

การทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

PREDICTING INDUSTRIAL SECTOR ELECTRICITY CONSUMPTION
IN THAILAND



การค้นคว้าอิสระเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2567

KMITL-2024-SC-M-050-044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PREDICTING INDUSTRIAL SECTOR ELECTRICITY CONSUMPTION
IN THAILAND



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN STATISTICS
AND BUSINESS ANALYTICS
DEPARTMENT OF STATISTICS SCHOOL OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2024

KMITL-2024-SC-M-050-044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2024

SCHOOL OF SCIENCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อเผยแพร่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม ในประเทศไทย
ชื่อนักศึกษา	ภัทรวริน สามารถ
รหัสประจำตัว	64605087
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ)
ภาควิชา	สถิติ
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย เจริญเศรษฐศิลป์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม และสร้างตัวแบบการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและเลือกตัวแปรอิสระด้วยการคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise Selection) ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยเป็นข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย รวมถึงข้อมูลของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยมีรูปแบบข้อมูลเป็นรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 รวมทั้งสิ้น 84 เดือน โดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ซึ่งข้อมูลส่วนแรกใช้เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ทั้งสิ้น 72 เดือน และส่วนที่สองใช้สำหรับการตรวจสอบการทำนาย เพื่อวัดความคลาดเคลื่อนของการทำนาย ทั้งสิ้น 12 เดือน จากการวิเคราะห์พบว่าตัวแบบการถดถอยที่ได้มีตัวแปรอิสระทั้งหมด 5 ตัวแปร ได้แก่ มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศ และอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งประเทศ เมื่อนำสมการถดถอยมาทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยใช้ค่าของตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวแปรในปี พ.ศ. 2566 ได้เปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เท่ากับ 2.8605% และ ค่า R-square เท่ากับ 0.800 นั่นคือ ตัวแปร X และ Y สามารถอธิบายความแปรผันในตัวแปรตามได้ถึง 80%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Study Title	Predicting Industrial Sector Electricity Consumption in Thailand
Student Name	Pattarawarin Samart
Student ID	64605087
Degree	Master of Science (Statistics and Business Analytics)
Department	Statistics
Year	2024
Independent Study Advisor	Asst.Prof. Dr. Sittichai Charoensettasilp

Abstract

The purpose of this research was to analyze the factors influencing the electricity consumption of the industrial sector in Thailand by using Multiple Linear Regression Analysis to develop a predictive model for the electricity consumption. The selection of independent variables was carried out using the Stepwise Selection. The data used in the study consisted of secondary data, specifically the electricity consumption of the industrial sector in Thailand. This data spanned from January 2017 to December 2023, comprising a total of 84 months. The data was divided into two parts: 72 months for creating the predictive model and 12 months for testing the predictions and measuring prediction error. The resulting regression model included 5 independent variables. These variables were the industrial export value, production index, exchange rate, rainfall and temperature in Thailand. When using the regression equation to forecast the electricity consumption of the industrial sector in Thailand by using the values of all 5 independent variables in 2023, the percentage mean absolute error (MAPE) was 2.8605%. Additionally, the R-square value was 0.800, that is, the X and Y variables accounted for 80% of the variation in the dependent variable.

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและมีความถูกต้องในเนื้อหาเนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.สิทธิชัย เจริญเศรษฐศิลป์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เป็นผู้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา เอื้อเพื่อเอกสารที่เกี่ยวข้องต่างๆ และหนังสืออ้างอิงที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบแก้ไขความถูกต้องตลอดจนติดตามผลงานทุกขั้นตอนของการดำเนินในการทำการค้นคว้าอิสระครั้งนี้ จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณคณะกรรมการ ผศ.ดร.พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์ และ ผศ.ดร.พรรณทิพา วาณิชยจิรัฐติกาล ที่ให้คำแนะนำความรู้เกี่ยวกับสถิติ ซึ่งจุดบกพร่องและแก้ไขข้อผิดพลาดในการทำการค้นคว้าอิสระนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายขอขอบพระคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ได้เผยแพร่ข้อมูลออนไลน์ให้ผู้วิจัยได้ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้ และขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องกับความความสำเร็จของการค้นคว้าอิสระครั้งนี้ ซึ่งไม่ได้กล่าวนามไว้ทุกท่าน ถ้าหากงานมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ภัทรวริน สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 นิยามศัพท์	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1.1 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีอุปสงค์และอุปทาน	4
2.1.2 ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า	5
2.1.3 ความรู้เกี่ยวกับถ่านหิน	8
2.1.4 ความรู้เกี่ยวกับน้ำมันดิบ.....	9
2.1.5 ความรู้เกี่ยวกับน้ำมันดีเซล.....	9
2.1.6 ความรู้เกี่ยวกับน้ำฝน.....	12
2.1.7 ความรู้เกี่ยวกับอุณหภูมิ.....	13
2.1.8 มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม.....	13
2.1.9 ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ.....	15
2.1.10 ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม.....	15
2.1.11 ดัชนีราคาผู้บริโภค.....	15
2.1.12 อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล.....	18
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	37
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	39
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	39
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	39
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	40
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	40
3.5 การวัดความคลาดเคลื่อนของการทำนายของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ	41
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	42
4.1 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ	42
4.2 การตรวจสอบข้อตกลงของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ	46
4.3 การวัดความคลาดเคลื่อนของการทำนายของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ	49
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	50
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	50
5.2 สรุปผลตามวัตถุประสงค์การวิจัย.....	51
5.3 อภิปรายผล.....	51
5.4 ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก	56
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	57
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ.....	63
ประวัติผู้เขียน.....	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง	42
4.2 แสดงตัวแปรอิสระที่เข้ามาในสมการถดถอยโดยวิธีการคัดเลือกแบบขั้นตอน	43
4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ	44
4.4 แสดงตัวแปรอิสระที่เข้ามาในสมการถดถอยโดยวิธีการคัดเลือกแบบขั้นตอน	45
4.5 การทดสอบการแจกแจงปกติของค่าคลาดเคลื่อนโดยใช้การทดสอบ Lillifors	46
4.6 แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน โดยใช้วิธี Durbin-Watson	47
4.7 แสดงการทดสอบตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันหรือไม่	47
4.8 แสดงค่าการทำนายของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2566 ถึงธันวาคม พ.ศ. 2566.....	48
4.9 แสดงการคำนวณค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAD) ของการทำนายปริมาณ การใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ.2566.....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (GWh) ของแต่ละภาคเศรษฐกิจ.....	1
2.1 แผนภาพความสัมพันธ์แบบแปรตามกัน.....	19
2.2 แผนภาพความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน.....	19
2.3 แผนภาพไม่มีความสัมพันธ์กัน.....	19
4.1 แสดงแผนภาพกระจายของค่าตลาดเคลื่อน.....	46



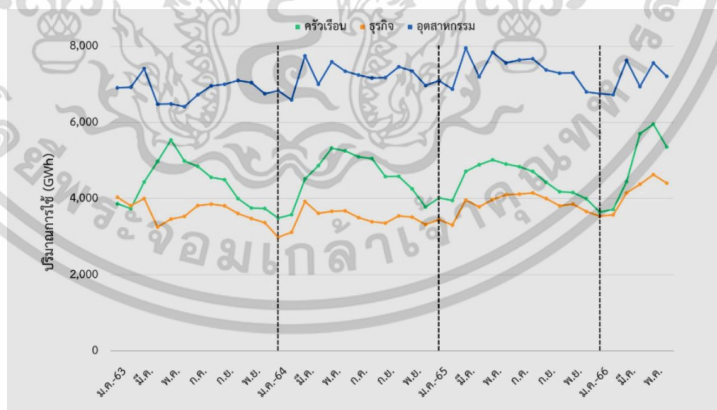
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและพัฒนาประเทศ เป็นดัชนีชี้วัดทางเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่ง เพราะการใช้ไฟฟ้าเป็นตัวสะท้อนให้เห็นการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา จึงต้องการใช้พลังงาน สืบเนื่องมาจากการเติบโตในภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจ และภาคครัวเรือนอยู่อาศัย การขยายความเป็นเมืองสู่ต่างจังหวัด ระดับรายได้ครัวเรือนที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งการปรับโครงสร้างการผลิตที่เน้นภาคบริการมากขึ้น และการที่ประชากรขยายตัว เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการพัฒนาด้านวิทยาการและเทคโนโลยี ตลอดจนถึงการขยายตัวของเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรม

พลังงานไฟฟ้าถือเป็นตัวแปรสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจผ่านการเพิ่มขีดความสามารถในการยกระดับอุตสาหกรรมให้มีความทันสมัยและมั่นคง ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ เมื่อพิจารณาแยกตามภาคเศรษฐกิจ พบว่าปีพ.ศ. 2565 ภาคอุตสาหกรรม ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ และภาคอื่นๆ มีการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นสัดส่วน 44.9% 27.2% 23.4% และ 4.5% ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งประเทศตามลำดับ โดยอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา ได้แก่ อุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐาน อิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ และพลาสติก



รูปที่ 1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (GWh) ของแต่ละภาคเศรษฐกิจ

ที่มา : กระทรวงพลังงาน, 2566

ในปี 2565 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณ 197,271 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.6 เมื่อเทียบกับปีก่อน จากเศรษฐกิจที่ฟื้นตัวภายหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 เริ่มคลี่คลายการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในเกือบทุกสาขาเศรษฐกิจ ประกอบกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การฟื้นตัวของอุปสงค์ภายในประเทศจากการผ่อนคลายมาตรการควบคุมการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 และมาตรการกระตุ้นเศรษฐกิจของรัฐบาล ภาคธุรกิจมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.0 ปรับตัวดีขึ้นโดยเฉพาะธุรกิจด้านการท่องเที่ยวและบริการ ส่งผลให้การใช้ไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเป็นร้อยละ 2.5 (รายงานพลังงานสถิติของประเทศไทย, 2566)

ในภาคอุตสาหกรรมจำเป็นต้องใช้กระแสไฟฟ้าจำนวนมากในการขับเคลื่อนเครื่องจักรในโรงงาน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญของระบบการจ่ายและควบคุมไฟฟ้าในโรงงาน การผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้แหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิง โดยแหล่งพลังงานหลัก คือ น้ำมันดิบ ซึ่งเป็น 45% ของปริมาณทั้งหมดที่ใช้ผลิต จัดเป็นพลังงานสิ้นเปลืองชนิดหนึ่งที่ได้จากทรัพยากรธรรมชาติใช้แล้วหมดไป นอกจากนี้ยังมีการใช้ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ในปริมาณที่สูงรองลงมาตามลำดับ เมื่อมีการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศมากขึ้นตามปริมาณความต้องการใช้พลังงานภายในประเทศ จะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจการเงินของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากต้องมีการใช้เงินจำนวนมากในการนำเข้าพลังงาน ทำให้มีต้นทุนในการผลิต และการบริการที่สูงขึ้น ส่งผลให้ดัชนีราคาผู้บริโภค และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศสูงขึ้นด้วย (ภัททิศา และคณะ, 2563)

จากข้อมูลทีกล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้นผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม ด้วยการใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ สำหรับการทำนายในครั้งนี้ เพื่อให้ทราบสถานการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตและสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลให้กับภาครัฐ ภาคเอกชน หรือผู้ประกอบการต่างๆ สามารถนำไปใช้ในการวางแผนและนโยบายในการบริหารงานการใช้ปริมาณไฟฟ้าในอนาคตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย
- 2) เพื่อสร้างตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ขอบเขตด้านเนื้อหา

ในการศึกษารั้ครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติภูมิ ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 84 เดือน โดยมีการรวบรวมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ คือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) กระทรวงพลังงาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ขอบเขตด้านระยะเวลา

การศึกษาครั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566

3) ตัวแปรที่ใช้ศึกษาประกอบด้วยตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ ดังนี้

3.1) ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย (GWh)

3.2) ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ดังนี้

- X_1 : ปริมาณการนำเข้าถ่านหิน (พันตัน)
- X_2 : มูลค่าการนำเข้าน้ำมันดิบ (ล้านบาท)
- X_3 : มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม (ล้านบาท)
- X_4 : ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม
- X_5 : ดัชนีราคาผู้บริโภค
- X_6 : ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (เปอร์เซ็นต์)
- X_7 : ราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย (บาท/ลิตร)
- X_8 : อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา (บาท/ดอลลาร์สหรัฐ)
- X_9 : ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศ (มิลลิเมตร)
- X_{10} : อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งประเทศ (องศาเซลเซียส)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลจากการศึกษาครั้งนี้เพื่อให้รู้สถานการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในอนาคตและสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลให้กับภาครัฐ ภาคเอกชนหรือผู้ประกอบการต่างๆ เพื่อใช้วางแผนสำหรับการตัดสินใจในการบริหารงานการใช้ปริมาณไฟฟ้าในอนาคตได้

1.5 นิยามศัพท์

ไฟฟ้า คือ พลังงานรูปแบบหนึ่งที่เกิดจากการแยกตัวออกมา หรือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือโปรตอน ใช้ประโยชน์ในการสร้างพลังงานอื่น (สันติภาพ ก้าวพรหม, 2562)

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาของงานวิจัยเรื่องการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีสาระสำคัญดังนี้

2.1 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีอุปสงค์และอุปทาน

2.1.2 ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า

2.1.3 ความรู้เกี่ยวกับถ่านหิน

2.1.4 ความรู้เกี่ยวกับน้ำมันดิบ

2.1.5 ความรู้เกี่ยวกับน้ำมันดีเซล

2.1.6 ความรู้เกี่ยวกับน้ำฝน

2.1.7 ความรู้เกี่ยวกับอูณหภูมิต

2.1.8 มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม

2.1.9 ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

2.1.10 ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม

2.1.11 ดัชนีราคาผู้บริโภค

2.1.12 อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา

2.2 สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีอุปสงค์และอุปทาน

1. ทฤษฎีอุปทาน

อุปทาน (Supply) หมายถึง ปริมาณสินค้าหรือบริการชนิดใดชนิดหนึ่งที่ผู้ผลิตหรือผู้ขายจะเสนอขายที่ระดับราคาต่างๆ กัน ในเวลาและสถานที่หนึ่ง โดยปัจจัยอื่นๆคงที่ ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้ากับราคานั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อราคาสูงขึ้นปริมาณสินค้าที่เสนอขายจะเพิ่มขึ้น และเมื่อราคาสินค้าลดลงปริมาณสินค้าที่เสนอขายจะลดลงด้วย (นราทิพย์, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่กำหนดอุปทาน

- 1) ต้นทุนการผลิต เมื่อต้นทุนการผลิตสูงขึ้น แต่ราคาสินค้าไม่ได้สูงขึ้นตามไปด้วย จะทำให้การผลิตลดลง เป็นผลอุปทานของสินค้าในตลาดลดลง ในทางตรงกันข้าม ถ้าราคาปัจจัยการผลิตลดลงจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง อุปทานของสินค้าจะเพิ่มขึ้น
- 2) เทคโนโลยีการผลิต ถ้ามีการปรับปรุงเทคนิคการผลิตให้ดีขึ้น เช่น ใช้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น เป็นต้น จะทำให้อุปทานของสินค้าเพิ่มขึ้น
- 3) ราคาสินค้าชนิดอื่นๆ ที่ใช้ปัจจัยการผลิตร่วมกัน เมื่อราคาสินค้าอื่นๆที่ใช้ปัจจัยการผลิตเช่นเดียวกันเปลี่ยนแปลงไป โดยราคาสินค้าที่พิจารณาอยู่นั้นไม่เปลี่ยนแปลง และปริมาณอุปทานของสินค้าจะเปลี่ยนแปลงไป
- 4) ปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น ดินฟ้าอากาศ โรคและแมลง ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ถ้าเกิดภาวะโรคระบาดหรือฝนแล้ง จะทำให้ปริมาณของอุปทานของสินค้าลดลง
- 5) นโยบายรัฐ นโยบายการควบคุมพื้นที่เพาะปลูก นโยบายเร่งรัดการผลิต การประกันราคาผลผลิต และการกำหนดโควต้า เป็นต้น จะทำให้ปริมาณอุปทานเปลี่ยนแปลงได้

2. ทฤษฎีอุปสงค์

อุปสงค์ (Demand) หมายถึง ปริมาณการซื้ออย่างหนึ่งที่ผู้บริโภคยินดีและสามารถซื้อได้ในระดับราคาต่างๆ ในเวลาและสถานที่หนึ่ง โดยให้ปัจจัยอื่นคงที่ นั่นคืออุปสงค์ของผู้บริโภคจะเป็นไปตามราคาและปริมาณสินค้าซึ่งราคาและปริมาณจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ ถ้าราคาสูงขึ้นผู้บริโภคจะซื้อสินค้าในปริมาณลดลงหรือในทางตรงกันข้ามราคาลดลงผู้บริโภคจะซื้อสินค้าเพิ่มขึ้น (นราทิพย์, 2554)

ปัจจัยที่กำหนดอุปสงค์

- 1) ราคาสินค้าชนิดนั้นๆ เมื่อราคาสินค้าลดลงผู้บริโภคจะมีจำนวนอุปสงค์เพิ่มขึ้น
- 2) ราคาสินค้าที่ใช้ทดแทนกันหรือใช้ประกอบกันเมื่อราคาสินค้าที่ใช้ทดแทนกันหรือประกอบกันเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันหรือตรงกันข้ามตามลักษณะสินค้า
- 3) รายได้เมื่อประชากรมีรายได้เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้จำนวนอุปสงค์เพิ่มขึ้นรวมทั้งจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นทำให้จำนวนอุปสงค์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

2.1.2 ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า คือ ปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งในการดำรงชีวิตประจำวัน นอกจากการให้แสงสว่างในยามค่ำคืน ให้ความร้อนในการหุงต้ม ให้พลังงานใช้ในการหมุนมอเตอร์ เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องปั่น เครื่องทำความเย็น และเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทอื่นๆ แล้ว พลังงานไฟฟ้ายังมีความจำเป็นต่อการสื่อสาร การคมนาคม เศรษฐกิจ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม ฯลฯ โดยไฟฟ้าเป็นตัวแปรสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร รวมถึงการยกระดับอุตสาหกรรมให้ทัดเทียมอารยประเทศ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการกระจายรายได้ การสร้างขีด
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการแข่งขันในด้านการผลิตและการขายสินค้า กระบวนการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2565) ดังนี้

1. กระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ไม่อาศัยเชื้อเพลิง

1) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ เกิดจากการใช้พลังงานจลน์ของน้ำไม่ว่าจะเป็นการไหลของน้ำ การปล่อยน้ำจากที่สูงหรือการเคลื่อนที่ของน้ำแบบอื่นๆ ไปหมุนกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยหลักการทำงานเริ่มจากการสร้างอ่างเก็บน้ำและเขื่อนให้ระดับน้ำสูงกว่าระดับโรงไฟฟ้าแล้วปล่อยน้ำในปริมาณที่ต้องการไปตามท่อส่งน้ำไปยังโรงไฟฟ้าที่อยู่ต่ำกว่า พลังของน้ำจะเข้าไปหมุนเพลลาของกังหันน้ำที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้นเหมาะสมสำหรับผลิตไฟฟ้าเสริมในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด 18.30 - 20.30 น.

2) โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อได้รับแสงอาทิตย์และเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าอุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้า เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับก่อนเชื่อมต่อเข้ากับระบบของการไฟฟ้า

3) โรงไฟฟ้าพลังงานลม อาศัยการเปลี่ยนรูปแบบพลังงานจลน์ของกระแสลมเป็นพลังงานกลแล้วใช้สูบน้ำหรือหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่เนื่องจากความไม่แน่นอนของแหล่งพลังงานโรงไฟฟ้าพลังงานลม จึงต้องมีชุดเก็บสะสมพลังงานเป็นตัวช่วยหรือใช้ร่วมกับพลังงานอื่น

4) โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ โรงไฟฟ้านี้มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพราะใช้กังหันไอน้ำแปลงพลังงานความร้อนในน้ำร้อนหรือไอน้ำจากแหล่งความร้อนใต้พิภพเป็นกระแสไฟฟ้าโดยทั่วไปโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพจะมีประสิทธิภาพต่ำเพียงประมาณร้อยละ 10-23

2. กระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่อาศัยเชื้อเพลิง

1) พลังไอน้ำ โดยใช้เชื้อเพลิงผลิตความร้อนแล้วนำไปต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำจะไปหมุนกังหันที่ต่อกับขดลวดและแม่เหล็ก เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าขึ้น เชื้อเพลิงแทบทุกชนิดก็สามารถสร้างความร้อนต้มน้ำให้เดือดได้ โรงไฟฟ้าแบบนี้จึงมีทั้งแบบที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมัน หรือแม้แต่เชื้อเพลิงนิวเคลียร์เป็นแหล่งพลังงาน

2) พลังงานความร้อนการสันดาป โดยใช้ก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันมาสันดาปภายในเครื่องยนต์ ทำให้เกิดพลังงานกลต่อไป

2.1) โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยทำการอัดอากาศให้มีความดันสูง 8-10 เท่า และส่งอากาศเข้าไปในห้องเผาไหม้ ทำให้เกิดการขยายตัวเกิดแรงดันและอุณหภูมิสูง ส่งอากาศเข้าไปในหมุนเครื่องกังหันก๊าซ เพลลาของเครื่องกังหันก๊าซจะต่อกับเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและได้กระแสไฟฟ้า

2.2) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม เป็นการนำเอาเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้า กังหันก๊าซและโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำมาใช้งานเป็นระบบร่วมกัน โดยการนำไอเสียจากโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ ซึ่งมีความร้อนสูงประมาณ 500 องศาเซลเซียส ไปผ่านหม้อน้ำและถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ ทำให้น้ำเดือดกลายเป็นไอเพื่อขับกังหันไอน้ำสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อไป

2.3) โรงไฟฟ้าดีเซล ใช้ดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้ามักใช้กับ หน่วยผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก โรงไฟฟ้าประเภทนี้ใช้พื้นที่น้อยในการติดตั้งมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าพลังถ่านหิน โรงไฟฟ้าดีเซลมักใช้เป็นโรงไฟฟ้าหรือหน่วยผลิต ไฟฟ้าสำรองในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักเกิดความขัดข้อง แต่ไม่นิยมใช้อย่างแพร่หลายเพราะมีค่า บำรุงรักษาสูงและน้ำมันดีเซลมีราคาสูง

พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยเป็นกระแสสลับ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ มีทั้งระบบ 1 เฟส แรงดัน 220 โวลต์ ซึ่งใช้ในบ้านอยู่อาศัย และระบบ 3 เฟส แรงดัน 380 โวลต์ ใช้ในโรงงาน อุตสาหกรรม และแรงดันขนาด 69, 115, 230 และ 500 กิโลวัตต์ สำหรับการส่งกระจายไฟฟ้า ภายในประเทศ เนื่องจากการส่งจ่ายไฟฟ้าจะต้องมีการสูญเสีย ระยะทางไกลมากจะสูญเสียมาก นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับแหล่งพลังงานที่จะนำมาใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกด้วย ดังนั้นจึงมี การสร้างแหล่งผลิตไฟฟ้าในที่ต่างๆ กระจายไปทั่วประเทศ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการประกอบธุรกิจทั้งด้านอุตสาหกรรม การเกษตร การสื่อสาร และการท่องเที่ยว การผลิตไฟฟ้าให้พอเพียงกับความต้องการใช้จึงเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้น การนำพลังงานธรรมชาติที่มีอยู่ภายในประเทศมาใช้ นอกจากจะคุ้มประโยชน์ต่อการลงทุนแล้วยังเป็น การประหยัดเงินตราที่ต้องใช้ในการซื้อเชื้อเพลิงจากต่างประเทศได้เป็นจำนวนมากอีกด้วย อย่างไรก็ตาม แม้ปัจจุบันประเทศไทยจะมีพลังงานไฟฟ้าใช้อย่างเพียงพอ แต่ในอนาคตไม่แน่นอนว่าจะมี เพียงพอหรือไม่ ดังนั้นการร่วมมือกันอย่างจริงจังเพื่อประหยัดพลังงานจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง

แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 - 2580 (PDP2018) ได้ให้ ความสำคัญใน 3 ประเด็น (กระทรวงพลังงาน, 2563) ดังนี้

1. ด้านความมั่นคงทางพลังงาน (Security) เพื่อให้มีความมั่นคงครอบคลุมทั้งระบบผลิต ไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า ระบบจำหน่ายไฟฟ้ารายพื้นที่ และตอบสนองปริมาณความต้องการไฟฟ้า เพื่อ รองรับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ รวมถึงการพิจารณาโรงไฟฟ้าเพื่อความมั่นคงในระดับที่ เหมาะสมเพื่อรองรับกรณีเกิดเหตุวิกฤตด้านพลังงาน

2. ด้านเศรษฐกิจ (Economy) ต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสม ส่งเสริมการผลิต ไฟฟ้าที่มีต้นทุนต่ำ เพื่อลดภาระผู้ใช้ไฟฟ้าและไม่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของ ประเทศในระยะยาว รวมถึงการเตรียมความพร้อมของระบบไฟฟ้าเพื่อให้เกิดการแข่งขันด้านการผลิต ไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าในภาพรวมของประเทศ การผลิตไฟฟ้าสะท้อนต้นทุน ที่แท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ด้านสิ่งแวดล้อม (Ecology) ต้องลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบไฟฟ้า (Efficiency) ทั้งด้านการผลิตไฟฟ้าและด้านการใช้ไฟฟ้า โดยพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)

2.1.3 ความรู้เกี่ยวกับถ่านหิน

ประเทศไทยมีการนำเข้าถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยถ่านหินที่นำเข้าจากต่างประเทศส่วนใหญ่จะเป็นการนำเข้าใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้า มีการนำเข้าถ่านหินจากประเทศอินโดนีเซียและออสเตรเลีย คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 85-92 ของปริมาณการนำเข้าทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีการนำเข้าจากพม่า เวียดนามและลาวรวมกันอีก ประมาณร้อยละ 7-14 ส่วนที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 1 เป็นการนำเข้าถ่านหินจากประเทศจีน สิงคโปร์ ญี่ปุ่น และอื่นๆ โดยถ่านหินที่ได้นำเข้าในปริมาณมากที่สุด จะเป็นถ่านหินชนิดบิทูมินัส รองลงมาได้แก่ถ่านหินชนิดชนิดแอนทราไซต์

ถ่านหินถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีแหล่งสำรองกระจายอยู่ทั่วโลกและปริมาณค่อนข้างมาก การขุดถ่านหินขึ้นมาใช้ประโยชน์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ถ่านหินราคาถูกกว่าน้ำมัน ถ่านหินส่วนใหญ่จึงถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ซึ่งใช้ถ่านหินในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ และนับเป็นกลุ่มผู้ใช้ถ่านหินกลุ่มใหญ่ที่สุดของภาคเอกชนในประเทศไทย ผู้ใช้ในกลุ่มนี้มีจำนวนไม่มาก แต่ละรายจะมีความต้องการใช้ถ่านหินในปริมาณมาก
2. โรงไฟฟ้าถ่านหินภายใต้โครงการผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (IPP) และผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (SPP) ซึ่งใช้ถ่านหินในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีปริมาณการใช้ที่สม่ำเสมอตลอดปี
3. อุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้าและไอน้ำ ซึ่งใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ ประกอบไปด้วยอุตสาหกรรมกระดาษ ปิโตรเคมี และสิ่งทอ
4. อุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในหม้อไอน้ำขนาดเล็กหรือใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผา อบ ต้ม ในกระบวนการผลิต ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานขนาดเล็ก เช่น โรงงานผลิตกระดาษ เยื่อกระดาษ ขนาดเล็ก อุตสาหกรรมเคมี อาหาร เป็นต้น ผู้ใช้ถ่านหินในกลุ่มนี้จะเป็นผู้ใช้รายย่อย ที่มีปริมาณการใช้ต่อรายไม่มากนัก แต่มีจำนวนผู้ใช่มาก และต้องการถ่านหินที่มีคุณลักษณะเฉพาะกว่า 3 กลุ่มแรก

จากการสอบถามผู้ประกอบการนำเข้าถ่านหินพบว่า ถ่านหินนำเข้าของไทยส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 50 จะถูกใช้ในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ และใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้าประมาณร้อยละ 35 ที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 15 จะถูกใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ใช้พลังงานความร้อนผลิตไอน้ำในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ สิ่งทอ และอาหาร ตามลำดับ

สืบเนื่องจากสถานการณ์ความตึงเครียดระหว่างประเทศรัสเซียและยูเครนตั้งแต่ช่วงกลางปี 2565 ส่งผลกระทบต่อตลาดถ่านหินโดยรวม โดยดัชนีราคาถ่านหิน Newcastle Index (NEWC) ได้ปรับขึ้นสูงสุดถึงระดับ 434.02 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกาต่อเมตริกตัน ในช่วงเดือนกันยายนในปี 2565 แต่หลังจากนั้นตลาดถ่านหินได้ปรับตัวลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปีดังกล่าวและเข้าสู่ปี 2566 โดยดัชนีราคาถ่านหินได้ปรับตัวลดลงมาอยู่ที่ระดับ 357.75 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกาต่อเมตริกตัน ในช่วงเดือนมกราคม 2566 และลดลงอย่างต่อเนื่องมาอยู่ที่ระดับ 129.15 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกาต่อเมตริกตัน ในช่วงเดือนมิถุนายน 2566 โดยในครึ่งปีหลังของปี 2566 ระดับราคาถ่านหิน ได้ปรับขึ้นลงอยู่ในช่วงระหว่างประมาณ 160 ถึง 120 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกาต่อเมตริกตัน จนถึงสิ้นปี 2023 (LANNA Resources, 2566)

2.1.4 ความรู้เกี่ยวกับน้ำมันดิบ

น้ำมันดิบ มีสถานะตามธรรมชาติเป็นของเหลวประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนชนิดระเหยง่ายเป็นส่วนใหญ่และส่วนที่เหลือประกอบด้วย สารกำมะถัน ไนโตรเจน และสารประกอบออกไซด์อื่นๆ มักเรียกว่าเป็นสิ่งปฏิกูล ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้ ราคาของน้ำมันดิบจะถูกหรือแพงขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมันดิบว่ามีสิ่งปฏิกูลเจือปนมากน้อยเพียงใด ผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้จากน้ำมันดิบ ได้แก่ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันเครื่องบิน น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และยางมะตอย โดยก๊าซปิโตรเลียมเหลว จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม ในยานพาหนะ และในภาคอุตสาหกรรม น้ำมันเบนซิน ดีเซล และน้ำมันเครื่องบิน จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในภาคคมนาคมขนส่ง ส่วนน้ำมันเตาจะใช้เป็นเชื้อเพลิง ในการผลิตไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม และในการขนส่งทางน้ำ เมื่อมีการนำน้ำมันเชื้อเพลิงไปเผาไหม้ก็จะมีฝุ่นละออง เขม่า และก๊าซที่ถูกปล่อยออกมาระหว่างขบวนการเผาไหม้ เช่น คาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น ดังนั้น จึงต้องมีการควบคุมในเรื่องของคุณภาพน้ำมันและการใช้เทคโนโลยีต่างๆ มาช่วยในการควบคุม เพื่อลดปริมาณฝุ่นละอองและก๊าซดังกล่าวไม่ให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อม (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2566)

2.1.5 ความรู้เกี่ยวกับน้ำมันดีเซล

น้ำมันดีเซล (Diesel Fuel) เป็นน้ำมันที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ สำหรับใช้ในเฉพาะเครื่องยนต์ดีเซล มีลักษณะใสออกเหลืองเล็กน้อย มีความหนืดมากกว่าน้ำมันเบนซินใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้การจุดระเบิดด้วยความร้อนจากการอัดอากาศเข้ากระบอกสูบจนเกิดความร้อนสำหรับการจุดระเบิด โดยที่ไม่ต้องใช้หัวเทียนเหมือนเครื่องยนต์เบนซิน เครื่องยนต์ดีเซลมักใช้ในรถกระบะ รถบรรทุก รถไฟ เรือ เป็นต้น มีลักษณะจำเพาะน้ำมันดีเซลที่จุดเดือด 250-350 องศาเซลเซียสจำนวนอะตอม C13-C14 ประกอบด้วยสายไฮโดรคาร์บอนที่มีแขนตรงและองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ กำมะถัน ออกซิเจน และไนโตรเจน (สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. น้ำมันดีเซลที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ

น้ำมันดีเซลที่ใช้บริโภคในปัจจุบันส่วนหนึ่งได้มาจากน้ำมันดีเซลสำเร็จรูปที่มีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ และอีกส่วนเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันดีเซลที่ผ่านกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ โดยที่กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบจะได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงอื่น ๆ ที่นอกจากน้ำมันดีเซลอีกด้วย เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันเครื่องบิน ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเตา เป็นต้น แต่ละชนิดจะให้ปริมาณและคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน ตามกระบวนการกลั่นน้ำมันของแต่ละโรงกลั่นและยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น คุณสมบัติของน้ำมันดิบที่นำเข้ามา ชนิดและคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ต้องการ เป็นต้น โดยทั่วไปกระบวนการกลั่นประกอบด้วยกรรมวิธีย่อยที่สำคัญ ดังนี้

1) การแยก (Separation) หมายถึง การแยกส่วนประกอบทางกายภาพของน้ำมันดิบ โดยส่วนมากจะใช้วิธีการกลั่นลำดับส่วน (Fractional distillation) ที่เป็นการนำน้ำมันดิบมากลั่น ในหอกกลั่น น้ำมันดิบจะถูกแยกตัวออกเป็นน้ำมันสำเร็จรูปประเภทต่าง ๆ ตามช่วงจุดเดือดที่ต่างกัน การแยกน้ำมันดิบด้วยการกลั่นลำดับส่วนเป็นวิธีการพื้นฐาน โดยใช้หลักว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆ ที่รวมกันอยู่ในน้ำมันดิบ จะมีระดับของจุดเดือดที่แตกต่างกันตั้งแต่ 157 องศาเซลเซียส (125 องศาฟาเรนไฮต์ต่ำกว่าศูนย์) ขึ้นไป จนกระทั่งถึงหลายร้อยองศาเซลเซียส ซึ่งในการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบจะถูกส่งผ่านเข้าไปในท่อเหล็ก ซึ่งเรียงแถวอยู่ในเตาเผาที่มีความร้อนขนาด 315-371 องศาเซลเซียส (600-700 องศาฟาเรนไฮต์) หลังจากนั้น น้ำมันดิบที่ร้อนและไอร้อนจะไหลผ่านไป ในหอกกลั่น ไอร้อนที่ลอยขึ้นไปเมื่อได้รับความเย็นจะกลั่นตัวเป็นของเหลวตกบนภาชนะรองรับซึ่งจัดเรียงเป็นชั้นๆ หลายสิบชั้นในหอกกลั่น โดยไอร้อนจะกลั่นตัวเป็นของเหลวตกในชั้นใด ก็ขึ้นอยู่กับช่วงจุดเดือดของน้ำมันส่วนนั้น ชั้นยอดของหอกกลั่นมีอุณหภูมิต่ำสุดเป็นก๊าซปิโตรเลียมเหลวตกลงมา ซึ่งอุณหภูมิสูงขึ้นจะเป็นส่วนของเบนซิน น้ำมันก๊าด และดีเซล ตามลำดับ ส่วนน้ำมันที่กินหอกกลั่นถ้านำไปผ่านกรรมวิธีอื่นๆ จะแยกออกเป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน และส่วนที่เหลือจะเป็นน้ำมันเตาและยางมะตอยส่วนต่างๆ ของน้ำมันดิบที่แยกมาเรียกว่าผลิตภัณฑ์โดยตรง

2) การเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมี (Conversion) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงโมเลกุลหรือโครงสร้างทางเคมี เพื่อให้คุณภาพของน้ำมันเหมาะสมกับความต้องการใช้ประโยชน์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วน อาจมีปริมาณไม่เท่ากับปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ต้องการใช้ เช่น น้ำมันเบนซินที่ใช้กับรถยนต์ที่กลั่นได้จากน้ำมันดิบด้วยกรรมวิธีการกลั่นลำดับมีปริมาณไม่พอกับความต้องการ ดังนั้น ผู้กลั่นน้ำมันจึงต้องหาทางผลิตน้ำมันเบนซินให้มากขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมัน หลักพื้นฐานของการเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมี ได้แก่ การทำให้โมเลกุลของน้ำมันหนักแตกตัวด้วยความร้อน (Thermal cracking) หรือทำให้แตกตัวด้วยสารเร่งปฏิกิริยา (Catalytic cracking) หรือการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของน้ำมันเบาให้ได้โมเลกุลที่หนักกว่าและมีคุณสมบัติที่แตกต่างไป (Polymerization) นอกจากนี้ยังมีวิธีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ อีกหลายวิธี เช่น วิธีแอลกิลเลชัน (Alkylolation) วิธีไอโซเมโร

เซชัน (Isomerization) และวิธีปฏิรูปด้วยสารเร่งปฏิกิริยา (Catalytic reforming) ที่ทำให้เกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดรูปโมเลกุลของปิโตรเลียมใหม่ให้มีค่าออกเทน (Octane) สูง เป็นต้น สำหรับน้ำมันดีเซลที่ได้จากกระบวนการกลั่นด้วยวิธีแยกจะต้องผ่านจุดเดือดประมาณ 180-370 องศาเซลเซียส แล้วผ่านไปยังหอคอยผลิตน้ำมันดีเซลกำมะถัน (Gas oil hydride sulfurization unit. GO -HDSU) เพื่อกำจัดกำมะถันออกจากน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว โดยใช้ความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งน้ำมันดีเซลที่ได้จากผลิตภัณฑ์กลั่นตรง (Straight run) จะได้น้ำมันดีเซลที่มีค่าซีเทนสูง จุดติดไฟได้เร็วทำให้เครื่องยนต์สะอาด

2. ประเภทน้ำมันดีเซล

1) น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (High Speed Diesel หรือเรียกทั่วไปว่า น้ำมันโซล่า เป็นน้ำมันที่ใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่มีรอบหมุนมากกว่า 1000 รอบ/นาที ถือเป็นชนิดน้ำมันดีเซลที่มีจำหน่ายมากในปัจจุบันตามปั้มน้ำมันต่างๆ สำหรับใช้ในรถกระบะ รถบรรทุก รถโดยสาร เครื่องปั่นไฟขนาดเล็ก เป็นต้น

2) น้ำมันดีเซลหมุนช้า (Low Speed Diesel) เป็นน้ำมันที่ใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่มีรอบหมุน 300 - 1000 รอบ/นาที มีจำหน่ายเฉพาะสำหรับเครื่องยนต์บางประเภทเท่านั้น เช่น รถไฟ เรือยนต์ เครื่องปั่นไฟขนาดใหญ่ เป็นต้น

3. คุณสมบัติน้ำมันดีเซลสำหรับเป็นเชื้อเพลิง

1) การติดไฟ (ignition quality) เป็นคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลที่สามารถติดไฟได้ แม้ขณะอุณหภูมิของเครื่องต่ำ ความยากง่ายของการติดไฟขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมัน ซึ่งน้ำมันดีเซลชนิดที่มีวงแหวนมากจะติดไฟได้ช้า หากประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ไม่มีปัญหาจะพบว่าน้ำมันดีเซลสามารถเผาไหม้ได้สะอาดตามมาตรฐานเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่กำหนด

2) การกระจายตัวเป็นฝอย (Fluidity- atomization) น้ำมันดีเซลมีความหนืดมากกว่าน้ำเพียงเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของเกรดน้ำมันดีเซล ซึ่งสามารถสเปรย์เป็นละอองฝอยขนาดเล็กได้ในห้องเผาไหม้

3) ค่าการระเหย (Volatility) ค่าการระเหยของน้ำมันดีเซลมีผลต่อจุดเดือดจุดวาบไฟ และจุดติดไฟ ขณะที่ฉีดพ่นเข้าห้องเผาไหม้

4) ค่าซีเทน (Cetane number) เป็นค่าแสดงประสิทธิภาพการเผาไหม้เทียบกับซีเทนที่ผสมกับแอลฟาเมธิลแนฟทาลินในน้ำมัน 100 กรัม ค่าซีเทนสูงแสดงประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีของเชื้อเพลิง

5) อุณหภูมิสามารถติดไฟได้เอง (Autoignition Temperature) ไม่น้อยกว่า 250 องศาเซลเซียส

6) การเกิดปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reactivity) มีความคงตัวสูงขณะจัดเก็บและการใช้งานในภาวะปกติ แต่ต้องหลีกเลี่ยงจากความร้อน เปลวไฟ และประกายไฟ ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง เช่น คลอเรต ไนเตรต และเปอร์ออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) สารที่เกิดจากการสลายตัว (Hazardous Decomposition Products) ได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และผลิตภัณฑ์อื่นที่เกิดจากการเผาไหม้

2.1.6 ความรู้เกี่ยวกับน้ำฝน

น้ำถือเป็นทรัพยากรสำคัญทางธรรมชาติที่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมายทั้งในด้านการอุปโภคและบริโภค ยิ่งไปกว่านั้นได้มีการดัดแปลงเอาพลังงานน้ำ (Hydropower) หรือพลังงานที่เกิดขึ้นจากการไหลหรือการเคลื่อนที่ของน้ำมาใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นในด้านการคมนาคมขนส่งที่มีการประยุกต์เอาพลังงานน้ำมาใช้เพื่อขับเคลื่อนเรือขึ้นและลงจากเขา การใช้พลังงานน้ำในการวิดน้ำเพื่อการทำชลประทาน แต่อย่างไรก็ตาม หนึ่งใน การประยุกต์ใช้พลังงานน้ำที่สำคัญในปัจจุบัน คือ การนำเอาพลังงานน้ำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งนอกจากจะได้ไฟฟ้าพลังงานสะอาดที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศของโลกแล้ว พลังงานน้ำยังเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างไม่จำกัดอีกด้วย

น้ำจะมีเพียงพอได้ก็ต้องอาศัยฝนที่ตกลงมาอย่างสม่ำเสมอ หากฝนไม่ตกก็จำเป็นต้องมีน้ำจากแหล่งน้ำอื่นคอยกักเก็บไว้โดยธรรมชาติหรือโดยวิธีการชลประทาน จึงจะมีน้ำใช้เพียงพอกับความ ต้องการ ปริมาณน้ำตามธรรมชาติที่อ่างเก็บน้ำสามารถเก็บเอาไว้ได้นั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตกในเขตพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนและขนาดของพื้นที่รับน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งในอุตุนิยมิวิทยา เพราะน้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรและอื่นๆ การวัดปริมาณน้ำฝนเลยเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ถึงแม้จะไม่ใช่วงฤดูฝนทางอุตุนิยมิวิทยาก็จำเป็นต้องเก็บสถิติปริมาณน้ำฝนไว้เพื่อคาดคะเนและรวบรวมข้อมูล เพราะน้ำฝนเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการทำการเกษตร เพื่อดูว่าพื้นที่ไหนจะอุดมสมบูรณ์ สามารถทำการเพาะปลูกได้ หรือพื้นที่ไหนแห้งแล้ง พื้นดินกลายเป็นทะเลทรายไม่สามารถทำการเกษตรได้ อีกทั้งยังสามารถคาดเดาฝนที่ตกลงมาในแต่ละวันว่าพื้นที่ไหนจะเกิดน้ำท่วมขัง ฝนตกหนัก หรือมีพายุ ซึ่งทุกสิ่งล้วนขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่นั้นๆ

การวัดปริมาณน้ำฝนจะวัดตามความสูงของจำนวนฝนที่ตกลงมาจากท้องฟ้า โดยใช้ อุปกรณ์วัดน้ำฝน (Rain gauge) รูปทรงกระบอกขนาดมาตรฐานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร หรือ 8 นิ้ว บนปากกระบอกจะมีกรวยรองรับน้ำฝน ให้ฝนตกลงสู่กระบอกตวงซึ่งอยู่ภายใน ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กกว่ากระบอกนอก 10 เท่า (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร) การที่ขยายมาตราส่วนขึ้น 10 เท่านี้ เพื่อความสะดวกในการอ่านค่าปริมาณ ในการอ่านค่าปริมาณน้ำฝนจะใช้ไม้บรรทัดเพื่อหยั่งความลึกของฝนหรืออาจใช้แก้วตวงที่มีมาตราส่วน แบ่งไว้สำหรับอ่านปริมาณน้ำฝนเป็นนิ้วหรือเป็นมิลลิเมตรเราสามารถคำนวณจำนวนลูกบาศก์เมตรของน้ำฝนได้ ถ้าทราบเนื้อที่ของบริเวณที่มีฝนตก (กรมฝนหลวงและการบินเกษตร, 2565)

เกณฑ์การวัดน้ำฝนซึ่งเป็นมาตรฐานการวัดปริมาณน้ำฝนสำหรับประเทศไทย คือ

ฝนตกลึกน้อย	มีปริมาณ 0.1 – 10 มิลลิเมตร
ฝนตกปานกลาง	มีปริมาณ 10.1 – 35 มิลลิเมตร
ฝนตกหนัก	มีปริมาณ 35.1 – 90 มิลลิเมตร
ฝนตกหนักมาก	มีปริมาณ 90.1 มิลลิเมตรขึ้นไป

ชนิดของเครื่องวัดน้ำฝน

1. เครื่องวัดน้ำฝนแบบธรรมดาหรือแบบแก้วดวง (ordinary raingauge) มีลักษณะเป็นรูปกระบอกโลหะ ส่วนหนึ่งของกระบอกจะฝังอยู่ในพื้นดิน การวัดปริมาณน้ำฝนจะวัดจากความสูงของน้ำฝนที่เก็บจากจุดนั้น ๆ แล้วนำมาเทใส่กระบอกตวง ปริมาณน้ำฝนที่เก็บได้จะวัดหน่วยเป็นมิลลิเมตร

2. เครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึก (recording raingauge) เป็นชนิดที่มีปากกาเขียนด้วยหมึกสำหรับบันทึกปริมาณน้ำฝนไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือตลอดสัปดาห์ ซึ่งมีทั้งแบบชั่ง (weighing raingauge) และแบบกาลักน้ำ (siphon raingauge)

2.1.7 ความรู้เกี่ยวกับอุณหภูมิ

ปัจจุบันโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องมาจากปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ซึ่งเกิดจากก๊าซต่างๆ ที่มนุษย์เราผลิตและปล่อยสู่บรรยากาศ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดร็อกไซด์และก๊าซมีเทน จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ ซึ่งโมเลกุลของก๊าซเหล่านี้และน้ำในบรรยากาศจะทำหน้าที่กักเก็บรังสีความร้อนที่สะท้อนออกจากผิวโลก ซึ่งอยู่ในรูปของรังสีอินฟราเรด เมื่อมาถึงชั้นบรรยากาศที่มีก๊าซดังกล่าวอยู่จะทะลุผ่านไปได้น้อยกว่าปกติ ก๊าซและโมเลกุลของน้ำที่โปร่งแสงนี้ทำหน้าที่เหมือนกระจกกักเก็บความร้อนไว้ในเรือนกระจกเป็นสาเหตุทำให้โลกร้อนขึ้น

การที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นก็ส่งผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำความเย็นต้องทำงานมากขึ้น และใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด มักจะพบว่าอยู่ในช่วงฤดูร้อน ส่งผลให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมอาจต้องใช้พลังงานมากขึ้นเพื่อทำความเย็นหรือควบคุมอุณหภูมิ เช่น ในการผลิตเหล็กและชิ้นส่วนยานยนต์ที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงในกระบวนการหลอมรวม ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการเหล่านี้จำเป็นต้องใช้เครื่องทำความเย็นหรือระบบอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อให้อุณหภูมิกงทนต่อการทำงานอย่างเหมาะสม ซึ่งอาจเพิ่มปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอุตสาหกรรมได้ (การไฟฟ้านครหลวง, 2566)

2.1.8 มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม

การส่งออกสินค้า (Export) คือ การจัดส่งสินค้าและบริการจากต้นทางสู่ปลายทางในทางบก ทางน้ำหรือทางอากาศ โดยผู้ส่งสินค้าหรือบริการออกเรียกว่า ผู้ส่งออก ส่วนในทางการค้าระหว่างประเทศ การส่งออกหมายถึง การขายสินค้าและบริการในประเทศไปสู่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลาดอื่น (ตลาดสากล) ในการส่งออกและนำเข้าซึ่งสินค้าจะต้องมีหน่วยงานที่ต้องเกี่ยวข้องด้วย คือ กรมศุลกากร แม้ว่าจะเป็นการนำเข้า หรือส่งออกผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตเองก็จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับกรมศุลกากรด้วย และที่สำคัญต้องอยู่ภายใต้กฎหมายการนำเข้าและส่งออกของประเทศนั้นๆ

การส่งออกไทยสามารถทำรายได้เป็นเงินตราต่างประเทศแต่ละปีมูลค่าสูง เนื่องจากประเทศผู้ซื้อจำนวนมากยังมีความต้องการซื้อสินค้าที่ผลิตจากประเทศไทย เป็นกลไกสำคัญปัจจัยหนึ่ง ที่ผลักดันให้เศรษฐกิจไทยมีอัตราการขยายตัวสูง (Joshi and Rakesh Mohan, 2005)

การส่งออกสามารถนำเงินตราต่างประเทศ เงินตราต่างประเทศที่ได้รับจากการส่งออกช่วยลดการขาดดุลการค้าและดุลการชำระ เนื่องจากในการส่งออกส่วนใหญ่จะเป็นการใช้สกุลเงินต่างประเทศ ในการชำระค่าสินค้า ส่วนมากก็จะเป็นสกุลเงินหลักๆ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในตลาดโลก เช่น ดอลลาร์สหรัฐ หรือเยน เมื่อส่งไปแล้วก็จะได้รับเงินตราต่างประเทศเข้ามา

ช่วยลดการพึ่งพาสินค้าจากต่างประเทศ เป็นการพิจารณาเกี่ยวกับการผลิตสินค้าเพื่อทดแทนการนำเข้า เนื่องจากเดิมเราต้องนำเข้าสินค้าต่างๆที่ยังไม่สามารถผลิตเองได้หรือผลิตได้ที่ต้นทุนที่สูงกว่าการนำเข้า แต่เมื่อพยายามพัฒนาให้สามารถผลิตสินค้าได้แล้วก็จะลดการนำเข้าลง ขณะเดียวกันนอกจากจะผลิตเพื่อใช้ภายในประเทศแล้วก็มุ่งไปหาตลาดในต่างประเทศ เพื่อให้ได้ปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นเป็นการช่วยต้นทุนต่อหน่วยให้ต่ำลง

ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Value Add) เป็นการพิจารณาในการนำวัตถุดิบต่างๆมาแปรรูปก่อนส่งออก ซึ่งจะทำให้สินค้านั้นๆ มีมูลค่าสูงขึ้น เช่น แทนที่จะส่งออกในรูปของผ้าผืน แต่เปลี่ยนมาเป็นการส่งเสื้อผ้าสำเร็จรูปแทน ซึ่งมูลค่าของสินค้านั้นจะสูงขึ้นและทำให้มีกำไรเพิ่มขึ้นตามอีกด้วย

ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ในการส่งออกสินค้านั้นส่วนหนึ่งเป็นเพราะระดับราคาของสินค้าที่ส่งออกส่วนมากอยู่ในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ จึงทำให้สินค้านั้นเข้าไปแข่งขันในตลาดโลกได้ ซึ่งเป็นไปตามหลักการของการได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ (Comparative Advantage) กล่าวคือเมื่อประเทศใดสามารถผลิตสินค้าด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่าประเทศอื่นแล้ว ย่อมแสดงว่าทรัพยากรที่ถูกนำมาผลิตนั้นถูกนำมาใช้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือถ้าสินค้าที่ผลิตในระดับราคาสูงกว่าการนำเข้าจากต่างประเทศแล้วก็ควรนำเข้าสินค้านั้นมากกว่า แล้วนำทรัพยากรที่ผลิตสินค้านั้นไปผลิตสินค้าอื่นที่สามารถผลิตได้โดยต้นทุนที่ต่ำกว่าทดแทน เป็นต้น

ขยายการลงทุนและสร้างความต้องการแรงงาน การขยายตัวของการส่งออกทำให้ผู้ผลิตขยายการผลิตหรือมีการลงทุนเพิ่มขึ้น สำหรับประเทศไทยระบบการผลิตส่วนใหญ่เป็นระบบการผลิตที่ใช้แรงงานในสัดส่วนที่มากกว่าเครื่องจักร ดังนั้นจึงเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความต้องการแรงงานเพิ่ม ซึ่งมีผลต่อการช่วยยกระดับรายได้ของแรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9 ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product : GDP) คือ มูลค่าตลาดของสินค้าและบริการขั้นสุดท้ายที่ถูกผลิตภายในประเทศในช่วงเวลาหนึ่งๆ โดยไม่คำนึงว่าผลผลิตนั้นจะผลิตขึ้นมาด้วยทรัพยากรของชาติ สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงมาตรฐานคุณภาพชีวิตของประชากรในประเทศนั้นๆ

2.1.10 ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม

ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing Production Index : MPI) วัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตอุตสาหกรรมในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์ว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไร โดยดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเศรษฐกิจมีการขยายตัวและลดลงเมื่อเศรษฐกิจชะลอตัว เป็นดัชนีรายเดือนที่ถูกสร้างขึ้นเป็นข้อมูลเร็ว เพื่อช่วยสะท้อนผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศภาคอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นข้อมูลเศรษฐกิจรายไตรมาสที่สำคัญของประเทศ

2.1.11 ดัชนีราคาผู้บริโภค

ดัชนีราคาผู้บริโภค (Consumer Price Index : CPI) ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของระดับราคาสินค้าและบริการที่ซื้อขายโดยผู้บริโภค คำนวณขึ้นจากราคาสินค้าขายปลีก สินค้าที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ ซึ่งสินค้าเหล่านี้ได้มาจากการสำรวจราคาขายจริงในท้องตลาด แล้วนำมาคำนวณให้น้ำหนักความสำคัญของสินค้า แต่ละกลุ่มประเภท ตามสัดส่วนของรายจ่ายในการบริโภคของครัวเรือน ดังนั้น ดัชนีราคาผู้บริโภคจึงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในการใช้เป็นตัวแทนเปรียบเทียบในการคำนวณวัดเงินเฟ้อ เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับระดับการครองชีพของประชาชน (พัชรภรณ์ นิยมจิตร, 2561)

M2 (ปริมาณเงิน) คือ ปริมาณในความหมายอย่างกว้างโดยมีปริมาณเงิน (M1) และทรัพย์สินที่มีสภาพคล่องคล้ายเงิน ได้แก่ เงินฝากประจำ และเงินฝากออมทรัพย์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณเงินจากการใช้นโยบายการเงินจะมีผลกระทบต่อระดับราคาสินค้าในประเทศ

MLR (อัตราดอกเบี้ยให้กู้ยืม) ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ยและจะส่งผลต่อความต้องการสินค้าและบริการต่างๆ ผ่านการบริโภคและการลงทุน จะใช้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้าชั้นดี

EX (อัตราแลกเปลี่ยน) อัตราแลกเปลี่ยนบาทต่อดอลลาร์สหรัฐเนื่องจากการเคลื่อนไหวของอัตราแลกเปลี่ยนจะมีผลต่อการส่งออกและนำเข้า ซึ่งส่งผลต่อความต้องการสินค้าและบริการและระดับราคาในประเทศ

2.1.12 อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา

อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ หมายถึง ราคาของเงินตรา 1 หน่วยสกุลคิดอยู่ในหน่วยของเงินตราอีกสกุลหนึ่ง ซึ่งอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ๆ ดังนี้

1. ระบบอัตราแลกเปลี่ยนแบบเสรีหรือแบบลอยตัว หมายถึง ภายใต้ระบบอัตราแลกเปลี่ยนแบบเสรี อัตราแลกเปลี่ยนสามารถมีค่าเท่าไรก็ได้ขึ้นอยู่กับอุปสงค์และอุปทานของตราต่างประเทศในตลาด

2. ระบบอัตราแลกเปลี่ยนแบบคงที่ หมายถึง ระบบอัตราแลกเปลี่ยนที่ธนาคารกลางกำหนดค่าเงินสกุลของประเทศเทียบกับเงินสกุลหลักของ โลกสกุลใดสกุลหนึ่งไว้ในอัตราคงที่ หรือกำหนดค่าเงินสกุลของประเทศเทียบกับเงินตราต่างประเทศหลายสกุล เรียกว่า ระบบตะกร้าเงิน

ดุลการชำระเงิน หมายถึง งบการเงินที่ธนาคารกลางเป็นผู้จัดทำขึ้นเพื่อบันทึกมูลค่าที่เป็นตัวเงินของกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่างๆ ซึ่งกระทำระหว่างผู้ที่มีถิ่นฐานของประเทศหนึ่งกับผู้ที่มีถิ่นฐานอยู่ต่างประเทศ ในช่วงเวลาหนึ่ง รายการเศรษฐกิจต่างๆ ที่ถูกบันทึกในดุลการชำระเงินจะแบ่งออกเป็น 3 บัญชีหลักๆ คือ บัญชีเดินสะพัด บัญชีทุน และบัญชีทุนสำรองระหว่างประเทศ

เงินเฟ้อ คือ สภาวะที่ราคาสินค้าและบริการสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาที่นาน ซึ่งสามารถดูการเปลี่ยนแปลงของเงินเฟ้อได้จากการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคา (Price Index) โดยที่ดัชนีราคาเป็นเครื่องวัดราคาเฉลี่ยของสินค้าและบริการจำนวนหนึ่งของปีใดปีหนึ่งเปรียบเทียบกับราคาเฉลี่ยของสินค้าและบริการจำนวนเดียวกันนั้นของปีฐานหรือปีที่ใช้ในการอ้างอิงสาเหตุของเงินเฟ้อ

สาเหตุของเงินเฟ้อ สามารถแบ่งออกเป็น 2 สาเหตุใหญ่ๆ คือ เงินเฟ้อที่เกิดทางด้านอุปสงค์ และเงินเฟ้อที่เกิดทางด้านอุปทาน

1. เงินเฟ้อที่เกิดทางด้านอุปสงค์ หมายถึง เงินเฟ้อที่เกิดทางด้านอุปสงค์รวมเพิ่มขึ้นก่อน โดยที่อุปทานไม่เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับกับอุปสงค์รวมที่เพิ่มขึ้นได้ ส่งผลให้ระดับราคาถีบตัวสูงขึ้น เงินเฟ้อที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของอุปสงค์รวมนี้เรียกว่าเงินเฟ้อที่เกิดจากแรงดึงของอุปสงค์ (Demand-pull Inflation)

2. เงินเฟ้อที่เกิดทางด้านอุปทาน หมายถึง เงินเฟ้อที่เกิดจากการต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นก่อน ทำให้ผู้ผลิตต้องเสนอราคาขายสินค้าและบริการในราคาที่สูงขึ้น เงินเฟ้อที่เกิดทางด้านอุปทานนี้ว่า เงินเฟ้อที่เกิดจากแรงดันของต้นทุน (Cost-push Inflation)

ผลกระทบของเงินเฟ้อ

เมื่อเกิดภาวะเงินเฟ้อขึ้นในระบบ ระบบเศรษฐกิจย่อมเกิดผลกระทบต่างๆ ดังนี้

1. อำนาจซื้อของเงิน เมื่อเกิดภาวะเงินเฟ้อ ระดับราคาสินค้าจะสูงขึ้น อำนาจซื้อของเงินแต่ละหน่วยลดลง ประชาชนจึงรีบใช้จ่ายเงินในการซื้อสินค้าและบริการต่างๆ ส่งผลทำให้อุปสงค์รวมเพิ่มขึ้นและทำให้เกิดภาวะเงินเฟ้อรุนแรงขึ้นไปอีก

2. การออมและการลงทุน ในระยะที่เกิดภาวะเงินเฟ้อ ประชาชนมักจะรีบเร่งใช้จ่ายเงิน ส่งผลให้เงินออมและการลงทุนของประเทศลดลงด้วย

3. การกระจายรายได้ เมื่อเกิดภาวะเงินเฟ้อจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการกระจายรายได้บุคคลกลุ่มที่มีฐานะดีและอำนาจการต่อรองสูงจะได้รับประโยชน์ ในขณะที่บุคคลกลุ่มที่มีฐานะยากจนและขาดอำนาจการต่อรองต้องเสียประโยชน์ ผลของภาวะเงินเฟ้อจึงทำให้คนรวยยิ่งรวยขึ้นและคนจนยิ่งจนมากขึ้น

4. การค้าต่างประเทศ ภาวะเงินเฟ้อก่อให้เกิดผลกระทบแก่การส่งออกและการนำเข้า ด้านการส่งออก ปริมาณการส่งออกจะลดลงเนื่องจากราคาสินค้าที่สูงขึ้นทำให้ส่งออกได้้น้อยลง ด้านการนำเข้ากรที่ราคาสินค้าในประเทศสูงขึ้นกระตุ้นให้มีการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศมากขึ้น

5. การเมือง การที่ระดับราคาสูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าครองชีพของประชาชนเพิ่มขึ้น บุคคลจึงพยายามที่จะปรับปรุงรายได้ให้สูงขึ้น การกระจายรายได้ยิ่งเหลื่อมล้ำคนที่มียาได้น้อยยิ่งจนลง ถ้ารัฐบาลไม่สามารถลดภาวะเงินเฟ้อเพื่อชะลอการเพิ่มขึ้นของระดับราคาได้แล้ว จะเกิดความไม่พอใจในประสิทธิภาพการทำงานส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรัฐบาล

นโยบายในการแก้ปัญหาเงินเฟ้อ

1. การแก้ปัญหาเงินเฟ้อที่เกิดจากแรงดึงของอุปสงค์ รัฐบาลสามารถทำได้โดยใช้ นโยบายการคลังแบบรัดตัว รัฐบาลจะต้องลดรายจ่ายของรัฐบาลลงเพิ่มรายได้จากการเก็บภาษี จัดทำงบประมาณแบบเกิดดุล ซึ่งจะทำให้อุปสงค์รวมของประเทศลดลง ระดับราคาลดลง และปัญหาเงินเฟ้อจะชะลอตัวลง

2. การแก้ปัญหาเงินเฟ้อที่เกิดจากแรงดันของต้นทุน รัฐบาลสามารถใช้นโยบายการคลัง โดยใช้มาตรการลดอากรขาเข้าสินค้าหรือวัตถุดิบสำคัญบางรายการลง เพิ่มให้ราคาของวัตถุดิบและสินค้าเหล่านั้นมีราคาที่ต่ำลง ให้เงินอุดหนุนการผลิตสินค้าบางชนิด ตรึงราคาสินค้าอุปโภคบริโภค มาตรการต่างๆ เหล่านี้จะช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของต้นทุนวัตถุดิบ ต้นทุนค่าสาธารณูปโภค และค่าขนส่งสินค้า

2.2 สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณตั้งแต่สองตัวขึ้นไปเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าของตัวแปรหนึ่งจากตัวแปรอื่นๆ การวิเคราะห์การถดถอยใช้กันอย่างแพร่หลายในสาขาต่างๆ เช่น การแพทย์วิทยาศาสตร์ ธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ เป็นต้น (พรสิน สุภวาลย์, 2556)

สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์การถดถอย

การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงปริมาณ 2 ชุด หรือมากกว่านั้นถ้าใช้เทคนิคการทดสอบไคสแควร์จะต้องแปลงข้อมูลเชิงปริมาณเป็นข้อมูลเชิงกลุ่มเสียก่อนแล้วจึงนับความถี่ซึ่งการทำเช่นนี้จะสูญเสียรายละเอียดของข้อมูลไป เทคนิคการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เป็นเทคนิคการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงปริมาณตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไปหรือตัวแปรแบบต่อเนื่องตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป และสามารถบอกได้ว่าข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันนั้นมีความสัมพันธ์กันในทิศทางใด ในขณะเดียวกันหากข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุด มีความสัมพันธ์โดยที่ข้อมูลชุดหนึ่ง (ตัวแปรตาม) ขึ้นอยู่กับข้อมูลชุดอื่นๆ (ตัวแปรอิสระ) เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยจะช่วยพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม เมื่อกำหนดค่าของตัวแปรอิสระเหล่านั้น (พรสิน สุภวาลย์, 2556)

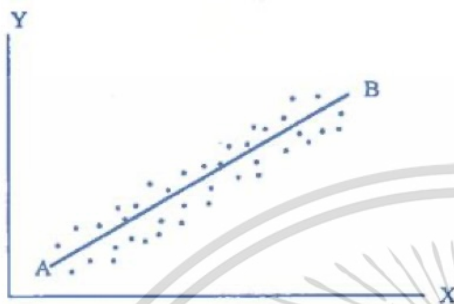
สหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับใดและมีความสัมพันธ์ในทิศทางใด เช่น ความสูงกับน้ำหนักของคนมีความสัมพันธ์กันมากหรือน้อยและมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันหรือตรงกันข้าม ลักษณะของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจะต้องเป็นข้อมูลที่มาจากหน่วยตัวอย่างเดียวกัน

การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือตัวแปร 2 ตัวเรียกว่าสหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation) การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือตัวแปรมากกว่า 2 ตัว เรียกว่า สหสัมพันธ์เชิงพหุ (multiple-correlation)

วิธีการตรวจสอบลักษณะความสัมพันธ์

แผนภาพการกระจาย (scatter diagram)

แผนภาพการกระจายเป็นวิธีการดูลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวว่ามีแนวโน้มไปทางใด ดังนี้



แนวโน้มของจุดชี้ขึ้นด้านขวาตามแนวเส้นตรง เมื่อ x มีค่ามาก เมื่อ x มีค่าน้อย y มีค่าน้อย เรียกว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นเชิงบวก (positive and linear correlation)

รูปที่ 2.1 แผนภาพความสัมพันธ์แบบแปรตามกัน



แนวโน้มของจุดชี้ลงด้านขวาตามแนวเส้นตรง เมื่อ x มีค่ามาก y มีค่าน้อย เมื่อ x มีค่าน้อย y มีค่ามาก เรียกว่าความสัมพันธ์เชิงเส้นเชิงลบ (negative and linear correlation)

รูปที่ 2.2 แผนภาพความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน



แนวโน้มของจุดกระจายออกไม่มีแนวโน้มเส้นตรง เรียกว่า ไม่มีความสัมพันธ์ (nonlinear correlation)

รูปที่ 2.3 แผนภาพไม่มีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient)

สำหรับตัวสถิติที่ใช้วัดค่าสหสัมพันธ์อย่างง่ายว่ามีความสัมพันธ์มากหรือน้อยเพียงใดคือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ซึ่งในกรณีของสหสัมพันธ์อย่างง่ายตัวสถิตินี้ เรียกว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Coefficient) เขียนแทนด้วย สัญลักษณ์ ρ หรือ ρ_{xy} ในกรณีที่เป็นค่าพารามิเตอร์ และ r หรือ r_{xy} ในกรณีที่เป็นค่าสถิติโดยที่ ρ และ r จะไม่มีหน่วยและมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้มีความหมาย ดังนี้

1. ถ้า ρ หรือ r มีค่าเป็นบวก แสดงว่า ตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์เชิงบวก หมายความว่า ถ้าตัวแปร X มีค่าเพิ่มขึ้นตัวแปร Y จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือถ้าตัวแปร X มีค่าลดลง ตัวแปร Y จะมีค่าลดลง
2. ถ้า ρ หรือ r มีค่าเป็นลบ แสดงว่า ตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์เชิงลบ หมายความว่า ถ้าตัวแปร X มีค่าเพิ่มขึ้นตัวแปร Y จะมีค่าลดลง หรือถ้าตัวแปร X มีค่าลดลง ตัวแปร Y จะมีค่าเพิ่มขึ้น
3. ถ้า ρ หรือ r มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์เชิง บวกอย่างสมบูรณ์ (perfect positive correlation)
4. ถ้า ρ หรือ r มีค่าเท่ากับ -1 แสดงว่าตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างสมบูรณ์ (perfect negative correlation)
5. ถ้า ρ หรือ r มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีความสัมพันธ์มาก
6. ถ้า ρ หรือ r มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่า ตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์เชิงลบและมีความสัมพันธ์มาก
7. ถ้า ρ หรือ r มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า ตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์กันน้อย
8. ถ้า ρ หรือ r มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่า ตัวแปร X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น

วิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูลหรือตัวแปร เช่น สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน เป็นต้น

จะกล่าวเฉพาะการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันซึ่งใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงปริมาณหรือตัวแปรแบบต่อเนื่องสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน เขียนแทนด้วย สัญลักษณ์ ρ ซึ่งคิดค้นโดย คาร์ล เพียร์สัน (Karl Pearson) บางครั้งอาจเรียกว่า Pearson Product moment correlation coefficient ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\rho = \frac{\text{cov}(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} \text{ หรือ } \rho = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \mu_y)^2}}$$

โดยที่ ρ แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

$\text{cov}(x,y)$ หรือ σ_{xy} แทน ความแปรปรวนร่วมของตัวแปร X และ Y

σ_x, σ_y แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร X และ Y

μ_x, μ_y แทน ค่าเฉลี่ยของตัวแปร X และ Y

ในทางปฏิบัติเก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่าง ดังนั้นประมาณ ρ ด้วย r โดยที่

$$r = \frac{\text{cov}(x,y)}{S_x S_y}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

$$= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n (y_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

โดยที่ r แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

$\text{cov}(x,y)$ แทน ความแปรปรวนร่วมของตัวแปร X และ Y

s_x, s_y แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร X และ Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\bar{x}, \bar{y} แทน ค่าเฉลี่ยของตัวแปร X และ Y

n แทน จำนวนตัวอย่าง

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน(ρ_{xy})

1. การประมาณค่าแบบจุดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ตัวประมาณแบบจุดของ ρ_{xy} คือ

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n (y_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

2. การประมาณค่าแบบช่วงของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น การแจกแจงของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จึงไม่เป็นสมมาตร เพื่อให้การแจกแจงของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นสมมาตรจึงต้องเปลี่ยนค่า แล้ว r_{xy} เป็น Z_r ตามวิธีการของ Fisher ดังนี้

$$Z_r = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right)$$

จะได้ Z_r มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย $\mu_{Z_r} = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+\rho}{1-\rho} \right)$ ความแปรปรวน

$$\sigma_{Z_r}^2 = \frac{1}{n-3}$$

$$\text{นั่นคือ } Z_r \sim N \left(\frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+\rho}{1-\rho} \right), \frac{1}{n-3} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นจะได้ } Z &= \frac{Z_r - \mu_{Z_r}}{\sigma_{Z_r}} \\ &= (Z_r - \mu_{Z_r}) \sqrt{n-3} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{จะได้ } (1 - \alpha)100\% \text{ ของ } u_{zr} \text{ คือ } \frac{z_r \pm z_{\frac{\alpha}{2}}}{\sqrt{n-3}}$$

ในการประมาณค่าแบบช่วงของ ρ ต้องเปลี่ยนขอบเขตบนและขอบเขตล่างของการประมาณค่าแบบช่วงเป็นขอบเขตบนของ $\rho(\rho_U)$ และขอบเขตล่างของ $\rho(\rho_L)$ เสียก่อน โดยที่

$$\rho_U = \frac{e^{2Z_U} - 1}{e^{2Z_U} + 1} \text{ และ } \rho_L = \frac{e^{2Z_L} - 1}{e^{2Z_L} + 1}$$

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ ρ คือ $\rho_L \leq \rho \leq \rho_U$

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

เป็นการทดสอบว่า ตัวแปร X และตัวแปร Y มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ สมมติฐานเชิงสถิติ

$H_0: \rho = 0$ หรือ $H_0: X$ และ Y ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

$H_1: \rho \neq 0$ หรือ $H_1: X$ และ Y มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

เนื่องจาก $\rho = 0$ จะได้ว่า r มีการแจกแจงแบบปกติ

และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ $\sqrt{\frac{(1-r^2)}{n-2}}$

ตัวสถิติทดสอบ $T = \frac{r - 0}{\sqrt{\frac{(1-r^2)}{n-2}}}$

ค่าวิกฤติ คือ $-\frac{z_{\frac{\alpha}{2}}}{2}, \frac{z_{\frac{\alpha}{2}}}{2}$

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

ในการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามนั้นบ่อยครั้งที่จำนวนตัวแปรอิสระที่สนใจในการศึกษามีมากกว่าหนึ่งตัวแปร เช่น เวลาที่ใช้ในการหมักขนมปังขึ้นอยู่กับปริมาตรของเหลวที่ใช้ อุณหภูมิในการหมัก ปริมาณยีสต์ที่ใช้ เป็นต้น ความสัมพันธ์เช่นนั้นไม่สามารถใช้การถดถอยโดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายในการวิเคราะห์ที่ได้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุ (multiple linear regression analysis) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรอิสระที่มากกว่าหนึ่งตัวแปร การเพิ่มตัวแปรอิสระที่เกี่ยวข้องเข้าในการวิเคราะห์จะทำให้ความถูกต้องของการวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้นและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณค่า (standard error of estimates) ลดลง (พรสิน สุภวาลัย, 2556)

วิธีการคัดเลือกตัวแปร (วาโร เฟิงส์วีสต์, 2550)

1. วิธีการเลือกแบบก้าวหน้า (Forward Selection)

วิธีการนี้จะเป็นการเลือกตัวแปรทำนายที่มีสหสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงที่สุดเข้าสมการก่อน ส่วนตัวแปรที่เหลือจะมีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐาน ค่า t-test ทดสอบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐาน และค่าสหสัมพันธ์แบบแยกส่วน (partial correlation) โดยเป็นความสัมพันธ์เฉพาะตัวแปรที่เหลือตัวนั้นกับตัวแปรตามโดยขจัดอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ ออก ถ้าตัวแปรใดมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมีนัยสำคัญทางสถิติก็จะนำเข้ามาสมการต่อไป จะทำแบบนี้จนกระทั่ง ตัวแปรที่เหลืออยู่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็จะหยุดการคัดเลือก และได้สมการที่มีสัมประสิทธิ์การทำนายสูงสุด

2. วิธีการเลือกแบบถอยหลัง (Backward Selection)

วิธีการนี้เป็นการนำตัวแปรทำนายทั้งหมดเข้าสมการ จากนั้นก็จะค่อยๆ ขจัดตัวแปรทำนายออกทีละตัว โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรทำนายที่อยู่ในสมการ หากทดสอบแล้วพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็จะขจัดออกจากสมการ ถ้ามีหลายตัวแปรที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โปรแกรมจะเลือกตัวแปรที่มีค่าสถิติ t-test ต่ำสุด ค่านัยสำคัญสำคัญสูงสุดออกจากสมการ แล้วดำเนินการทดสอบตัวแปรที่เหลืออยู่ในสมการต่อไป จนกระทั่งตัวแปรทำนายแต่ละตัวมีนัยสำคัญทางสถิติก็จะหยุดการคัดเลือก และได้สมการการทดสอบที่มีสัมประสิทธิ์การทำนายสูงสุด

3. การคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise Selection)

การคัดเลือกแบบนี้เป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการคัดเลือกตัวแปรทำนายทั้งสองวิธีที่กล่าวมาแล้วเข้าด้วยกัน ในขั้นแรกจะเลือกตัวแปรทำนายที่มีสหสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงที่สุดเข้าสมการก่อน จากนั้นก็จะทดสอบตัวแปรที่ไม่ได้อยู่ในสมการว่าจะมีตัวทำนายตัวใดบ้างมีสิทธิ์เข้ามาอยู่ในสมการด้วยวิธีการคัดเลือกแบบก้าวหน้า (Forward Selection) และขณะเดียวกันก็จะทดสอบตัวแปรที่อยู่ในสมการด้วยว่าตัวแปรทำนายที่อยู่ในสมการตัวแปรใดมีโอกาสที่จะถูกขจัดออกจากสมการด้วยวิธีการคัดเลือกแบบถอยหลัง (Backward Selection) โดยจะกระทำการคัดเลือกผสมทั้งสองวิธีนี้ใน

ทุกขั้นตอนจนกระทั่งไม่มีตัวแปรใดที่ถูกคัดออกจากสมการ และไม่มีตัวแปรใดที่จะถูกนำเข้าสู่สมการ กระบวนการก็จะยุติและได้สมการถดถอยที่มีสัมประสิทธิ์การทำนายสูงสุด

4. การคัดเลือกแบบนำเข้า (Enter Selection)

เป็นการนำตัวแปรต้นทุกตัวเข้าสู่สมการทำนายตัวแปรตามพร้อมกันในคราวเดียวหรือเป็นการคัดเลือกตัวแปรเข้าสู่สมการทำนายตามความเชื่อของนักวิจัย สมการทำนายจึงมีค่าของตัวแปรต้นทุกตัวปรากฏผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ จะทำให้นักวิจัยทราบประสิทธิภาพของตัวแปรต้นทุกตัวที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม โดยขนาดอิทธิพลของตัวแปรต้นทุกตัวจะถูกทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ

ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสามารถจัดอยู่ในรูปเส้นตรงได้สำหรับกรณีที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัว (X_1 และ X_2) ที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรตามแล้วสมการถดถอยสามารถวาดอยู่ในรูประนาบ โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการดังนี้ (พรสิน สุภวาลย์, 2556)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$$

โดยที่ Y_i คือ ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรตามของประชากร

X_{1i} คือ ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรอิสระที่ j ของประชากร

β_0 คือ จุดตัด Y เมื่อกำหนดให้ $X_{1i} = X_{2i} = \dots = X_{ki} = 0$

β_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยบางส่วน (Partial Regression Coefficient) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y เมื่อตัวแปรอิสระ X_{ki} เปลี่ยนไป 1 หน่วย โดยกำหนดตัวแปรอิสระอื่นๆ ให้คงที่

ε_i คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

การทดสอบสมการถดถอย

การทดสอบนัยสำคัญของสมการถดถอยเป็นการตรวจสอบว่าตัวแปรตาม Y มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวหรือไม่ ซึ่งต้องอาศัยข้อกำหนดเบื้องต้นสัมประสิทธิ์ถดถอยแต่ละตัวในที่สามารถกำหนดสมมติฐานของการทดสอบได้เป็น (พรสิน สุภวาลย์, 2556)

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0 \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่า } j=1, 2, \dots, k$$

การทดสอบนี้จัดเป็นกรณีทั่วไปของการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย โดยแบ่งความผันแปรทั้งหมดของ Y ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการถดถอย และส่วนที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการถดถอย แสดงในรูปของผลรวมกำลังสองได้ ดังนี้

$$SST = SSR + SSE$$

หาก H_0 เป็นจริงแล้ว จะได้ว่า

$$\frac{SST}{\sigma^2} \sim \chi_k^2$$

ซึ่งจำนวนองศาความเป็นอิสระของ χ_k^2 มีค่าเท่ากับจำนวนตัวแปรอิสระนั่นเอง ทำนองเดียวกันจะได้ว่า

$$\frac{SSE}{\sigma^2} \sim \chi_{n-k-1}^2$$

โดย SSR และ SSE เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานทำได้โดยคำนวณสถิติทดสอบ

$$F_c = \frac{SSR/k}{SSE/(n-k-1)} = \frac{MSR}{MSE}$$

โดยจะปฏิเสธ H_0 ถ้า $F_c \geq F_{k, n-k-1}(\alpha)$ ซึ่งแสดงว่ามี β_j อย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับศูนย์ หรือมีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีอิทธิพลต่อตัวแบบอย่างมีนัยสำคัญ ขั้นตอนการทดสอบสามารถสรุปในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังนี้

ANOVA				
Source of variation	df	SS	MS	F
Regression	k	SSR	MSR	$F_c = \frac{MSR}{MSE}$
Error	n-k-1	SSE	MSE	
Total	n-1	SST		

SST (Sum Square of Total) คือ ผลรวมกำลังสองทั้งหมด หรือค่า S_{yy} เป็นการวัดความแปรผันในค่าสังเกตทั้งหมด หากค่าสังเกตทุกค่าเท่ากันหมดแล้ว $SST=0$ ดังนั้น เมื่อค่าสังเกตมีค่าแตกต่างกันมากค่า SST จะใหญ่ขึ้น โดยที่

$$SST = SS_{yy} = Y'Y - \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)^2}{n}$$

เนื่องจาก

$$SST = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)^2}{n}$$

โดย

$$Y'Y = \sum_{i=1}^n Y_i^2$$

และ

$$\left(\frac{1}{n}\right)Y'Y = \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)^2}{n}$$

SSR (Sum Square of Regression) คือ ผลรวมกำลังสองถดถอยเป็นการวัดความแปรผันในค่าสังเกตที่สามารถอธิบายได้ โดยสมการถดถอยหากค่า SSR เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ SST แสดงว่าสมการถดถอยสามารถอธิบายความแปรผันในค่าสังเกตได้ดี โดยที่

$$SSR = b'Y'Y - \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)^2}{n}$$

SSE (Sum Square of Error) คือ ผลรวมกำลังสองความคลาดเคลื่อน (error sum of squares) เป็นการวัดความแปรผันที่ไม่สามารถอธิบายได้โดยสมการถดถอยหรือตัวแปร X หากสมการถดถอยสามารถอธิบายค่าสังเกตได้ดี ค่าพยากรณ์ทุกค่าจะมีค่าเท่ากับค่าสังเกตทำให้ SSE=0 โดยที่

$$SSE = SST - SSR$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบถดถอย

จะประมาณค่า Y_i ด้วย \hat{Y}_i ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} + \dots + b_kX_{ki} ; i=1,2,\dots,n$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการนี้ เรียกว่า สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณของตัวอย่างสุ่ม โดยที่ \hat{Y}_i เป็นค่าประมาณของ Y_i และ $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ เป็นค่าประมาณ $\hat{Y}_i = b_0 + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} + \dots + b_kX_{ki}$; $i=1, 2, \dots, n$ ตามลำดับ

การหาตัวประมาณ $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ ของพารามิเตอร์ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ จะหาได้โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ผลบวกของค่าความ

คลาดเคลื่อนกำลังสอง $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2$ มีค่าต่ำสุด ซึ่งตัวประมาณค่า $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ ที่หาได้ด้วยวิธีนี้

จะเป็นตัวประมาณค่าที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ นั่นคือ เป็นตัวประมาณค่าที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำสุด (Best Linear Unbiased Estimator : BLUE) โดยค่าคลาดเคลื่อน (Residuals) เขียนในรูป

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

$$e_i = Y_i - (b_0 + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} + \dots + b_kX_{ki})$$

ให้
$$\phi = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - b_0 - b_1X_{1i} - \dots - b_kX_{ki})^2$$

ซึ่งเป็นค่าผลบวกกำลังสองของค่าประมาณที่เบี่ยงเบนไปจากค่าที่แท้จริง โดยตัวประมาณค่า $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ นี้จะทำให้ ϕ มีค่าต่ำสุด ซึ่งจะหาได้ ดังนี้

$$\frac{\sum e^2}{b_0} = -2 \sum (Y_i - b_0 - b_1X_{1i} - \dots - b_kX_{ki}) = 0$$

$$\frac{\sum e^2}{b_1} = -2 \sum X_{1i} (Y_i - b_0 - b_1X_{1i} - \dots - b_kX_{ki}) = 0$$

⋮

$$\frac{\sum e^2}{b_k} = -2 \sum X_{ki} (Y_i - b_0 - b_1X_{1i} - \dots - b_kX_{ki}) = 0$$

นั่นคือ ถ้ามีตัวแปรอิสระ k ตัว ในสมการ จะได้สมการจำนวน $k+1$ ซึ่งเรียกว่าสมการปกติ (Normal Equation) ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 nb_0 + b_1 \sum_{i=1}^n X_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^n X_{2i} + \dots + b_k \sum_{i=1}^n X_{ki} &= \sum_{i=1}^n Y_i \\
 b_0 \sum_{i=1}^n X_{1i} + b_1 \sum_{i=1}^n X_{1i}^2 + b_2 \sum_{i=1}^n X_{1i}X_{2i} + \dots + b_k \sum_{i=1}^n X_{1i}X_{ki} &= \sum_{i=1}^n X_{1i}Y_i \\
 b_0 \sum_{i=1}^n X_{2i} + b_1 \sum_{i=1}^n X_{1i}X_{2i} + b_2 \sum_{i=1}^n X_{2i}^2 + \dots + b_k \sum_{i=1}^n X_{1i}X_{ki} &= \sum_{i=1}^n X_{2i}Y_i \\
 &\vdots \\
 b_0 \sum_{i=1}^n X_{ki} + b_1 \sum_{i=1}^n X_{1i}X_{ki} + b_2 \sum_{i=1}^n X_{2i}X_{ki} + \dots + b_k \sum_{i=1}^n X_{1i}X_{ki} &= \sum_{i=1}^n X_{ki}Y_i
 \end{aligned}$$

โดยทั่วไปในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณจะใช้เมทริกซ์เป็นเครื่องมือซึ่งทำให้การวิเคราะห์สะดวกมากขึ้น โดยกำหนด

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \dots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \dots & X_{kn} \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

โดยที่ \mathbf{Y} คือ เวกเตอร์ขนาด $n \times 1$ ของค่าตัวแปรตาม

\mathbf{X} เป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times n$ ของตัวแปรอิสระ

$\boldsymbol{\beta}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด $n \times 1$ ของพารามิเตอร์

$\boldsymbol{\varepsilon}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด $n \times 1$ ของตัวแปรสุ่มค่าความคลาดเคลื่อน

ดังนั้น ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ สามารถเขียนในรูปเมทริกซ์ ได้ดังนี้

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

และข้อกำหนดของ $\boldsymbol{\varepsilon}$ สามารถเขียน ได้ดังนี้

$$\boldsymbol{\varepsilon} \sim N_n(0, \sigma^2 \mathbf{I})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งหมายความว่า $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ เป็นอิสระกัน และมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย 0 และความแปรปรวนคงที่ คือ σ^2 และสมการปกติในเทอมของเมทริกซ์ จะเขียนได้ดังนี้

$$X'Xb = X'Y$$

การแก้สมการหาค่า b จะสมมติว่าหาเมทริกซ์ผกผันของเมทริกซ์ $X'X$ เพราะฉะนั้นตัวประมาณค่ากำลังสองน้อยที่สุด คือ

$$b = (X'X)^{-1} X'Y$$

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นการทดสอบสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่หรือ $H_0: \beta_0 = \beta_1 = \dots = \beta_{p-1}$ และ H_1 : อย่างน้อย 1 ตัวที่มีค่าไม่เท่ากับ 0 และใช้การทดสอบเอฟเช่นเดียวกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย หากปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรตาม การวิเคราะห์ความแปรปรวนสามารถคำนวณในรูปของเมทริกซ์ได้โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ ผลรวมกำลังสองดังนี้

1. ผลรวมกำลังสองทั้งหมด

ผลรวมกำลังสองทั้งหมด (SST) เขียนในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$SST = Y'Y - \left[\frac{1}{n} \right] Y'JY$$

หรือ

$$= Y' \left[I - \left[\frac{1}{n} \right] J \right] Y$$

โดย SST มีองศาเสรีเท่ากับ $n - p$

2. ผลรวมกำลังสองความคลาดเคลื่อน

ผลรวมกำลังสองความคลาดเคลื่อน (SSE) เขียนในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$SSE = Y'Y - b'X'Y$$

หรือ

$$= Y'[I - H]Y$$

โดย SSE มีองศาเสรีเท่ากับ $n - p$

3. ผลรวมกำลังสองถดถอย

ผลรวมกำลังสองถดถอย(SSR) เขียนในรูปของเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$SSR = \mathbf{b}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} - \left[\frac{1}{n} \right] \mathbf{Y}'\mathbf{J}\mathbf{Y}$$

หรือ

$$= \mathbf{Y}' \left[\mathbf{I} - \left[\frac{1}{n} \right] \mathbf{J} \right] \mathbf{Y}$$

โดย SSR มีองศาเสรีเท่ากับ $p - 1$ เนื่องจากมีการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด p ค่า ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสามารถเขียนได้ดังนี้

Source of variation	SS	df	MS	F
Regression	$SSR = \mathbf{b}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} - \left(\frac{1}{n} \right) \mathbf{Y}'\mathbf{J}\mathbf{Y}$	$p - 1$	$MSR = \frac{SSR}{p - 1}$	$F = \frac{MSR}{MSE}$
Error	$SSE = \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - \mathbf{b}'\mathbf{X}'\mathbf{Y}$	$n - p$	$MSE = \frac{SSE}{n - p}$	
Total	$SST = \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - \left(\frac{1}{n} \right) \mathbf{Y}'\mathbf{J}\mathbf{Y}$	$n - 1$		

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจสำหรับตัวแปรอิสระหลายตัว

ในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายนั้นค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มาจากตัวแปรอิสระเพียง 1 ตัวแต่ในสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่มีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจจะถูกเรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสำหรับตัวแปรอิสระหลายตัว (coefficient of multiple determination) หรือ R^2 ซึ่งยังคงเป็นการวัดสัดส่วนของความแปรผันทั้งหมดของตัวแปรตามที่สามารถอธิบายได้โดยการใช้ตัวแปรอิสระในสมการถดถอยสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

ค่า R^2 มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 หรือ $0 < R^2 < 1$ โดยที่กำหนดว่าค่า R^2 เท่ากับ 0 เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทุกตัวมีค่าเป็น 0 และมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อค่าของตัวแปรตามทุกตัวมีค่าเท่ากับค่าพยากรณ์หรือ $Y_i = \hat{Y}_i$ สำหรับข้อมูลทั้ง n ค่า

เนื่องจากค่า R^2 ได้มาจากการใช้ข้อมูลในการคำนวณดังนั้น ช่วงพิสัยของตัวแปรอิสระจะมีผลต่อค่า R^2 การที่ค่า R^2 มีค่าสูงนั้นมีได้หมายความว่าสมการถดถอยนั้นเหมาะสมกับทุกช่วงค่าของตัวแปรอิสระ หากพยากรณ์นอกช่วงค่าของตัวแปรอิสระที่เก็บข้อมูลมา (extrapolation) แล้ว สมการถดถอยอาจไม่เหมาะสมก็ได้ นั่นคือ ค่าพยากรณ์ที่ได้ อาจมีความคลาดเคลื่อนได้

การเพิ่มจำนวนตัวแปรอิสระเข้าไปในสมการอาจทำให้ค่า R^2 เพิ่มขึ้นเนื่องจากค่า SSE อาจมีค่าลดลงได้แต่ค่า SST มีค่าเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลงโดยที่ตัวแปรอิสระที่เพิ่มเข้าไปนั้น อาจไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามก็ได้ ดังนั้น จึงมีการปรับค่า R^2 โดยการหารค่า SSE และ SST ด้วยองศาเสรีของมัน เรียกค่า R^2 นี้ว่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับแล้วสำหรับตัวแปรอิสระหลายตัว (adjusted coefficient of multiple determination) หรือ R_{adj}^2 สามารถแสดงได้โดยสมการดังนี้

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{\frac{SSE}{n-p}}{\frac{SST}{n-1}} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \frac{SSE}{SST}$$

ค่า R_{adj}^2 จะไม่เพิ่มขึ้นหากตัวแปรอิสระที่เพิ่มเข้าไปไม่มีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตามแต่ส่วนใหญ่นั้นแล้วจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มตัวแปรอิสระที่ไม่มีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตามเข้าไปในสมการเนื่องจาก SSE อาจลดลงมากกว่า ค่าองศาเสรีของมัน

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายมีประโยชน์และมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ในงานวิจัยแต่การที่จะใช้ตัวแบบการถดถอยให้มีความถูกต้องและมีอำนาจการทดสอบที่สูงนั้น

ตัวแบบจำเป็นต้องเป็นไปตามข้อตกลง (assumption) ข้อตกลงที่กำหนดไว้ มี 5 ข้อ (Montgomery & Peck, 1992) ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y เป็นเส้นตรงหรือมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง
2. ความคลาดเคลื่อน (ϵ) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0
3. ความคลาดเคลื่อน (ϵ) มีความแปรปรวนคงที่เท่ากับ σ^2
4. ความคลาดเคลื่อนแต่ละค่าเป็นอิสระต่อกัน
5. ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

ข้อตกลงดังกล่าวมีความจำเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะในการทดสอบสมมติฐานและการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ หากตัวแบบไม่เป็นไปตามข้อตกลงแล้วอาจทำให้การตัดสินใจผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

หากตัวแบบการถดถอยที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อตกลงแล้วจะพบว่าส่วนเหลือจะเบี่ยงเบนไปจากข้อตกลง ดังนั้นการวิเคราะห์ส่วนเหลือจึงเป็นการวิเคราะห์ตัวแบบที่ง่ายและมีประโยชน์มาก

การตรวจสอบข้อตกลงของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

1. การตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

ข้อสมมติของตัวแบบการถดถอยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติจากการวิเคราะห์การถดถอย หากพบว่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติจะทำให้ผลสรุปที่ได้ผิดพลาด การทดสอบสมมติฐานที่เกี่ยวกับพารามิเตอร์ในตัวแบบไม่ถูกต้อง การทดสอบสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้การทดสอบของ Lilliefors (อุมาพร จันทศร, 2542) Lilliefors ได้ปรับปรุงการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov ในกรณีที่ต้องทดสอบเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติที่ไม่ระบุค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน การทดสอบของ Lilliefors จะเหมือนกับการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov เกือบทุกประการยกเว้นการใช้คะแนนมาตรฐาน (Normalized Value) แทนคะแนนดิบ

สมมติฐานของการทดสอบ คือ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปกติ

สถิติทดสอบ

$$D_{\max} = |F(x) - S(x)|$$

เมื่อ $F(x)$ คือ ความน่าจะเป็นสะสมของตัวอย่าง

$S(x)$ คือ ความน่าจะเป็นสะสมภายใต้สมมติฐานหลัก

ค่าวิกฤตของ D หาได้จากตาราง Lilliefors และทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อ D คำนวณ $> D$ ตาราง

2. การตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน

ในงานวิจัยนี้ใช้การทดสอบของ Durbin-Watson เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ของ e_i กับ e_{i-1}

สมมติฐานของการทดสอบ คือ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

โดยที่ e_i คือ ค่าของค่าคลาดเคลื่อนที่ i
 e_{i-1} คือ ค่าของค่าคลาดเคลื่อนที่ $i-1$

สำหรับค่าวิกฤตของ Durbin-Watson จะขึ้นกับขนาดตัวอย่าง (n) และจำนวนตัวแปรอิสระ ในสมการความถดถอย สรุปได้ดังนี้ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548)

ถ้าค่า Durbin-Watson มีค่าใกล้ 2 (นั่นคือในช่วง 1.5-2.5) จะสรุปว่า e_i กับ e_j เป็นอิสระต่อกัน

ถ้าค่า Durbin-Watson < 1.5 แสดงว่าความสัมพันธ์ของ e_i กับ e_j อยู่ในทิศทางบวกและถ้าค่า Durbin-Watson มีค่าใกล้ 0 แสดงว่า e_i กับ e_j มีความสัมพันธ์กันมาก

ถ้าค่า Durbin-Watson > 2.5 แสดงว่าความสัมพันธ์ของ e_i กับ e_j อยู่ในทิศทางลบและถ้าค่า Durbin-Watson มีค่าใกล้ 4 แสดงว่า e_i กับ e_j มีความสัมพันธ์กันมาก

3. การตรวจสอบความคงที่ ของความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน (Heteroscedasticity)

การที่ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ นั่นคือ $v(\epsilon_i) \neq \sigma^2$ ซึ่งจะมีผลทำให้ การหาช่วงความเชื่อมั่นและการทดสอบสมมติฐานทำได้ไม่ถูกต้อง การทดสอบความคงที่ของความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน ทำได้โดยการพล็อตค่ามาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อน e_i กับค่าประมาณ \hat{Y} ถ้าพบว่าจุดต่างๆ ในภาพการกระจายเป็นแบบสุ่ม ขนานกับแกนนอน จะสรุปได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนคงที่แต่ถ้าพบว่าจุดต่างๆ ในภาพการกระจายเป็นรูปปากแตร จะสรุปได้ว่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2548)

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของประชากร เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มาจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ วิธีการตรวจสอบมีดังนี้ การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของประชากรมากกว่า 2 กลุ่มใช้การทดสอบของ Levene's Test เนื่องจากการทดสอบของเลวินจะมีความน่าเชื่อถือได้มากกว่ากรณีที่มีข้อมูลมีการแจกแจงที่แตกต่างไปจากการแจกแจงปกติ (สุรินทร์, 2553)

สมมติฐานในการทดสอบ

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \dots = \sigma^2_k$$

$$H_1 : \sigma^2_i \neq \sigma^2_j \text{ มีอย่างน้อย 1 คู่ โดยที่ } i \neq j$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$F = \frac{(n-k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} n_{ij} (\bar{Z}_i - \bar{Z})^2} \text{ เมื่อ } df = (k - 1, n - k)$$

ให้ X_{ij} แทนค่าสังเกตที่ j ในตัวอย่าง i

m_i แทนค่ามัธยฐานของตัวอย่าง i

$$Z_{ij} = |X_{ij} - m_i|$$

เมื่อ Z_{ij} อาจเป็นค่าใดค่าหนึ่ง ดังนี้

1. $Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}_i|$ เมื่อ \bar{X}_i คือค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ i
2. $Z_{ij} = |X_{ij} - X_i|$ เมื่อ X_i คือค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ i

และ Z_i คือค่าเฉลี่ยของ Z_{ij} ของตัวอย่างที่ i ส่วน Z คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดของ Z_{ij} ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบนี้จะมีการแจกแจงแบบเอฟที่มีองศาความเป็นอิสระ $df = (k - 1, n - k)$ ถ้าค่า F ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า แสดงว่า H_0 เป็นจริง แต่ถ้าหากค่า F ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า แสดงว่า H_0 ไม่เป็นจริง ดังนั้นจะได้รับการทดสอบข้างเดียวขวามือ ถ้ากำหนดระดับนัยสำคัญ (α) จะได้บริเวณ

วิกฤตคือ $F > F_{1-\alpha, k-1, n-k}$ ผลการทดสอบจะสรุปได้ดังนี้ คือ ถ้าหากค่า F ที่คำนวณได้ตกในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณวิกฤตจะปฏิเสธ H_0 แต่ถ้าหากค่า F ที่คำนวณได้อยู่นอกบริเวณวิกฤตจะยอมรับ H_0 หรือ $p - \text{value} < \alpha$ ที่กำหนด

4. การตรวจสอบความเป็นอิสระของตัวแปรอิสระ

ตัวแบบการทดสอบที่ดี ตามข้อสมมติของตัวแบบการถดถอย ตัวแปรอิสระทุกตัวต้องเป็นอิสระกัน การที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน เรียกว่า เกิดสหสัมพันธ์ร่วม (multicollinearity) การตรวจสอบว่า ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ร่วมหรือไม่นั้น ได้พิจารณาค่า VIF (Variance Inflation Factor) และค่า Tolerance ซึ่งค่า Tolerance นั้น เป็นส่วนกลับของค่า VIF อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในตำแหน่งทศนิยมเกิดขึ้น การวิจัยครั้งนี้จึงเลือกพิจารณาจากค่า VIF เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น ดังนี้

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

สำหรับ $j = 1, 2, \dots, k$ โดยที่ R_j^2 เป็นค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ใช้สัดส่วนของความผันแปรของ X_j ที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระอื่นๆ ที่ไม่รวม X_j

ค่า VIF มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง ∞ ถ้าค่า VIF มีค่ามาก หมายความว่า ตัวแปร X_j มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่นๆ มาก โดยปกติจะใช้เกณฑ์ว่าเมื่อ (VIF) มีค่าไม่เกิน 10 แสดงว่า ตัวแปรอิสระจะไม่มีความสัมพันธ์กัน (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2548)

เปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากค่าคลาดเคลื่อน โดยค่าวัดความถูกต้องนี้ไม่มีหน่วยจึงเหมาะที่จะใช้การเปรียบเทียบอนุกรมเวลาหลายชุดเมื่อใช้วิธีการพยากรณ์เดียวกัน หรือเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์หลายวิธีเมื่อใช้อนุกรมเวลาชุดเดียวกัน ตามเกณฑ์ของ Lewis (Lewis, 1982)

ค่า MAPE < 10% หมายความว่าตัวแบบนั้นมีความแม่นยำสูง

ค่า MAPE = 10-20% หมายความว่าตัวแบบนั้นดี

ค่า MAPE = 21-50% หมายความว่าตัวแบบนั้นพอใช้ได้

ค่า MAPE > 51% หมายความว่าตัวแบบนั้นไม่มีความแม่นยำ

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิเชษฐ วงษ์เคี่ยม และ ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์ (2558) ทำการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายไตรมาสของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยการวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีแยกส่วนประกอบของข้อมูลออกเป็นค่าแนวโน้มและความแปรผันตามวัฏจักร ความแปรผันตามฤดูกาล และความแปรผันแบบสุ่ม โดยใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ หาสมการที่เป็นตัวแทนของค่าแนวโน้มและความแปรผันตามวัฏจักร โดยตัวแปรอิสระ ได้แก่ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) และจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า พบว่าจะให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำกว่าวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบปกติ จากการศึกษาวิจัยยังสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) และจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นตัวแปรอิสระมีผลต่อการใช้ไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ

ณัฐพล กวีกิจภาพล, ธนัตถ์ เรือนน้อย, ภาณุ วิฑิตินนรักษ์ และ พรทิพย์ เดชพิชัย (2560) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกรุงเทพมหานคร โดยตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม และตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลหุตุยภูมิรายเดือน ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า อุณหภูมิ รายได้เฉลี่ย ต่อครัวเรือน มูลค่าสินค้าทั้งหมดภายในประเทศไทย ปริมาณน้ำฝน ปริมาณมลพิษ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 60 เดือน โดยแบ่งข้อมูลเป็นสองส่วน ส่วนแรกใช้หาตัวแบบที่เหมาะสมในแต่ละวิธีการพยากรณ์ ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2556 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 จำนวน 48 เดือน ส่วนที่สองใช้สำหรับเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่ดีที่สุด ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 12 เดือน

พาฤกษ์ พวงบานเย็น (2563) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร รวมถึงอิทธิพลระหว่างตัวแปร และใช้เพื่อพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า (Load forecasting) หรือสร้างเป็นสมการพยากรณ์ขึ้นเพื่อทำนายการใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานศึกษาระดับ อนุบาลศึกษา – มัธยมศึกษา ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าหรือค่าหน่วยไฟฟ้ารายเดือนของโรงเรียนในปี พ.ศ.2560-2561 ของโรงเรียนในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาจำนวน 184 แห่ง ให้เป็นตัวแปรตาม รวมทั้งสิ้น 2,208 ตัวอย่าง มาพิจารณาค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r) โดยผลคือมีค่าสหสัมพันธ์จากมากไปน้อยตามลำดับ ดังนี้ จำนวนห้องเรียน, จำนวนครูและนักเรียน, จำนวนเครื่องปรับอากาศ, จำนวนคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ, อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน โดยมีค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันอยู่ที่ 0.878 , 0.865, 0.710 , 0.583 , -0.02 ตามลำดับ จากนั้นวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ ผลการวิจัยพบว่า ในรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดได้แก่ กรณีที่ข้อมูลมีการมีการแปลงข้อมูลแล้วและตัดตัวแปรจำนวนครูและนักเรียนออกก่อนการวิเคราะห์ พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์เท่ากับร้อยละ 69.12 ($R^2 = 69.12\%$) และมีตัวแปรอิสระ 4 ตัวที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัดพระนครศรีอยุธยาอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าจากมากไปน้อยตามสมการพยากรณ์ตามลำดับ ได้แก่ อุณหภูมิ,จำนวนคน/ห้อง,จำนวนเครื่องปรับอากาศ และจำนวนห้อง

วิชญ์วิสิฐ เกสรสิทธิ์ (2564) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยและสร้างสมการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายจังหวัดของประเทศไทยด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิซึ่งเป็นข้อมูลเปิดจากหน่วยงานเกี่ยวข้องของข้อมูลในแต่ละมิติ ซึ่งประกอบด้วย 5 มิติ คือ มิติที่ 1 ข้อมูลด้านทะเบียนผู้ใช้ไฟฟ้าและปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภท มิติที่ 2 ข้อมูลด้านสภาพภูมิประเทศ มิติที่ 3 ข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศ มิติที่ 4 ข้อมูลด้านอุตสาหกรรม และมิติที่ 5 ข้อมูลด้านครัวเรือน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมโอเพนซอร์สที่ เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ในการคำนวณทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่าตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายจังหวัดจำนวน 11 ตัวแปร โดยสมการทำนายสามารถใช้ในการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายจังหวัดได้อย่างถูกต้องประมาณร้อยละ 95.13 โดยมีค่า R-Square เท่ากับร้อยละ 95.13 และ Adjusted R-squared เท่ากับร้อยละ 95.04



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเรื่องการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

- 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
- 3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 การวัดความคลาดเคลื่อนของการทำนายของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

- 1) ศึกษาปัญหาและกำหนดหัวข้อ
- 2) ศึกษาข้อมูล เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3) กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษาและสมมติฐาน
- 4) รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์
- 5) วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล
- 6) สรุปผลการศึกษา
- 7) รายงานผลการศึกษา

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการทำการศึกษาคั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยมีประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

3.2.1 ประชากร

ข้อมูลรายเดือนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยและปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลรายเดือนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยและปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยเก็บรวบรวมเฉพาะเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 รวมทั้งสิ้น 84 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยเป็นข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย รวมถึงข้อมูลของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยโดยมีรูปแบบข้อมูลเป็นรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 รวมทั้งสิ้น 84 เดือน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเก็บรวบรวมมาจากหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

1. ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย เก็บรวบรวมจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน
2. ข้อมูลปริมาณการนำเข้าถ่านหิน เก็บรวบรวมจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน
3. ข้อมูลมูลค่าการนำเข้าน้ำมันดิบ เก็บรวบรวมจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน
4. ข้อมูลมูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม เก็บรวบรวมจากธนาคารแห่งประเทศไทย
5. ข้อมูลดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม เก็บรวบรวมจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน
6. ข้อมูลดัชนีราคาผู้บริโภค เก็บรวบรวมจากธนาคารแห่งประเทศไทย
7. ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ เก็บรวบรวมจากสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
8. ข้อมูลราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย เก็บรวบรวมจากธนาคารแห่งประเทศไทย
9. ข้อมูลอัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา เก็บรวบรวมจากธนาคารแห่งประเทศไทย
10. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศ เก็บรวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา
11. ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งประเทศ เก็บรวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้เพื่อทำการวิเคราะห์การถดถอยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอื่นๆ โดยงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังนี้

3.4.1 การแบ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวม

แบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ซึ่งข้อมูลส่วนแรกใช้เพื่อสร้างตัวแบบการทำนาย ทั้งสิ้น 72 เดือน และส่วนที่สองใช้สำหรับการตรวจสอบการทำนายเพื่อวัดความคลาดเคลื่อนของการทำนาย ทั้งสิ้น 12 เดือน

3.4.2 การสร้างตัวแบบด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

ผู้วิจัยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS ช่วยในการวิเคราะห์ ดังนี้

1. นำตัวแปรอิสระแต่ละตัวแปรทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของตัวแปรตาม
2. ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งเป็นการทดสอบสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้งหมด
3. ทดสอบตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่มีผลต่อตัวแบบ โดยการใช้การทดสอบ t-test
4. การตรวจสอบข้อตกลงของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ
 - 4.1 ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0
 - 4.2 ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติหรือไม่
 - 4.3 ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่หรือไม่
 - 4.4 ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่า Durbin Watson
 - 4.5 ทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัว โดยพิจารณาจากค่า Tolerance หรือ ค่า VIF

3.4.3 หากได้ตัวแบบที่เหมาะสมแล้วจึงนำตัวแบบที่ได้มาทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

3.5 การวัดความคลาดเคลื่อนของการทำนายของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

พิจารณาเลือกตัวแบบที่เหมาะสมด้วยข้อมูลชุดที่ 1 จากนั้นทำการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่ได้ด้วยข้อมูลชุดที่ 2 เมื่อพิจารณาแล้วจะได้ค่าพยากรณ์ที่มีความใกล้เคียงกับค่าจริงมากน้อยเพียงใดทำการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนของการทำนายโดยใช้เปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และกรมอุตุนิยมวิทยา โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและเลือกตัวแปรอิสระด้วยการเลือกตัวแปรด้วยวิธีทีละขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Excel และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS ผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

4.1.1 ทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย (Y) กับปัจจัยต่างๆ (X_i)

จากข้อตกลงเบื้องต้น คือ ตัวแปรตามและตัวแปรอิสระต้องมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกัน จะได้ว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงต่อตัวแปรตาม ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกัน

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Y											
Pearson Correlation	1	.261*	.437**	.594**	.545**	.246*	.527**	.423**	.320**	.395**	.339**
Sig. (2-tailed)		.027	.000	.000	.000	.037	.000	.000	.006	.001	.004
N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72

4.1.2 การหาสมการการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยวิธีการคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise Selection)

ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_{10} X_{10i} + \varepsilon_i$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงตัวแปรอิสระที่เข้ามาในสมการถดถอยโดยวิธีการคัดเลือกแบบขั้นตอน

Coefficients ^a					
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	p-value
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-175.323	666.759		-.263	.793
X3	.037	.008	.285	4.624	.000
X4	33.436	3.096	.655	10.798	.000
X10	76.529	12.734	.384	6.010	.000
X9	1.137	.283	.274	4.011	.000
X8	32.091	12.764	.152	2.514	.014

จากตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์กำลังสองระหว่างตัวแปร X และ Y สามารถอธิบายความแปรปรวนในตัวแปรตาม ได้ถึง 80%

เมื่อพิจารณาจากค่า Unstandardized Coefficients จะได้ตัวแบบสำหรับการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยโดยวิธีการเลือกตัวแปรด้วยวิธีทีละขั้นตอน คือ

$$\hat{Y}_1 = -175.323 + 0.037x_3 + 33.436x_4 + 32.091x_8 + 1.137x_9 + 76.529x_{10}$$

โดย \hat{Y}_1 คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย (GWh)

X_3 คือ มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม (ล้านบาท)

X_4 คือ ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม

X_8 คือ อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา (บาท/ดอลลาร์สหรัฐ)

X_9 คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศต่อเดือน (มิลลิเมตร)

X_{10} คือ อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งประเทศต่อเดือน (องศาเซลเซียส)

จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งเป็นการทดสอบสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้งหมด
ดังแสดงในตารางที่ 4.3

การทดสอบความแปรปรวนของตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ

สมมติฐาน คือ

$$H_0 : \beta_3 = \beta_4 = \beta_{10} = \beta_9 = \beta_8 = 0$$

H_1 : มี β_i อย่างน้อย 1 ตัว ไม่เท่ากับ 0

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ

Sum of variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Regression	8087345.145	5	1617469.029	57.712	.000
Residual	1849759.933	66	28026.666		
Total	9937105.078	71			

ตัวสถิติทดสอบ

$$F = \frac{MSR}{MSE} = 57.712$$

จากตารางที่ 4.3 จากการวิเคราะห์หามีค่า p-value = 0.000 < 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักที่
ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยอย่างน้อย 1 ตัวที่มีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้นจึง
ทำการทดสอบตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่มีผลต่อตัวแบบ โดยจะใช้การทดสอบ t-test ได้ดังนี้

สมมติฐาน คือ

$$H_0 : \beta_i = 0 , i = 3, 4, 10, 9, 8$$

$H_1 : \beta_i \neq 0 , i = 3, 4, 10, 9, 8$

ตารางที่ 4.4 แสดงตัวแปรอิสระที่เข้ามาในสมการถดถอยโดยวิธีการคัดเลือกแบบขั้นตอน

Coefficients ^a					
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	p-value
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-175.323	666.759		-.263	.793
X3	.037	.008	.285	4.624	.000
X4	33.436	3.096	.655	10.798	.000
X10	76.529	12.734	.384	6.010	.000
X9	1.137	.283	.274	4.011	.000
X8	32.091	12.764	.152	2.514	.014

จากตารางที่ 4.4 ตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่า p-value น้อยกว่า $\alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ เมื่อเพิ่มตัวแปรอิสระที่ทดสอบในตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ พบว่าตัวแปรอิสระที่ทดสอบนั้นมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม เมื่อมีตัวแปรอิสระตัวอื่นๆ อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้วและมีค่าคงที่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2 การตรวจสอบข้อตกลงของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

4.2.1 ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

สมมติฐาน คือ

H_0 : ค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

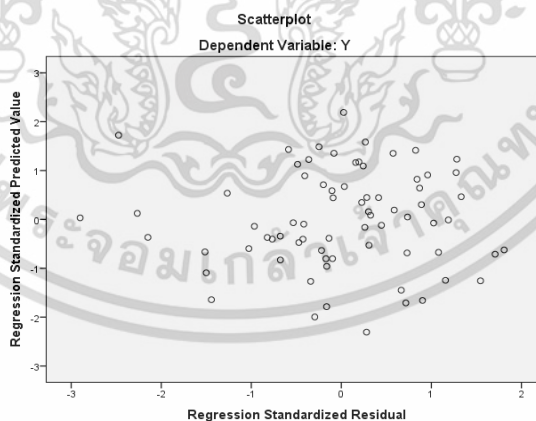
ตารางที่ 4.5 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของค่าคลาดเคลื่อนโดยใช้การทดสอบ Lillifors

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Statistic	df	p-value
Unstandardized Residual	.085	72	.200

a Lilliefors Significance Correction

จากตารางที่ 4.5 พบว่าวิธี Lilliefors มี p-value เท่ากับ 0.200 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า ค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2.2 ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่หรือไม่



รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพกระจายของค่าคลาดเคลื่อน

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.1 พบว่าค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่ เนื่องจากกราฟมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่า Durbin-Watson

สมมติฐาน คือ

H_0 : ค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_1 : ค่าคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

ตารางที่ 4.6 แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน โดยใช้วิธี Durbin-Watson

	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
Unstandardized Residual	.902	.814	.800	167.41167	1.831

จากตารางที่ 4.6 จะได้ค่าสถิติ Durbin-Watson เท่ากับ 1.831 จะได้ว่าค่า Durbin-Watson อยู่ระหว่าง 1.5 ถึง 2.5 ดังนั้นยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2.4 ทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัว โดยพิจารณาจากค่า Tolerance หรือจากค่า VIF

ตารางที่ 4.7 แสดงการทดสอบตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

Coefficients ^a							
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	p-value	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	-175.323	666.759		-.263	.793		
X3	.037	.008	.285	4.624	.000	.741	1.349
X4	33.436	3.096	.655	10.798	.000	.767	1.304
X10	76.529	12.734	.384	6.010	.000	.689	1.450
X9	1.137	.283	.274	4.011	.000	.605	1.652
X8	32.091	12.764	.152	2.514	.014	.768	1.303

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.7 เมื่อพิจารณาค่า VIF ของตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่าน้อยกว่า 10 แสดงว่าไม่เกิดภาวะ Multicollinearity ดังนั้นตัวแปร X_i มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่นๆ น้อย

การสร้างตัวแบบและตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น จะได้ว่าตัวแบบนี้มีความเหมาะสมกับวิธีการวิเคราะห์เชิงเส้นพหุคูณแล้ว ดังนั้นจะได้ค่าการทำนายตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2566 ถึงธันวาคม พ.ศ. 2566 แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการทำนายของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงธันวาคม พ.ศ. 2566

เดือน	ค่าการทำนาย
มกราคม	6810.7568
กุมภาพันธ์	7025.3910
มีนาคม	7600.7456
เมษายน	6864.9720
พฤษภาคม	7539.7794
มิถุนายน	7429.8072
กรกฎาคม	7286.7784
สิงหาคม	7383.4979
กันยายน	7562.2130
ตุลาคม	7274.3787
พฤศจิกายน	7055.2002
ธันวาคม	6710.4266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวัดความคลาดเคลื่อนของค่าการทำนายของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

การวัดความคลาดเคลื่อนของการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยโดยใช้เปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงการคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) การทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2566

t	Y_i	\hat{Y}_i	$e = Y_i - \hat{Y}_i$	e/Y_i	$ e/Y_i $
73	6749.218721	6810.756796	-61.5380749	-0.009035	0.009035
74	6723.135158	7025.391031	-302.2558730	-0.043023	0.043023
75	7623.288573	7600.745587	22.5429859	0.002966	0.002966
76	6937.257988	6864.971997	72.2859910	0.010530	0.010530
77	7556.280032	7539.7794	16.5006319	0.002188	0.002188
78	7205.984797	7429.807177	-223.8223798	-0.030125	0.030125
79	7386.974472	7286.778403	100.1960687	0.013750	0.013750
80	6375.49033	7383.497863	-1008.0075334	-0.136522	0.136522
81	7247.76529	7562.212968	-314.4476779	-0.041581	0.041581
82	7308.947469	7274.378723	34.5687458	0.004752	0.004752
83	7228.846708	7055.200218	173.6464903	0.024613	0.024613
84	6872.656622	6710.426553	162.2300693	0.024176	0.024176
รวม					0.343262
MAPE					2.8605%

จากตัวแบบการถดถอยที่ได้มีตัวแปรอิสระทั้งหมด 5 ตัวแปร เมื่อนำสมการถดถอยมาทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยใช้ค่าของตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวแปรในปี พ.ศ. 2566 ได้เปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เท่ากับ 2.860

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยและสร้างตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยเรื่องการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยโดยจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างตัวแบบการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย ผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

เมื่อพิจารณาจากค่า Unstandardized Coefficients จะได้ตัวแบบสำหรับการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยวิธีการคัดเลือกแบบขั้นตอน คือ

$$\hat{Y}_1 = -175.323 + 0.037x_3 + 33.436x_4 + 32.091x_8 + 1.137x_9 + 76.529x_{10}$$

โดย \hat{Y}_1 คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย (GWh)

X_3 คือ มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม (พันล้าน)

X_4 คือ ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม

X_8 คือ อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา (บาท/ดอลลาร์สหรัฐ)

X_9 คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศ (มิลลิเมตร)

X_{10} คือ อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งประเทศ (องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 สรุปผลตามวัตถุประสงค์การวิจัย

5.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

สรุปผลดังต่อไปนี้ มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศ และอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งประเทศ มีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

5.2.2 เพื่อสร้างตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

สรุปผลดังต่อไปนี้ สามารถสร้างตัวแบบการทำนายได้ดังนี้

$$\hat{Y}_1 = -175.323 + 0.037x_3 + 33.436x_4 + 32.091x_8 + 1.137x_9 + 76.529x_{10}$$

5.3 อภิปรายผล

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีตัวแปรอิสระที่คาดว่าจะมีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย ได้แก่ ปริมาณการนำเข้าถ่านหิน มูลค่าการนำเข้าน้ำมันดิบ มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม ดัชนีราคาผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศ และอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งประเทศ เมื่อวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและเลือกตัวแปรอิสระด้วยการคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise Selection) พบว่าตัวแบบการถดถอยที่ได้มีตัวแปรอิสระทั้งหมด 5 ตัวแปร ได้แก่ มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศและอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งประเทศ โดยตัวแปรปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศและอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งประเทศสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพล กวีวิจักกพลและคณะ เมื่อพิจารณาจากค่า Standardized Coefficients Beta ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากที่สุดคือ ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.655 รองลงมาได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งประเทศ มีค่าเท่ากับ 0.384 มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม มีค่าเท่ากับ 0.285 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศ มีค่าเท่ากับ 0.274 อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา มีค่าเท่ากับ 0.152 ตามลำดับ และได้ค่า R-square เท่ากับ 0.800 นั่นคือ ตัวแปร X และ Y สามารถอธิบายความแปรผันในตัวแปรตามได้ถึง 80% เมื่อนำสมการถดถอยมาทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยใช้ค่าของตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวแปรในปี พ.ศ. 2566 ได้เปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เท่ากับ 2.8605%

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. นอกจากตัวแปรปริมาณการนำเข้าถ่านหิน มูลค่าการนำเข้าน้ำมันดิบ มูลค่าการส่งออก ภาคอุตสาหกรรม ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม ดัชนีราคาผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ราคา น้ำมันดีเซลเฉลี่ย อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศและอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง ประเทศ สามารถศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยใน ด้านอื่นๆ เช่น ด้านข้อมูลผู้ใช้ไฟฟ้าและปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทของภาคอุตสาหกรรม ด้านข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ด้านข้อมูลอุตสาหกรรม ด้านข้อมูลครัวเรือน เป็นต้น

2. สำหรับการสร้างตัวแบบการทำนายสามารถใช้เทคนิคอื่นๆ ในการสร้างตัวแบบได้ เช่น ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural network) ตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน (Support Vector Regression) อาจทำให้ผลลัพธ์การทำนายมีค่าความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น



บรรณานุกรม

กระทรวงพาณิชย์. “ดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไป”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

[https://data.moc.go.th/OpenData/CPIGIndexes?fbclid=IwAR1HrZ8OCpGjoLbMTaocCRNis4SmQQ0OazCZCUBlhnzYeJMzbY2Tj-e2jhBM#:~:text=ดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไป%20\(Consumer%20Price%20Index\)%20เป็นเครื่องมือ,ดัชนีเป็นข้อมูลชี้วัด](https://data.moc.go.th/OpenData/CPIGIndexes?fbclid=IwAR1HrZ8OCpGjoLbMTaocCRNis4SmQQ0OazCZCUBlhnzYeJMzbY2Tj-e2jhBM#:~:text=ดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไป%20(Consumer%20Price%20Index)%20เป็นเครื่องมือ,ดัชนีเป็นข้อมูลชี้วัด)

กระทรวงพลังงาน. “รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2566”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<https://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/19566-energy-statistics-2566>

กระทรวงพลังงาน. “แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 - 2580”. [ออนไลน์].

เข้าถึงได้จาก : https://www.eppo.go.th/epposite/images/Infomation_service/public_relations/PDP2018/PDP2018Rev1.pdf

กรมฝนหลวงและการบินเกษตร. (2565). “คุณภาพน้ำฝน”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<https://www.royalrain.go.th/web/km/ShowDetail.aspx?DetailId=8409>

กัลยา วาณิชย์. 2548. สถิติสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การไฟฟ้านครหลวง. “MEA ชี้แจงอากาศร้อนส่งผลให้ใช้ไฟฟ้ามากขึ้น”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<https://www.mea.or.th/public-relations/corporate-newsactivities/announcement/Tw672hGqg>

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. “เชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้า”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<https://www.egat.co.th/home/fuel/>

กิตติเชษฐ์ นนทะสุด และ ธีรพจน์ เวศพันธ์. (2560). แบบจำลองจากพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า

เพื่อวางแผนพัฒนาท่าอากาศยานเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. “ค่าไฟฟ้าตามสูตรปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ”. [ออนไลน์].

เข้าถึงได้จาก : <http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER49/DRAWER026/GENERAL/DATA0000/00000351.PDF>

ณัฐพล กวีกิจภาพล และคณะ. (2560). การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของ กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ทรงศิริ แต้สมบัติ. (2548). การวิเคราะห์การถดถอย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นราทิพย์ ชูติวงศ์. (2554). ทฤษฎีเศรษฐศาสตร์จุลภาค. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัชรารภรณ์ นิยมจิตร. (2561). ปัจจัยที่มีผลต่อดัชนีราคาผู้บริโภคในไทย. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

พาทุกษ์ พวงบานเย็น. (2563). การพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนในจังหวัด พระนครศรีอยุธยา โดยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พรสิน สุภวาลัย. (2556). การวิเคราะห์การถดถอย. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2550). ปัจจัยทางการบริหารบางประการที่มีอิทธิพลต่อความเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้ของโรงเรียนขนาดเล็กในประเทศไทย, วารสารวิทยบริการ. ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 : 1-8.

วิษณุวิสิฐ เกษรสิทธิ์. (2564). การสร้างสมการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายจังหวัดของประเทศไทย ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ. กลุ่มงานเดตาโซลูชันส์ภาครัฐ ฝ่ายเดตาโซลูชันส์ สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. (2560). “น้ำมันดีเซล”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.pit.org>

สันติภาพ ก้วพรหม. (2562). การศึกษาเพื่อประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยหมู่บ้าน

จอมบึง จังหวัดราชบุรี. มหาวิทยาลัยสยาม.

อุมาพร จันทศร. (2542). สถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์, บริษัท ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพมหานคร.

Joshi, Rakesh Mohan, (2005) International Marketing, Oxford University Press,
New Delhi and New York

LANNA RESOURCES. “ธุรกิจถ่านหิน”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.lannar.com/index.php/coal-business/>

Lewis, C.D. (1982) International and Business Forecasting Methods. Butterworths,
London.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม

ในประเทศไทยและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยจะใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2560 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2566

ตารางภาคผนวก ก-1 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย (GWh)

	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
มกราคม	6832.871	7053.106	6976.915	6906.195	6828.606	7093.966	6749.219
กุมภาพันธ์	6728.151	6722.684	6731.37	6918.802	6586.127	6868.619	6723.135
มีนาคม	7821.6	7785.426	7758.873	7404.835	7742.978	7949.101	7623.289
เมษายน	6854.728	6812.903	6941.658	6474.511	6998.31	7195.073	6937.258
พฤษภาคม	7649.289	7590.873	7625.768	6483.135	7585.829	7836.708	7556.28
มิถุนายน	7412.13	7505.595	7361.145	6409.959	7340.002	7559.109	7205.985
กรกฎาคม	7425.786	7439.042	7310.301	6721.325	7240.317	7635.906	7386.974
สิงหาคม	7673.399	7615.688	7386.913	6955.366	7159.448	7666.282	6375.49
กันยายน	7624.273	7438.873	7103.933	6997.149	7175.091	7373.524	7247.765
ตุลาคม	7401.454	7568.254	7251.837	7096.711	7457.085	7289.194	7308.947
พฤศจิกายน	7368.92	7352.738	7079.179	7040.832	7345.844	7298.377	7228.847
ธันวาคม	6979.38	6943.796	6576.088	6749.169	6967.478	6797.596	6872.657

ตารางภาคผนวก ก-2 ข้อมูลปริมาณการนำเข้าถ่านหิน (พันตัน)

	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
มกราคม	1322.729	1610.983	2212.471	2002.228	1778.949	669.8385	2113.433
กุมภาพันธ์	1862.848	1948.739	1713.748	2454.713	1899.546	2206.68	1487.655
มีนาคม	2371.561	1976.779	2133.763	2574.593	2435.58	1347.108	1910.446
เมษายน	1928.663	2344.147	1932.588	2404.788	1966.555	2060.589	1180.098
พฤษภาคม	1740.264	2079.913	2173.135	1643.401	2027.079	1882.74	1492.865
มิถุนายน	2391.356	2435.819	1710.715	766.7963	1933.55	1957.104	1220.242
กรกฎาคม	1492.689	2324.637	1989.631	1682.84	2284.028	2271.732	1001.747
สิงหาคม	2316.677	2486.868	2228.519	2294.117	2274.421	2165.266	2018.694
กันยายน	1794.394	2026.551	2020.446	2484.94	2430.01	1598.111	1578.917
ตุลาคม	1604.953	2273.453	1368.372	2279.536	1481.828	1708.384	1429.561
พฤศจิกายน	1639.686	2139.683	1488.62	1490.499	1138.419	1918.021	1036.848
ธันวาคม	1863.469	1339.307	714.4798	1756.287	2433.509	1747.059	1586.063

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก-3 ข้อมูลมูลค่าการนำเข้าน้ำมันดิบ (ล้านบาท)

	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
มกราคม	63134.72	71061.07	66550.59	66824.71	46080.32	81811.68	94616.41
กุมภาพันธ์	41862.94	61651.3	56752.42	51789.32	45110.62	84924.28	91861.77
มีนาคม	51323.52	57643.34	61606.57	46316.07	53022.07	114654.7	91730.8
เมษายน	51859.2	69817.67	63520.84	29333.78	52514.86	105189.7	93880.23
พฤษภาคม	48125.96	65424.55	64389.2	15761.5	59771.11	105353.5	84882.82
มิถุนายน	46730.28	63487.19	53326.37	31457.19	59862.53	136709.2	78386.35
กรกฎาคม	50114.54	81390.86	58356.4	35794.23	56767.22	130522.5	88006.35
สิงหาคม	46759.74	73630.15	52651.24	34761.46	68245.18	119955.7	76363
กันยายน	52288.21	65912.82	45807.32	31881.35	56544.45	120834.3	95471.53
ตุลาคม	57249.51	90796.69	36547.3	33379.67	72567.97	93581.26	95167.53
พฤศจิกายน	61269.66	64877.83	44620.18	34773.86	67889.75	75935.31	117928.8
ธันวาคม	55012.42	61660.43	55621.22	34461.39	89669.81	87994.85	82892.55

ตารางภาคผนวก ก-4 ข้อมูลมูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม (ล้านบาท)

	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
มกราคม	14,752.23	17,703.76	16,832.44	16,804.47	17,781.13	21258.64	16053.4
กุมภาพันธ์	15,859.17	18,282.33	19,389.64	17,743.29	18,163.49	23483.11	17621.4
มีนาคม	18,213.37	20,208.79	19,027.38	19,233.90	21,801.16	28859.6	22236.4
เมษายน	14,624.25	16,506.67	16,205.38	14,263.89	18,734.18	23521.4	15949
พฤษภาคม	17,761.94	19,961.21	18,938.13	12,939.60	19,840.61	25509	19012.5
มิถุนายน	17,833.77	19,458.26	17,762.39	14,841.23	21,014.81	26553.1	19316.9
กรกฎาคม	16,675.94	18,239.08	17,995.93	15,626.08	19,770.16	23629.3	17364.4
สิงหาคม	18,252.03	20,312.03	18,192.55	15,838.58	19,207.82	23632.7	19159.5
กันยายน	18,712.02	18,682.49	18,226.93	17,502.78	20,795.54	24919.3	20213.8
ตุลาคม	18,063.27	19,392.67	18,805.57	17,536.75	20,410.49	21772.4	18393.1
พฤศจิกายน	19,049.01	18,981.86	17,613.44	17,034.49	21,215.43	17882.43	18552.8
ธันวาคม	17,282.19	17,145.26	17,209.07	18,089.91	22,527.24	17248.8	18205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก-5 ข้อมูลดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม

	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
มกราคม	101.9584	107.8447	108.2962	104.7487	102.39	104.459	102.1584
กุมภาพันธ์	101.7491	106.8827	105.3733	100.7745	99.27	102.002	102.1727
มีนาคม	113.4639	118.8406	115.8177	103.4694	109.45	109.3196	109.6978
เมษายน	90.67095	94.06045	95.47253	77.56526	91.27	91.24201	87.34867
พฤษภาคม	102.9948	108.0356	104.5676	79.84209	100.17	98.18892	99.8772
มิถุนายน	101.4538	106.2824	100.8228	83.1118	98.12	97.92633	97.75406
กรกฎาคม	98.70504	103.5199	100.187	86.95498	89.98	95.73053	95.03601
สิงหาคม	102.5575	105.4483	100.7811	91.50427	86.7	99.62677	96.93739
กันยายน	102.5138	102.4804	97.38739	94.93299	94.72	97.90369	95.79968
ตุลาคม	98.85705	104.5933	96.24236	95.2199	97.51	93.65362	94.26079
พฤศจิกายน	104.5748	105.6689	97.19557	96.70587	100.75	95.62906	96.87335
ธันวาคม	102.2439	103.464	98.94166	96.03149	102.26	93.62877	92.1223

ตารางภาคผนวก ก-6 ข้อมูลดัชนีราคาผู้บริโภค

	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
มกราคม	98.15	98.82	99.08	100.13	99.79	103.01	108.18
กุมภาพันธ์	98.19	98.6	99.32	100.05	98.88	104.1	108.05
มีนาคม	97.74	98.51	99.73	99.19	99.11	104.79	107.76
เมษายน	97.9	98.95	100.17	97.17	100.48	105.15	107.96
พฤษภาคม	98.04	99.5	100.64	97.18	99.55	106.62	107.19
มิถุนายน	98.06	99.42	100.28	98.7	99.93	107.58	107.83
กรกฎาคม	97.93	99.37	100.34	99.36	99.81	107.41	107.82
สิงหาคม	98.04	99.63	100.15	99.65	99.63	107.46	108.41
กันยายน	98.61	99.92	100.24	99.54	101.21	107.7	108.02
ตุลาคม	98.76	99.98	100.09	99.59	101.96	108.06	107.72
พฤศจิกายน	98.83	99.76	99.96	99.55	102.25	107.92	107.45
ธันวาคม	98.75	99.1	99.97	99.7	101.86	107.86	106.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก-7 ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (เปอร์เซ็นต์)

	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
มกราคม	3.8	5.1	2.6	-2.1	-2.5	2.2	2.6
กุมภาพันธ์	3.8	5.1	2.6	-2.1	-2.5	2.2	2.6
มีนาคม	3.8	5.1	2.6	-2.1	-2.5	2.2	2.6
เมษายน	4.3	4.6	2.2	-12.2	7.7	2.5	1.8
พฤษภาคม	4.3	4.6	2.2	-12.2	7.7	2.5	1.8
มิถุนายน	4.3	4.6	2.2	-12.2	7.7	2.5	1.8
กรกฎาคม	4.5	3.2	2.5	-6.3	-0.2	4.6	1.5
สิงหาคม	4.5	3.2	2.5	-6.3	-0.2	4.6	1.5
กันยายน	4.5	3.2	2.5	-6.3	-0.2	4.6	1.5
ตุลาคม	4.1	3.9	1.2	-4.1	1.9	1.4	1.7
พฤศจิกายน	4.1	3.9	1.2	-4.1	1.9	1.4	1.7
ธันวาคม	4.1	3.9	1.2	-4.1	1.9	1.4	1.7

ตารางภาคผนวก ก-8 ข้อมูลราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย (บาท/ลิตร)

	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
มกราคม	26.43	27.54	25.55	27.33	24.77	29.58	34.94
กุมภาพันธ์	26.57	26.93	26.5	25.91	26.34	29.32	34.54
มีนาคม	25.8	26.91	27.39	22.9	26.83	29.9	33.81
เมษายน	25.57	27.54	27.61	19.43	26.63	29.94	33.04
พฤษภาคม	25.02	28.96	27.92	19.14	27.54	31.97	32.21
มิถุนายน	24.17	28.79	26.23	21.65	28.5	34.31	31.94
กรกฎาคม	24.52	28.98	26.62	22.32	29.13	34.94	31.94
สิงหาคม	24.99	29.25	25.92	22.2	29	34.94	31.94
กันยายน	25.46	29.8	26.01	21.4	29.61	34.94	31.21
ตุลาคม	25.93	29.89	25.68	21.74	29.62	34.94	29.94
พฤศจิกายน	26.46	29.12	25.72	22.6	29.44	34.94	29.94
ธันวาคม	26.64	26.47	26.4	24.07	28.22	34.94	29.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก-9 ข้อมูลอัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา (บาท/ดอลลาร์สหรัฐ)

	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
มกราคม	35.4327	31.8798	31.8139	30.4396	30.006	33.2395	33.2248
กุมภาพันธ์	35.0172	31.4758	31.3075	31.3392	29.9857	32.6737	34.0083
มีนาคม	34.9022	31.2594	31.7285	32.1078	30.7894	33.2516	34.5029
เมษายน	34.4532	31.3148	31.8596	32.6341	31.3406	33.8209	34.2848
พฤษภาคม	34.4515	31.9697	31.7958	32.0391	31.2993	34.4164	34.2532
มิถุนายน	33.9992	32.4702	31.1251	31.1561	31.4383	34.9722	34.923
กรกฎาคม	33.7475	33.2698	30.7927	31.4171	32.6109	36.3439	34.6273
สิงหาคม	33.2612	33.0248	30.768	31.2168	33.119	35.879	35.0465
กันยายน	33.151	32.6181	30.5704	31.3565	33.0368	37.0439	35.8465
ตุลาคม	33.2541	32.7718	30.3665	31.2689	33.4816	37.9204	36.5219
พฤศจิกายน	32.9263	32.9695	30.2439	30.4766	33.0958	36.4265	35.4656
ธันวาคม	32.666	32.7009	30.2228	30.0944	33.5647	34.7953	34.9762

ตารางภาคผนวก ก-10 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศ (มิลลิเมตร)

	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
มกราคม	109	41	31	4	12	17	39
กุมภาพันธ์	11	25	14	7	17	83	27
มีนาคม	70	43	20	32	32	95	15
เมษายน	85	125	50	74	171	105	40
พฤษภาคม	276	197	160	122	130	240	138
มิถุนายน	191	177	135	167	138	143	155
กรกฎาคม	290	228	145	159	232	249	214
สิงหาคม	246	193	306	239	201	271	183
กันยายน	211	195	211	240	317	331	343
ตุลาคม	185	136	92	205	217	163	215
พฤศจิกายน	100	31	41	56	96	92	108
ธันวาคม	51	61	14	51	25	58	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก-11 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วประเทศ (องศาเซลเซียส)

	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
มกราคม	25.6	25.06	25.63	26.16	23.91	25.96	24.38
กุมภาพันธ์	26.52	25.66	27.77	26.99	26.58	26.07	26.27
มีนาคม	28.56	27.95	28.96	29.91	28.84	28.95	28.24
เมษายน	29.76	28.66	30.96	30.65	29.98	28.7	31.15
พฤษภาคม	30.23	29.53	30.96	31.24	30.01	28.57	31.57
มิถุนายน	29.46	29.27	30.24	30.13	30.08	29.37	30.38
กรกฎาคม	28.72	28.95	29.55	29.71	29.86	29.39	29.89
สิงหาคม	29.15	28.62	28.7	29.33	29.38	28.92	29.74
กันยายน	29.15	28.97	28.65	29.14	28.76	28.7	29.35
ตุลาคม	27.71	28.38	28.03	27.14	27.99	26.97	28.76
พฤศจิกายน	27.03	26.42	29.79	26.76	27	26.59	26.71
ธันวาคม	23.44	26.64	24.11	24.79	24.26	24.4	25.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

ตารางภาคผนวก ข-1 แสดงค่าการทำนายที่ได้จากตัวแบบ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2566 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ.2566

จากสมการการทำนาย

$$\hat{Y}_1 = -175.323 + 0.037x_3 + 33.436x_4 + 32.091x_8 + 1.137x_9 + 76.529x_{10}$$

โดย \hat{Y}_1 คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย (GWh)

X_3 คือ มูลค่าการส่งออกภาคอุตสาหกรรม (ล้านบาท)

X_4 คือ ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม

X_8 คือ อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา (บาท/ดอลลาร์สหรัฐ)

X_9 คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งประเทศ (มิลลิเมตร)

X_{10} คือ อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งประเทศ (องศาเซลเซียส)

จะได้ค่าการทำนายแสดงในตารางภาคผนวก ข-1 ดังนี้

ตารางภาคผนวก ข-1 แสดงการคำนวณการทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยของตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ.2566 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2566

เดือน	\hat{Y}_1	X_3	X_4	X_8	X_9	X_{10}
มกราคม	6810.7568	16053.4	102.1584	33.2248	39	24.38
กุมภาพันธ์	7025.3910	17621.4	102.1727	34.0083	27	26.27
มีนาคม	7600.7456	22236.4	109.6978	34.5029	15	28.24
เมษายน	6864.9720	15949	87.34867	34.2848	40	31.15
พฤษภาคม	7539.7794	19012.5	99.8772	34.2532	138	31.57
มิถุนายน	7429.8072	19316.9	97.75406	34.923	155	30.38
กรกฎาคม	7286.7784	17364.4	95.03601	34.6273	214	29.89
สิงหาคม	7383.4979	19159.5	96.93739	35.0465	183	29.74
กันยายน	7562.2130	20213.8	95.79968	35.8465	343	29.35
ตุลาคม	7274.3787	18393.1	94.26079	36.5219	215	28.76
พฤศจิกายน	7055.2002	18552.8	96.87335	35.4656	108	26.71
ธันวาคม	6710.4266	18205	92.1223	34.9762	45	25.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ในวงกว้างไปยังประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-สกุล : นางสาวภัทรวริน สามารถ

วัน-เดือน-ปีเกิด : 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542

ที่อยู่ : 428 ถ.เทศบาล 2 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000

เบอร์โทรศัพท์ : 092-4550924

E-mail : snow-zii@hotmail.com

ประวัติการศึกษา : ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้