

การพยากรณ์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5})
จังหวัดนครราชสีมา

นางอินทร์ฉัตร สุขเกษม

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 นครราชสีมา
กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข
พ.ศ. 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสถานการณ์ $PM_{2.5}$ และหาตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมงและข้อมูลเฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ ของเขตเทศบาลนครนครราชสีมา และศึกษาสถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก $PM_{2.5}$ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ด้วยวิธีการระบาดวิทยาเชิงพรรณนา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมงของสถานีตรวจวัดอากาศที่สถานีสูบน้ำประตูลำสน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ข้อมูลตั้งแต่สถานีเริ่มทำการตรวจวัดวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563 และข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจาก $PM_{2.5}$ จากฐานข้อมูลการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา ของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา (รายงาน 506) และระบบฐานข้อมูลสุขภาพ (Health Data Center กระทรวงสาธารณสุข) รวม 7 โรค ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563 วิธีการหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ และเทคนิคการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ ส่วนการศึกษาสถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก $PM_{2.5}$ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ใช้สถิติเชิงพรรณนา ค่าสถิติที่ใช้ คือ สัดส่วน อัตราส่วน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด และการวัดความสัมพันธ์ ค่าสถิติที่ใช้ คือ Incidence rate และ Incidence rate ratio ผลการวิจัย พบว่าเทคนิคการพยากรณ์ที่ให้ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ เทคนิคการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ การพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมงช่วงระยะเวลาที่พยากรณ์ได้ความแม่นยำไม่เกิน 48 ชั่วโมง ตัวแบบที่เหมาะสม คือ $ARIMA(1,1,1)(1,1,1)$, การพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ช่วงระยะเวลาที่พยากรณ์ได้ความแม่นยำไม่เกิน 31 วัน ตัวแบบที่เหมาะสม คือ $ARIMA(0,1,3)$ และจากการศึกษาสถานการณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ และสถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก $PM_{2.5}$ พบว่า การสัมผัส $PM_{2.5}$ ในช่วงเวลาที่ระดับ $PM_{2.5}$ เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดอักเสบ โรคไข้หวัดใหญ่ และโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ABSTRACT

This research aimed to study the $PM_{2.5}$ situation and find suitable hourly $PM_{2.5}$ forecasting model and an average 24-hour model to be used in the $PM_{2.5}$ forecasting of Nakhon Ratchasima Municipality, and to study the disease surveillance situation from $PM_{2.5}$ in Muang District, Nakhon Ratchasima Province using a descriptive epidemiological method. The samples used consisted of the hourly $PM_{2.5}$ data collected between 28 June 2019 - 30 June 2020, from the measuring station at Pratu Phon Saen pumping station, Mueang District, Nakhon Ratchasima Province, and the number of patients with surveillance diseases from $PM_{2.5}$ from the epidemiological surveillance database of Nakhon Ratchasima Provincial Public Health Office (Report 506) and the Health Data Center, Ministry of Public Health. The data included 7 diseases from 1 June 2019 - 30 June 2020. Methods for finding suitable forecasting models were done by comparing between smoothing forecasting techniques and Box-Jenkins forecasting techniques. The descriptive statistics was used to study the surveillance disease situation from $PM_{2.5}$, in Muang District, Nakhon Ratchasima Province with statistical values, proportion, ratio, minimum and maximum values were used. The correlation using the incidence rate and the incidence rate ratio were used as statistical values. The results revealed that the most suitable forecasting technique was the Box-Jenkins prediction technique. An hourly $PM_{2.5}$ forecasting model had the forecast period with accuracy of up to 48 hours using the ARIMA (1,1,1) (1,1,1) model. The 24-hour average $PM_{2.5}$ forecasting model had the forecast period with an accuracy of up to 31 days with the ARIMA (0,1,3) model. From the study of $PM_{2.5}$ quantity situation and $PM_{2.5}$ surveillance disease situation, it was found that exposure to $PM_{2.5}$ level beginning to affect health having a risk of pneumonia, influenza and other respiratory diseases at statistically significant.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีโดยได้รับความกรุณาอย่างสูงจากนายแพทย์กิตติพงศ์ สัตยชาติวิรุฬห์ ผู้อำนวยการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 นครราชสีมา ที่ได้ให้โอกาสผู้วิจัยในการทำงานวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ และสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลใช้ในการทำวิจัย ขอบพระคุณคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่ให้ข้อเสนอแนะให้งานวิจัยมีความชัดเจน เหมาะสม สมบูรณ์มากขึ้น จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลงได้เป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมา โดยเฉพาะครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยห่วงใย และเป็นกำลังใจอย่างดี จนทำให้ผู้วิจัยมีความเพียรพยายามอย่างเต็มที่

คุณงามความดีอันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพยิ่ง และคณาจารย์ผู้ประสาวิชาความรู้ ตลอดจนทุก ๆ ท่านที่ให้กำลังใจช่วยเหลือจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

อินทร์ฉัตร สุขเกษม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญ.....	(4)
สารบัญตาราง.....	(6)
สารบัญภาพ.....	(7)
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
สมมุติฐานการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	5
ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) และผลกระทบต่อสุขภาพ.....	5
อนุกรมเวลา (Time series).....	12
เทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ (Smoothing Technique).....	17
เทคนิคการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) หรือ ARIMA (Auto Regress Integrated Moving Average).....	26
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	30

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	33
ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสถานการณ์ PM _{2.5} ของเขตเทศบาลจังหวัดนครราชสีมา การหาตัว แบบการพยากรณ์ปริมาณ PM _{2.5} รายชั่วโมงและรายวัน และพยากรณ์ ปริมาณ PM _{2.5} รายชั่วโมงและรายวัน.....	33
ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาสถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก PM _{2.5} อำเภอเมือง จังหวัด นครราชสีมา เพื่อกำหนดกลุ่มโรคที่เป็นตัวบ่งชี้ด้านสุขภาพในการเฝ้าระวัง ผลกระทบต่อสุขภาพ.....	35
4 ผลการวิจัย.....	36
ผลการศึกษาสถานการณ์ PM _{2.5} ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	36
ผลการหาตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณ PM _{2.5} และการพยากรณ์ปริมาณ PM _{2.5}	37
ผลการศึกษาสถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก PM _{2.5} ของอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา..	40
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	46
ข้อจำกัดในการศึกษา.....	47
บรรณานุกรม.....	48
ภาคผนวก.....	51
ประวัติย่อผู้ทำวิทยานิพนธ์.....	55

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	การกำหนดตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ โดยพิจารณาจากค่า ACF และค่า PACF.....
2	ค่าสถิติของตัวแบบการพยากรณ์ของข้อมูลชุดที่ 1 ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง ข้อมูลระหว่างวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563.....
3	ค่าสถิติของตัวแบบการพยากรณ์ของข้อมูลชุดที่ 2 ปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ข้อมูลระหว่างวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563.....
4	จำนวนผู้ป่วย และอัตราป่วยโรคเฝ้าระวังจาก $PM_{2.5}$ ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2562 - มิถุนายน พ.ศ. 2563 อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา.....
5	Incidence rate และ Incidence rate ratio ของโรคเฝ้าระวังจาก $PM_{2.5}$ ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2562 - มิถุนายน พ.ศ. 2563.....

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 กลไกการเกิดโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 25 ไมครอน ($PM_{2.5}$)	7
2 สถานการณ์หมอกควัน 29 จังหวัดภาคเหนือ ปี2561-2562.....	10
3 แนวโน้มปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงในกรุงเทพมหานครปี 2559 – 2562.....	11
4 ปริมาณ $PM_{2.5}$ ในจังหวัดขอนแก่นและกาญจนบุรี (กรมควบคุมมลพิษ, 2562).....	12
5 ปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงเขตเทศบาลนครนครราชสีมาระหว่างวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563	36
6 ลักษณะเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของ ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง.....	37
7 ลักษณะเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของข้อมูล ปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง.....	37
8 อนุกรมเวลาและค่าพยากรณ์ของข้อมูลชุดที่ 1 $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง ด้วยตัวแบบ ARIMA(1,1,1)(1,1,1).....	38
9 อนุกรมเวลาและค่าพยากรณ์ของข้อมูลชุดที่ 2 $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ด้วยตัวแบบ ARIMA(0,1,3).....	39
10 จำนวนผู้ป่วยโรคปอดอักเสบรายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือน ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563	40
11 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้หวัดใหญ่รายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือน ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563	41
12 จำนวนผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังรายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือน ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563	41
13 จำนวนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองรายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือน ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563	42
14 จำนวนผู้ป่วยโรคหัวใจขาดเลือดรายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือน ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563	43
15 จำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆรายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือนระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563	43

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มลพิษทางอากาศเป็นหนึ่งในความท้าทายเร่งด่วนที่สุดที่มีผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมของโลกที่กำลังเผชิญอยู่ในวันนี้ คาดการณ์ว่ามลพิษทางอากาศมีส่วนต่อการตายก่อนวัยอันควร 7 ล้านคนต่อปี เฉพาะมลพิษทางอากาศเป็นสาเหตุอันดับ 4 ของการตายก่อนวัยอันควรของโลก และเป็นอุปสรรคต่อเศรษฐกิจโลกโดยมีค่าใช้จ่ายประมาณสองแสนสองหมื่นห้าพันเหรียญสหรัฐต่อปี $PM_{2.5}$ ในฐานะตัวแทนในการวัดค่ามลพิษทางอากาศ หมายถึงฝุ่นละออง (ambient airborne particles) ที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีสารเคมีต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบ มีแหล่งกำเนิดที่หลากหลายถูกพิจารณาว่าเป็นมลพิษที่มีผลกระทบกับสุขภาพมากที่สุดในบรรดามลพิษทางอากาศ โดยทั่วไปเนื่องด้วยขนาดที่เล็กมากสามารถเข้าไปสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ และจากนั้นก็ไปทั่วร่างกายเป็นสาเหตุของผลกระทบด้านสุขภาพทั้งระยะสั้น และระยะยาวมากมาย⁽¹⁾

ในปีพ.ศ.2562 กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษดำเนินการติดตามตรวจวัดมลพิษทางอากาศโดยสถานีแบบอัตโนมัติใน 34 จังหวัด จำนวน 64 สถานี ตรวจวัดโดยสรุปสถานการณ์มลพิษทางอากาศในภาพรวมของทั้งประเทศดีขึ้นจากปีก่อนหน้าเล็กน้อย สารมลพิษทางอากาศที่พบเกินมาตรฐานได้แก่ PM_{10} , $PM_{2.5}$, ก๊าซโอโซน และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปริมาณ $PM_{2.5}$ ในพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล ตรวจวัดได้ลดลงจากปีก่อนหน้าเล็กน้อย จังหวัดที่พบมลพิษทางอากาศเกินค่ามาตรฐานคิดเป็นจำนวนวันมากกว่าร้อยละ 20 ของทั้งปีได้แก่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดลำพูน จังหวัดลำปาง จังหวัดแพร่จังหวัดน่าน จังหวัดสระบุรี (เขตควบคุมมลพิษตำบลหน้าพระลาน) และจังหวัดขอนแก่น⁽²⁾ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยทั้งปีและเฉลี่ย 24 ชั่วโมง สูงเกินค่ามาตรฐานในช่วงฤดูแล้ง ระหว่างเดือนมกราคม – มีนาคม โดยพื้นที่เสี่ยงที่มีปัญหา $PM_{2.5}$ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เมืองใหญ่ที่มีการจราจรหรือบรรทุกขนส่งหนาแน่น เช่น กรุงเทพมหานคร นครราชสีมา ขอนแก่น และพื้นที่ที่มีการเผาในที่โล่ง เช่น พื้นที่ภาคเหนือ กาญจนบุรี ขอนแก่น พื้นที่เขตอุตสาหกรรม เช่น สระบุรี เนื่องจากแหล่งกำเนิดมลพิษเพิ่มมากขึ้น และมีความสลับซับซ้อนในการควบคุม จากการศึกษาพบว่า $PM_{2.5}$ มีแหล่งกำเนิดที่สำคัญ 3 ประเภท คือ ไอเสียรถยนต์ดีเซล การเผาชีวมวล และฝุ่นทุยภูมิอันเกิดจากปฏิกิริยารวมตัวกันของไอเสียรถยนต์ แอมโมเนียจากปุ๋ยที่ใช้ในเกษตรกรรม⁽³⁾

จากการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจาก $PM_{2.5}$ ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลในปีพ.ศ. 2561 ในผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล 22 แห่ง จากเครือข่ายในพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑล โดยการเก็บรวบรวม และการรายงานข้อมูลจากแผนกฉุกเฉิน (ER) หรือแผนกผู้ป่วยนอก (OPD) รายวัน แบบเรียลไทม์ (real-time) ได้กำหนดกลุ่มโรคที่เป็นตัวบ่งชี้ด้านสุขภาพเพื่อการเฝ้าระวังโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ ได้แก่ โรคหอบหืด (Asthma) โรคหลอดเลือด อุดกั้นเรื้อรัง (COPD) และโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (Acute Coronary disease) โดยรายงานข้อมูลผ่านแบบฟอร์มออนไลน์ (Google Form) ที่ประกอบด้วยตัวแปรด้าน

เพศ อายุ อาชีพ โรคประจำตัว วันที่เริ่มป่วย วันที่มาโรงพยาบาล ลักษณะอาการ และการวินิจฉัยฯ วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบกับข้อมูลสถานการณ์คุณภาพอากาศรายวัน⁽⁴⁾

การเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพและสถานการณ์ PM_{2.5} อย่างต่อเนื่องมีความสำคัญมากใน กลไกการเปิดศูนย์ปฏิบัติการด้านการแพทย์และสาธารณสุขกรณี PM_{2.5} อยู่ในระดับที่เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ (PM_{2.5} $\geq$ 76 มคก./ลบ.ม.ติดต่อกัน 3 วัน) โดยสามารถติดตามสถานการณ์ PM_{2.5} ราย ชั่วโมงแบบเรียลไทม์ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติของกรมควบคุมมลพิษ ข้อมูลจะถูกเก็บบันทึกไว้เป็นข้อมูลที่มีลักษณะอนุกรมเวลาที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ปริมาณ PM_{2.5} ในอนาคตได้ และสามารถนำค่าพยากรณ์ที่ได้ มาใช้ในการประเมินความเสี่ยงของเหตุการณ์ร่วมกับ ข้อมูลสถานการณ์ PM_{2.5} และข้อมูลสถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} เสนอข้อพิจารณาเพื่อ ตัดสินใจยกระดับหรือลดระดับการดำเนินงานของศูนย์ปฏิบัติการด้านการแพทย์และสาธารณสุข⁽⁵⁾ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งที่จะศึกษาตัวแบบการพยากรณ์เพื่อหาโมเดลการพยากรณ์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อน ต่ำโดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series analysis) เพื่อนำตัวแบบที่ได้มาหาค่าพยากรณ์ใช้ ในการประเมินความเสี่ยงของเหตุการณ์

วัตถุประสงค์หลัก เพื่อพยากรณ์ปริมาณ PM_{2.5} ต่อการเกิดโรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} ในพื้นที่อำเภอ เมือง จังหวัดนครราชสีมา โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะ คือ

1. เพื่อศึกษาสถานการณ์ PM_{2.5} และหาตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณ PM_{2.5} รายชั่วโมงและ ข้อมูลเฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการพยากรณ์ปริมาณ PM_{2.5} ของเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา
2. เพื่อศึกษาสถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาด้วย วิธีการระบาดวิทยาเชิงพรรณนา

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ ดังนี้

การศึกษาสถานการณ์ และการพยากรณ์ปริมาณ PM_{2.5} เป็นการพยากรณ์โดยการวิเคราะห์ อนุกรมเวลา (Time series analysis) ใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ (Smoothing Technique) และเทคนิคการหาตัวแบบพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) หรือ ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) เพื่อเลือกตัวแบบที่มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ ข้อมูลปริมาณ PM_{2.5} รายชั่วโมง และข้อมูลเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของสถานี ตรวจวัดสถานีสูบน้ำประตูล้าน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ข้อมูลตั้งแต่สถานี เริ่มทำการตรวจวัดวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563 เก็บรวบรวมข้อมูลโดย ส่งหนังสือขอความอนุเคราะห์ข้อมูลไปยังกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ

การศึกษาสถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรค เฝ้าระวังจาก PM_{2.5} จากฐานข้อมูลการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด นครราชสีมา (รายงาน 506) จำนวน 2 โรค ได้แก่ โรคปอดอักเสบ (Pneumonia; ICD-10: J12, J13, J14, J15, J16, J18) และโรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza; ICD-10: J10, J11) และระบบฐานข้อมูล

สุขภาพ (Health Data Center กระทรวงสาธารณสุข) จำนวน 5 โรค ได้แก่ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease; รหัส ICD-10: J44) โรคหอบหืด (Asthma; ICD-10: J45 ร่วมกับ Y96) โรคหลอดเลือดในสมอง (ICD-10: I60-I69) โรคหัวใจขาดเลือด (ICD-10: I20-I25) และโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ (ICD-10: J00-J39, J60-J99) ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563 โดยส่งหนังสือขออนุญาตใช้ข้อมูลไปยังสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา

สมมุติฐานการวิจัย

การพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมงและข้อมูลเฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่เหมาะสมของเขตเทศบาลจังหวัดนครราชสีมา ด้วยตัวแบบการพยากรณ์ที่ผู้วิจัยเสนอในการวิจัยครั้งนี้จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) หมายถึง ฝุ่นละออง (ambient airborne particles) ที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่มีสารเคมีต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบ มีแหล่งกำเนิดที่หลากหลาย ถูกพิจารณาว่าเป็นมลพิษที่มีผลกระทบกับสุขภาพมากที่สุดในการติดตามมลพิษทางอากาศโดยทั่วไป สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจและไปทั่วร่างกายของมนุษย์ได้เป็นสาเหตุของผลกระทบด้านสุขภาพทั้งระยะสั้นและระยะยาวมากมาย

2. การพยากรณ์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) หมายถึง การพยากรณ์โดยการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา (Time series analysis) ใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ (Smoothing Technique) และเทคนิคการหาตัวแบบพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) หรือ ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) เพื่อเลือกตัวแบบที่มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด

3. โรคเฝ้าระวังจาก $PM_{2.5}$ หมายถึง โรคเฝ้าระวังจาก $PM_{2.5}$ จากฐานข้อมูลการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา (รายงาน 506) จำนวน 2 โรค ได้แก่ โรคปอดอักเสบ (Pneumonia; ICD-10: J12, J13, J14, J15, J16, J18) และโรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza; ICD-10: J10, J11) และโรคจากระบบฐานข้อมูลสุขภาพ (Health Data Center กระทรวงสาธารณสุข) จำนวน 5 โรค ได้แก่ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease; รหัส ICD-10: J44) โรคหอบหืด (Asthma; ICD-10: J45 ร่วมกับ Y96) โรคหลอดเลือดในสมอง (ICD-10: I60-I69) โรคหัวใจขาดเลือด (ICD-10: I20-I25) และโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ (ICD-10: J00-J39, J60-J99) ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563

4. ปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ระดับปกติ หมายถึง ปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงน้อยกว่า 51 มคก./ลบ.ม.⁽⁵⁾ ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563 (สถานีเริ่มทำการตรวจวัดเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562) ได้แก่ 28 - 30 มิถุนายน 2562 เดือน

กรกฎาคม 2562 เดือนสิงหาคม 2562 เดือนกันยายน 2562 เดือนตุลาคม 2562 เดือนพฤศจิกายน 2562 เมษายน 2563 เดือนพฤษภาคม 2563 และเดือนมิถุนายน 2563

5. ปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ หมายถึง ปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ตั้งแต่ 51 มคก./ลบ.ม.ขึ้นไปเป็นเวลาติดต่อกันตั้งแต่ 3 วันขึ้นไป⁽⁵⁾ ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563 (สถานีเริ่มทำการตรวจวัดเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562) ได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (ติดต่อกันสูงสุด 8 วัน) เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 (ติดต่อกันสูงสุด 6 วัน) เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 (ติดต่อกันสูงสุด 4 วัน) และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 (ติดต่อกันสูงสุด 3 วัน)

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามลำดับดังนี้

1. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และผลกระทบต่อสุขภาพ
2. อนุกรมเวลา (Time series)
3. เทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ (Smoothing Technique)
4. เทคนิคการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) หรือ ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และผลกระทบต่อสุขภาพ⁽⁵⁾

1.1 ฝุ่นละออง (Particulate Matter: PM)

ฝุ่นละออง หมายถึง อนุภาคของแข็งหรือหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยในบรรยากาศ ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมาเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ และเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์บางชนิดมีขนาดใหญ่จนมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น ฝุ่นจากโรงโม่หิน ฝุ่นจากโรงไม้ บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองไม่เห็น และมีผลกระทบอย่างมากต่อสุขภาพของประชาชน ฝุ่นละอองขนาดขนาดเล็กแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ซึ่งตามคำจำกัดความของสำนักป้องกันสิ่งแวดล้อมสหรัฐ (Environmental Protection Agency; US.EPA) ระบุว่า

$PM_{2.5}$ หมายถึง ฝุ่นละเอียด (Fine Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ฝุ่นละเอียดมีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากการหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน นอกจากนี้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดเป็นฝุ่นละเอียดได้

PM_{10} หมายถึง ฝุ่นหยาบ (Course Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 - 10 ไมครอน มีสภาพเป็นได้ทั้งของแข็ง และของเหลวที่มีความดัน และอุณหภูมิปกติ มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนนที่ไม่ได้ลาดยางจากการขนส่งวัสดุ ฝุ่นจากกิจกรรมบด ย่อย หิน เป็นต้น

ทั้งนี้ $PM_{2.5}$ ก่อให้เกิดผลกระทบได้ 3 ทาง เนื่องจาก

- 1) ฝุ่นเป็นพิษเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีหรือลักษณะทางกายภาพ
- 2) ฝุ่นเข้าไปรบกวนการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย
- 3) ฝุ่นเป็นตัวพาหรือดูดซับสารพิษ และพาเข้าสู่ร่างกาย

1.2 กลไกการเกิดโรคจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)

ผลกระทบต่อสุขภาพที่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง มีการศึกษามายาวนานและบ่งชี้ว่า $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของร่างกายตั้งแต่มีอาการเล็กน้อยจนถึงการเสียชีวิต โดยหาก

สุด PM_{2.5} เข้าสู่ร่างกาย จะเกิดผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ตั้งแต่อาการระคายเคืองของผิวหนัง และเยื่อต่างๆ เช่น เยื่อบุตา และก่อให้เกิดอาการไอ จาม มีน้ำมูก จนถึงอาการอักเสบของไซนัส เจ็บคอ หายใจลำบาก ทำให้เกิดโรคของระบบต่างๆ เช่น ระบบทางเดินหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบประสาทและสมอง นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของ PM_{2.5} กับการเกิดโรคมะเร็งของระบบทางเดินหายใจ โดยสำนักงานวิจัยมะเร็งระหว่างประเทศ (International Agency for Research on Cancer, IARC) ระบุว่ามลพิษทางอากาศเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ได้ โดยเฉพาะ PM_{2.5} ได้ถูกจัดให้เป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) สำหรับมนุษย์ในกลุ่มที่ 1 โดยมีรายงานจาก ใน IARC monograph จากการคาดการณ์ในปี 2553 พบว่าภาระโรคจากการสัมผัสสัมผัสกับ PM_{2.5} ทำให้เกิดการตายก่อนวัยอันควรทั่วโลก 32 ล้านคน ส่วนใหญ่เกิดจากโรคหัวใจและหลอดเลือด และตายจากมะเร็งปอด 223,000 คน มากกว่าครึ่งหนึ่งเกิดในประเทศจีน และเอเชียตะวันออก รวมทั้งพบความสัมพันธ์การเกิดโรคเบาหวาน ทารกในครรภ์โตช้า การคลอดก่อนกำหนด และเพิ่มการตายปริกำเนิดได้

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ระบุว่า การสัมผัสสัมผัส PM_{2.5} สูงกว่าค่าแนะนำ คือ 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.ม.) จะส่งผลให้การตายด้วยระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 7 - 20 การป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.5 การตายและป่วยด้วยโรคหัวใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 การตายและป่วยด้วยโรคหัวใจหลอดเลือดเพิ่มขึ้นร้อยละ 53 ผู้สูงอายุป่วยด้วยระบบทางเดินหายใจเพิ่มร้อยละ 17 ผู้สูงอายุป่วยด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มร้อยละ 7.6 และยังทำให้สภาพปอดในเด็กแย่ลง

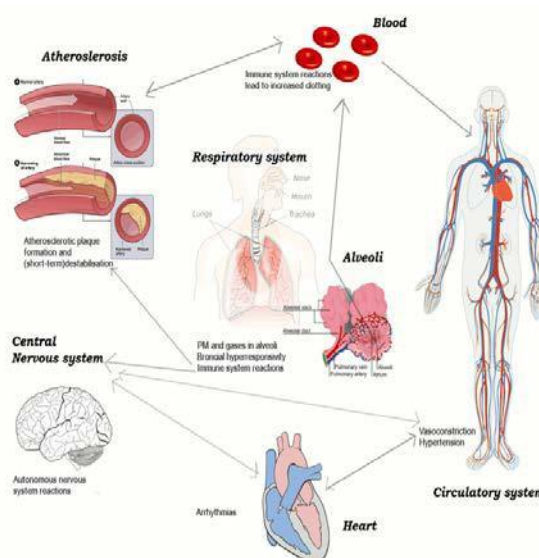
ทั้งนี้ โดยปกติ ร่างกายมีกลไกในการกำจัดสารมลพิษหากเข้าสู่ร่างกายในเบื้องต้น ส่วนใหญ่ก็จะอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนต้นเริ่มจากที่จมูก ซึ่งก็จะมีขนจมูกในการดักจับไว้ พอกลืนมาที่หลอดลมจะมีเซลล์คอยดักจับคอยพัดโบกขับออกไปโดยมีการหลั่งสารคัดหลั่ง (mucus) สำหรับใช้ดักจับ ซึ่งก็จะดักจับฝุ่นที่ใหญ่กว่า 2.5 ไมครอนได้ แต่ PM_{2.5} จะสามารถเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนลึกได้ เช่น ไปที่ถุงลมฝอย และอาจเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดได้ และส่งผลกระทบต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย

กลไกการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจ

เมื่อ PM_{2.5} เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ สามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการอักเสบ (inflammation) เยื่อผนังหลอดลมบวม เกิดการสร้างสารคัดหลั่งมากขึ้น จึงทำให้อาการของระบบทางเดินหายใจ เช่น อาการไอหอบ นอกจากนี้ การอักเสบยังทำให้เกิดภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชัน (Oxidative stress) ก่อให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระเข้าไปทำลายระบบต่างๆ ในเซลล์ของปอด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ DNA ซึ่งจะทำให้เกิดมะเร็งปอดได้ในระยะยาว นอกจากนี้ PM_{2.5} ยังมีองค์ประกอบของสารเคมีบางชนิดที่ก่อให้เกิดมะเร็ง เช่น โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs) หรือ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic Compounds, VOCs) อาจทำให้เกิดการกลายพันธุ์ของสารพันธุกรรม และส่งผลให้เกิดมะเร็งปอดได้

กลไกการเกิดโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด

เมื่อมีการสัมผัสในขนาดต่ำๆ อนุภาคขนาดเล็กมาก (Ultrafine particles, UFPs) สามารถเข้าสู่กระแสเลือดจะมีผลเป็นพิษสะสม และจากการฝังตัวในผนังของเส้นเลือด UFPs จะกระตุ้น oxidative stress และการอักเสบในบริเวณนั้นทำให้เกิดพลาแกะผนังหลอดเลือด (atherosclerotic plaque instability) และในที่สุดจะทำให้เกิดลิ่มเลือดในเส้นเลือดส่งผลให้การไหลของกระแสเลือดไม่สะดวกไปจนถึงอุดตันได้ และยังพบการเต้นผิดจังหวะของหัวใจในสัตว์ทดลองซึ่งถูกฉีดอนุภาคขนาดเล็กมากเข้าสู่กระแสเลือด โดยผลจากการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ (inotropic effect) ของอนุภาคขนาดเล็กมากจะมีอันตรายต่อผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจ ซึ่งจะทำให้มีความต้องการออกซิเจนมากขึ้นและกระตุ้นอาการหัวใจขาดเลือด นอกจากนี้ จากการวิจัยในหลอดทดลองยังพบว่า อนุภาคขนาดเล็กมากมีผลลดการทำงานของหัวใจ ทำให้กล้ามเนื้อบีบตัวและสมรรถภาพหัวใจลดลง



รูปที่ 1 กลไกการเกิดโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 25 ไมครอน (PM_{2.5})

นอกจากนี้ ยังเกิดผลทางอ้อมของอนุภาคต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด โดยการเพิ่ม oxidative stress และกระตุ้นกลไกการอักเสบในปอดจากการสัมผัสอนุภาคเป็นตัวสำคัญในผลทางอ้อมนี้ เมื่อมีการกระตุ้นการอักเสบจะมีการเพิ่มระดับ pro-inflammatory cytokines เช่น CRP, IL6, IL-8 และ IL-1 β ในกระแสเลือดของคนไข้ซึ่งแรงเมื่อสัมผัสกับฝุ่นละอองโดยที่ systemic inflammatory mediators เป็นความเสี่ยงในเรื่องการเกิด atherosclerosis และ pro-inflammatory mediators เหล่านี้จะเกี่ยวข้องใกล้เคียงกับการเพิ่มการแข็งตัวของเลือดและความผิดปกติของผนังหลอดเลือดซึ่งจะทำให้เกิดโรคหัวใจขาดเลือดในที่สุด นอกจากนี้กลไกที่พึ่งอนุมูลอิสระ (reactive oxygen specie, ROS) ยังเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นของ PM_{2.5} พบว่า มีการเพิ่มของ ROS ในปอดและหัวใจของหนูทดลองหลังสัมผัสฝุ่นละออง โดย ROS มีความสัมพันธ์กับการเกิด

ภาวะหลอดเลือดแข็ง ความผิดปกติของระบบเลือด การเต้นผิดปกติของหัวใจ และการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหัวใจ

อย่างไรก็ดี โอกาสเกิดและความรุนแรงของผลกระทบต่อสุขภาพขึ้นกับหลายปัจจัย โดยปัจจัยหลักได้แก่ 1) ปริมาณ $PM_{2.5}$ ที่ได้รับ 2) ระยะเวลาการรับสัมผัส 3) ลักษณะกิจกรรมที่ทำ เช่น การวิ่ง ออกกำลังกาย การทำกิจกรรมหนัก และ 4) ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้รับสัมผัส ได้แก่ อายุ ความไวต่อการรับสัมผัส (Sensitivity) และสภาพปัจจัยภายนอก เช่น อาชีพ ลักษณะที่ตั้งและสภาพของที่ทำงานหรือที่พักอาศัยซึ่งจะ ส่งผลต่อระดับความรุนแรงของอาการของแต่ละรายบุคคล

1.3 ประชากรกลุ่มเสี่ยง (Vulnerable Populations) ที่เกิดจากปัญหา $PM_{2.5}$ ดังนี้

โดยทั่วไปแล้วเมื่อร่างกายได้รับสัมผัสหรือสูดดมหมอกควันเข้าสู่ร่างกายในระยะเวลาสั้นๆ จะสามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น อาการแสบจมูก จามและไอ เป็นต้น ซึ่งประชาชนทั่วไป ที่สุขภาพแข็งแรงจะมีความสามารถในการปรับตัวและฟื้นฟูสภาพร่างกายได้อย่างรวดเร็วและไม่เกิดผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว แต่ในประชากรกลุ่มเสี่ยงนั้นเมื่อได้รับสัมผัสหรือสูดดมหมอกควันเข้าสู่ร่างกาย อาจเกิดปัญหาต่อสุขภาพจากการสัมผัสกับหมอกควันทั้งระยะสั้นและระยะยาวได้ โดยแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มเสี่ยง ดังนี้

1) กลุ่มเด็กเล็ก ถึงแม้ว่าจะไม่เคยมีปัญหาการเจ็บป่วยหรือโรคเรื้อรังมาก่อน ก็ยังถือว่าเป็นกลุ่มเสี่ยง เนื่องจากปอดของเด็กยังกำลังพัฒนา ทำให้มีความเสี่ยงต่อมลพิษทางอากาศมากกว่าในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้เด็กมีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสมากกว่าผู้ใหญ่ เนื่องจากเด็กส่วนใหญ่มักใช้เวลาทำกิจกรรมอยู่นอกบ้าน/อาคารมากกว่าผู้ใหญ่ เช่น สนามเด็กเล่น สนามกีฬา ลานกิจกรรม เป็นต้น เด็กมักมีกิจกรรมที่เคลื่อนไหวมากกว่าผู้ใหญ่ เช่น การวิ่งเล่น การกระโดด ปีนป่าย เป็นต้น เด็กจะมีการหายใจเอาอากาศเข้าสู่ร่างกาย (ปริมาตรอากาศต่อน้ำหนักตัว) สูงกว่าผู้ใหญ่ผลกระทบต่อสุขภาพ พบว่า มลพิษที่เกิดขึ้นจากฝุ่นหรืออนุภาคมีความสัมพันธ์กับอาการทางระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น และส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของปอดลดลงโดยมีอาการ เช่น ไอ หายใจลำบาก เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาพบว่าในทุก ๆ 1 ppb (หนึ่งในพันล้านส่วนของอากาศ) ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้สมรรถภาพปอดของเด็กที่เป็นโรคหอบหืดลดลง 2.12 ลิตรต่อนาที นอกจากนี้ยังพบว่า ทุกๆ 1 ppb ของก๊าซโอโซนและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้สมรรถภาพของปอดในเด็กลดลง 0.16 และ 1.60 ลิตรต่อนาทีตามลำดับในลักษณะที่เสริมฤทธิ์กัน และจากผลงานวิจัยจำนวนมากทั้งในและต่างประเทศ พบว่าสารมลพิษอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเด็กมีหลายชนิด ได้แก่ PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 , SO_2 , และ O_3 ซึ่งมีผลต่อการเจ็บป่วยของเด็กหลายด้าน ได้แก่ การเจ็บป่วยจากระบบทางเดินหายใจ การตายก่อนเวลาอันควรจากโรกระบบทางเดินหายใจ การเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลจากโรคทางเดินหายใจ

2) ผู้สูงอายุ ผลจากการศึกษาในต่างประเทศ ได้มีการประมาณค่าการตายของกลุ่มผู้สูงอายุที่เกิดจากการรับสัมผัสกับมลพิษทางอากาศหรือฝุ่นละอองในแต่ละปีมีอัตราประมาณ 10:1,000 โดยในกลุ่มผู้สูงอายุมักจะมีปัญหาเรื่องประสิทธิภาพของปอดและปัญหาโรคหัวใจ ทำให้มีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสกับฝุ่นมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ทั้งนี้ เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานของระบบป้องกันของปอดจะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น

3) หญิงตั้งครรภ์ ข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพกับการสัมผัสกับหมอกควันในหญิงตั้งครรภ์มีน้อยมากหรือไม่มีเลย แต่มีการศึกษาจำนวนมากที่แสดงหลักฐานถึงผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสควันบุหรี่ซ้ำๆ ในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ ทั้งการรับทางตรงและทางอ้อม ซึ่งองค์ประกอบของควันไฟป่ามีหลายชนิดที่คล้ายกับบุหรี่ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลอีกหลายแหล่งที่แสดงให้เห็นว่าการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศในเมืองใหญ่ๆ มีผลต่อน้ำหนักตัวของเด็กทารก และมักมีการคลอดก่อนกำหนด ดังนั้น จำเป็นต้องพิจารณาให้หญิงตั้งครรภ์ เป็นกลุ่มเสี่ยงที่ต้องให้ความสำคัญเช่นกัน

4) ผู้ที่มีโรคประจำตัว กลุ่มผู้ที่มีโรคประจำตัวที่เกี่ยวข้องกับระบบหัวใจและหลอดเลือด เช่น โรคหัวใจและโรคหลอดเลือดทางสมองประเภทต่างๆ และผู้ที่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับโรคระบบทางเดินหายใจ และภูมิแพ้ จะเป็นกลุ่มเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายจากสัมผัสฝุ่นละออง ซึ่งควรได้รับการดูแลสุขภาพอย่างใกล้ชิด โดยจากการศึกษาข้อมูลวิชาการที่เกี่ยวข้อง มีดังต่อไปนี้

- ผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือด จะเป็นกลุ่มโรคเรื้อรังที่ส่งผลกระทบทำให้เกิดการเจ็บหน้าอกชั่วคราว หัวใจวาย หัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะ หรือหัวใจล้มเหลว โดยในประเทศสหรัฐอเมริกา โรคหัวใจและหลอดเลือดเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้นๆ หรือปีละประมาณร้อยละ 30 - 40 ของผู้ที่เสียชีวิตทั้งหมด โดยที่การเสียชีวิตส่วนใหญ่เกิดกับผู้ที่มีอายุมากกว่า 65 ปีขึ้นไป จากการศึกษพบว่าระดับฝุ่นละอองในพื้นที่ชนบทเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ อาการใจสั่น และผลกระทบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับโรคหัวใจและหลอดเลือด ผู้ที่มีปัญหาเป็นโรคปอดหรือหัวใจเรื้อรัง มักเคยเกิดอาการดังต่อไปนี้อย่างน้อยหนึ่งอาการขึ้นไป ได้แก่ การหายใจได้ในช่วงสั้นๆ อาการแน่นหน้าอก เจ็บหน้าอก คอไหล หรือแขน หัวใจเต้นไม่คงที่ หรือเกิดอาการปวดศีรษะหรือเหนื่อยง่ายผิดปกติ

- ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease, COPD) เป็นกลุ่มโรคที่ทำให้เกิดความผิดปกติ โดยผู้ป่วยจะมีอาการไอ หายใจลำบาก และมีเสมหะมากร่วมด้วย ซึ่งโรคนี้แสดงอาการคล้ายกับโรคระบบทางเดินหายใจหลายโรค เช่น หลอดลมอักเสบเรื้อรัง ถุงลมโป่งพอง และโรคหอบหืด เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของโรคมามากขึ้น จึงมีผู้ให้คำจำกัดความของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นโรคเรื้อรังที่หลอดลมมีการอุดกั้นเพิ่มมากขึ้นอย่างช้า ๆ จากผลเกิดถุงลมโป่งพองและทางหายใจเล็กๆ ในปอดมีขนาดเล็กลงอย่างถาวร

- ผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ (Asthma) เมื่อได้รับสิ่งกระตุ้นหลอดลมจะเกิดอาการอักเสบของเยื่อหลอดลม มีการบวมทำให้หลอดลมตีบแคบลง ขณะเดียวกันการอักเสบทำให้หลอดลมมีความไวต่อการกระตุ้นและตอบสนอง โดยการหดเกร็งของกล้ามเนื้อหลอดลมทำให้หลอดลมตีบแคบลงไปอีก นอกจากนี้ หลอดลมที่อักเสบจะมีการหลั่งเมือกออกมามาก ทำให้ท่อทางเดินหายใจตีบแคบ นอกจากนี้ กล้ามเนื้อท่อทางเดินหายใจยังเกิดการหดตัวทั้งหมดนี้ทำให้เกิดอาการหายใจลำบาก ไอ หายใจมีเสียงหวีด หายใจถี่ และรู้สึกแน่นหน้าอก ในรายที่มีอาการรุนแรงอาจพบริมฝีปากและเล็บมีสีเขียวคล้ำ

1.4 สถานการณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ประเทศไทย

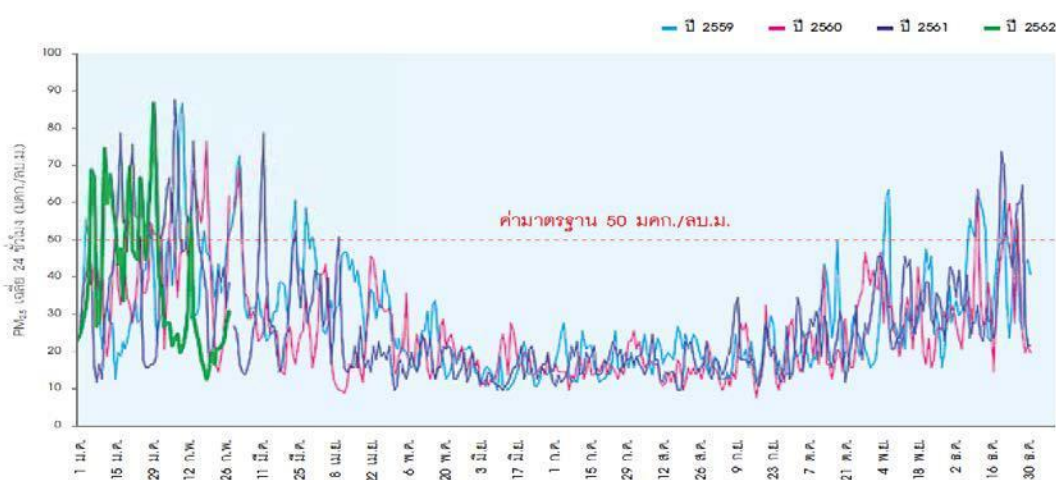
สถานการณ์มลพิษทางอากาศของประเทศไทยในปี 2562 มีแนวโน้มคุณภาพอากาศดีขึ้นแต่ยังคงพบปัญหาโอโซนและ PM_{2.5} โดยเฉพาะในเมืองขนาดใหญ่ ที่มีการจราจรหรือบรรทุกขนส่งหนาแน่นเขตอุตสาหกรรม และพื้นที่ที่มีการเผาในที่โล่งจากการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศโดยสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติของกรมควบคุมมลพิษ จำนวน 64 สถานี ใน 34 จังหวัด พบว่า ในช่วงปี 2562 – 2560 สถานการณ์ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานในช่วงต้นปีและปลายปี (ค่ามาตรฐาน PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) โดยพื้นที่เสี่ยงที่มีปัญหา PM_{2.5} ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เมืองใหญ่ที่มีการจราจรหรือบรรทุกขนส่งหนาแน่น เช่น กรุงเทพมหานคร นครราชสีมา ขอนแก่นและพื้นที่ที่มีการเผาในที่โล่ง เช่น พื้นที่ภาคเหนือ กาญจนบุรี ขอนแก่น พื้นที่เขตอุตสาหกรรม เช่น สระบุรี ร้อยเอ็ดแต่ ละพื้นที่ ดังนี้

1) หมอกควัน 9 จังหวัดภาคเหนือ (จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน พะเยา แพร่ น่าน และตาก) สาเหตุมาจากความแห้งแล้งส่งผลให้ เกิดการเพิ่มขึ้นของไฟป่าทั้งในประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน การลักลอบเผาในที่โล่ง เช่น การเผาเศษวัสดุพืชและเศษวัสดุทางการเกษตร ประกอบกับ ลักษณะภูมิประเทศและสภาพอุตุนิยมวิทยาของภาคเหนือเป็นแอ่งกระทะล้อมรอบด้วยภูเขาสูง และในช่วง หน้าแล้งอากาศแห้ง ความกดอากาศสูงทำให้ อากาศปิดฝุ่นละอองไม่แพร่กระจายและสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานจากการเฝ้าระวังสถานการณ์ PM_{2.5} ตั้งแต่ วันที่ 1 มกราคม - 31 พฤษภาคม 2562 พบว่าปริมาณของ PM_{2.5} มีค่าอยู่ในช่วง 5-353 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.ม) และค่าสูงสุดที่ตำบล เวียงพางคำ อำเภอแม่สาย จังหวัด เชียงราย และมีจำนวนวันเกินมาตรฐานสูงสุดคือ 74 วันเมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ ปี 2562 กับ 2561 ในช่วงเวลาเดียวกันพบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทั้งนี้ พบว่า ปี 2562 ปริมาณของ PM_{2.5} มีแนวโน้มลดลงโดยสถานการณ์ หมอกควัน 9 จังหวัดภาคเหนือปี 2561–2562 ดังรูปที่ 2



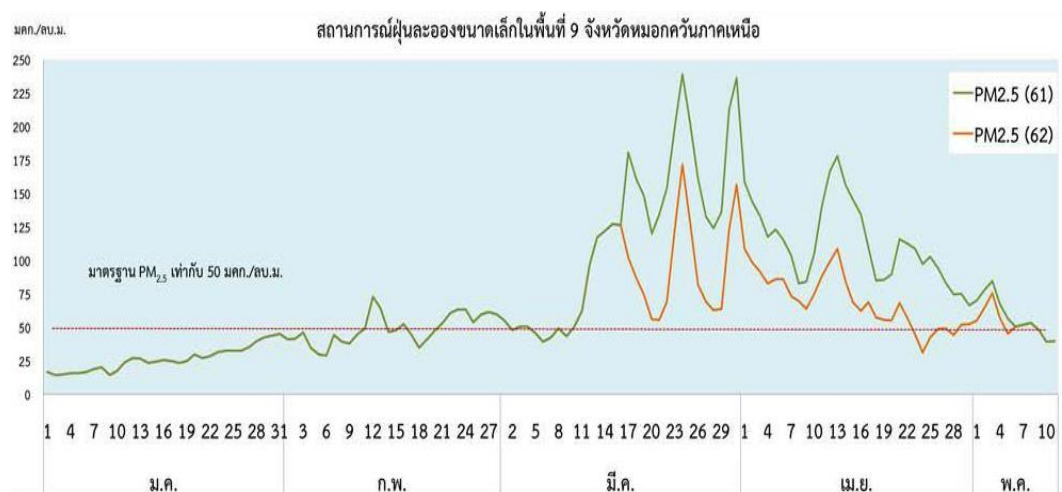
รูปที่ 2 สถานการณ์หมอกควัน 29 จังหวัดภาคเหนือ ปี2561–2562

2) กรุงเทพมหานครและปริมณฑลพบว่าปริมาณ $PM_{2.5}$ มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานในช่วงต้นปี ทั้งนี้แหล่งกำเนิดหลักเกิดจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล การเผาในที่โล่ง โรงงานอุตสาหกรรม ยังมาจากการก่อสร้างซึ่งส่งผลให้ เกิดการจราจรติดขัดทำให้ปริมาณมลพิษเพิ่มขึ้นจากการเผาระวังสถานการณ์ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน – เมษายน 2562 พบว่าปริมาณ $PM_{2.5}$ เริ่มมีแนวโน้มสูงขึ้นจนอยู่ในระดับเกินเกณฑ์มาตรฐานตั้งแต่เดือนธันวาคม 2561 ปริมาณ $PM_{2.5}$ มีค่าอยู่ในช่วง 4 - 134 มคก./ลบ.ม. ซึ่งอยู่ในระดับมีผลกระทบต่อสุขภาพโดยเฉพาะประชากรกลุ่มเสี่ยง และจำนวนวันที่เกินมาตรฐาน 59 วัน สำหรับแนวโน้มปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงปี 2559 – 2562 มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แนวโน้มปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงในกรุงเทพมหานครปี 2559 – 2562

3) พื้นที่เสี่ยงอื่นๆ ประสบปัญหา $PM_{2.5}$ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดเลย และจังหวัดขอนแก่น ภาคตะวันตก เช่น จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดราชบุรี เป็นต้น โดยสาเหตุหลักมาจากการเผาในที่โล่ง โดยเฉพาะพื้นที่การเกษตรกรรมและพื้นที่ป่าซึ่งในปี 2561 และปี 2562 พบว่า พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันตกจะมีค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง เกินมาตรฐานในช่วงเดือนมกราคม - มีนาคม ดังรูปที่ 4 ซึ่งเป็นช่วงที่พบจำนวนจุดความร้อนสะสมในพื้นที่จำนวนมากเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนจุดความร้อนตามการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่าในพื้นที่เกษตรมีจุดความร้อนสูงสุดถึงร้อยละ 50 ของจำนวนจุดความร้อนในพื้นที่ทั้งหมด



รูปที่ 4 ปริมาณ PM_{2.5} ในจังหวัดขอนแก่นและกาฬสินธุ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2562)

โดยสรุป พบว่าหลายพื้นที่ของประเทศไทยประสบปัญหา PM_{2.5} เกินค่ามาตรฐาน โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาว ซึ่งมีสภาพอากาศปิด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนโดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยงได้ หน่วยงานสาธารณสุขต้องเตรียมการรับมือกับสถานการณ์ ดังกล่าว เพื่อคุ้มครองดูแลสุขภาพของประชาชน

2. อนุกรมเวลา (Time series)⁽⁶⁾

ความเข้าใจถึงลักษณะของข้อมูลนั้นนับได้ว่ามีความสำคัญ นอกจากการวิเคราะห์ในรูปแบบของเหตุและผล (Causal) ซึ่งต้องอาศัยตัวแปรอิสระและตัวแปรตามเพื่อนำไปสู่การสร้างตัวแบบในลักษณะเชิงถดถอย อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญสำหรับรูปแบบการวิเคราะห์นี้ เช่น การเลือกตัวแปรอิสระที่จะนำมาใช้ในการสร้างตัวแบบหรือบางครั้งขาดข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรอิสระ ด้วยเหตุนี้จึงมีอีกรูปแบบหนึ่งของการวิเคราะห์ข้อมูลที่น่าสนใจคือ การพิจารณาที่ตัวข้อมูลที่สนใจเอง โดยช่วงของการวิเคราะห์ก็จะแปรผันไปตามเวลาหรือเรียกกันว่าเป็นข้อมูลแบบอนุกรมเวลา

2.1 ความหมายของอนุกรมเวลา

อนุกรมเวลา (Time Series) คือชุดข้อมูล $\{x_t : t = 1, \dots, n\}$ ที่มีการเก็บจดบันทึก หรือมีการสังเกต ณ เวลา t โดยข้อมูลอาจมีลักษณะเป็นแบบต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องก็ได้ และมีการเรียงลำดับตามเวลาที่เกิดขึ้นก่อนหลัง และอาจประกอบขึ้นเป็นรูปร่างหรือลักษณะต่างๆ เช่น แนวโน้ม (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) หรือวัฏจักร (Cycle) เป็นต้น และมีความเป็นไปได้สูงที่ข้อมูลจากจุดต่างๆ นั้นจะมีสหสัมพันธ์ต่อกันและกัน ดังนั้นการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีพื้นฐานในแง่ของความ เป็นอิสระต่อกันจึงไม่เหมาะในการที่จะใช้อธิบายข้อมูลอนุกรมเวลาสำหรับตัวอย่างของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอนุกรมเวลาก็เช่น ดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ราคาตลาดล่วงหน้าของพืชผลทางการเกษตร ปริมาณการผลิตสินค้าประเภทหนึ่งๆ อัตราการว่างงานในประเทศไทย และปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตคิดเป็นรายเดือน

ประโยชน์ที่สำคัญของอนุกรมเวลาในแง่ของการวิเคราะห์คือ ทำให้มีความเข้าใจลักษณะรูปร่างของข้อมูลในอดีต เพื่อที่จะสามารถนำมาใช้ในการทำนายว่าข้อมูลดังกล่าวน่าจะมีลักษณะเป็นอย่างไรในอนาคต หรืออาจจะกล่าวได้ว่าเพื่อเป็นการเลือกวิธีการทำนายค่าของอนุกรมเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้ประโยชน์อีกอย่าง คือ เป็นการแสดงให้เห็นถึงค่าที่ผิดปกติ (สูงหรือต่ำกว่าปกติ) หรือ Outlier ในอนุกรมเวลา

นอกจากนี้อีกประโยชน์หนึ่งของการวิเคราะห์อนุกรมเวลาก็คือ สามารถที่จะใช้ในการวิเคราะห์ได้ว่าค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาเหล่านี้ที่แต่ละจุดเวลานั้นมีความสัมพันธ์ต่อกันและกัน (สหสัมพันธ์ในตัวเอง) หรือไม่ ซึ่งลักษณะเด่นในแง่ของความสัมพันธ์นี้สามารถที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์และพยากรณ์ค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาในอนาคตได้

2.2 การประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูล

อนุกรมเวลามีการนำไปใช้ในการอธิบายลักษณะและรูปแบบของข้อมูลในสาขาวิชาต่างๆ เช่น เศรษฐศาสตร์และธุรกิจ วิทยาศาสตร์กายภาพ (เช่น การพยากรณ์อากาศ วิทยาศาสตร์ทางทะเลธรณีวิทยา) การตลาด ประชากรศาสตร์ การควบคุมกระบวนการ ระบบเลขฐานสอง

2.3 รูปร่างทั่วไปของอนุกรมเวลา

ขั้นตอนแรกซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์อนุกรมเวลาก็คือ ความเข้าใจถึงปัจจัยที่ทำให้ข้อมูลมีการขยับเคลื่อนไหวไปสู่ค่าต่างๆ ก่อน หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ ทราบว่ามีโครงสร้างหลักใดบ้างซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของอนุกรมเวลาโดยสามารถทำการแยกออกเป็นองค์ประกอบเดี่ยวๆ ซึ่งหลักๆ แล้วองค์ประกอบต่างๆ ก็จะมีด้วยกันดังต่อไปนี้

2.3.1 แนวโน้ม (Trend, T)

ลักษณะแนวโน้มคือ การเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรจากค่าเฉลี่ยซึ่งอาจมีได้ 2 ลักษณะคือขึ้น (มากกว่าค่าเฉลี่ย) และลง (น้อยกว่าค่าเฉลี่ย) ในลักษณะค่อยๆ ขึ้นหรือลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ลักษณะรูปแบบดังกล่าวนี้พบได้ทั่วไปในข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์และธุรกิจ โดยรูปแบบแนวโน้มนี้อาจมีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้นหรือไม่เป็นก็ได้ หากเป็นแบบเชิงเส้นก็อาจอธิบายได้โดยใช้ฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear Function) ดังสมการที่ 2.1

$$Y = a + \beta t \dots\dots\dots 2.1$$

โดย a คือจุดตัดแกน y

β คือค่าความชัน

สำหรับ a and β จะเป็นค่าคงที่

หาก β มีค่ามากเท่าไร ก็จะทำให้ความชันของเส้นตรงแนวโน้มยิ่งมากขึ้นเท่านั้น หรือหากไม่ได้เป็นแบบเชิงเส้นก็อาจอธิบายได้โดยฟังก์ชันเลขชี้กำลังหรือเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Function) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 5.2

$$Y = a\beta^t; a, \beta > 0 \dots\dots\dots 2.2$$

2.3.2 ฤดูกาล (Seasonal, S)

เมื่อข้อมูลถูกจัดบันทึกในลักษณะรายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายไตรมาส ลักษณะที่สำคัญของข้อมูลที่มีองค์ประกอบประเภทนี้ก็คือ จะมีการทวนซ้ำรูปแบบเดิมของตัวเอง (Recurring) ตลอดช่วงระยะเวลาหนึ่งที่แน่นอนสำหรับรูปแบบของฤดูกาลนั้นมักจะเกิดจากตัวรบกวน (Disturbance) ที่เกิดในช่วงเวลาหนึ่ง และมักจะเกิดขึ้นในระยะสั้นๆ เท่านั้น สำหรับตัวอย่างของข้อมูลประเภทนี้ เช่น ยอดขายเครื่องปรับอากาศ ยอดขายไอศกรีม ปริมาณการใช้ไฟฟ้า หรือความหนาแน่นของการจราจรในแต่ละวัน ฤดูกาล หากต้องการที่จะใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ก็จะสามารถใช้อนุกรมฟูเรียร์ได้ดังต่อไปนี้

$$s_t = a_0 + \sum_{j=1}^k \left(a_j \cos\left(\frac{2\pi jt}{m}\right) + b_j \sin\left(\frac{2\pi jt}{m}\right) \right) \dots\dots\dots 2.3$$

สำหรับอนุกรมฟูเรียร์คือ ผลบวกของฟังก์ชันไซน์และฟังก์ชันโคไซน์ที่ความถี่ (บางครั้งจะเรียกว่า ฮาร์โมนิกที่...) ต่างๆ โดยมีจุดประสงค์เพื่อใช้ประมาณฟังก์ชันเป็นคาบ (Periodic Function) ซึ่งในทางคณิตศาสตร์หมายถึง ฟังก์ชันที่ให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าที่ซ้ำกันบนช่วงจำกัดหนึ่งๆ ซึ่งเรียกว่า คาบ (Period) และหากจะเปรียบเทียบแล้วก็สามารถเทียบเคียงได้กับองค์ประกอบฤดูกาลที่ได้กล่าวมาแล้วนั่นเอง

โดย a_0 , a_j และ b_j คือสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูเรียร์

K คือ ค่าคงที่

M คือ ความกว้างของฤดูกาล (ตัวอย่างเช่น 4 สำหรับข้อมูลรายไตรมาสหรือ 12 สำหรับข้อมูลฤดูกาลรายเดือน)

2.3.3 วัฏจักร (Cyclical, C)

ลักษณะวัฏจักรเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่พบได้ทั่วไปในข้อมูลอนุกรมเวลา โดยตลอดช่วงระยะเวลาหนึ่งจะมีจุดหนึ่งที่ค่าของข้อมูลสามารถไปถึงค่าสูงสุดโดยที่อยู่เหนือค่าแนวโน้มและเช่นเดียวกัน จะมีจุดหนึ่งที่ค่าของข้อมูลตกลงไปจนถึงจุดต่ำสุดโดยอยู่ใต้ค่าแนวโน้ม สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแบบวัฏจักรก็คือ จะมีลักษณะการเคลื่อนไหวเหมือนลูกคลื่นรอบเส้นแนวโน้ม โดยจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับข้อมูลแบบฤดูกาล แต่จุดที่มีความแตกต่างกันก็คือ ข้อมูลแบบวัฏจักรจะมีระยะเวลาในการเกิดที่แตกต่างกันในแต่ละวัฏจักรและมีขนาด (Amplitude) ที่แตกต่างกัน ในแง่ของธุรกิจ วัฏจักรของข้อมูลมักจะมีความสัมพันธ์กับวัฏจักรทางธุรกิจ ตัวอย่างเช่น อิทธิพลของเงินเฟ้อที่มีต่อราคาสินค้า (ซึ่งมีการปรับตัวจากค่าสูงสุดลงมาจนถึงระดับปกติ) สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแบบวัฏจักรนั้นจัดได้ว่ามีความยากที่สุดแบบหนึ่งในการทำนายเพราะรูปแบบของแต่ละวัฏจักรไม่ได้มีลักษณะเหมือนกันโดยตลอด

2.3.4 ความผิดปกติ (Irregular, I)

องค์ประกอบความผิดปกติเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะพิเศษที่สุดอย่างหนึ่งของอนุกรมเวลา ก็คือเป็นองค์ประกอบซึ่งไม่สามารถที่จะทำนายรูปแบบได้เลย โดยค่าของข้อมูลที่จัดได้ว่าเป็นความผิดปกตินี้คือ ค่าที่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนจากค่าองค์ประกอบหลักอื่นๆ ของอนุกรมเวลา

(แนวโน้ม วัฏจักรและฤดูกาล) โดยลักษณะการเกิดจะเป็นแบบสุ่ม สำหรับการเกิดจะเป็นระยะสั้นๆ และค่าของข้อมูลที่แต่ละจุดเวลานั้นจะเป็นอิสระซึ่งกันและกัน ซึ่งหมายความว่า不会有ลักษณะที่ทวนซ้ำกันเกิดขึ้นหรือจะกล่าวได้ว่าองค์ประกอบความผิดปกติก็จะมีลักษณะเป็นไปตามกระบวนการสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม (Pandom Noise) หรือสัญญาณรบกวนขาว (White Noise) ดังที่ได้มีการแล้วถึงไปแล้วในบทที่ 2 นั้นเองหากจะมองในอีกแง่หนึ่ง หากนำข้อมูลอนุกรมเวลาทั่วไปมาผ่านตัวกรอง (Fiter) ที่สามารถแยกองค์ประกอบต่างๆ ออกได้ องค์ประกอบความผิดปกติจะเป็นส่วนเหลือ (Residual) ที่เกิดขึ้นสุดท้ายหลังจากที่มีการกรองเอาองค์ประกอบอื่นๆ อันได้แก่ T, S, C ออกไปแล้วหากข้อมูลอนุกรมเวลามีลักษณะเป็นอิสระต่อกันและมีการสุ่มตัวอย่างออกมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ ก็จะสามารถอธิบายได้อย่างง่ายดายโดยใช้ตัวแบบของวอลเตอร์ เอ. ชิวฮาร์ด (Walter A. Shewhar) นั่นก็คือ ถ้าข้อมูลมีลักษณะที่มีการเคลื่อนไหวอย่างเป็นอิสระรอบๆ ค่าคงที่ค่าใดค่าหนึ่งโดยเป็นผลมาจากสัญญาณรบกวนขาว ก็จะสามารถแสดงในรูปของสมการที่ (2.4)

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t \dots\dots\dots 2.4$$

โดย ε_t คือความคลาดเคลื่อนหรือองค์ประกอบความผิดปกติซึ่งมีลักษณะเป็นไปตามกระบวนการของสัญญาณรบกวนขาว

2.4 การแยกองค์ประกอบ (Decomposition)

เนื่องจากข้อสมมติฐานที่สำคัญของการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา ก็คือลักษณะของข้อมูลในอดีตจะมีความสัมพันธ์กับข้อมูลในอนาคต และเนื่องจากว่าอนุกรมเวลามีองค์ประกอบพื้นฐานต่างๆ ดังที่ได้มีการกล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.3 ดังนั้นความสามารถในการที่จะวิเคราะห์ว่ามีองค์ประกอบใดบ้างอยู่ในข้อมูลหรืออาจจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความสามารถในการแยก (Decomposttion) ว่ามีรูปแบบต่างๆ ออกมาจากข้อมูลอนุกรมเวลาหลักจึงเป็นสิ่งที่จะสามารถช่วยในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ สามารถบอกได้ว่าองค์ประกอบเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด โดยสามารถแบ่งความสัมพันธ์ออกได้เป็น 2 รูปแบบหลักๆ ก็คือ

2.4.1 ตัวแบบการบวก (Additive Model)

หากแทนข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยตัวแปร Y ในบางครั้ง ข้อมูลดังกล่าวอาจประกอบขึ้นจากองค์ประกอบรูปแบบต่างๆ มากระทำการทางคณิตศาสตร์กันในลักษณะของการบวก โดยหากแสดงในรูป

ของสมการก็จะเป็นไปตามสมการที่ (2.5)

$$Y = T + C + S + I \dots\dots\dots 2.5$$

สำหรับตัวแบบการบวกนั้นจะมีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้เมื่อค่าของอนุกรมเวลานั้นมีการเคลื่อนไหวในลักษณะที่คงที่ตลอดช่วงระยะเวลาที่สนใจหรือจะกล่าวอย่างง่ายๆ

ก็คือค่าของข้อมูลนั้นมีการขยับอยู่ในลักษณะเป็นแถบอยู่รอบค่าคงที่หรือรอบค่าแนวโน้มก็คือแต่ละองค์ประกอบเป็นอิสระต่อกันและกัน

2.4.2 ตัวแบบการคูณ (Multiplicative Model)

ทำนองเดียวกันกับตัวแบบการบวก หากแต่ถ้าถ้าอนุกรมเวลานั้นเกิดจากองค์ประกอบต่างๆ มากระทำการทางคณิตศาสตร์ด้วยการคูณกันโดยที่แต่ละองค์ประกอบไม่เป็นอิสระต่อกันและกัน สำหรับตัวแบบการคูณนั้นก็สามารถที่จะแสดงได้ดังในสมการที่ (2.6)

$$Y = T \times C \times S \times I \dots\dots\dots 2.6$$

ตรงกันข้ามกับตัวแบบการบวกสำหรับตัวแบบการคูณนี้จะเหมาะสมในการนำมาใช้เมื่อขนาดของความแปรผันหรือการเคลื่อนไหวนั้นมีลักษณะแปรผันตรงกับระยะเวลาที่มากขึ้น (นั่นคือจะมีการแปรผันมากขึ้นเมื่อระยะเวลามากขึ้น) หากจะกล่าวง่ายๆ ก็คือลักษณะรูปร่างของข้อมูลจะเหมือนกับลำโพง (Megaphone) หรือกรวย (Funnel) นั่นเอง

2.4.3 ตัวแบบผสม (Mixed Model)

ตัวแบบผสมคือ ตัวแบบที่มีลักษณะผสมกันระหว่างตัวแบบการบวกและตัวแบบการคูณ โดยสามารถแสดงดังได้ในสมการที่ (2.7 - 2.10)

$$Y = (T \times C \times S) + I \dots\dots\dots 2.7$$

$$Y = T \times C \times S \times I \dots\dots\dots 2.8$$

$$Y = T + S \times C \times I \dots\dots\dots 2.9$$

$$Y = T + S + C \times I \dots\dots\dots 2.10$$

2.4.4 ข้อสังเกตเกี่ยวกับการแยกองค์ประกอบ

หากจะสรุปอย่างง่ายๆ ก็คือการแยกองค์ประกอบก็เปรียบเสมือนกับการใช้ตัวกรอง (Filter) ในการแยกองค์ประกอบต่างๆ ของอนุกรมเวลา เช่น แนวโน้ม วัฏจักร และฤดูกาล จนเหลือแต่องค์ประกอบความผิดปกติเท่านั้น ดังนั้นคำถามที่สำคัญก็คือ จะเลือกตัวแบบใดในการแยกองค์ประกอบ สำหรับวิธีที่สะดวกที่สุดก็คือ การใช้ Rule of Thumb ในการเลือกว่าจะใช้ตัวแบบใดซึ่งก็ขึ้นอยู่กับ การสังเกตจากการพล็อตกราฟอนุกรมเวลา หากลักษณะของข้อมูลมีการกระจายมากขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ก็จะเป็นไปได้ที่ตัวแบบการคูณที่จะนำมาใช้ในการอธิบายข้อมูล แต่หากตรงกันข้ามคือ ข้อมูลมีการกระจายตัวอย่างคงที่ (ถึงแม้ว่าความชันของเส้นแนวโน้มมีการเพิ่มขึ้น) ตัวแบบการบวกก็จะมีความเหมาะสมมากกว่า สำหรับข้อสังเกตที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งเกี่ยวกับ

องค์ประกอบของอนุกรมเวลาก็คือ องค์ประกอบความผิดปกติมีค้เป็นได้ทั้งบวกหรือลบ แต่ผลรวมของค่าองค์ประกอบความผิดปกตินั้น เมื่อรวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับศูนย์

ประเด็นซึ่งมักมีการถกเถียงเกี่ยวกับการแยกองค์ประกอบก็ คือ เนื่องจากข้อสันนิษฐานที่สำคัญก็คือ องค์ประกอบต่างๆ นั้นต้องเป็นอิสระต่อกันและกัน อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ องค์ประกอบเหล่านี้มักที่จะมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เพราะค่าของอนุกรมเวลาที่เวลาหนึ่งอาจที่จะมีความสัมพันธ์กับค่าอีกที่เวลาหนึ่ง ดังนั้นการแยกองค์ประกอบของอนุกรมเวลาเพื่อใช้ในการสร้างตัวแบบ บางครั้งจึงอาจไม่แม่นยำเท่าที่ควรในการใช้อธิบายข้อมูลมากนัก

2.5 สรุป

รูปแบบหนึ่งที่สำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลก็คือ ลักษณะของข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลา ซึ่งก็คือ ชุดของข้อมูลที่มีการเรียงลำดับตามเวลาและมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา สำหรับหลักในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาวิธีหนึ่งซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายก็คือ การแยกองค์ประกอบ ซึ่งถ้าหากสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของอนุกรมเวลาได้ก็จะสามารถทำการพยากรณ์ค่าในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับองค์ประกอบของอนุกรมเวลา ได้แก่ ค่าฤดูกาล (Seasonal) ค่าวัฏจักร (Cyclical) ค่าแนวโน้ม (Trend) ซึ่งแบ่งออกเป็นแนวโน้มแบบเส้นตรงและแนวโน้มแบบเลขชี้กำลังหรือเอ็กซ์โปเนนเชียลและค่าผิดปกติ (egularities) ดังนั้นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาจึงสามารถทำได้โดยการแยกองค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้ออกมาเป็นองค์ประกอบย่อยๆ นอกจากนี้อีกหนึ่งปัจจัยที่ต้องมีการคำนึงถึงก็คือ การพิจารณาว่าองค์ประกอบเหล่านี้มีการผสมผสาน หรือมีการกระทำการทางคณิตศาสตร์กันอย่างไรซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบคือ ตัวแบบการบวก (Additive) และตัวแบบการคูณ (Multiplicative) สำหรับการจะเลือกใช้ตัวแบบใดก็จะพิจารณาได้จากรูปร่างของกราฟอนุกรมเวลา

3 เทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ (Smoothing Technique)⁽⁶⁾

เมื่อเข้าใจความหมายและองค์ประกอบรวมไปถึงความเป็นกระบวนการคงที่ของอนุกรมเวลาแล้ว สิ่งที่สำคัญในลำดับต่อไปก็คือ ความสามารถในการที่จะทำการพยากรณ์ค่าของอนุกรมเวลาที่สนใจในอนาคต สำหรับในบทเรียนนี้ก็จะกล่าวถึงตัวแบบในการพยากรณ์ที่ไม่มีความซับซ้อนมากนัก แต่ยังสามารถในการพยากรณ์องค์ประกอบพื้นฐานของอนุกรมเวลาที่มีการกล่าวถึงไปแล้วในบทที่ 5 นั่นก็คือ องค์ประกอบแนวโน้ม วัฏจักร ฤดูกาลและความผิดปกติ รวมไปถึงการผสมค่าขององค์ประกอบต่างๆ เข้าด้วยกันไม่ว่าจะในรูปแบบของตัวแบบการบวกหรือตัวแบบการคูณ

3.1 ความหมายของเทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ

เทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ (Smoothing Technique) เป็นเทคนิคการพยากรณ์ที่มีพื้นฐานในการลดหรือกำจัดองค์ประกอบผิดปกติ ซึ่งทำให้เกิดการขยับขึ้นลงของข้อมูลหรือเป็นการทำให้ข้อมูลเรียบขึ้นโดยใช้วิธีการเฉลี่ยองค์ประกอบผิดปกติ เพื่อขจัดเซย์ท์กลางค่าองค์ประกอบดังกล่าวกันเอง อันจะเป็นการเผยให้เห็นองค์ประกอบอื่นๆ ของข้อมูล เช่น องค์ประกอบระดับ (ค่าคงที่) องค์ประกอบแนวโน้มหรือฤดูกาลหรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือเป็นเทคนิคพยากรณ์ที่ใช้เป็นตัวกรอง (Filter) สัญญาณรบกวนขาว (White Noise) ออกเพื่อให้เหลือเพียงองค์ประกอบอื่นๆ นอกจากนี้เทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบยังมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้

สามารถรองรับการพยากรณ์องค์ประกอบอื่นๆ นอกจากความสามารถในการพยากรณ์องค์ประกอบ ผิดปกติ ได้แก่ องค์ประกอบระดับ องค์ประกอบแนวโน้มหรือฤดูกาล สำหรับเหตุผลหนึ่งซึ่งทำให้ เทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบเป็นที่นิยมก็คือ ความไม่ซับซ้อนของรูปแบบ ซึ่งสามารถเข้าใจได้ ไม่ยากและไม่มีความจำเป็นต้องมีความรู้สถิติขั้นสูง แต่อย่างไรก็ดี ในทางปฏิบัติแล้วมีข้อมูลอนุกรม เวลาจำนวนไม่มากนักที่จะมีองค์ประกอบผิดปกติเพียงอย่างเดียวด้วยเหตุนี้ การพยากรณ์แบบทำให้ เรียบจึงถูกปรับปรุงรูปแบบให้สามารถรองรับการพยากรณ์องค์ประกอบต่างๆ เพิ่มเติมขึ้นมาจาก องค์ประกอบผิดปกติเพียงอย่างเดียว สำหรับการแยกย่อยเทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ ออกมาหลายวิธีตามความเหมาะสมในการพยากรณ์องค์ประกอบต่างๆ ได้ดังนี้

3.2 การพยากรณ์อย่างง่าย (Naive)

การพยากรณ์อย่างง่ายจัดเป็นรูปแบบของการพยากรณ์ที่ง่ายที่สุดในบรรดาเทคนิคการ พยากรณ์แบบทำให้เรียบทั้งหมด ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับในกรณีที่ต้องการการพยากรณ์รูปแบบที่ สามารถทำได้เร็ว และรูปแบบของข้อมูลไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงมากนักตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการ พยากรณ์ หรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ มีเพียงองค์ประกอบผิดปกติเป็นองค์ประกอบหลักของข้อมูล นั่นคือข้อมูลที่จะทำการพยากรณ์นั้นไม่มีองค์ประกอบที่เด่นชัดของแนวโน้ม วัฏจักร หรือฤดูกาล สำหรับตัวแบบการพยากรณ์อย่างง่ายนั้นก็คือ ใช้ค่าในอดีตย้อนหลังไปหนึ่งช่วงไปเป็นค่าการ พยากรณ์ในอนาคต โดยลักษณะดังกล่าวจะเป็นไปตามสมการที่ (3.1)

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t \dots\dots\dots (3.1)$$

โดย $\hat{Y}_{t+1}$ คือค่าการพยากรณ์ที่เวลา $t+1$

Y_t คือค่าจากการสังเกตที่เวลา t

3.3 การพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average)

การพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นการพยากรณ์อนุกรมเวลารูปแบบหนึ่ง โดยมีความง่ายตรงจุดที่มีการใช้ข้อมูลจำนวนไม่มากนักในอดีตจำนวนหนึ่งเพื่อพยากรณ์ค่าในอนาคต หลักการพยากรณ์ดังกล่าวมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการแปรผัน ในปริมาณที่ไม่มากคือมีองค์ประกอบผิดปกติเป็นหลักทำให้มีการเคลื่อนไหวอยู่รอบค่าคงที่ค่าหนึ่ง หรือมีองค์ประกอบผิดปกติกับองค์ประกอบแนวโน้มหรือความชัน (การเคลื่อนไหวรอบค่าแนวโน้มค่า หนึ่งซึ่งมีความชันไม่มาก) โดยทั่วไปแล้วการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่จะไม่มีประสิทธิภาพใน การพยากรณ์อนุกรมเวลาที่องค์ประกอบวัฏจักรหรือฤดูกาลอยู่

3.3.1 การพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย (Simple Moving Average)

หรือค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ขั้นเดียว (Single Moving Average)

การพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่ายจะใช้ค่าของข้อมูลในอดีตจำนวนหนึ่งมา คำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อพยากรณ์ค่าในอนาคต ดังนั้นการพยากรณ์รูปแบบนี้จะเหมาะสำหรับข้อมูลที่มี แต่องค์ประกอบความผิดปกติหรือมีองค์ประกอบแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างช้าๆ โดยจุดเด่นก็

ก็จะแสดงให้เห็นถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละระดับในช่วงระยะเวลาต่างๆ สำหรับแนวความคิดของหลักการดังกล่าวก็คือจะให้น้ำหนักกับข้อมูลในอดีตแต่ละเวลาอย่างละเท่าๆ กันโดยขึ้นอยู่กับว่าจะให้น้ำหนักต่อข้อมูลในอดีตจำนวนกี่ข้อมูลหรืออีกนัยหนึ่งก็คือ เป็นการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลในอดีต สำหรับจำนวนข้อมูลย้อนหลังในอดีตที่นำมาใช้คำนวณนั้นจะถูกเรียกว่าเป็นอันดับของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ซึ่งหากตัวแปร k คืออันดับและเป็นจำนวนเต็มบวก ($k = 1, 2, 3 \dots$) จะสามารถแสดงสูตรในการคำนวณค่าเคลื่อนไหวได้ดังในสมการที่ (3.2)

$$MA(k)_t = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t y_t \dots \dots \dots (3.2)$$

โดยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่เวลา t จะใช้ในการพยากรณ์ค่า ณ เวลา $t+1$ (น) นั่นคือ

$$\hat{Y}_{t+1} = MA((k)_t) \dots \dots \dots (3.3)$$

ถ้าอันดับของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่มีเท่ากับ 1 จะเรียกตัวแบบดังกล่าวว่าเป็นตัวแบบการพยากรณ์อย่างง่าย (Naive) สำหรับจำนวนที่เหมาะสมของอันดับนั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล เช่น ตัวอย่างของค่าอันดับ เช่น 3 หรือ MA (3) ซึ่งเหมาะกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นไตรมาศ

สำหรับการเลือกค่าของ k ที่เหมาะสมนั้นมีสิ่งที่จะต้องคำนึงอยู่ 2 ประการคือ ความเสถียร(Stability) และการตอบสนอง (Responsiveness)

ความเสถียร (Stability) คือความสามารถในการพยากรณ์ได้ใกล้เคียงกับค่าคงที่หรือค่าระดับที่องค์ประกอบความผิดปกติในอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวอยู่รอบๆ ค่านั้น การตอบสนอง (Responsiveness) คือความยืดหยุ่นหรือความสามารถของการพยากรณ์ในการที่จะตรวจเจอค่าคงที่หรือค่าระดับของอนุกรมเวลาที่มีการขยับหรือมีการเปลี่ยนแปลงไป

ดังนั้นถ้าเลือกค่าของ k ที่มาก ก็จะมีเสถียรมาก (เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์จำนวนมากก็จะสามารถจัดผลขององค์ประกอบความผิดปกติได้ดี) แต่จะมีการตอบสนองช้า (เนื่องจากมีช่วงระยะของข้อมูลที่ใช้พยากรณ์มากเกินไป ทำให้เกิดความล่าช้าก่อนที่จะมีการนำเข้าสู่ข้อมูลที่แสดงถึงค่าของระดับใหม่ที่เปลี่ยนแปลงไป) ในทางกลับกันเลือกค่า k ที่น้อยก็จะได้ผลลัพธ์ที่ตรงกันข้าม คือมีความเสถียรต่ำแต่มีการตอบสนองต่อค่าระดับที่เร็ว นอกจากความเสถียรและการตอบสนองแล้ว ไม่มี Rule of Thumb ใดที่จะใช้ในการเลือกค่า k ที่เหมาะสม วิธีการที่นิยมใช้ก็คือวิธีการลองผิดลองถูก (Trial and Error) ในการเลือกค่า k ที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด

3.3.2 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 ชั้น (Double Moving Average)

สำหรับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 ชั้นนั้นมีพื้นฐานมาจากแนวความคิดที่ต้องการจะติดตามค่าแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาซึ่งไม่สามารถทำได้จากการพยากรณ์โดยใช้หลักการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่ายโดยหลักการก็คือการพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 ชั้นก็คือการนำ

ค่าที่ได้จากการสังเกตมาคำนวณเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ขึ้นเดียว 2 ครั้งหรือค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของค่าพยากรณ์นั่นเอง

$$DMA(k)_t = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t SMA_i \dots \dots \dots (3.4)$$

เนื่องจากค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 ชั้นจะน้อยกว่าค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ดังนั้น ณ เวลา t ใดๆ

$$\frac{2}{k-1} (SMA_t - DMA_t) = \text{องค์ประกอบแนวโน้ม}$$

$$\text{องค์ประกอบระดับ} = SMA_t + SMA_t - DMA_t$$

จะได้ว่า

$$\text{องค์ประกอบระดับ} = 2 SMA_t - DMA_t \dots \dots \dots (3.5)$$

$$\text{ค่าพยากรณ์} = \text{องค์ประกอบระดับ} + \text{องค์ประกอบแนวโน้ม} \text{ หรือ } \hat{Y}_{1+p} = (L_t + pT_t)$$

3.3.3 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก (Weighted Moving Average) จะมีการคำนวณพื้นฐานที่คล้ายคลึงกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ แตกต่างกันตรงที่แทนที่จะให้น้ำหนักกับข้อมูลในอดีตอย่างเท่าๆ กันเหมือนการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ทั่วไป ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักจะมีการให้ค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วจะมีการให้น้ำหนักกับข้อมูลล่าสุดมากกว่าข้อมูลในอดีตโดยมีพื้นฐานแนวความคิดว่าข้อมูลล่าสุดน่าจะมีผลต่อค่าในอนาคตมากกว่าค่าที่ล้าหลังในอดีต อย่างไรก็ตาม Rue of Thumb ใดในการเลือกค่าน้ำหนักที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ค่าน้ำหนักดังกล่าวจะต้องรวมกันได้หนึ่งเสมอสำหรับสูตรในการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักก็แสดงในสมการที่ (3.6) และ (3.7)

$$WMA(k)_t = \sum_{i=t-k+1}^t w_i Y_i \dots \dots \dots (3.6)$$

$$\hat{Y}_{t+1} = WMA(k)_t \dots \dots \dots (3.7)$$

3.4 การพยากรณ์ด้วยวิธีทำให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing)

เนื่องจากการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่มีความต้องการใช้ข้อมูลย้อนหลังในอดีตเป็นจำนวนมาก นอกจากนั้นยังมีการให้น้ำหนักให้แก่ข้อมูลล่าสุดเท่ากับข้อมูลในอดีต ด้วยเหตุนี้เพื่อให้ผลจากการพยากรณ์สามารถรองรับกับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลสุด ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงการพยากรณ์ด้วยวิธีทำให้เรียบด้วยฟังก์ชันเลขชี้กำลัง ซึ่งมีการให้น้ำหนักกับข้อมูลล่าสุดมากกว่า

ข้อมูลในอดีตในลักษณะที่ลดหลั่นลงไปเป็นฟังก์ชันเลขชี้กำลัง นอกจากนี้วิธีทำให้เรียบแบบเลขชี้กำลังเป็นหลักการพยากรณ์ที่มีความต้องการใช้ข้อมูลที่น้อยกว่านั้นคือ ต้องการทราบเพียงค่าสังเกตล่าสุดและค่าพยากรณ์ล่าสุดเท่านั้น และยังมีการแบ่งน้ำหนักให้กับค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ล่าสุดอีกด้วย อีกจุดเด่นหนึ่งก็คือ เทคนิคการพยากรณ์ด้วยวิธีทำให้เรียบแบบเลขชี้กำลังนั้นยังมีศักยภาพในการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีองค์ประกอบแนวโน้มและฤดูกาลปรากฏอยู่ในข้อมูลโดยประเภทของวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังนั้นก็แบ่งออกได้เป็น

3.4.1 วิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังขั้นเดียว (Single Exponential Smoothing)

บางครั้งวิธีการดังกล่าวก็จะถูกเรียกว่า วิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังอย่างง่าย (Simple Exponential Smoothing) ซึ่งเหมาะสำหรับการพยากรณ์ชุดข้อมูลอนุกรมที่มีการเคลื่อนไหวอยู่รอบค่าใดค่าหนึ่งโดยไม่มีองค์ประกอบแนวโน้มและฤดูกาลอยู่ในข้อมูล โดยแนวความคิดก็คือ มีการแบ่งค่าน้ำหนักกับค่าสังเกตล่าสุดและค่าพยากรณ์ล่าสุดเพื่อทำการคำนวณค่าพยากรณ์ในอนาคต โดยค่าน้ำหนักดังกล่าวนั้นขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์เพียงค่าเดียวซึ่งเรียกว่าค่าพารามิเตอร์ในการทำให้เรียบ (Smoothing Constant; α) ด้วยเหตุนี้จึงเรียกว่า Single Exponential Smoothing สำหรับสมการที่ใช้ในการแสดงตัวแบบในกรณีนี้ก็คือ

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_t \dots \dots \dots (3.8)$$

ซึ่งหากจะอธิบายในรายละเอียดก็คือ

ค่าพยากรณ์ในอนาคต ณ เวลา $t + 1 = \alpha * \text{ค่าสังเกต ณ เวลา } t +$

$(1 - \alpha) * \text{ค่าพยากรณ์ ณ เวลา } t$

สำหรับสาเหตุที่มีการเรียกวิธีการดังกล่าวว่าเป็นวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้

กำลังก็เนื่องจาก

$$\hat{Y}_2 = Y_1$$

$$\hat{Y}_3 = \alpha Y_2 + (1 - \alpha) Y$$

$$\hat{Y}_4 = \alpha Y_3 + (1 - \alpha) \hat{Y}_3 = \alpha Y_3 + (1 - \alpha)(\alpha Y_2 + (1 - \alpha) Y_1) = \alpha Y_3 + \alpha(1 - \alpha) Y_2 + (1 - \alpha)^2 Y_1$$

นั่นคือ

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + \alpha(1 - \alpha) Y_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 Y_{t-2} + \dots + (1 - \alpha)^{t-1} Y_1$$

สำหรับการพยากรณ์ด้วยวิธีทำให้เรียบด้วยเลขกำลังขั้นเดียว บางครั้งก็จะจัดว่าเป็นรูปแบบย่อยของวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 3 ชั้น (Triple Exponential Smoothing) หรือที่เรียกอีกชื่อว่า Holt-Winters' Trend and Seasonality Method โดยวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 3 ชั้นนั้นจะพิจารณาองค์ประกอบทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ องค์ประกอบระดับ แนวโน้มและฤดูกาล ในขณะที่วิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังขั้นเดียวจะพิจารณาเฉพาะองค์ประกอบระดับเพียงอย่างเดียว ดังนั้น

วิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังชั้นเดียวจึงสามารถเขียนในรูปของตัวแบบ Holt-Winters' Trend and Seasonality Method โดยเริ่มต้นจากสมการขององค์ประกอบต่างๆ ได้แก่

สมการที่ใช้ในการประมาณองค์ประกอบระดับ (Level)

$$\begin{aligned} \text{กรณีตัวแบบการบวก} \quad L_t &= \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)L_{t-1} + T_{t-1}) \\ \text{กรณีตัวแบบการคูณ} \quad L_t &= \alpha\left(\frac{Y_t}{S_{t-s}}\right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \dots (3.9) \end{aligned}$$

สมการที่ใช้ในการประมาณองค์ประกอบแนวโน้ม (Trend)

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \dots (3.10)$$

สมการที่ใช้ในการประมาณองค์ประกอบฤดูกาล (Seasonality)

$$\begin{aligned} \text{กรณีตัวแบบการบวก} \quad S_t &= \gamma(Y_t - L_{t-1} - T_{t-1}) + (1 - \gamma)S_{t-1} \\ \text{กรณีตัวแบบการคูณ} \quad S_t &= \gamma \frac{Y_t}{S_{t-1} + T_{t-1}} + (1 - \gamma)S_{t-s} \dots (3.11) \end{aligned}$$

สมการที่ใช้ในการพยากรณ์คในอนาคตจำนวน p ช่วงเวลาในอนาคตก็คือ

$$\begin{aligned} \text{กรณีตัวแบบการบวก} \quad \hat{Y}_{t+p} &= L_t + pT_t + S_{t-s+p} \\ \text{กรณีตัวแบบการคูณ} \quad \hat{Y}_{t+p} &= (L_t + pT_t)S_{t-s+p} \dots (3.12) \end{aligned}$$

จากสมการประมาณการองค์ประกอบระดับที่ (3.9) ถ้าไม่มีองค์ประกอบฤดูกาล นั่นคือ $S = 0$ กรณีตัวแบบการบวกและ $S - 1$ กรณีตัวแบบการคูณซึ่งจะให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกันคือ

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \dots (3.13)$$

และทำนองเดียวกัน ค่าของการพยากรณ์ทั้งในกรณีตัวแบบการบวกและตัวแบบการคูณก็จะเท่ากันคือ

$$\hat{Y}_t = L_{t-1} + pT_{t-1} \dots (3.14)$$

และถ้า $p = 1$ และจะได้ว่า $\hat{Y}_t = L_{t-1} + T_{t-1}$ แทนค่า $\hat{Y}_t$ ในสมการของ L_t จะได้ว่า

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_t \dots\dots\dots (3.15)$$

จากสมการที่ (3.14) และ (3.15) เนื่องจากไม่มีองค์ประกอบ T_{t-1} จะได้ว่า

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_t \dots\dots\dots (3.16)$$

จากสมการที่ (3.15) และ (3.16) จะเห็นได้ว่าจากสมการของ Holt-Winters' Trend and Seasonality Method ก็จะสามารถเขียนใหม่ให้อยู่ในรูปของสมการการพยากรณ์ด้วยวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังชั้นเดียวได้ โดยเหลือเพียงสมการคำนวณค่าองค์ประกอบระดับซึ่งจะนำมาใช้ในการพยากรณ์ค่าในอนาคต หรือกล่าวอย่างง่ายก็คือ สมการการพยากรณ์ด้วยวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังชั้นเดียวก็คือการลดรูปของสมการของ Holt-Winters' Trend and Seasonality Method โดยตัดองค์ประกอบแนวโน้มและฤดูกาลออกไปในกรณีที่ต้องการใช้โปรแกรม R ในการคำนวณค่าจากการพยากรณ์ดังกล่าวก็สามารถทำได้โดยใช้หลักวิธีคิดเดียวกันคือ หากต้องการคำนวณการพยากรณ์โดยตัวแบบวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังชั้นเดียวก็สามารถทำได้โดยใช้คำสั่งเดียวกับคำสั่งในการคำนวณของตัวแบบ Hol-Winters ซึ่งจะมีการกล่าวถึงต่อไปโดยตั้งค่าให้พารามิเตอร์ Beta (สำหรับองค์ประกอบแนวโน้ม) และ Gamma (สำหรับองค์ประกอบฤดูกาล) เท่ากับ False หรือไม่มีนั่นเอง ซึ่งโปรแกรมก็จะแสดงเฉพาะค่าองค์ประกอบระดับ

3.4.2 วิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 2 ชั้น (Double Exponential Smoothing) หรือวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของ Holt (Holt's Exponential Smoothing) สำหรับวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 2 ชั้นก็จะมีลักษณะแตกต่างจากวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังชั้นเดียวตรงที่มีพารามิเตอร์ในการพยากรณ์ 2 ค่าและจะใช้ในการอธิบายข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีองค์ประกอบระดับและแนวโน้มแต่ไม่มีองค์ประกอบฤดูกาล สำหรับสมการที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ด้วยวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 2 ชั้น ก็คือการลดรูปของสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ของ Holt-Winters' Trend and Seasonality Method จาก 3 สมการ โดยใช้เพียง 2 สมการ ได้แก่

สมการที่ใช้ในการประมาณการองค์ประกอบระดับ (Level)

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \dots\dots\dots (3.17)$$

สมการที่ใช้ในการประมาณการองค์ประกอบแนวโน้ม (Trend)

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \dots\dots\dots (3.18)$$

และสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าในอนาคตคือ (ไม่มีองค์ประกอบฤดูกาล)

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_{t-1} \dots\dots\dots (3.19)$$

3.4.3 วิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 3 ชั้น (Triple Exponential Smoothing) หรือวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของ Holt-Winter (Holt-Winter's Exponential Smoothing) สำหรับวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 3 ชั้นหรือวิธีของ Holt-winter ก็จะมีค่าพารามิเตอร์ 3 ค่าคือมีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณส่วนประกอบฤดูกาลเพิ่มเข้ามาด้วยจากวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 2 ชั้น นอกจากนี้เนื่องจากความเป็นจริงในแง่ที่ว่าข้อมูลอนุกรมเวลานั้นเกิดจากองค์ประกอบต่างๆ นั้นมากระทำการทางคณิตศาสตร์กันตามรูปแบบที่ได้มีการกล่าวถึงมาแล้วก็คือตัวการบวกและตัวแบบการคูณ โดยเฉพาะเมื่อมีกานำองค์ประกอบฤดูกาลเข้ามารวมด้วย สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือ ผลขององค์ประกอบฤดูกาล ซึ่งจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อรูปแบบของข้อมูล โดยกล่าวคือ หากองค์ประกอบฤดูกาลมีการเคลื่อนไหวอย่างคงที่ก็จะหมายความว่าตัวแบบการบวกจะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้อธิบาย ในทางกลับกัน หากองค์ประกอบฤดูกาลมีการเคลื่อนไหวแบบไม่คงที่ตัวแบบการคูณก็จะถูกนำมาใช้ เพื่อให้การพยากรณ์ได้รับผลลัพธ์แม่นยำที่สุด ดังนั้นสมการในการคำนวณของวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 3 ชั้นนั้นจะมีการแบ่งออกเป็นตามตัวแบบการบวกและการคูณด้วยซึ่งมีการกล่าวถึงไปแล้วในหัวข้อของวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังชั้นเดียว ดังต่อไปนี้

1. กรณีตัวแบบการบวก (Additive Model) สำหรับวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 3 ชั้นซึ่งมีลักษณะเป็นตัวแบบการบวก ก็จะมีการคำนวณค่าส่วนประกอบต่างๆ โดยใช้การกระทำการทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบการบวกดังต่อไปนี้

สมการที่ใช้ในการประมาณการองค์ประกอบระดับ

$$L_t = \alpha (Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \dots \dots \dots (3.20)$$

สมการที่ใช้ในการประมาณการองค์ประกอบแนวโน้ม (Trend)

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \dots \dots \dots (3.21)$$

สมการที่ใช้ในการประมาณการองค์ประกอบฤดูกาล (Seasonality)

$$S_t = \gamma (Y_t - L_{t-1} - T_{t-1}) + (1 - \gamma)S_{t-s} \dots \dots \dots (3.22)$$

สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าในอนาคต

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t + S_{t-s+p} \dots \dots \dots (3.23)$$

2. กรณีตัวแบบการคูณ (Multiplicative Model) สำหรับวิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 3 ชั้น ซึ่งมีลักษณะเป็นตัวแบบการคูณ ก็จะมีการคำนวณค่าส่วนประกอบต่างๆ โดยใช้การกระทำการทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบการคูณดังต่อไปนี้

สมการที่ใช้ในการประมาณการองค์ประกอบระดับ

$$L_t = \frac{\alpha Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \dots (3.24)$$

สมการที่ใช้ในการประมาณการองค์ประกอบแนวโน้ม (Trend)

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \dots (3.25)$$

สมการที่ใช้ในการประมาณการองค์ประกอบฤดูกาล (Seasonality)

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_{t-1} - T_{t-1}} + (1 - \gamma)S_{t-s} \dots (3.26)$$

สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าในอนาคต

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-s+p} \dots (3.27)$$

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าหากมีความจำเป็นต้องทำการพยากรณ์โดยใช้วิธีทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง 3 ชั้นก็จะต้องมีการเลือกตัวแบบการบวกหรือการคูณก่อนเป็นลำดับแรก อย่างไรก็ตาม หากมีการใช้โปรแกรม R ในการพยากรณ์ ค่า Default ในโปรแกรม R ถ้าไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ก็คือโปรแกรมจะเลือกการพยากรณ์โดยใช้ตัวแบบการบวกนอกจากนี้อีกประเด็นหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมาก ก็คือการกำหนดค่าเริ่มต้นของค่าองค์ประกอบระดับ ค่าแนวโน้ม และค่าฤดูกาล ซึ่งถ้ายึดตามหลักการหรือทฤษฎีก็มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่เนื่องจากโปรแกรม R เป็นโปรแกรมหลักที่ใช้ในการคำนวณ ดังนั้นการกำหนดค่าเริ่มต้นจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับที่โปรแกรม R ใช้ นั่นก็คือการใช้การแยกองค์ประกอบ ซึ่งมีวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นดังนี้

กรณีตัวแบบการบวก

$$L_0 = \frac{1}{m} (Y_1 + \dots + Y_m)$$

$$T_0 = \frac{1}{m} \left[\frac{Y_{m+1} - Y_1}{m} + \dots + \frac{Y_{m+m} - Y_m}{m} \right]$$

$$S_0 = Y_m - L_0, S_{-1} = Y_{m-1} - L_0, \dots, S_{m-1} = Y_1 - L_0$$

กรณีตัวแบบการคูณ

$$L_0 = \frac{1}{m} (Y_1 + \dots + Y_m)$$

$$T_0 = \frac{1}{m} \left[\frac{Y_{m+1} - Y_1}{m} + \dots + \frac{Y_{m+m} - Y_m}{m} \right]$$

$$S_0 = \frac{Y_m}{L_1}, S_{-1} = \frac{Y_{m-1}}{L_0}, \dots, S_{m+1} = \frac{Y_1}{L_0}$$

3.5 สรุปเนื่องจากอนุกรมเวลาสามารถที่จะแยกออกเป็นองค์ประกอบต่างๆ อันได้แก่องค์ประกอบระดับองค์ประกอบแนวโน้มและฤดูกาล ดังนั้นรูปแบบหนึ่งที่จะใช้ในการประมาณตัวแบบในการพยากรณ์ข้อมูลก็คือ การใช้เทคนิคที่เหมาะสมในการประมาณค่าส่วนประกอบต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ก็คือเทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ ซึ่งยังแบ่งออกเป็นเทคนิคย่อยๆ เช่น การพยากรณ์อย่างง่าย การพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (การพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ชั้นเดียวและการพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 ชั้น) การพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักและการพยากรณ์ด้วยวิธีทำให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (การทำให้เรียบแบบเลขชี้กำลังชั้นเดียว การทำให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง 2 ชั้น และการทำให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง 3 ชั้น)

4 เทคนิคการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) หรือ ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average)⁽⁷⁾

การพยากรณ์ด้วยวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์เป็นการพยากรณ์เชิงปริมาณวิธีหนึ่งที่มีแนวคิดว่าการพยากรณ์ในอดีตของสิ่งที่ต้องการพยากรณ์นั้นเพียงพอที่จะพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคตของตัวเองได้โดยในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์นี้จะแตกต่างจากการพยากรณ์โดยวิธีอื่นซึ่งผู้ที่สร้างตัวแบบพยากรณ์นั้นต้องกำหนดรูปแบบของความสัมพันธ์ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ต่อไปนี้ โดยเฉพาะเมื่ออนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้มวัฏจักรหรือฤดูกาลที่ชัดเจนทำให้ยากในการกำหนดรูปแบบหรือการวิเคราะห์การทดลองที่เหมาะสมได้ ซึ่งจะต้องทำการกำหนดรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามก่อน แต่วิธีพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ เพราะวิธีพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์นั้นไม่มีการกำหนดรูปแบบที่ตายตัวขึ้นก่อนทำการวิเคราะห์ โดยในระหว่างการวิเคราะห์รูปแบบจะถูกกำหนดขึ้นมาเองซึ่งสามารถทำตามขั้นตอนของบ็อกซ์-เจนกินส์ได้ดังนี้

4.1 คำนวณค่าของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) เป็นขั้นตอนแรกสำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีสมบัตินิ่ง (stationary) คือการนำอนุกรมเวลาที่เรากำลังต้องการหาการพยากรณ์มาคำนวณค่า ACF และ PACF เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดรูปแบบหรือใช้ในการเลือกตัวแบบซึ่งจะบอกถึงลำดับหรือจำนวนเทอมของข้อมูลที่จะต้องพิจารณาย้อนหลังที่มีค่าสังเกต N คือ $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$

คำนวณค่า ACF จากสมการ 4.1

$$r_j = \sum_{t=1}^{N-j} \frac{(X_t - \bar{X})(X_{t+j} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})^2} \quad \dots\dots\dots 4.1$$

โดยที่ X_t คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t

j คือ จำนวนช่วงเวลาที่ข้อมูลอยู่ห่างกัน $j = 1, 2, 3, \dots, k$

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดโดยที่ $\bar{X} = \frac{\sum_{t=1}^N X_t}{N}$

คำนวณหาค่า PACF จากสมการ 4.2 และ 4.3

$$\hat{\phi}_{kk} = r_1; k$$

$$\hat{\phi}_{kk} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} (\hat{\phi}_{(k-1)k-j} \hat{\phi}_{kj})}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} (\hat{\phi}_{(k-1)j} \hat{\phi}_{kj})} \quad ; k = 2, 3, 4 \dots \dots \dots 4.2$$

$$\text{และ } \hat{\phi}_{kj} = \hat{\phi}_{(k-1)j} - \hat{\phi}_{kk} \hat{\phi}_{(k-1)(k-j)} \quad ; j = 1, 2, 3, \dots, k \dots \dots \dots 4.3$$

4.1 การกำหนดตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ เป็นขั้นตอนที่พิจารณาว่าตัวแบบใดที่เหมาะสมกับข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ โดยพิจารณาจากค่า ACF และค่า PACF ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ โดยพิจารณาจากค่า ACF และค่า PACF

ตัวแบบ	ACF	PACF
AR _(p)	ลดลงเข้าหา 0 อย่างรวดเร็ว	หลัง lag p มีค่าเท่ากับ 0
MA _(q)	หลัง lag q มีค่าเท่ากับ 0	ลดลงเข้าหา 0 อย่างรวดเร็ว
ARMA _(p,q)	ลดลงเข้าหา 0 อย่างรวดเร็ว	ลดลงเข้าหา 0 อย่างรวดเร็ว

ตัวแบบเชิงปริมาณที่ใช้ในการพยากรณ์ของงานวิจัยนี้คือกระบวนการ ARIMA(p,d,q) p คือ จำนวนเทอมที่ถอยในตัวเอง d คืออันดับของผลต่างที่ทำให้ข้อมูลนิ่ง q คือจำนวนเทอมของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ตัวอย่าง เช่น กระบวนการ ARIMA(2,1,2) มีผลต่างอันดับที่ 1 (d=1) ที่ทำให้ข้อมูลนิ่ง และมีเทอมการถดถอย และเทอมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 เทอมเท่ากัน ถ้า d=0 กระบวนการ ARIMA(p,d=0,q) หมายถึง ARMA(p,q) ข้อสังเกตกระบวนการ ARIMA(p,0,0) หมายถึงกระบวนการ AR(p) และกระบวนการ ARIMA(0,0,q) หมายถึงกระบวนการ MA(q) ตัวแบบ ARIMA(p,d,q) ได้มาจากกระบวนการ ARMA(p,q) ซึ่งอยู่ในรูปแบบทั่วไปดังต่อไปนี้

4.2.1 A pth-order autoregressive model :AR(p) ดังสมการ 4.4

$$X_t = \delta + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + u_t \dots \dots \dots 4.4$$

โดยที่ X_t คือตัวแปรตอบสนอง ณ เวลา t

δ คือค่าคงตัวของกระบวนการ

u_t คือความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลา t

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ คือสัมประสิทธิ์ของเทอมถดถอย

$X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-p}$ คือตัวแปรตอบสนอง ณ lag ที่ $t-1, t-2, \dots, t-p$

4.2.2 A qth-order moving average model : MA(q) ดังสมการ 4.5

$$X_t = \mu + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} - \dots - \theta_q u_{t-q} \quad \dots\dots\dots 4.5$$

โดยที่ X_t คือตัวแปรตอบสนอง ณ เวลา t

μ คือ ค่าเฉลี่ยคงที่

u_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลา t

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ คือสัมประสิทธิ์ของเทอมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

$u_{t-1}, u_{t-2}, \dots, u_{t-q}$ คือเทอมของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ q เทอม

4.2.3 A pth and qth-order autoregressive moving average model : ARMA(p,q)

$$X_t = \delta + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} - \dots - \theta_q u_{t-q} \dots 4.6$$

โดยที่ X_t คือตัวแปรตอบสนอง ณ เวลา t

δ คือค่าคงตัวของกระบวนการ

u_t คือความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลา t

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ คือสัมประสิทธิ์ของเทอมถดถอย

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ คือสัมประสิทธิ์ของเทอมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

$u_{t-1}, u_{t-2}, \dots, u_{t-q}$ คือเทอมของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ q เทอม

$X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-p}$ คือตัวแปรตอบสนอง ณ lag ที่ $t-1, t-2, \dots, t-p$

4.3 ประมาณค่าพารามิเตอร์ เป็นขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีอยู่ในตัวแบบอนุกรมเวลาโดยใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood) $L(\underline{\theta}, \delta, \sigma_u^2 | X_t, t = 1, 2, 3, \dots, N)$ และค่าตัวประมาณของ $\underline{\theta}, \underline{\theta}$ และ δ สามารถคำนวณได้จากการทำให้ผลบวกต่ำสุดของความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าต่ำสุด นั้น ดังสมการ 4.7

$$\text{Minimize } \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2$$

โดยที่

$$\varepsilon_t = X_t - \hat{\phi}_1 X_{t-1} - \dots - \hat{\phi}_p X_{t-p} - \hat{\delta} + \hat{\theta}_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \hat{\theta}_q \varepsilon_{t-q} \dots\dots\dots 4.7$$

เป็นค่าประมาณของ u_t ซึ่งพิจารณาจากสมการ 4.8

$$u_t = X_t - \hat{\phi}_1 X_t - \dots - \hat{\phi}_p X_{t-p} - \hat{\delta} + \hat{\theta}_1 u_{t-1} + \dots + \hat{\theta}_q u_{t-q} \quad 4.8$$

เมื่อหาค่าประมาณของ $\underline{\phi}, \underline{\theta}$ และ δ ได้แล้ว จะได้ค่าประมาณของ δ_u^2 ดังสมการ 4.9

$$\delta_u^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \varepsilon_t^2 \quad 4.9$$

ให้ $\hat{\beta}$ แทนตัวประกอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สถิติที่ใช้ทดสอบตัวประมาณคือ สถิติ t ซึ่ง ดังสมการ 4.10

$$t_{\hat{\beta}} = \frac{\hat{\beta}}{SE(\hat{\beta})} \quad 4.10$$

โดย $SE(\hat{\beta})$ คือคือความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ $\hat{\beta}$ และมีองศาเสรี คือจำนวนเทอม N ลบด้วยพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า

4.4 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ได้คัดเลือกไว้และได้ประมาณค่าพารามิเตอร์เรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนต่อไปเราจะต้องนำตัวแบบมาตรวจสอบความเหมาะสม ซึ่งหลักในการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบเราจะพิจารณาจากคุณสมบัติความน่าจะเป็นสุ่มของค่าความคลาดเคลื่อน u_t โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับความไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง นั่นคือถ้าตัวแบบที่ได้เลือกไว้มีความเหมาะสมและทราบค่าพารามิเตอร์เราจะใช้สถิติ Q ซึ่งมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยมีสูตรการคำนวณ ดังสมการ 4.11

$$Q(k) = \{(N-d)[(n-d)+2]\} \sum_{j=1}^k \frac{r_j^2}{[(N-d)-j]} \quad 4.11$$

สถิติ Q เป็นสถิติที่ใช้ทดสอบความไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อน u_t โดยที่มีองศาเสรีของสถิติ $Q = k$ ลบด้วยจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่าของตัวแบบที่เลือกไว้

โดย k คือจำนวนช่วงเวลาที่มีข้อมูลอยู่ห่างกัน k (จำนวน lag)

N คือจำนวนค่าสังเกตทั้งหมดของค่าอนุกรมเวลา

d คืออันดับของผลต่างของอนุกรมเวลา

r_j คือค่าอัตสหสัมพันธ์ที่ lag j

4.5 การพยากรณ์ เมื่อได้มีการตรวจสอบแล้วว่าตัวแบบที่ก าหนดให้กับอนุกรมเวลามีความเหมาะสมขั้นตอนต่อไปจะมีการน าเอาสมการจากตัวแบบไปใช้ในการพยากรณ์ เพื่อหาค่าพยากรณ์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่การศึกษาผลกระทบในด้านสุขภาพที่เกิดจาก $PM_{2.5}$ ดังนี้

บรู๊ค และคณะ⁽⁸⁾ พบว่า การสัมผัส $PM_{2.5}$ เป็นเวลาเพียง 2 – 3 ชั่วโมงติดต่อกันเป็นเวลาหลายสัปดาห์จะส่งผลต่อโรคหัวใจและหลอดเลือดที่สัมพันธ์กับการเสียชีวิต และหากสัมผัสเป็นเวลานาน 2 – 3 ปี ก็เพิ่มความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือดได้

ซิง ยู-เฟอ อี และคณะ⁽⁹⁾ พบว่า $PM_{2.5}$ ทำให้เกิดการระคายเคืองและทำลายระบบทางเดินหายใจ และสารที่เป็นส่วนประกอบของ $PM_{2.5}$ สามารถสร้างอนุมูลอิสระที่ไปทำปฏิกิริยากับเซลล์ของปอดได้ด้วย

เต็ง เม้ง ฟาน และคณะ⁽¹⁰⁾ ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลระยะยาวของความเข้มข้น $PM_{2.5}$ จากดาวเทียมความละเอียดสูงเพื่อคาดคะเนการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรเนื่องจาก $PM_{2.5}$ ในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ทำการศึกษาระหว่างปี พ.ศ.2542-2557 เป็นเวลา 15 ปี พบเสียชีวิตก่อนวัยอันควรเฉลี่ยเท่ากับ 1,447,000 ราย จำนวนผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรเพิ่มจาก 1,179,400 รายในปี พ.ศ. 2542 เป็น 1,724,900 ในปี พ.ศ. 2557 เพิ่มขึ้นร้อยละ 38 (545,500 ราย) เสียชีวิตจากโรคหัวใจล้มเหลวและโรคหลอดเลือดหัวใจเป็นสาเหตุหลัก ร้อยละ 39 และ 35 ตามลำดับ ผู้เสียชีวิตจำนวนมากอยู่ในอินเดียตอนเหนือ บังกลาเทศ ปากีสถานตะวันออก และบางเมืองในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และพบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอในทุกประเทศ ยกเว้น ศรีลังกา

ริชาร์ท เอ บุม และคณะ⁽¹¹⁾ พบว่าถ้าสามารถลดระดับมลพิษทางอากาศได้เพียงร้อยละ 10 จะส่งผลให้ช่วยลดการการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรประมาณร้อยละ 10 หรือมากกว่า

เมเนซ และคณะ⁽¹²⁾ (2009) ทำการศึกษาผลกระทบของ $PM_{2.5}$ ต่อการเสียชีวิตรายวันของผู้สูงอายุเกิน 75 ปี ในกรุงแมดริด ประเทศสเปน และชี้ให้เห็นผลกระทบในระยะเวลาสั้น (1-2 วัน) ของความเข้มข้นรายวัน $PM_{2.5}$ ต่อการเสียชีวิตของผู้สูงอายุเกิน 75 ปี สรุปว่า มลพิษอากาศมีผลกระทบรุนแรงถึงระดับเสียชีวิตในระยะเวลาสั้นเช่นเดียวกับผลกระทบระยะยาวโดยเฉพาะกับผู้สูงอายุ

มาร์ติน และคณะ⁽¹³⁾ ศึกษาผลกระทบจากนโยบายควบคุมฝุ่นละออง 2 มาตรการ ในกรุงสโตคโฮล์ม เมืองหลวงของสาธารณรัฐมาเซโดเนีย หากสามารถลดระดับ $PM_{2.5}$ ลงเท่ามาตรฐานสหภาพยุโรป (25 มคก./ลบ.ม.) จะลดจำนวนผู้เสียชีวิตได้ร้อยละ 45 และหากสามารถลดระดับ $PM_{2.5}$ ลงเท่ามาตรฐานองค์การอนามัยโลก (10 มคก./ลบ.ม.) จะลดจำนวนผู้เสียชีวิตได้ร้อยละ 77 สรุปว่า มาตรการลดระดับ $PM_{2.5}$ จะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพประชาชน และส่งผลดีต่อเศรษฐกิจด้วย

นวะดา⁽¹⁴⁾ ทำการศึกษาผลกระทบจากการลดความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ต่อการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรในประเทศญี่ปุ่น ระหว่างปี ค.ศ. 2006 - 2009 โดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดมลพิษอากาศจำนวน 1,843 แห่งในญี่ปุ่น การคำนวณค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative Risk, RR) เท่ากับ 1.04 (95 % CI, 1.01–1.08) ทุกๆ 10 มคก./ลบ.ม. ที่สูงกว่าค่ามาตรฐานรายปี 10 มคก./ลบ.ม. ขององค์การอนามัยโลก พบว่า คุณภาพอากาศที่ดีขึ้นในช่วงเวลาที่ศึกษาช่วยลดจำนวนผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรโดยเฉพาะกับกลุ่มเสี่ยงข้อมูลนี้ใช้ในการทำนายว่าหากทำการลดระดับ

PM_{2.5} ลงเหลือ 10 มคก./ลบ.ม. จะช่วยลดจำนวนผู้เสียชีวิตได้อีก 3,602 ราย ในจำนวนนี้ร้อยละ 77 เป็นกลุ่มผู้มีอายุมากกว่า 75 ปี สรุปได้ว่า การปรับปรุงคุณภาพอากาศสามารถลดจำนวนผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรได้โดยเฉพาะกับกลุ่มผู้สูงอายุ

สรุป ได้ว่า การสัมผัส PM_{2.5} จะส่งผลต่อโรคหัวใจและหลอดเลือดที่สัมพันธ์กับการเสียชีวิต และทำให้เกิดการระคายเคืองและทำลายระบบทางเดินหายใจ และสารที่เป็นส่วนประกอบของ PM_{2.5} สามารถสร้างอนุมูลอิสระที่ไปทำปฏิกิริยากับเซลล์ของปอดได้ด้วย จากการศึกษาทั้งในระยะสั้นและระยะยาว พบว่า มลพิษทางอากาศ และ PM_{2.5} มีผลต่อการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรโดยเฉพาะในผู้สูงอายุมีผลกระทบรุนแรงถึงระดับเสียชีวิตได้ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพแก่ผู้ที่ได้รับ PM_{2.5} ทั้งทางตรงและทางอ้อม

การพยากรณ์โรคและภัยสุขภาพประยุกต์วิธีการทางสถิติ (Time series analysis) ด้วยเทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ ที่ผ่านมามีส่วนมากนำมาใช้ในการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ดังนี้

รายงานการพยากรณ์โรคไข้เลือดออกในปีพ.ศ. 2561 ของกรมควบคุมโรค⁽¹⁵⁾ ใช้วิธีการทางสถิติแบบอนุกรมเวลา (Time series analysis) ด้วยตัวแบบ ARIMA โดยใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยย้อนหลังอย่างน้อย 10 ปี (ปีพ.ศ. 2551-2560) ซึ่งผลการวิเคราะห์คาดว่าจะมีผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในปี พ.ศ. 2561 ประมาณ 74,000 – 75,000 ราย และมีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นจากปี 2560 ประมาณร้อยละ 28 – 29 และอัตราป่วยตายอยู่ในระดับไม่เกินร้อยละ 0.11 ทั้งนี้โดยมีอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงของไวรัสเดงกีชนิด Den-2 ที่มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยกลุ่มเสี่ยงสำคัญยังคงเป็น กลุ่มนักเรียนนักศึกษา ที่มีอายุระหว่าง 15 – 24 ปี (ประมาณร้อยละ 25.58)

รายงานการพยากรณ์โรคไข้เลือดออกในปี 2562 ของกรมควบคุมโรค⁽¹⁶⁾ ใช้วิธีการทางสถิติแบบอนุกรมเวลา (Time series analysis) ด้วยตัวแบบ ARIMA โดยใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยย้อนหลัง 11 ปี (ปีพ.ศ. 2551 - 2561) ซึ่งผลการวิเคราะห์คาดว่าในปีพ.ศ. 2562 จะมีผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกประมาณ 94,000 – 95,000 ราย นอกจากนี้ในช่วงปลายปี 2560 - 2561 มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของไวรัสเดงกี โดยพบ Den-2 มีแนวโน้มสูงขึ้น จึงมีโอกาในปี 2562 จะพบผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตสูงในพื้นที่ที่ไม่มี Den-2 หมุนเวียนอยู่ในปีที่ผ่านมา สำหรับกลุ่มเสี่ยงต่อการป่วยโรคไข้เลือดออกยังคงอยู่ในกลุ่มเด็กวัยเรียน (5-14 ปี) และวัยผู้ใหญ่ตอนต้น (15-24 ปี) แต่กลุ่มเสี่ยงต่อการเสียชีวิตเป็นวัยผู้ใหญ่ (อายุ 35 ปีขึ้นไป) โดยเฉพาะในผู้ใหญ่และผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัวเรื้อรัง

จันทร์เพ็ญ และคณะ⁽¹⁷⁾ ทำการพยากรณ์โรคไข้เลือดในพื้นที่เครือข่ายบริการที่ 6 ปีพ.ศ. 2556 – 2557 โดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลา เทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบ (Exponential smoothing) ตัวแบบ Holt-Winters-Multiplicative คาดว่าในพื้นที่เครือข่ายบริการที่ 6 ในปีพ.ศ. 2556 และ 2557 น่าจะมีรายงานผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกประมาณ 13,219 ราย และ 13,219 ราย ตามลำดับ

นารัตนาและคณะ⁽¹⁸⁾ ทำการพยากรณ์โรคไข้เลือดออกภาคเหนือตอนบน (แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง น่าน พะเยา เชียงราย และ แพร่) ใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือนใน 16 ตำบล ใน 8 จังหวัด ปี พ.ศ.2549 – 2553 พบว่า ตัวแบบ ARIMA (1,0,0)(1,0,0)₁₂

เป็นตัวแทนพยากรณ์ที่เหมาะสม และพบว่าจำนวนผู้ป่วยที่สูงขึ้นเป็นเป็นรูปแบบเดียวกันกับอุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ผลการพยากรณ์ชี้ว่าจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกจะสูงสุดช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม

สวรรรยา จันทูตานนท์⁽¹⁹⁾ ทำการพยากรณ์โรคไข้เลือด ในพื้นที่ 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง (นราธิวาส สตูล พัทลุง ตรัง สงขลา ยะลา และปัตตานี) ปี พ.ศ.2555 โดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลา พบว่า เทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบ (Exponential smoothing) ตัวแบบ Holt-Winters-Additive และ Holt-Winters-Multiplicative มีความเหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้มากกว่าตัวแบบ AREMA

สรุปการพยากรณ์โรคและภัยสุขภาพที่ประยุกต์วิธีการทางสถิติ (Time series analysis) ที่นำมาใช้ในการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกใช้การพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกทั้งตัวแบบการพยากรณ์แบบปรับเรียบ (Exponential smoothing) และด้วยตัวแบบ ARIMA

ชาจิต มหาจันและคณะ⁽²⁰⁾ การวิเคราะห์เปรียบเทียบการพยากรณ์ $PM_{2.5}$ ระยะสั้นโดยใช้วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยทำการพยากรณ์ $PM_{2.5}$ ใช้ตัวแบบการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลังด้วยตรีฟท์ (Exponential Smoothing Method) ใช้ข้อมูล $PM_{2.5}$ แบบเรียลไทม์ที่ได้จากการติดตั้งอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ในโรงงใน ประเทศไทยได้หวั่น ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจสอบจำนวน 132 แห่ง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมเดลทำการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนาย และเวลาในการคำนวณระหว่างแบบจำลองที่นำเสนอกับโมเดลการพยากรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสามแบบได้แก่ Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Neural Network Autoregression (NNAR) model และ Hybrid Model ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าวิธีที่ใช้ตัวแบบการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลังด้วยตรีฟท์สามารถทำการพยากรณ์ $PM_{2.5}$ โดยมีข้อผิดพลาดต่ำถึง 0.16 g / m^3 และยังมีเวลาคำนวณที่ยอมรับได้ที่ 30 วินาที การประเมินเพิ่มเติมทำได้โดยการพยากรณ์ $PM_{2.5}$ ในอีก 3 ชั่วโมงข้างหน้า ผลปรากฏว่าร้อยละ 90 ของสถานีตรวจวัดมีข้อผิดพลาดต่ำกว่า 1.5 g / m^3 ซึ่งถือว่าต่ำมาก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นวิจัยเชิงปริมาณ ซึ่งมีวิธีการดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสถานการณ์ $PM_{2.5}$ ของเขตเทศบาลจังหวัดนครราชสีมา การหาตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมงและรายวัน และพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมงและรายวัน

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาสถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก $PM_{2.5}$ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อกำหนดกลุ่มโรคที่เป็นตัวบ่งชี้ด้านสุขภาพในการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสถานการณ์ $PM_{2.5}$ ของเขตเทศบาลจังหวัดนครราชสีมา การหาตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมงและรายวัน และพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมงและรายวัน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ ข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมงของสถานีตรวจวัดสถานีสูบน้ำประตูปลแสน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ข้อมูลตั้งแต่สถานีเริ่มทำการตรวจวัดวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยส่งหนังสือขอความอนุเคราะห์ข้อมูลไปยังกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ โปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรม IBM SPSS Statistics 26 ของกรมควบคุมโรค วิธีดำเนินการวิจัย มีขั้นตอนดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการสร้างแฟ้มเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล นำข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง และจัดการกับการขาดหายของข้อมูลรายชั่วโมง โดยนำข้อมูลที่มีอยู่มาทำการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูล ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบโค้งปกติหรือไม่ ถ้าข้อมูลมีการแจกแจงแบบโค้งปกติจะใช้ค่าเฉลี่ยแทนค่าข้อมูลที่ขาดหายไป แต่ถ้าข้อมูลดังกล่าวไม่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติจะใช้ค่าเท่ากับค่าข้อมูลที่อยู่ใกล้เคียงกับค่าข้อมูลที่ขาดหายไปเป็นข้อมูลชุดที่ 1 ข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง มาหาค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงเป็นข้อมูลชุดที่ 2 ข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวัน นำกลุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์สถานการณ์ $PM_{2.5}$ โดยโปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ค่าสถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด การหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมและการพยากรณ์ใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 26 ของกรมควบคุมโรค เลือกเทคนิคการพยากรณ์จาก

1.1 เทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ (Smoothing Technique)⁽⁶⁾ เลือกตัวแบบที่เหมาะสมตามลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลา ดังนี้ 1) ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มและไม่มีฤดูกาล ใช้วิธีปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย (Simple or single exponential smoothing method) ค่าพยากรณ์จะใช้ค่าสังเกตที่ผ่านมาทั้งหมด โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าไม่เท่ากัน โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าที่เกิดขึ้นล่าสุดจะมากและลดหลั่นไปสำหรับค่าสังเกตที่อยู่ห่าง

ออกไป น้ำหนักจะเป็นค่าเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับค่าปรับน้ำหนักเป็นค่าพารามิเตอร์ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 รูปแบบสมการ คือ $\hat{Y}_t = \alpha \sum_{s=0}^{1-t} (1-\alpha)^s Y_{t-s}$ เมื่อ $\hat{Y}_t$ คือข้อมูลที่ต้องการพยากรณ์ Y_{t-s} คือข้อมูลจริงในช่วงเวลาที่ $t-s$, α คือค่าปรับน้ำหนัก $0 < \alpha \leq 1$ 2) ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล ใช้วิธีปรับให้เรียบเอ็กโปเนนเชียลแบบ Holt (Holt's linear trend) จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง น้ำหนักที่ให้ขึ้นอยู่กับค่าปรับน้ำหนักหรือค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 รูปแบบสมการ คือ

$$\hat{Y}_{t+n} = \left(2 + \frac{\alpha n}{1-\alpha}\right) S_t - \left(1 + \frac{\alpha n}{1-\alpha}\right) D_t \text{ เมื่อ}$$

$S_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)S_{t-1}$, $D_t = \alpha S_t + (1-\alpha)D_{t-1}$, $\hat{Y}_{t+n}$ คือ ข้อมูลที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ $t+n$, n คือช่วงเวลาการพยากรณ์, Y_t คือข้อมูลจริงในช่วงเวลา t , α คือค่าปรับน้ำหนัก $0 < \alpha \leq 1$ 3) ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่แนวโน้มแต่มีอิทธิพลของฤดูกาล (Simple seasonal) ใช้วิธีปรับให้เรียบเอ็กโปเนนเชียลแบบ Holt และ Winters (Holt – Winters exponential smoothing method) แบบมีผลกระทบของฤดูกาลแต่ตัดปัจจัยฤดูกาลออกไป 4) ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาล ใช้วิธีปรับให้เรียบเอ็กโปเนนเชียลแบบ Holt และ Winters (Holt – Winters exponential smoothing method) แบบมีผลกระทบของฤดูกาลมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า สำหรับค่าคงที่ (จุดตัดแกน) ค่าแนวโน้ม (Trend) และค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 มีรูปแบบบวก (Winters' additive) รูปแบบสมการ คือ $\hat{Y}_{t+n} = a + bn + c_{t+n-s}$ และรูปแบบคูณ (Winters' multiplicative) รูปแบบสมการ คือ $\hat{Y}_{t+n} = (a + bn)c_{t+n-s}$ เมื่อ $\hat{Y}_{t+n}$ คือ ข้อมูลที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ $t+n$, n คือช่วงเวลาการพยากรณ์, Y_t คือข้อมูลจริงในช่วงเวลา t , a_t คือส่วนค่าคงที่, b_t คือ ปัจจัยทางแนวโน้ม, c_t คือปัจจัยทางฤดูกาล s คือเป็นค่าที่ใช้แทนฤดูกาล, α, β, γ คือ ค่าปรับน้ำหนัก ซึ่ง $0 < \alpha, \beta, \gamma < 1$

1.2 เทคนิคการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) รูปแบบ ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average)⁽⁷⁾ มีขั้นตอนดังนี้ 1) ตรวจสอบข้อมูลว่ามีแนวโน้ม มีฤดูกาล มีความแปรปรวนคงที่หรือไม่ ถ้ายังไม่คงที่แสดงว่าไม่เสถียร (Non stationary) ต้องปรับข้อมูลให้เสถียรเสียก่อน 2) เมื่อข้อมูลเสถียรแล้วให้กำหนดรูปแบบโดยพิจารณาฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) พิจารณาจากคอเรโลแกรม (correlogram) 3) ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์จากรูปแบบที่กำหนด ตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติและความคลาดเคลื่อนจากรูปแบบที่กำหนด ถ้ามีปัญหาต้องทำการกำหนดรูปแบบใหม่

2. การตรวจสอบความแม่นยำของสมการพยากรณ์ที่ได้จากเทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ และเทคนิคการหาตัวแบบพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ ใช้ค่าสถิติดังนี้ 1) ค่าสถิติ Ljung-Box Q ใช้ตรวจสอบความเหมาะสม ถ้าตัวแบบที่ได้เลือกไว้มีความเหมาะสม ค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่นัยสำคัญที่ระดับ 0.05 2) ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) เป็นวิธีการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสัมบูรณ์ ระหว่างค่าพยากรณ์และค่าจริง หากค่า MAE มีค่าน้อย แสดงว่าค่าพยากรณ์สามารถประมาณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าจริง ($MAE = \frac{\sum | \text{ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์} |}{n}$)

3) ค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error; MAPE) เป็นวิธีการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสัมบูรณ์ ระหว่างค่าพยากรณ์และค่าจริงแล้วทำให้เป็นค่าร้อยละ หากค่า MAPE มีค่าน้อย แสดงว่าค่าพยากรณ์สามารถประมาณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าจริง

$$(MAPE = \frac{\sum \left| \frac{\text{ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์}}{\text{ค่าจริง}} \right|}{n})$$

3. ทำการพยากรณ์ค่าในอนาคตจากสมการที่สร้างขึ้นจากรูปแบบที่กำหนดซึ่งได้ประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบแล้ว

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาสถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อกำหนดกลุ่มโรคที่เป็นตัวบ่งชี้ด้านสุขภาพในการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือ ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} จากฐานข้อมูลการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา (รายงาน 506) จำนวน 2 โรค ได้แก่ โรคปอดอักเสบ (Pneumonia; ICD-10: J12, J13, J14, J15, J16, J18) และโรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza; ICD-10: J10, J11) และระบบฐานข้อมูลสุขภาพ (Health Data Center กระทรวงสาธารณสุข) จำนวน 5 โรค ได้แก่ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease; รหัส ICD-10: J44) โรคหอบหืด (Asthma; ICD-10: J45 ร่วมกับ Y96) โรคหลอดเลือดในสมอง (ICD-10: I60-I69) โรคหัวใจขาดเลือด (ICD-10: I20-I25) และโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ (ICD-10: J00-J39, J60-J99) ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563 โดยส่งหนังสือขออนุญาตใช้ข้อมูลไปยังสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการสร้างแฟ้มเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ค่าสถิติที่ใช้ คือ จำนวน สัดส่วน อัตราส่วน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด และการวัดความสัมพันธ์ ค่าสถิติที่ใช้ คือ Incidence rate ที่คำนวณจากจำนวนผู้ป่วยในช่วงเวลาหนึ่งหารด้วยผลรวมของเวลาที่ติดตามประชากรกลุ่มเสี่ยง แล้วนำมาหา Incidence rate ratio เพื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อการเกิดโรคระหว่างกลุ่มผู้มีปัจจัยกับผู้ที่ไม่มีปัจจัย โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรม Epi Info version 7.2

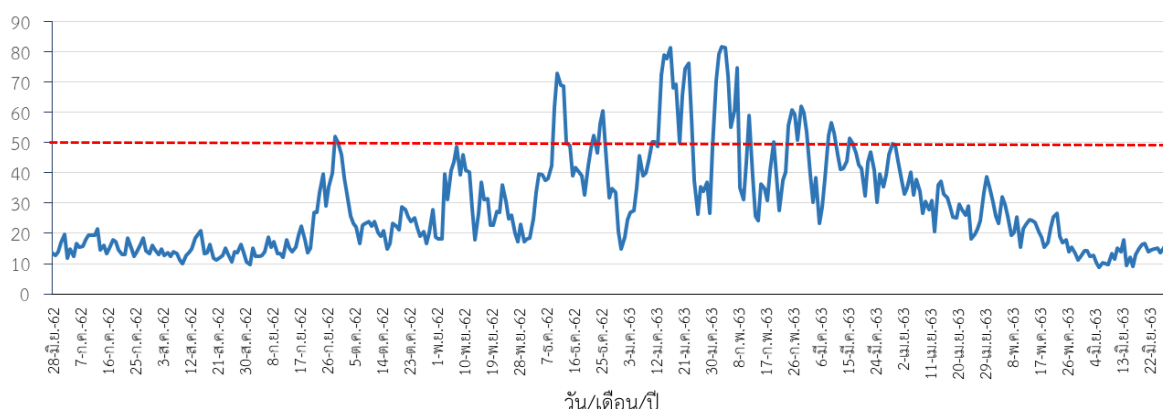
บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาสถานการณ์ PM_{2.5} ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

สถานการณ์ PM_{2.5} จากการวิเคราะห์ข้อมูลของสถานีสูบน้ำประตูล้าน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 1 สถานี ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563 (สถานีเริ่มทำการตรวจวัดเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2563) จำนวน 396 วัน รวม 8,827 ชั่วโมง แสดงตามรูปที่ 1 ปริมาณ PM_{2.5} ที่วัดได้ต่ำสุดวันที่ 3 กันยายน พ.ศ. 2563 เวลา 03.00 น. เท่ากับ 3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.ม.) สูงสุด 193 มคก./ลบ.ม. วันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2562 เวลา 20.00 น. ปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่ำสุดเท่ากับ 8.78 มคก./ลบ.ม. สูงสุดเท่ากับ 81.67 มคก./ลบ.ม. จำนวนวันที่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐาน 50 มคก./ลบ.ม.) เท่ากับ 42 วัน (ร้อยละ 4.15) ค่ามาตรฐานในบรรยากาศทั่วไปของ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงของประเทศไทยอยู่ที่ 50 มคก./ลบ.ม.⁽⁸⁾

ปริมาณ PM_{2.5} มคก./ลบ.ม.

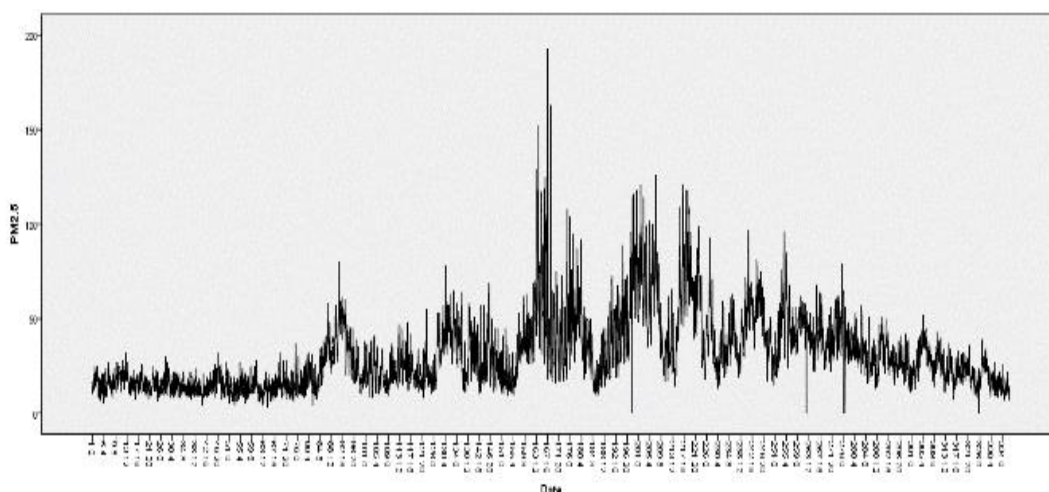


รูปที่ 5 ปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ระหว่างวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563

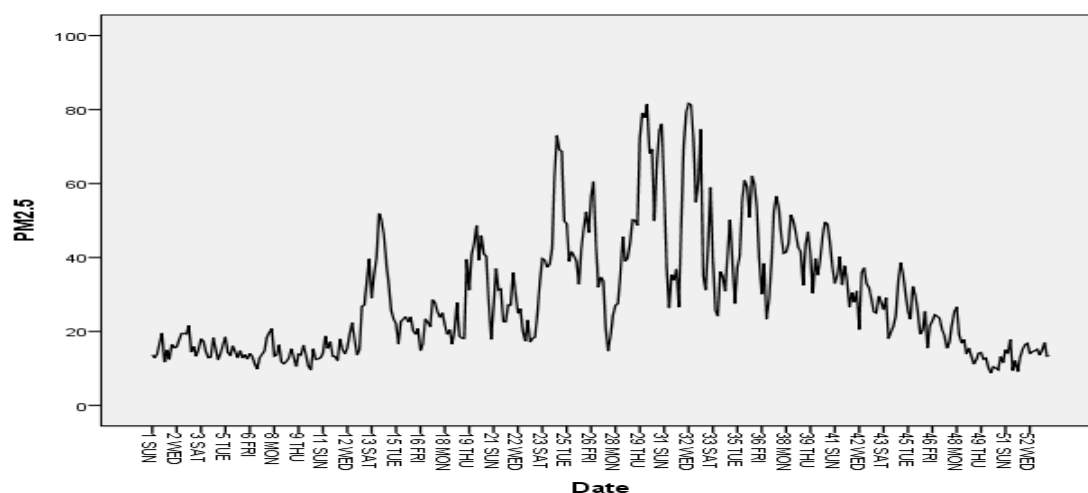
ปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ยรายเดือนสูงสุดได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (50.25 มคก./ลบ.ม.) รองลงมา ได้แก่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 (47.82 มคก./ลบ.ม.) เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 (42.79 มคก./ลบ.ม.) และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 (42.73 มคก./ลบ.ม.) ตามลำดับ และเดือนที่มีปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ ปริมาณตั้งแต่ 51 มคก./ลบ.ม. ขึ้นไปเป็น เวลาติดต่อกันตั้งแต่ 3 วันขึ้นไป⁽⁵⁾ ได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (ติดต่อกันสูงสุด 8 วัน) เดือน มกราคม พ.ศ. 2563 (ติดต่อกันสูงสุด 6 วัน) เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 (ติดต่อกันสูงสุด 4 วัน) และ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 (ติดต่อกันสูงสุด 3 วัน)

ผลการหาตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ และการพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$

การหาตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ และการพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง จำนวน 8,856 ค่า พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบโค้งไม่ปกติโดยข้อมูลเบ้ซ้าย พิจารณาจากค่าสถิติ Z มีค่าความเบ้และความโด่งเท่ากับ 9.811 และ 16.238 ถือว่าอยู่นอกช่วง -1.96 ถึง + 1.96 และค่าสถิติ Kolmogorov-Smirnov มีค่า $\alpha < 0.05$ ข้อมูลที่ขาดหายไปจำนวน 29 ค่า พิจารณาใช้ค่าข้อมูลที่อยู่ใกล้เคียงกับค่าข้อมูลที่ขาดหายไป ส่วนชุดข้อมูลชุดที่ 2 ข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง หาได้จากการนำข้อมูลชุดที่ 1 มาหาค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงได้ จำนวน 396 ค่า นำชุดข้อมูลที่ได้ทั้งสองชุดมาสร้างกราฟเพื่อดูลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของข้อมูล แสดงดังรูปที่ 6 และรูปที่ 7



รูปที่ 6 ลักษณะเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของ ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง



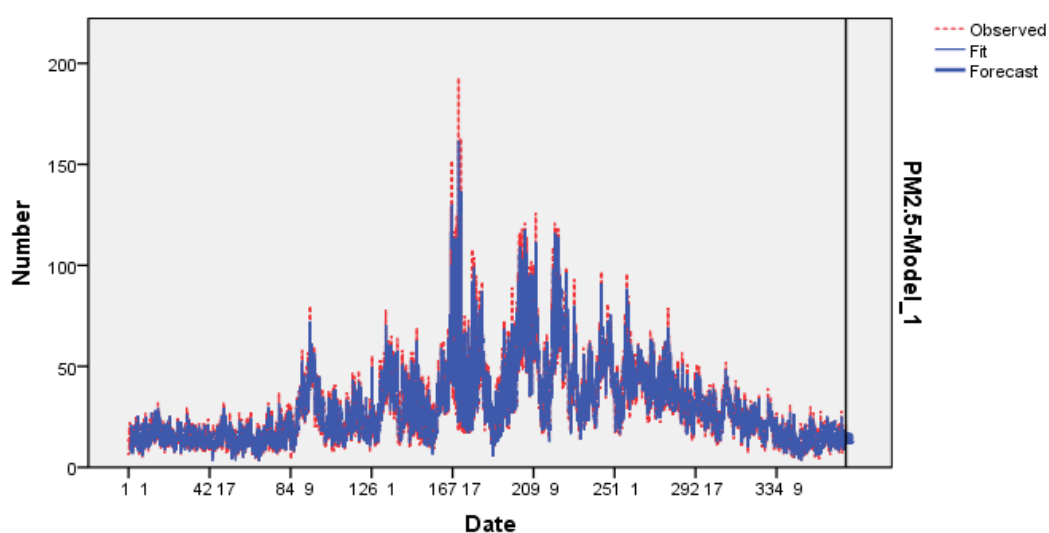
รูปที่ 7 ลักษณะเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของข้อมูล ปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง

ผลการเลือกตัวแบบที่เหมาะสมพิจารณาจากรูปที่ 7 และจากกราฟ ACF และ PACF แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสถิติของตัวแบบการพยากรณ์ของข้อมูลชุดที่ 1 ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง ข้อมูลระหว่างวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563

ตัวแบบการพยากรณ์	ค่าสถิติ Ljung-Box Q	MAE	MAPE
เทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ			
Simple Seasonal	0.00	6.10	33.59
Winters' Additive	0.00	6.16	34.21
Winters' Multiplicative	0.00	5.70	32.06
เทคนิคการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์			
ARIMA (1,1,1)(1,1,1)	<u>0.117</u>	<u>2.90</u>	<u>28.42</u>
ARIMA (1,1,1) \ (1,1,1)	0.094	3	29.29

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาจากค่าสถิติพบว่าตัวแบบที่มีความเหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ของข้อมูลชุดที่ 1 คือ ตัวแบบ ARIMA(1,1,1)(1,1,1) และพบว่าตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความสามารถในการพยากรณ์ค่าอนาคตที่มีความแม่นยำได้ไม่เกิน 48 ชั่วโมง การพยากรณ์จากตัวแบบดังกล่าว แสดงดังรูปที่ 8



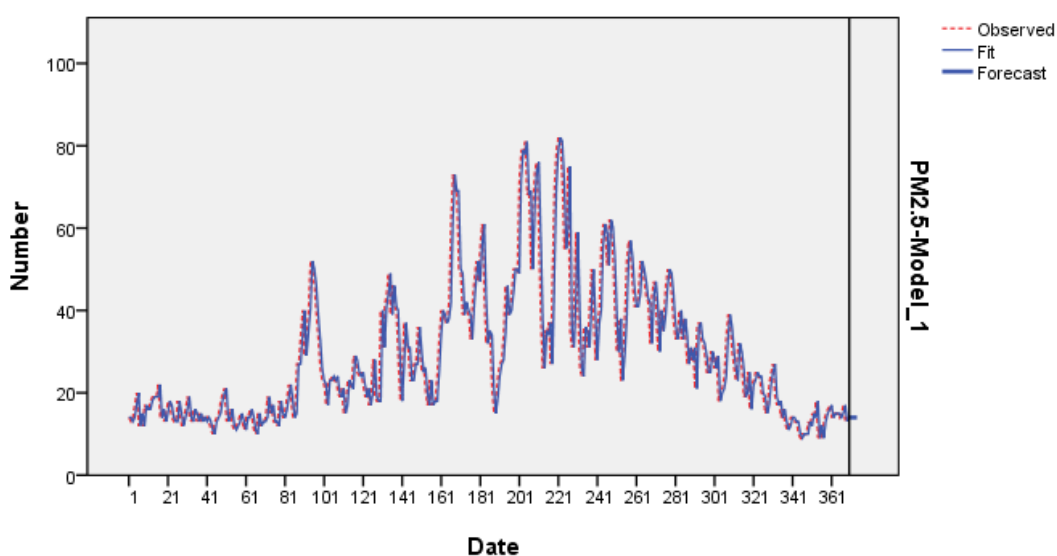
รูปที่ 8 อนุกรมเวลาและค่าพยากรณ์ของข้อมูลชุดที่ 1 $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง ด้วยตัวแบบ ARIMA(1,1,1)(1,1,1)

ค่าพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง ที่ได้ในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 12-19 มก./ลบ.ม. ผลการเลือกตัวแบบพยากรณ์ของข้อมูลชุดที่ 2 (รูปที่ 3) ค่าสถิติที่ได้ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสถิติของตัวแบบการพยากรณ์ของข้อมูลชุดที่ 2 ปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ข้อมูลระหว่างวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563

ตัวแบบการพยากรณ์	ค่าสถิติ Ljung-Box Q	MAE	MAPE
เทคนิคการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์			
ARIMA (0,1,3)	<u>0.264</u>	<u>2.23</u>	<u>17.30</u>

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาจากค่าสถิติพบว่าตัวแบบที่มีความเหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ของข้อมูลชุดที่ 2 คือ ตัวแบบ ARIMA (0,1,3) และพบว่าตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความสามารถในการพยากรณ์ค่าอนาคตที่มีความแม่นยำได้ไม่เกิน 31 วัน การพยากรณ์จากตัวแบบดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 อนุกรมเวลาและค่าพยากรณ์ของข้อมูลชุดที่ 2 PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ด้วยตัวแบบ ARIMA (0,1,3)

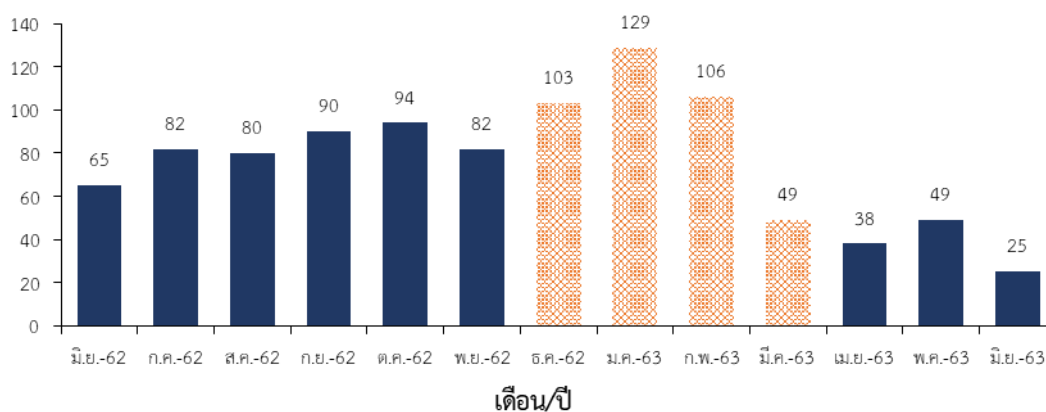
ค่าพยากรณ์ปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ที่ได้ในช่วงเวลา 31 วัน อยู่ระหว่าง 14 - 17 มก./ลบ.ม.

ผลการศึกษาสถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} ของอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

สถานการณ์โรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} ของอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2562 - มิถุนายน พ.ศ. 2563 อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา มีรายงานผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} ในเดือนที่มีปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงระดับปกติ (ปริมาณตั้งแต่ 51 มคก./ลบ.ม.น้อยกว่า 51 มคก./ลบ.ม.) ได้แก่ 28 -30 มิถุนายน 2562 เดือนกรกฎาคม 2562 เดือนสิงหาคม 2562 เดือนกันยายน 2562 เดือนตุลาคม 2562 เดือนพฤศจิกายน 2562 เมษายน 2563 เดือนพฤษภาคม 2563 และเดือนมิถุนายน 2563 และในเดือนที่มีปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ ปริมาณตั้งแต่ 51 มคก./ลบ.ม.ขึ้นไปเป็นเวลาติดต่อกันตั้งแต่ 3 วันขึ้นไป⁽⁵⁾ ได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (ติดต่อกันสูงสุด 8 วัน) เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 (ติดต่อกันสูงสุด 6 วัน) เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 (ติดต่อกันสูงสุด 4 วัน) และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 (ติดต่อกันสูงสุด 3 วัน) ดังนี้

โรคปอดอักเสบ (Pneumonia) มีรายงานผู้ป่วยโรคปอดอักเสบรายใหม่จำนวน 991 ราย คิดเป็นอุบัติการณ์ 214.55 ต่อประชากรแสนคน ผู้ป่วยโรคปอดอักเสบลำดับต่ำสุดในเดือนมิถุนายน 2563 จำนวน 25 ราย สูงสุดในเดือนมกราคม 2563 จำนวน 129 ราย แสดงตามรูปที่ 10 ผู้ป่วยโรคปอดอักเสบในช่วงที่มีปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับปกติจำนวน 605 ราย และผู้ป่วยโรคปอดอักเสบในเดือนที่มีปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพจำนวน 387 ราย

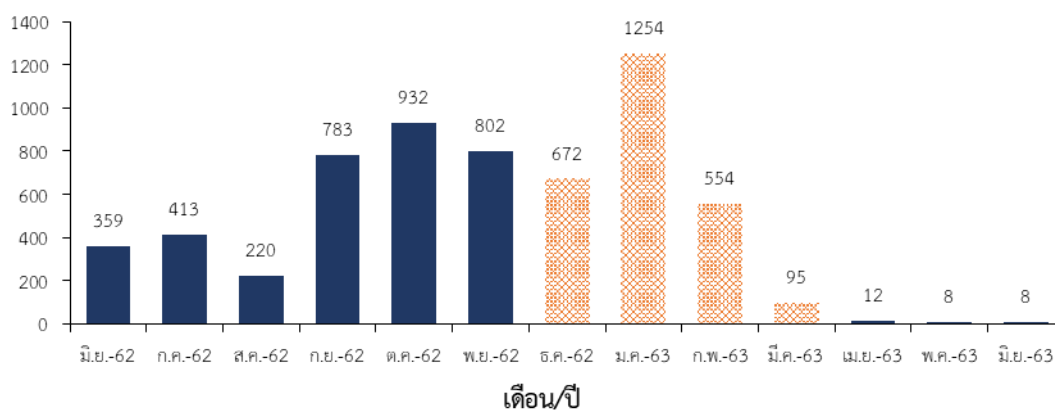
จำนวนผู้ป่วยโรคปอดอักเสบรายใหม่ (ราย)



รูปที่ 10 จำนวนผู้ป่วยโรคปอดอักเสบรายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือน ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563

โรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza) มีรายงานผู้ป่วยโรคไข้หวัดใหญ่รายใหม่จำนวน 6,112 ราย คิดเป็นอุบัติการณ์ 1,321.36 ต่อประชากรแสนคน ผู้ป่วยโรคไข้หวัดใหญ่ต่ำสุดในเดือนมิถุนายน 2563 จำนวน 8 ราย สูงสุดในเดือนมกราคม 2563 จำนวน 1,254 ราย แสดงตามรูปที่ 11 ผู้ป่วยโรคไข้หวัดใหญ่ในช่วงที่มีปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับปกติจำนวน 3,537 ราย และผู้ป่วยโรคไข้หวัดใหญ่ในเดือนที่มีปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพจำนวน 2,575 ราย

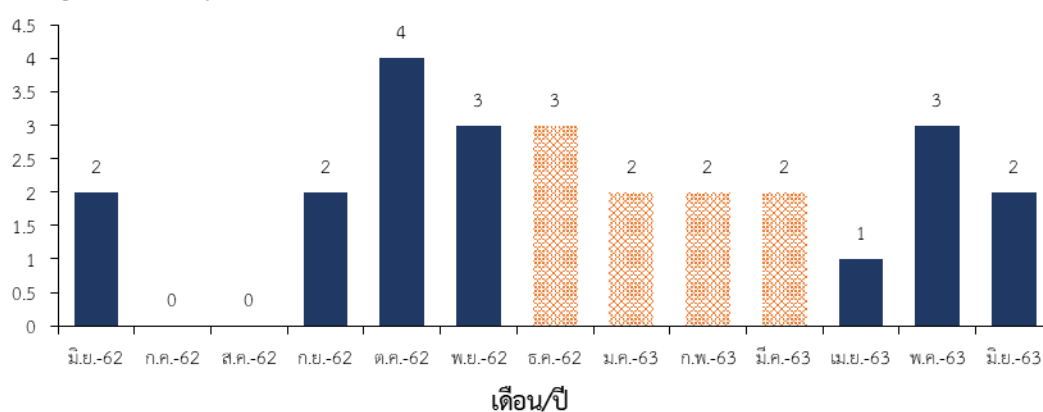
จำนวนผู้ป่วยโรคไข้หวัดใหญ่รายใหม่ (ราย)



รูปที่ 11 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้หวัดใหญ่รายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือน ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563

โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease: COPD) มีรายงานผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังรายใหม่จำนวน 26 ราย คิดเป็นอุบัติการณ์ 5.61 ต่อประชากรแสนคน ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม 2562 จำนวน 0 ราย สูงสุดในเดือนตุลาคม 2562 จำนวน 4 ราย แสดงตามรูปที่ 12 ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในช่วงที่มีปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับปกติจำนวน 17 ราย และผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในเดือนที่มีปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพจำนวน 9 ราย

จำนวนผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังรายใหม่ (ราย)

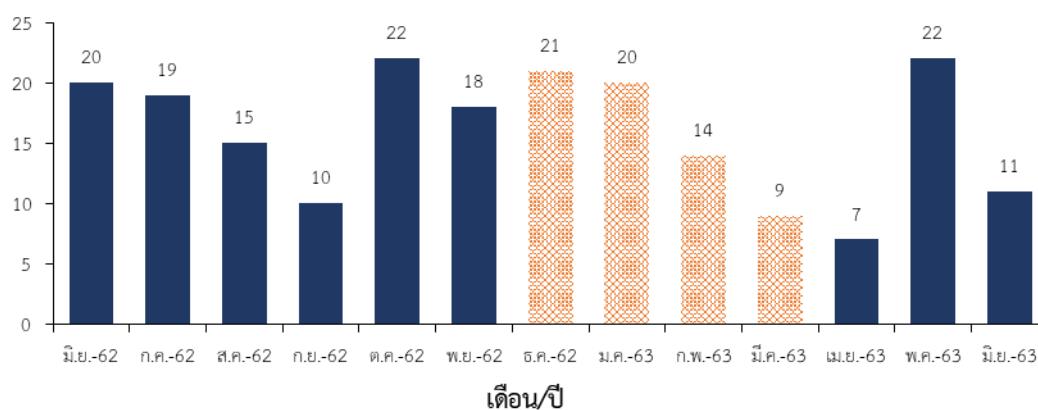


รูปที่ 12 จำนวนผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังรายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือนระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563

โรคหอบหืด (Asthma) มีรายงานผู้ป่วยโรคหอบหืดรายใหม่จำนวน 3 ราย คิดเป็นอุบัติการณ์ 0.87 ต่อประชากรแสนคน

โรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular Disease: stroke) มีรายงานผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองรายใหม่จำนวน 208 ราย คิดเป็นอุบัติการณ์ 44.55 ต่อประชากรแสนคน ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองต่ำสุดในเดือนเมษายน 2563 จำนวน 7 ราย สูงสุดในเดือนตุลาคม 2562 และพฤษภาคม 2563 จำนวน 22 ราย แสดงตามรูปที่ 13 ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในช่วงที่มีปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับปกติจำนวน 144 ราย และผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในเดือนที่มีปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพจำนวน 64 ราย

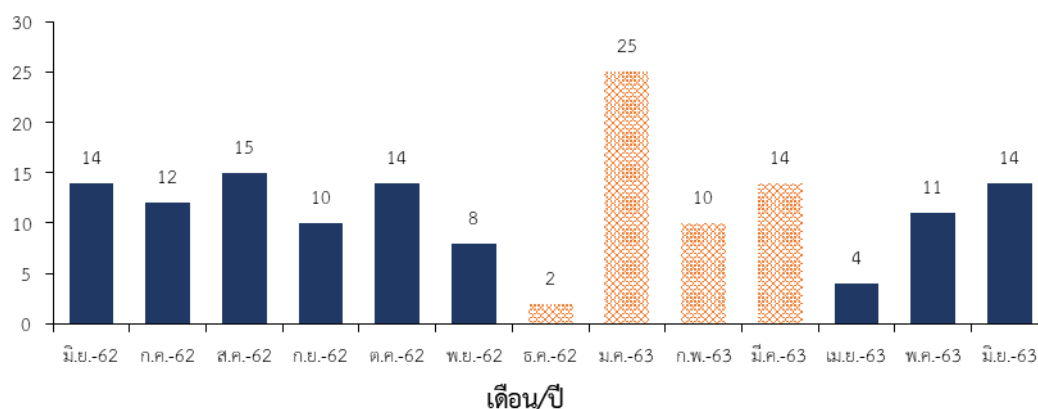
จำนวนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองรายใหม่ (ราย)



รูปที่ 13 จำนวนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองรายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือนระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563

โรคหัวใจขาดเลือด (Ischemic heart disease) มีรายงานผู้ป่วยโรคหัวใจขาดเลือดยุทธใหม่จำนวน 153 ราย คิดเป็นอุบัติการณ์ 43.59 ต่อประชากรแสนคน ผู้ป่วยโรคหัวใจขาดเลือดต่ำสุดในเดือนธันวาคม 2562 จำนวน 2 ราย สูงสุดในเดือนมกราคม 2563 จำนวน 25 ราย แสดงตามรูปที่ 14 ผู้ป่วยโรคหัวใจขาดเลือดในช่วงที่มีปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับปกติจำนวน 102 ราย และผู้ป่วยโรคหัวใจขาดเลือดในเดือนที่มีปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพจำนวน 51 ราย

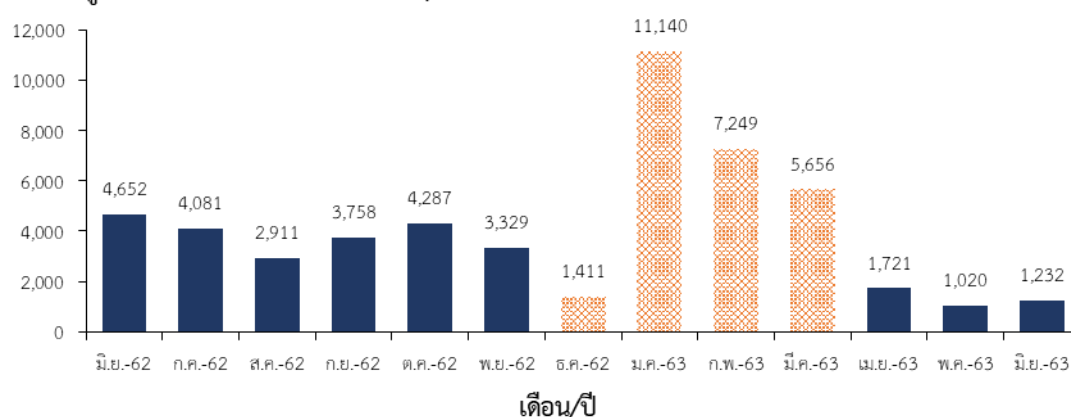
จำนวนผู้ป่วยโรคหัวใจขาดเลือดรายใหม่ (ราย)



รูปที่ 14 จำนวนผู้ป่วยโรคหัวใจขาดเลือดรายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือน ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563

โรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ มีรายงานผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ รายใหม่ จำนวน 52,447 ราย คิดเป็นอุบัติการณ์ 14,941.14 ต่อประชากรแสนคน ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ ต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม 2563 จำนวน 1,020 ราย สูงสุดในเดือนมกราคม 2563 จำนวน 11,140 ราย แสดงตามรูปที่ 15 ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ ในช่วงที่มีปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับปกติจำนวน 26,991 ราย และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ ในเดือนที่มีปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพจำนวน 25,456 ราย รายละเอียดดังตารางที่ 4 และ 5

จำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆรายใหม่ (ราย)



รูปที่ 15 จำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆรายใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำแนกรายเดือนระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563

ตารางที่ 4 จำนวนผู้ป่วย และอัตราป่วยโรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2562 - มิถุนายน พ.ศ. 2563 อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

โรคเฝ้าระวังจาก PM _{2.5}	จำนวนผู้ป่วยรายใหม่ (ต่ำสุด(เดือน, สูงสุด(เดือน) (ราย)	อุบัติการณ์ (ต่อ ประชากร แสนคน)	จำนวนผู้ป่วยใน เดือนที่มีปริมาณ PM _{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับเริ่ม มีผลกระทบต่อ สุขภาพ(ราย)	จำนวนผู้ป่วย ในช่วงมี ปริมาณ PM _{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับ ปกติ (ราย)
โรคปอดอักเสบ	991 (25 _(มิ.ย.63) , 129 _(ม.ค.63))	214.55	387	605
โรคไข้หวัดใหญ่	6,112 (8 _(มิ.ย.63) , 1,254 _(ม.ค.63))	1,321.36	2,575	3,537
โรคปอดอุดกั้น เรื้อรัง	26 (0 _(ก.ค.-ส.ค.62) , 4 _(ต.ค.62))	5.61	9	17
โรคหอบหืด	3	0.87	ไม่ได้ระบุ	ไม่ได้ระบุ
โรคหลอดเลือด สมอง	208 (7 _(เม.ย.63) , 22 _(ต.ค.62, พ.ค.63))	44.55	64	144
โรคหัวใจขาดเลือด	153 (2 _(ธ.ค.62) , 22 _(ม.ค.63))	43.59	51	102
โรคระบบทางเดิน หายใจอื่นๆ	52,447 (1,020 _(พ.ค.63) , 11,140 _(ม.ค.63))	14,941.14	25,456	26,991

ตารางที่ 5 Incidence rate และ Incidence rate ratio ของโรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2562 - มิถุนายน พ.ศ. 2563

โรคเฝ้าระวังจาก PM _{2.5}	Incidence rate (ราย/วัน)		Incidence rate ratio (95% Confidence Interval)
	ช่วงเวลาในระดับ PM _{2.5} ที่ระดับปกติ	ช่วงเวลาในระดับ PM _{2.5} เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	
โรคปอดอักเสบ	2.21	3.17	<u>1.44 (1.12, 1.84)</u>
โรคไข้หวัดใหญ่	12.91	21.11	<u>1.64 (1.31, 2.04)</u>
โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง	0.06	0.07	1.19 (0.52, 2.74)
โรคหลอดเลือดในสมอง	0.53	0.52	1.00 (0.69, 1.44)
โรคหัวใจขาดเลือด	0.37	0.42	1.12 (0.75, 1.67)
โรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ	98.51	208.66	<u>2.12 (1.71, 2.62)</u>

จากตารางที่ 5 จากค่า Incidence rate พบว่าโรคเฝ้าระวังจาก PM_{2.5} ที่มีความเร็วในการเกิดโรค (ระยะเวลา 1 วัน) ในช่วงเวลาที่ระดับ PM_{2.5} เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าในช่วงเวลาที่ระดับ PM_{2.5} ที่ระดับปกติ ได้แก่ โรคปอดอักเสบ โรคไข้หวัดใหญ่ โรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและโรคหัวใจขาดเลือด และจากค่า Incidence rate ratio พบการสัมผัส PM_{2.5} ในช่วงเวลาที่ระดับ PM_{2.5} เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดอักเสบ โรคไข้หวัดใหญ่และโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพยากรณ์อนุกรมเวลาเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ข้อมูลในอดีตวิเคราะห์หาตัวแบบอธิบายลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตที่เก็บตามลำดับเวลา และใช้ตัวแบบจำลองนั้นในการพยากรณ์ค่าในอนาคตวิธี การวิเคราะห์อนุกรมเวลามีหลายวิธี ในงานเฝ้าระวัง ป้องกันควบคุมโรค และภัยสุขภาพส่วนมากนำมาใช้พยากรณ์โรคไข้เลือดออก^(15,16,17,18,19) วิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือเทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ และเทคนิคการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือน การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอการหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาปริมาณ $PM_{2.5}$ สำหรับ 2 ชุดข้อมูลได้แก่ ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง และปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง พบว่า เทคนิคการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลา ทั้ง 2 ชุดข้อมูล โดยตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูล ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง คือ ตัวแบบ ARIMA(1,1,1)(1,1,1) และตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง คือ ตัวแบบ ARIMA (0,1,3) พิจารณาจากค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าสถิติ MAE มีค่าน้อย และค่าสถิติ MAPE มีค่าน้อยกว่า 30 ถือว่าตัวแบบมีความแม่นยำในการพยากรณ์ ซึ่งต่างจากการศึกษาของชาจิต มหาจันและคณะ พบว่า ตัวแบบการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลังด้วยตรีฟท์เหมาะสมในการพยากรณ์ $PM_{2.5}$ ระยะสั้นที่ใช้ข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ แบบเรียลไทม์มากกว่าตัวแบบ ARIMA ตัวแบบ Neural Network Autoregression (NNAR) และตัวแบบ Hybrid⁽²⁰⁾

จากการศึกษาพบว่า การสัมผัส $PM_{2.5}$ ในช่วงเวลาที่ระดับ $PM_{2.5}$ เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดอักเสบ โรคไข้หวัดใหญ่ และโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้เช่นเดียวกับการการสัมผัส PM_{10} ในช่วงที่มีปริมาณ PM_{10} ในอากาศปริมาณที่เข้มข้นมากก็ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดอักเสบ โรคหลอดเลือดสมอง และโรคทางเดินหายใจส่วนล่าง^(5,8,9)

ข้อเสนอแนะแนวทางในการดำเนินงานด้านการแพทย์และสาธารณสุขเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจาก $PM_{2.5}$ ของเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ในการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจาก $PM_{2.5}$ ของจังหวัดนครราชสีมา โรคที่ควรเป็น ตัว บ่ง ชี้ ด้าน สุข ภาพ ควร เป็น โรค ปอด อัก เสบ (Pneumonia; ICD-10: J12, J13, J14, J15, J16, J18) โรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza; ICD-10: J10, J11) และโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ (ICD-10: J00-J39, J60-J99) จากการศึกษาศถานการณ์กลุ่มโรคเฝ้าระวังจาก $PM_{2.5}$ จังหวัดนครราชสีมาในช่วงวิกฤต (เดือนธันวาคม - เดือนมีนาคม) ควรเฝ้าระวังกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ กลุ่มผู้สูงอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป และกลุ่มเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 10 ปี จึงควรดูแลกลุ่มเสี่ยงดังกล่าวอย่างใกล้ชิด เนื่องจากกลุ่มเสี่ยงดังกล่าวมีโอกาสเสียชีวิตได้ก่อนวัยอันควร โดยเฉพาะผู้สูงอายุ^(10,11,12,13,14)

ข้อจำกัดในการศึกษา

ข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ ของสถานีตรวจวัดสถานีสูบน้ำประตูล้าน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เป็นข้อมูลตั้งแต่สถานีเริ่มทำการตรวจวัดวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 30 มิถุนายน พ.ศ. 2563 และเป็นสถานีตรวจวัดปริมาณ $PM_{2.5}$ ของจังหวัดนครราชสีมาเพียงสถานีเดียว จึงอาจมีข้อจำกัดในเรื่องการเป็นตัวแทนของเขตเทศบาลนครราชสีมา และข้อมูลที่น่ามาพยากรณ์เป็นข้อมูลในช่วงระยะเวลาประมาณ 1 ปี เท่านั้น จึงทำได้เพียงการพยากรณ์ระยะสั้นเท่านั้น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ $PM_{2.5}$ และจำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจาก $PM_{2.5}$ ในช่วงเวลาที่ระดับ $PM_{2.5}$ เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพนั้นอาจยังมีปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรค ไม่ใช่การสัมผัสปริมาณ $PM_{2.5}$ เพียงอย่างเดียว

การขอจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ ขอยกเว้นจริยธรรมวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมาตามโครงการวิจัย รหัส KHE 2020 - 29

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

1. กรีนพีซ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ประเทศไทย). รายงานสถานการณ์คุณภาพอากาศโลก พ.ศ. 2561 การจัดอันดับมลพิษ PM_{2.5} ของเมืองและภูมิภาคทั่วโลก [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [เข้าถึงเมื่อ 26 กรกฎาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.greenpeace.or.th/s/right-to-clean-air/2018-world-air-quality-report.pdf>
2. กรมควบคุมมลพิษ. สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2562 [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 26 กรกฎาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก: <http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download.php>
3. กรมควบคุมมลพิษ. โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 26 กรกฎาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก : <http://infofile.pcd.go.th/air/PM2.5.pdf>
4. กรมควบคุมโรค. สรุปรายงาน การเฝ้าระวังโรค ประจำปี 2561 [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 26 กรกฎาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก : https://apps.doe.moph.go.th/boeeng/download/AW_Annual_Mix%206212_14_r1.pdf
5. กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการดำเนินงานด้านการแพทย์และสาธารณสุข กรณี ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ปี 2563 [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 26 กรกฎาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก : <http://hia.anamai.moph.go.th/download/hia/manual/book/book90.pdf>
6. กรินทร์ กาญจนานนท์. การพยากรณ์ทางสถิติ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น; 2561.
7. วิจิต หล่อจิระชุมห์กุล, จิราวัลย์ จิตรถเวช. เทคนิคการพยากรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 3 แก้ไขปรับปรุง. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์; 2548.
8. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;121(21):2331-78. doi:10.1161/CIR.0b013e3181dbee1.
9. Xing YF, Xu YH, Shi MH, Lian YX. The impact of PM_{2.5} on the human respiratory system. *J Thorac Dis*. 2016;8(1):E69-E74. doi:10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19
10. Teng M, Yang K, Shi Y, Luo Y. Study on the Temporal and Spatial Variation of PM_{2.5} in Eight Main Cities of Yunnan Province. 26th International Conference on Geoinformatics; Kunming, China. 2018. p. 1-7. doi: 10.1109/GEOINFORMATICS.2018.8557198.

11. Broome RA, Fann N, Cristina TJ, Fulcher C, Duc H, Morgan GG. The health benefits of reducing air pollution in Sydney, Australia. *Environ Res.* 2015;143(Pt A):19-25. doi:10.1016/j.envres.2015.09.007
12. Jiménez E, Linares C, Rodríguez LF, Bleda M, Díaz J. Short-term impact of particulate matter (PM_{2.5}) on daily mortality among the over-75 age group in Madrid (Spain). *The Science of the Total Environment.* 2009; 407:5486-92. doi:10.1016/j.scitotenv.2009.06.038.
13. Martinez GS, Spadaro JV, Chapizanis D, Kendrovski V, Kochubovski M, Mudu P. Health Impacts and Economic Costs of Air Pollution in the Metropolitan Area of Skopje. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(4):626. doi:10.3390/ijerph15040626
14. Nawahda A. Reductions of PM_{2.5} air concentrations and possible effects on premature mortality in Japan [Internet]. 2013 [cited 2020 Jul 26]. Available from: <https://www.researchgate.net/>
15. สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง, สำนักระบาดวิทยา, กรมควบคุมโรค. รายงานพยากรณ์โรคไข้เลือดออก ปี 2561 [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 26 กรกฎาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก : <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1026620200625043737.pdf>
16. สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง, สำนักระบาดวิทยา, สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 – 12, สถาบันป้องกันควบคุมโรคเขตเมือง, กรมควบคุมโรค. รายงานพยากรณ์โรคไข้เลือดออก ปี 2562 [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 26 กรกฎาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก : <https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor/6f4922f45568161a8cdf4ad2299f6d23/files/Dangue/Prophecy/2562.pdf>
17. จันทร์เพ็ญ เรือนคง, ชะฎายุทธ์ ปัทเมฆ, รัตนา สันติอาภรณ์. การพยากรณ์ผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกพื้นที่เครือข่ายบริการที่ 6 ปี 2556 - 2557. สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดชลบุรี; 2556.
18. นารณดา ชันธิกุล, วรณภา สุวรรณเกิด, อังคณา แซ่เจ็ง, ประยุทธ์ สุดาทิพย์, รุ่งระวี ทิพย์มนตรี, ศรีสุชา เขาว์พร้อม. รูปแบบการพยากรณ์การระบาดของโรคไข้เลือดออก ใน 8 จังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย. สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 10 กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข; 2555.
19. สวรรยา จันทานนท์. การพยากรณ์โรคไข้เลือดออกโดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลา พ.ศ. 2555 ในพื้นที่ 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง [อินเทอร์เน็ต]. 2555 [เข้าถึงเมื่อ 2 สิงหาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก : http://www.interfetphtailand.net/forecast/files/report_2012/report_2012_11_no09.pdf

20. Mahajan S, Chen L-J, Tsai T-C. Short-Term PM_{2.5} Forecasting Using Exponential Smoothing Method: A Comparative Analysis. *Sensors*. 2018; 18(10):3223.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูล

ส่วนที่ 1

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
PM2.5	8827	99.7%	29	0.3%	8856	100.0%

- ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง ข้อมูลที่ใช้ทั้งหมด 8,856 ค่า มีผลสูญหายจำนวน 29 ค่า (ร้อยละ 0.3) มีข้อมูลจำนวน 8,827 ค่า (ร้อยละ 99.7)

ส่วนที่ 2

Descriptives

		Statistic	Std. Error
PM2.5	Mean	29.32	.198
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	28.93
		Upper Bound	29.71
	5% Trimmed Mean	27.56	
	Median	24.00	
	Variance	346.451	
	Std. Deviation	18.613	
	Minimum	3	
	Maximum	193	
	Range	190	
	Interquartile Range	22	
	Skewness	1.582	.026
	Kurtosis	3.703	.052

- ค่าเฉลี่ย $PM_{2.5}$ เท่ากับ 29.32
- ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.198
- การประมาณค่าแบบช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28.93 ถึง 29.71 ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%
- ค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ตัดค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดทิ้งไปอย่างละ 5% เท่ากับ 27.56
- ค่ามัธยฐานเท่ากับ 24.00
- ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 346.451
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.613

- ยอดขายต่ำสุดเท่ากับ 3
- ยอดขายสูงสุดเท่ากับ 193
- ค่าพิสัยเท่ากับ 190
- ค่าส่วนเบี่ยงเบนควอไทล์ (Q3 - Q1) เท่ากับ 22
- ใช้สถิติ Z ในการตรวจสอบ โดยใช้ค่า Z ของความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95 % ช่วงที่เป็นขอบเขตพื้นที่ของการยอมรับสมมติฐานศูนย์ (H_0) จะอยู่ระหว่าง -1.96 ถึง + 1.96 สูตรที่ใช้คำนวณคือ

$$Z = \text{ค่าความเบ้} / \text{รากที่สองของ standard error (SE) ความเบ้}$$

$$= 1.582 / \sqrt{0.026} = 9.811$$

$$Z = \text{ค่าความโด่ง} / \text{รากที่สองของ standard error (SE) ความโด่ง}$$

$$= 3.703 / \sqrt{0.052} = 16.238$$

กำหนดสมมติฐาน ดังนี้

H_0 = ตัวแปรดังกล่าวมีการแจกแจงแบบโค้งปกติ

H_1 = ตัวแปรดังกล่าวไม่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ

ค่า Z ความเบ้และความโด่งเท่ากับ 9.811 และ 16.238 ถือว่าอยู่นอกช่วง -1.96 ถึง + 1.96 จึงสรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหนึ่ง (H_1) ตัวแปรดังกล่าวไม่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ

ส่วนที่ 3

Tests of Normality			
	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Statistic	df	Sig.
PM2.5	.124	8827	.000

a. Lilliefors Significance Correction

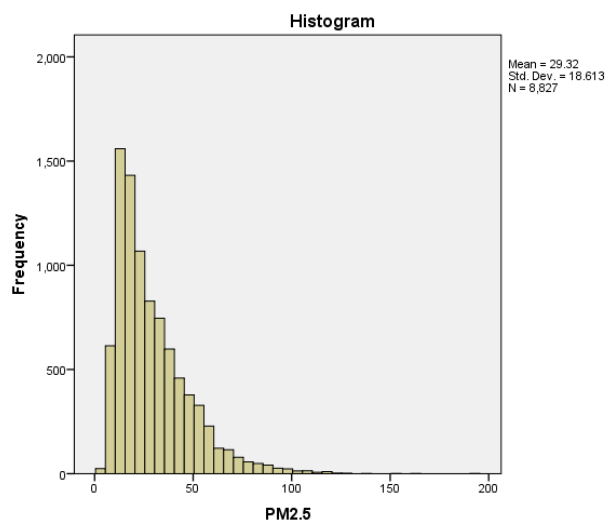
ใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov (ใช้ในกรณี $N > 50$) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95 % ($\alpha = 0.05$) ถ้า $\alpha < 0.05$ การยอมรับสมมติฐานหนึ่ง (H_1) กำหนดสมมติฐาน ดังนี้

H_0 = ตัวแปรดังกล่าวมีการแจกแจงแบบโค้งปกติ

H_1 = ตัวแปรดังกล่าวไม่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ

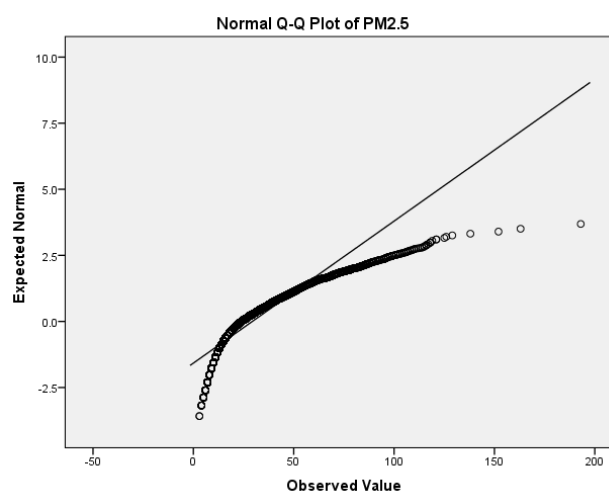
ค่า $\alpha < 0.05$ จึงสรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหนึ่ง (H_1) ตัวแปรดังกล่าวไม่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ

ส่วนที่ 4

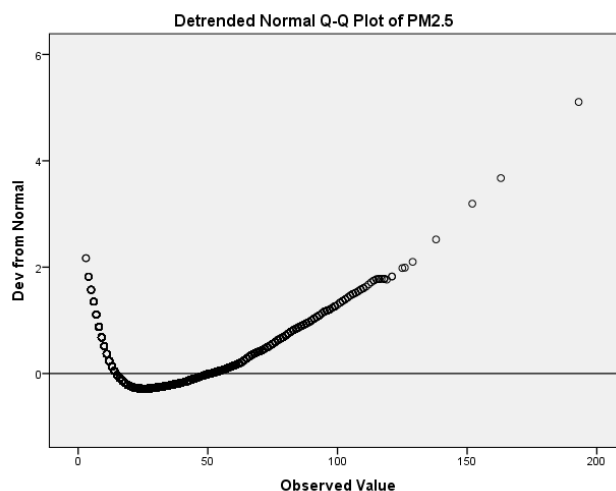


ฮิสโตแกรม (Histogram) แสดงข้อมูลของปริมาณ $PM_{2.5}$ โดยที่แกนนอนแทนข้อมูลของปริมาณ $PM_{2.5}$ และแกนตั้งแทนจำนวนความถี่ข้อมูลจะเห็นได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบโค้งไม่ปกติโดยข้อมูลเบ้ซ้าย

ส่วนที่ 5

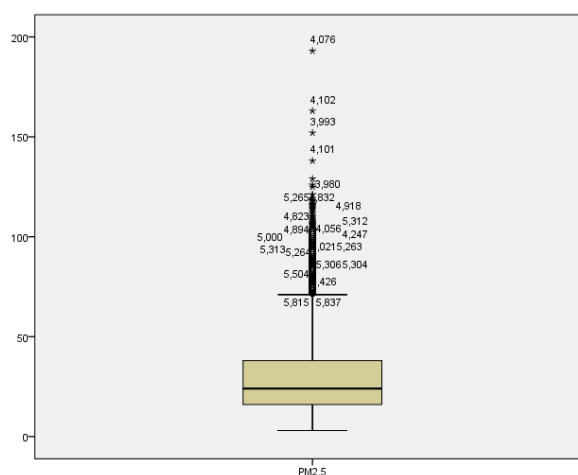


นอร์มอล คิว-คิว พล็อต (Normal Q -Q plots) จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่เก็บได้จริงกับค่าที่คาดหวัง เกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคือจุดต้องอยู่ใกล้กับเส้นตรง จากภาพสรุปได้ว่า ตัวแปร Test มีการแจกแจงแบบโค้งไม่ปกติเพราะสังเกตจากจุดที่เกิดขึ้นไม่อยู่ในแนวของเส้นตรง



ดีเทรนต์เด็ต นอร์มอล พล็อต (Detrended Normal Plot) เป็นการตรวจสอบความแปรปรวนของตัวแปร เกณฑ์ที่ใช้จุดที่ปรากฏต้องมีการจับกลุ่มรวมตัวกัน จากภาพสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้มาหากใช้วิธีการนี้ตรวจสอบจะจำแนกได้ยากมาก ข้อมูลกระจายตัวอยู่รอบเส้นตรงโดยมีรูปแบบแสดงว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบโค้งไม่ปกติ

ส่วนที่ 6



แผนภาพกล่อง (Box plot) จะเห็นได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีค่าผิดปกติจะได้ว่าข้อมูลมีการกระจายค่อนข้างเบ้ซ้าย

สรุปได้ว่าตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง ข้อมูลที่ใช้ทั้งหมด 8,856 ค่า มีมูลค่าสูญหายจำนวน 29 ค่า (ร้อยละ 0.3) มีข้อมูลจำนวน 8,827 ค่า (ร้อยละ 99.7) ข้อมูลมีการแจกแจงแบบโค้งไม่ปกติโดยข้อมูลเบ้ซ้าย ข้อมูลที่สูญหายไปจำนวน 29 ค่า ไม่ควรรีใช้ค่าเฉลี่ยเพื่อแทนข้อมูลที่สูญหาย ผู้วิจัยจึงพิจารณาใช้ข้อมูลที่อยู่ใกล้เคียงค่าที่สูญหายไปในการเป็นตัวแทนในการพยากรณ์ปริมาณ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง

ประวัติย่อผู้ทำวิทยานิพนธ์

ชื่อ	นางอินทร์ฉัตร สุขเกษม
วันเดือนปีเกิด	22 กุมภาพันธ์ 2509
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	424/41 หมู่ที่ 4 ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2527	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
พ.ศ. 2532	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ชีววิทยา) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
พ.ศ. 2543	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปรสตีวิทยา) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
พ.ศ.2553	สาธารณสุขศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี
พ.ศ. 2559	ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา