รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ด้วยความแม่นของข่ายงานระบบประสาท (Air Quality Index Prediction in the Eastern Regions of Thailand with Accuracy of Neural Networks)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุภัทร เมฆพายัพ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยและพัฒนา
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562
มหาวิทยาลัยบูรพา

สัญญาเลขที่ 005/2562

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยความแม่นของข่ายงานระบบประสาท (Air Quality Index Prediction in the Eastern Regions of Thailand with Accuracy of Neural Networks)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุภัทร เมฆพายัพ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เมษายน 2563

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 เลขที่สัญญา 005/2562

Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University (Grant no. 005/2562).

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 โครงการวิจัยเรื่อง การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยความแม่นของข่ายงานระบบประสาท (Air Quality Index Prediction in the Eastern Regions of Thailand with Accuracy of Neural Networks) สัญญาเลขที่ 005/2562 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 100,000 บาท ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้มลพิษทางอากาศกำลังเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในขั้นวิกฤต การทำนายคุณภาพอากาศจึงกลายมามีบทบาทที่สำคัญในการแจ้งหรือเตือนประชาชนและควบคุมมลพิษทางอากาศในทุกประเทศรวมถึงประเทศไทย มัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน หรือ MLP เป็นตัวแบบข่ายงานระบบประสาทอย่างง่ายซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อประเมินและทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศ หรือ AQI ในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยตรวจวัดข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 8 สถานี ที่ตั้งอยู่ในจังหวัดระยอง ชลบุรี และฉะเชิงเทรา ผลการศึกษาพบว่าสารมลพิษหลักทางอากาศที่ส่งผลต่อค่า AQI ในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศเป็นส่วนใหญ่ คือ ก๊าซโอโซนและฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และที่เหลืออีกไม่ถึง 2% เป็นผลมาจากก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สำหรับช่วงเวลาที่มีอิทธิพลต่อค่า AQI สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI ต่ำ ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูร้อนและฤดูฝน (เดือนเมษายน และเดือนมิถุนายนถึงกันยายน) กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI ปานกลาง ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนและต้นฤดูฝน (เดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และพฤษภาคม) และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI สูง ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคมถึงมกราคม) นอกจากนี้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่ได้ยังสามารถทำนายและจำแนกกลุ่มของดัชนีคุณภาพอากาศได้ค่อนข้างสมบูรณ์และถูกต้องโดยเห็นได้จากความแม่นของค่าอัตราการจำแนกถูกที่มีค่ามากประมาณ 90% สำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบ และ 88% สำหรับชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ

คำสำคัญ: สารมลพิษทางอากาศ ดัชนีคุณภาพอากาศ ข่ายงานระบบประสาท
มัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

ผลลัพธ์ที่ได้และข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากงานวิจัย “การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยความแม่นของข่ายงานระบบประสาท” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศ พบว่า สารมลพิษหลักทางอากาศ 3 คู่ที่มีความสัมพันธ์กัน คือ NO_2, O_3 และ PM_{10} โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง NO_2 และ O_3 เท่ากับ 0.476, ระหว่าง NO_2 และ PM_{10} เท่ากับ 0.289 และระหว่าง O_3 และ PM_{10} เท่ากับ 0.476 ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกันกับผลของการจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท ที่พบว่าสารมลพิษหลักทางอากาศ 3 ประเภท คือ NO_2, O_3 และ PM_{10} ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันซึ่งเป็นกลุ่มของสารมลพิษหลักทางอากาศที่ส่งผลทำให้ AQI มีค่าสูง และนอกจากนี้แล้วยังสอดคล้องกันกับผลการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง AQI และสารมลพิษหลักทางอากาศ ที่พบว่า AQI มีความสัมพันธ์กับ NO_2, O_3 และ PM_{10} โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง AQI และ NO_2 เท่ากับ 0.476, ระหว่าง AQI และ O_3 เท่ากับ 0.953 และระหว่าง AQI และ PM_{10} เท่ากับ 0.480

2. เมื่อพิจารณาว่าฤดูกาลมีอิทธิพลต่อดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยหรือไม่ พบว่า สามารถจัดกลุ่มฤดูกาลที่มีผลต่อค่า AQI ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ช่วงปลายฤดูร้อนและฤดูฝน เป็นช่วงที่มีค่า AQI ต่ำ กลุ่มที่ 2 ช่วงฤดูร้อนและช่วงต้นฤดูฝน เป็นช่วงที่มีค่า AQI ปานกลาง และกลุ่มที่ 3 ช่วงฤดูหนาวเป็นช่วงที่มีค่า AQI สูง ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกันกับกราฟแสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI ในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทยที่พบว่า AQI มีค่าสูง ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม มีค่า AQI ปานกลาง ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน และมีค่า AQI ต่ำ ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน

3. เมื่อพิจารณากราฟแสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI สำหรับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 8 สถานี พบว่าสถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) มีค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI ต่ำที่สุด ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน และมีค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI สูงกว่าทุกสถานี ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกันกับการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยที่จัดให้สถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) แยกออกมาต่างหากจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของจังหวัดระยอง (28t, 29T, 30T และ 31T) และจังหวัดชลบุรี (32T, 33T และ 34T)

4. ในการวัดความแม่นของข่ายงานระบบประสาทอย่างง่ายเพื่อทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย พบว่า ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 และตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 มีความแม่นในการจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศได้ดีและค่อนข้างสมบูรณ์ เมื่อเป็นกลุ่มคุณภาพอากาศดีและกลุ่มคุณภาพอากาศปานกลาง แต่ในกลุ่มคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสำหรับคนที่ไวต่อสารมลพิษมีความแม่นในการจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศได้ปานกลาง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากกลุ่มของคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสำหรับคนที่ไวต่อสารมลพิษเป็นกรณีที่มีความซับซ้อน จึงอาจต้องใช้ข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างซับซ้อนมากขึ้น เช่น ข่ายงานระบบประสาทที่มีชั้นซ่อน หรือจำนวนโหนดของชั้นซ่อนที่

มากขึ้น หรืออาจใช้ข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างขั้นสูง (Advanced neural networks) เช่น ข่ายงานระบบประสาทแบบเรเดียลเบซีสฟังก์ชัน (Radial Basis Function: RBF) หรือข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF เป็นต้น

5. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปประเมินและทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคอื่น ๆ ของประเทศไทยนอกเหนือจากภาคตะวันออก โดยอาจใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์หรือตัวแบบทางสถิติอื่น เช่น เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate analysis) เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศในบริเวณภาคภาคอื่น ๆ ของประเทศไทยต่อไปในอนาคตได้

6. สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปเผยแพร่ให้กับกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางประกอบการวางแผนในการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมค่าดัชนีคุณภาพอากาศ รวมถึงค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท ไม่ให้มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน

บทคัดย่อภาษาไทย

ปัจจุบันนี้มลพิษทางอากาศกำลังเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในขั้นวิกฤต การทำนายคุณภาพอากาศจึงกลายมามีบทบาทที่สำคัญในการแจ้งหรือเตือนประชาชนและควบคุมมลพิษทางอากาศในทุกประเทศรวมถึงประเทศไทย มัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน หรือ MLP เป็นตัวแบบข่ายงานระบบประสาทอย่างง่ายซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อประเมินและทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศ หรือ AQI ในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยตรวจวัดข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 8 สถานี ที่ตั้งอยู่ในจังหวัดระยอง ชลบุรี และฉะเชิงเทรา ผลการศึกษาพบว่าสารมลพิษหลักทางอากาศที่ส่งผลต่อค่า AQI ในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศเป็นส่วนใหญ่ คือ ก๊าซโอโซนและฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และที่เหลืออีกไม่ถึง 2% เป็นผลมาจากก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สำหรับช่วงเวลาที่มีอิทธิพลต่อค่า AQI สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI ต่ำ ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูร้อนและฤดูฝน (เดือนเมษายน และเดือนมิถุนายนถึงกันยายน) กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI ปานกลาง ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนและต้นฤดูฝน (เดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และพฤษภาคม) และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI สูง ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคมถึงมกราคม) นอกจากนี้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่ได้ยังสามารถทำนายและจำแนกกลุ่มของดัชนีคุณภาพอากาศได้ค่อนข้างสมบูรณ์และถูกต้องโดยเห็นได้จากความแม่นของค่าอัตราการจำแนกถูกที่มีค่ามากประมาณ 90% สำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบ และ 88% สำหรับชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ

คำสำคัญ: สารมลพิษทางอากาศ ดัชนีคุณภาพอากาศ ข่ายงานระบบประสาท มัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

Abstract

Air pollution has turned to a critical environmental problem nowadays. Prediction of air quality then plays a significant role in notifying or warning people about and controlling air pollution in every countries including Thailand. Based on data measured by the eight monitoring stations located in Rayong, Chon Buri and Chachoengsao, the simple design, Multi-Layer Perceptron or MLP, was built for neural network models to appraise and predict the air quality index or AQI in the eastern area of Thailand. The study results indicate that O_3 and PM_{10} respectively play the dominant role in AQI value while NO_2, SO_2 and CO together account for less than 2% importance. The period associated with AQI levels is classified into three groups. The low AQI is at the end of summer and in rainy season (April, June to September). The medium AQI is in summer and at the beginning of rainy season (February, March and May). The high AQI is in winter (October to January). Additionally, the obtained neural network models are able to rather perfectly predict and classify the AQI groups, as seeing of the accuracy of high percentage for correct classification rate or CCR with approximately 90% in training data set as well 88% in validation data set.

Keywords: Air Pollutant, Air Quality Index, Neural Networks, Multi-Layer Perceptron, Eastern Area of Thailand

สารบัญเรื่อง

		หน้า
กิตติกรรมประกาศภาษาไทย		ก
กิตติกรรมประกาศภาษาอังกฤษ		ข
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		ฉ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ช
สารบัญเรื่อง		ซ
สารบัญตาราง		ญ
สารบัญภาพ		ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย		ฎ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	2
	1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
	1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
	1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย	5
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	6
บทที่ 2	วิธีดำเนินการวิจัย	7
	2.1 คำอธิบายข้อมูล	7
	2.2 การประเมินค่าดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	9
	2.2.1 กำหนดรูปแบบหรือระบุคุณลักษณะของสารมลพิษหลักทางอากาศของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและในภาพรวมของภาคตะวันออกของภาคตะวันออกของประเทศไทย	9
	2.2.2 กำหนดรูปแบบหรือระบุคุณลักษณะของดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	9
	2.3 การจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	10
	2.4 การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	11
	2.4.1 การจัดการข้อมูล	11
	2.4.2 การสร้างตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเพื่อจำแนกคุณภาพอากาศ	11

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

		หน้า
	2.4.3 การวัดความแม่นของข่ายงานระบบประสาท	12
บทที่ 3	ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	13
	3.1 ผลการประเมินค่าดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	13
	3.1.1 ผลการกำหนดรูปแบบหรือระบุคุณลักษณะของสารมลพิษหลักทางอากาศ	13
	3.1.2 ผลการกำหนดรูปแบบหรือระบุคุณลักษณะของดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	22
	3.2 ผลการจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	25
	3.2.1 ผลการจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	25
	3.2.2 ผลการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	26
	3.3 ผลการทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	28
	3.3.1 ผลการสร้างตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเพื่อจำแนกคุณภาพอากาศ	28
	3.3.2 ผลการวัดความแม่นของข่ายงานระบบประสาท	29
บทที่ 4	บทสรุป	32
	4.1 สรุปผลการวิจัย	32
	4.2 อภิปรายผลการวิจัย	34
บทที่ 5	ผลผลิต	35
	5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ	35
	5.2 การจดสิทธิบัตร	35
	5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์	35
	5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ	35
รายงานสรุปการเงิน		36
บรรณานุกรม		37
ประวัตินักวิจัยและคณะ		38

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศ 5 ประเภท ซึ่งมีค่าเทียบเท่ากันกับค่า AQI	8
2	สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีอบต.ตาสิทธิ์ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง (28T)	13
3	สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (29T)	14
4	สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (30T)	15
5	สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (31T)	16
6	สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีบริเวณตำบลทุ่งครุ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (32T)	17
7	สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีบริเวณตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (33T)	18
8	สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (34T)	19
9	สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T)	20
10	สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทสำหรับภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทย	21
11	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่าพีระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และค่า AQI	22
12	การเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศระหว่างตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 และตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 สำหรับชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบและชุดของข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ	30

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI สำหรับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 8 สถานี	23
2	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI ในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทย	23
3	กราฟแสดงสารมลพิษหลักทางอากาศที่มีผลต่อค่า AQI ของภาคตะวันออกของประเทศไทย	24
4	แผนภาพเดนโดแกรมสำหรับการจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศ	25
5	แผนภาพเดนโดแกรมสำหรับการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ	26
6	แผนภาพเดนโดแกรมสำหรับการจัดกลุ่มเดือน	27
7	ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3	28
8	ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3	29

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย
SO_2	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
NO_2	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์
CO	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
O_3	ก๊าซโอโซน
PM_{10}	ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน
AQI	ดัชนีคุณภาพอากาศ
ppb.	ส่วนในพันล้านส่วน
ppm.	ส่วนในล้านส่วน
$\mu g / m^3$	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
MLP	ข่ายงานระบบประสาทแบบมัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน
CCR	อัตราการจำแนกถูก

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

มลพิษทางอากาศเป็นสถานการณ์ของการที่มีสิ่งแปลกปลอม สารเคมี หรือสารเจือปนตั้งแต่หนึ่งสิ่งขึ้นไปอยู่ในอากาศเป็นระยะเวลาต่อเนื่องกันในปริมาณที่มากกว่าระดับปกติจนอาจทำให้เกิดอันตราย ปัจจุบันมลพิษทางอากาศกำลังกลายมาเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญปัญหาหนึ่งของทุกประเทศทั่วโลก เนื่องจากมลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของสิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์ พืช และสัตว์ มลพิษทางอากาศแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามประเภทของแหล่งกำเนิด คือ แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองที่ลอยอยู่ในอากาศ ฝุ่นเกลือจากทะเล หรือฝุ่นละอองและก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดจากภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น และแหล่งกำเนิดที่เป็นกิจกรรมของมนุษย์ ทำให้เกิดสารมลพิษหลักทางอากาศจากแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรมซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและกระบวนการผลิต ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน (NO_X) ก๊าซโอโซน (O_3) รวมถึงฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) เป็นต้น

กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ เป็นหน่วยงานที่ดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศในประเทศไทยทั้งในกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และจังหวัดในภูมิภาค โดยนำเสนอในรูปของดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index) หรือ AQI ซึ่งเป็นการรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศที่อยู่ในรูปแบบซึ่งประชาชนทั่วไปสามารถเข้าใจได้ง่าย ในปี พ.ศ. 2540 ประเทศไทยคำนวณค่า AQI จากสารมลพิษหลักทางอากาศ 5 ประเภท คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O_3) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ต่อมาในปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยได้ประกาศค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และในปี พ.ศ. 2561 กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ได้ขยายเครือข่ายการตรวจวัด $PM_{2.5}$ จนครอบคลุม 53 พื้นที่ ใน 29 จังหวัด ซึ่งถือว่ามีข้อมูลเพียงพอสำหรับการเผยแพร่ข้อมูลแจ้งเตือนประชาชน จึงได้ปรับปรุงการคำนวณค่า AQI ของประเทศไทย โดยนำ $PM_{2.5}$ เข้ามาเป็นสารมลพิษหลักทางอากาศเพิ่มขึ้นอีก 1 ประเภท เพื่อคำนวณค่า AQI (กรมควบคุมมลพิษ, 2561) ทั้งนี้หากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศประเภทใดมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานของสารมลพิษทางอากาศประเภทนั้น ก็จะถูกนำมาเป็นตัวกำหนดค่า AQI ของวันนั้น ซึ่งถ้าค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานแล้วจะทำให้ค่า AQI ในวันนั้นเริ่มส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

ปัญหามลพิษทางอากาศในประเทศไทยนั้นเกิดขึ้นมากและกำลังทวีความรุนแรงมากขึ้นโดยเฉพาะกรุงเทพมหานครและจังหวัดใหญ่ ๆ ในภูมิภาค โดยมีสาเหตุที่สำคัญจากมีการจราจรที่หนาแน่นและมีการก่อสร้างสาธารณูปโภคขนาดใหญ่ ภาคตะวันออกของประเทศไทยประกอบด้วยจังหวัด 7 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ปราจีนบุรี สระแก้ว และตราด ซึ่งชลบุรีและระยองเป็นสองจังหวัดของภาคตะวันออกที่มีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจึงเป็นจังหวัดที่มีประชากรอยู่อย่างหนาแน่นมาก เนื่องจากมีประชากรจากทุกภาคอพยพหลั่งไหลมาตั้งถิ่นฐานและหางานทำ เพราะเป็นจังหวัดที่เป็นเขตพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมของ

ประเทศไทย เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเลียม อุตสาหกรรมแปรรูปวัตถุดิบต่าง ๆ อุตสาหกรรมพื้นเมืองและอุตสาหกรรมครัวเรือน รวมถึงอุตสาหกรรมท่องเที่ยว ซึ่งเห็นได้จากจังหวัดชลบุรีเป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมทั้ง 4 แห่ง ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร นิคมอุตสาหกรรมชลบุรี (บ่อวิน) และนิคมอุตสาหกรรมปิ่นทอง ส่วนจังหวัดระยองก็เป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ดังนั้นในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยจึงเป็นพื้นที่ซึ่งประสบปัญหามลพิษทางอากาศมาก โดยเฉพาะปัญหามลพิษทางอากาศซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการมีค่าความเข้มข้นของ O_3, PM_{10} หรือ $PM_{2.5}$ สูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน กล่าวคือถ้าได้รับ O_3 ที่มีระดับความเข้มข้นมากกว่าค่ามาตรฐานและได้รับติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจะมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและอาจทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหอบหืด เป็นต้น หรือหากร่างกายได้รับ PM_{10} เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจแล้ว อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาภายในร่างกายได้ โดยมีอาการแพ้หรืออักเสบในโพรงจมูก ช่องคอ หรือหลอดลม จนอาจทำให้เกิดการติดเชื้อที่ทางเดินหายใจส่วนบน และยิ่งไปกว่านั้นแล้วถ้าร่างกายได้รับ $PM_{2.5}$ เข้าไปถึงส่วนที่อยู่ลึกที่สุดของทางเดินหายใจคือถุงลมปอดก็อาจทำให้เกิดโรคปอดอักเสบได้ ดังจะเห็นได้จากรายงานสถานการณ์คุณภาพอากาศโลกที่รายงานว่าจังหวัดชลบุรีถูกจัดให้เป็นเมืองที่มีมลพิษ $PM_{2.5}$ สูงเป็นอันดับที่ 14 ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (IQAir Air Visual)

ด้วยเหตุผลดังกล่าวบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยจึงควรมีดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมเป็นกรณีพิเศษนอกเหนือจากการตรวจวัดคุณภาพอากาศขั้นพื้นฐาน เนื่องจากการสร้างสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในแต่ละพื้นที่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง จึงไม่ได้มีการสร้างสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในทุกจังหวัดของภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันนี้จังหวัดของภาคตะวันออกของประเทศไทยที่ยังไม่มีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ คือ จังหวัดจันทบุรีและตราด ส่วนจังหวัดสระแก้วและปราจีนบุรีพึ่งจะมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเมื่อไม่นาน โดยที่จังหวัดสระแก้วมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ คือ สถานีโรงเรียนอนุบาลศรีอรัญโญทัย อำเภออรัญประเทศ (71T) ในปี พ.ศ. 2554 และจังหวัดปราจีนบุรีมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ คือ สถานีศาลาประชาคมบ้านบุยายใบ (77T) ในปี พ.ศ. 2559

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญและความจำเป็นในการประเมินและทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยว่ามีรูปแบบหรือคุณลักษณะของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทและค่า AQI เป็นอย่างไร โดยพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศ 5 ประเภท คือ SO_2, NO_2, CO, O_3 และ PM_{10} ด้วยความแม่น (accuracy) ของข่ายงานระบบประสาท (Neural networks) ซึ่งถ้าหากคุณภาพอากาศของวันใดมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดแล้ว จะทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศขึ้นและจะก่อให้เกิดโทษต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของโรคระบบทางเดินหายใจ

1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินและการทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศหรือการจัดกลุ่มคุณภาพอากาศซึ่งสัมพันธ์กับสารมลพิษหลักทางอากาศ มีอาทิเช่น

ธนิตย์ อินทรัตน์ (2554) จัดทำแผนที่แบบจำลองดัชนีคุณภาพอากาศ ในจังหวัดชลบุรี โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีคุณภาพอากาศและการกระจายตัวของสารมลพิษหลักทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) ที่มีตัวแปรตามคือค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Y) และตัวแปรอิสระคือสารมลพิษหลักทางอากาศที่ผ่านการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีถดถอยทีละขั้น (Stepwise regression) จากนั้นจึงคำนวณหาค่าดัชนีคุณภาพอากาศจากสมการถดถอยที่ได้แล้วจึงสร้างแผนที่แสดงคุณภาพอากาศของจังหวัดชลบุรี

ผลการศึกษาพบว่ามีตัวแปรอิสระที่ผ่านการคัดเลือก 4 ตัว คือก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ซึ่งจะได้สมการการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีคุณภาพอากาศและก๊าซมลพิษ คือ

$$\hat{Y} = 11.89 + 0.868(NO_2) + 1.89(CO) + 0.694(O_3) + 0.464(PM_{10})$$

นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพอากาศของจังหวัดชลบุรีอยู่ในระดับปานกลางซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน

Miloslava, Jiri, & Pavel (2008) สร้างตัวแบบในการทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศในประเทศสาธารณรัฐเช็กจากตัวแปรสารมลพิษหลักทางอากาศจำนวน 8 ตัว ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน และออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน (NO_X) และตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาจำนวน 3 ตัว ได้แก่ การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Solar radiation) อุณหภูมิ และความชื้นอากาศสัมพัทธ์ (Relative air humidity) โดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision trees) ด้วยอัลกอริทึมของ C5.0, C5.0 boosting และ CHAID ผลการศึกษาพบว่าอัลกอริทึมของ C5.0 มีค่าความแม่น (Accuracy) ของอัตราการจำแนกถูก (Correct Classification Rate) หรือ CCR มากที่สุดซึ่งมีค่ามากถึง 94.43% โดยสามารถจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศได้ดีเมื่อเป็นกลุ่มคุณภาพอากาศดี (Good air group) และกลุ่มคุณภาพอากาศค่อนข้างดี (Favorable air group)

Durao & Pereira (2012) ประยุกต์ระเบียบวิธีวิจัยเพื่อทำนายค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศ คือ PM_{10} และ O_3 ในวันรุ่งขึ้น ที่เมืองซายส์ (Sines) ซึ่งเป็นบริเวณเขตอุตสาหกรรมของประเทศโปรตุเกส โดยใช้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาท (Neural network models) แบบมัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน (Multi-Layer Perceptron) หรือ MLP ซึ่งมีโครงสร้างที่สามารถจับความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear relationship) ระหว่างตัวแปรอิสระซึ่งเป็นตัวแปรอุตุนิยมวิทยาได้ ผลการวิจัยพบว่าตัวแปรอุตุนิยมวิทยาที่ผลต่อค่าความเข้มข้นของ PM_{10} และ O_3 มาก ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ความชื้นอากาศสัมพัทธ์ และชนิดของอากาศ นอกจากนี้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP ที่พัฒนาขึ้นนี้ยังให้ค่าสมรรถนะของตัวแบบที่มีค่าระหว่าง 0.66 และ 0.87 ซึ่งเป็นช่วงที่แสดงให้เห็นว่าตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP ซึ่งพัฒนาขึ้นนี้มีความแม่นค่อนข้างสูง

Hajek & Olej (2015) เสนอตัวแบบในการทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศโดยรวมและดัชนีคุณภาพอากาศของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภท สำหรับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในประเทศสาธารณรัฐเช็ก จำนวน 3 สถานี คือ สถานี Dukla, Rosice และ Brnenska ด้วยวิธีปัญญาเชิงคำนวณ (Computational intelligence) คือ ข่ายงานระบบประสาทแบบเรเดียลเบซิสฟังก์ชัน (Radial Basis Function neural network) หรือข่ายงานระบบประสาทแบบ RBFNN ข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP และการถดถอยซัพพอร์ตเวกเตอร์ (Support Vector Regression) หรือ SVR เมื่อพิจารณารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean Square Error) หรือ RMSE พบว่าสามารถทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศโดยรวมได้ดีกว่าดัชนีคุณภาพอากาศของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภท นอกจากนี้ยังพบอีกว่าตัวแบบในการทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศด้วยวิธีปัญญาเชิงคำนวณเหล่านี้สามารถทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศได้ล่วงหน้า 1 วัน โดยมีค่าความแม่นของค่า CCR อยู่ในช่วง 50.69-63.36%

Liu, Li, Yu, & Gu (2019) ทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศของเมืองปักกิ่ง ในประเทศจีน และทำนายค่าความเข้มข้นของออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน ในประเทศอิตาลี ด้วยตัวแบบการถดถอย SVR (Support Vector Regression) และตัวแบบการถดถอย RFR (Random Forest Regression) ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบการถดถอย SVR มีประสิทธิภาพดีกว่าตัวแบบการถดถอย RFR ในการทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศของเมืองปักกิ่งในประเทศจีน โดยมีค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย หรือ RMSE เท่ากับ 7.666, ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination) หรือ R^2 เท่ากับ 0.9776 และค่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) หรือ r เท่ากับ 0.9887 ในขณะที่ตัวแบบการถดถอย RFR จะมีประสิทธิภาพดีกว่าตัวแบบการถดถอย SVR ในการทำนายค่าความเข้มข้นของออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน ในประเทศอิตาลี โดยมีค่า RMSE=83.6716, R^2=0.8401 และ r=0.9180

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินค่าดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยศึกษาและกำหนดรูปแบบหรือระบุคุณลักษณะของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทและค่า AQI ในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม

2. เพื่อจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ด้วยข่ายงานระบบประสาทโดยพิจารณาจากความแม่นของข่ายงานระบบประสาทในการทำนายว่าค่า AQI ในบริเวณภาคตะวันออกมีลักษณะเป็นอย่างไรและมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานหรือไม่

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พึ่งจะมีการตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลของสารมลพิษหลักทางอากาศประเภทฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) สำหรับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยเพียง 2 สถานี คือ สถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (30T) ที่เริ่มเก็บรวบรวมข้อมูล $PM_{2.5}$ ในปี พ.ศ. 2556

และสถานีบริเวณตำบลทุ่งครุ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (32T) ที่เริ่มเก็บรวบรวมข้อมูล $PM_{2.5}$ ในปี พ.ศ. 2558 ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศเพียง 5 ประเภท คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และก๊าซโอโซน (O_3) ซึ่งแสดงด้วยค่าสูงสุดเฉลี่ย 1 ชั่วโมง โดยมีหน่วยเป็นส่วนในพันล้านส่วน (part per billion: ppb.) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งแสดงด้วยค่าสูงสุดเฉลี่ย 1 ชั่วโมง โดยมีหน่วยเป็นส่วนในล้านส่วน (part per million: ppm.) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ซึ่งแสดงด้วยค่าสูงสุดเฉลี่ย 24 ชั่วโมง โดยมีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยจำนวน 8 สถานี ได้แก่

1. สถานีอบต.ตาสิทธิ์ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง (28T)
2. สถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (29T)
3. สถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (30T)
4. สถานีศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (31T)
5. สถานีบริเวณตำบลทุ่งครุ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (32T)
6. สถานีบริเวณตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (33T)
7. สถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (34T)
8. สถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T)

และเนื่องจากค่าดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยไม่เคยมีค่าถึง 200 หรือมากกว่า 200 การวิจัยครั้งนี้จึงจำแนกกลุ่มของคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มคุณภาพอากาศดี (Good air group) เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI อยู่ในช่วง 0-50
2. กลุ่มคุณภาพอากาศปานกลาง (Moderate air group) เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI อยู่ในช่วง 51-100
3. กลุ่มคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสำหรับคนที่ไวต่อสารมลพิษ (Unhealthy air group) เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI อยู่ในช่วง 101-200

1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

ในการรายงานคุณภาพอากาศของวันใด ๆ จำเป็นต้องอาศัยหน่วยงานในการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศซึ่งหน่วยงานที่ว่านี้คือสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ที่อยู่ในการควบคุมดูแลของกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากการสร้างสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในแต่ละพื้นที่นั้นมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงไม่ได้มีการสร้างสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในทุกจังหวัดของภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันนี้จังหวัดของภาคตะวันออกของประเทศไทยที่ยังไม่มีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ คือ จังหวัดจันทบุรีและตราด ส่วนจังหวัดสระแก้วและปราจีนบุรีพึ่งจะมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเมื่อไม่นาน โดยที่จังหวัดสระแก้วมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ คือ สถานี

โรงเรียนอนุบาลศรีอรัญโญทัย อำเภออรัญประเทศ (71T) ในปี พ.ศ. 2554 และจังหวัดปราจีนบุรีมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ คือ สถานีศาลาประชาคมบ้านบุยายใบ (77T) ในปี พ.ศ. 2559

สำหรับข่ายงานระบบประสาทเป็นตัวแบบที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจำแนก (Classification problem) เนื่องจากไม่จำเป็นต้องอยู่ภายใต้ข้อสมมติเชิงสถิติ (Statistical assumption) ใด ๆ การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยในการวิจัยนี้เป็นปัญหาการจำแนกอย่างหนึ่ง โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการทำนายดัชนีคุณภาพอากาศคือค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศ 5 ประเภท ซึ่งสารมลพิษหลักทางอากาศเหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์กันได้ ดังนั้นถ้าใช้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทในการทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จึงสามารถแก้ปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ (Multicollinearity) ได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นตัวแบบที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศที่สร้างขึ้นด้วยวิธีของข่ายงานระบบประสาทจึงเป็นตัวแบบที่เหมาะสมและเป็นประโยชน์ในการใช้เป็นเครื่องมือดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมจากการตรวจวัดคุณภาพอากาศขั้นพื้นฐานของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศได้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นองค์ความรู้สำหรับการวิจัยต่อไปในเรื่องของการประเมินและทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกหรือภาคอื่น ๆ ของประเทศไทย ด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทซึ่งจะทำให้ทราบถึงรูปแบบลักษณะของดัชนีคุณภาพอากาศในพื้นที่นั้น ๆ อีกทั้งยังอาจใช้เป็นเครื่องมือประกอบเพื่อช่วยในการแจ้งเตือนประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ๆ ได้ หากค่าดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน

2. บริการความรู้แก่กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

3. เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารในระดับประเทศและ/หรือนานาชาติ

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย “การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยความแม่นของข่ายงานระบบประสาท” มีดังนี้

2.1 คำอธิบายข้อมูล

หน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยที่ใช้สำหรับงานวิจัยครั้งนี้คือ กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยรวบรวมข้อมูลรายเดือนของสารมลพิษหลักทางอากาศ 5 ประเภท คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O_3) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของภาคตะวันออกจำนวน 1,077 ระเบียน (record) ตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2551 ถึงเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2562 (กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2561) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. สถานีอบต.ตาสิทธิ์ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง (28T) จำนวน 138 ระเบียน

2. สถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (29T) จำนวน 137 ระเบียน โดยไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลของสารมลพิษทางอากาศใดเลยในเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2561

3. สถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (30T) จำนวน 138 ระเบียน ซึ่งเดิมเก็บรวบรวมข้อมูลในชื่อของสถานีชุมสายโทรศัพท์ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2551 ถึงเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2554

4. สถานีศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (31T) จำนวน 135 ระเบียน โดยไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลของสารมลพิษทางอากาศใดเลยในเดือนมกราคม พฤษภาคม และมิถุนายน ปี พ.ศ. 2561

5. สถานีบริเวณตำบลทุ่งครุ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (32T) จำนวน 135 ระเบียน โดยไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลของสารมลพิษทางอากาศใดเลยในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม ปี พ.ศ. 2558 ซึ่งเดิมเก็บรวบรวมข้อมูลในชื่อของสถานีสนามกีฬาเทศบาลแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึงปี พ.ศ. 2557

6. สถานีบริเวณตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (33T) จำนวน 126 ระเบียน โดยไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลของสารมลพิษทางอากาศใดเลยใน ปี พ.ศ. 2552 ซึ่งเดิมเก็บรวบรวมข้อมูลในชื่อของสถานีศูนย์เยาวชนเทศบาล อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2551 ถึงเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2556 และในชื่อของสถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านเขาหิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่เดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2557

7. สถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (34T) จำนวน 138 ระเบียน ซึ่งเดิมเก็บรวบรวมข้อมูลในชื่อของสถานีสำนักงานสามัญศึกษาชลบุรี อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึงปี พ.ศ. 2557 และในชื่อของสถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ตำบลบางปลาสร้อย อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมีนาคม ปี พ.ศ. 2558

8. สถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) จำนวน 130 ระเบียน โดยไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลของสารมลพิษทางอากาศใดเลยในเดือนมกราคมถึงสิงหาคม ปี พ.ศ. 2557

เนื่องจากสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทนั้นต่างมีค่ามาตรฐานของค่าดัชนีคุณภาพอากาศของตัวเอง การแสดงค่าดัชนีคุณภาพอากาศโดยรวม (Air Quality Index) หรือ AQI จึงพิจารณาได้จากค่าดัชนีคุณภาพอากาศของสารมลพิษหลักทางอากาศที่ให้ค่าสูงที่สุด

กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กำหนดค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศ 5 ประเภท ซึ่งมีค่าเทียบเท่ากันกับค่า AQI (U.S. Environmental Protection Agency, 2012) รวมถึงค่ามาตรฐาน (based standard) ของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภท ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศ 5 ประเภท ซึ่งมีค่าเทียบเท่ากันกับค่า AQI

AQI	SO_2 (ppb.)	NO_2 (ppb.)	CO (ppm.)	O_3 (ppb.)	PM_{10} ($\mu g/m^3$)
0-50	0-65	0-85	0-4.48	0-51	0-40
51-100	66-300	86-170	4.49-9.00	52-100	41-120
101-200	301-800	171-600	9.01-14.84	101-203	121-350
201-300	801-1,600	601-1,202	14.85-29.69	204-405	351-420
301-400	1,601-2,100	1,203-1,594	29.70-40.17	406-509	421-500
401-500	2,101-2,620	1,595-1,993	40.18-50.21	510-611	501-600
based standard	300	170	30	100	120

ค่าดัชนีคุณภาพอากาศสำหรับสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภท (I_j) คำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$I_j = \left(\frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} \right) \left(C_j - BP_{Lo} \right) + I_{Lo} \qquad (2.1)$$

เมื่อ I_j เป็นค่าดัชนีคุณภาพอากาศสำหรับสารมลพิษหลักทางอากาศประเภทที่ j
โดยที่ $j =$ SO_2, NO_2, CO, O_3 และ PM_{10}

C_j เป็นค่าความเข้มข้นสำหรับสารมลพิษหลักทางอากาศประเภทที่ j ซึ่งปัดเศษเป็นจำนวนเต็ม

BP_{Hi} เป็นค่าความเข้มข้นสำหรับสารมลพิษหลักทางอากาศประเภทที่ j ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของช่วงที่มีค่า C_j นั้น

BP_{Lo} เป็นค่าความเข้มข้นสำหรับสารมลพิษหลักทางอากาศประเภทที่ j ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดของช่วงที่มีค่า C_j นั้น

I_{Hi} เป็นค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่เป็นค่าสูงสุดของช่วงที่มีค่า I_j นั้น

I_{Lo} เป็นค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่เป็นค่าต่ำสุดของช่วงที่มีค่า I_j นั้น

ค่าดัชนีคุณภาพอากาศโดยรวม หรือ AQI คำนวณได้จากสมการที่ 2.2

$$AQI = \max\left(I_{SO_2}, I_{NO_2}, I_{CO}, I_{O_3}, I_{PM_{10}}\right) \tag{2.2}$$

2.2 การประเมินค่าดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

การประเมินค่าดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยเพื่อศึกษาและกำหนดรูปแบบหรือระบุคุณลักษณะของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทและค่า AQI ในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย มีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 กำหนดรูปแบบหรือระบุคุณลักษณะของสารมลพิษหลักทางอากาศของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทย

โดยพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) คือ ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (Standard Error of Mean: SE. of mean) รวมถึงศึกษาความสัมพันธ์รายคู่ในภาพรวมระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทกับค่า AQI ของภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient)

2.2.2 กำหนดรูปแบบหรือระบุคุณลักษณะของดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

- โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่า AQI ในแต่ละเดือนสำหรับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 8 สถานี และค่าเฉลี่ยของค่า AQI ในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยกราฟเส้น เพื่อศึกษาว่าค่า AQI มีค่าสูงหรือต่ำนั้นเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของฤดูกาลหรือไม่

- โดยพิจารณาจากค่า AQI ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและค่า AQI ในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยกราฟวงกลม เพื่อศึกษาว่าค่า AQI ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทยนั้นเกิดขึ้นเนื่องมาจากสารมลพิษหลักทางอากาศประเภทใดบ้าง

2.3 การจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

การจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศและการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศนั้นทำได้ด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม (Cluster analysis) ซึ่งการจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศจะพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทในภาพรวม ส่วนการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจะพิจารณาจากค่า AQI ในภาพรวม

ในงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์แบ่งกลุ่มตามลำดับขั้น (Hierarchical cluster analysis) ซึ่งเป็นการจัดกลุ่มของวัตถุหรือสิ่งของ (Cluster of objects or items) จึงเป็นการรวมวัตถุหรือสิ่งของซึ่งเปรียบเสมือนตัวแปรที่มีลักษณะคล้ายกันเข้าไว้ในกลุ่มเดียวกัน โดยพิจารณาจากระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ถ้าตัวแปรคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันมากก็จะจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แต่หากตัวแปรคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันน้อยก็จะจัดให้อยู่ต่างกลุ่มกัน เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ไม่ทราบถึงข้อมูลใด ๆ ล่วงหน้าเลยว่าควรจะจัดกลุ่มของสารมลพิษหลักทางอากาศออกเป็นกี่กลุ่ม หรือควรจะจัดกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศออกเป็นกี่กลุ่ม จึงได้ใช้เทคนิควิธีตามลำดับขั้นที่เป็นการรวมกลุ่มของตัวแปร (Agglomerative hierarchical technique) เพื่อประยุกต์ใช้ทั้งการจัดกลุ่มของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และการจัดกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 8 สถานี

การจัดกลุ่มของตัวแปรสามารถแสดงได้โดยเริ่มจากการรวมตัวแปร 2 ตัว ที่มีระยะทางระหว่างกันน้อยที่สุดเข้าไว้ด้วยกัน สมมุติให้เป็น U และ V ซึ่งจะได้ระยะทางที่น้อยที่สุดเป็น $D=\{d_{ik}\}$ และจะได้กลุ่มที่รวมตัวแปร U และ V นี้เข้าไว้ด้วยกันเป็นกลุ่ม UV จากนั้นคำนวณหาระยะทางระหว่างกลุ่ม UV และกลุ่มอื่น ๆ ให้เป็นกลุ่ม W ซึ่งคำนวณได้ระยะทางที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นดังสมการที่ 2.3 (Johnson & Wichern, 2007)

$$d_{(UV)W}=\min\{d_{UW},d_{VW}\} \tag{2.3}$$

เมื่อ d_{UW} เป็นระยะทางที่น้อยที่สุดระหว่างกลุ่มของตัวแปร U และ W

d_{VW} เป็นระยะทางที่น้อยที่สุดระหว่างกลุ่มของตัวแปร V และ W

2.4 การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

ในการทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยข่ายงานระบบประสาท (Neural networks) มีขั้นตอนดังนี้

2.4.1 การจัดการข้อมูล

โดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด คือชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ (Training data set) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสุ่มข้อมูลมา 70% ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นจำนวน 754 ระเบียน และชุดของข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation data set) ซึ่งจะต้องเป็นคนละชุดกับชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ เนื่องจากจะเป็นชุดข้อมูลที่แสดงว่าสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทเหล่านี้สามารถใช้ในการจำแนกกลุ่มของคุณภาพอากาศได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใด จึงเป็นข้อมูลที่เหลืออีก 30% ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นจำนวน 323 ระเบียน

2.4.2 การสร้างตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเพื่อจำแนกคุณภาพอากาศ

ข่ายงานระบบประสาทเป็นวิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่จำเป็นต้องมีข้อสมมุติเชิงสถิติ (Statistical assumption) ใด ๆ ข่ายงานระบบประสาทใช้เพียงหลักการหาความสัมพันธ์จากข้อมูลที่มีอยู่ระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรอินพุท (Input variable) และตัวแปรตามหรือตัวแปรเอาท์พุท (Output variable) หรือบางครั้งเรียกว่าค่าเป้าหมาย (Target) ดังนั้นข่ายงานระบบประสาทจึงอาจเป็นวิธีที่ง่ายสำหรับผู้ปฏิบัติการ อีกทั้งยังเป็นวิธีที่มีความแกร่งต่อข้อสมมุติเชิงสถิติอีกด้วย

ส่วนใหญ่มักอธิบายข่ายงานระบบประสาทในรูปของชั้น (Layer) ตั้งแต่ 3 ชั้นขึ้นไป ซึ่งแต่ละชั้นจะประกอบด้วยโหนด (Node) หรือนิวรอน (Neuron) โหนดของข่ายงานระบบประสาทจะเชื่อมต่อกันด้วยน้ำหนัก (Weight) โครงสร้างหรือสถาปัตยกรรมของข่ายงานระบบประสาท (Neural network architecture) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปคือข่ายงานระบบประสาทที่มีการเชื่อมโยงไปข้างหน้า (Feed-forward) แบบ MLP ซึ่งประกอบด้วย 3 ชั้น โดยที่ชั้นที่ 1ประกอบด้วยโหนดซึ่งแทนตัวแปรอินพุท โดยที่แต่ละโหนดเหล่านี้จะเชื่อมต่อกับโหนดในชั้นที่ 2 ที่เรียกว่าชั้นซ่อน (Hidden layer) และและโหนดในชั้นซ่อนนี้จะเชื่อมต่อกับโหนดของชั้นเอาท์พุทซึ่งเป็นชั้นที่ 3 สำหรับการทำงานของข่ายงานระบบประสาทนั้นจะมีการคำนวณเกิดขึ้นที่ชั้นซ่อนและชั้นเอาท์พุทเท่านั้น ส่วนชั้นอินพุทจะไม่มีการคำนวณเกิดขึ้น ชั้นอินพุทจึงเป็นแต่เพียงชั้นที่ทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลให้ชั้นอื่นๆ เท่านั้น สำหรับฟังก์ชันที่ใช้ในการคำนวณนั้นจะเรียกว่าฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) หรือฟังก์ชันการส่งผ่าน (Transfer function) โดยทั่วไปจะไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอนในการกำหนดจำนวนชั้นซ่อนหรือจำนวนโหนดของแต่ละชั้นซ่อน ดังนั้นลักษณะของโครงสร้างหรือสถาปัตยกรรมของข่ายงานระบบประสาทจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ จำนวนชั้นซ่อน จำนวนโหนดของชั้นซ่อน และชนิดของฟังก์ชันการส่งผ่าน เป็นต้น อย่างไรก็ตามตัวแบบข่ายงานระบบประสาทสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้โดยการหาน้ำหนักที่เหมาะสม (Optimal weight)

Cybenko (1989), Hornik, Stinchcombe and White (1989) แนะนำว่าจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้นเป็นจำนวนชั้นซ่อนที่เพียงพอแล้วสำหรับในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของข่ายงานระบบประสาท

Guo and Dooley (1992) รายงานในงานวิจัยว่าถึงแม้ว่าจะไม่มีกฎเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานในการกำหนดจำนวนโหนดของชั้นซ่อนที่เหมาะสมก็ตาม แต่หากมีจำนวนโหนดของชั้นซ่อนน้อยเกินไปอาจจะทำให้ไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาของข่ายงานระบบประสาทซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหา Undertraining ในทางตรงกันข้ามปัญหา Overtrainng ของข่ายงานระบบประสาทจะเกิดขึ้นเมื่อข่ายงานระบบประสาทมีขนาดของข่ายงาน (Network size) ใหญ่มากเกินไปซึ่งการมีขนาดของข่ายงานระบบประสาทใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากมีจำนวนโหนดของชั้นซ่อนมากเกินไปนั่นเอง

ในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้ชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบโดยประยุกต์ข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างอย่างง่ายแบบมัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน หรือ MLP ที่มีโครงสร้างของชั้นซ่อนจำนวน 1 ชั้น ตามคำแนะนำของ Cybenko (1989) และ Hornik, Stintchcombe & White (1989) ส่วนจำนวนโหนดของชั้นซ่อนกำหนดให้เป็น 3 และ 5 โหนด ส่วนจำนวนโหนดของชั้นเอาท์พุทจะมีจำนวน 3 โหนด เท่ากับจำนวนกลุ่มของคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ที่แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มคุณภาพอากาศดี (Good air group) เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI อยู่ในช่วง 0-50
2. กลุ่มคุณภาพอากาศปานกลาง (Moderate air group) เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI อยู่ในช่วง 51-100
3. กลุ่มคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสำหรับคนที่ไวต่อสารมลพิษ (Unhealthy air group) เป็นกลุ่มที่มีค่า AQI อยู่ในช่วง 101-200

2.4.3 การวัดความแม่นของข่ายงานระบบประสาท

โดยพิจารณาจากชุดข้อมูลทั้ง 2 ชุด คือชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบและชุดของข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ ซึ่งจะทำการตรวจสอบความแม่นของข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างซึ่งสร้างได้ตามผลลัพธ์ของขั้นตอนที่ 2.4.2 ว่าจะเป็นตัวแบบที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มของคุณภาพอากาศได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใด

El-Sebakhy, Hadi & Faisal (2007) และ Oh & Ritchie (2007) กล่าวว่าเกณฑ์อัตราการจำแนกถูก (Correct Classification Rate: CCR) ซึ่งวัดค่าเป็นเปอร์เซนต์เป็นหลักเกณฑ์หนึ่งที่นิยมใช้สำหรับปัญหาการจำแนก (Classification problem) โดยคำนวณหาค่าได้ดังสมการที่ 2.4

$$CCR = \frac{\sum_{k=0}^{C-1} CC_k}{n} \times 100 \qquad (2.4)$$

เมื่อ CC_k เป็นจำนวนของค่าสังเกตที่สามารถจำแนกกลุ่มของคุณภาพอากาศได้อย่างถูกต้อง

n เป็นจำนวนค่าสังเกตในกลุ่มของคุณภาพอากาศที่พิจารณา

ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับตัวแบบข่ายงานระบบประสาทใดยิ่งมีค่ามากแล้ว จะแสดงให้ว่าตัวแบบข่ายงานระบบประสาทนั้นยิ่งมีความแม่น (Accuracy) ในการจำแนกกลุ่มของคุณภาพอากาศได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

บทที่ 3
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยความแม่นของข่ายงานระบบประสาท มีผลการวิจัยและวิจารณ์ผลดังนี้

3.1 ผลการประเมินค่าดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

เมื่อศึกษาและกำหนดรูปแบบหรือระบุคุณลักษณะของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทและค่า AQI ในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ได้ผลการวิจัยดังนี้

3.1.1 ผลการกำหนดรูปแบบหรือระบุคุณลักษณะของสารมลพิษหลักทางอากาศ

เมื่อใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทย พบว่าได้ผลแสดงดังตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 10

ตารางที่ 2 สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีอบต.ตาสิทธิ์ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง (28T)

Pollutant	minimum	maximum	mean	se. of mean
SO_2	1.00	90	13.49	1.00
NO_2	2.00	77	28.28	1.06
CO	0.57	3	1.36	0.06
O_3	19.00	143	74.72	2.26
PM_{10}	25.60	152	65.44	2.18
AQI	41.00	142	80.97	1.81

จากตารางที่ 2 พบว่า สถานีอบต.ตาสิทธิ์ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง (28T) มีลักษณะโดยรวมทั่วไปของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท คือ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ SO_2 อยู่ในช่วง 12.49-14.49 ppb. (mean±se. of mean=13.49±1.00 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NO_2 อยู่ในช่วง 27.22-29.34 ppb. (mean±se. of mean=28.28±1.06 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ CO อยู่ในช่วง 1.30-1.42 ppm. (mean±se. of mean=1.36±0.06 ppm.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ O_3 อยู่ในช่วง 72.46-76.98 ppb. (mean±se. of mean=74.72±2.26 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง 63.26-67.62 $\mu g / m^3$

(mean±se. of mean=65.44±2.18 $\mu g/m^3$) และมีค่า AQI อยู่ในช่วง 79.16-82.78 (mean±se. of mean= 80.97±1.81)

เมื่อนำลักษณะโดยรวมทั่วไปของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และค่า AQI ของสถานีอบต.ตาสิทธิ์ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง (28T) นี้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (based standard) ของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทที่แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าไม่มีค่าใดเลยที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ในหลาย ๆ เดือนที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน โดยค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 143.00 ppb. และ 152.00 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลทำให้ AQI มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานในเดือนนั้น ๆ โดย AQI ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 142

ตารางที่ 3 สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (29T)

Pollutant	minimum	maximum	mean	se. of mean
SO_2	18.00	162.00	57.92	1.83
NO_2	2.00	89.00	44.07	1.46
CO	0.70	7.40	1.73	0.07
O_3	22.00	151.00	77.71	2.58
PM_{10}	24.00	178.00	73.54	2.79
AQI	39.00	150.00	83.45	2.09

จากตารางที่ 3 พบว่า สถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (29T) มีลักษณะโดยรวมทั่วไปของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท คือ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ SO_2 อยู่ในช่วง 56.09-59.75 ppb. (mean±se. of mean=57.92±1.83 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NO_2 อยู่ในช่วง 42.61-45.53 ppb. (mean±se. of mean=44.07±1.46 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ CO อยู่ในช่วง 1.66-1.80 ppm. (mean±se. of mean=1.73±0.07 ppm.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ O_3 อยู่ในช่วง 75.13-80.29 ppb. (mean±se. of mean=77.71±2.58 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง 70.75-76.33 $\mu g/m^3$ (mean±se. of mean=73.54±2.79 $\mu g/m^3$) และมีค่า AQI อยู่ในช่วง 81.36-85.54 (mean±se. of mean= 83.45±2.09)

เมื่อนำลักษณะโดยรวมทั่วไปของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และค่า AQI ของสถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (29T) นี้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (based standard) ของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทที่แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าไม่มีค่าใดเลยที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ในหลาย ๆ เดือนที่มีค่า

มากกว่าค่ามาตรฐาน โดยค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 151.00 ppb. และ 178.00 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลทำให้ AQI มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานในเดือนนั้น ๆ โดย AQI ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 150

ตารางที่ 4 สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (30T)

Pollutant	minimum	maximum	mean	se. of mean
SO_2	3.00	70.00	15.96	0.88
NO_2	16.00	107.00	47.53	1.63
CO	0.90	4.10	2.06	0.05
O_3	25.00	182.00	79.01	2.91
PM_{10}	16.10	121.30	56.85	2.14
AQI	33.00	180.00	83.36	2.55

จากตารางที่ 4 พบว่า สถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (30T) มีลักษณะโดยรวมทั่วไปของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท คือ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ SO_2 อยู่ในช่วง 15.08-16.84 ppb. (mean±se. of mean=15.96±0.88 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NO_2 อยู่ในช่วง 45.90-49.16 ppb. (mean±se. of mean=47.53±1.63 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ CO อยู่ในช่วง 2.01-2.11 ppm. (mean±se. of mean=2.06±0.05 ppm.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ O_3 อยู่ในช่วง 76.10-81.92 ppb. (mean±se. of mean=79.01±2.91 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง 54.71-58.99 $\mu g/m^3$ (mean±se. of mean=56.85±2.14 $\mu g/m^3$) และมีค่า AQI อยู่ในช่วง 80.81-85.91 (mean±se. of mean= 83.36±2.55)

เมื่อนำลักษณะโดยรวมทั่วไปของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และค่า AQI ของสถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (30T) นี้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (based standard) ของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทที่แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าไม่มีค่าใดเลยที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ในหลาย ๆ เดือนที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน โดยค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 182.00 ppb. และ 121.30 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลทำให้ AQI มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานในเดือนนั้น ๆ โดย AQI ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 180

ตารางที่ 5 สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (31T)

Pollutant	minimum	maximum	mean	se. of mean
SO_2	1.00	296.00	28.59	2.31
NO_2	13.00	103.00	38.16	1.26
CO	0.36	3.50	1.08	0.04
O_3	21.00	164.00	83.27	2.80
PM_{10}	17.20	168.30	62.44	2.43
AQI	32.00	162.00	85.96	2.55

จากตารางที่ 5 พบว่า สถานีศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (31T) มีลักษณะโดยรวมทั่วไปของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท คือ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ SO_2 อยู่ในช่วง 26.28-30.90 ppb. (mean±se. of mean=28.59±2.31 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NO_2 อยู่ในช่วง 36.90-39.42 ppb. (mean±se. of mean=38.16±1.26 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ CO อยู่ในช่วง 1.04-1.12 ppm. (mean±se. of mean=1.08±0.04 ppm.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ O_3 อยู่ในช่วง 80.47-86.07 ppb. (mean±se. of mean=83.27±2.80 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง 60.01-64.87 $\mu g/m^3$ (mean±se. of mean=62.44±2.43 $\mu g/m^3$) และมีค่า AQI อยู่ในช่วง 83.41-88.51 (mean±se. of mean= 85.96±2.55)

เมื่อนำลักษณะโดยรวมทั่วไปของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และค่า AQI ของสถานีศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (31T) นี้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (based standard) ของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทที่แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าไม่มีค่าใดเลยที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ในหลาย ๆ เดือนที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน โดยค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 164.00 ppb. และ 168.30 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลทำให้ AQI มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานในเดือนนั้น ๆ โดย AQI ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 162 และเป็นที่น่าสังเกตอีกว่าความเข้มข้นของ SO_2 ในเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2557 มีค่าเท่ากับ 296.00 ppb. มีค่าสูงมากกว่าปกติอีกด้วย

ตารางที่ 6 สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีบริเวณตำบลทุ่งครุ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (32T)

Pollutant	minimum	maximum	mean	se. of mean
SO_2	3.00	88.00	32.06	1.54
NO_2	14.00	115.00	45.09	1.59
CO	0.50	4.36	1.57	0.11
O_3	19.00	134.00	76.03	2.34
PM_{10}	18.70	146.30	65.49	2.29
AQI	39.00	133.00	80.07	1.97

จากตารางที่ 6 พบว่า สถานีบริเวณตำบลทุ่งครุ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (32T) มีลักษณะโดยรวมทั่วไปของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท คือ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ SO_2 อยู่ในช่วง 30.52-33.60 ppb. (mean±se. of mean=32.06±1.54 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NO_2 อยู่ในช่วง 43.50-46.68 ppb. (mean±se. of mean=45.09±1.59 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ CO อยู่ในช่วง 1.46-1.68 ppm. (mean±se. of mean=1.57±0.11 ppm.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ O_3 อยู่ในช่วง 73.69-78.37 ppb. (mean±se. of mean=76.03±2.34 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง 63.20-67.78 $\mu g/m^3$ (mean±se. of mean=65.49±2.29 $\mu g/m^3$) และมีค่า AQI อยู่ในช่วง 78.10-82.04 (mean±se. of mean= 80.07±1.97)

เมื่อนำลักษณะโดยรวมทั่วไปของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และค่า AQI ของสถานีบริเวณตำบลทุ่งครุ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (32T) นี้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (based standard) ของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทที่แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าไม่มีค่าใดเลยที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ในหลาย ๆ เดือนที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน โดยค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 134.00 ppb. และ 146.30 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลทำให้ AQI มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานในเดือนนั้น ๆ โดย AQI ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 133 และเป็นที่น่าสังเกตอีกว่าความเข้มข้นของ NO_2 ในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2553 มีค่าเท่ากับ 115.00 ppb. มีค่าสูงมากกว่าปกติอีกด้วย

ตารางที่ 7 สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีบริเวณตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (33T)

Pollutant	minimum	maximum	mean	se. of mean
SO_2	5.00	42.00	19.60	1.10
NO_2	3.00	122.00	43.28	1.54
CO	1.10	3.90	2.00	0.08
O_3	28.00	170.00	87.14	2.67
PM_{10}	16.10	157.00	59.13	2.94
AQI	27.00	168.00	88.52	2.48

จากตารางที่ 7 พบว่า สถานีบริเวณตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (33T) มีลักษณะโดยรวมทั่วไปของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท คือ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ SO_2 อยู่ในช่วง 18.50-20.70 ppb. (mean±se. of mean=19.60±1.10 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NO_2 อยู่ในช่วง 41.74-44.82 ppb. (mean±se. of mean=43.28±1.54 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ CO อยู่ในช่วง 1.92-2.08 ppm. (mean±se. of mean=2.00±0.08 ppm.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ O_3 อยู่ในช่วง 84.47-89.81 ppb. (mean±se. of mean=87.14±2.67 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง 56.19-62.07 $\mu g/m^3$ (mean±se. of mean=59.13±2.94 $\mu g/m^3$) และมีค่า AQI อยู่ในช่วง 86.04-91.00 (mean±se. of mean= 88.52±2.48)

เมื่อนำลักษณะโดยรวมทั่วไปของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และค่า AQI ของสถานีบริเวณตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (33T) นี้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (based standard) ของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทที่แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าไม่มีค่าใดเลยที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ในหลาย ๆ เดือนที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน โดยค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 170.00 ppb. และ 157.00 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลทำให้ AQI มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานในเดือนนั้น ๆ โดย AQI ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 168 และเป็นที่น่าสังเกตอีกว่าความเข้มข้นของ NO_2 ในเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2559 มีค่าเท่ากับ 122.00 ppb. มีค่าสูงมากกว่าปกติอีกด้วย

ตารางที่ 8 สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (34T)

Pollutant	minimum	maximum	mean	se. of mean
SO_2	4.00	42.00	13.49	0.57
NO_2	2.00	129.00	53.30	1.82
CO	0.40	4.10	1.73	0.06
O_3	35.00	181.00	93.26	2.75
PM_{10}	8.00	150.00	41.11	2.26
AQI	29.00	179.00	92.46	2.69

จากตารางที่ 8 พบว่า สถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (34T) มีลักษณะโดยรวมทั่วไปของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท คือ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ SO_2 อยู่ในช่วง 12.92-14.06 ppb. (mean±se. of mean=13.49±0.57 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NO_2 อยู่ในช่วง 51.48-55.12 ppb. (mean±se. of mean=53.30±1.82 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ CO อยู่ในช่วง 1.67-1.79 ppm. (mean±se. of mean=1.73±0.06 ppm.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ O_3 อยู่ในช่วง 90.51-96.01 ppb. (mean±se. of mean=93.26±2.75 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง 38.85-43.37 $\mu g/m^3$(mean±se. of mean=41.11±2.26$\mu g/m^3$) และมีค่า AQI อยู่ในช่วง 89.77-95.15 (mean±se. of mean=92.46±2.69)

เมื่อนำลักษณะโดยรวมทั่วไปของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และค่า AQI ของสถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (34T) นี้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (based standard) ของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทที่แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าไม่มีค่าใดเลยที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ในหลาย ๆ เดือนที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน โดยค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 181.00 ppb. และ 150.00 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลทำให้ AQI มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานในเดือนนั้น ๆ โดย AQI ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 179 และเป็นที่น่าสังเกตอีกว่าความเข้มข้นของ NO_2 ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2552 มีค่าเท่ากับ 129.00 ppb. มีค่าสูงมากกว่าปกติอีกด้วย

ตารางที่ 9 สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทของสถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T)

Pollutant	minimum	maximum	mean	se. of mean
SO_2	4.00	177.00	29.92	2.25
NO_2	2.00	97.00	33.82	1.68
CO	0.40	3.60	1.28	0.06
O_3	51.00	194.00	86.93	1.81
PM_{10}	22.90	117.00	54.59	1.98
AQI	50.00	191.00	86.93	1.80

จากตารางที่ 9 พบว่า สถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) มีลักษณะโดยรวมทั่วไปของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท คือ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ SO_2 อยู่ในช่วง 27.67-32.17 ppb. (mean±se. of mean=29.92±2.25 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NO_2 อยู่ในช่วง 32.14-34.50 ppb. (mean±se. of mean=33.82±1.68 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ CO อยู่ในช่วง 1.22-1.34 ppm. (mean±se. of mean=1.28±0.06 ppm.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ O_3 อยู่ในช่วง 85.12-88.74 ppb. (mean±se. of mean=86.93±1.81 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง 52.61-56.57 $\mu g/m^3$ (mean±se. of mean=54.59±1.98 $\mu g/m^3$) และมีค่า AQI อยู่ในช่วง 85.13-88.73 (mean±se. of mean=86.93±1.80)

เมื่อนำลักษณะโดยรวมทั่วไปของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และค่า AQI ของสถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) นี้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (based standard) ของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทที่แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าไม่มีค่าใดเลยที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีค่าความเข้มข้นของ O_3 ในหลาย ๆ เดือนที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน โดยค่าความเข้มข้นของ O_3 ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 194.00 ppb. ซึ่งเป็นผลทำให้ AQI มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานในเดือนนั้น ๆ โดย AQI ที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 191

ตารางที่ 10 สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท สำหรับภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทย

Pollutant	minimum	maximum	mean	se. of mean
SO_2	1.00	296.00	27.67	0.76
NO_2	2.00	129.00	41.69	0.58
CO	0.36	7.400	1.61	0.03
O_3	19.00	194.00	82.18	0.92
PM_{10}	8.00	178.00	59.66	0.89
AQI	27.00	191.00	84.63	0.83

จากตารางที่ 10 พบว่า ภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทยมีลักษณะโดยรวมทั่วไปของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท คือ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ SO_2 อยู่ในช่วง 26.91-28.43 ppb. (mean±se. of mean=27.67±0.76 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NO_2 อยู่ในช่วง 41.11-42.27 ppb. (mean±se. of mean=41.69±0.58 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ CO อยู่ในช่วง 1.58-1.64 ppm. (mean±se. of mean=1.61±0.03 ppm.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ O_3 อยู่ในช่วง 81.26-83.10 ppb. (mean±se. of mean=82.18±0.92 ppb.) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง 58.77-60.55 $\mu g/m^3$ (mean±se. of mean=59.66±0.89 $\mu g/m^3$) และมีค่า AQI อยู่ในช่วง 83.80-85.46 (mean±se. of mean=84.63±0.83)

เมื่อนำลักษณะโดยรวมทั่วไปของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และค่า AQI ของภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทยนี้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (based standard) ของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทที่แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าไม่มีค่าใดเลยที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทุก ๆ สถานีของภาคตะวันออกก็ยังมีค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ในหลาย ๆ เดือนที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน โดยสถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) มีค่าความเข้มข้นของ O_3 สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 194.00 ppb. จึงเป็นผลทำให้ AQI มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐาน โดยให้ค่า AQI เท่ากับ 191 ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด ส่วนสถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (29T) มีค่าความเข้มข้นของ PM_{10} สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 178.00 ppb.

สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์รายคู่ในภาพรวมระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทกับค่า AQI ของภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่าพี (p-value) ของการทดสอบ (ซึ่งเป็นตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ) ได้ผลแสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่าพีระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท และค่า AQI

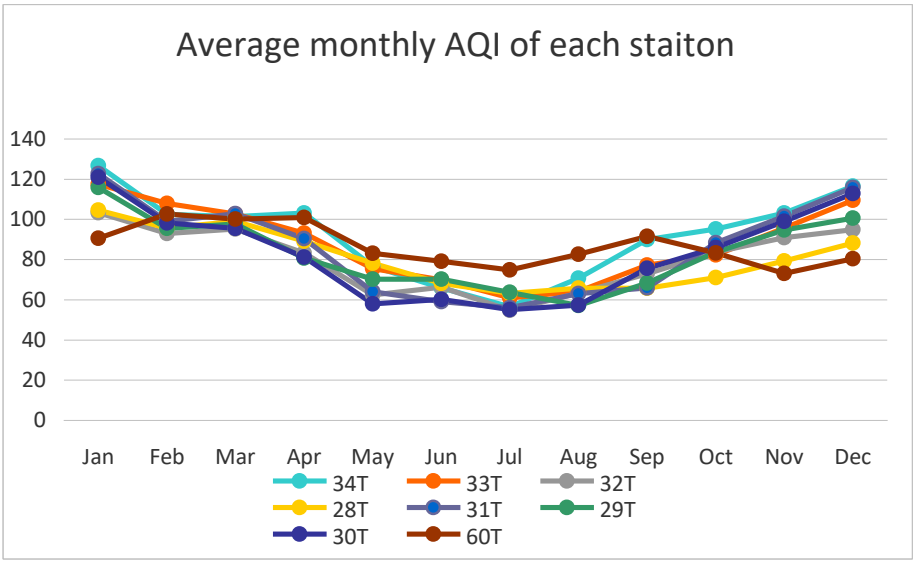
	SO_2	NO_2	CO	O_3	PM_{10}
NO_2	0.060 (0.102)				
CO	-0.013 (0.405)	0.721 (0.000)			
O_3	-0.016 (0.651)	0.476 (0.000)	0.236 (0.000)		
PM_{10}	0.264 (0.000)	0.289 (0.000)	0.133 (0.000)	0.363 (0.000)	
AQI	0.041 (0.255)	0.476 (0.000)	0.241 (0.000)	0.953 (0.000)	0.480 (0.000)

จากตารางที่ 11 พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วมีความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท ซึ่งเห็นได้จากค่าพีของการทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันที่มีค่าน้อยกว่า 0.05 ยกเว้นค่าพีของการทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน 3 คู่ ที่มีค่ามากกว่า 0.05 (SO_2 และ NO_2, SO_2 และ CO, SO_2 และ O_3) ซึ่งหมายความว่า SO_2 ไม่มีความสัมพันธ์กับ NO_2, CO และ O_3

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทกับค่า AQI พบว่าสารมลพิษหลักทางอากาศเกือบทุกตัวมีความสัมพันธ์กับค่า AQI ยกเว้น SO_2 ซึ่งเห็นได้จากค่าพีของการทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่าง SO_2 และ ค่า AQI มีค่ามากกว่า 0.05

3.1.2 ผลการกำหนดรูปแบบหรือระบุคุณลักษณะของดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

ในการศึกษาว่าค่า AQI มีค่าสูงหรือต่ำเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของฤดูกาลหรือไม่ ทำได้โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่า AQI ในแต่ละเดือนสำหรับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 8 สถานี ซึ่งแสดงผลดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI สำหรับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 8 สถานี

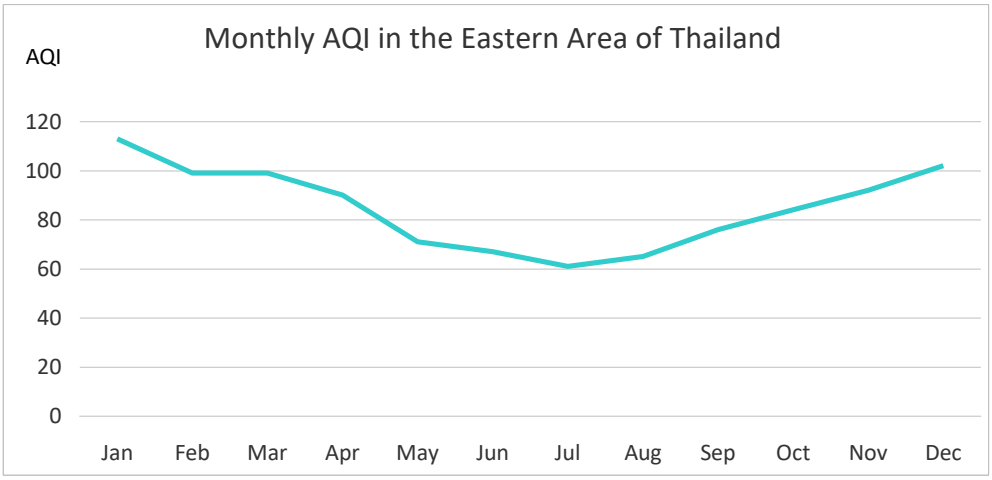
จากภาพที่ 1 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI พบว่า

- ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน ส่วนใหญ่ทุกสถานีมีค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI ใกล้เคียงกัน ยกเว้นเพียง 2 สถานี ที่มีค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI ต่ำกว่าสถานีอื่นๆ คือ สถานีอบต.ตาสิทธิ์ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง (28T) และสถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) ซึ่งสถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) มีค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI ต่ำที่สุด

- ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน สถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) มีค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI สูงกว่าทุกสถานี

- ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม สถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (34T) มีค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI สูงกว่าทุกสถานี

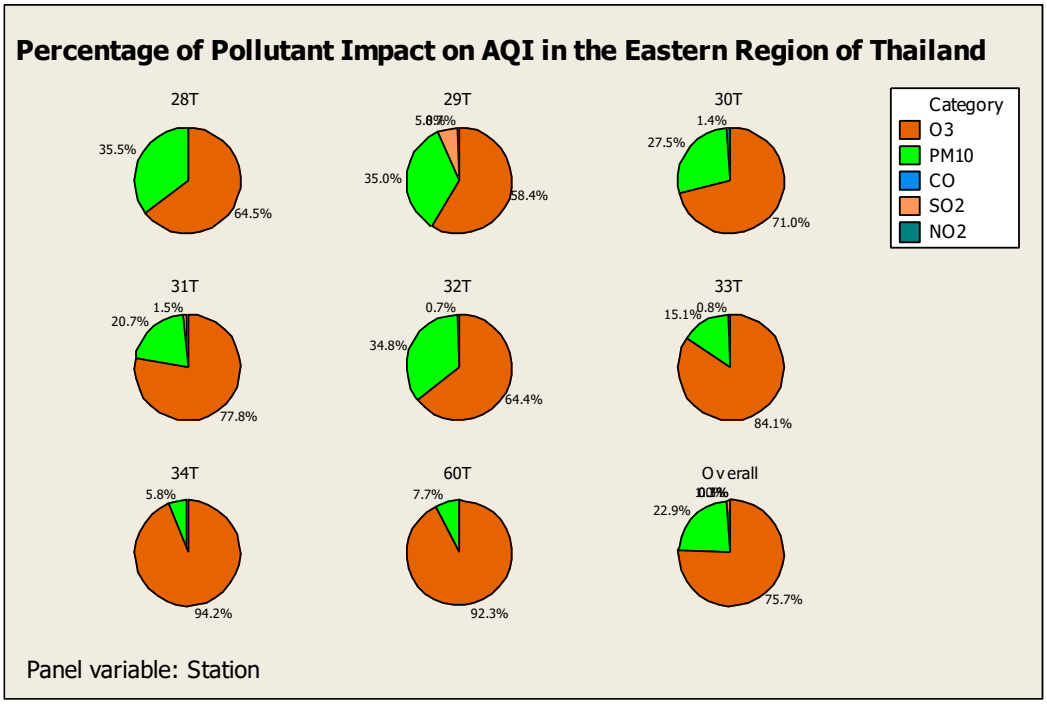
สำหรับค่าเฉลี่ยของค่า AQI ในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทย แสดงผลดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI ในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทย

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI ของภาคตะวันออกของประเทศไทย จะมีค่าสูงในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม มีค่าปานกลางในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน และมีค่าต่ำในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน

เมื่อพิจารณาว่าค่า AQI ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทยนั้นเกิดขึ้นเนื่องมาจากสารมลพิษหลักทางอากาศประเภทใดบ้าง ได้ผลแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟแสดงสารมลพิษหลักทางอากาศที่มีผลต่อค่า AQI ของภาคตะวันออกของประเทศไทย

จากภาพที่ 3 พบว่าสารมลพิษหลักทางอากาศที่มีผลต่อค่า AQI ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ มีรายละเอียดดังนี้

- สถานีอบต.ตาสิทธิ์ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง (28T) มีสารมลพิษหลักทางอากาศ 2 ประเภท ที่ส่งผลต่อค่า AQI คือ PM_{10} คิดเป็น 64.49% และ O_3 คิดเป็น 35.51%

- สถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (29T) มีสารมลพิษหลักทางอากาศ 4 ประเภท ที่ส่งผลต่อค่า AQI คือ O_3 คิดเป็น 58.39%, PM_{10} คิดเป็น 35.04%, SO_2 คิดเป็น 5.84% และ CO คิดเป็น 0.73%

- สถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (30T) มีสารมลพิษหลักทางอากาศ 3 ประเภท ที่ส่งผลต่อค่า AQI คือ O_3 คิดเป็น 71.01%, PM_{10} คิดเป็น 27.54% และ NO_2 คิดเป็น 1.45%

- สถานีศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (31T) มีสารมลพิษหลักทางอากาศ 3 ประเภท ที่ส่งผลต่อค่า AQI คือ O_3 คิดเป็น 77.78%, PM_{10} คิดเป็น 20.74% และ SO_2 คิดเป็น 1.48%

- สถานีบริเวณตำบลทุ่งครุ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (32T) มีสารมลพิษหลักทางอากาศ 3 ประเภท ที่ส่งผลต่อค่า AQI คือ O_3 คิดเป็น 64.45%, PM_{10} คิดเป็น 34.81% และ SO_2 คิดเป็น 0.74%

- สถานีบริเวณตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (33T) มีสารมลพิษหลักทางอากาศ 3 ประเภท ที่ส่งผลต่อค่า AQI คือ O_3 คิดเป็น 84.13%, PM_{10} คิดเป็น 15.08% และ NO_2 คิดเป็น 0.79%

- สถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (34T) มีสารมลพิษหลักทางอากาศ 2 ประเภท ที่ส่งผลต่อค่า AQI คือ O_3 คิดเป็น 94.20% และ PM_{10} คิดเป็น 5.80%

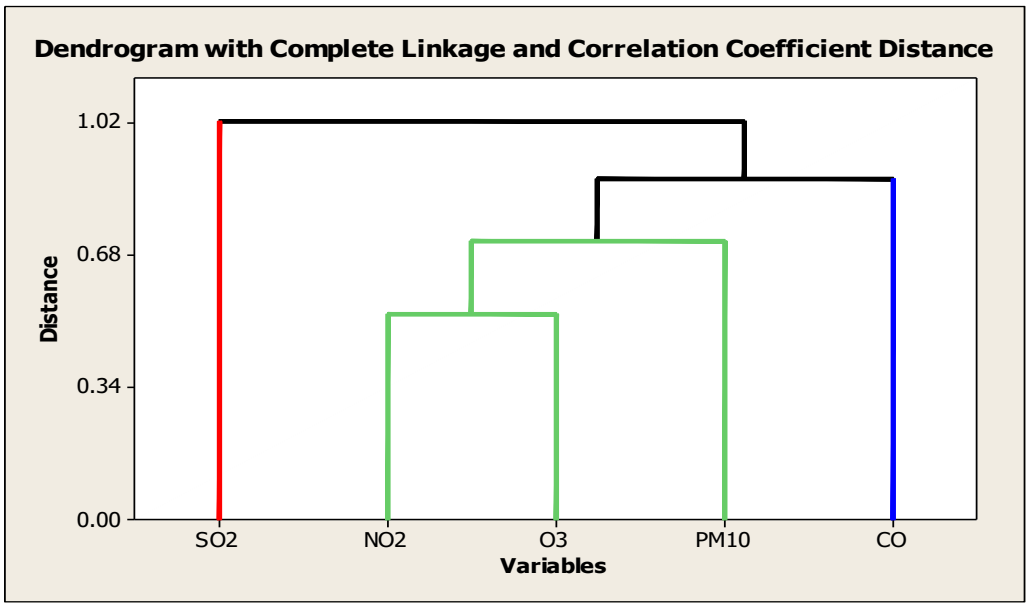
- สถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) มีสารมลพิษหลักทางอากาศ 2 ประเภท ที่ส่งผลต่อค่า AQI คือ O_3 คิดเป็น 92.31% และ PM_{10} คิดเป็น 7.69%

ดังนั้นจึงส่งผลให้สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทย เกิดขึ้นเนื่องมาจากสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท คือ O_3 คิดเป็น 75.67%, PM_{10} คิดเป็น 22.93%, SO_2 คิดเป็น 1.02%, NO_2 คิดเป็น 0.28% และ CO คิดเป็น 0.09%

3.2 ผลการจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

3.2.1 ผลการจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

เมื่อทำการจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท โดยพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทในภาพรวม ด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มตามลำดับขั้น (Hierarchical cluster analysis) ซึ่งมีการรวมกลุ่ม (Agglomeration) ด้วยวิธีการเชื่อมกลุ่มแบบการเชื่อมบริบูรณ์ (Complete linkage) และวัดระยะทางระหว่างกลุ่มแบบยุคลิด (Euclidean distance) ได้ผลแสดงดังแผนภาพเดนโดแกรมในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนภาพเดนโดแกรมสำหรับการจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศ

จากภาพที่ 4 แผนภาพเดนโดแกรมแสดงให้เห็นว่าสามารถจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท ในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

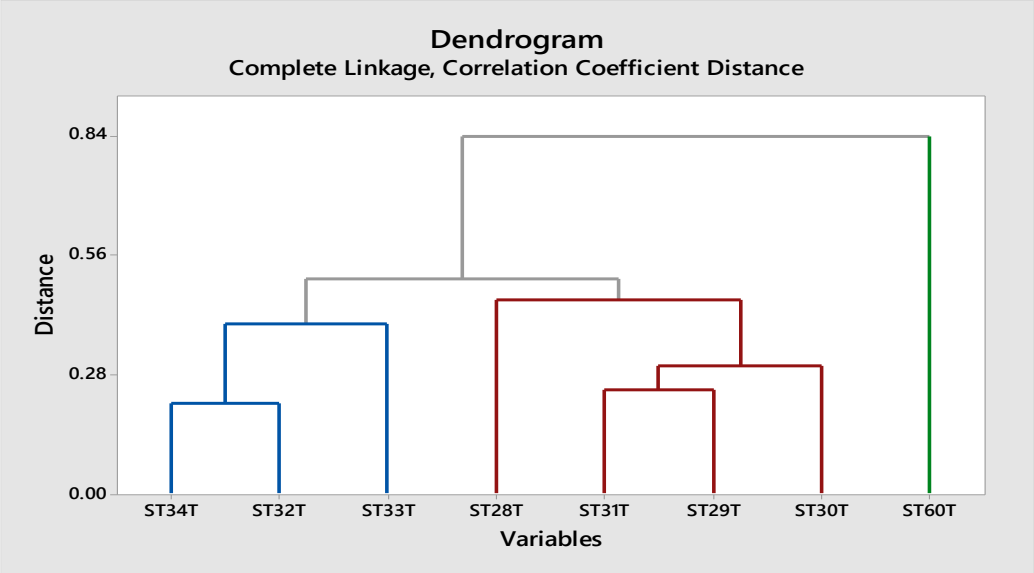
1. กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มของสารมลพิษหลักทางอากาศที่มีผลต่อค่า AQI ต่ำ คือ CO

2. กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มของสารมลพิษหลักทางอากาศที่มีผลต่อค่า AQI ปานกลาง คือ SO_2

3. กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มของสารมลพิษหลักทางอากาศ 3 ประเภทที่มีผลต่อค่า AQI สูง คือ NO_2, O_3 และ PM_{10}

3.2.2 ผลการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

เมื่อทำการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 8 สถานี โดยพิจารณาจากค่า AQI ในภาพรวมด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มตามลำดับขั้น (Hierarchical cluster analysis) ซึ่งมีการรวมกลุ่ม (Agglomeration) ด้วยวิธีการเชื่อมกลุ่มแบบการเชื่อมบริบูรณ์ (Complete linkage) และวัดระยะทางระหว่างกลุ่มแบบยุคลิด (Euclidean distance) ได้ผลแสดงดังแผนภาพเดนโดแกรมในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนภาพเดนโดแกรมสำหรับการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

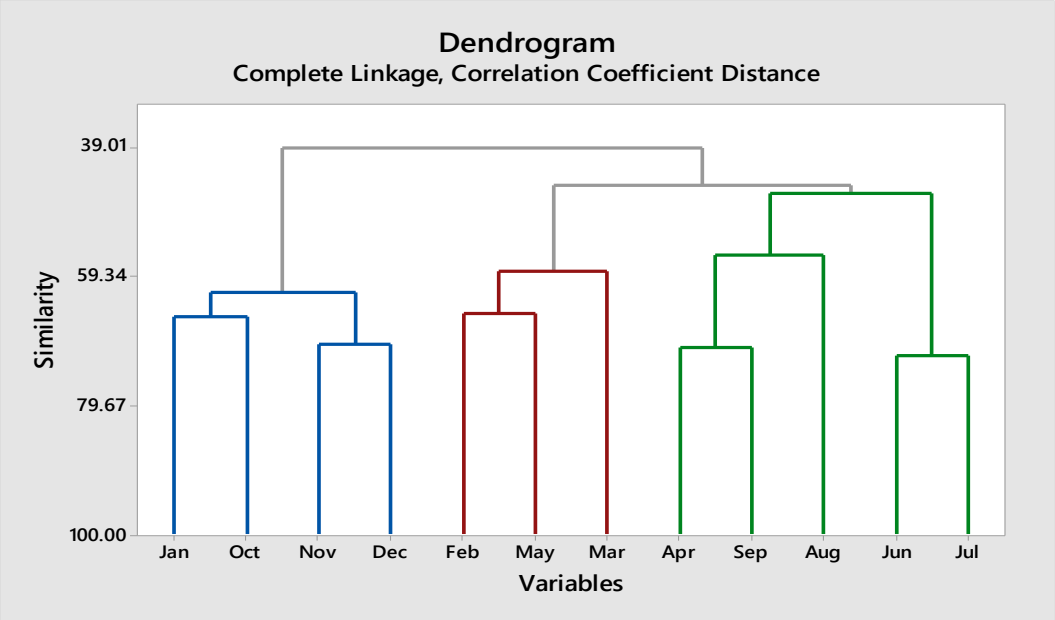
จากภาพที่ 5 แผนภาพเดนโดแกรมแสดงให้เห็นว่าสามารถจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 8 สถานี ในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีค่า AQI ต่ำ เป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของจังหวัดชลบุรี จำนวน 3 สถานี คือ สถานีบริเวณตำบลทุ่งครุ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (32T), สถานีบริเวณตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (33T) และสถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (34T)

2. กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีค่า AQI ปานกลาง เป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของจังหวัดระยอง จำนวน 4 สถานี คือ สถานีอบต.ตาสิทธิ์ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง (28T), สถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (29T), สถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (30T) และสถานีศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (31T)

3. กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีค่า AQI สูง เป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของจังหวัดฉะเชิงเทรา คือ สถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T)

นอกจากนี้ยังอาจใช้การวิเคราะห์แบ่งกลุ่มตามลำดับขั้น (Hierarchical cluster analysis) ซึ่งมีการรวมกลุ่ม (Agglomeration) ด้วยวิธีการเชื่อมกลุ่มแบบการเชื่อมบริบูรณ์ (Complete linkage) และวัดระยะทางระหว่างกลุ่มแบบยุคลิด (Euclidean distance) เพื่อศึกษาว่าค่า AQI มีค่าสูงหรือต่ำเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของฤดูกาลหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่า AQI ในภาพรวมซึ่งได้ผลแสดงดังแผนภาพเดนโดแกรมในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภาพเดนโดแกรมสำหรับการจัดกลุ่มเดือน

จากภาพที่ 6 แผนภาพเดนโดแกรมแสดงให้เห็นว่าสามารถจัดกลุ่มเดือนในการพิจารณาว่าฤดูกาลมีอิทธิพลต่อค่า AQI ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มของเดือนที่มีค่า AQI ต่ำ จำนวน 5 เดือน คือ เดือนเมษายน มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูร้อนและฤดูฝน

2. กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มของเดือนที่มีค่า AQI ปานกลาง จำนวน 3 เดือน คือ เดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนและช่วงต้นฤดูฝน

3. กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มของเดือนที่มีค่า AQI สูง จำนวน 4 เดือน คือ เดือนตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว

3.3 ผลการทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

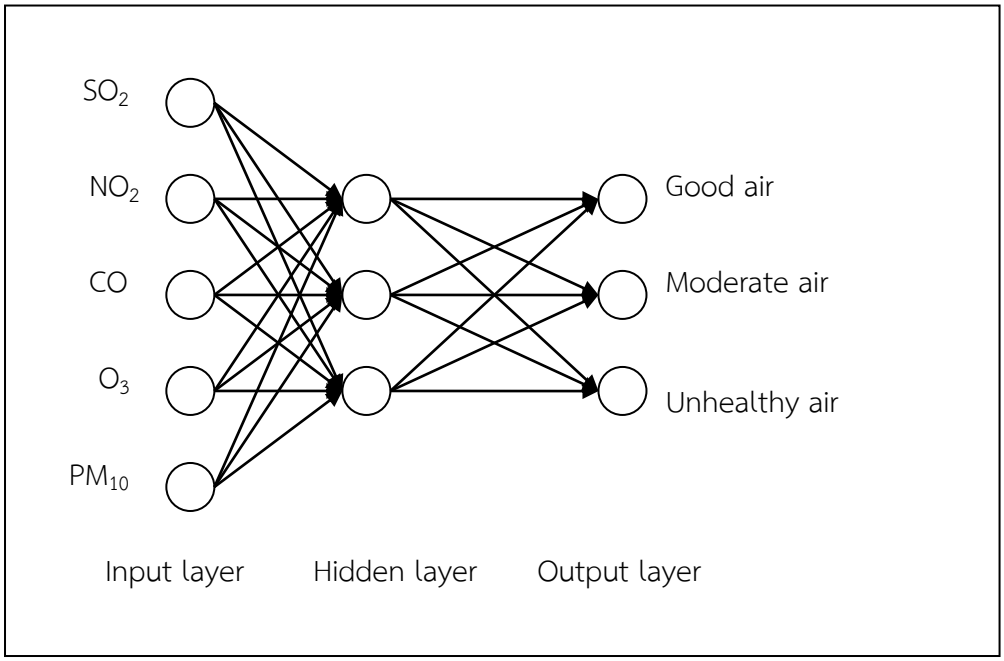
ในการทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยข่ายงานระบบประสาท (Neural networks) ได้ผลการวิจัยดังนี้

3.3.1 ผลการสร้างตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเพื่อจำแนกคุณภาพอากาศ

โครงสร้างข่ายงานระบบประสาทที่ประยุกต์ใช้สำหรับงานวิจัยนี้เพื่อจำแนกคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย เป็นข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างอย่างง่ายแบบ MLP ซึ่งมีจำนวนโหนดของชั้นอินพุทเป็น 5 โหนด (เท่ากับจำนวนสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท) จำนวนโหนดของชั้นเอาท์พุทเป็น 3 โหนด (เท่ากับจำนวนกลุ่มของคุณภาพอากาศ 3 กลุ่ม) ส่วนจำนวนโหนดของชั้นซ่อนเป็น 3 และ 5 โหนด

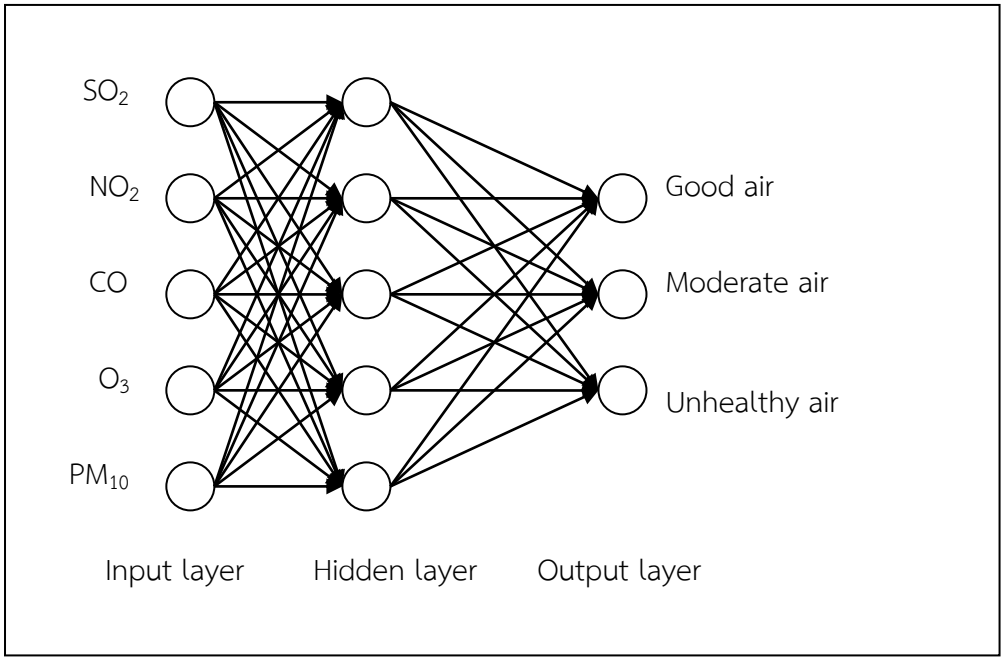
ดังนั้นจึงได้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP ที่มีโครงสร้างต่างกัน 2 แบบ คือ

1. ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 เป็นข่ายงานระบบประสาทที่มีจำนวนโหนดของชั้นอินพุทเท่ากับ 5 โหนด และจำนวนโหนดของชั้นซ่อนและชั้นเอาท์พุทเท่ากับ 3 โหนด ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3

2. ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 เป็นข่ายงานระบบประสาทที่มีจำนวนโหนดของชั้นอินพุทเท่ากับ 5 โหนด จำนวนโหนดของชั้นซ่อนเท่ากับ 5 โหนด และจำนวนโหนดของชั้นเอาท์พุทเท่ากับ 3 โหนด ดังภาพที่8



ภาพที่ 8 ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3

3.3.2 ผลการวัดความแม่นของข่ายงานระบบประสาท

เมื่อเปรียบเทียบความแม่นของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างอย่างง่ายแบบ MLP ระหว่างตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 และตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 เพื่อจำแนกกลุ่มของคุณภาพอากาศเป็น 3 กลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของอัตราการจำแนกถูก จะได้ผลการจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศสำหรับชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ (Training data set) และชุดของข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation data set) ดังตารางที่ 12

จากตารางที่ 12 พบว่าตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 สามารถจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศได้ถูกต้องค่อนข้างมาก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กลุ่มคุณภาพอากาศดี มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเป็น 81.63% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเป็น 88.46%

2. กลุ่มคุณภาพอากาศปานกลาง มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเป็น 99.61% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเป็น 100%

3. กลุ่มคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสำหรับคนที่ไวต่อสารมลพิษ มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเป็น 65.61% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเป็น 67.33%

โดยภาพรวมแล้วจึงอาจกล่าวได้ว่าเมื่อพิจารณาจากชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบและการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบแล้ว ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 สามารถจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศได้ถูกต้องเท่ากับ 89.92% และ 88.85% ตามลำดับ

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศระหว่างตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 และตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 สำหรับชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบและชุดของข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ

Model	Data Set	AQI Group	Into AQI Group			CCR (%)
			Good	Moderate	Unhealthy	
MLP5-3-3	Training	Good	40	9	0	
		Moderate	2	514	0	
		Unhealthy	0	65	124	
		CCR (%)	81.63	99.61	65.61	89.92
	Validation	Good	23	3	0	
		Moderate	0	196	0	
		Unhealthy	0	33	68	
		CCR (%)	88.46	100.00	67.33	88.85
MLP5-5-3	Training	Good	39	10	0	
		Moderate	4	512	0	
		Unhealthy	0	60	129	
		CCR (%)	79.59	99.22	68.25	90.19
	Validation	Good	21	5	0	
		Moderate	1	195	0	
		Unhealthy	0	32	69	
		CCR (%)	80.77	99.49	68.32	88.24

สำหรับตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 สามารถจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศได้ถูกต้องค่อนข้างมาก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กลุ่มคุณภาพอากาศดี มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเป็น 79.59% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเป็น 80.77%

2. กลุ่มคุณภาพอากาศปานกลาง มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเป็น 99.22% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเป็น 99.49%

3. กลุ่มคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสำหรับคนที่ไวต่อสารมลพิษ มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเป็น 68.25% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเป็น 68.32%

โดยภาพรวมแล้วจึงอาจกล่าวได้ว่าเมื่อพิจารณาจากชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบและการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบแล้ว ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 สามารถจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศได้ถูกต้องเท่ากับ 90.19% และ 88.24% ตามลำดับ

บทที่ 4
บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัย “การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยความแม่นของข่ายงานระบบประสาท” สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

1. สารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภทในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยมีลักษณะโดยรวมทั่วไป คือ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ SO_2 อยู่ในช่วง 26.91-28.43 ppb. ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NO_2 อยู่ในช่วง 41.11-42.27 ppb. ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ CO อยู่ในช่วง 1.58-1.64 ppm. ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ O_3 อยู่ในช่วง 81.26-83.10 ppb. ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง 58.77-60.55 $\mu g / m^3$ และค่า AQI อยู่ในช่วง 83.80-85.46 ซึ่งเมื่อนำลักษณะเหล่านี้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (based standard) แล้ว จะเห็นได้ว่าไม่มีค่าใดเลยที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทุก ๆ สถานีของภาคตะวันออกก็ยังมีค่าความเข้มข้นของ O_3 และ PM_{10} ในหลาย ๆ เดือนที่มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน โดยสถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) มีค่าความเข้มข้นของ O_3 สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 194.00 ppb. จึงเป็นผลทำให้ AQI มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐาน โดยให้ค่า AQI เท่ากับ 191 ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด ส่วนสถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (29T) มีค่าความเข้มข้นของ PM_{10} สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 178.00 ppb.

สำหรับความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วมีความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท ยกเว้นความสัมพันธ์ระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศ 3 คู่ ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน คือ SO_2 ไม่มีความสัมพันธ์กับ NO_2, CO และ O_3 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศแต่ละประเภทกับค่า AQI พบว่าสารมลพิษหลักทางอากาศเกือบทุกตัวมีความสัมพันธ์กับค่า AQI ยกเว้น SO_2

2. สารมลพิษหลักทางอากาศที่ส่งผลต่อค่า AQI ในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ O_3 คิดเป็น 75.67%, PM_{10} คิดเป็น 22.93%, SO_2 คิดเป็น 1.02%, NO_2 คิดเป็น 0.28% และ CO คิดเป็น 0.09%

3. เมื่อพิจารณาจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท ที่มีผลต่อค่า AQI แล้ว สามารถจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มของสารมลพิษหลักทางอากาศที่มีผลต่อค่า AQI ต่ำ คือ CO กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มของสารมลพิษหลักทางอากาศที่มีผลต่อค่า AQI ปานกลาง คือ SO_2 และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มของสารมลพิษหลักทางอากาศที่มีผลต่อค่า AQI สูง คือ NO_2, O_3 และ PM_{10}

4. เมื่อศึกษาว่าฤดูกาลมีอิทธิพลต่อดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยหรือไม่ โดยพิจารณาจากการจัดกลุ่มเดือนที่ส่งผลต่อค่า AQI พบว่า สามารถจัดกลุ่มเดือนได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มของเดือนที่มีค่า AQI ต่ำ จำนวน 5 เดือน คือ เดือนเมษายน มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูร้อนและฤดูฝน กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มของเดือนที่มีค่า AQI ปานกลาง จำนวน 3 เดือน คือ เดือน

กุมภาพันธ์ มีนาคม และพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนและช่วงต้นฤดูฝน และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มของเดือนที่มีค่า AQI สูง จำนวน 4 เดือน คือ เดือนตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว

5. เมื่อศึกษาว่าลักษณะของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยพิจารณาจากการจัดกลุ่มสถานีที่ส่งผลต่อค่า AQI พบว่า สามารถจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีค่า AQI ต่ำ เป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของจังหวัดชลบุรี จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานีบริเวณตำบลทุ่งครุ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (32T), สถานีบริเวณตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (33T) และสถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (34T) กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีค่า AQI ปานกลาง เป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของจังหวัดระยอง จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีอบต.ตาสิทธิ์ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง (28T), สถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (29T), สถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (30T) และสถานีศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (31T) และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีค่า AQI สูง เป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของจังหวัดฉะเชิงเทรา คือ สถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T)

6. โครงสร้างของข่ายงานระบบประสาทที่ใช้เพื่อจำแนกกลุ่มของคุณภาพอากาศเป็นตัวแบบข่ายงานระบบประสาทอย่างง่ายแบบ MLP5-3-3 และแบบ MLP5-5-3 พบว่า

6.1 ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 ซึ่งมีจำนวนโหนดของชั้นซ่อนเท่ากับ 3 โหนด และตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 ที่มีจำนวนโหนดของชั้นซ่อนเท่ากับ 5 โหนด มีความแม่นในการจำแนกคุณภาพอากาศได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงกันในทุกกรณีไม่ว่าจะพิจารณาจากชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบหรือชุดของข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ โดยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 89.92% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับ 88.85% ในขณะที่ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 90.19% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับ 88.24%

6.2 ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 และตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 มีความแม่นในการจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศได้ดีและค่อนข้างสมบูรณ์ เมื่อเป็นกลุ่มคุณภาพอากาศดีและกลุ่มคุณภาพอากาศปานกลาง แต่ในกลุ่มคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสำหรับคนที่ไวต่อสารมลพิษมีความแม่นในการจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศได้ปานกลาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- กลุ่มคุณภาพอากาศดี ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเท่ากับ 81.63% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับ 88.46% ในขณะที่ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเท่ากับ 79.59% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับ 80.77%

- กลุ่มคุณภาพอากาศปานกลาง ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเท่ากับ 99.61% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับ

100% ในขณะที่ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเท่ากับ 99.22% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับ 99.49%

- กลุ่มคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสำหรับคนที่ไวต่อสารมลพิษ ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเท่ากับ 65.61% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับ 67.33% ในขณะที่ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-5-3 มีค่าอัตราการจำแนกถูกสำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบเท่ากับ 68.25% และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับ 68.33%

4.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัย “การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยความแม่นของข่ายงานระบบประสาท” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างสารมลพิษหลักทางอากาศ พบว่า สารมลพิษหลักทางอากาศ 3 คู่ที่มีความสัมพันธ์กัน คือ NO_2, O_3 และ PM_{10} โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง NO_2 และ O_3 เท่ากับ 0.476, ระหว่าง NO_2 และ PM_{10} เท่ากับ 0.289 และระหว่าง O_3 และ PM_{10} เท่ากับ 0.476 ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกันกับผลของการจัดกลุ่มสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท ที่พบว่าสารมลพิษหลักทางอากาศ 3 ประเภท คือ NO_2, O_3 และ PM_{10} ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันซึ่งเป็นกลุ่มของสารมลพิษหลักทางอากาศที่ส่งผลทำให้ AQI มีค่าสูง และนอกจากนี้แล้วยังสอดคล้องกันกับผลการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง AQI และสารมลพิษหลักทางอากาศ ที่พบว่า AQI มีความสัมพันธ์กับ NO_2, O_3 และ PM_{10} โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง AQI และ NO_2 เท่ากับ 0.476, ระหว่าง AQI และ O_3 เท่ากับ 0.953 และระหว่าง AQI และ PM_{10} เท่ากับ 0.480

2. เมื่อพิจารณาว่าฤดูกาลมีอิทธิพลต่อดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยหรือไม่ พบว่า สามารถจัดกลุ่มฤดูกาลที่มีผลต่อค่า AQI ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ช่วงปลายฤดูร้อนและฤดูฝนเป็นช่วงที่มีค่า AQI ต่ำ กลุ่มที่ 2 ช่วงฤดูร้อนและช่วงต้นฤดูฝน เป็นช่วงที่มีค่า AQI ปานกลาง และกลุ่มที่ 3 ช่วงฤดูหนาวเป็นช่วงที่มีค่า AQI สูง ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกันกับกราฟแสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI ในภาพรวมของภาคตะวันออกของประเทศไทย ที่พบว่า AQI มีค่าสูง ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม มีค่า AQI ปานกลางในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน และมีค่า AQI ต่ำ ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน

3. เมื่อพิจารณากราฟแสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI สำหรับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 8 สถานี พบว่าสถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) มีค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI ต่ำที่สุด ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน มีค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า AQI สูงกว่าทุกสถานี ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกันกับการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ที่จัดให้สถานีอบต.วังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา (60T) แยกออกมาต่างหากจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของจังหวัดระยอง (28t, 29T, 30T และ 31T) และจังหวัดชลบุรี (32T, 33T และ 34T)

4. ในการวัดความแม่นของข่ายงานระบบประสาทอย่างง่ายเพื่อทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย พบว่า ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP5-3-3 และตัวแบบข่ายงานระบบ

ประสาทแบบ MLP5-5-3 มีความแม่นในการจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศได้ดีและค่อนข้างสมบูรณ์ เมื่อเป็นกลุ่มคุณภาพอากาศดีและกลุ่มคุณภาพอากาศปานกลาง แต่ในกลุ่มคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสำหรับคนที่ไวต่อสารมลพิษมีความแม่นในการจำแนกกลุ่มคุณภาพอากาศได้ปานกลาง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากกลุ่มของคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสำหรับคนที่ไวต่อสารมลพิษเป็นกรณีที่มีความซับซ้อน จึงอาจต้องใช้ข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างซับซ้อนมากขึ้น เช่น ข่ายงานระบบประสาทที่มีชั้นซ่อน หรือจำนวนโหนดของชั้นซ่อนที่มากขึ้น หรืออาจใช้ข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างขั้นสูง (Advanced Neural Network) เช่น ข่ายงานระบบประสาทแบบเรเดียลเบซีสฟังก์ชัน (Radial Basis Function: RBF) หรือข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF เป็นต้น

5. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปประเมินและทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคอื่น ๆ ของประเทศไทยนอกเหนือจากภาคตะวันออก โดยอาจใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์อื่น เช่น เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate analysis) เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศในบริเวณภาคภาคอื่น ๆ ของประเทศไทยต่อไปในอนาคตได้

6. สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปเผยแพร่ให้กับกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางประกอบการวางแผนในการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมค่าดัชนีคุณภาพอากาศ รวมถึงค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท ไม่ให้มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน

บทที่ 5
ผลผลิต

5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ

Mekparyup, J. & Saithanu, K., (202X). Air Quality Index Prediction in the Eastern Regions of Thailand with Accuracy of Neural Networks. *XXXXXXXX, X*(X), xxx-xxx.

5.2 การจดสิทธิบัตร

ไม่มี

5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์

ไม่มี

5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ

เป็นองค์ความรู้สำหรับการวิจัยต่อไปในการทำนายดัชนีคุณภาพอากาศด้วยความแม่นของข่ายงานระบบประสาทในบริเวณภาคภาคอื่น ๆ ของประเทศไทย หรืออาจใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์อื่น เช่น เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate analysis) ในการทำนายดัชนีคุณภาพอากาศ เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบการวางแผนในการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมค่าดัชนีคุณภาพอากาศ รวมถึงค่าความเข้มข้นของสารมลพิษหลักทางอากาศทั้ง 5 ประเภท (SO_2, NO_2, CO, O_3 และ PM_{10}) ไม่ให้มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน เพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศของประเทศไทยให้ดียิ่งขึ้นต่อไปในอนาคตได้

รายงานสรุปการเงิน

สัญญาเลขที่ 005/2562

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยและพัฒนา

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยความแม่นของข่ายงานระบบประสาท (Air Quality Index Prediction in the Eastern Regions of Thailand with Accuracy of Neural Networks)

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ผศ.ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 13 เมษายน พ.ศ. 2563

ระยะเวลาในการดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 – 30 เมษายน พ.ศ. 2563

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%) 50,000 บาท เมื่อวัน เดือน ปี 17 มิถุนายน พ.ศ. 2562

งวดที่ 2 (40%) 40,000 บาท เมื่อวัน เดือน ปี 6 มกราคม พ.ศ. 2563

งวดที่ 3 (10%) _____ บาท เมื่อวัน เดือน ปี _____

รวม 90,000 บาท (เก้าหมื่นบาทถ้วน)

รายจ่าย

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย	100,000.00	100,000.00	0.00
2. ค่าตอบแทน	-	-	0.00
3. ค่าใช้สอย	-	-	0.00
4. ค่าสาธารณูปโภค	-	-	0.00
รวม	100,000.00	100,000.00	0.00

(_____)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. (2561). *ประชาสัมพันธ์ข้อมูลใหม่*. เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/recent.cfm

IQAir. (2561). รายงานสถานการณ์คุณภาพอากาศโลกพ.ศ. 2561 การจัดอันดับมลพิษ PM2.5 ของเมืองและภูมิภาคทั่วโลก. กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. (2561). *รายงานสถานการณ์และคุณภาพอากาศประเทศไทย.* เข้าถึงได้จาก https://www.greenpeace.or.th/s/right-to-clean-air/2018-world-air-quality-report.pdf

ธนิตย์ อินทรัตน์. (2554). การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศเพื่อการประเมินคุณภาพอากาศ: กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 16*(1), 32-40.

Cybenko, G. (1989). Approximation by superpositions of a sigmoidal function. *Mathematics of Control, Signals, and Systerms, 2*(4), 303-314.

Durao, R. & Pereira, M. J. (2012). MLP based models to predict PM_{10} and O_3 concentrations, in Sines industrial area. *Geophysical Research Abstract, 14,* EGU2012-13448.

El-Sebakhy, E. A., Hadi, A. S. & Faisal, K. A. (2007). Iterative Least Squares Functional Networks Classifier. *IEEE Transactions on Neural Networks, 18*(3), 844-850.

Guo, Y. & Dooley, K. J. (1992). Identification of Change Structure in Statistical Process Control. *International Journal of Production Research, 30,* 1655-1669.

Hajek, P. & Olej, V. (2015). Predicting common air quality index – The case of Czech microregions. *Aerosol and Air Quality Research, 15,* 544-555.

Hornik, K., Stinchcombe, M. & White H. (1989). Multilayer feed forward networks are universal Approximators. *Neural Networks, 2*(5), 359-366.

Johnson, R. A. & Wichern, D. W. (2007). *Applied multivariate statistical analysis.* 5th ed., Prentice-Hall Press, New Jersey.

Liu, H., Li, Q., Yu, D., & Gu, Y. (2019). Air quality index and air pollutant concentration prediction based on machine learning algorithms. *Applied Science, 9*(4069), 1-9.

Miloslava, K., Jiri, K. & Pavel, J. (2008). Application of decision trees in problem of air quality modeling in the Czech Rebublic locality. *WSEAS Transactions on systems, 10*(7), 1166-1175.

U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, North Carolina 27711. (2006). Guideline for Reporting of Daily Air Quality – Air Quality Index (AQI). Retrieved October 23. 2012, from http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t1/memoranda/rg701.pdf