



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออก  
ของประเทศไทยด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก (Prediction of  
 $PM_{10}$  Concentration in the Eastern Industrial Areas of Thailand  
with Principal Component Regression Method)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุภัทร เมฆพ่ายพ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้  
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558  
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 172288

สัญญาเลขที่ 71/2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วย  
วิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก (Prediction of  $PM_{10}$  Concentration in the Eastern  
Industrial Areas of Thailand with Principal Component Regression Method)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุภัทร เมฆพ่ายัพ  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

พฤษภาคม 2558

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 71/2558

## Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 71/2558)

## บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.จตุภัทร เมฆพ่ายพ์ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง การทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก (Prediction of  $PM_{10}$  Concentration in the Eastern Industrial Areas of Thailand with Principal Component Regression Method) รหัสโครงการ 172288/ สัญญาเลขที่ 71/2558 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 250,000 บาท ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี

### บทคัดย่อ

ตัวแปรที่มีผลต่อค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  นั้นมีอยู่มากมายในบรรยากาศซึ่งตัวแปรเหล่านี้ อาจมีความสัมพันธ์กันเอง การตั้งปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลักของการวิเคราะห์ปัจจัยจึงเป็นวิธีที่ช่วยกำจัดปัญหาการมีพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระได้ ทำให้สามารถทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยได้ ดังนั้นวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลักจึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรม ภาคตะวันออกของประเทศไทย สำหรับการวัดดัชนีสมรรถนะของตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักเพื่อทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  จะประเมินค่าได้ด้วยรากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่าตัวแปรใหม่ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยจำนวน ๕ ตัว (ออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซโอโซน ก๊าซไฮโดรคาร์บอนและก๊าซมีเทน ความดัน และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความเร็วลม) ที่มีอิทธิพลและถูกเลือกมาเป็นตัวแปรอิสระเพื่อใช้ทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  โดยมีสมการประมาณค่าการถดถอยพหุคูณดังนี้

$$Y' = 1.27 + 0.0405NO_X + 0.129CO \& O_3 + 0.0590HC \& CH_4 \\ + 0.0585Pressure + 0.0114SO_2 \& WS$$

เมื่อ  $Y' = \log(PM_{10})$  สมการดังกล่าวนี้เป็นสมการที่มีการปรับแก้เพื่อให้เป็นไปตามข้อสมมุติของการวิเคราะห์การถดถอยโดยให้ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าเท่ากับ 0.213454 ส่วนค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบพบว่าให้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.157776 และ 8.77367 สำหรับชุดข้อมูลในการสร้างตัวแบบและชุดข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** อนุภาคมลสารที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน การวิเคราะห์ปัจจัย วิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก

### ผลลัพธ์ที่ได้และข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากงานวิจัย “การทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ตัวแปรในบรรยากาศที่มีอิทธิพลและมีผลกระทบต่อความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งพิจารณาได้จากค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันมี ๑๓ ตัว ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO), ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ), ก๊าซไนโตรเจน-ออกไซด์ ( $NO_x$ ), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ), ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC), ก๊าซมีเทน ( $CH_4$ ), ก๊าซโอโซน ( $O_3$ ), ความดัน (Pressure), ความชื้นสัมพัทธ์ (RH), อุณหภูมิ (Temp), การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (SR) และทิศทางลม (WD) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัย “การพัฒนาเทคนิคของข่ายงานระบบประสาทสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” (Mekpariyup&Saithanu, 2013)

2. สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปเผยแพร่ให้กับกรมควบคุมมลพิษเพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบในการป้องกันเบื้องต้น เมื่อพบว่ามีความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อชุมชน

3. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลักสำหรับจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทยได้ หรืออาจทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่มีจำนวนโหนดของชั้นอินพุตเท่ากับจำนวนตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ได้

## บทคัดย่อภาษาไทย

ตัวแปรที่มีผลต่อค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  นั้นมีอยู่มากมายในบรรยากาศซึ่งตัวแปรเหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์กันเอง การตั้งปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลักของการวิเคราะห์ปัจจัยจึงเป็นวิธีที่ช่วยกำจัดปัญหาการมีพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระได้ ทำให้สามารถทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยได้ ดังนั้นวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลักจึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรม ภาคตะวันออกของประเทศไทย สำหรับการวัดดัชนีสมรรถนะของตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักเพื่อทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  จะประเมินค่าได้ด้วยรากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่าตัวแปรใหม่ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยจำนวน 5 ตัว (ออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซโอโซน ก๊าซไฮโดรคาร์บอนและก๊าซมีเทน ความดัน และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความเร็วลม) ที่มีอิทธิพลและถูกเลือกมาเป็นตัวแปรอิสระเพื่อใช้ทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  โดยมีสมการประมาณค่าการถดถอยพหุคูณดังนี้

$$Y' = 1.27 + 0.0405NO_x + 0.129CO \& O_3 + 0.0590HC \& CH_4 \\ + 0.0585Pressure + 0.0114SO_2 \& WS$$

เมื่อ  $Y' = \log(PM_{10})$  สมการดังกล่าวนี้เป็นสมการที่มีการปรับแก้เพื่อให้เป็นไปตามข้อสมมุติของการวิเคราะห์การถดถอยโดยให้ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าเท่ากับ 0.213454 ส่วนค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบพบว่าให้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.157776 และ 8.77367 สำหรับชุดข้อมูลในการสร้างตัวแบบและชุดข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** อนุภาคมลสารที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน การวิเคราะห์ปัจจัย วิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก

## Abstract

There are various variables in the atmosphere affected to the  $PM_{10}$  concentration. All these variables may have been correlated to each others so the principal component extraction of factor analysis is helpful to eliminate multicollinearity problem then the method of regression analysis can be used later to predict the  $PM_{10}$  concentration. The principal component regression method was then developed for predicting the  $PM_{10}$  concentration in the eastern industrial areas of Thailand. The performance index of prediction  $PM_{10}$  concentration model was evaluated with the root mean square error (RMSE). The results of study indicated the new five influential variables ( $NO_x$ ,  $CO$  &  $O_3$ ,  $HC$  &  $CH_4$ , Pressure and  $SO_2$  &  $WS$ ) from factor analysis were selected to predict the  $PM_{10}$  concentration. The estimated multiple regression equation was then displayed as

$$Y' = 1.27 + 0.0405NO_x + 0.129CO \& O_3 + 0.0590HC \& CH_4 \\ + 0.0585Pressure + 0.0114SO_2 \& WS$$

where  $Y' = \log(PM_{10})$ . This equation was rectified in conformity with regression assumptions as well as the standard error of estimation valued 0.213454. Furthermore, the performance index of model provided the RMSE values equal to 0.157776 and 8.77367 for the training and validation data set, respectively.

**Keywords:**  $PM_{10}$ , factor analysis, principal component regression method



## สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศภาษาไทย	ก
กิตติกรรมประกาศภาษาอังกฤษ	ข
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญเรื่อง	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	5
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	6
2.1 คำอธิบายข้อมูล	6
2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	7
2.3 การวิเคราะห์ปัจจัย	7
2.4 การทำนายค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub>	7
2.5 การหาค่าดัชนีสมรรถนะ	7
บทที่ 3 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	9
3.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	9
3.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัย	10
3.3 ผลการทำนายค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub>	12
3.4 ผลการหาค่าดัชนีสมรรถนะ	19
บทที่ 4 บทสรุป	20
4.1 สรุปผลการวิจัย	20
4.2 อภิปรายผลการวิจัย	21

## สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลผลิต	22
5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ	22
5.2 การจดสิทธิบัตร	22
5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์	22
5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ	22
รายงานการเงิน	23
บรรณานุกรม	24
ประวัตินักวิจัยและคณะ	26

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า p-value ของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub> และตัวแปรมลพิษทางอากาศ	9
2	ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า p-value ของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub> และตัวแปรมลพิษทางอุตุนิยมวิทยา	9
3	ค่าเฉพาะ สัดส่วนของความแปรผัน และสัดส่วนสะสมของความแปรผันของแต่ละส่วนประกอบหลัก	10
4	ค่าการให้น้ำหนักแก่ปัจจัยของปัจจัย 8 ปัจจัย	11
5	การถดถอยระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub> และตัวแปรอิสระใหม่จากปัจจัย 8 ปัจจัย ด้วยวิธีเซตย่อยที่ดีที่สุด	13
6	การทดสอบการถดถอยระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 6 ตัว	14
7	การทดสอบการถดถอยระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 5 ตัว	14
8	ตาราง ANOVA ของการถดถอยระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 5 ตัว	14
9	การทดสอบการถดถอยระหว่างค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 5 ตัว	18
10	ตาราง ANOVA ของการถดถอยระหว่างค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 5 ตัว	18
11	ค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบในการทำนายค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub>	19

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	Scree plot สำหรับการกำหนดจำนวนปัจจัย	11
2	กราฟ Normal Probability Plot ของค่าคลาดเคลื่อนของการถดถอยระหว่างค่าความเข้มข้นของ $PM_{10}$ และตัวแปรอิสระ 5 ตัว	15
3	การแปลงค่าความเข้มข้นของ $PM_{10}$ ด้วยการแปลงข้อมูลของบ็อกซ์คอกซ์	16
4	กราฟ Normal Probability Plot ของค่าคลาดเคลื่อนของการถดถอยระหว่างค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ $PM_{10}$ และตัวแปรอิสระ 5 ตัว	16
5	กราฟการกระจายระหว่างค่าตกค้าง (Residual) และค่าประมาณของค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ $PM_{10}$ (Fitted value)	17

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

### สัญลักษณ์/คำย่อ

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

PM <sub>10</sub>	ฝุ่นละอองซึ่งเป็นอนุภาคมลสารที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน (Particulate Matter)
CO	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
NO	ก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์
NO <sub>2</sub>	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์
NO <sub>x</sub>	ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์
SO <sub>2</sub>	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
HC	ก๊าซไฮโดรคาร์บอน
CH <sub>4</sub>	ก๊าซมีเทน
NMHC	ก๊าซนอนมีเทนไฮโดรคาร์บอน
O <sub>3</sub>	ก๊าซโอโซน
Temp	อุณหภูมิ (Temperature)
RH	ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
WS	ความเร็วลม (Wind Speed)
WD	ทิศทางลม (Wind Direction)
SR	การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Sun Radiation)
PC	ส่วนประกอบหลัก (Principal Component)
RMSE	รากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error)

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

อนุภาคมลสาร (Particulate Matter) หมายถึงสารใด ๆ ในบรรยากาศทั้งที่อยู่ในสภาพของแข็งหรือของเหลวที่อุณหภูมิต่ำและความกดอากาศปกติ (ยกเว้นไอน้ำ) ซึ่งเกาะรวมกันเป็นกลุ่มและมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.0002-500 ไมครอน อนุภาคมลสารอาจประกอบด้วยสารนานาชนิด เช่น ไฮโดรคาร์บอน ซัลเฟต โลหะต่าง ๆ รวมถึงฝุ่นละอองในบรรยากาศซึ่งอาจแบ่งเป็นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดโดยตรงและฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาต่าง ๆ เช่น ปฏิกิริยาทางเคมี เป็นต้น

ACGIH (American Conference of Government Industrial Hygienists) จำแนกประเภทของอนุภาคมลสารตามขนาดของอนุภาคที่มีผลกระทบต่อสุขภาพเป็น 3 ประเภท คือ

1. อนุภาคที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนต้นได้ (Inhalable Particulate Matter)

หมายถึงอนุภาคที่อาจก่อให้เกิดอันตรายเมื่อสะสมในบริเวณต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจ เป็นอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 100 ไมครอน

2. อนุภาคที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจบริเวณช่องอกได้ (Thoracic Particulate Matter) หมายถึงอนุภาคที่จะก่อให้เกิดอันตรายเมื่อสะสมอยู่บนตำแหน่งใด ๆ ของท่อนลมและบริเวณแลกเปลี่ยนก๊าซของปอด เป็นอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 25 ไมครอน

3. อนุภาคที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจบริเวณแลกเปลี่ยนก๊าซ (Respirable Particulate Matter) หมายถึงอนุภาคที่จะก่อให้เกิดอันตรายเมื่อสะสมอยู่ในบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซของปอด เป็นอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>)

PM<sub>10</sub> คือฝุ่นละอองซึ่งเป็นอนุภาคมลสารที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างของมนุษย์ได้ ถ้าฝุ่นละอองยังมีขนาดเล็กและหายใจเข้าไปเป็นระยะเวลานานก็จะยิ่งเป็นอันตรายมากขึ้น ค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> นั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Variable) เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน และตัวแปรมลพิษทางอากาศ (Air Pollution Variable) เช่น ออกไซด์ของกลุ่มก๊าซก๊าซไนโตรเจน ซึ่งค่ามาตรฐานของค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ที่ใช้ในการวัดค่าดัชนีคุณภาพอากาศเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุดราย 24 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (U.S. Environmental Protection Agency, ๒๐๐๖)

สำหรับสถานการณ์มลพิษทางอากาศของประเทศไทยในปัจจุบันพบว่าคุณภาพอากาศในจังหวัดใหญ่ ๆ มักมีค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานบ่อยครั้งที่สุดเมื่อเทียบกับมลพิษทางอากาศประเภทอื่น ๆ โดยเฉพาะบริเวณชุมชนที่มีการจราจรหนาแน่น หรือบริเวณเขตอุตสาหกรรมจะมีปัญหารุนแรงกว่าพื้นที่ทั่ว ๆ ไป เนื่องจากอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญคือยานพาหนะต่าง ๆ จึงมีฝุ่นละอองปลิวจากถนน ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ ฝุ่นจากการก่อสร้าง ฝุ่นจากโรงงานผลิตไฟฟ้า หรือฝุ่นจากโรงงานต่าง ๆ ดังนั้น PM<sub>10</sub> จึงจัดเป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องแกไข

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภาคที่มีพื้นที่หลายรูปแบบทั้งที่ราบลุ่ม ที่ราบสูงสลับกับภูเขาสูงเตี้ย ๆ และมีชายฝั่งทะเลที่เรียวยาวและโค้งเว้า พื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือประกอบด้วย 7 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ปราจีนบุรี สระแก้ว และตราด ซึ่งจังหวัดชลบุรีและระยองเป็นจังหวัดที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีการพัฒนาและขยายตัวทางเศรษฐกิจ สังคม และอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังเป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมถึง 5 แห่ง คือ นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร นิคมอุตสาหกรรมชลบุรี (บ่อวิน) นิคมอุตสาหกรรมปิ่นทอง และนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ดังนั้นในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือจึงประสบปัญหามลพิษทางอากาศ เนื่องจากการมีค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  สูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งเห็นได้จากสถิติของผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาตัวด้วยโรคระบบทางเดินหายใจในโรงพยาบาลอ่าวอุดมและโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา ในจังหวัดชลบุรี ในช่วงเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2547 ถึงเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2552 เป็นจำนวนถึง 284,938 คน (ปัญญา แชน้ำแก้ว และคณะ, 2554) และจากค่าการตรวจวัด  $PM_{10}$  ของสถานีการตรวจวัดคุณภาพอากาศของสถานีอนามัยมาบตาพุด จังหวัดระยองที่มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานในบางเดือน ระหว่างปี พ.ศ. 2551 ถึงปี พ.ศ. 2553 (แผนงานสร้างเสริมนโยบายสาธารณะที่ดี, 2554)

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปีว่ามีค่าสูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ โดยประยุกต์วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ซึ่งมีตัวแปรอิสระเป็นส่วนประกอบหลัก (Principal Component) ที่สร้างได้จากการรวมกลุ่มของตัวแปรทั้งตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและตัวแปรมลพิษทางอากาศ เพื่อช่วยแก้ปัญหาการมีพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) ซึ่งเป็นข้อสมมุติเชิงสถิติเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอย ซึ่งถ้าหากระดับความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  มีค่าสูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดแล้วจะทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศขึ้น ซึ่งจะเป็นโทษต่อระบบทางเดินหายใจของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น

## 1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ทั้งในประเทศและต่างประเทศมีอาทิเช่น

Bondi, A. L. and Plaia, A. (2005) ตรวจสอบและคัดเลือกตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  บริเวณเขตเมืองหลวงของพาราเมออร์ (Palermo) ประเทศอิตาลี เพื่อนำไปสร้างตัวแบบเชิงเส้นตามลำดับชั้น (Hierarchical linear model: HLM) ผลการตรวจสอบพบว่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่ถูกคัดเลือกเพื่อนำไปสร้างตัวแบบมีทั้งหมด 7 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน (Daily average temperature) ความชื้นเฉลี่ยรายวัน (Daily average humidity) ความเร็วลมเฉลี่ยรายวัน (Daily average wind speed) ทิศทางลมที่แปลงค่าเป็นโคไซน์เฉลี่ยรายวัน (Cosine transformed wind direction) ปริมาณน้ำฝนรายวัน (Daily amount of precipitation) ปริมาณน้ำฝนที่ล่าช้ารายวัน (Delayed daily amount of precipitation) และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน (Daily average sun radiation)

Amos, P. K. Tai. (2008) ประยุกต์แนวความคิดของ GIS (Geographic Information Science) เพื่อตรวจสอบผลกระทบการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่มีต่อค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในบริเวณที่มีสภาพอากาศแตกต่างกันของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยอาศัยข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลคุณภาพอากาศที่ผ่านมาโดยพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ผลการตรวจสอบพบว่า

1. สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และอุณหภูมิมีค่ามากและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (Strong positive correlation) โดยผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  มีนัยสำคัญมากที่สุด

ในบริเวณทางตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อกำหนดให้ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาตัวอื่น ๆ มีค่าคงที่

2. สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และปริมาณน้ำฝนเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญ (Significant negative correlation) ในบริเวณทางตะวันตก ทางใต้ และทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา

3. สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และลม (ทั้งในด้านความเร็วลมและทิศทางลม) มีค่ามากในบริเวณทางตะวันตกของประเทศสหรัฐอเมริกา

Pires, J. C. M. และคณะ (2008) ทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตชุมชนเมือง Oporto ประเทศโปรตุเกส ด้วยตัวแบบเชิงเส้น 5 ตัวแบบ คือ ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple linear regression) ตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลัก (Principal component regression) ตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบที่เป็นอิสระ (Independent component regression) ตัวแบบการถดถอยควอนไทล์ (Quantile regression) และตัวแบบการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (Partial least square regression) โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ปีค.ศ. 2003 ถึงเดือนตุลาคม ปีค.ศ. 2005 และแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด คือชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ (Training data set) และชุดของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation data set) ซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน โดยมีตัวแปรอิสระที่ใช้ทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  เป็นตัวแปรทางสิ่งแวดล้อม ( $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  และ  $PM_{10}$ ) และตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม) ผลการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความเข้มข้นของ  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  และอุณหภูมิ แต่มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม ส่วนตัวแปรที่มีความสำคัญและปรากฏในตัวแบบแต่ละตัวแบบนั้นจะแตกต่างกันไป แต่ตัวแปรที่ปรากฏอยู่ในทุกตัวแบบ คือ  $CO$  และ  $NO_2$  สำหรับการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบ จะเห็นได้ว่าตัวแบบการถดถอยควอนไทล์มีประสิทธิภาพดีที่สุด เนื่องจากให้ค่าคลาดเคลื่อนของค่าตกค้าง (Residual error) น้อยที่สุดทั้งในชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบและข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ ขณะที่ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลัก และตัวแบบการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วนนั้น จะมีประสิทธิภาพรองลงมาโดยให้ค่าคลาดเคลื่อนของค่าตกค้างใกล้เคียงกันเมื่อใช้กับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ส่วนตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบที่เป็นอิสระนั้นจะมีประสิทธิภาพน้อยที่สุด

เสาวลักษณ์ อร่ามพงศานุวัต และ พยุง มีสัจ (2553) เสนอและพัฒนารูปแบบของข่ายงานระบบ-ประสาทแบบ MLP ที่มีการเชื่อมต่อแบบโยงไปข้างหน้า เพื่อทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ซึ่งเป็นสารมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาหลักของกรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูลคุณภาพอากาศ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การแผ่รังสีสุทธิ ความกดอากาศ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ทิศทางลม และความเร็วลม ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่ให้ผลการทำนายค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยมีค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) เท่ากับ 0.0063 คือ ข่ายงานระบบประสาทแบบ 12-24-12-1 ซึ่งเป็นข่ายงานระบบประสาทที่มีจำนวนโหนดในชั้นอินพุต 12 โหนด โดยแต่ละโหนดแสดงข้อมูลของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การแผ่รังสีสุทธิ ความกดอากาศ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ทิศทางลม และความเร็วลม ตามลำดับ ส่วน



ชั้นซ่อนมีจำนวน 2 ชั้น ซึ่งมีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 1 เท่ากับ 24 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 เท่ากับ 12 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 โหนด ซึ่งแสดงค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$

เสาวลักษณ์ อร่ามพงศานุวัต และ พยุง มีสีจ (2554) ศึกษาและพัฒนาหารูปแบบของแบบจำลองในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้เทคนิคซัพพอร์ตเตอร์เวกเตอร์รีเกรสชัน (Supporter Vector Regression) และเทคนิคข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF ที่ใช้รูปแบบข้อมูล 12-12-1 คือมีจำนวนโหนดทั้งในชั้นอินพุตและชั้นซ่อนเท่ากับ 12 โหนด ซึ่งแต่ละโหนดในชั้นอินพุตนั้นแสดงข้อมูลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การแผ่รังสีสุทธิ ความกดอากาศ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ทิศทางลม และความเร็วลม ตามลำดับ และจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 โหนด ซึ่งแสดงค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ผลการศึกษาพบว่าทั้งเทคนิคซัพพอร์ตเตอร์เวกเตอร์รีเกรสชันและเทคนิคข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF ให้ผลในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ที่แม่นยำ โดยให้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มีค่าน้อยมาก คือ  $1.0588 \times 10^{-10}$  สำหรับแบบจำลองซัพพอร์ตเตอร์เวกเตอร์รีเกรสชัน และ  $7.0566 \times 10^{-9}$  สำหรับแบบจำลองข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF

Ul-Saufie, A. Z., Yahya, A. S. and Ramli, N. A. (2011) ปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ที่ Seberang Prai, Pulau Pinang ประเทศมาเลเซีย ด้วยตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่มีตัวแปรอิสระเป็นส่วนประกอบหลัก ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบที่สร้างและพัฒนาขึ้นโดยมีส่วนประกอบหลักเป็นตัวแปรอิสระนั้นจะช่วยลดความยุ่งยากของตัวแบบและยังช่วยแก้ปัญหาการมีพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระอีกด้วย ซึ่งเห็นได้จากตัวชี้วัดสมรรถนะ (Performance indicator) ทั้ง 5 ตัว ได้แก่ ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ที่ทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalised Absolute Error: NAE) ความถูกต้องของการทำนาย (Prediction Accuracy: PA) สัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of Determination:  $R^2$ ) ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Agreement: IA) ของตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักมีค่าน้อยกว่าของตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

Mekpariyup, J. and Saithanu, K. (2013) ศึกษาและพัฒนาตัวแบบข่ายงานระบบประสาทในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ด้วยข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP และข่ายงานระบบประสาทแบบ ORBF โดยมีข้อมูลอินพุตเป็นตัวแปรคุณภาพทางอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา และใช้ฟังก์ชันการเชื่อมต่อการทำงานที่แตกต่างกัน แล้วเปรียบเทียบสมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาททั้งสองโดยใช้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) จากข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโดยทั่วไปแล้วข่ายงานระบบประสาทที่มีโหนดของชั้นอินพุตเป็น 12 โหนด โหนดของชั้นซ่อนเป็น 5 โหนด และโหนดของเอาต์พุตเป็น 1 โหนด จะให้สมรรถนะที่ดีที่สุดซึ่งจะเห็นได้จากตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP 12-5-1 เป็นตัวแบบที่มีสมรรถนะที่ดีที่สุดจึงให้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งค่าที่ได้นี้มีค่าใกล้เคียงกับค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ ORBF 12-5-1 นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้แนะนำวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาโครงสร้างของข่ายงานระบบประสาทเพื่อทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  อีกด้วย

### 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาตัวแปรมลพิษทางอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$
2. เพื่อทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก
3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการทำวิจัยระหว่างนักวิจัยร่วมองค์กรและเตรียมความพร้อมของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาเข้าสู่การเป็นนักวิจัยรุ่นใหม่

### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก โดยใช้ข้อมูลตัวแปรมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของกลุ่มก๊าซไนโตรเจน ( $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ ) ก๊าซมีเทน ( $CH_4$ ) ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซอนุพันธ์ไฮโดรคาร์บอน (NMHC) ก๊าซโอโซน ( $O_3$ ) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) และตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความดัน (Pressure) อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ความเร็วลม (Wind speed) ทิศทางลม (Wind direction) การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Sun radiation) และปริมาณน้ำฝน (Rain) โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษซึ่งตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียงจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ 2 สถานี คือ สถานีสำนักงานสามัญศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี และสถานีอนามัยมาตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ตั้งแต่ปีค.ศ. 2006 ถึง ปีค.ศ. 2010

### 1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

เนื่องจากตัวแปรมลพิษทางอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาอาจมีความสัมพันธ์กันเองในเชิงสถิติ (Statistical correlation) และยังอาจมีความสำคัญต่อการเกิดของ  $PM_{10}$  การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis) จึงเป็นวิธีการวิเคราะห์เชิงสถิติหลายตัวแปร (Multivariate Statistical Analysis) ที่ถูกนำมาใช้ในการรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันเข้าไว้ในกลุ่มเดียวกัน เพื่อสร้างเป็นตัวแปรอิสระตัวใหม่ในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ดังนั้นการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักจึงเป็นวิธีที่ช่วยลดจำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้ในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ซึ่งจะทำให้การทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นองค์ความรู้สำหรับการวิจัยต่อไปในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในบริเวณเขตอุตสาหกรรม หรือเขตชุมชนเมืองหนาแน่นของภาคอื่น ๆ ในประเทศไทย ด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลักซึ่งจะทำให้ทราบถึงตัวแปรมลพิษทางอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อการเกิดของ  $PM_{10}$
2. บริการความรู้แก่กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
3. เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารในระดับประเทศและ/หรือนานาชาติ

## บทที่ 2

### วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย “การทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก” มีดังนี้

#### 2.1 คำอธิบายข้อมูล

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ใช้เป็นตัวแทนสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้เป็นสถานีเฉพาะในภาคตะวันออกของประเทศไทย 2 สถานี คือ สถานีสำนักงานสามัญศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี และสถานีอนามัยมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ซึ่งทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 2006 ถึงปี ค.ศ. 2010 จำนวน 2,265 กรณีนี โดยมีตัวแปรตามคือค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ( $PM_{10}$ ) ซึ่งมีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

ส่วนค่าของตัวแปรอิสระนั้นจะทำการวัดค่าความเข้มข้นของตัวแปรมลพิษทางอากาศ 9 ตัว ได้แก่

1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีหน่วยเป็นส่วนในล้านส่วน (Part per million: ppm.)
2. ก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO) มีหน่วยเป็นส่วนในพันล้านส่วน (Part per billion: ppb.)
3. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ) มีหน่วยเป็นส่วนในพันล้านส่วน
4. ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ( $\text{NO}_x$ ) มีหน่วยเป็นส่วนในพันล้านส่วน
5. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) มีหน่วยเป็นส่วนในพันล้านส่วน
6. ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) มีหน่วยเป็นส่วนในล้านส่วน
7. ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) มีหน่วยเป็นส่วนในล้านส่วน
8. ก๊าซนอนมีเทนไฮโดรคาร์บอน (NMHC) มีหน่วยเป็นส่วนในล้านส่วน
9. ก๊าซโอโซน ( $\text{O}_3$ ) มีหน่วยเป็นส่วนในพันล้านส่วน

และค่าความเข้มข้นของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา 7 ตัว ได้แก่

1. ความดัน (Pressure) วัดที่ 2 เมตร มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท (mmHg)
2. อุณหภูมิ (Temperature: Temp) วัดที่ 2 เมตร มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ )
3. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity: RH) วัดที่ 2 เมตร มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
4. ความเร็วลม (Wind Speed: WS) วัดที่ 10 เมตร มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)
5. ทิศทางลม (Wind Direction: WD) วัดที่ 10 เมตร มีหน่วยเป็น degree.M
6. การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Sun Radiation: SR) วัดที่ 3 เมตร มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $\text{w}/\text{m}^2$ )
7. ปริมาณน้ำฝน (Rain) วัดที่ 3 เมตร มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทำได้โดยการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด คือ

1. ชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ (Training data set) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสุ่มข้อมูลมา 70% ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นจำนวน 1,586 กรณีนี
2. ชุดของข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation data set) ซึ่งจะต้องเป็น

คนละชุดกับชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ เนื่องจากจะเป็นชุดข้อมูลที่แสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้สามารถใช้ทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ได้ถูกต้องแม่นยำมากน้อยเพียงใด จึงเป็นข้อมูลที่เหลืออีก 30% ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นจำนวน 679 กรณี

## 2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

เป็นการหาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์และมีความสำคัญต่อค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ทั้งที่เป็นตัวแปรมลพิษทางอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา โดยพิจารณาได้จากค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation)

## 2.3 การวิเคราะห์ปัจจัย

เนื่องจากมีตัวแปรอยู่เป็นจำนวนมากในบรรยากาศทั้งที่เป็นตัวแปรมลพิษทางอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กันเองและมีความสำคัญต่อการเกิดของ  $PM_{10}$  งานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) ซึ่งมีการดึงปัจจัย (Factor extraction) ด้วยวิธีส่วนประกอบหลัก (Principal component) เพื่อเป็นการกำหนดตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  โดยไม่ทำให้เกิดปัญหาการมีพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Multicollinearity) และยังทำการหมุนปัจจัย (Factor Rotation) ด้วยวิธีแวนริแมกซ์ (Varimax) เพื่อให้ข้ออธิบายความหมายของปัจจัยที่ได้ให้ง่ายขึ้น สำหรับการกำหนดว่าตัวแปรใดจะมีอิทธิพลต่อค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  มากน้อยเพียงใดนั้น จะพิจารณาได้จากค่าการให้น้ำหนักแก่ปัจจัย (Factor loading)

## 2.4 การทำนายค่าความเข้มข้นของ $PM_{10}$

สร้างตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลัก (Principal component regression) เพื่อทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  จากชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ โดยสร้างสมการถดถอยที่มีตัวแปรตามเป็นค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และมีตัวแปรอิสระที่สร้างขึ้นใหม่คือส่วนประกอบหลัก โดยได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยในขั้นตอนที่ 3

## 2.5 การหาค่าดัชนีสมรรถนะ

ในการตรวจสอบตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักเพื่อทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ซึ่งสร้างขึ้นได้จากขั้นตอนที่ 4 ว่าเป็นตัวแบบที่ใช้ในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ได้ดีเพียงใดนั้นจะทำการตรวจสอบโดยใช้ชุดของข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ สำหรับเกณฑ์ที่ใช้หาค่าดัชนีสมรรถนะ (Performance index) ของตัวแบบนั้นมีอยู่หลายเกณฑ์ซึ่งเกณฑ์หนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันมากคือค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าได้ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$$

โดยที่  $Y_i$  เป็นค่าสังเกตซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ที่เก็บได้จริง  
 $\hat{Y}$  เป็นค่าทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ที่ได้จากตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลัก  
 และ  $n$  เป็นจำนวนค่าสังเกตทั้งหมดของข้อมูล

ถ้าค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักยังมีค่าน้อย ก็แสดงให้เห็นว่าตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักนั้นยังมีสมรรถนะในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

## บทที่ 3

### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก มีผลการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

#### 3.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และตัวแปรมลพิษทางอากาศ แสดงได้ด้วยค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation) และค่า p-value ของการทดสอบ (ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในวงเล็บ) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า p-value ของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และตัวแปรมลพิษทางอากาศ

	CO	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	HC	CH <sub>4</sub>	NMHC	O <sub>3</sub>
$PM_{10}$	0.353 (0.000)	-0.168 (0.000)	0.263 (0.000)	0.128 (0.000)	0.120 (0.000)	0.198 (0.000)	0.218 (0.000)	-0.003 (0.896)	-0.445 (0.000)

จากตารางที่ 1 พบว่าค่า p-value ของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และตัวแปรมลพิษทางอากาศทุกตัวมีค่าน้อยกว่า 0.05 ยกเว้นค่า p-value ของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และก๊าซนอมนีเทนไฮโดรคาร์บอน (NMHC) จึงกล่าวได้ว่า  $PM_{10}$  มีความสัมพันธ์กับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) และก๊าซโอโซน (O<sub>3</sub>) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับก๊าซนอมนีเทนไฮโดรคาร์บอน (NMHC) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และตัวแปรมลพิษทางอุตุนิยมวิทยา แสดงได้ด้วยค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า p-value ของการทดสอบ (ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในวงเล็บ) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า p-value ของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และตัวแปรมลพิษทางอุตุนิยมวิทยา

	Pressure	Rain	RH	Temp	SR	WD	WS
$PM_{10}$	-0.091 (0.000)	0.000 (0.989)	-0.191 (0.000)	-0.112 (0.000)	-0.098 (0.000)	-0.201 (0.000)	-0.015 (0.489)

จากตารางที่ 2 พบว่าค่า p-value ของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และตัวแปรมลพิษทางอุตุนิยมวิทยา คือ ปริมาณน้ำฝน (Rain) และความเร็วลม (WS) มีค่ามากกว่า 0.05 จึงกล่าวได้ว่า  $PM_{10}$  มีความสัมพันธ์กับความดัน (Pressure) ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) อุณหภูมิ (Temp) การแผ่รังสีดวงอาทิตย์

(SR) และทิศทางลม (WD) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน (Rain) และความเร็วลม (WS) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

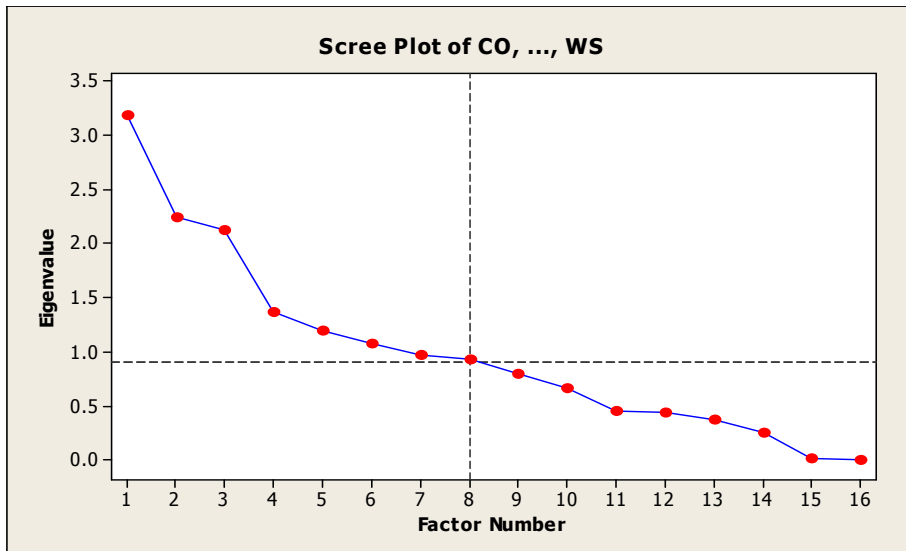
### 3.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัย

เมื่อประยุกต์การวิเคราะห์ปัจจัยโดยมีการตั้งปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลักพบว่าให้ค่าเฉพาะ (Eigen value) สัดส่วน (Proportion) และสัดส่วนสะสม (Cumulative proportion) ของความแปรผัน (Variation) ของแต่ละส่วนประกอบหลัก (Principal component: PC) แสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉพาะ สัดส่วนของความแปรผัน และสัดส่วนสะสมของความแปรผันของแต่ละส่วนประกอบหลัก

ส่วนประกอบหลัก (PC)	ค่าเฉพาะ (Eigen value)	สัดส่วนของความแปรผัน (Proportion of variation)	สัดส่วนสะสมของความแปรผัน (Cumulative proportion of variation)
PC1	3.1855	0.199	0.199
PC2	2.2358	0.140	0.339
PC3	2.1180	0.132	0.471
PC4	1.3635	0.085	0.556
PC5	1.1948	0.075	0.631
PC6	1.0703	0.067	0.698
PC7	0.9666	0.060	0.758
PC8	0.9206	0.058	0.816
PC9	0.7938	0.050	0.866
PC10	0.6598	0.041	0.907
PC11	0.4427	0.028	0.935
PC12	0.4310	0.027	0.962
PC13	0.3631	0.023	0.985
PC14	0.2450	0.015	1.000
PC15	0.0065	0.000	1.000
PC16	0.0030	0.000	1.000

ส่วนกราฟของ Scree plot ที่ใช้พิจารณาเพื่อกำหนดจำนวนปัจจัยในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Scree plot สำหรับการกำหนดจำนวนปัจจัย

Kaiser เสนอเกณฑ์เพื่อกำหนดจำนวนปัจจัยซึ่งเป็นการรวมตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นตัวแปรอิสระใหม่ที่ไม่ทำให้เกิดปัญหาการมีหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ โดยพิจารณาจากกราฟของ Scree plot ที่มีค่าเฉพาะมากกว่าหรือใกล้เคียงกับ 1 (Velicer and Jackson, 1990) และให้ค่าเปอร์เซ็นต์สัดส่วนของความแปรผันสะสมของส่วนประกอบหลักที่มีค่ามากกว่า 70%

จากตารางที่ 3 และภาพที่ 1 จะเห็นว่าค่าเฉพาะที่มีค่ามากกว่าหรือใกล้เคียงกับ 1 มีทั้งหมด 8 ปัจจัย จึงพิจารณาเลือกใช้ปัจจัย 8 ปัจจัยในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และพบว่าเมื่อใช้ปัจจัยจำนวน 8 ปัจจัยสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ถึง 81.60% จากนั้นจะทำการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวนริแมกซ์ เพื่อช่วยให้อธิบายความหมายของปัจจัยได้ง่ายและชัดเจนมากขึ้น ซึ่งจะได้ค่าการให้น้ำหนักแก่ปัจจัยทั้ง 8 ปัจจัย ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าการให้น้ำหนักแก่ปัจจัยของปัจจัย 8 ปัจจัย

Variable	Factor1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
CO	0.214	0.006	<b>0.703</b>	0.066	0.126	0.325	-0.095	-0.054
NO	<b>0.637</b>	-0.237	-0.572	-0.090	0.055	0.156	0.027	-0.079
NO <sub>2</sub>	<b>0.816</b>	0.129	0.395	0.153	0.124	-0.041	0.032	0.040
NO <sub>x</sub>	<b>0.966</b>	-0.011	0.037	0.078	0.124	0.047	0.042	-0.006
SO <sub>2</sub>	0.351	0.151	0.085	0.055	0.074	0.243	<b>0.729</b>	0.115
HC	0.225	0.103	0.188	<b>0.719</b>	0.559	-0.068	-0.008	0.067
CH <sub>4</sub>	0.098	0.129	0.174	<b>0.898</b>	-0.288	-0.020	-0.027	0.053
NMHC	0.162	-0.009	0.036	-0.100	<b>0.969</b>	-0.052	0.018	0.023
O <sub>3</sub>	0.097	-0.125	<b>0.813</b>	0.242	-0.017	-0.317	0.011	-0.006



ตารางที่ 4 ค่าการให้น้ำหนักแก่ปัจจัยของปัจจัย 8 ปัจจัย (ต่อ)

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Pressure	0.131	0.093	-0.062	-0.090	-0.121	<b>0.822</b>	0.119	0.107
Rain	0.011	0.177	0.019	-0.041	-0.034	-0.045	0.003	<b>-0.932</b>
RH	0.078	0.720	-0.453	-0.033	-0.073	-0.057	0.032	-0.023
Temp	0.030	<b>-0.773</b>	0.046	-0.177	0.046	0.017	-0.003	0.147
SR	0.012	<b>-0.783</b>	-0.234	0.039	-0.112	-0.108	0.132	0.035
WD	0.305	0.208	-0.066	-0.455	-0.161	-0.541	0.096	0.234
WS	-0.214	-0.345	-0.186	-0.116	-0.050	-0.104	<b>0.696</b>	-0.121

จากตารางที่ 4 สามารถรวมกลุ่มของตัวแปรอิสระจากตัวแปรมลพิษทางอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาเป็นตัวแปรอิสระใหม่ เพื่อใช้ทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> จากปัจจัย 8 ปัจจัย ของการวิเคราะห์ปัจจัย ดังนี้

- ปัจจัยที่ 1 แสดงถึง กลุ่มของออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>)
- ปัจจัยที่ 2 แสดงถึง อุณหภูมิและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Temp&SR)
- ปัจจัยที่ 3 แสดงถึง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซโอโซน (CO&O<sub>3</sub>)
- ปัจจัยที่ 4 แสดงถึง ก๊าซไฮโดรคาร์บอนและก๊าซมีเทน (HC& CH<sub>4</sub>)
- ปัจจัยที่ 5 แสดงถึง ก๊าซอนมีเทนไฮโดรคาร์บอน (NMHC)
- ปัจจัยที่ 6 แสดงถึง ความดัน (Pressure)
- ปัจจัยที่ 7 แสดงถึง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความเร็วลม (SO<sub>2</sub>&WS)
- ปัจจัยที่ 8 แสดงถึง ปริมาณน้ำฝน (Rain)

### 3.3 ผลการทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub>

เมื่อใช้ชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบเพื่อสร้างตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระใหม่จำนวน 8 ตัว (ซึ่งได้จากการรวมปัจจัยของตัวแปรทั้งตัวแปรมลพิษทางอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา) ได้แก่ กลุ่มของออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>), อุณหภูมิและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Temp&SR), ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซโอโซน (CO&O<sub>3</sub>), ก๊าซไฮโดรคาร์บอนและก๊าซมีเทน (HC& CH<sub>4</sub>), ก๊าซอนมีเทนไฮโดรคาร์บอน (NMHC), ความดัน (Pressure), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความเร็วลม (SO<sub>2</sub>&WS) และปริมาณน้ำฝน (Rain) ด้วยวิธีเซตย่อยที่ดีที่สุด (Best subsets) ได้ผลดังตารางที่ 5

จากตารางที่ 5 ทำการเลือกตัวแบบที่จะนำไปสร้างสมการการถดถอยเพื่อประมาณค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> โดยพิจารณาจากตัวแบบที่ให้ค่า C<sub>p</sub> และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S) ของการถดถอยที่น้อยที่สุดจำนวน 2 ตัวแบบ คือ

1. ตัวแบบที่มีตัวแปรอิสระ 6 ตัว ได้แก่ ปัจจัยที่ 1, 3, 4, 6, 7 และ 8 (F<sub>1</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>6</sub>, F<sub>7</sub> และ F<sub>8</sub>) ซึ่งมีค่า C<sub>p</sub>=7.5 และ S=12.745
2. ตัวแบบที่มีตัวแปรอิสระ 7 ตัว ได้แก่ ปัจจัยที่ 1, 2, 3, 4, 6, 7 และ 8 (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>6</sub>, F<sub>7</sub> และ F<sub>8</sub>) ซึ่งมีค่า C<sub>p</sub>=7.2 และ S=12.740

ตารางที่ 5 การถดถอยระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระใหม่จากปัจจัย 8 ปัจจัย ด้วยวิธีเซตย่อยที่ดีที่สุด

Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	C <sub>p</sub>	S	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
1	22.8	22.7	260.5	13.744			x					
1	4.1	4.1	705.4	15.313						x		
2	26.9	26.8	164.3	13.376			x			x		
2	26.6	26.5	172.2	13.407			x	x				
3	30.6	30.5	78.5	13.040			x	x		x		
3	29.4	29.2	107.2	13.152	x		x			x		
4	33.3	33.1	16.2	12.788	x		x	x		x		
4	31.0	30.8	70.2	13.003			x	x		x	x	
5	33.7	33.5	8.9	12.755	x		x	x		x	x	
5	33.4	33.2	15.5	12.781	x	x	x	x		x		
6	<b>33.8</b>	<b>33.6</b>	<b>7.5</b>	<b>12.745</b>	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
6	33.8	33.5	8.9	12.751	x	x	x	x		x	x	
7	<b>33.9</b>	<b>33.6</b>	<b>7.2</b>	<b>12.740</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
7	33.8	33.5	9.3	12.748	x		x	x	x	x	x	x
8	33.9	33.6	9.0	12.743	x	x	x	x	x	x	x	x

เนื่องจากตัวแบบทั้งสองนี้ให้ค่า C<sub>p</sub> และ S ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงเลือกพิจารณาใช้ตัวแบบที่มีตัวแปรอิสระเพียง 6 ตัว ในการทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> อีกทั้งเมื่อลองใช้ตัวแบบที่มีตัวแปรอิสระ 7 ตัวก็ให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกันคือค่า p-value ของการทดสอบปัจจัยที่ 2 (F<sub>2</sub>) และปัจจัยที่ 8 (F<sub>8</sub>) มีค่ามาก นั่นคือปัจจัยที่ 2 (F<sub>2</sub>) และปัจจัยที่ 8 (F<sub>8</sub>) ไม่มีผลต่อค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> จึงควรตัดปัจจัยที่ 2 (F<sub>2</sub>) และปัจจัยที่ 8 (F<sub>8</sub>) ออกไปจากตัวแบบ

เมื่อทำการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 6 ตัว พบว่าปัจจัยที่ 8 (F<sub>8</sub>) ให้ค่า p-value=0.064 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ 8 (F<sub>8</sub>) ไม่มีผลต่อค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> จึงควรตัดปัจจัยที่ 8 (F<sub>8</sub>) ออกไปจากตัวแบบ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การทดสอบการถดถอยระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 6 ตัว

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	22.2858	0.3278	67.99	0.000
F1	2.6386	0.3326	7.93	0.000
F3	7.6561	0.3220	23.77	0.000
F4	3.0620	0.3182	9.62	0.000
F6	2.8717	0.2922	9.83	0.000
F7	1.0109	0.3192	3.17	0.002
F8	<b>-0.6691</b>	<b>0.3605</b>	<b>-1.86</b>	<b>0.064</b>

ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์การถดถอยใหม่ระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระที่เหลืออีก 5 ตัว ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 (F1: NO<sub>x</sub>) ปัจจัยที่ 3 (F3: CO&O<sub>3</sub>) ปัจจัยที่ 4 (F4: HC& CH<sub>4</sub>) ปัจจัยที่ 6 (F6: Pressure) และปัจจัยที่ 7 (F7: SO<sub>2</sub>&WS) ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การทดสอบการถดถอยระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 5 ตัว

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	22.2494	0.3275	67.94	0.000
NO <sub>x</sub>	2.6452	0.3329	7.95	0.000
CO&O <sub>3</sub>	7.6672	0.3222	23.79	0.000
HC&CH <sub>4</sub>	3.0686	0.3184	9.64	0.000
Pressure	2.8777	0.2924	9.84	0.000
SO <sub>2</sub> &WS	0.9715	0.3187	3.05	0.002

ค่า p-value ของการทดสอบตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัว จากตารางที่ 7 มีค่าน้อยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวนี้มีอิทธิพลต่อการทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และจะให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกันกับเมื่อทดสอบด้วยสถิติเอฟ (F Statistic) ของตาราง ANOVA ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตาราง ANOVA ของการถดถอยระหว่างค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 5 ตัว

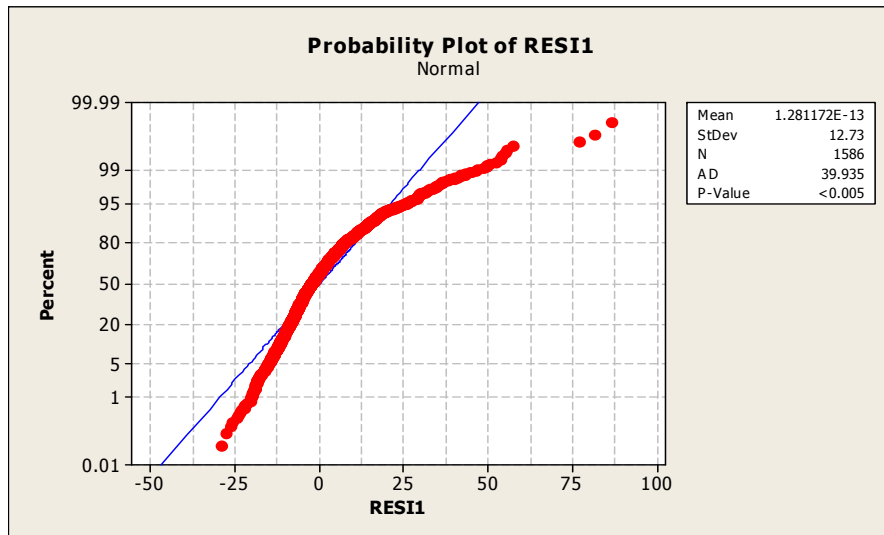
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	130472	26094	160.39	0.000
Residual Error	1580	257051	163		
Total	1585	387522			

ค่า p-value ของการทดสอบเอฟ (F test) ของตาราง ANOVA มีค่าน้อยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวแบบที่มีตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวนี้สามารถใช้ทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ได้ และสมการในการประมาณค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  คือ

$$PM_{10} = 22.2 + 2.65NO_x + 7.67CO \& O_3 + 3.07HC \& CH_4 + 2.88Pressure + 0.97SO_2 \& WS$$

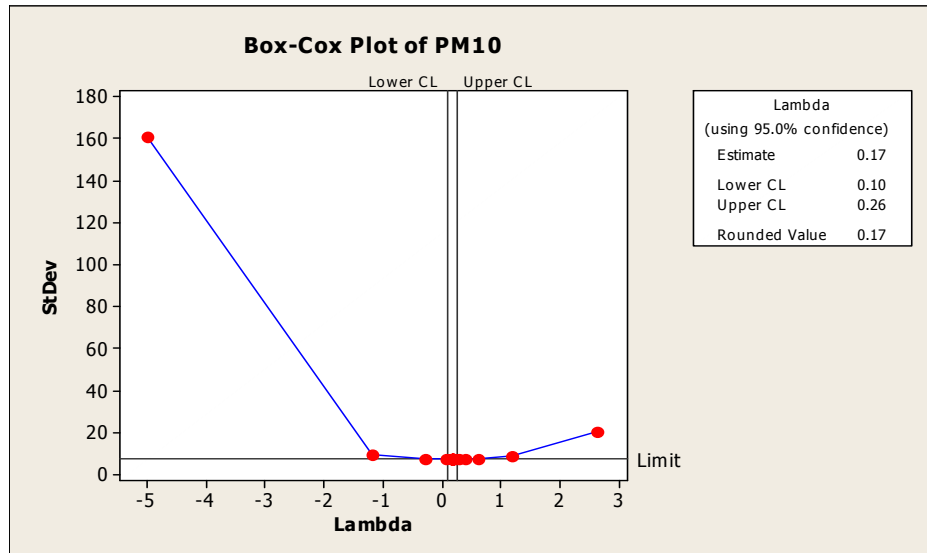
โดยมีค่า  $S=12.7550$ ,  $R-Sq=33.7\%$  และ  $R-Sq(adj)=33.5\%$

จากนั้นจึงทำการตรวจสอบข้อสมมุติของการวิเคราะห์การถดถอยของตัวแบบที่ได้นี้และพบว่าค่าคลาดเคลื่อนไม่ได้มีการแจกแจงปกติ ซึ่งพิจารณาได้จากค่า p-value ของกราฟ Normal Probability Plot มีค่าน้อยมาก (คือน้อยกว่า 0.0005) ดังภาพที่ 2



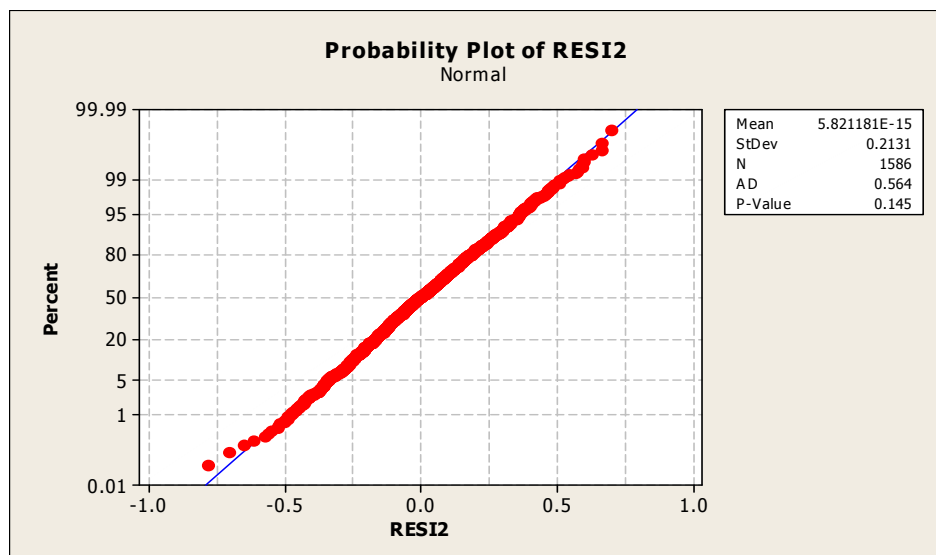
ภาพที่ 2 กราฟ Normal Probability Plot ของค่าคลาดเคลื่อนของการถดถอยระหว่างค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  และตัวแปรอิสระ 5 ตัว

เนื่องจากค่าคลาดเคลื่อนของตัวแบบที่ได้นี้ไม่ได้มีการแจกแจงปกติ และเพื่อให้ได้ตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักที่มีข้อสมมุติเป็นไปตามข้อสมมุติของการถดถอย จึงใช้การแปลงข้อมูลของบ็อกซ์-ค็อกซ์ (Box-Cox Transformation) เพื่อแปลงค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ให้ได้ตัวแบบการถดถอยที่มีค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติซึ่งแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การแปลงค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ด้วยการแปลงข้อมูลของบ็อกซ์คอกซ์

เมื่อใช้การแปลงข้อมูลของบ็อกซ์คอกซ์แล้วพบว่าได้ค่า  $\lambda = 0.17$  ซึ่งใกล้เคียงกับค่า  $\lambda = 0$  จึงทำการแปลงค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> เป็นค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> หรือ  $\log(\text{PM}_{10})$  จากนั้นทำการวิเคราะห์ถดถอยใหม่ระหว่างค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัว แล้วตรวจสอบข้อสมมุติของค่าคลาดเคลื่อนของตัวแบบนี้ว่ามีการแจกแจงปกติหรือไม่ด้วยกราฟ Normal Probability Plot ดังแสดงด้วยภาพที่ 4



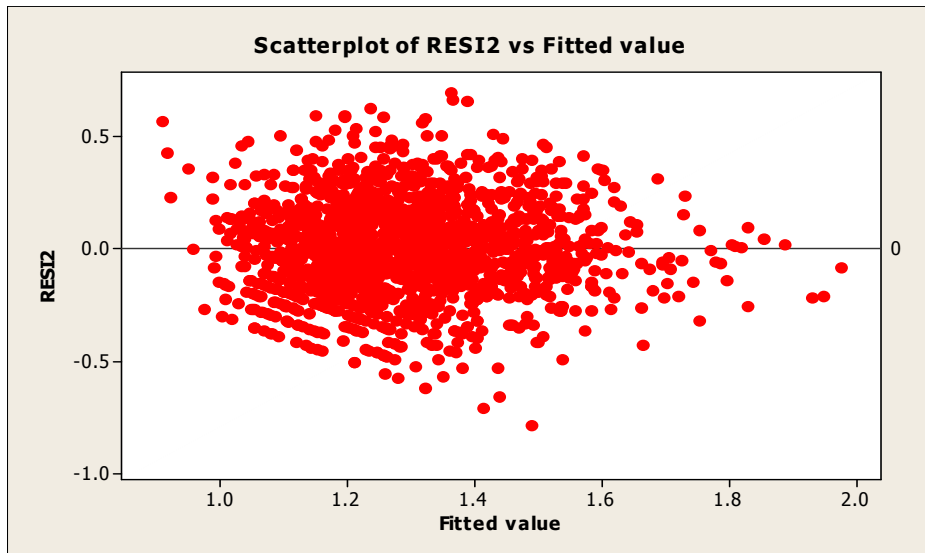
ภาพที่ 4 กราฟ Normal Probability Plot ของค่าคลาดเคลื่อนของการถดถอยระหว่างค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 5 ตัว

จากภาพที่ 4 พบว่าค่า p-value ของกราฟ Normal Probability Plot มีค่าสูงมาก (คือมากกว่า 0.005) จึงแสดงให้เห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนของตัวแบบนี้มีการแจกแจงปกติซึ่งเป็นไปตามข้อสมมุติของการถดถอย

จากนั้นจึงทำการตรวจสอบข้อสมมุติที่เหลือของการถดถอยอีก 2 ข้อ คือ

1. ความเป็นอิสระกันของค่าคลาดเคลื่อน

ด้วยกราฟการกระจายระหว่างค่าตกค้าง (Residual) และค่าประมาณของค่าลอการิทึมของความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> (Fitted value) ดังแสดงด้วยภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กราฟการกระจายระหว่างค่าตกค้าง (Residual) และค่าประมาณของค่าลอการิทึมของความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> (Fitted value)

จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าค่าตกค้างกระจายอยู่อย่างสุ่มรอบค่าเส้นอ้างอิง (Residual=0) ซึ่งแสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนของตัวแบบนี้เป็นอิสระกัน

2. ความแปรปรวนคงที่ของค่าคลาดเคลื่อน

ด้วยการทดสอบของ Breusch-Pagan ซึ่งจะได้สถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ

$$\chi_{BP}^2 = \frac{SSR^*/6}{(SSE/n)^2} = \frac{0.075852/6}{(257,051/1,586)^2} = 4.81 \times 10^{-7}$$

เนื่องจาก  $\chi_{BP}^2 < \chi_{0.95; 5}^2 = 11.0705$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนของตัวแบบนี้มีค่าคงที่

เมื่อผลการตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนของตัวแบบนี้เป็นไปตามข้อสมมุติของการถดถอย จึงทำการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างค่าลอการิทึมของความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัว พบว่าตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวนี้มีอิทธิพลต่อค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ดังแสดงในตารางที่ 9 และจะให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกันกับเมื่อทดสอบด้วยสถิติเอฟของตาราง ANOVA ในตารางที่ 10

ตารางที่ 9 การทดสอบการถดถอยระหว่างค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 5 ตัว

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1.26604	0.005480	231.03	0.000
NO <sub>x</sub>	0.04046	0.005570	7.26	0.000
CO&O <sub>3</sub>	0.12917	0.005393	23.95	0.000
HC&CH <sub>4</sub>	0.05897	0.005328	11.07	0.000
Pressure	0.05847	0.004893	11.95	0.000
SO <sub>2</sub> &WS	0.01145	0.005334	2.15	0.032

ตารางที่ 10 ตาราง ANOVA ของการถดถอยระหว่างค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และตัวแปรอิสระ 5 ตัว

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	39.52	7.9044	173.490	0
Residual	1580	71.9887	0.046		
Total	1585	111.51			

ดังนั้นจึงได้สมการถดถอยส่วนประกอบหลักในการทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ดังนี้

$$Y' = 1.27 + 0.0405NO_x + 0.129CO \& O_3 + 0.0590HC \& CH_4 + 0.0585 Pressure + 0.0114 SO_2 \& WS$$

เมื่อ  $Y' = \log(PM_{10})$  เป็นค่าทำนายของค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub>  
 $NO_x$  เป็นออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน  
 $CO \& O_3$  เป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซโอโซน  
 $HC \& CH_4$  เป็นก๊าซไฮโดรคาร์บอนและก๊าซมีเทน  
 $Pressure$  เป็นความดัน  
 $SO_2 \& WS$  เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความเร็วลม

โดยมีค่า  $S=0.213454$ ,  $R-Sq=35.4\%$  และ  $R-Sq(adj)=35.2\%$

#### 4. ผลการหาค่าดัชนีสมรรถนะ

เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ด้วยค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ระหว่างชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ (Training data set) และชุดของข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation data set) ได้ผลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$

ชุดของข้อมูล	RMSE
Training data set	0.157776
Validation data set	8.77367



## บทที่ 4

### บทสรุป

#### 4.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัย “การทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทย ด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก” พบว่าตัวแปรมลพิษทางอากาศที่มีความสำคัญต่อความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO), ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>), ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>), ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC), ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) และก๊าซโอโซน (O<sub>3</sub>) ส่วนตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความสำคัญต่อความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ได้แก่ ความดัน (Pressure), ความชื้นสัมพัทธ์ (RH), อุณหภูมิ (Temp), การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (SR) และทิศทางลม (WD)

เมื่อประยุกต์การวิเคราะห์ปัจจัยโดยทำการดึงปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลักและหมุนปัจจัยด้วยวิธี แวริแมกซ์แล้วสามารถกำหนดตัวแปรอิสระใหม่ที่มีความสำคัญต่อค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> จากกลุ่มของตัวแปรทั้งตัวแปรมลพิษทางอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาจำนวน 8 ปัจจัย ได้แก่

- ปัจจัยที่ 1 แสดงถึง กลุ่มของออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>)
- ปัจจัยที่ 2 แสดงถึง อุณหภูมิและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Temp&SR)
- ปัจจัยที่ 3 แสดงถึง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซโอโซน (CO&O<sub>3</sub>)
- ปัจจัยที่ 4 แสดงถึง ก๊าซไฮโดรคาร์บอนและก๊าซมีเทน (HC & CH<sub>4</sub>)
- ปัจจัยที่ 5 แสดงถึง ก๊าซอนุพันธ์ไฮโดรคาร์บอน (NMHC)
- ปัจจัยที่ 6 แสดงถึง ความดัน (Pressure)
- ปัจจัยที่ 7 แสดงถึง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความเร็วลม (SO<sub>2</sub>&WS)
- ปัจจัยที่ 8 แสดงถึง ปริมาณน้ำฝน (Rain)

เมื่อสร้างสมการถดถอยส่วนประกอบหลักในการทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> จากตัวแปรอิสระใหม่ที่ได้นี้ด้วยวิธีเซตย่อยที่ดีที่สุด พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> มีเพียง 5 ตัว คือ กลุ่มของออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>), ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซโอโซน (CO&O<sub>3</sub>), ก๊าซไฮโดรคาร์บอนและก๊าซมีเทน (HC & CH<sub>4</sub>), ความดัน (Pressure) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความเร็วลม (SO<sub>2</sub>&WS) และเพื่อให้ได้ตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักที่มีข้อสมมุติเป็นไปตามข้อสมมุติของการถดถอย จึงมีแปลงค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ให้เป็นค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> (log(PM<sub>10</sub>)) ซึ่งทำให้ได้สมการถดถอยส่วนประกอบหลักในการทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ดังนี้

$$Y' = 1.27 + 0.0405NO_x + 0.129CO \& O_3 + 0.0590HC \& CH_4 + 0.0585 \text{ Pressure} + 0.0114 \text{ SO}_2 \& WS$$

เมื่อ	$Y' = \log(PM_{10})$	เป็นค่าทำนายของค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นของ PM <sub>10</sub>
	$NO_x$	เป็นออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน
	$CO \& O_3$	เป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซโอโซน
	$HC \& CH_4$	เป็นก๊าซไฮโดรคาร์บอนและก๊าซมีเทน

<i>Pressure</i>	เป็นความดัน
<i>SO<sub>2</sub> &amp; WS</i>	เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความเร็วลม

เมื่อใช้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ในการวัดค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบ เพื่อทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> พบว่าค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบมีค่าเท่ากับ 0.157776 และชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบมีค่าเท่ากับ 8.77367

#### 4.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัย “การทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ตัวแปรในบรรยากาศที่มีอิทธิพลและมีผลกระทบต่อความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ในเขตอุตสาหกรรม

ภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งพิจารณาได้จากค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันมี 13 ตัว ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO), ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>), ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>), ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC), ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>), ก๊าซโอโซน (O<sub>3</sub>), ความดัน (Pressure), ความชื้นสัมพัทธ์ (RH), อุณหภูมิ (Temp), การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (SR) และทิศทางลม (WD) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัย “การพัฒนาเทคนิคของข่ายงานระบบประสาทสำหรับการทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทย” (Mekpariyup & Saithanu, 2013)

2. สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปเผยแพร่ให้กับกรมควบคุมมลพิษเพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบในการป้องกันเบื้องต้น เมื่อพบว่ามีค่าปริมาณความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทย สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อชุมชน

3. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลักสำหรับจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทยได้ หรืออาจทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่มีจำนวนโหนดของชั้นอินพุตเท่ากับจำนวนตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ได้

## บทที่ 5

### ผลผลิต

#### 5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ

Mekpariyup, J., & Saithanu, K. (2015). Prediction of  $PM_{10}$  Concentration in the Eastern Industrial Areas of Thailand with Principal Component Regression Method. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*. X(X), xxx-xxx.

#### 5.2 การจดสิทธิบัตร

ไม่มี

#### 5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์

ไม่มี

#### 5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ

เป็นองค์ความรู้สำหรับการวิจัยต่อไปในการทำนายค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในบริเวณเขตอุตสาหกรรมหรือเขตชุมชนเมืองหนาแน่นของภาคอื่น ๆ ในประเทศไทย ด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลักซึ่งจะทำให้ทราบถึงตัวแปรมลพิษทางอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อการเกิดของ  $PM_{10}$

รายงานสรุปการเงิน  
 เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย 2558A10802013 สัญญาเลขที่ 71/2558  
 โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)  
 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558  
 มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การทำนายค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ในเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยวิธีการถดถอยส่วนประกอบหลัก (Prediction of PM<sub>10</sub> Concentration in the Eastern Industrial Areas of Thailand with Principal Component Regression Method)

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ผศ.ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2558

ระยะเวลาในการดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2557 – 30 กันยายน พ.ศ. 2558

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%)	125,000 บาท	เมื่อวันที่ เดือน ปี	14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557
งวดที่ 2 (40%)	90,000 บาท	เมื่อวันที่ เดือน ปี	21 เมษายน พ.ศ. 2558
งวดที่ 3 (10%)	_____ บาท	เมื่อวันที่ เดือน ปี	_____
รวม	215,000 บาท	(สองแสนหนึ่งหมื่นห้าพันบาทถ้วน)	

รายจ่าย

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
๑. ค่าตอบแทน	50,000.00	50,000.00	0.00
๒. ค่าจ้าง	24,000.00	24,000.00	0.00
๓. ค่าวัสดุ	115,000.00	115,000.00	0.00
๔. ค่าใช้สอย	36,000.00	36,000.00	0.00
๕. ค่าสาธารณูปโภค	25,000.00	25,000.00	0.00
๖. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	-	-	-
รวม	250,000.00	250,000.00	0.00

( \_\_\_\_\_ )  
 ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

## บรรณานุกรม

- ปัญญา แชน้ำแก้ว พรรณศักดิ์ เอี่ยมรักษา สันติ รักษาวงศ์ เกริก วงศ์สอนธรรม ชลชาย อังวณิชย์สกุล และสุนทรี ชุนทอง. (2554). รายงานความเข้มข้นของมลพิษอากาศและการวิเคราะห์แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่วัดจากสถานีตรวจคุณภาพอากาศ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา. นิทรรศการงานวิจัย “บนเส้นทางงานวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2554”.
- แผนงานสร้างเสริมนโยบายสาธารณะที่ดี. (2554). *คุณภาพอากาศในพื้นที่มาบตาพุดและบริเวณใกล้เคียงจังหวัดระยอง*. วันที่ค้นข้อมูล 13 พฤศจิกายน 2555, เข้าถึงได้จาก [www.ehwm.chula.ac.th/maptaphut/air-maptaphut.pdf](http://www.ehwm.chula.ac.th/maptaphut/air-maptaphut.pdf)
- เสาวลักษณ์ อร่ามพงศานุวัต และ พยุง มีสัจ. (2553). การพัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณ PM<sub>10</sub> ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม. The 6<sup>th</sup> National Conference on Computing and Information Technology.
- เสาวลักษณ์ อร่ามพงศานุวัต และ พยุง มีสัจ. (2554). การพัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณ PM<sub>10</sub> โดยใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน และโครงข่ายเรเดียลเบซีสฟังก์ชัน. The 7<sup>th</sup> National Conference on Computing and Information Technology.
- Amos, P. K. Tai. (2008). *Regional Differences in the Effects of the Climate Change on Air Quality in the United States with a Focus on Particulate Matter Concentrations*. Retrieved November ๑๓, ๒๐๑๒, from [www.gsd.harvard.edu/academic/fellowships/prizes/gisprize/.../Amos\\_Tai.pdf](http://www.gsd.harvard.edu/academic/fellowships/prizes/gisprize/.../Amos_Tai.pdf)
- Bondi, A. L. & Plaia, A. (2005). Weather Variables and Air Pollution Via Hierarchical Linear Models. *Statistics and Environment*. Cleup, Messina, 237-240.
- Mekpariyup, J. & Saithanu, K. (2013). Development of Neural Network Technique for Prediction of PM<sub>10</sub> Concentration in the Industrial Area, at the East of Thailand. *Applied Mathematical Sciences*, 7(93), 4631-4638.
- Pires, J. C. M., Martins, F. G., Sousa, S. I. V., Ferraz, M. C. M. A. & Pereira, M. C. (2008). Prediction of the Daily Mean PM<sub>10</sub> Concentrations Using Linear Models. *American Journal of Environmental Sciences*, 4(5), 445-453.
- UI-Saufie, A. Z., Yahya, A. S. & Ramli, N. A. (2011). Improving multiple linear regression model using principal component analysis for predicting PM<sub>10</sub> concentration in Seberang Prai, Pulau Pinang. *International Journal of Environmental Sciences*, 2(2), 415-422.

United States Environmental Protection Agency. (2006). *Guidelines for the Reporting of Daily Air Quality—the Air Quality Index (AQI)*. Retrieved November 26, 2011, from <http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t1/memoranda/rg701.pdf>

Velicer, W.F. & Jackson, D.N. (1990). Component Analysis Versus Common Factor-Analysis-Some Further Observations. *Multivariate Behavioral Research*, 25(1), 97-114.