลักษณ์ ARIMA(p,0,q) หรือ ARIMA(p,q) แต่ในกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลามีแนวโน้ม (Non-Stationary) ต้องทำการกำจัดแนวโน้มออกจากอนุกรมเวลาก่อน โดยแนวโน้มในลักษณะเชิงเส้น (Linear Trend) จะทำ 1st Difference หรือหาอนุกรมเวลาชุดใหม่จากผลต่างของข้อมูลที่เวลา t และที่เวลา t-1 ซึ่งกรณีนี้ค่า d จะมีค่าเท่ากับ 1 แล้วจึงค่อยมาหาค่า p และ q จาก Significant Lag (s) ของ PACF และ ACF ตามลำดับ ได้เป็นตัวแบบ ARIMA(p,1,q) หลังจากประมาณค่าพารามิเตอร์และทำการพัฒนาตัวแบบแล้ว จึงทดสอบความน่าเชื่อถือของตัวแบบโดยใช้การพิจารณาค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ (Residuals) ว่ามีความสัมพันธ์กันเอง (Autocorrelations) หรือไม่ กรณีค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ไม่มีความสัมพันธ์กันเองหรือเป็น White Noise ตัวแบบจะมีความน่าเชื่อถือในการนำไปใช้งาน แต่ในกรณีที่ค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์มีความสัมพันธ์กันเองสูงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่เป็น White Noise ตัวแบบจะขาดความน่าเชื่อถือ ซึ่งการทดสอบนี้จะกระทำได้ 2 รูปแบบคือ 1) โดยพิจารณาจากแผนภาพ ACF ของค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ (Residuals ACF) 2) พิจารณาค่า Ljung-Box-Pierce Q Statistic โดยมีการกำหนดสมมติฐานการทดสอบดังนี้

H_0 : Residuals ไม่มีความสัมพันธ์กันเองหรือเป็น White Noise

H_1 : Residuals มีความสัมพันธ์กันเองหรือไม่เป็น White Noise

สูตรการคำนวณค่าสถิติ Ljung-Box-Pierce Q Statistic มีดังนี้

$$Q_m = n(n+2)\sum_{k=1}^{m} \frac{r_k^{\ 2}}{n-k}$$

โดยที่ Q_m คือ ค่าสถิติ Ljung-Box-Pierce Q Statistic
n คือ จำนวนของข้อมูลใน Residuals
m คือ จำนวนคาบเวลา Residuals ที่ต้องการทดสอบ
r_k คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Residuals ระหว่าง e_t กับ e_{t-k} (k Time Lag) ที่แสดงในกราฟ ACF ของ Residuals

ซึ่งค่า Q_m นี้มีการกระจายแบบ Chi-Square โดยมีความเป็นอิสระของข้อมูลเท่ากับ m-p-q และมีค่าวิกฤตสำหรับการทดสอบคือ Critical χ^2_{m-p-q}

วิธีการรวมผลพยากรณ์

การรวมผลพยากรณ์จากหลายตัวแบบมีวิธีที่นิยมหลายวิธี งานวิจัยนี้ใช้วิธีของ Nelson (1984) ซึ่งเป็นวิธีที่ประยุกต์ใช้ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณในการคำนวณค่าความชัน ซึ่งก็คือค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแบบ เพื่อทำให้ผลพยากรณ์มีความผิดพลาดต่ำที่สุด โดยตัวแบบแต่ละตัวที่จะนำมาใช้ในการรวมผลพยากรณ์ซึ่งเปรียบเสมือนตัวแปรอิสระ จะมาจากวิธีพยากรณ์ที่มีหลักการพื้นฐานต่างกัน เพื่อจะให้ได้มีข้อมูลจากหลายแหล่ง และผลของการพยากรณ์จากแต่ละตัวแบบจะต้องปราศจากอคติ (Bias) โดยในกรณีของการรวมผลพยากรณ์จาก 2 ตัวแบบจะได้ตัวแบบรวมผลพยากรณ์ดังนี้

$$Combined_F = b_0 + b_1F_1 + b_2F_2$$

โดยที่ $Combined_F$ คือ ผลลัพธ์ของการรวมผลพยากรณ์
F_1 คือ ค่าพยากรณ์ของตัวแบบที่ 1
F_2 คือ ค่าพยากรณ์ของตัวแบบที่ 2
b_0 คือ ค่าคงที่ ซึ่งสะท้อนการมี Bias
b_1 คือ น้ำหนักของตัวแบบพยากรณ์ที่ 1
b_2 คือ น้ำหนักของตัวแบบพยากรณ์ที่ 2

ในกรณีที่ไม่มีความลำเอียงเกิดขึ้นในตัวแบบรวมผลพยากรณ์จะได้ค่าคงที่ $b_0 = 0$ ซึ่งทดสอบได้โดยใช้ t_{test} จากนั้นจะทำการพัฒนาตัวแบบถดถอยพหุคูณอีกครั้งโดยบังคับให้ผ่านจุด Origin ซึ่งจะทำให้ได้ค่าความชันเป็นน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละตัวแบบ เพื่อนำไปใช้ในการรวมผลพยากรณ์ โดยค่าน้ำหนักนี้ควรมีค่าเป็นบวกเท่านั้น และผลรวมของน้ำหนักของแต่ละตัวแบบจะต้องเท่ากับ 1 เสมอ ตัวแบบรวมผลพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Combined_F^* = b_1^*F_1 + b_2^*F_2$$

โดยที่ค่า Combined_F* คือ ผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมผลพยากรณ์ที่ดีที่สุด และค่า b_1^* และ b_2^* คือ ค่าน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบแต่ละตัวนั่นเอง

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของตัวแบบพยากรณ์

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์กำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) เนื่องจากเป็นเครื่องมือวัดความคลาดเคลื่อนที่ละเอียดและสามารถแก้ปัญหาในกรณีค่าความคลาดเคลื่อนเป็นทั้งบวกและลบได้

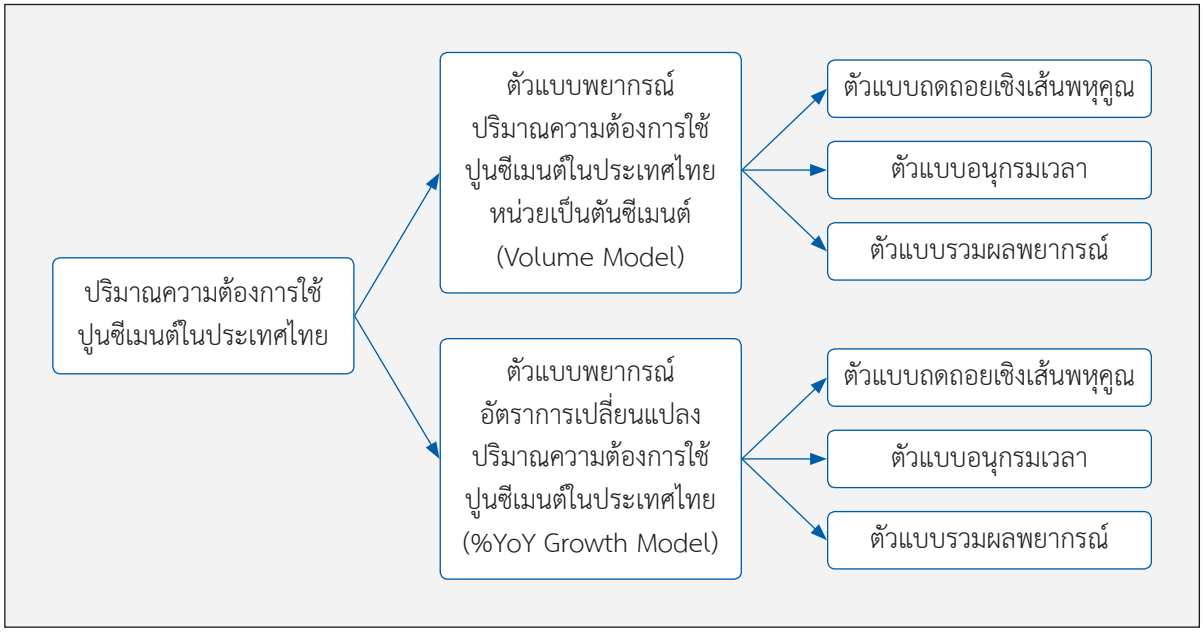
$$RMSE = \sqrt{\frac{\Sigma (A_t - F_t)^2}{n}}$$

โดยที่ F_t คือ ค่าพยากรณ์ที่เวลา t
A_t คือ ข้อมูลจริงที่เวลา t
n คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

นอกจากนี้ยังเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r^2) สำหรับวัดความเหมาะสมของตัวแบบในการพยากรณ์

วิธีการวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ทั้งในรูปแบบปริมาณที่มีหน่วยเป็นตันซีเมนต์ (Volume Form) และรูปแบบอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย (%YoY Growth Form) โดยจะพัฒนาตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Model) ตัวแบบอนุกรมเวลา (Time Series Model) และตัวแบบรวมผลการพยากรณ์ (Combined Forecast Model) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำที่สุด โดยมีกรอบแนวคิดของงานวิจัยเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานดังนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

การพัฒนาตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

1) สมมติฐานและตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

แนวทางที่ 1 เนื่องจากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยภายใต้สมมติฐานที่ว่า ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยขึ้นอยู่กับปัจจัยทางเศรษฐกิจ ธุรกิจและประชากรในประเทศ โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์และความเหมาะสมในการใช้ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ทางเศรษฐกิจเชิงปริมาณทั้งหมด 13 ตัวแปร ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per Capita) การก่อสร้างภาครัฐ (Public_con) การก่อสร้างภาคเอกชน (Private_con) การก่อสร้างรวมภาครัฐและเอกชน (Total_con) ราคาปูนซีเมนต์ (Cement_price) จำนวนประชากรไทย (Total_pop_Thai) จำนวนประชากรไทยในช่วงอายุ 15-65 ปี (15-65 Pop) อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้าชั้นดี (MLR) ที่อยู่อาศัยจดทะเบียนใหม่ (DOPA_Total) พื้นที่รับอนุญาตก่อสร้าง (Area_approval) มูลค่าสินเชื่อของผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ (Developer_loan) มูลค่าสินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัย (RE_loan) เพื่อพยากรณ์ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย โดยผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลที่รวบรวมโดยธนาคารแห่งประเทศไทยสำหรับการวิเคราะห์และพัฒนาตัวแบบพยากรณ์

แนวทางที่ 2 สำหรับการพัฒนาตัวแบบพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ผู้วิจัยพิจารณาตัวแปรอิสระในรูปแบบของอัตราการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันทั้งหมด 14 ตัวแปร ได้แก่ อัตราการก่อสร้างเอกชน (Private_con_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงการก่อสร้างภาครัฐ (Public_con_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงการก่อสร้างรวม (Total_con_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงมูลค่าสินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัย (RE_loan_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per Capita_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงการขออนุญาตก่อสร้าง (Area_approval_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงราคาจำหน่ายปูนซีเมนต์ในประเทศ (Cement_price_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงมูลค่าสินเชื่อของผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ (Developer_loan_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรไทยจากกรมการปกครอง (Total_Pop_Thai_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรไทยจาก IMF (Total_Pop_IMF_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรไทยในช่วงอายุ 15-65 ปี จากกรมการปกครอง (15-65 Population_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัยจดทะเบียนเพิ่ม (DOPA_Total_Gr) และการเปลี่ยนแปลงอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี (MLR) ตามลำดับ

2) การทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร

เพื่อให้ตัวแปรอิสระที่เลือกใช้มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงสถิติ ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) โดยตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามแต่ละคู่จะต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญภายใต้ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือ ณ ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ซึ่งจะพิจารณาจากค่า P-value โดยหากว่า P-value < 0.05 หมายถึงตัวแปรทั้ง 2 ที่พิจารณามีความสัมพันธ์กันจริง อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ตัวแปรอิสระตัวหนึ่งตัวใดมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับตัวแปรตาม แต่จะใช้เป็นตัวแปรนี้ในตัวแบบพยากรณ์หรือไม่นั้น จะต้องพิจารณาค่า r ระหว่างตัวแปรอิสระนี้กับตัวแปรอิสระอื่นๆ ด้วยว่ามีค่าสูงใกล้เคียงหรือสูงกว่าค่า r ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับตัวแปรตามหรือไม่ เพราะจะส่งผลต่อการเกิดปัญหา Multicollinearity ซึ่งส่งผลให้ตัวแบบขาดความน่าเชื่อถือในการนำไปใช้พยากรณ์

3) การคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมในการพัฒนาตัวแบบ

ผู้วิจัยเลือกใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเนื่องจากมีความเหมาะสมในการใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง และความผันแปรของปริมาณ/อัตราการเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลรายปี โดยขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระด้านเศรษฐกิจมหภาค การขยายตัวของธุรกิจ และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากร ฯลฯ ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยผู้วิจัยใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรแบบลำดับขั้น (Stepwise Selection) ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาการเกิด Multicollinearity ไปในตัว โดยคัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันเองสูงออกให้เหลือจำนวนตัวแปรอิสระที่เหมาะสมที่สุด

4) การประเมินความน่าเชื่อถือของตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณตามสมมติฐาน

นอกจากการคำนวณค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) และค่า r^2 แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการประเมินความน่าเชื่อถือของตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณตามสมมติฐาน ดังนี้

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการทดสอบความน่าเชื่อถือของตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณตามสมมติฐาน

สมมติฐาน	สถิติที่ใช้	ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ
Outlier	Cook's Distance	ค่า Cook's Distance < =1
Normality	1) Histogram Plot 2) Normal P-P Plot	1) ค่า Standardized Residuals มีการกระจายเป็นแบบระฆังคว่ำและมีความสมมาตร 2) ค่า Observed Cumulative Probabilities of Standardized Residuals และค่า Expected Cumulative Probabilities of Normal Distribution มีการไล่เลียงกันอย่างใกล้ชิดตามแนวเส้นทะแยงมุม
Homoscedasticity	Scatter Plot	การกระจายตัวของค่า Standardized Residuals (on Y-axis) มีลักษณะสม่ำเสมอรอบๆ ค่า 0 ตลอดค่า Standardized Predicted Values (on X-axis)
Independence	Durbin-Watson	Durbin-Watson มีค่าเข้าใกล้ 2 กล่าวคือ มีค่าอยู่ในช่วง 1.5-2.5 สะท้อนค่า Residuals เป็นอิสระต่อกัน
Multicollinearity	1) Tolerance 2) Variance Inflation Factor (VIF)	1) ค่า Tolerance ของตัวแปรอิสระ • เข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรเป็นอิสระจากกัน • เข้าใกล้ 0 แสดงว่าเกิดปัญหา Multicollinearity 2) ค่า Variance Inflation Factor (VIF) มีค่าสูงกว่า 5 สะท้อนแนวโน้มการเกิดปัญหา Multicollinearity

การพัฒนาตัวแบบอนุกรมเวลา

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาตัวแบบอนุกรมเวลาโดยใช้วิธี Simple Exponential Smoothing ในกรณีข้อมูลไม่มีแนวโน้ม หรือวิธี Holt's Exponential Smoothing ในกรณีข้อมูลมีแนวโน้ม และวิธี Box-Jenkins ARIMA(p,d,q) โดยใช้การเปรียบเทียบค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) เพื่อให้ได้ตัวแบบที่มีค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์น้อยที่สุดในแต่ละวิธี แล้วจึงนำไปรวมผลพยากรณ์กับตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณในลำดับถัดไป

การพัฒนาตัวแบบรวมผลพยากรณ์

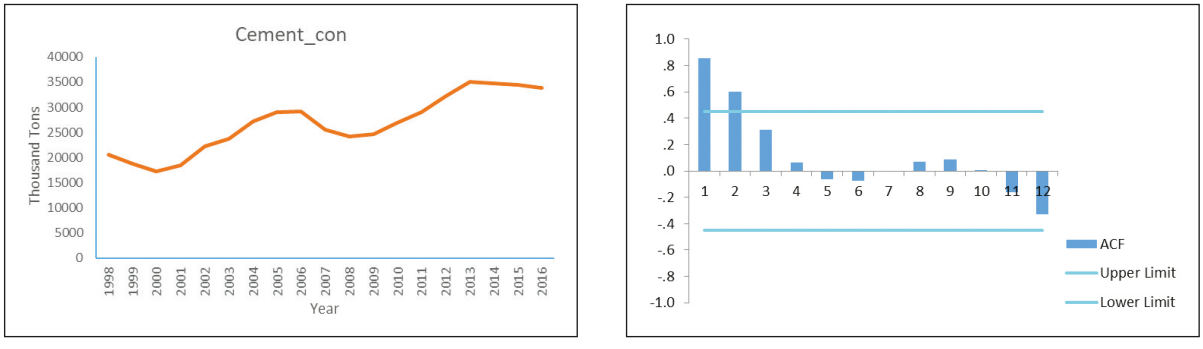
ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณซึ่งสามารถอธิบายผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ที่อยู่ในตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญได้ จะถูกนำมารวมผลพยากรณ์กับตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่สามารถอธิบายรูปแบบการเคลื่อนไหวของปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย หรืออัตราการเปลี่ยนแปลงความต้องการของปริมาณการใช้ซีเมนต์ในประเทศ เพื่อผลการพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น โดยผู้วิจัยได้ทำการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ได้แก่ SPSS และโปรแกรมสำเร็จรูปในการพยากรณ์ ได้แก่ ForecastX ในการพัฒนาและทดสอบความน่าเชื่อถือของตัวแบบแต่ละตัวแบบและการรวมผลพยากรณ์

ผลการศึกษา (Results)

ตัวแบบพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากการพิจารณาข้อมูลปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1991-ค.ศ. 2016 พบว่าลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์กับตัวแปรทางเศรษฐกิจต่างๆ ในระยะก่อนปี ค.ศ. 1997 ซึ่งเป็นปีที่เกิดวิกฤตเศรษฐกิจ กับระยะหลังปี ค.ศ. 1997 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนถึงโครงสร้างความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยที่เปลี่ยนแปลงไปหลังวิกฤตเศรษฐกิจครั้งใหญ่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ข้อมูลอนุกรมเวลายอดขายปูนซีเมนต์ของธนาคารแห่งประเทศไทยและตัวแปรทางเศรษฐกิจที่สนใจในช่วงปี ค.ศ. 1998-ค.ศ. 2016 ในการพัฒนาตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ เนื่องจากสามารถสะท้อนสถานการณ์หลังวิกฤตเศรษฐกิจจนถึงปัจจุบันได้เหมาะสมกว่า



รูปที่ 2 อนุกรมเวลาปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศระหว่างปี ค.ศ. 1998-ค.ศ. 2016 และแผนภาพ ACF

จากรูปที่ 2 พบว่า อนุกรมเวลาปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอในลักษณะเชิงเส้น โดยมีอิทธิพลของวัฏจักรทางเศรษฐกิจเข้ามาเกี่ยวข้อง ส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในช่วงเวลาดังกล่าวมีการเคลื่อนไหวขึ้นลงรอบๆ แนวโน้มอย่างเห็นได้ชัด โดยไม่ได้มีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นชัดเจนแต่อย่างใดที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศตลอดระยะเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998-ค.ศ. 2016 จากกราฟของอนุกรมเวลาและแผนภาพ ACF ที่ r_k ค่อยๆ ลดลง เป็นการยืนยันถึงการมีแนวโน้มอย่างชัดเจน (Non-Stationary Data) (Chungcharoen, 2017)

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรและตัวแบบถดถอยเชิงเส้น

จากการคำนวณค่า r ระหว่างตัวแปรอิสระทางด้านเศรษฐกิจที่พิจารณาจำนวน 13 ตัวแปร กับปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศภายใต้ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีตัวแปรอิสระทั้งหมด 11 ตัวแปรที่มีความความสัมพันธ์กับปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในระดับปานกลางถึงสูงมากอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05) โดยที่ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์สูงที่สุดกับปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์คือ การก่อสร้างภาคเอกชน (Private_con) มีค่า r เท่ากับ 0.949 และต่ำสุดคือมูลค่าสินเชื่อของผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ (Developer_loan) มีค่า r เท่ากับ 0.541 โดยที่ตัวแปรอิสระอีก 2 ตัว ได้แก่ การก่อสร้างภาครัฐ (Public_con) และอัตราดอกเบี้ยสินเชื่อลูกหนี้ชั้นดี (MLR) ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญ (P-value > 0.05) นอกจากนี้ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเองชี้ให้เห็นว่าค่า r ระหว่างการก่อสร้างภาคเอกชน (Private_con) และตัวแปรอิสระอื่นๆ มีค่าสูงเมื่อเทียบกับค่า r ระหว่างปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์และตัวแปรอิสระอื่นๆ สะท้อนถึงการเกิดปัญหา Multicollinearity อย่างชัดเจน ผลของการพัฒนาตัวแบบโดยใช้วิธี Stepwise Selection เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ส่งผลให้ตัวแปรการก่อสร้างภาคเอกชน (Private_con) เป็นตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวที่ถูกเลือกเข้ามาในตัวแบบและได้ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ดังนี้

$$Cement_con = 7734.449 + 0.069\ Private_con$$

โดยที่ $Cement_con$ คือ ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศ
$Private_con$ คือ การก่อสร้างภาคเอกชน

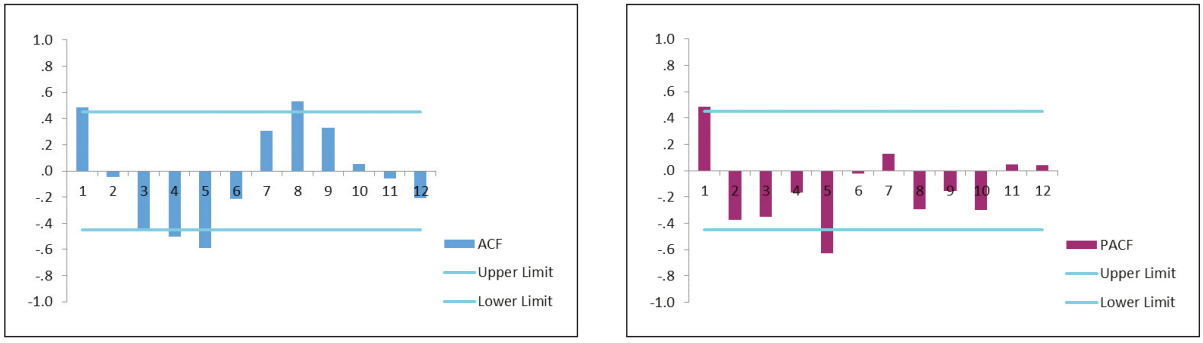
ผลการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของตัวแบบพบว่า ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศและการก่อสร้างภาคเอกชนมีความสัมพันธ์ที่เป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของการก่อสร้างภาคเอกชนอยู่ที่ 0.069 ตัวแบบมีสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด หรือ r^2 อยู่ที่ 0.9554 แสดงว่าปริมาณการก่อสร้างภาคเอกชนสามารถอธิบายปริมาณความต้องการปูนซีเมนต์ในประเทศไทยได้ 95.54% นอกจากนี้ตัวแบบมีค่าความผิดพลาดมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard Error of the Estimate) เท่ากับ 1,821.68 พันตัน ซึ่งน้อยกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความต้องการปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5,733.01 พันตัน โดยมีค่า RMSE เท่ากับ 1,671.69 พันตัน สะท้อนถึงความเหมาะสมของตัวแบบ ผลวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของตัวแบบตามสมมติฐานแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของตัวแบบถดถอยพยากรณ์ปริมาณความต้องการปูนซีเมนต์ในประเทศตามสมมติฐาน

สมมติฐาน	ผลการวิเคราะห์
Outlier	ค่า Cook's Distance อยู่ระหว่าง 0.0159-0.216 ไม่มีปัญหา Outlier
Normality	Standardized Residuals มีการกระจายเป็นแบบระฆังคว่ำและมีความสมมาตร ค่า Observed Cumulative Probabilities of Standardized Residuals และค่า Expected Cumulative Probabilities of Normal Distribution มีการไล่เลียงกันอย่างใกล้ชิดตามแนวเส้นทะแยงมุม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน
Homoscedasticity	การกระจายตัวของค่า Standardized Residuals (on Y-axis) มีลักษณะสม่ำเสมอรอบๆ ค่า 0 ตลอดค่า Standardized Predicted Values (on X-axis) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน
Independence	ค่า Durbin-Watson มีค่าเท่ากับ 0.743 ซึ่งเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการเกิด Positive Serial Correlation ซึ่งอาจสะท้อนว่าตัวแบบถดถอยยังขาดตัวแปรอิสระสำคัญ จึงควรพิจารณานำตัวแปรอิสระอื่นนอกเหนือจากตัวแปรอิสระทั้ง 13 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยนี้มาใช้ หรือมีการนำค่าตัวแปรตามที่ระยะเวลา t-1 มาเป็นตัวแปรอิสระ เพื่อช่วยพยากรณ์ข้อมูลที่เวลา t อีกตัวแปรหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลให้ตัวแบบกลายเป็นตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ
Multicollinearity	ไม่มีปัญหา Multicollinearity เนื่องจากมีตัวแปรอิสระในสมการเพียง 1 ตัวแปร

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบอนุกรมเวลา

จากการพิจารณารูปที่ 2 พบว่า อนุกรมเวลามีแนวโน้มชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกตัวแบบ Holt's Exponential Smoothing โดยเลือกค่า α และ γ ที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ 1.00 และ 0.95 ตามลำดับ ทำการพยากรณ์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการพยากรณ์กับตัวแบบ ARIMA(p,d,q) ซึ่งพิจารณาตามแผนภาพ ACF และ PACF ของข้อมูลอนุกรมเวลาหลังการทำ 1st Difference เพื่อปรับแนวโน้มออกไป โดยตัวแบบ ARIMA(5,1,8) เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดจากการอ่านค่า Significant Lags ในแผนภาพ ACF (Lag ที่ 8 สำหรับค่า q) และ PACF (Lag ที่ 5 สำหรับค่า p) ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยที่ค่า d เท่ากับ 1 หมายถึงการทำ 1st difference นั่นเอง



รูปที่ 3 แผนภาพ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ.1998-ค.ศ. 2016 หลังจากการทำ 1st Difference

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์การพยากรณ์ของตัวแบบ Holt's Exponential Smoothing และ ARIMA(5,1,8) พบว่า ตัวแบบ ARIMA(5,1,8) มีค่า RMSE เท่ากับ 871.84 พันตัน ซึ่งต่ำกว่าค่า RMSE ของ Holt's Exponential Smoothing ที่ 1,965.32 พันตัน นอกจากนี้ค่า r^2 ของ ARIMA(5,1,8) เท่ากับ 97.56% เมื่อเทียบกับค่า r^2 ของ Holt's Exponential Smoothing ที่ 87.60% และเมื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของตัวแบบ ARIMA(5,1,8) โดยดูจากแผนภาพ Residual ACF พบว่า ค่า Residuals เป็น White Noise ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(5,1,8) จึงมีความเหมาะสมมากกว่าตัวแบบ Holt's Exponential Smoothing ในการนำไปใช้ในการรวมผลพยากรณ์สำหรับปริมาณความต้องการในการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศในลำดับถัดไป

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบรวมผลพยากรณ์

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบรวมผลพยากรณ์ระหว่างตัวแบบ ARIMA(5,1,8) และตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย Cement_con ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสถิติจากการวิเคราะห์ตัวแบบรวมผลพยากรณ์ระหว่างตัวแบบ ARIMA(5,1,8) และตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย Cement_con

Variables	Coefficient	Standard Error	T-test	P-value
Constant	0.00	0.00	0.00	0.00
ARIMA(5,1,8)	0.82	0.09	9.28	0.00
Cement_con	0.20	0.09	2.21	0.04

จากตารางที่ 3 สามารถเขียนตัวแบบรวมผลพยากรณ์ได้ดังนี้

$$Combined_1 = 0.82^{*}ARIMA(5,1,8) + 0.20^{*}Cement_con$$

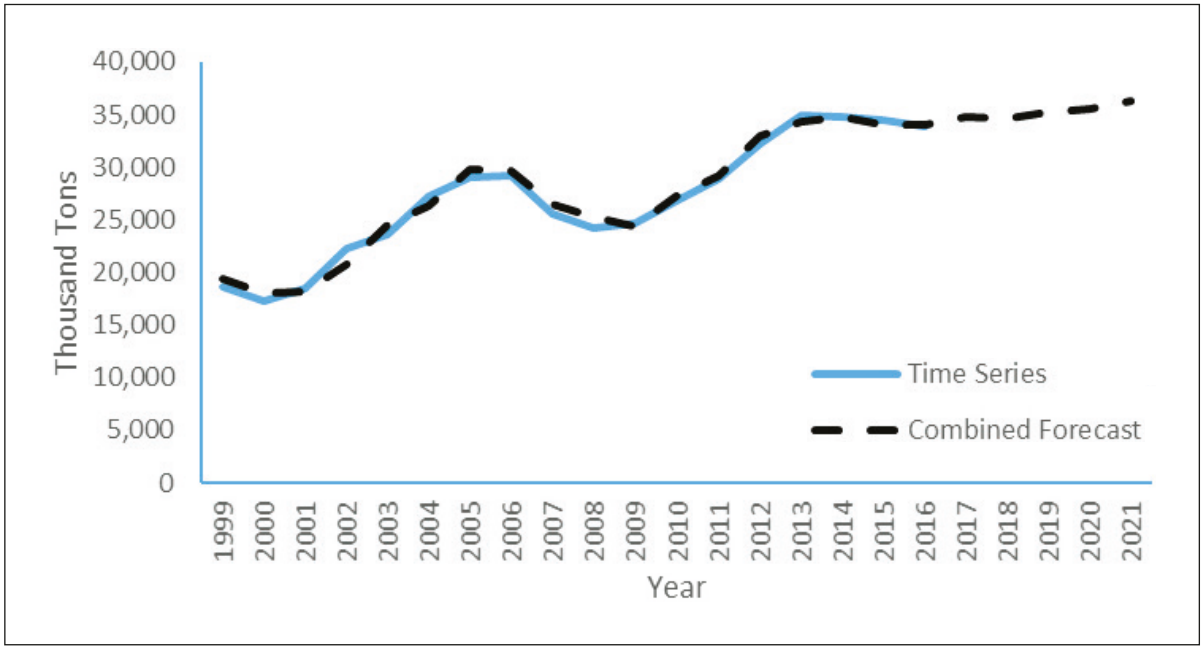
โดยน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ ARIMA(5,1,8) และ Cement_con เท่ากับ 0.82 และ 0.20 ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักทั้ง 2 มีค่าเป็นบวกและมีผลรวมเท่ากับ 1.02 ใกล้เคียงกับ 1.00 จึงสามารถนำไปใช้ได้ ผลการวิเคราะห์ตัวแบบรวมผลพยากรณ์นี้มีค่า RMSE ต่ำที่สุดเท่ากับ 713.21 พันตัน และมีค่า r^2 สูงที่สุดอยู่ที่ 99.22% ในบรรดา 3 ตัวแบบที่ทำการทดสอบ จึงมีความแม่นยำที่สุดนั่นเอง

ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 2017-ค.ศ. 2021

ผู้วิจัยได้ทำการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยช่วงปี ค.ศ. 2017-ค.ศ. 2021 โดยเริ่มจากการพยากรณ์ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การก่อสร้างภาคเอกชน (Private_con) โดยใช้โปรแกรม ForecastX แล้วจึงนำไปแทนค่าในตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การพยากรณ์ของ Cement_con แล้วจึงนำผลลัพธ์นี้ไปรวมกับผลพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA(5,1,8) ตามน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดข้างต้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการพยากรณ์ขั้นสุดท้าย โดยพบว่าปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงตั้งแต่ปี ค.ศ. 2017-ค.ศ. 2021 อันเนื่องมาจากผลกระทบมาจากสถานการณ์ทางการเมืองและเศรษฐกิจที่ไม่แน่นอน โดยมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยอยู่ที่ 1.30% จากการก่อสร้างภาคเอกชนที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 4 แสดงผลเปรียบเทียบอนุกรมเวลาและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยตัวแบบรวมผลพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 2017-ค.ศ. 2021

ปี	ปริมาณความต้องการปูนซีเมนต์ในประเทศไทย (พันตัน)			
	ARIMA(5,1,8)	Cement_con	Combined_1	เปลี่ยนแปลง
2016	33,749.83	31,490.00	33,972.86	
2017	34,541.11	32,396.15	34,802.94	2.44%
2018	34,327.54	32,644.21	34,677.42	-0.36%
2019	35,044.70	32,589.35	35,254.52	1.66%
2020	35,323.68	32,618.40	35,489.10	0.67%
2021	36,212.52	32,646.49	36,223.56	2.07%
			เฉลี่ย	**1.30%**

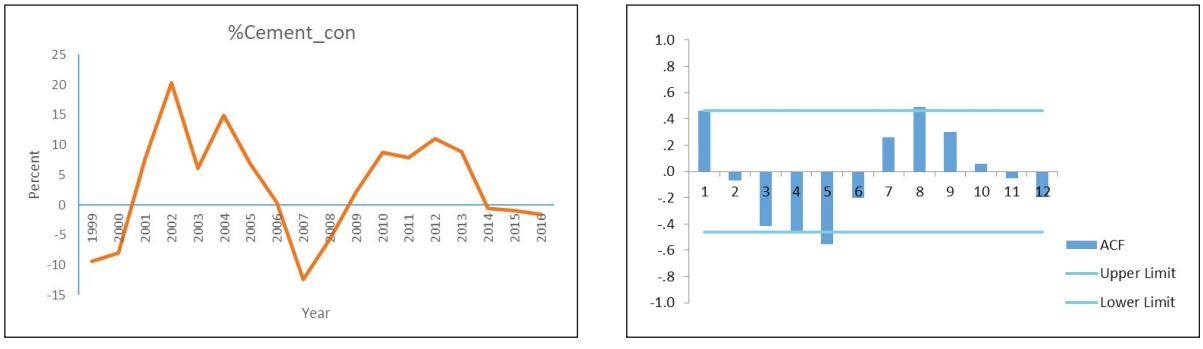


รูปที่ 4 ผลเปรียบเทียบอนุกรมเวลาและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยตัวแบบรวมผลพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 1999-ค.ศ. 2021

ตัวแบบพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย (%YoY Growth Form)

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากการที่ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลอนุกรมเวลายอดขายปูนซีเมนต์ของธนาคารแห่งประเทศไทยและตัวแปรทางเศรษฐกิจที่สนใจในช่วงปี ค.ศ. 1998-ค.ศ. 2016 ซึ่งเป็นเหตุการณ์หลังวิกฤตเศรษฐกิจในปี ค.ศ. 1997 ในการพัฒนาตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ เนื่องจากสามารถสะท้อนสถานการณ์ในปัจจุบันมากกว่านั้น ส่งผลให้การคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยเริ่มจากปี ค.ศ. 1998 เป็นต้นไป โดยมีข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 1999-ค.ศ. 2016 ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 อนุกรมเวลาอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศระหว่างปี ค.ศ. 1999 ค.ศ.-2016

จากรูปที่ 5 พบว่า อนุกรมเวลาอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศรายปีไม่มีแนวโน้ม แต่ยังมีอิทธิพลของวัฏจักรทางเศรษฐกิจเข้ามาเกี่ยวข้อง ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในช่วงเวลาดังกล่าวมีการเคลื่อนไหวขึ้นและลงตามสภาวะทางเศรษฐกิจอย่างเห็นได้ชัด โดยไม่ได้มีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาตั้งแต่ ค.ศ. 1998-ค.ศ. 2016 ที่นำมาคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศ แผนภาพ ACF ที่ r_k ลดลงอย่างรวดเร็ว เป็นการยืนยันว่าข้อมูลชุดนี้ไม่มีแนวโน้ม (Stationary Data)

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรและตัวแบบถดถอยพหุคูณ

จากการคำนวณค่า r ระหว่างตัวแปรอิสระที่เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจจำนวน 14 ตัวแปรกับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศภายใต้ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า มีตัวแปรอิสระทั้งหมด 8 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในระดับปานกลางถึงสูงอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05) โดยที่ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศคือ อัตราเปลี่ยนแปลงการก่อสร้างรวม (Total_con_Gr) โดยมีค่า r เท่ากับ 0.779 และต่ำสุดคืออัตราการเปลี่ยนแปลงการก่อสร้างภาครัฐ (Public_con_Gr) โดยมีค่า r เท่ากับ 0.502 โดยมีตัวแปรอิสระอีก 6 ตัว ได้แก่ อัตราการเปลี่ยนแปลงมูลค่าสินเชื่อของผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ (Developer_loan_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรไทยจากกรมการปกครอง (Total_pop_Thai_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรไทยจาก IMF (Total_pop_IMF_Gr) อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรไทยในช่วงอายุ 15-65 ปี จากกรมการปกครอง (15-16_pop_GR) อัตราการเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัยจดทะเบียนเพิ่ม (DOPA_total_Gr) และการเปลี่ยนแปลงอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี (MLR_Gap) ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศอย่างมีนัยสำคัญ (P-value > 0.05) นอกจากนี้ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ชี้ให้เห็นว่า ค่า r ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเองมีค่าสูงถึงสูงมาก สะท้อนถึงการเกิดปัญหา Multicollinearity อย่างชัดเจน ผลของการพัฒนาตัวแบบโดยใช้วิธี Stepwise Selection เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ส่งผลให้ตัวแปรอัตราการเปลี่ยนแปลงมูลค่าการก่อสร้างรวม (Total_con_Gr) และอัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้รับอนุญาตก่อสร้าง (Area_approval_Gr) เป็นตัวแปรอิสระเพียง 2 ตัวที่ถูกเลือกเข้ามาในตัวแบบเพื่อพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศ ส่งผลให้ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเขียนได้ดังนี้

$$\%Cement_con = 2.221 + 0.895^{*}Total_con_Gr + 0.187^{*}Area_approval_Gr$$

โดยที่	*%Cement_con*	คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย
	Total_con_Gr	คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการก่อสร้างรวม
	Area_approval_Gr	คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้รับอนุญาตก่อสร้าง

ผลการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของตัวแบบพบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศ อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการก่อสร้างรวม และอัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้รับอนุญาตก่อสร้างมีความสัมพันธ์ที่เป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของอัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการก่อสร้างรวมอยู่ที่ 0.895 และมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของอัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้รับอนุญาตก่อสร้างอยู่ที่ 0.187 ตัวแบบ

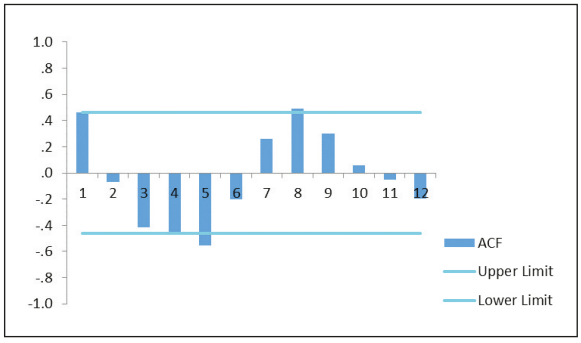
พยากรณ์มีสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด หรือ r^2 อยู่ที่ 0.790 แสดงว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการก่อสร้างรวมและอัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้รับอนุญาตก่อสร้างสามารถอธิบายอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศได้ประมาณ 79% นอกจากนี้ตัวแบบมีค่าความผิดพลาดมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard Error of the Estimate) เท่ากับ 3.92% ซึ่งน้อยกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความต้องการปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในช่วงเวลาดังกล่าวซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.69% ตามลำดับ ผลวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของตัวแบบตามสมมติฐานแสดงได้ดังตารางที่ 5

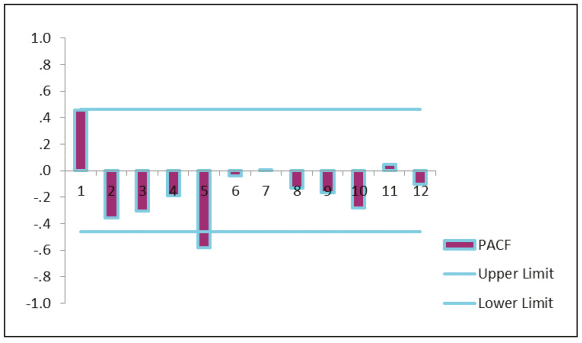
ตารางที่ 5 ผลวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการปูนซีเมนต์ในประเทศตามสมมติฐาน

ความเหมาะสมของแบบจำลอง	ผลการวิเคราะห์
Outlier	ค่า Cook's Distance อยู่ระหว่าง 0.0003-0.248 สะท้อนว่าข้อมูลไม่มีปัญหา Outlier
Normality	Standardized Residuals มีการกระจายเป็นแบบระฆังคว่ำและมีความสมมาตร ค่า Observed Cumulative Probabilities of Standardized Residuals และค่า Expected Cumulative Probabilities of Normal Distribution มีการไล่เลียงกันอย่างใกล้ชิดตามแนวเส้นทะแยงมุม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน
Homoscedasticity	การกระจายตัวของค่า Standardized Residuals (on Y-axis) มีลักษณะสม่ำเสมอรอบๆ ค่า 0 ตลอดค่า Standardized Predicted Values (on X-axis) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน
Independence	ค่า Durbin-Watson มีค่าเท่ากับ 2.033 อยู่ระหว่าง 1.5-2.5 สะท้อนว่าข้อมูลไม่มีปัญหา Autocorrelation
Multicollinearity	ค่า Tolerance ของตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่าไม่ใกล้ 0 (> 0.5) และค่า Variance Inflation Factor ของตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่าน้อยกว่า 5 สรุปได้ว่าตัวแปรอิสระทุกตัวไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน จึงไม่มีปัญหา Multicollinearity

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบอนุกรมเวลา

เนื่องจากในกรณีนี้อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม ผู้วิจัยจึงเลือกตัวแบบ SES โดยมีค่า α ที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 1.00 ทำการพยากรณ์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการพยากรณ์กับตัวแบบ ARIMA(p,d,q) ซึ่งพิจารณาตามแผนภาพ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลา โดยตัวแบบ ARIMA(5,0,8) เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดจากการอ่านค่า Significant Lags ในแผนภาพ ACF (Lag ที่ 8 สำหรับค่า q) และ PACF (Lag ที่ 5 สำหรับค่า p) โดยที่ค่า d เท่ากับ 0 หมายถึงไม่มีการทำ 1^{st} difference นั่นเอง





รูปที่ 6 แผนภาพ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 1999-ค.ศ. 2016

เมื่อเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระหว่างตัวแบบ SES และ ARIMA(5,0,8) พบว่า ตัวแบบ SES มีค่า RMSE อยู่ที่ 8.19 โดยที่ค่า α = 1.00 ส่งผลให้ตัวแบบ SES ลดรูปกลายเป็น $F_{t+1} = X_t$ ซึ่งก็คือตัวแบบ Naïve นั่นเอง โดยจะสังเกตได้ว่าภายใต้สภาวการณ์ที่มีความผันผวนเป็นอย่างมาก อาจเป็นการเหมาะสมที่สุดในการใช้ข้อมูลจริงของเวลาปัจจุบันสำหรับค่าพยากรณ์ในระยะเวลา 1 Period ข้างหน้า ขณะที่ตัวแบบ ARIMA(5,0,8) มีค่า RMSE เท่ากับ 2.20 นอกจากนี้ค่า r^2 เท่ากับ 89.79% และเมื่อทดสอบค่า Residuals ของ ARIMA(5,0,8) โดยดูจากแผนภาพ Residual ACF พบว่าค่า Residuals เป็น White Noise ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(5,0,8) จึงมีความเหมาะสมมากกว่าตัวแบบ SES ในการนำไปใช้ในการรวมผลพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการในการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในลำดับถัดไป

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบรวมผลพยากรณ์

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบรวมผลพยากรณ์ระหว่างตัวแบบ ARIMA(5,0,8) และตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ %Cement_con สำหรับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าสถิติจากการวิเคราะห์ตัวแบบรวมผลพยากรณ์ระหว่างตัวแบบ ARIMA(5,0,8) และตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ %Cement_con

Variables	Coefficient	Standard Error	T-test	P-value
Constant	0.00	0.00	0.00	0.00
ARIMA(5,0,8)	0.70	0.08	9.29	0.00
%Cement_con	0.30	0.07	3.98	0.00

โดยสามารถเขียนตัวแบบรวมผลพยากรณ์ได้ดังนี้

$$Combined_2 = 0.70^{*}ARIMA(5,0,8) + 0.30^{*}\%Cement_con$$

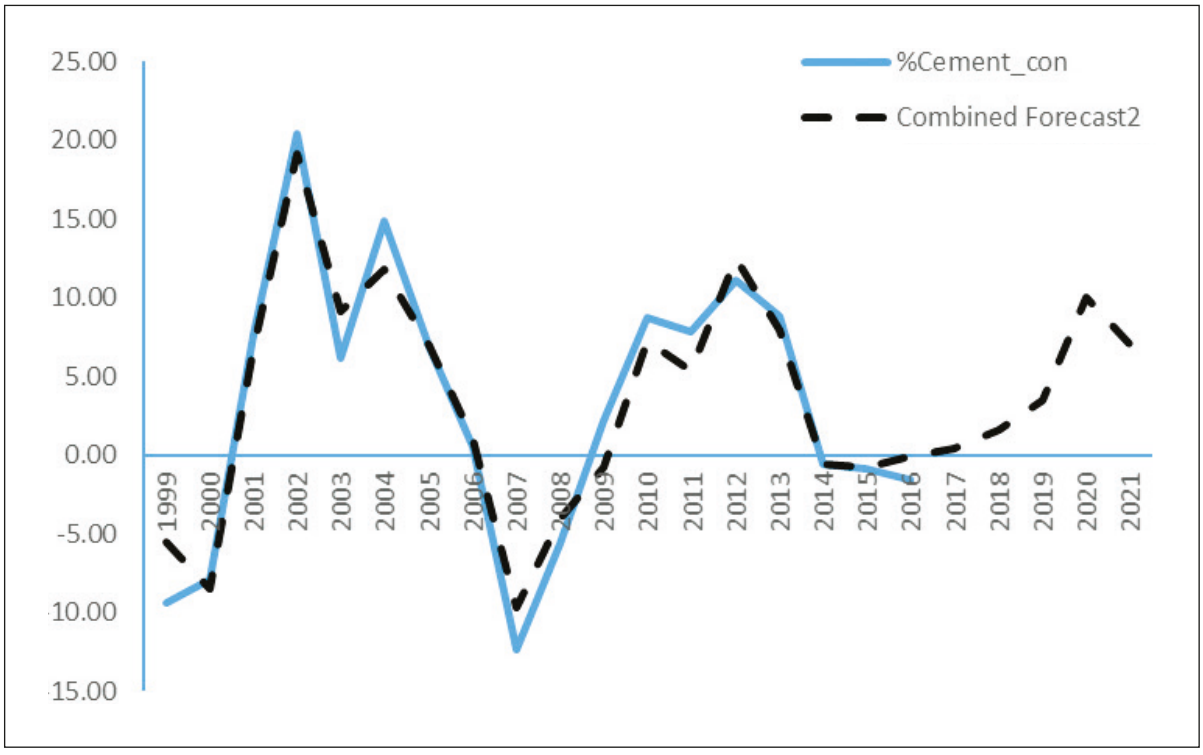
พบว่าน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ ARIMA(5,0,8) และ %Cement_con เท่ากับ 0.70 และ 0.30 ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักทั้ง 2 มีค่าเป็นบวกและเท่ากับ 1.00 พอดี จึงสามารถนำไปใช้ได้ ผลการวิเคราะห์ ตัวแบบรวมผลพยากรณ์นี้มีค่า RMSE ต่ำสุดเท่ากับ 1.89 และมีค่า r^2 สูงที่สุดอยู่ที่ 99.40% ซึ่งพบว่ามีความแม่นยำที่สุดในบรรดา 3 ตัวแบบที่ทำการทดสอบเช่นกัน

ผลการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 2017-ค.ศ. 2021

ผู้วิจัยได้ทำการพยากรณ์โดยเริ่มจากการพยากรณ์ตัวแปรอิสระ 2 ตัว ได้แก่ อัตราการเปลี่ยนแปลงการก่อสร้างรวม (Total_con_Gr) และอัตราการเปลี่ยนแปลงขออนุญาตก่อสร้าง (Area_approval_Gr) โดยใช้โปรแกรม ForecastX แล้วจึงนำไปแทนค่าในตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การพยากรณ์ของ %Cement_con หลังจากนั้นนำไปรวมกับผลพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA(5,0,8) ตามน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดข้างต้น เพื่อได้ผลลัพธ์ของการพยากรณ์ขั้นสุดท้าย คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 2017-ค.ศ. 2021 โดยพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อันเนื่องมาจากผลกระทบจากสถานการณ์ทางการเมืองและทางเศรษฐกิจ โดยมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยอยู่ที่ 4.48% ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 2017-ค.ศ. 2021

ปี	อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย (%)		
	ARIMA(5,0,8)	%Cement_con	Combined_2
2017	-0.74	2.93	0.36
2018	-1.12	7.89	1.58
2019	7.97	-6.95	3.49
2020	11.32	6.83	9.97
2021	8.53	3.43	7.00
		เฉลี่ย	**4.48%**



รูปที่ 7 ผลเปรียบเทียบอนุกรมเวลาและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยตัวแบบรวมผลพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 1999-ค.ศ. 2021

เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยจาก 2 แนวทาง

ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 1999-ค.ศ. 2016 พร้อมทั้งผลลัพธ์การพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย (Combined_1) โดยตรง และผลลัพธ์จากการแปลงค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย (Combined_2) เป็นปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย (Combined_2_Tr)

ตารางที่ 8 ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยโดยตรง (Combined_1) และจากอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย (Combined_2_Tr)

ปี	ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย (พันตัน)		
	Cement_con	Combined_1	Combined_2_Tr
1999	18,700.00	19,438.78	17,663.13
2000	17,213.00	18,037.49	15,742.39
2001	18,526.00	18,193.06	19,781.39
2002	22,297.00	20,677.58	26,566.70

ตารางที่ 8 ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยโดยตรง (Combined_1) และจากอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย (Combined_2_Tr) (ต่อ)

ปี	ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย (พันตัน)		
	Cement_con	Combined_1	Combined_2_Tr
2003	23,671.00	24,580.48	25,822.40
2004	27,192.00	26,366.52	30,391.97
2005	29,058.00	29,767.68	31,080.31
2006	29,202.00	29,629.65	29,495.51
2007	25,602.00	26,555.53	23,111.57
2008	24,152.00	25,326.09	23,165.46
2009	24,687.00	24,355.36	24,499.38
2010	26,849.00	27,285.21	28,781.82
2011	28,956.00	29,267.65	30,516.98
2012	32,154.00	33,016.97	36,167.85
2013	34,993.00	34,347.19	37,750.47
2014	34,791.00	34,810.53	34,580.25
2015	34,475.00	34,033.96	34,215.70
2016	33,916.00	33,972.86	33,897.69
2017		34,802.94	34,019.72
2018		34,677.42	34,557.23
2019		35,254.52	35,763.28
2020		35,489.10	39,328.87
2021		36,223.56	42,081.90

จากตารางที่ 8 ผลการคำนวณค่า RMSE เปรียบเทียบ 2 กรณีในช่วงเวลาปี ค.ศ. 1999-ค.ศ. 2016 พบว่า ค่า RMSE ของตัวแบบรวมผลพยากรณ์ Combined_1 มีค่าเท่ากับ 752.74 ซึ่งน้อยกว่าค่า RMSE ของตัวแบบ Combined_2_Tr เท่ากับ 2098.92 พันตัน ตามลำดับ ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าค่าพยากรณ์จากตัวแบบพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศมีความเหมาะสมกว่าการใช้ค่าพยากรณ์โดยแปลงมาจากตัวแบบอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศดังกล่าว (หมายเหตุ: ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศ Combined_2_Tr ในปี ค.ศ. 2017 ใช้ค่าข้อมูลจริงของปี ค.ศ. 2016 เป็นค่าอ้างอิง ส่วนในปี ค.ศ. 2018-ค.ศ. 2021 เนื่องจาก

ไม่มีข้อมูลจริงจึงต้องใช้ค่าพยากรณ์ของปีก่อนหน้าเป็นค่าอ้างอิงแล้วคำนวณปริมาณความต้องการจากอัตราการเปลี่ยนแปลงที่พยากรณ์ได้)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย (Discussions and Conclusions)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรเศรษฐกิจจำนวน 13 ตัวแปรกับปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยพบว่า มีตัวแปร 11 ตัวที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในระดับปานกลางถึงสูง โดยการก่อสร้างภาคภาคเอกชนมีความสัมพันธ์สูงสุด นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์กันเองในระดับสูง ดังนั้นการก่อสร้างภาคเอกชนจึงเป็นตัวแปรเดียวที่ถูกเลือกเข้ามาในตัวแบบถดถอยเชิงเส้น โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการพัฒนาตัวแบบแสดงถึงความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย เนื่องจากการก่อสร้างภาคเอกชนถือเป็นภาคธุรกิจที่มีอิทธิพลสูงที่สุด ซึ่งสังเกตได้จากข้อมูลสัดส่วนการใช้ปูนซีเมนต์ของภาคเอกชนอยู่ที่ประมาณ 65-70% ของการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศ

แม้ว่าตัวแบบถดถอยเชิงเส้นจะมีค่า RMSE เท่ากับ 1,671.69 พันตัน และค่า r^2 เท่ากับ 95.54% ก็ตาม ตัวแบบนี้ควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมอีกเนื่องจากเกิดปัญหา Positive Serial Correlation โดยควรพิจารณาตัวแปรอิสระอื่นนอกเหนือจากตัวแปรอิสระทั้ง 13 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยนี้ หรือมีการนำค่าตัวแปรตามที่ระยะเวลา t-1 เข้ามาเป็นตัวแปรอิสระเพื่อช่วยพยากรณ์ตัวแปรตามที่เวลา t อีกตัวแปรหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลให้กลายเป็นตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ อย่างไรก็ดี เมื่อได้รวมผลพยากรณ์กับตัวแบบ ARIMA(5,1,8) ที่มีค่า RMSE อยู่ที่ 871.84 พันตัน และค่า r^2 ที่สูงถึง 97.56% พบว่า ตัวแบบรวมผลพยากรณ์ที่ให้น้ำหนักผลพยากรณ์ของตัวแบบถดถอยเชิงเส้นร้อยละ 20 และน้ำหนักผลพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA(5,1,8) ร้อยละ 80 ส่งผลให้ค่า RMSE ของตัวแบบรวมผลพยากรณ์ลดลงอยู่ที่ 713.21 พันตัน และค่า r^2 เพิ่มขึ้นไปถึง 99.22% แสดงให้เห็นว่าตัวแบบรวมผลพยากรณ์ให้ความแม่นยำในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์สูงที่สุด โดยผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในอีก 5 ปี แสดงให้เห็นอัตราการเติบโตของปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์อยู่ที่ 1.30% ต่อปี ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากสภาวการณ์ทางเศรษฐกิจประกอบกับความไม่แน่นอนในด้านการเมืองของประเทศ อย่างไรก็ดี ตามหลัก Pasimony แล้ว นักพยากรณ์อาจตัดสินใจเลือกใช้ตัวแบบ ARIMA(5,1,8) เพียงตัวแบบเดียวเพื่อพยากรณ์ก็ได้เช่นกัน เนื่องจากให้ผลลัพธ์ที่ไม่ต่างจากตัวแบบรวมผลพยากรณ์นัก

ในส่วนของการพัฒนาตัวแบบพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศ โดยพิจารณาตัวแปรทางเศรษฐกิจในรูปแบบของอัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวน 14 ตัวแปรพบว่า มี 8 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศในระดับปานกลางถึงสูง และมีความสัมพันธ์กันเองสูงเช่นกัน ส่งผลให้มีตัวแปรเพียง 2 ตัว ได้แก่ อัตราการเปลี่ยนแปลงการก่อสร้างรวมและอัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนพื้นที่ขออนุญาตก่อสร้าง ถูกเลือกเข้ามาในตัวแบบเชิงเส้นพหุคูณ โดยตัวแปรอิสระทั้ง 2 มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการที่ปูนซีเมนต์ถือเป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญและถูกใช้ในการก่อสร้างทุกประเภท ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงการก่อสร้างภาครวมจะส่งผลโดยตรงต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ นอกจากนี้หนึ่งในขั้นตอนสำคัญก่อนการก่อสร้างคือ การขออนุญาตก่อสร้างกับหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเมื่อได้รับอนุญาตแล้วจึงจะเริ่มก่อสร้างได้จริง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของจำนวนพื้นที่ขออนุญาตก่อสร้างสามารถสะท้อนอัตราการเปลี่ยนแปลงของการใช้ปูนซีเมนต์ที่จะเกิดขึ้นได้ ส่งผลให้ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณมีค่า RMSE อยู่ที่ 4.88 และค่า r^2 อยู่ 79.0% เมื่อได้รวมผลพยากรณ์กับตัวแบบ ARIMA(5,0,8) ที่มี

ค่า RMSE อยู่ที่ 2.20 และค่า r^2 ที่ 89.79% พบว่า ตัวแบบรวมผลพยากรณ์ที่ให้น้ำหนักผลพยากรณ์ของตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณร้อยละ 30 และน้ำหนักผลพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA(5,0,8) ร้อยละ 70 ส่งผลให้ค่า RMSE ของตัวแบบรวมผลพยากรณ์ลดลงไปอยู่ที่ 1.89 และค่า r^2 เพิ่มขึ้นไปถึง 99.40% แสดงให้เห็นว่าตัวแบบรวมผลพยากรณ์ให้ความแม่นยำในการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์สูงที่สุดเช่นกัน สำหรับผลการพยากรณ์ในอีก 5 ปีข้างหน้าพบว่า อัตราการเติบโตเฉลี่ยของปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศอยู่ที่ 4.48% ต่อปี ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นของการก่อสร้าง รวมทั้งส่วนภาครัฐผ่านการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ที่อยู่ระหว่างการพิจารณาและระหว่างการก่อสร้าง การก่อสร้างภาคเอกชน ตลอดจนจำนวนพื้นที่ขออนุญาตก่อสร้าง โดยเป็นผลมาจากสภาพเศรษฐกิจที่ปรับตัวดีขึ้น ซึ่งจะสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้ประกอบการในการตัดสินใจลงทุน รวมถึงผลจากการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นของโครงการลงทุนของภาครัฐ จะส่งผลกระตุ้นให้เกิดการก่อสร้างภาคเอกชนในพื้นที่ต่างๆ ได้

โดยผลเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศโดยตรง และค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์จากการแปลงค่าจากตัวแบบอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์พบว่า ในปี ค.ศ. 2021 ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศจะอยู่ในช่วง 36,223-42,082 พันตัน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำจากการพยากรณ์ในรูปแบบปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศโดยตัวแบบรวมผลพยากรณ์ทั้ง 2 แนวทางพบว่า ถึงแม้ว่าตัวแบบอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศจะมีค่า RMSE ที่น้อยกว่า และมีค่า r^2 ที่สูงกว่าตัวแบบปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศ แต่เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการพยากรณ์ของทั้ง 2 ตัวแบบในรูปของปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999-ค.ศ. 2016 แล้วกลับพบว่าตัวแบบพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศโดยตรงให้ค่า RMSE เท่ากับ 752.74 พันตัน ซึ่งต่ำกว่าค่า RMSE ของผลพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบพยากรณ์อัตราเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศที่ 2,098.92 พันตัน

References

Box, G. and Jenkins, G. (1970). Time Series Analysis: Forecasting and Control. Holden-Day, San Francisco.

Cao, Z., Shen, L., Liu, L. & Zhong S. (2016). Analysis on major drivers of cement consumption during the urbanization process in China. *Journal of Cleaner Production*, 133, 304-313.

Chambers, J. C., & Mullick, S. K., Smith, D. D. (July 1971). How to Choose the Right Forecasting Technique. Harvard Business Review.

Chungcharoen, E. (2017). Business Forecasting. Thammasat University Press.

Davidson, E. (June 2014). Defining the Trend: Cement consumption versus Gross Domestic Product. *Global Cement Magazine.*

Dobrotă, G., & Căruntu, C. (2013). The Analysis of the Correlation between the Economic Growth and Crude Steel Production in the Period 1991-2011. Metalurgija, 425-428.

Holt, C.C. (1957). Forecasting Seasonals and Trends by Exponentially Weighted Moving Averages. ONR Memorandum, 52, Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh.

Li, H. (2014). The Effects of Demographics on the Real Estate Market in the United States and China. *Honors College Theses.* 137.

Li, N., Ma, D., & Chen, W. (2015). Projection of Cement Demand and Analysis of the Impacts of Carbon Tax on Cement Industry in China. Energy Procedia, 75, 1766-1771.

Lim, J., & Lee, J. (2013). Demographic changes and housing demands by scenarios with ASFRs. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 6(3), 317-340.

Low, S. (1983). The Global Cement Industry, Singapore: Singapore University Press.

Mankiw, N. G., & Weil, D. N. (1989). The Baby Boom, The Baby Bust, and The Housing Market. *Regional Science and Urban Economics*, 19, 235-258.

Nelson, C.R. (1984). A Benchmark for the Accuracy of Econometric Forecasts of GNP. *Business Economics*, 19(3), 52-58.

Noppawong, H. (2009). Cement Consumption in Thailand Construction Industry (Dissertation). School of Development Economics, National Institute of Development Administration. Office of Industrial Economics. (2007). Thailand Cement Industry: Bright Future?

Wei, X. (2009). Regression-Based Forecast Combination Methods. *Journal of Economic Forecasting*, 4, 5-18.

Yang, Y. (2004), Combining Forecasting Procedures: Some Theoretical Results, Econometric Theory, 20, 176-222.