



## รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศ  
ในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์

Development of a Mathematical Model for Assessing Air Quality  
in the Rattanakosin Area.

โดย

นายศิวพันธุ์ ชูอินทร์

ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ปีงบประมาณ 2549

ISBN 987-974-421-645-8

# รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศ  
ในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์

Development of a Mathematical Model for Assessing Air Quality  
in the Rattanakosin Area.

โดย

นายศิวพันธุ์ ชูอินทร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ปีงบประมาณ 2549

ISBN 987-974-421-645-8

## บทคัดย่อ

หัวข้อรายงานการวิจัย : การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์

ชื่อผู้วิจัย : นายศิวพันธุ์ ชูอินทร์

ปีที่ทำการวิจัย : 2549

.....

การศึกษาเรื่องการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่เกิดจากการจราจรบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร และนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้

การศึกษานี้ทำการเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศได้แก่ ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ตรวจวัดความเร็วลม เป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงพร้อมทั้งตรวจวัดปริมาณและความเร็วรถแยกประเภท ได้แก่ รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ รถบรรทุกขนาดเล็กและรถบรรทุกขนาดใหญ่ ศึกษาโครงสร้างของถนนและช่องว่างที่สามารถระบายสารมลพิษทางอากาศออกนอกถนนได้ นำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยพื้นฐานของแบบจำลองแบบกล่องและหลักการวิเคราะห์ความถดถอย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมจะผ่านการยอมรับทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งเป็นระดับที่ดีที่สุดสำหรับการศึกษาทางด้านคุณภาพอากาศ และให้ค่า  $R^2$  ที่สูง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถใช้ประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ อนุภาคฝุ่น และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ได้ โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ เท่ากับ 0.907 0.618 และ 0.541 ตามลำดับ และนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในชื่อ "RAM" เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศคือ ปริมาณรถแต่ละชนิด ซึ่งความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ขึ้นกับจำนวนรถโดยสารส่วนบุคคลมากที่สุด ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นและก๊าซไนโตรเจนได

(2)

ออกไซด์ขึ้นกับรถบรรทุกขนาดใหญ่มากที่สุด ส่วนโครงสร้างถนนและความเร็วลมไม่มี  
ความสัมพันธ์โดยตรงต่อความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากการตรวจวัดจริง แต่เป็น  
ปัจจัยที่สำคัญที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณคุณภาพอากาศในพื้นที่  
เกาะรัตนโกสินทร์

คำสำคัญ : มลพิษทางอากาศ, เกาะรัตนโกสินทร์, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์, แบบจำลองแบบ  
กล่อง, ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์, อนุภาคฝุ่น, ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

## Abstract

**Research Title :** DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR ASSESSING AIR QUALITY IN THE RATTAKOSIN AREA.

**Author :** Mr.Sivapan Choo-in

**Year :** 2006

.....

This study focuses on developing a mathematical model to assess air quality in the Rattanakosin Area, Bangkok. Two objectives of the study are as follow; first, to develop a model which can be used to assess the concentration levels of air pollutants, i.e. total suspended particle (TSP), carbon monoxide (CO), and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) occurred by traffic source in the study area, and second, to employ this model for developing a computer program that anyone is able to use easily. According to the study, data such as concentrations of TSP, CO, and NO<sub>2</sub>, wind velocity, number and speed of vehicles have been collected. In addition, types of vehicle have also been recorded by dividing into 4 groups as motor cycle, private car, mini-bus or mini-truck, and bus or heavy truck, respectively. Besides, road structure and physical environments surrounding curbside areas are taken into account. These are all data that need for developing a mathematical model under the principle of Box model and regression analysis. It is expected that the model developed by this study should have the accuracy up to 95% of significant level with R<sup>2</sup> close to 1. As a consequence of the study, a mathematical model has been developed which is suitable for assessing CO, TSP and NO<sub>2</sub> concentrations in the study area with R<sup>2</sup> equals to 0.907, 0.618 and 0.541 respectively. A computer program named "Rattanakosin Air Model : RAM" has also been developed by using such model. It is found that factor affecting the level of air

(4)

pollutants in this study is the number of each type of vehicle. That is, CO concentration depends mostly on the number of private car whereas concentrations of TSP and NO<sub>2</sub> vary by the number of bus or heavy truck. The other factors such as road structure and wind velocity are not related directly to the concentration level of air pollutants derived from actual observation. However, both of them are important factors necessary for the development of a mathematical model used to assess air quality in Rattanakosin area.

**Key words:** Air Pollution, Rattanakosin Area, Mathematical Model, Box Model

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่อง “การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์” สำเร็จได้ เนื่องจากบุคคลหลายท่านได้กรุณาช่วยเหลือ ให้ข้อมูล ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแนะนำ ความคิดเห็นและกำลังใจ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ท่านอธิการบดี ท่านคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ท่านรองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ ท่านผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา และอาจารย์ภายในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาที่มอบความไว้วางใจและเชื่อมั่นในตัวผู้วิจัย ให้ความอนุเคราะห์ด้านคำปรึกษา ตลอดจนการให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัยตลอดมา ทำให้การดำเนินงานวิจัยประสบความสำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาที่ได้สนับสนุนเงินทุนวิจัยในครั้งนี้

ผู้เขียนขอกราบพระคุณ รศ.ดร.วราวุธ เสือดี อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ด้านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้านมลพิษทางอากาศ ที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาวิจัย

ขอขอบพระคุณดร.อาณัติ ต๊ะปิ่นตา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ คำแนะนำในการทำวิจัย

ขอขอบคุณนักศึกษาที่ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศ เก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา สมาชิกในครอบครัวที่ได้ร่วมให้กำลังใจตลอดมาซึ่งทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์

ธันวาคม 2549

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
ABSTRACT	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(15)
สารบัญแผนที่	(17)
สารบัญกราฟ	(18)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 สัญลักษณ์และคำย่อ	3
บทที่ 2 ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 เกาะรัตนโกสินทร์	5
2.2 สารมลพิษทางอากาศ	8
2.3 การปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากการจราจร	14
2.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	18
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	34
3.1 สถานที่ทำวิจัย	34
3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์	37
3.3 การเก็บข้อมูลลักษณะของถนน	38
3.4 การตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ	38

	หน้า
3.5 การเก็บข้อมูลที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ	39
3.6 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	41
3.7 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์	43
3.8 ระยะเวลาการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	44
บทที่ 4 ผลการศึกษา และการวิเคราะห์ผล	45
4.1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ	45
4.2 ผลการตรวจวัดความเร็วลม	49
4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณการจราจร	51
4.4 ผลการศึกษารูปแบบถนน	53
4.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	57
4.6 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	61
4.7 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่าย	82
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	84
5.1 สรุปผลการศึกษา	84
5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาในอนาคต	87
บรรณานุกรม	88
ภาคผนวก	94
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศ	95
ภาคผนวก ข วิธีการตรวจวัดความเข้มของสารมลพิษทางอากาศ	99
ภาคผนวก ค ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างและโครงสร้างถนน	108
ภาคผนวก ง ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ	
ความเร็วลม และปริมาณการจราจร	113
ภาคผนวก จ อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ	137
ภาคผนวก ฉ อัตราการปล่อย ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้	
จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	144
ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	171
ภาคผนวก ซ มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย	
พ.ศ. 2538	187

	<b>หน้า</b>
ภาคผนวก ฉ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ RAM	188
ภาคผนวก ญ ภาพถนนในเกาะรัตนโกสินทร์	195
ภาคผนวก ฎ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร	204
ประวัติผู้เขียนรายงานวิจัย	207

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	สัดส่วนการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากรถประเภทต่าง ๆ	15
3.1	ตำแหน่ง ถนนและวันที่ในการเก็บตัวอย่าง	34
3.2	แผนการดำเนินการวิจัย	44
4.1	ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศเป็นค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง	44
4.2	ผลการตรวจวัดความเร็วลม	49
4.3	สรุปปริมาณการจราจรและความเร็วรถเป็นค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง	51
4.4	ร้อยละของโครงสร้างถนนด้านข้างที่มีลักษณะเปิดที่สามารถระบายสารมลพิษทางอากาศออกสู่ภายนอกได้	55
4.5	อัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่นจากรถประเภทต่าง ๆ	62
4.6	อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประเภทและความเร็วรถ	62
4.7	อัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประเภทและความเร็วรถ	63
4.8	สรุปผลการคำนวณหาอัตราการปล่อยของสารมลพิษทางอากาศ	66
4.9	ผลการวิเคราะห์การถดถอยด้วยโปรแกรม SPSS for window เวอร์ชัน 11.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %	75
ข.1	การเตรียมสารละลายสำหรับทำกราฟมาตรฐาน	106
ค.1	ตำแหน่งเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศและความกว้างถนน	106
ค.2	ลักษณะอาคาร 2 ฝั่งถนน	109
ง.1	ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศและความเร็วลม	113
จ.1	อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่ความเร็วต่าง ๆ ของรถยนต์เครื่องยนต์เบนซิน	137

<b>ตารางที่</b>	<b>หน้า</b>
จ.2 อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่ความเร็วต่าง ๆ ของรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	137
จ.3 อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่ความเร็วต่าง ๆ ของรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่	138
จ.4 อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่ความเร็วต่าง ๆ ของรถจักรยานยนต์	139
จ.5 อัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่นจากรถประเภทต่าง ๆ	139
ฉ.1 อัตราการปล่อย ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากแบบจำลอง แบบกล่องและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น	144
ช.1 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถ ทั้งหมดกับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น	171
ช.2 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณรถทั้งหมดกับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น	171
ช.3 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถ ทั้งหมดกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	171
ช.4 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณรถทั้งหมดกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	172
ช.5 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถ ทั้งหมดกับความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	172
ช.6 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณรถทั้งหมดกับความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	172
ช.7 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถ แยกประเภทกับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น	172
ช.8 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณรถแยกประเภทกับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น	173
ช.9 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณรถแยกประเภทกับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น	173
ช.10 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถ แยกประเภทกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	173



ตารางที่	หน้า
ข.24 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับโครงสร้างถนน	178
ข.25 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความ เข้มข้นของอนุภาคฝุ่นกับความเร็วลม	178
ข.26 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นกับความเร็วลม	179
ข.27 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความ เข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วลม	179
ข.28 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วลม	179
ข.29 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความ เข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับความเร็วลม	179
ข.30 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับความเร็วลม	180
ข.31 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความ เข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง	180
ข.32 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบ กล่อง	180
ข.33 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลอง แบบกล่อง	181
ข.34 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความ เข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลอง แบบกล่อง	181
ข.35 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบ จำลองแบบกล่อง	181

ตารางที่	หน้า
ช.36 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง	182
ช.37 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง	182
ช.38 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง	182
ช.39 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง	183
ช.40 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา	183
ช.41 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา	183
ช.42 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา	184
ช.43 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา	184
ช.44 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา	184

ตารางที่	หน้า
ช.45 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา	185
ช.46 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา	185
ช.47 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา	185
ช.48 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา	186
ช.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย พ.ศ. 2538 ของกรมควบคุมมลพิษ (ที่สภาวะมาตรฐาน 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ)	187

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	พื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์	6
3.1	องค์ประกอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณ ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ	41
3.2	ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	42
4.1	โครงสร้างของถนนดินสอ ที่ทำการศึกษา	54
4.2	โปรแกรม “Rattanakosin Air Model” หรือ “RAM”	83
ก.1	เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น	95
ก.2	การติดตั้งเครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น	95
ก.3	เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ระบบก๊าซฟิลเตอร์ คอริเลชัน	96
ก.4	ปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ	96
ก.5	ถุงเก็บตัวอย่าง	96
ก.6	การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอน มอนอกไซด์	97
ก.7	อิมพินเจอร์	97
ก.8	การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจน ไดออกไซด์	98
ก.9	ชุดการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจน ไดออกไซด์	98
ข.1	ระบบการตรวจวัดระบบก๊าซฟิลเตอร์คอริเลชัน	102
ข.2	แผนภาพแสดงการประกอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	105
ญ.1	ถนนตะนาว	195
ญ.2	ถนนราชดำเนินกลาง	195
ญ.3	ถนนสีปสามห้าง	196

ภาพที่	หน้า
ญ.4 ถนนพระสุเมรุ	196
ญ.5 ถนนพระสุเมรุ	196
ญ.6 ถนนจักรพงษ์	197
ญ.7 ถนนพระอาทิตย์	197
ญ.8 ถนนพระอาทิตย์	197
ญ.9 ถนนตีทอง	198
ญ.10 ถนนบำรุงเมือง	198
ญ.11 ถนนดินสอ	198
ญ.12 ถนนมหารณพ	199
ญ.13 ถนนตะนาว	199
ญ.14 ถนนเฟื่องนคร	199
ญ.15 ถนนมหาไชย	200
ญ.16 ถนนหน้าพระธาตุ	200
ญ.17 ถนนพระจันทร์	200
ญ.18 ถนนมหาจักร	201
ญ.19 ถนนมหาราช	201
ญ.20 ถนนอัษฎางค์	201
ญ.21 ถนนราชินี	202
ญ.22 ถนนเจริญกรุง	202
ญ.23 ถนนสนามไชย	202
ญ.24 ถนนตรีเพชร	203
ญ.25 ถนนจักรเพชร	203
ญ.26 ถนนบ้านหม้อ	203

## สารบัญแนที่

แนที่	หน้า
2.1 พื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์	6
2.2 เส้นทางจราจรทางบกภายในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์	7
3.1 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศ	36

## สารบัญญภาพ

กราฟที่	หน้า
2.1 ปริมาณอนุภาคฝุ่นทั้งหมดในระหว่างปี 1992-2000	10
4.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น	47
4.2 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	47
4.3 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	48
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากรถประเภทต่าง ๆ กับความเร็วรถ	58
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนจากรถประเภทต่าง ๆ กับความเร็วรถ	59
4.6 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นจากการตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองแบบกล่อง	70
4.7 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองแบบกล่อง	71
4.8 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองแบบกล่อง	71
4.9 กราฟเส้นแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น	79
4.10 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น	79
4.11 กราฟเส้นแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	80
4.12 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	80

กราฟที่	หน้า
4.13 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	81
4.14 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	81
จ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง	140
จ.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	140
จ.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	141
จ.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถจักรยานยนต์	141
จ.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง	142
จ.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของรถยนต์เล็กซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	142
จ.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของรถยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	143
จ.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของรถจักรยานยนต์	143

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 หลักการและเหตุผล

การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยที่ผ่านมาก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในหลายด้านด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นปัญหามลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง ปัญหาการเพิ่มปริมาณมากขึ้นของขยะและของเสียอันตราย ปัญหามลพิษทางอากาศอันเนื่องจากการขยายตัวของเมืองเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคนไทย โดยเฉพาะในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและบริเวณใกล้เคียง การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของรถชนิดต่าง ๆ ทำให้เกิดการจราจรที่หนาแน่น คับคั่ง รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ การจราจรติดขัด ส่งผลให้มีการปล่อยสารมลพิษทางอากาศออกมาจากท่อไอเสีย ที่สำคัญได้แก่ อนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ในการศึกษาเพื่อประเมินความรุนแรงของปัญหามลพิษทางอากาศนั้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความง่าย ลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตรวจวัดจริงในสถานที่ศึกษา แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ศึกษาเพื่อประเมินคุณภาพอากาศเกือบทั้งหมดที่ใช้ในประเทศไทยเป็นแบบจำลองที่ได้จากองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US.EPA) ซึ่งบางแบบจำลองสามารถนำมาใช้กับประเทศไทยได้ แต่บางแบบจำลองต้องมีการพัฒนาให้เหมาะสมก่อนนำมาใช้ การมีแบบจำลองที่เหมาะสมจะทำให้การศึกษาเพื่อวางแผนการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางด้านอากาศมีความถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพที่เป็นจริง แบบจำลองขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกาสามารถดาวน์โหลดได้จากอินเทอร์เน็ตแต่เป็นแบบจำลองที่มีความยากในการนำไปใช้งาน จึงมีหน่วยงานภาคเอกชนของประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำไปประยุกต์ใช้โดยพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน แต่มีราคาแพงมาก และเหมาะสมกับการประเมินคุณภาพอากาศที่ปล่อยจากปล่องควันหรือกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการศึกษามลพิษทางอากาศจากการจราจรมีหลายแบบจำลอง เช่น แบบจำลอง CALINE4 แบบจำลอง HIWAY เป็นต้น แบบจำลองแบบกล่อง (Box Model) แบบจำลอง CALINE4 แบบจำลอง HIWAY เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับถนนที่มีลักษณะเป็นทางหลวง ทางด่วนที่รถเคลื่อนตัวอย่างต่อเนื่อง ส่วนแบบจำลองแบบกล่องสามารถใช้ศึกษาเพื่อประเมินคุณภาพอากาศในเมืองได้ การประยุกต์ใช้แบบจำลองในประเทศไทยนั้นยังมีการศึกษากันน้อยมาก ส่วนใหญ่แล้วเป็นการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่แล้วในต่างประเทศมาศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบด้านมลพิษทางอากาศโดยไม่ได้มีการพัฒนาให้เหมาะกับพื้นที่จริงของประเทศไทย ดังนั้นจะเกิดความผิดพลาดของผลการศึกษาได้

พื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ชั้นในเป็นพื้นที่ที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรมของประเทศไทย มีโบราณสถานต่าง ๆ มากมาย เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ แต่เนื่องจากการพัฒนาของประเทศอย่างรวดเร็วทำให้ถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ที่มีการจราจรหนาแน่น ติดขัด และส่งผลต่อปัญหามลพิษทางอากาศตามมา โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มิงงานพิธีต่าง ๆ ที่จัดขึ้นในบริเวณสนามหลวงทำให้การจราจรในบริเวณนั้นติดขัด เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วต่ำ จากสถิติข้อมูลการจราจรของกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2542 ปริมาณการจราจรบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ในแต่ละวันมีจำนวนรถมากกว่า 10,000 คัน

ปัญหามลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากการจราจรเป็นสำคัญ ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศริมถนนในเขตกรุงเทพมหานครในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา พบว่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดเกินเกณฑ์มาตรฐาน คือ อนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ การวิจัยที่นำเสนอในครั้งนี้เป็นการวิจัยประยุกต์เพื่อศึกษา ประยุกต์และพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ประเมินคุณภาพอากาศจากการจราจรในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ อันจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้แบบจำลองกับพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินคุณภาพอากาศบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์

1.2.2 เพื่อศึกษารูปแบบของอาคาร สิ่งก่อสร้าง 2 ฝั่งถนน ที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์

1.2.3 เพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการใช้ประเมินคุณภาพอากาศ

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินคุณภาพอากาศบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ และสามารถประยุกต์ใช้กับถนนในพื้นที่อื่นได้

1.3.2 ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศบนท้องถนน

1.3.3 ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำไปใช้ประเมินคุณภาพอากาศจากการจราจรบนถนนได้

## 1.4 สัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
A	แทน รั้อยละของช่องว่างที่มีอิทธิพลให้เกิดการระบายของสารมลพิษทางอากาศออกจากถนน
$\beta_0$	แทน ส่วนตัดแกน Y หรือคือค่าของตัวแปรตามเมื่อตัวแปรอิสระมีค่าเท่ากับ 0
$\beta_1$	แทน ความชันของเส้นตรง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม เมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย และจะเรียก $\beta_1$ ว่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย
$C_{CO}$	แทน ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

$C_{NO_2}$	แทน ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์
$C_{TSP}$	แทน ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น
L	แทน ความยาวถนน
Ni	แทน จำนวนรถประเภท i
$Q_a$	แทน อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ
S	แทน ความเร็วรถ
u	แทน ความเร็วลม
W	แทน ความกว้างของถนน รวมกับความกว้างของทางเดินเท้าทั้ง 2 ฝั่ง
$Y_{CO}$	แทน อัตราการการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
$Y_{TSP}$	แทน อัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่น
$Y_{NO_2}$	แทน อัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์
Z	แทน ความสูงของชั้นผสม

### คำย่อ

TSP	อนุภาคฝุ่น
CO	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
NO <sub>2</sub>	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์
RAM	Rattanakosin Air Model
มก./ลบ.ม.	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

## บทที่ 2

### ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 เกาะรัตนโกสินทร์

บริเวณกรุงรัตนโกสินทร์ ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการอนุรักษ์และพัฒนากรุงรัตนโกสินทร์และเมืองเก่า พ.ศ. 2546 หมายถึง “บริเวณของคูกน้ำริมสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างอันเป็นที่ตั้งถิ่นฐานชุมชนที่เก่าแก่ที่สุดของกรุงเทพมหานคร โดยปรากฏหลักฐานในแผนที่ทะเล และแผนที่โบราณที่ชาวต่างประเทศได้ทำไว้ตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา ในนามว่าเมือง “บางกอก”

พื้นที่บริเวณกรุงรัตนโกสินทร์ มีเนื้อที่ทั้งหมด 5.8 ตารางกิโลเมตร แบ่งออกเป็น 3 บริเวณ ดังแผนที่ 2.1 (คณะกรรมการอนุรักษ์และพัฒนากรุงรัตนโกสินทร์และเมืองเก่า, 2547 : 35) ประกอบด้วย

1. บริเวณกรุงรัตนโกสินทร์ชั้นใน คือ บริเวณที่มีอาณาเขตล้อมรอบด้วยแม่น้ำเจ้าพระยาและคลองคูเมืองเดิม (คลองหลอด) มีเนื้อที่ประมาณ 1.8 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในท้องที่แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร

2. บริเวณกรุงรัตนโกสินทร์ชั้นนอก คือ บริเวณที่มีอาณาเขตล้อมรอบด้วยคลองคูเมืองเดิม แม่น้ำเจ้าพระยาด้านทิศเหนือ (คลองบางลำพู – คลองโอง่าง) และแม่น้ำเจ้าพระยาทางทิศใต้ มีเนื้อที่ประมาณ 2.3 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในท้องที่แขวงชนะสงคราม แขวงบวรนิเวศ แขวงสำราญราษฎร์ แขวงศาลเจ้าพ่อเสือ แขวงเสาชิงช้า แขวงราชบพิธ แขวงตลาดยอด และแขวงบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร

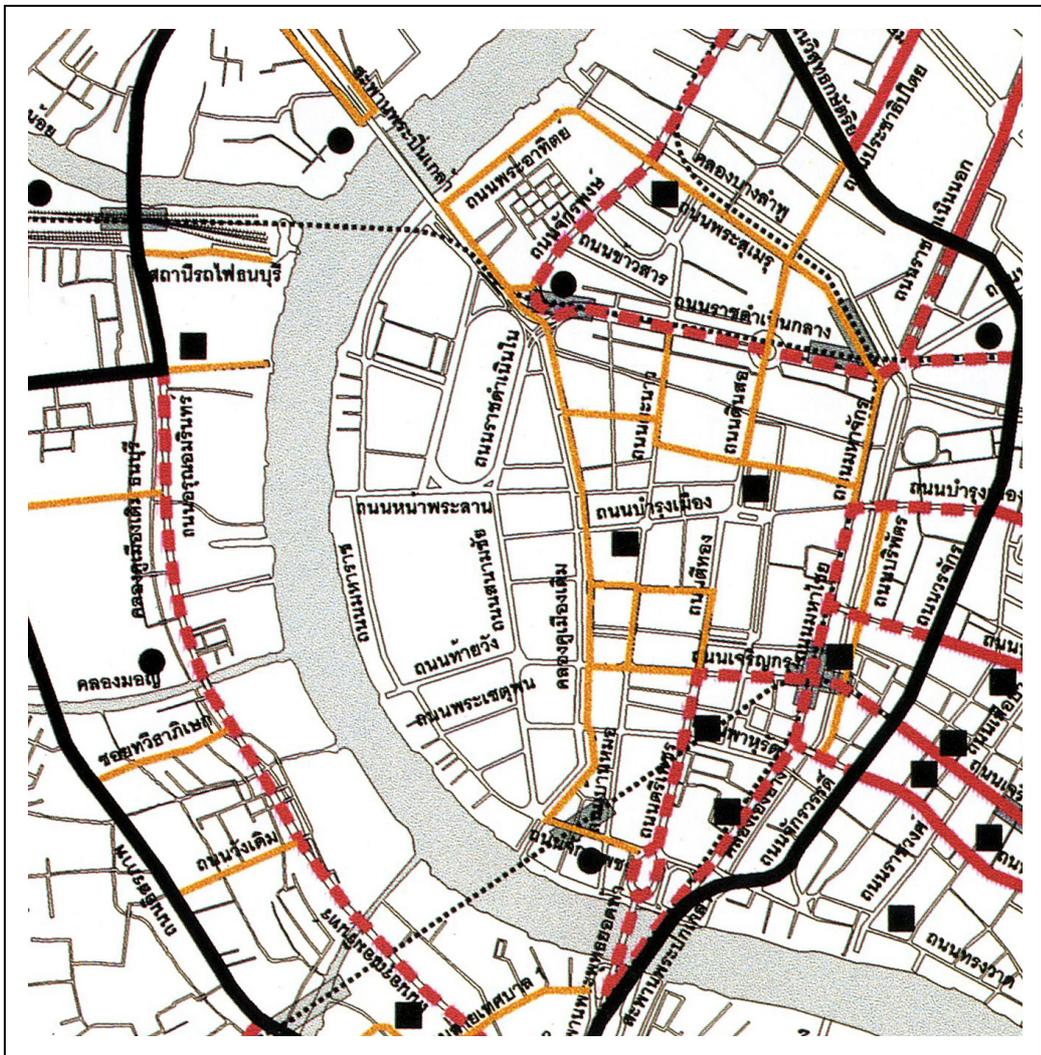
3. บริเวณฝั่งธนบุรี ตรงข้ามบริเวณกรุงรัตนโกสินทร์ คือ บริเวณที่มีอาณาเขตล้อมรอบด้วยแม่น้ำเจ้าพระยา คลองบางยี่ขัน ซอยวัดดาวดึงส์ ซอยวัดดุสิตาราม คลองขนมจับ คลองบางกอกน้อย คลองบ้านขมิ้น คลองวัดอรุณ คลองบางกอกใหญ่ ซอยวัดกัลยาณ์ ถนนเทศบาลสาย 1 และซอยสมเด็จพระเจ้าพระยา 1 มีเนื้อที่ประมาณ 1.7 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในท้องที่



สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อม (2542 : 3-63) ได้จัดระบบของถนนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ดังแผนที่ 2.2 ดังนี้

1. ถนนภายในที่เชื่อมโยงกับการจราจรภายนอก ดังนี้

1.1 ถนนสายหลักประกอบด้วย ถนนสามเสน ถนนจักรพงษ์ ถนนราชดำเนิน กลาง ถนนราชดำเนินนอก ถนนหลายหลวง ถนนบำรุงเมือง ถนนมหาไชย ถนนหลวง ถนนเจริญกรุง ถนนตรีเพชร ถนนจักรเพชร ถนนเยาวราช สะพานพระพุทธยอดฟ้า สะพานพระปกเกล้า และ ถนนอรุณอมรินทร์



แผนที่ 2.2 เส้นทางจราจรทางบกภายในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์

แหล่งที่มา : สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อม (2542 : 3-63)

1.2 ถนนสายรองประกอบด้วย ถนนเจ้าฟ้า ถนนพระอาทิตย์ ถนนพระสุเมรุ ถนนมหาไชย ถนนบริพัตร ถนนจักรเพชร ถนนอัมรินทร์ ถนนเจริญกรุง ถนนเฟื่องนคร ถนนตีทอง ถนนราชบพิธ ซอยแพ่งสรรพศาสตร์ ถนนตะนาว ถนนมหารณพ ถนนบ้านดินสอ ถนนประชาธิปไตย ถนนเทศบาลสาย 1 ถนนวังเดิม ซอยทวีธาภิเศก ถนนพรานนก และถนนสมเด็จพระปิ่นเกล้า

2. เส้นทางสำหรับรถบริการขนส่ง ประกอบด้วย ถนนบวรนิเวศ ถนนตะนาว ซอยแพ่งสรรพศาสตร์ ถนนอัมรินทร์ ถนนมหาไชย ถนนมหารณพ ถนนเจริญกรุง ถนนเยาวราช ถนนจักรเพชร และถนนตรีเพชร

สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (2542 : 3-141) ได้กล่าวถึงปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงที่เกิดขึ้นในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยสรุปได้ดังนี้ ปัญหาที่พบในพื้นที่ได้แก่ ปัญหาของฝุ่นละออง เสียงรบกวนและความสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลกระทบต่อบริเวณอาคารโบราณสถาน และชุมชนพักอาศัยซึ่งเป็นบริเวณริมถนน โศกนาฏกรรมหลักมาจากการจราจร โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณถนนราชดำเนินซึ่งเป็นเส้นทางหลักในการติดต่อเชื่อมโยงระหว่างฝั่งพระนครกับฝั่งธนบุรี ประกอบกับการขยายตัวชุมชนในกรุงเทพมหานคร ซึ่งเดิมประกอบด้วยถนนสายเล็ก ๆ ไล่ต่อมาได้ขยายขนาดถนนเพิ่ม รวมทั้งการเพิ่มความสูงของอาคาร จาก 2 ชั้น เป็น 4-5 ชั้น (16 เมตร) และในบางบริเวณถึง 12 ชั้น (37 เมตร) ส่วนการปลูกสร้างอาคารที่ติดต่อกันไปทำให้การระบายอากาศในถนนสายต่าง ๆ ไม่ได้เท่าที่ควร เช่น ในถนนจักรเพชร ถนนบำรุงเมือง และถนนตะนาว เป็นต้น

ในปัจจุบันบริเวณกรุงเทพมหานครได้มีการควบคุมความสูงของอาคารไว้ที่ 16 เมตร (ยกเว้นในบริเวณพาหุรัดและวังบูรพา ซึ่งควบคุมที่ความสูง 37 เมตร) ตามข้อบัญญัติของกรุงเทพมหานคร

## 2.2 สารมลพิษทางอากาศ

Wark, Warner and Davis (1998 : 4) อธิบายถึง สารมลพิษทางอากาศ (air pollutant) ว่าหมายถึง “สารปนเปื้อนหรือเจือปนอยู่ในอากาศตั้งแต่ 1 สาร หรือมากกว่า ที่มีปริมาณและคงอยู่ในบรรยากาศได้นานพอที่จะมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ พืช หรือสัตว์”

สารมลพิษทางอากาศเป็นสารที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ และก่อให้เกิดหรืออาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของคนหรือคุณภาพสิ่งแวดล้อม เมื่อมีปริมาณความเข้มข้นและระยะเวลาที่นานพอ สารมลพิษทางอากาศที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศมีมากมายหลายชนิดแต่ชนิดที่มี

การปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศทั่วไปและส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต ต่อสุขภาพของคนและสิ่งแวดล้อมมี 6 ชนิด เรียกสารมลพิษทางอากาศในกลุ่มนี้ว่า “สารมลพิษทางอากาศหลัก (Criteria Air Pollutant : CAPs)” ซึ่งประกอบด้วยสารมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด คือ อนุภาคฝุ่น (particulate matter : PM) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (carbon monoxide : CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide : SO<sub>2</sub>) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (nitrogen dioxide : NO<sub>2</sub>) ก๊าซโอโซน (ozone : O<sub>3</sub>) และสารตะกั่ว (lead : Pb) โดยสารมลพิษหลักที่เกิดจากการจราจรในปัจจุบันได้แก่ อนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

### 2.2.1 อนุภาคฝุ่น

อนุภาคฝุ่นเป็นทั้งอนุภาคของแข็งและของเหลว ซึ่งไม่ใช่สารที่มีโมเลกุลเดี่ยว ขนาดของอนุภาคทำให้อัตราการคงอยู่ในอากาศเป็นไปได้ตั้งแต่ 2-3 วินาที ไปจนถึงหลาย ๆ เดือน อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดระหว่าง 0.1-1 ไมครอน มีความเร็วในการตกลงสู่พื้นน้อยมาก เมื่อเทียบกับความเร็วลม ทำให้สามารถเคลื่อนที่ไปกับกระแสลมได้ดี อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 20 ไมครอน จะเริ่มมีความเร็วการตกสู่พื้นเพียงพอที่จะตกสู่พื้นโดยน้ำหนักและแรงเฉื่อย

ปัจจุบันมีการจำแนกประเภทของอนุภาคฝุ่นตามขนาดของอนุภาคฝุ่น ไว้ 3 ประเภท ดังนี้

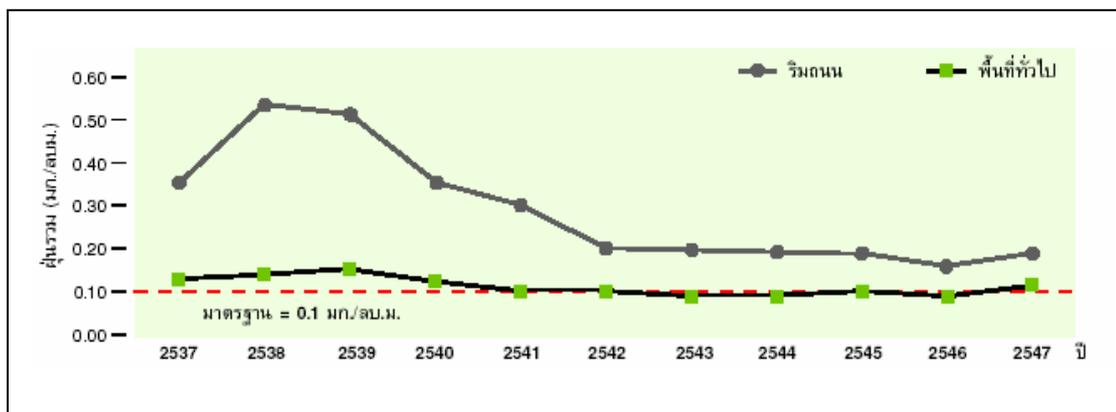
1. อนุภาคฝุ่นทั้งหมด (total suspended particulate ; TSP) คือ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนทั้งหมด (1 ไมครอน เท่ากับ 0.000001 เมตร)
2. อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM - 10) คือ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนทั้งหมด
3. อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM - 2.5) คือ อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนทั้งหมด ซึ่งอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มีความสำคัญมาก เพราะมีอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ และเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนลึกสุดได้

แหล่งกำเนิดของอนุภาคฝุ่นที่ปนเปื้อนในอากาศมาจากธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ ดังนี้

1. อนุภาคฝุ่นที่เกิดจากธรรมชาติ มักเป็นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ เช่น ดินทราย หิน ฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น อนุภาคฝุ่นประเภทนี้มีผลต่อสุขภาพอนามัยของคนน้อย เพราะเมื่อหายใจเข้าไปจะถูกกรองด้วยระบบทางเดินหายใจและกำจัดออกทางลมหายใจออกทำให้มีการสัมผัสน้อย

2. อนุภาคฝุ่นที่เกิดจากกิจกรรมของคน ได้แก่ จากการคมนาคมขนส่ง การจราจร การก่อสร้าง อุตสาหกรรม เป็นต้น

อนุภาคฝุ่นรวมทั้งหมดและอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปนเปื้อนในบรรยากาศมาจากการจราจรเป็นส่วนใหญ่ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยราย 1 ปี มีค่าเกินเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด



กราฟที่ 2.1 ปริมาณอนุภาคฝุ่นทั้งหมดในระหว่างปี 1992-2000

แหล่งที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2548 : 13)

อนุภาคฝุ่นมีผลต่อสุขภาพของคนในลักษณะเรื้อรัง โดยสามารถสะสมในร่างกายได้ เมื่อมีปริมาณมากจึงจะปรากฏอาการ ผลกระทบที่เกิดขึ้นมี 3 รูปแบบ คือ

1. อนุภาคฝุ่นเป็นพิษเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมี หรือลักษณะทางกายภาพ เช่น มีขนาดเล็ก มีลักษณะแหลม คม มีการปนเปื้อนของสารเคมี มีฤทธิ์เป็นกรด - ด่าง เป็นต้น
2. อนุภาคฝุ่นเข้าไปรบกวนระบบหายใจโดยตรง ทำให้หายใจลำบากขึ้น
3. อนุภาคฝุ่นเป็นตัวพาหรือดูดซับสารมลพิษและพาเข้าสู่ร่างกาย เช่น แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) ตะกั่ว (Pb) และเชื้อโรคประเภทต่าง ๆ เป็นต้น ทำให้ร่างกายเกิดโรคจากสารเหล่านั้น

ผลการศึกษาของธนาคารโลก (2543 : 5) เกี่ยวกับโรคระบบทางเดินหายใจที่เกิดขึ้นต่อประชาชนในประเทศไทย พบว่าในปี พ.ศ. 2539-2541 มีจำนวนผู้ป่วยนอกที่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจถึงร้อยละ 25 ของผู้ป่วยนอกทั้งหมดและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นกว่าในช่วงปี พ.ศ. 2534-2539 ซึ่งมีเพียงร้อยละ 15 เท่านั้น

การพิจารณาผลกระทบของอนุภาคฝุ่นต่อสุขภาพอนามัยของคนทำได้ยาก โดยจะต้องพิจารณาปัจจัยต่อไปนี้เป็นประกอบ คือ

1. ขนาดของอนุภาคฝุ่น จากการศึกษาในปัจจุบันพบว่าอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน เท่านั้นที่เข้าสู่ร่างกาย และมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ
2. รูปร่างของอนุภาคฝุ่น อนุภาคฝุ่นที่มีรูปร่างที่แหลม เล็กจะมีอันตรายมากกว่าอนุภาคฝุ่นที่มีรูปร่างกลมและใหญ่ เช่น อนุภาคฝุ่นของแร่ใยหินหรือแอสเบสตอส (asbestos) เป็นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็ก แหลม และคม ซึ่งเมื่อหายใจรับเข้าสู่ร่างกายแล้วจะเกิดผลกระทบต่อปอดเนื่องจากลักษณะที่เล็กและแหลมจะติดอยู่กับถุงลมปอดอย่างแข็งแรง ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของปอดลดลง เกิดเป็นโรคปอดแข็ง หรือมะเร็งปอดได้
3. องค์ประกอบของอนุภาคฝุ่น หากอนุภาคฝุ่นมีสารปนเปื้อน เช่น สารโลหะหนักหรือเชื้อโรคเกาะติดอยู่ อนุภาคฝุ่นชนิดนั้นก็จะมีอันตรายสูง
4. การเสริมพิษกันของอนุภาคฝุ่นและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งหากสารมลพิษทางอากาศทั้งสองชนิดปนเปื้อนในบรรยากาศร่วมกันแล้วอันตรายจะมีมากกว่าในสภาวะที่มีสารมลพิษทางอากาศชนิดเดียว

### 2.2.2 ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มีสัญลักษณ์ทางเคมีคือ CO ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (C) และออกซิเจน (O) เป็นองค์ประกอบอย่างละ 1 อะตอม ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นก๊าซพิษที่ไม่มีสี ไม่มีรส และไม่มีกลิ่น เบากว่าอากาศเล็กน้อย มีความคงตัวสูงมาก มีช่วงชีวิตประมาณ 2-4 เดือน เป็นสารที่มีปริมาณน้อยในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์หรือบรรยากาศที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่เกิดจากกิจกรรมของคน ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ เช่น การเผาไหม้หรือการสันดาปของน้ำมันปิโตรเลียม ถ่านหิน หรือถ่านไม้ ซึ่งมีส่วนผสมของคาร์บอน ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่แพร่กระจายในบรรยากาศร้อยละ 60 มาจากยานพาหนะ สำหรับในเขตเมืองคาร์บอนมอนนอกไซด์ถูกปล่อยจากยานพาหนะเป็นหลัก ซึ่งเป็นผลให้ในพื้นที่ที่มีการจราจรติดขัดจะมีปริมาณของคาร์บอนมอนนอกไซด์สูง

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มีผลต่อสุขภาพอนามัยของคน แต่ไม่ปรากฏว่ามีผลต่อผิวของวัตถุหรือพืช ถึงแม้จะมีความเข้มข้นสูงก็ตาม เมื่อร่างกายหายใจเอาก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เข้าไปจะทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับออกซิเจนจากปอดไปเลี้ยงส่วน

ต่าง ๆ ของร่างกายได้ตามปกติ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มีความสามารถในการรวมตัวกับเฮโมโกลบิน (haemoglobin, Hb) ในเม็ดเลือดแดงได้มากกว่าก๊าซออกซิเจนถึง 200-250 เท่า ลดปริมาณการนำส่งออกซิเจนสู่อวัยวะและเนื้อเยื่อของร่างกาย โดยเฉพาะสมองจะมีผลให้เวียนศีรษะ ตาพร่ามัว หายใจอึดอัด คลื่นไส้ อาเจียน เป็นลม หมดสติ ถ้าร่างกายรับเข้าไปปริมาณมากกว่า 700 พีพีเอ็ม อาจเสียชีวิตได้ (Wark, Warner and David, 1998 : 27) โดยมีผลกระทบอย่างมากต่อผู้ป่วยที่มีโรคเกี่ยวกับลิ้นหัวใจอยู่แล้ว

ผลกระทบของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ต่อสุขภาพของคนเป็นผลกระทบแบบเฉียบพลัน เกิดขึ้นทันทีเมื่อร่างกายหายใจรับเอาก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เข้าสู่ร่างกาย และผลที่เกิดขึ้นจะหายไปเมื่อหยุดรับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์แต่รับก๊าซออกซิเจนเข้าไปแทนที่ ผลกระทบที่เกิดขึ้นไม่มีการสะสม บุคคลที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เข้าสู่ร่างกาย คือ บุคคลที่ทำงานบนท้องถนนหรือทางเดินเท้าบนถนนในช่วงที่มีการจราจรหนาแน่น รถติด เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลานาน ๆ

### 2.2.3 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีสัญลักษณ์ทางเคมีคือ  $\text{NO}_2$  ประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน (N) 1 อะตอม และออกซิเจน 2 อะตอม เป็นก๊าซที่มีสีน้ำตาลแดง ละลายน้ำได้ดี และอยู่ในอากาศได้เพียง 3 วัน ก่อนที่จะกลายเป็นสารอื่นต่อไป ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นก๊าซประเภทเดียวกับก๊าซที่มีปฏิกิริยาสูงที่เรียกว่า “ออกไซด์ของไนโตรเจน (oxide of nitrogen หรือ  $\text{NO}_x$ )” ก๊าซเหล่านี้จะเกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้มีอุณหภูมิสูง ออกไซด์ของไนโตรเจนซึ่งมีทั้งหมด 7 รูป (Wark, Waner and Davis, 1998 : 38) ได้แก่

1. ไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ )
2. ไนตริกออกไซด์ (NO) ก๊าซไนตริกออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี และกลิ่น จะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนเปลี่ยนเป็น ไนโตรเจนไดออกไซด์
3. ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ )
4. ไนโตรเจนเพนตออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}_5$ )
5. ไนโตรเจนเซสควออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}_3$ )
6. ไนโตรเจนเตตระออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}_4$ )
7. ไนโตรเจนไตรออกไซด์ ( $\text{NO}_3$ )

ออกไซด์ของไนโตรเจนทั้ง 7 รูปที่กล่าวมานี้มีเพียงก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซไนตริกออกไซด์ ที่เป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญที่ระดับพื้นผิวโลก ซึ่งมักเรียกรวมเป็น “ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน” ส่วนก๊าซไนตรัสออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) มีผลต่อชั้นบรรยากาศโลกทำให้โลกร้อนขึ้น

ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญ คือ การเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงทั้งที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติหรือกิจกรรมของคน ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนจากการเผาไหม้แบ่งได้ 3 รูปแบบคือ

1. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดจากการเผาไหม้อากาศที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,300 องศาเซลเซียส เรียกว่า “thermal NOx”
2. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดจากการเผาไหม้สารไนโตรเจนในเชื้อเพลิง เรียกว่า “fuel NOx”
3. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของไนโตรเจนกับอนุมูลอิสระของสาร HCN NH และ N ที่มีอยู่ในเปลวไฟ เรียกว่า “promb NOx” เกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิต่ำ

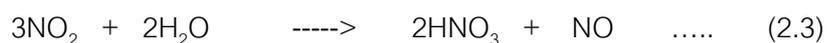
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนถูกปล่อยจากยานพาหนะและโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เช่น โรงไฟฟ้า โรงงานผลิตซีเมนต์ โรงงานผลิตเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง จะทำอันตรายต่อปอดโดยตรง เช่น ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อปอด ระคายเคืองถุงลม (alveoli) มีผลให้ภูมิคุ้มกันของร่างกายลดลง ทำให้ปอดอักเสบ เกิดเนื้องอกในปอด ทำให้หลอดลม (emphysema) ตีบตัน และเป็นผลให้เกิด การติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ เช่น ไข้หวัดใหญ่ ถ้าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงถึง 300 - 500 พีพีเอ็ม จะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตหรือสลบเนื่องจากสมองขาดออกซิเจน เพราะก๊าซไนตริกออกไซด์สามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินได้เช่นเดียวกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ทำให้ระดับของออกซิเจนในเลือดลดลง แต่เนื่องจากในบรรยากาศจะมีความเข้มข้นของก๊าซไนตริกออกไซด์น้อยกว่า 1.22 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (1 พีพีเอ็ม) ดังนั้นจึงไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคน แต่หากได้รับก๊าซไนตริกออกไซด์ที่มีความเข้มข้นระดับ 0.7 - 20 พีพีเอ็ม ในเวลา 10 นาที จะทำให้หายใจไม่ออก และที่ระดับ 0.11 - 0.22 พีพีเอ็ม จะเริ่มได้กลิ่น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีผลต่อสุขภาพของคนมากกว่าก๊าซไนตริกออกไซด์ที่มีความเข้มข้นเท่ากัน

โดยทั่วไปแล้วก๊าซไนตริกออกไซด์ในอากาศจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ดังปฏิกิริยาในสมการที่ (2.1) แต่ยังไม่มียางานยืนยันว่าระดับของก๊าซไนตริกออกไซด์ที่พบในอากาศโดยทั่วไปจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้



เนื่องจากก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้ดีทำให้เป็นต้นเหตุของการเกิดฝนกรด โดยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับละอองน้ำในบรรยากาศ เกิดเป็นกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ ) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดฝนกรด ดังปฏิกิริยาในสมการที่ (2.2) - (2.3) ในบรรยากาศกรดไนตริกสามารถรวมตัวกับแอมโมเนียกลายเป็นแอมโมเนียมไนเตรต ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) ได้ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับสารไฮโดรคาร์บอนเกิดเป็นก๊าซไอโซน ส่งผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อระบบนิเวศทั้งบนพื้นดินและแหล่งน้ำ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ฝนกรด และปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่พืชน้ำเจริญเติบโตมากเกินไปก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำได้ เนื่องจากมีสารไนโตรเจนเป็นสารอาหารที่พืชน้ำไปใช้เพื่อสร้างความเจริญเติบโตลงไปในน้ำมาก



### 2.3 การปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากการจราจร

การปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ เมื่อพิจารณาการทำงานของเครื่องยนต์ และระบบการเผาไหม้น้ำมันของเครื่องยนต์จะพบว่าแหล่งปล่อยหรือแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ 3 แหล่ง ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2546 : 46-48)

1. การระเหยของน้ำมัน (fuel evaporation gas) ทำให้มีการระเหยของสารไฮโดรคาร์บอนออกมาจากส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ เช่น จากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์ (carburetor) ปริมาณจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของบรรยากาศ อุณหภูมิของเครื่องยนต์ และความสามารถในการระเหยของน้ำมัน

2. การระบายจากแครงค์เคส (crankcase) ในห้องแครงค์เคสจะมีบางส่วนของไอดีซีซึมผ่านลูกสูบออกมาในจังหวะอัด และซีมออกมาเล็กน้อยในจังหวะกำลัง โดยทั่วไปเรียกก๊าซพวกนี้ว่า “ก๊าซโบลว์บาย (blow by gas)” ซึ่งมักจะเป็นสารไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon : HC)

3. การระบายออกจากระบบไอเสีย (exhaust gas) สารมลพิษทางอากาศส่วนนี้เป็นสารที่มีอันตรายและมีปริมาณมากที่สุด ซึ่งมาจากผลการสันดาปของเชื้อเพลิงและสารอื่นๆ เช่น สารไฮโดรคาร์บอนที่ยังไม่เผาไหม้และส่วนที่เผาไหม้แล้วบางส่วน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (carbon monoxide : CO) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (oxide of nitrogen : NO<sub>x</sub>) ที่เกิดจากการเผาไหม้ของไนโตรเจน (ซึ่งมีอยู่เดิมในบรรยากาศที่เข้าไปสันดาป) กับอากาศที่อุณหภูมิสูง เป็นต้น ปริมาณการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากรถแต่ละประเภท แต่ละคัน มีความแตกต่างกัน ความแตกต่างกันมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องยนต์ ดังตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** สัดส่วนการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากรถประเภทต่าง ๆ

สารมลพิษ	เบนซิน 4 จังหวะ			เบนซิน 2 จังหวะ			ดีเซล 4 จังหวะ		
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>
Exhaust gas	100	55	100	100	80	100	100	99	100
Blow-by gas	-	25	-	-	-	-	-	1	-
Fuel evap. Gas	-	20	-	-	20	-	-	-	-

**แหล่งที่มา :** กรมควบคุมมลพิษ (2546 : 53)

### 2.3.1 รถที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

เครื่องยนต์เบนซินหรือที่เรียกว่า “เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน (gasoline engine)” เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน (หรือก๊าซโซลีน : gasoline) หรือก๊าซหุงต้ม (liquefied petroleum gas : LPG) เป็นเชื้อเพลิง ใช้หัวเทียนช่วยจุดไฟในการจุดระเบิดต้องมีคาร์บูเรเตอร์เป็นอุปกรณ์ผสมเชื้อเพลิงและอากาศให้มีอัตราส่วนที่เหมาะสมก่อนส่งเข้าสู่เครื่องยนต์ ส่วนผสมดังกล่าวเรียกว่า “ไอดีซี” มีอัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศที่เหมาะสม คือ 10-17 การเกิดสารมลพิษทางอากาศจากการสันดาปของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซินนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเชื้อเพลิง (ที่ส่วนประกอบหลัก คือ คาร์บอนและไฮโดรเจน) กับอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ใช้ในการสันดาป โดยที่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์จะมีค่าสูงเมื่ออัตราส่วนระหว่างอากาศ

กับเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 16 (ซึ่งเป็นส่วนผสมที่บาง) สำหรับการเร่งเครื่องยนต์ในขณะที่รถเคลื่อนที่จากสภาวะหยุดนิ่งจะต้องเพิ่มปริมาณของเชื้อเพลิงให้มากขึ้น (ส่วนผสมที่หนาขึ้น : อัตราส่วนระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงจะน้อยกว่า 16) ทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และสารไฮโดรคาร์บอนสูงขึ้น เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (มีปริมาณออกซิเจนน้อย) ดังสมการที่ (2.4) กระบวนการนี้จะเกิดในช่วงที่มีการติดขัดของการจราจรและรถมีความเร็วต่ำ การสันดาปของเชื้อเพลิงที่สมบูรณ์ซึ่งมีปริมาณของออกซิเจนที่เพียงพอจะไม่เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์แต่จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แทน ดังสมการที่ (2.5)

การสันดาปของเชื้อเพลิง (CxHy) ที่ไม่สมบูรณ์แสดงดังสมการที่ (2.4)



การสันดาปของเชื้อเพลิง (CxHy) ที่สมบูรณ์ แสดงดังสมการที่ (2.5)



ผลของการสันดาปเชื้อเพลิงที่ติดไฟได้ง่ายกว่าหรือมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าจะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า จึงพบว่าอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากเครื่องยนต์ที่ใช้ ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงจะมีอัตราโดยเฉลี่ยต่ำกว่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ระบายออกจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง เพราะโครงสร้างของก๊าซหุงต้มจะมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน

เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเบนซินหรือก๊าซหุงต้ม ในกระบวนการเผาไหม้จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำอย่างแน่นอน แต่เนื่องจากในอากาศมีปริมาณก๊าซไนโตรเจน อยู่ร้อยละ 78 ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงก็อาจทำให้เกิดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนได้ (ส่วนใหญ่เป็นก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์) ความเข้มข้นของก๊าซไนตริกออกไซด์ในไอเสียขึ้นโดยตรงกับอุณหภูมิสูงสุดของการสันดาปและอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง การเกิดก๊าซไนตริกออกไซด์ในเครื่องยนต์เกิดจากส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงบางส่วนอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงนานเกินไป

เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้ในประเทศไทยมี 2 ประเภท คือ เครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะ (มักใช้กับรถจักรยานยนต์) และเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ (มักใช้กับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล)

บุคคล) การทำงานและการปล่อยสารมลพิษทางอากาศมีความแตกต่างกัน การทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะ มีความจำเป็นที่จะต้องเติมน้ำมันหล่อลื่นลงไปใต้น้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อช่วยหล่อลื่นผิวสัมผัสระหว่างลูกสูบกับกระบอกสูบด้านใน ทั้งนี้เพราะเพลลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์แบบนี้ไม่ได้อยู่ในอ่างน้ำมัน ทำให้มีการระบายของน้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ผ่านการเผาไหม้หรือเผาไหม้ไม่หมดออกมาสู่บรรยากาศ และเมื่อสัมผัสกับบรรยากาศภายนอกซึ่งเย็นกว่าสารไฮโดรคาร์บอนที่เป็นส่วนประกอบของน้ำมันหล่อลื่นจะมีการควบแน่นเกิดเป็นควันที่มีสีขาวที่เรียกกันว่า “ควันขาว (white smoke)”

นอกจากควันขาวแล้ว สารมลพิษทางอากาศที่ระบายออกจากเครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะ คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน จะไม่พบว่ามี การปล่อยควันดำ ส่วนก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้น มีปริมาณน้อยมากซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของซัลเฟอร์หรือกำมะถันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมัน

การทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ หากมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ สารไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันเบนซินถูกเผาไหม้ไม่หมดจะเกิดเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และสารไฮโดรคาร์บอนปล่อยออกสู่บรรยากาศทางท่อไอเสีย การทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ ในสภาวะที่มีอุณหภูมิและความดันสูง (รถวิ่งด้วยความเร็วสูง) ทำให้เกิดสารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจนและมีการระบายออกทางท่อไอเสียเช่นกัน

### 2.3.2 รถที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

เครื่องยนต์ดีเซลมีการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนและอนุภาคของแข็ง (ควันดำ) เป็นส่วนใหญ่ อาจมีสารไฮโดรคาร์บอนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์บ้าง กระบวนการเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ในเครื่องยนต์ดีเซลมีส่วนคล้ายคลึงกับการเกิดในเครื่องยนต์เบนซิน เครื่องยนต์ดีเซลถ้าความเร็วรอบสูงและภาระสูง จะมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนที่ปล่อยออกมา รถบรรทุกซึ่งเป็นเครื่องยนต์ดีเซลแม้ว่าจะมีความเร็วรอบต่ำ แต่ต้องใช้ภาระสูงตลอดเวลา ส่งผลให้มีก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นด้วย

เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ มีการทำงาน 4 จังหวะต่อ 1 รอบ คล้ายกับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ แต่มีความแตกต่างกันตรงที่เครื่องยนต์เบนซินใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด แต่เครื่องยนต์ดีเซลใช้หัวฉีด (nozzle) ในการพ่นน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าผสมกับอากาศที่ร้อนทำให้เกิดการสันดาปของน้ำมันขึ้น

จากที่กล่าวมาพบว่าการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลจะไม่มีคาร์บูเรเตอร์ที่เป็นอุปกรณ์ผสมไอดีกับเชื้อเพลิงเหมือนกับเครื่องยนต์เบนซินและใช้อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน กระบวนการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลก่อให้เกิดการปล่อยส่วนของน้ำมันที่เผาไหม้ไม่หมดซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนออกสู่บรรยากาศ และมองเห็นเป็นสีดำที่เรียกว่า “ควันดำ (black smoke)” ซึ่งปล่อยออกมามากในขณะที่เครื่องยนต์เดินเต็มกำลังหรือกำลังเร่งความเร็วจากสภาวะหยุดนิ่ง

ปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่ปล่อยจากท่อไอเสียของรถเครื่องยนต์ดีเซล ขึ้นกับปัจจัยดังนี้

1. ห้องเผาไหม้ โดยที่ห้องเผาไหม้แบบฉีดน้ำมันโดยตรง (direct injection) จะเกิดออกไซด์ของไนโตรเจนมากกว่าห้องเผาไหม้แบบอื่น
2. การฉีดเชื้อเพลิง การเริ่มฉีด ลักษณะของการฉีด และการกระจายของหัวฉีด ถ้ามีการฉีดซ้ำจะช่วยลดปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจนได้ แต่หากฉีดซ้ำไปมาก ๆ จะทำให้ปริมาณของสารไฮโดรคาร์บอน และควันดำเพิ่มสูงขึ้น
3. การฉีดเชื้อเพลิงที่มีมุมของการฉีดผิดไปจะทำให้มีออกไซด์ของไนโตรเจน และสารไฮโดรคาร์บอนเพิ่มสูงขึ้น หากมุมของการฉีดเปลี่ยนไป 1 องศา จะทำให้มีการปล่อยสารมลพิษทางอากาศดังกล่าวเพิ่มขึ้น 15 % (มานิต เผือกสกนธ์, 2534)
4. การที่หัวฉีดเชื้อเพลิงไม่มีการบำรุงรักษาอย่างดี อาจทำให้เกิดการฉีดเชื้อเพลิงหลังจากการเผาไหม้แล้ว ส่งผลให้มีเชื้อเพลิงถูกปล่อยออกทางท่อไอเสียและมีการปล่อยสารไฮโดรคาร์บอนออกมามากด้วย
5. อุณหภูมิของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ อากาศที่ร้อนมากกว่าปกติทำให้เกิดออกไซด์ของไนโตรเจนมากตามไปด้วย

## 2.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

### 2.4.1 ความหมายของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

กรมควบคุมมลพิษ และสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2543 : 2-8) อธิบาย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ “สูตร วิธีการคำนวณ ขั้นตอน Algorithms ซึ่งใช้แทนปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ และทางเคมีที่เกิดขึ้นจริง”

สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา (2534, อ้างถึงในสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ : 2-2) กล่าวถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาจากพื้นฐานทางทฤษฎีของกฎการแพร่กระจาย ประกอบกับผลที่ได้จากการทดลองทั้งในอุโมงค์ลม ในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม เพื่ออธิบายถึงลักษณะการแพร่กระจายตัว (diffusion หรือ dispersion) ของสารมลพิษในอากาศในสภาวะต่าง ๆ กัน และใช้คาดประมาณค่าความเข้มข้นของสารมลพิษในบรรยากาศที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดใด ๆ

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่า “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ ชุดของสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในเรื่องมลพิษทางอากาศ มักใช้อธิบายถึงการกระจายตัวของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิด”

## 2.4.2 องค์ประกอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นชุดสมการที่ใช้ทำนายความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ ส่วนสำคัญซึ่งทำให้การใช้แบบจำลองได้ง่ายขึ้น คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประยุกต์มาจากชุดของสมการ หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว นอกจากนี้ ข้อมูลป้อนเข้าก็สำคัญไม่น้อยไปกว่ากัน

**2.4.2.1 ข้อมูลป้อนเข้า (input)** ข้อมูลป้อนเข้าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการใช้งานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศโดยทั่วไปประกอบด้วย

1. แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ แบ่งออกเป็นแหล่งกำเนิดที่สามารถบอกตำแหน่งได้แน่นอน หรือแหล่งกำเนิดเฉพาะตำแหน่ง (point source) เช่น ปล่องควันของโรงงาน อุตสาหกรรม เตาเผาขยะ เป็นต้น แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (area source) เช่น ที่พักอาศัย การกำจัดขยะ หรือแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ (mobile source) เช่น การจราจร เป็นต้น การหาอัตราการปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดสามารถทำได้ ทั้งจากการตรวจวัดจริงและการคำนวณโดยอาศัยค่าปัจจัยการปล่อย (emission factor)

2. ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินผลกระทบมลพิษทางอากาศ จำเป็นต้องทราบสภาวะทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อให้การวิเคราะห์รูปแบบการกระจายของสารมลพิษทางอากาศเป็นไปอย่างถูกต้อง ซึ่งข้อมูลทาง

อุตุนิยมวิทยาสำหรับแบบจำลองโดยทั่วไป ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม ความสูงของชั้นเมฆ อุณหภูมิ และปริมาณเมฆบนท้องฟ้า เป็นต้น

3. ผู้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ การศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตำแหน่งของผู้รับมลพิษเป็นสิ่งจำเป็น เพราะทำให้ทราบผลกระทบได้อย่างถูกต้อง ในกรณีของถนนที่มีลักษณะคล้ายอุโมงค์ ผู้รับผลกระทบเป็นบุคคลที่อยู่ภายในกล่องนั้น

4. ลักษณะของพื้นที่ที่ทำการศึกษา แบบจำลองโดยทั่วไปต้องการข้อมูลลักษณะภูมิประเทศของบริเวณที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย ความสูงของพื้นที่ที่ทำการศึกษา ขอบเขตที่ทำการศึกษา เป็นต้น

#### 2.4.2.2 ผลที่ได้จากการทำงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (output)

ผลที่ได้จากการทำงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือข้อมูลออก เป็นความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่มาจากการคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถคำนวณออกมาได้ในหลายรูปแบบ หลายหน่วย เช่น หน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พีพีเอ็ม หรือนำเสนอในรูปแบบกราฟ ตาราง เส้นความเข้มข้นเท่า (isopleth) เป็นต้น ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน และชนิดของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

#### 2.4.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ

แบบจำลองโดยทั่วไปที่ใช้ในการประเมินผลกระทบมลพิษทางอากาศ ใช้พื้นฐานของแบบจำลองเกาส์เซียน (Gaussian model) ซึ่งความละเอียดของการศึกษาขึ้นอยู่กับชนิดของแบบจำลอง เช่น แบบจำลอง ISC, VALLEY, SCREEN3 เป็นต้น เหมาะกับการศึกษาแหล่งกำเนิดที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ ยังมีแบบจำลอง HIWAY2, MOBILE, หรือแบบจำลอง CALINE 4 ใช้สำหรับการประเมินผลกระทบมลพิษทางอากาศจากการจราจรล้วนแต่อาศัยพื้นฐานของทฤษฎีเกาส์เซียนทั้งสิ้น ซึ่งเป็นการประเมินกรณีที่ผู้รับผลกระทบอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดสารมลพิษ โดยจะประเมินความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นหลัก และส่วนใหญ่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในประเทศไทยใช้แบบจำลองขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US.EPA) มีทั้งที่ได้มาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายจากอินเทอร์เน็ต และหน่วยงานเอกชนที่จัดจำหน่าย

#### 2.4.4 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

วรารุณ เลือตี้ (2543 : 7) กล่าวว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีประโยชน์มากในการพัฒนาโครงการใหม่ๆ โดยเป็นทั้งเครื่องมือในการประเมินผลกระทบ และประเมินความเสี่ยงของสิ่งแวดล้อมที่จะได้รับสารมลพิษทางอากาศ หลักในการประมาณหรือการทำนาย คือ การพยายามที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดและเคลื่อนย้ายไปตามสภาพทางอุตุนิยมวิทยา

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เหมาะสม มีขั้นตอนดังนี้

1. สังเกต และรวบรวมข้อมูล เพื่ออธิบายระบบที่สนใจ
2. กำหนดปัญหา หรือข้อกำหนดอื่นๆ
  - 2.1 กำหนด และแยกพิจารณาตัวแปรต่างๆ
  - 2.2 กำหนดวัตถุประสงค์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
  - 2.3 กำหนดข้อบังคับ และข้อจำกัดของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
3. พัฒนาปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
  - 3.1 อธิบายแบบจำลองด้วยสมการทางคณิตศาสตร์
  - 3.2 วิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
  - 3.3 ปรับปรุงข้อมูลป้อนเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
4. พิสูจน์ และประเมินความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
5. ประยุกต์ใช้ และแปลความหมายของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Law and Kelton (1991 : 273) อธิบายถึง การสร้าง และการพิสูจน์ความเชื่อมั่นของแบบจำลอง ปัญหาที่พบในการวิเคราะห์แบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น หรือได้ทำการพัฒนาขึ้นมา นั้น เป็นขั้นตอนในการหาความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบกับระบบที่เกิดขึ้นจริง การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อความถูกต้องในการอธิบายด้วยแบบจำลองประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การทดสอบความจริง (verification) เป็นขั้นตอนการทำให้แบบจำลอง<sup>19</sup> เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้
2. การหาความถูกต้อง (validation) ของแบบจำลองเป็นการยืนยันข้อสรุปของแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น เป็นการแสดงความถูกต้องของระบบที่ทำการศึกษา ถ้าแบบจำลองถูกต้องแล้วการตัดสินใจในผลที่ได้รับน่าจะคล้ายคลึง หรือเหมือนกับการทดลองจริงในระบบดังกล่าว

3. การหาความน่าเชื่อถือ (credible) เมื่อแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น และได้มีการพิสูจน์ว่ามีความถูกต้อง ในขั้นตอนสุดท้ายของการพิจารณา เป็นการหาความน่าเชื่อถือของแบบจำลองดังกล่าว โดยใช้การทดสอบทางสถิติ

#### 2.4.5 แบบจำลองแบบกล่อง

แบบจำลองแบบกล่อง (box model) เป็นแบบจำลองที่ไม่ได้อาศัยพื้นฐานของแบบจำลองเกาส์เซียน เหมาะสำหรับการศึกษาในกรณีที่แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศเป็นแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ หรือแบบเคลื่อนที่ และผู้รับสารมลพิษทางอากาศอยู่ในบริเวณเดียวกัน เช่น การศึกษาความเข้มข้นของสารมลพิษจากยานพาหนะบนถนนในเมือง ถนนที่มีลักษณะเป็นอุโมงค์ เป็นต้น การใช้แบบจำลองแบบกล่องจะง่ายกว่าแบบจำลองที่อาศัยพื้นฐานของแบบจำลองเกาส์เซียน เพราะใช้ข้อมูลน้อยกว่า และไม่มีความซับซ้อน พื้นฐานของแบบจำลองแบบกล่องสมมติให้ลักษณะทางอุทกนิยมิวิทยา (ความเร็วลม) มีค่าคงที่ และเท่ากันตลอดกล่อง การกระจายของสารมลพิษทางอากาศเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และมีค่าเท่ากันตลอด (homogeneous) ในโครงสร้างแบบกล่อง หรือขอบเขตกล่องที่ทำการศึกษา

กนกพร สว่างแจ้ง (2540 : 45) อธิบายแบบจำลองแบบกล่องว่า “แบบจำลองแบบกล่องตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ให้สารมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดถูกผสมกับอากาศอย่างรวดเร็ว ความเข้มข้นที่ได้ผ่านกล่องอย่างสม่ำเสมอ และไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา”

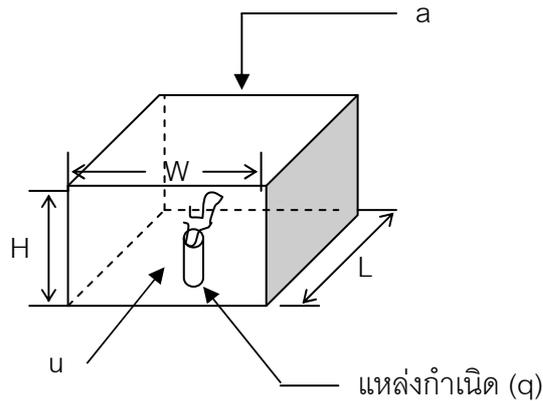
เกษม จันทรแก้ว (2541 : 294) กล่าวถึงแบบจำลองแบบกล่องว่า “สมมติว่าก๊าซหรือสารมลพิษทางอากาศปลดปล่อยออกมาในปริมาณคงที่ และด้วยความเร็วลมอย่างคงที่ ตลอดเวลา และความเข้มข้นเป็นความเข้มข้นที่คงที่ (steady state concentration) กระจายไปยังจุดต่างๆภายในกล่องอย่างสม่ำเสมอ”

กรมควบคุมมลพิษ และสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2543 : 2-8) อธิบายสภาวะ steady state ว่า “เป็นการสมมติให้ทุกอย่างคงที่ในขณะที่มีการคำนวณ เช่น ความเร็วลมในทุกตำแหน่งของพื้นที่ที่ศึกษามีค่าเท่ากันในชั่วโมงนั้นๆ ซึ่งไม่เป็นความจริงเสมอไป”

De nevers. (1995 : 106-111) เสนอสมมติฐานของแบบจำลองแบบกล่องดังนี้

1. แบบจำลองแบบกล่อง มีพื้นที่ที่มีความกว้าง (W) ในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และความยาว (L) ซึ่งขนานไปกับทิศทางลม

2. การผสมของบรรยากาศเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และสารมลพิษทางอากาศจะผสมกันอย่างสมบูรณ์ภายใต้ความสูงของชั้นผสม (H) และจะไม่มี การผสมเกิดขึ้นเหนือความสูงนี้
3. การผสมกันของสารมลพิษทางอากาศตามทิศทางลม มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันในปริมาณของอากาศที่กำหนด



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของแบบจำลองแบบกล่อง

แหล่งที่มา: De Nevers (1995 : 106)

4. ลมจะมีการเคลื่อนที่ในแนวแกน  $x$  ด้วยความเร็ว  $u$  ความเร็วลมมีค่าคงที่ ดังภาพที่ 2.3 และขึ้นอยู่กับเวลา ตำแหน่ง และความสูงเหนือพื้นดิน ซึ่งตรงกันข้ามกับที่สังเกต ซึ่งความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นตามความสูง ดังนั้น การศึกษานี้จะให้ความเร็วลมที่ความสูงเฉลี่ยระหว่างความสูงระดับพื้นกับความสูงของอุโมงค์ (H) หรือความสูงตำแหน่ง  $H/2$

5. ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เข้าสู่กล่อง (ที่ตำแหน่ง  $x = 0$ ) จะมีค่าคงที่เท่ากับ  $C_0$  (ความเข้มข้นที่มีอยู่เดิม) มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

6. ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด (Q, ในหน่วยกรัมต่อวินาที) หรือมีการรายงานในหน่วยอัตราการปล่อยต่อหน่วยพื้นที่ ( $q$ , ในหน่วย กรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร) ซึ่งสามารถคำนวณได้ด้วยสมการที่ (2.6)

$$Q = qa \quad \dots \quad (2.6)$$

เมื่อ  $a$  แทนพื้นที่ทั้งหมดที่ปล่อยสารมลพิษหรือพื้นที่ที่ทำการศึกษามีความกว้าง  $W$  และยาว  $L$  โดยอัตราการปล่อย ( $q$ ) ที่คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

$Q$  แทนอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา  $a$

Hanna, Briggs and Hosker (1982 : 94) เสนอแบบจำลองแบบกล่องไว้ดังสมการที่ (2.7)

$$C = \frac{\Delta x Q_a}{Z_i u} \quad \dots \quad (2.7)$$

เมื่อ  $C$  แทนความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ (หน่วยมวลต่อหน่วยปริมาตร)

$Q_a$  แทนอัตราการปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิด (หน่วยมวลต่อหน่วยเวลาต่อหน่วยพื้นที่)

$\Delta x$  แทนระยะทางในทิศแนวการเคลื่อนที่ของอากาศ (หน่วยระยะทาง)

$Z_i$  แทนชั้นความสูงของการผสม (หน่วยระยะทาง)

$u$  แทนความเร็วลม ซึ่งสมมติว่ามีค่าคงที่ภายใต้ชั้นความสูงของการผสม (หน่วยระยะทางต่อหน่วยเวลา)

Samson (1997) ได้เสนอรูปแบบของแบบจำลองแบบกล่อง ในกรณีที่ไม่พิจารณาความเข้มข้นที่มีอยู่เดิม ( $C_0$ ) และความเข้มข้นจากภายนอกที่แพร่กระจายเข้าสู่กล่องในทิศทางการเคลื่อนที่ของลม และนำเสนอถึงปัจจัยของเวลา ที่เกี่ยวกับการสะสมของสารมลพิษทางอากาศในกล่อง ได้นำเสนอแบบจำลองแบบกล่องเพื่อหาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ ในกรณีที่มีการตกแบบแห้งและแบบเปียก (dry and wet deposition) เกิดขึ้นภายในกล่องดังสมการที่ (2.8)

$$\chi(t) = \left( \frac{Ql + uh\chi(u)}{uh+Vd+h/L} \right) \left[ 1 - \exp \left( -\frac{uh+Vd+h/L}{hl} t \right) \right] + \chi(0) \exp \left( -\frac{uh+Vd+h/L}{hl} t \right) \dots\dots (2.8)$$

เมื่อ  $Vd$  แทน dry velocity (เมตรต่อวินาที)

$\chi(0)$  แทนความเข้มข้นที่มีอยู่เดิม (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$\chi(u)$  แทนความเข้มข้นที่มาจากภายนอกตามแนวทิศทางลม (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

Reible (1998 : 310-311) ได้นำเสนอแบบจำลองแบบกล่องไว้ ดังสมการที่ (2.9) โดยสมมติให้ความเข้มข้นของสารมลพิษภายในกล่องมีค่าเท่ากันทั่วทั้งกล่อง การศึกษาใช้ผลของสมดุลมวลมาพิจารณา และพบว่าความเข้มข้นสุดท้ายของสารมลพิษทางอากาศภายในกล่อง เป็นผลจากความเข้มข้นที่แพร่กระจายจากภายนอกกล่องตามทิศทางลม และความเข้มข้นที่เกิดขึ้นและสะสมตัวภายในกล่อง และสมการที่ (2.10) เป็นสมการที่นำเสนอเมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาที่เกิดการสะสมตัวของสารมลพิษทางอากาศภายในกล่อง

$$C_a = C_0 + \frac{Q_m}{H_m W u} \dots\dots (2.9)$$

$$C_a = C_0 + \frac{Q_m}{H_m W u} \left[ 1 - \exp \left( -\frac{u}{L} t \right) \right] \dots\dots (2.10)$$

เมื่อ  $C_a$  แทนความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$C_0$  แทนความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่มีอยู่เดิม (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$Q_m$  แทนอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในกล่อง (กรัมต่อตารางเมตร)

$L$  แทน ความยาวของกล่อง (เมตร)

$H_m$	แทน ความสูงกล่อง (เมตร)
$W$	แทน ความกว้างกล่อง (เมตร)
$u$	แทน ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)
$t$	แทน เวลา (วินาที)

ข้อมูลป้อนเข้า (input) ของแบบจำลองแบบกล่อง ประกอบด้วย

1. อัตราการปล่อยของสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิด ซึ่งอาจจะได้จากการตรวจวัดจริง หรือการคำนวณ ในกรณีของการศึกษาแหล่งกำเนิดที่เกิดจากการจราจร อัตราการปล่อยสารมลพิษได้จากการคำนวณด้วยอัตราการปล่อย และจำนวนรถในช่วงเวลาหนึ่งที่สนใจ และสมมติว่ามีค่าเท่ากันในทุกส่วนของกล่อง
2. ความเร็วลม ถูกสมมติว่ามีค่าเท่ากันในทุกส่วนของกล่อง เป็นพารามิเตอร์ที่อธิบายถึงการแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศ
3. โครงสร้างของกล่อง ได้แก่ ความสูง ความกว้าง และความยาว จะบอกให้ทราบถึงขอบเขตพื้นที่ที่ทำการศึกษา หรือขอบเขตการกระจายของสารมลพิษทางอากาศ

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลกระทบของฝุ่นต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร (world bank, 1998) พบว่าฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานครมีความสัมพันธ์กับผลกระทบทางสุขภาพ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระดับ PM-10 ในกรุงเทพมหานครในปัจจุบันอาจทำให้คนในเขตกรุงเทพมหานครตายก่อนเวลาอันควร จากการสัมผัสระยะสั้นกับฝุ่นละอองในอากาศนอกอาคาร ถึง 4,000 – 5,000 คนต่อปี มีการเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคระบบหลอดเลือดหัวใจสูงขึ้นเมื่อระดับของ PM-10 สูงขึ้น สำหรับประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครการลดค่า PM-10 เป็นค่าเฉลี่ยรายปี 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถการสูญเสียเป็นเงิน 35,000 – 88,000 ล้านบาทต่อปี เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงค่าใช้จ่ายที่ประชาชนต้องจ่ายออกไป เช่น ทดแทนรายได้จากการเจ็บป่วย หรือสะท้อนให้เห็นถึงตัวเงินที่กระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชน

Johnson และคณะ (1976) ได้ทำการศึกษาสมการเพื่อทำนายความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในถนนที่มีลักษณะเป็นหุบเหว (Street canyon) หรือติดกับทางหลวง

(Highway) ในพื้นที่เขตเมือง พิจารณาจากโครงสร้างของถนนที่มีตึกล้อมรอบ พบว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ขึ้นกับปริมาณการจราจร ความเร็วรถเฉลี่ย ความเร็วลมที่ความสูงระดับหลังคาตึก ระยะทางในแนวราบและความสูง (เมตร) ของตำแหน่งผู้รับมลพิษที่สัมพันธ์กับเลนของเส้นทางจราจร

Reible (1998) ได้นำเสนอแบบจำลองแบบกล่องโดยสมมติให้ความเข้มข้นของสารมลพิษภายในกล่องมีค่าเท่ากันทั่วทั้งกล่อง การศึกษาใช้ผลของสมมูลมวลมาพิจารณา และพบว่าความเข้มข้นสุดท้ายของสารมลพิษทางอากาศภายในกล่อง เป็นผลจากความเข้มข้นที่แพร่กระจายจากภายนอกกล่องตามทิศทางลม และความเข้มข้นที่เกิดขึ้นและสะสมตัวภายในกล่อง

Karppinen และคณะ (1999) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการแพร่กระจายสารมลพิษทางอากาศจากข้อมูลการจราจร การปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ และแบบเคลื่อนที่ การแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศ แบบจำลองการการแพร่กระจายสารมลพิษทางอากาศพัฒนามาจากแบบจำลอง Urban Dispersion Modelling System (UDM – FAI) และ Road Network Dispersion Model (CAR-FMI) ร่วมกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา หลักการทางสถิติ และลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา แบบจำลองที่ได้สามารถประเมินความเข้มข้นของก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ในพื้นที่เมือง Helsinki ประเทศฟินแลนด์ได้

กรมควบคุมมลพิษ (2543) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาอัตราการปล่อย (emission rate) สารมลพิษทางอากาศจากรถซึ่งแยกตามประเภทของรถ พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างรถยนต์เครื่องยนต์เบนซิน รถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก รถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ และรถจักรยานยนต์ ระดับการปล่อยสารมลพิษทางอากาศยังขึ้นกับความเร็วของรถซึ่งพบว่าที่ระดับความเร็วต่ำ ๆ รถจะปล่อยสารมลพิษทางอากาศออกมามาก การศึกษาสัดส่วนปริมาณจราจรจากการตรวจนับรถในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล พบว่าในกรุงเทพมหานครมีสัดส่วนของรถยนต์เบนซินร้อยละ 41.6 รถยนต์ดีเซลขนาดเล็กร้อยละ 37.8 รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ร้อยละ 9.6 รถสามล้อร้อยละ 1.0 และรถจักรยานยนต์ร้อยละ 11.3

รัฐนุกูล วชิรณพ และคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ บริเวณที่หยุดรถประจำทางบนถนนสายหลักในเกาะรัตนโกสินทร์ พบว่า บริเวณถนนมหาจักรเป็นบริเวณที่ตรวจพบปริมาณฝุ่นทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 0.298 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุดพบที่ถนนท้ายวัง มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.09 พีพีเอ็ม (มาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.17 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

เสาวรส แสงประเสริฐ และนภารัตน์ มาประชา (2546) นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบกล่องทำนายปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บนเส้นทางการจราจร พบว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ขึ้นกับรูปแบบของสภาพแวดล้อมของถนนที่ศึกษา ดังนี้ บริเวณถนนราชดำเนินในซึ่งเป็นถนนที่มีลักษณะพื้นที่ฝั่งหนึ่ง และอีกฝั่งหนึ่งเป็นบริเวณที่มีตึกเรียงตัวติดกัน มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงสูงสุดเท่ากับ 2.225 พีพีเอ็ม (มาตรฐานเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เท่ากับ 30 พีพีเอ็ม) บริเวณถนนพารุทธ์ซึ่งเป็นถนนฝั่งหนึ่งที่มีตึกเรียงห่างกัน อีกฝั่งหนึ่งเรียงติดกัน มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงสูงสุดเท่ากับ 6.80 พีพีเอ็ม ถนนสามเสนซึ่งเป็นถนนที่มีตึกเรียงตัวสลับกับพื้นที่ว่างทั้งสองฝั่งถนน มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงสูงสุด เท่ากับ 8.525 พีพีเอ็ม บริเวณถนนจรัญสนิทวงศ์ ถนนมีลักษณะเรียงตัวสลับกับมีชอยระหว่างตึก มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงสูงสุด เท่ากับ 8.433 พีพีเอ็ม บริเวณถนนเยาวราชซึ่งมีตึกเรียงตัวกันอย่างหนาแน่นทั้ง 2 ฝั่งถนน มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงสูงสุด เท่ากับ 4.225 พีพีเอ็ม

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ (2543) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองแบบกล่องเพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และก๊าซออกไซด์ไนโตรเจนในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยการวิเคราะห์ความถดถอย ทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบกล่องโดยการเพิ่มพารามิเตอร์ของพื้นที่ช่องว่างทั้งหมดทางด้านข้างและด้านบนยึดหลักเกณฑ์ที่ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่นำไปใช้ประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ จะต้องเป็นแบบจำลองที่ง่ายต่อการนำไปใช้และได้รับการยอมรับหลังจากการทำกรทดสอบทางสถิติแล้ว ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และให้ค่า  $R^2$  ที่สูง ทำให้ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์สำหรับถนนที่มีลักษณะคล้ายอุโมงค์ จากผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นทั้งหมดที่ปล่อยจากรถยนต์โดยสารส่วนบุคคลมากกว่ารถประเภทอื่นๆ โดยแปรผันกับจำนวนรถ และแปรผกผันกับความเร็วรถ และสัมพันธ์กับรถเครื่องยนต์เบนซินทั้งหมดที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง (รถโดยสารส่วนบุคคล และรถจักรยานยนต์) ส่วนความเข้มข้นของก๊าซออกไซด์ไนโตรเจนในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สัมพันธ์กับความเข้มข้นที่ปล่อยจากรถบรรทุกขนาดเล็ก อันได้แก่ รถกะบะ รถตู้ หรือรถเมล์เล็ก

และมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นที่ปล่อยจากรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลทั้งหมด (รถบรรทุกขนาดเล็ก และรถบรรทุกขนาดใหญ่)

อรวรรณ ยาใจ และเบญจพร จันทรสุนทร (2544) ได้ทำการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในรถโดยสารประจำทางในช่วงโมงเร่งด่วน พบว่าในรถโดยสารประจำทางครีมแดง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่ารถโดยสารปรับอากาศสีน้ำเงิน และรถโดยสารปรับอากาศยูโร (II) มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 2 – 46 พีพีเอ็ม ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีค่าสูงในบางเวลานั้นเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมของถนน อาคารสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ และการจราจรที่หนาแน่น

Percod และคณะ (1975) ได้ศึกษาการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะและมลพิษทางอากาศบนถนนในกรุงเทพมหานคร โดยอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากรถที่มีการควบคุมอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ แสดงดังสมการที่ (2.11)

$$E = 287 S^{-0.75} \quad \dots \quad (2.11)$$

เมื่อ E แทน อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (กรัมต่อไมล์)

S แทน ความเร็วเฉลี่ยของรถ (ไมล์ต่อชั่วโมง)

นอกจากนี้พบว่าอัตราส่วนของปริมาณรถต่อความเร็วลม มีผลต่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเมื่ออัตราส่วนมีค่ามาก ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ก็จะมากตามไปด้วย

William, Gertler and Bradow (1990) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการปล่อยสารมลพิษทางอากาศของถนนที่มีลักษณะเป็นอุโมงค์ (SCAGS Tunnel) กับการปล่อยสารมลพิษทางอากาศของยานพาหนะบนถนนอื่นๆ อุโมงค์ที่ศึกษา มีความยาว 222 เมตร มี 6 เลน โดยแยกเป็นทิศทางละ 3 เลน จำกัดความเร็วรถ 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีสัญญาณไฟจราจรเหนือทางออกของอุโมงค์ในแต่ละด้านที่ระยะทาง 400 เมตร แบ่งประเภทรถที่ทำการศึกษากันเป็น 6 ประเภท โดยพิจารณาจากชนิด และอายุของรถ ทำการเก็บตัวอย่างภายในอุโมงค์ที่ตำแหน่งห่างจากทางออกของอุโมงค์ 30 เมตร และสูงเหนือทางเท้า 4 เมตร และได้เสนอสมการเพื่อคำนวณอัตราการสะสมของสารมลพิษทางอากาศในถนนที่มีลักษณะเป็นอุโมงค์ ดังสมการที่ (2.12) ซึ่งเป็นการคำนวณอัตราการปล่อยของสารมลพิษทางอากาศในถนนที่เป็นอุโมงค์ และเป็นเส้นตรง

$$\text{mg/mi} = \frac{(C - C_0) V}{0.1380 N} \quad \dots (2.12)$$

เมื่อ mg	แทนปริมาณสารมลพิษทางอากาศ (มิลลิกรัม)
mi	แทนระยะทาง (ไมล์)
C	แทนความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ช่องทางเข้าของอุโมงค์ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
C <sub>0</sub>	แทนความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ช่องทางออกของอุโมงค์ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
V	แทนปริมาตรของอากาศที่ผ่านเข้าไปในอุโมงค์ ระหว่างการเก็บตัวอย่าง (ลูกบาศก์เมตร)
N	แทนจำนวนรถในระหว่างการเก็บตัวอย่าง (คัน)
0.1380	แทน ความยาวของอุโมงค์ (ไมล์)

Sjodin and Andeasson (1995) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของไนโตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) ในถนนที่เป็นอุโมงค์ ในประเทศสวีเดน การศึกษาเลือกใช้ค่าอัตราการปล่อย (emission factor) ที่ความเร็วของรถ 3 ช่วง คือ ในช่วงการจราจรที่หนาแน่นมีความเร็วต่ำกว่า 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วรถปานกลางประมาณ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วรถในขณะที่การจราจรมีความหนาแน่นของรถน้อยประมาณ 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดมลพิษทางอากาศภายในอุโมงค์ที่ตำแหน่ง 30 เมตร จากทางออก และมีความสูงเหนือทางเท้า 4 เมตร โดยพบว่าความเข้มข้นของไนโตรัสออกไซด์ ขึ้นอยู่กับชนิด อายุของรถ ความแตกต่างของการซ่อมแซมบำรุง และลักษณะของการขับเคลื่อนของรถ เป็นต้น และทำการวัดความเข้มข้นภายในอุโมงค์เทียบกับความเข้มข้นที่มีอยู่เดิมที่ระยะห่างจากอุโมงค์ 25 เมตร ทำการศึกษาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และไฮโดรคาร์บอน เทียบความเข้มข้นที่ได้กับการคำนวณด้วยสมการที่ (2.16) ซึ่งเป็นการคำนวณด้วยการใช้สมดุลมวล (mass balance) การวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าหลักการก๊าซฟิลเตอร์คอรีเลชัน (gas filter correlation) และการวัดปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน โดยหลักการเคมีลูมิเนสเซนส์ (chemiluminescence) สำหรับคำนวณหา

ค่าอัตราการปลดปล่อย ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลเมตร ของไนโตรสออกไซด์ แสดงดังสมการที่ (2.13)

$$e = (C \cdot u \cdot A) / (T \cdot L) \quad \dots\dots (2.13)$$

- เมื่อ e แทนอัตราการปล่อยเฉลี่ยของก๊าซไนโตรสออกไซด์ สำหรับถนนที่มีลักษณะเป็นอุโมงค์ (กรัมต่อกิโลเมตร)
- C แทนความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรสออกไซด์ ภายในอุโมงค์และความเข้มข้นที่มีอยู่เดิมในบรรยากาศ (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
- u แทนการเคลื่อนที่ของอากาศโดยเฉลี่ยที่ผ่านในอุโมงค์ (8 เมตรต่อวินาที)
- A แทนพื้นที่หน้าตัดโดยเฉลี่ยของอุโมงค์ (55 ตารางเมตร)
- L แทนความยาวของอุโมงค์ (454 เมตร)
- T แทนความหนาแน่นของการจราจรในอุโมงค์ (คันต่อวินาที)

Rogak, Pott and Wang (1998) ได้ศึกษาการปล่อยของสารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ในถนนที่เป็นอุโมงค์ คือ Vancouver's Cassiar Connector ในหัวข้อ Gaseous Emissions from Vehicles in a Traffic Tunnel in Vancouver, British Columbia โดยศึกษาการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิด โดยแยกประเภทของรถออกเป็น 2 ประเภท คือ รถขนาดเล็ก (LD-vehicle) และรถขนาดใหญ่ (HD-vehicles) ถนนที่ทำการศึกษามี 2 เลน และไหล่ถนนกว้าง อุโมงค์ที่ศึกษามีความยาว 730 เมตร กว้าง 14 เมตร สูง 7 เมตร และมีพัดลมดูดอากาศทางด้านบนของอุโมงค์ ความเร็วลมทำการวัดที่ตำแหน่งต่ำกว่าขอบด้านบนของอุโมงค์ลงมา 1 เมตร บริเวณทางออกของอุโมงค์ทางด้านทิศใต้ และสมมติให้สารมลพิษทางอากาศมีความเข้มข้นเท่ากันภายในอุโมงค์ ได้ทำการตรวจวัดที่ระยะ 200 เมตร และ 530 เมตร จากจุดทางเข้า การวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ใช้อุปกรณ์วิเคราะห์ในบรรยากาศที่ใช้หลักการก๊าซฟิเดอรัคอรिलเซน และการวัดปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ใช้หลักการเคมีลูมิเนสเซนส์ Rogak และคณะ ได้นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ปล่อยจากยานพาหนะกับความเข้มข้นที่แตกต่างระหว่างช่องทางเข้าอุโมงค์ และช่องทางออกอุโมงค์ ไว้ดังสมการที่ (2.14)

$$\overline{\Delta C} = \frac{e_{veh} L n_{veh}}{K A V} \dots (2.14)$$

เมื่อ  $\overline{\Delta C}$  แทนความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่แตกต่างกันระหว่างช่องทางเข้าและช่องทางออกอุโมงค์ (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร) หรือความเข้มข้นที่สะสมอยู่ในอุโมงค์

$e_{veh}$  แทนปัจจัยการปล่อยเฉลี่ยของสารมลพิษทางอากาศ จากยานพาหนะ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)

$n_{veh}$  แทนจำนวนรถ (คันต่อวินาที)

$L$  แทนความยาวของอุโมงค์ (เมตร)

$K$  แทนปัจจัยปรับแก้

$A$  แทนพื้นที่หน้าตัดขวางของอุโมงค์ (ตารางเมตร)

$V$  แทนความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

พลศักดิ์ วิฑูรชวลิตวงศ์ (2536) เป็นการประเมินการปล่อยสารมลพิษทางอากาศในประเทศไทย และศึกษาค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นการรวบรวมจากแหล่งต่างๆ ตามชนิดของเชื้อเพลิง และลักษณะของการขับขี โดยอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศสำหรับการคมนาคมขนส่งใช้อัตราการปล่อยจาก U.S.EPA Model 4, 1989 และรวบรวมไว้โดยสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาแห่งประเทศไทย แบ่งตามประเภทเครื่องยนต์ ประเภทรถ ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร) โดยการรวบรวมได้จนถึง ผลการวิจัยของ JICA ที่ได้ทำการศึกษาถึงความเร็วรถเฉลี่ย ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เมื่อปี 1989 ว่า กรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดปทุมธานี มีความเร็วรถเฉลี่ย 8, 16, 24 และ 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ และได้อธิบายค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ เป็นค่าที่ได้จากการสุ่มวัดข้อมูลจากแหล่งกำเนิดจริง ที่มีลักษณะเหมือนกัน หรือคล้ายกันหลายๆ แหล่ง แล้วนำมาสร้างเป็นสูตรการคำนวณ หรือเป็นค่าทางสถิติ

วรารุณ เสือดี (2536) ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบกล่อง ร่วมกับแบบจำลอง ISC และแบบจำลอง Valley ในการทำนายความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ปล่อยจากแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม ในหัวข้อ “การจัดการสิ่งแวดล้อมด้านมลพิษทางอากาศจาก

นิคมอุตสาหกรรมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์: กรณีศึกษา นิคมอุตสาหกรรมภินทร์บุรี”  
ผลการศึกษาพบว่าจากแบบจำลองแบบกล่อง (box model) จะทำให้โรงงานขนาด 10,000 ตาราง  
เมตร สามารถปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ 133,000 กิโลกรัมต่อวัน หรือคิดเป็นปริมาณ  
ซัลเฟอร์ 66,500 กิโลกรัมต่อวัน

## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย

#### 3.1 สถานที่ทำวิจัย

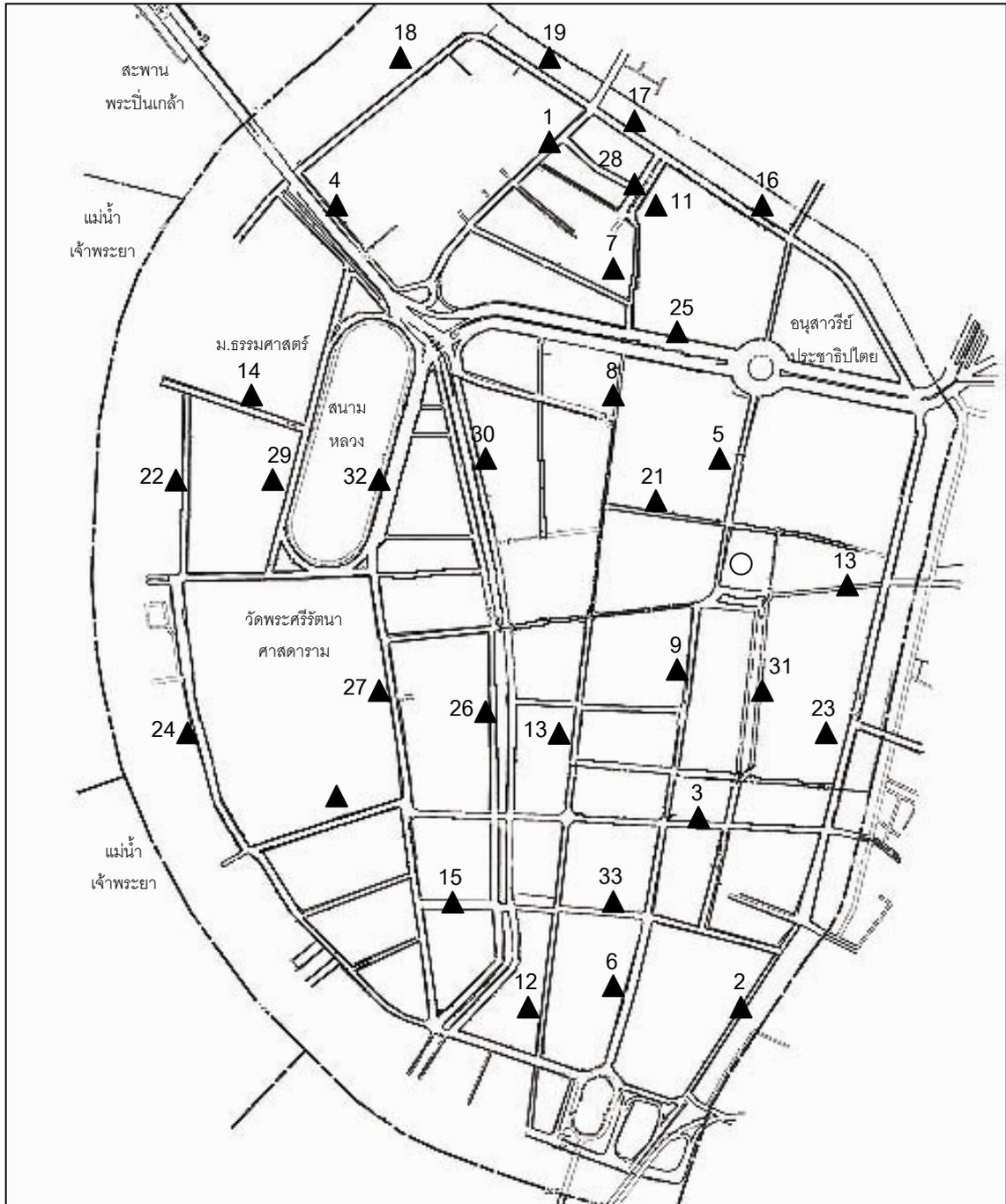
การวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศจากการจราจรบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ฝั่งตะวันออกทั้งพื้นที่ชั้นในและชั้นนอก ดังแผนที่ 2.1 และทำการวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ตำแหน่งและวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง แสดงดังแผนที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่ง ถนนและวันที่ในการเก็บตัวอย่าง

ตำแหน่งที่	ชื่อถนน	วันที่เก็บตัวอย่าง
1	จักรพงษ์	29 สิงหาคม 2549
2	จักรเพชร	11 สิงหาคม 2549
3	เจริญกรุง	25 สิงหาคม 2549 และ 1 กันยายน 2549
4	เจ้าฟ้า	21 สิงหาคม 2549
5	ดินสอ	6 กรกฎาคม 2549 และ 18 กันยายน 2549
6	ตรีเพชร	29 กรกฎาคม 2549 และ 9 กันยายน 2549
7	ตระนาว (1)	4 กรกฎาคม 2549 และ 7 กันยายน 2549
8	ตระนาว (2)	18 สิงหาคม 2549 และ 4 กันยายน 2549
9	ดีทอง	8 กรกฎาคม 2549
10	ท้ายวัง	22 สิงหาคม 2549
11	บวรนิเวศ	9 สิงหาคม 2549 และ 8 กันยายน 2549
12	บ้านหม้อ	6 สิงหาคม 2549 และ 14 กันยายน 2549

## ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ตำแหน่งที่	ชื่อถนน	วันที่เก็บตัวอย่าง
13	บำรุงเมือง	9 กรกฎาคม 2549
14	พระจันทร์	27 สิงหาคม 2549 และ 10 กันยายน 2549
14	พระจันทร์	27 สิงหาคม 2549 และ 10 กันยายน 2549
15	พระพิพิธ	13 สิงหาคม 2549 และ 16 กันยายน 2549
16	พระสุเมรุ (1)	28 มิถุนายน 2549
17	พระสุเมรุ (2)	28 สิงหาคม 2549
18	พระอาทิตย์ (1)	27 มิถุนายน 2549
19	พระอาทิตย์ (2)	13 กันยายน 2549
20	เฟื่องนคร	5 สิงหาคม 2549 และ 12 กันยายน 2549
21	มหรณพ	16 สิงหาคม 2549 และ 6 กันยายน 2549
22	มหาจักร	15 กันยายน 2549
23	มหาไชย	26 กรกฎาคม 2549 และ 17 กันยายน 2549
24	หาราช	2, 3 กุมภาพันธ์ 2549 24 สิงหาคม 2549 และ 11 กันยายน 2549
25	ราชดำเนินกลาง	6, 26, 27 กุมภาพันธ์ 2549 และ 26 สิงหาคม 2549
26	ราชินี	22 กรกฎาคม 2549 และ 19 สิงหาคม 2549
27	สนามไชย	23 และ 31 สิงหาคม 2549
28	สีปสามห้าง	30 สิงหาคม 2549
29	หน้าพระธาตุ	16 สิงหาคม 2549
30	อัษฎางค์	23 กรกฎาคม 2549 และ 20 สิงหาคม 2549
31	คุนากรรณ	10 กรกฎาคม 2549 และ 5 กันยายน 2549
32	ราชดำเนินใน	8, 9 และ 16 กุมภาพันธ์ 2549
33	ถนนพหลุ์	10, 12 และ 15 กุมภาพันธ์ 2549



แผนที่ 3.1 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศ

หมายเหตุ : ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดูตารางที่ 3.1 ประกอบ

## 3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ประกอบด้วย
  - 1.1 เครื่องเก็บตัวอย่างสำหรับหาความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นทั้งหมดแบบปริมาตรสูง ชนิดไฮ-โวลูม (high-volume) ดังภาพที่ ก.1
    - 1.2 กระจาดทรงขนาด 8 x 10 นิ้ว
    - 1.3 ตู้อบที่อุณหภูมิห้อง
    - 1.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
    - 1.5 แผ่นบันทึกอัตราการไหลของอากาศ
2. อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ประกอบด้วย
  - 2.1 เครื่องตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ใช้หลักการก๊าซฟิลาเตอร์คอริเลชัน ดังภาพที่ ก.3
    - 2.2 บีมดูดอากาศขนาดเล็ก
    - 2.4 ถังเก็บตัวอย่างอากาศ
    - 2.5 สายยาง
    - 2.6 ขาตั้ง
3. อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยวิธีโซเดียมอาร์ซีไนด์ ประกอบด้วย
  - 3.1 อิมฟินเจอร์
  - 3.2 บีมดูดอากาศขนาดเล็ก
  - 3.2 สายยาง
  - 3.3 ขาตั้ง
  - 3.4 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง
  - 3.5 เครื่องแก้ว
  - 3.6 สารเคมี
4. อุปกรณ์นับจำนวนรถ
5. อุปกรณ์วัดความเร็วรถ
6. สายวัด

7. กล้องถ่ายภาพ
8. เครื่องวัดค่า GPS
9. คอมพิวเตอร์
10. อุปกรณ์วัดความเร็วลม
11. โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows เวอร์ชัน 11.5
12. โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Visual Basic for Windows เวอร์ชัน 6

### 3.3 การเก็บข้อมูลลักษณะของถนน

ตามทฤษฎีการแพร่กระจายสารมลพิษทางอากาศของแบบจำลองแบบกล่อง กำหนดให้มีการผสมกันของสารมลพิษทางอากาศเป็นไปอย่างสมบูรณ์ภายในขอบเขตของกล่อง งานวิจัยนี้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลลักษณะถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ ประกอบด้วยความกว้างของถนน ลักษณะทางกายภาพทั้ง 2 ด้านของถนน ดังนี้

1. ความกว้างของถนน
2. จำนวนเลน
3. ความสูงของอาคารทั้งสองฝั่งถนน
4. ความกว้างของทางเดินเท้า
5. ช่องว่างทางด้านข้างของถนนระหว่างอาคารกับอาคารด้านข้าง

ทำการคำนวณเพื่อหาร้อยละของส่วนเปิด ผลการวัดโครงสร้างของถนนและผลการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ค.

### 3.4 การตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ

การวิจัยนี้ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศพร้อมกับการตรวจวัดปริมาณจากรและความเร็วลมเป็นค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง ทำการติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งสูงกว่าพื้นดิน 1.2-1.5 เมตร บนทางเดินเท้า ดังนี้

#### 3.4.1 การตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น

ปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ทำการตรวจวัดเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง พร้อมกับการนับจำนวนปริมาณการจราจร ความเร็วรถ และความเร็วลม โดยเลือกพื้นที่ของถนนที่

เป็นเส้นตรง ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างตามวิธีมาตรฐาน คือวิธีการวิเมตริกไฮ-โวลูม ใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นทั้งหมดแบบปริมาตรสูง (high – volume) ดังภาคผนวกที่ ข.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ดังแสดงในตารางที่ ๑

#### 3.4.2 การตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ทำการตรวจวัดเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงพร้อมกับการนับจำนวนปริมาณการจราจร ความเร็วรถ และความเร็วลม โดยเลือกพื้นที่ของถนนที่เป็นเส้นตรง โดยทำการเก็บตัวอย่างใส่ถุงเก็บตัวอย่าง (air bag) และวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยวิธีเทียบเท่า วิธีก๊าซฟิลเตอร์คอร์ริเลชันในห้องปฏิบัติการดังภาคผนวกที่ ข.2 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ แสดงดังภาคผนวก ง.

#### 3.4.3 การตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ทำการตรวจวัดเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงพร้อมกับการนับจำนวนปริมาณการจราจร ความเร็วรถ และความเร็วลม โดยเลือกพื้นที่ของถนนที่เป็นเส้นตรง ตรวจวัดโดยวิธีเทียบเท่า วิธีโซเดียมอาร์ซีไนต์ ใช้สารละลายดูดซับดูดจับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และทำการตรวจวัดโดยใช้การดูดกลืนคลื่นแสงที่ 540 นาโนเมตร ดังภาคผนวก ข.3 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ แสดงดังภาคผนวก ง.

### 3.5 การเก็บข้อมูลที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ

ในขั้นตอนนี้ทำการศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อระดับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ทำการเก็บข้อมูลพร้อมกับการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง ดังนี้

**3.5.1 ประเภทของรถ** ในการศึกษา นำข้อมูลอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากรถแต่ละประเภทของกรมควบคุมมลพิษดังแสดงในภาคผนวก ๑. มาใช้พิจารณาในการแยกประเภทของรถให้เหมาะสม ทั้งนี้เพราะรถแต่ละประเภทมีการปล่อยสารมลพิษทางอากาศแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ประเภทของเครื่องยนต์ ประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง ลักษณะของการขับขี่ และความเร็วรถ เป็นต้น ซึ่งในการศึกษารั้งนี้ได้ทำการนับ

จำนวนรถแยกแต่ละประเภท โดยนับเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงพร้อมกับการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศแต่ละชนิด ดังนี้

ประเภทที่ 1. รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล (automobile) ได้แก่ รถแท็กซี่ รถสามล้อเครื่อง หรือตุ๊กตุ๊ก (Tuk-Tuk)

ประเภทที่ 2. รถจักรยานยนต์ (motorcycle)

ประเภทที่ 3. รถบรรทุกขนาดเล็ก (light truck) ซึ่งมีขนาดน้ำหนักน้อยกว่า 1,525 กิโลกรัม ได้แก่ รถบรรทุกขนาดเล็ก เช่น รถกระบะ รถตู้ และรถโดยสารประจำทางขนาดเล็ก

ประเภทที่ 4. รถบรรทุกขนาดใหญ่ (heavy truck) ซึ่งมีขนาดน้ำหนักมากกว่า 4,500 กิโลกรัม ได้แก่ รถบรรทุก 10 ล้อ รถพ่วง และรถโดยสารประจำทางขนาดใหญ่ (bus) นอกจากนี้ยังรวมถึงรถบรรทุกขนาดกลาง เช่น รถบรรทุกขนาดใหญ่ 6 ล้อ ผลการศึกษาปริมาณรถแยกตามประเภทรถแสดงภาคผนวก ง.

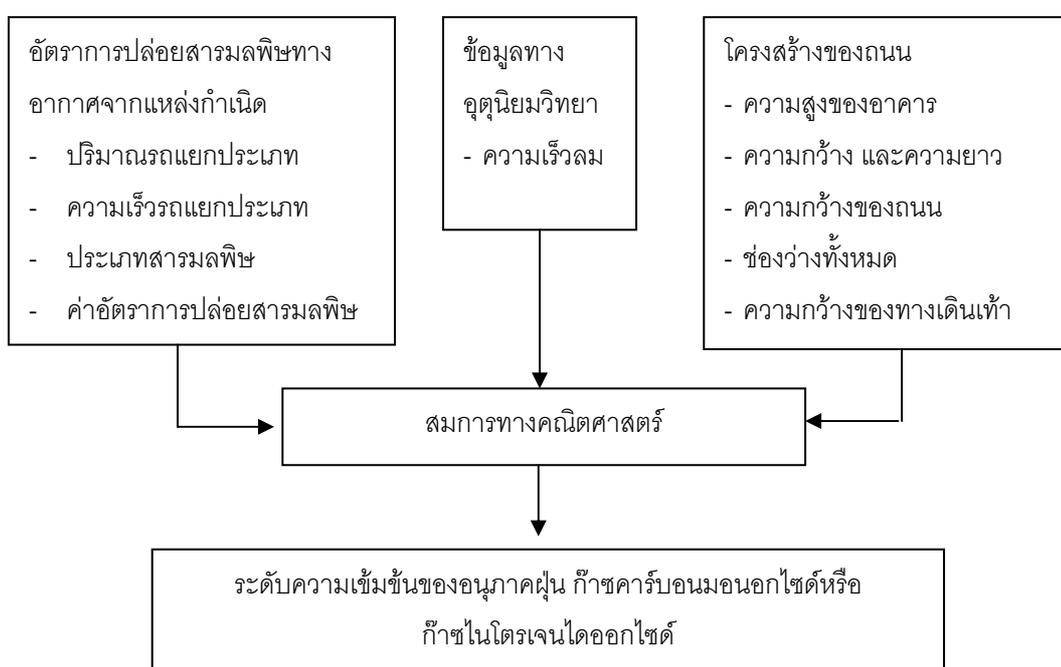
### 3.5.2 ความเร็วรถ

ผลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษ (2543) พบว่าความเร็วรถแต่ละประเภทมีผลต่ออัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ดังตารางที่ ๑.1 – ๑.4 และกราฟที่ ๑.1 – ๑.8 ในกรณีของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์นั้นจะมีการปล่อยสูงเมื่อรถมีความเร็วต่ำ แต่ในกรณีของก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อัตราการปล่อยจะมีค่าค่อยๆ ลดลง แต่เมื่อถึงความเร็วหนึ่งอัตราการปล่อยจะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากผลของอุณหภูมิต่ำในการเผาไหม้และปริมาณอากาศที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในขณะที่เกิดการสันดาป ผลการศึกษาความเร็วรถแยกตามประเภทรถแสดงดังภาคผนวก ง.

3.5.3 ความเร็วลม ข้อมูลความเร็วลม เป็นข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาที่สำคัญ ที่ใช้ในการอธิบายการแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศ ในทฤษฎีการแพร่กระจายสารมลพิษทางอากาศของแบบจำลองแบบกล่องนั้น กำหนดให้ความเร็วลมในแต่ละตำแหน่งภายในกล่องมีค่าเท่ากัน การศึกษาครั้งนี้ตรวจวัดความเร็วลมโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดความเร็วลม (anemometer) ทำการวัดที่ระดับความสูง 1.5 เมตร และทำการตรวจวัดบนทางเท้า ติดถนน ผลการตรวจวัดความเร็วลม แสดงดังภาคผนวก ง.

### 3.6 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการจราจรบนถนน ในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ อาศัยพื้นฐานของแบบจำลองแบบกล่อง (box model) โดยมีองค์ประกอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 3.1



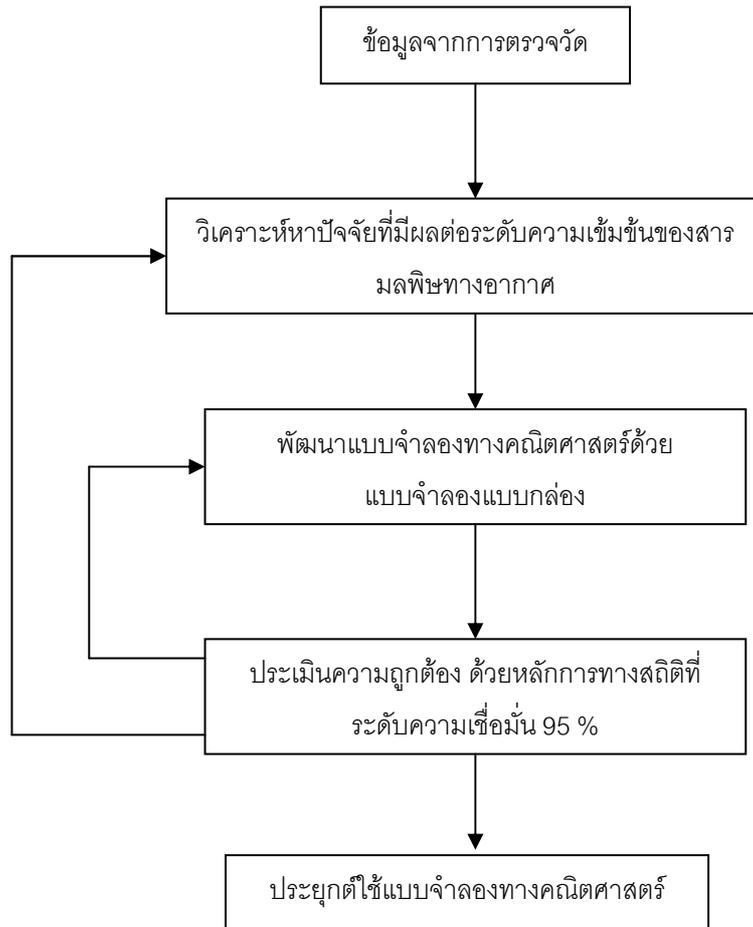
ภาพที่ 3.1 องค์ประกอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ

ขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ ดำเนินการดังนี้

1. จากข้อมูลปริมาณรถแต่ละชนิดและความเร็วรถที่ได้จากการตรวจวัดนำมาคำนวณหาอัตราการผลิตของสารมลพิษทางอากาศ
2. นำอัตราการผลิตของสารมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นเป็นรายชั่วโมงมาคำนวณหาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศด้วยแบบจำลองแบบกล่องและพิจารณาผลที่ได้จากการคำนวณว่าให้ผลที่ใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดในชั่วโมงนั้นหรือไม่

3. จากผลในข้อ 2. ถ้าได้ผลของความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่แตกต่างกัน จะพิจารณาหาปัจจัยที่ทำให้ได้ผลที่ได้นั้นแตกต่างกัน

4. พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากปัจจัยที่มีผลให้ผลการคำนวณมีค่าแตกต่างจากการตรวจวัดจริง โดยมีขั้นตอนดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.1 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์โดยใช้ ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษา โดยอาศัยหลักการทางสถิติ คือการวิเคราะห์ทางความถดถอย (regression) ขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ โดยใช้พื้นฐานของแบบจำลองแบบกล่อง และพัฒนาโดยพิจารณาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อความเข้มข้นของ

สารมลพิษทางอากาศ การพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นทำได้โดยหลักการทางสถิติดังนี้

4.1.1 จะต้องผ่านการยอมรับการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (Mikko Kolehmainen, 1999)

4.1.2 ค่า  $R^2$  ที่ได้ต้องมีค่าสูง มีค่ามากกว่า 0.50

4.2 หากผลการวิเคราะห์ไม่ผ่านการยอมรับทางสถิติ จะทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แยกตามโครงสร้างของถนนที่แตกต่างกัน

4.3 นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาในข้อ 4.1 หรือ 4.2 ทดสอบกับข้อมูลความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากการตรวจวัดจริง

4.4 วิเคราะห์ผลที่ได้ในข้อที่ 4.3 หากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้สามารถนำไปใช้ประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ ให้  $R^2$  มากกว่า 0.50 ทำการประยุกต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows เวอร์ชัน 11.5 ช่วยในการวิเคราะห์

### 3.7 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการศึกษาเมื่อได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมแล้ว จะทำการประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมแล้วโดยพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษา Microsoft Visual Basic เวอร์ชัน 6 ในการใช้ประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการจราจรบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร

### 3.8 ระยะเวลาการวิจัย และแผนดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ระยะเวลาวิจัย 1 ปี (10 เดือน เริ่มเดือนกุมภาพันธ์ 2549 – ธันวาคม 2549)

ตารางที่ 3.2 แผนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการศึกษา	เดือนที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. สํารวจข้อมูลเบื้องต้น จัดซื้อสารเคมี อุปกรณ์	←→										
2. กำหนดปัญหา ปัจจัย ที่มีผลต่อระดับสารมลพิษทางอากาศ	←→										
3. ศึกษารวบและรวมข้อมูล ลักษณะทางกายภาพของถนน	←→										
3. กำหนดปัญหา ปัจจัย ที่มีผลต่อระดับสารมลพิษทางอากาศ	←→										
4. ดำเนินการเก็บข้อมูลความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลการจราจร	←→										
5. พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์			←→								
6. ประเมินความถูกต้อง น่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์					←→						
7. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์								←→			
8. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และเผยแพร่ผลการศึกษา / ส่งตีพิมพ์									←→		

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา และการวิเคราะห์ผล

#### 4.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ

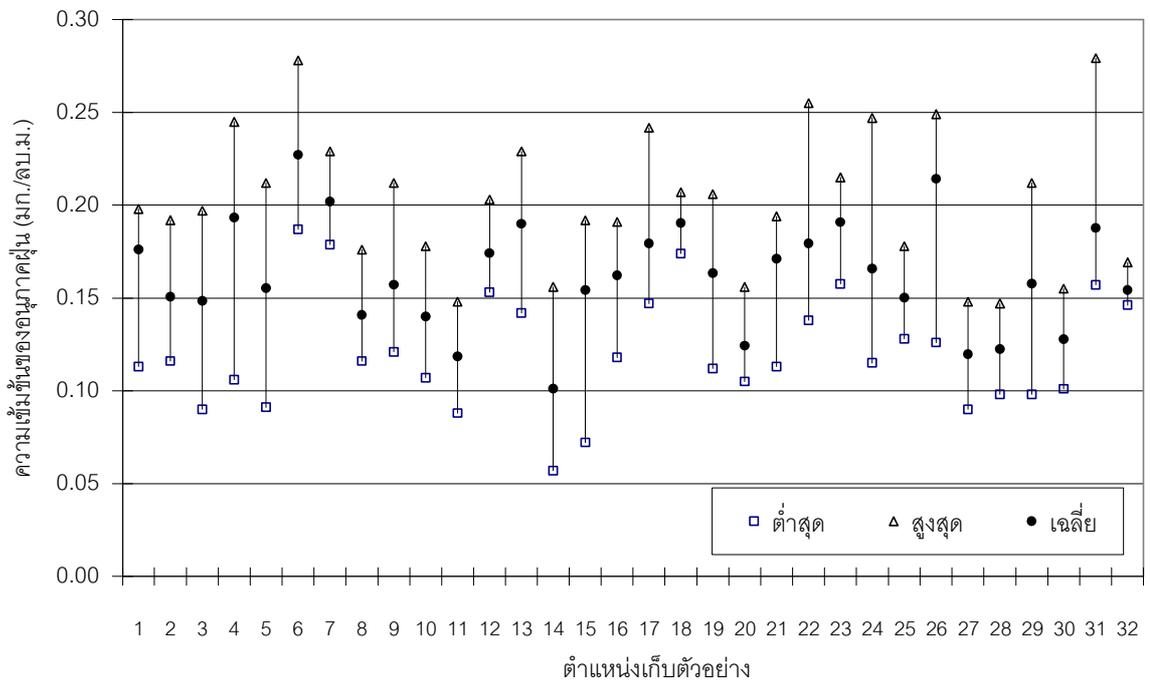
ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศได้แก่อนุภาคฝุ่น (TSP) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) เป็นค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ ง.1 และสรุปผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศแสดงดังตารางที่ 4.1 และกราฟที่ 4.1 – 4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศเป็นค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง

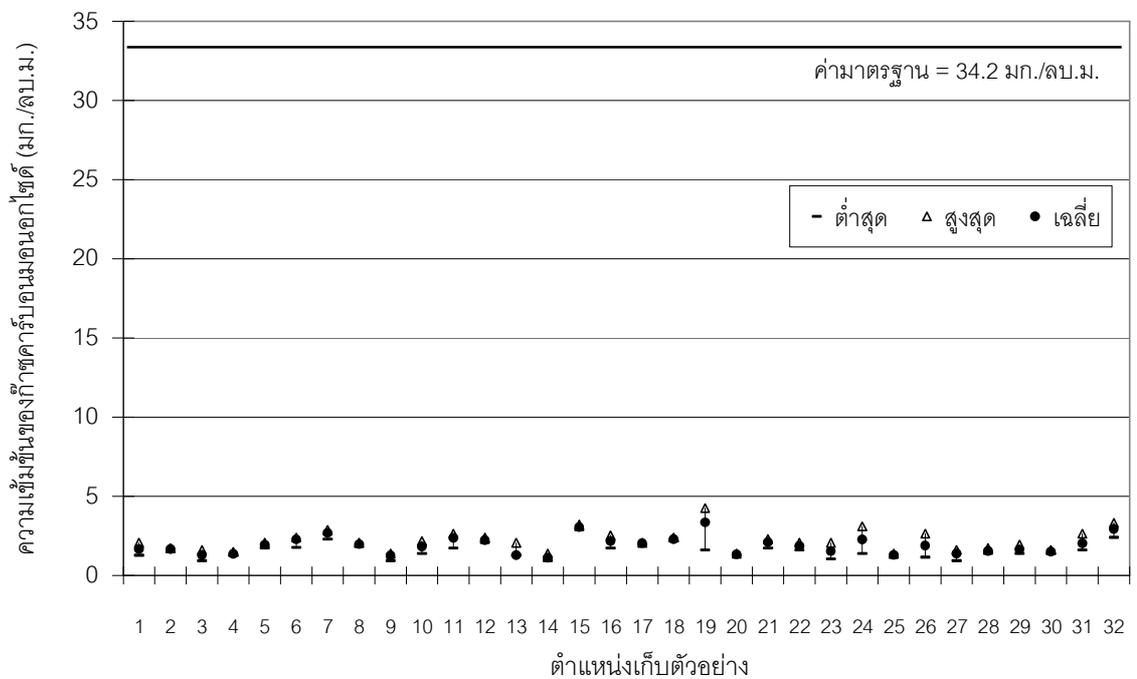
ตำแหน่ง ที่	ชื่อถนน	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)					
		TSP		CO		NO <sub>2</sub>	
		พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย
1	จักรพงษ์	0.11-0.20	0.18	1.26-2.06	1.65	0.025-0.032	0.029
2	จักรเพชร	0.12-0.19	0.15	1.49-1.72	1.65	0.034-0.129	0.081
3	เจริญกรุง	0.09-0.20	0.15	0.92-1.60	1.28	0.007-1.30	0.057
4	เจ้าฟ้า	0.11-0.25	0.19	1.26-1.49	1.35	0.044-0.114	0.081
5	ดินสอ	0.09-0.21	0.16	1.72-2.06	1.94	0.075-0.098	0.089
6	ตรีเพชร	0.19-0.28	0.23	1.76-2.40	2.28	0.129-0.157	0.135
7	ตะนาว (1)	0.18-0.23	0.20	2.29-2.86	2.63	0.059-0.135	0.081
8	ตะนาว (2)	0.12-0.18	0.14	-	-	0.015-0.042	0.027
9	ตีทอง	-	-	1.83-2.06	1.97	0.054-0.118	0.085
10	ท้ายวัง	0.12-0.21	0.16	0.92-1.37	1.26	0.073-0.138	0.096
11	บวรนิเวศ	0.11-0.18	0.14	1.37-2.18	1.82	0.049-0.066	0.059

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

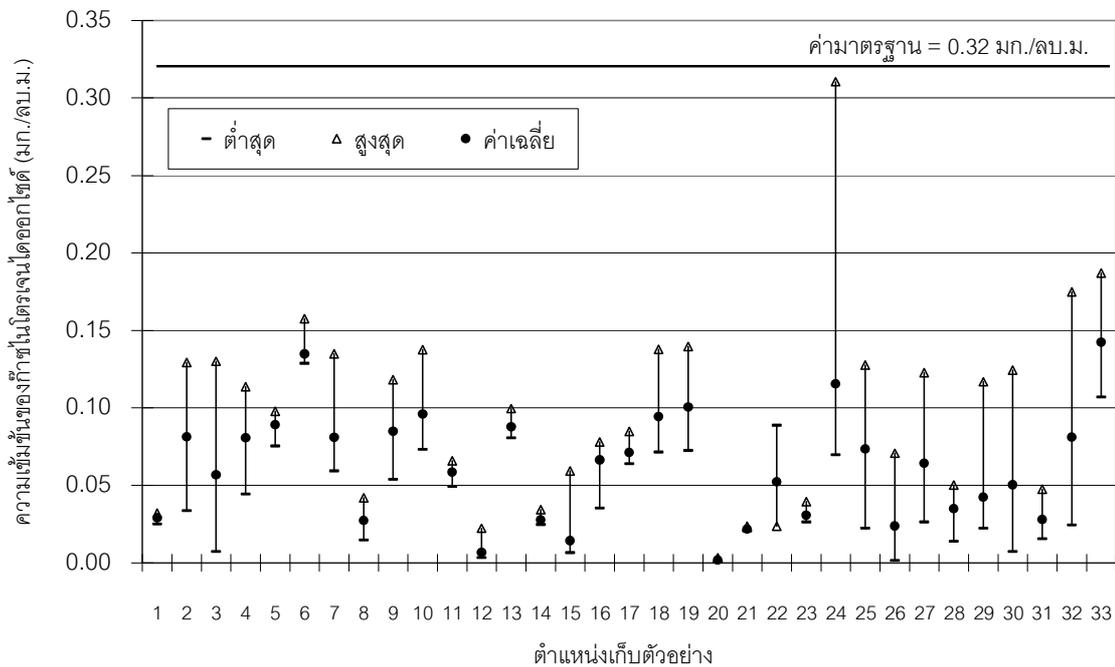
ตำแหน่ง ที่	ชื่อถนน	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)					
		TSP		CO		NO <sub>2</sub>	
		พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย
12	บ้านหม้อ	0.09-0.15	0.12	1.72-2.63	2.36	0.003-0.022	0.007
13	บำรุงเมือง	0.15-0.20	0.17	2.06-2.40	2.22	0.081-0.100	0.088
14	พระจันทร์	0.14-0.23	0.19	1.26-2.06	1.28	0.025-0.034	0.028
15	พระพิพิธ	0.06-0.16	0.12	0.92-1.37	1.11	0.007-0.059	0.014
16	พระสุเมรุ (1)	0.07-0.19	0.15	2.86-3.21	3.05	0.035-0.078	0.066
17	พระสุเมรุ (2)	0.12-0.19	0.16	1.72-2.52	2.15	0.064-0.085	0.071
18	พระอาทิตย์ (1)	0.15-0.24	0.18	2.06-1.95	2.04	0.071-0.138	0.094
19	พระอาทิตย์ (2)	0.15-0.24	0.18	2.40-2.16	2.29	0.072-0.140	0.100
20	เฟื่องนคร	0.11-0.21	0.16	1.60-4.24	3.34	0.001-0.003	0.002
21	มหรณพ	0.11-0.16	0.12	1.26-1.37	1.33	0.021-0.024	0.022
22	มหาจักร	0.11-0.19	0.17	1.72-2.29	2.10	0.024-0.089	0.052
23	มหาไชย	0.14-0.26	0.18	1.60-2.06	1.87	0.026-0.040	0.031
24	มหาราช	0.16-0.22	0.19	1.03-2.06	1.52	0.070-0.311	0.116
25	ราชดำเนินกลาง	0.12-0.25	0.17	1.37-3.09	2.26	0.022-0.128	0.073
26	ราชินี	0.13-0.18	0.15	1.15-1.37	1.29	0.002-0.071	0.024
27	สนามไชย	0.13-0.25	0.21	1.15-2.63	1.88	0.026-0.123	0.064
28	ลิบสามห้าง	0.09-0.15	0.12	0.92-1.60	1.37	0.014-0.050	0.035
29	หน้าพระธาตุ	0.10-0.15	0.12	1.37-1.72	1.53	0.022-0.117	0.042
30	อัมฤกษ์	0.10-0.21	0.16	1.37-1.95	1.61	0.007-0.124	0.050
31	อนุकरण	0.10-0.16	0.13	1.37-1.60	1.50	0.016-0.048	0.028
32	ราชดำเนินใน	0.16-0.28	0.19	1.60-2.63	2.02	0.024-0.175	0.081
33	พาหุรัด	0.15-0.17	0.15	2.40-3.32	2.93	0.107-0.187	1.424
ค่ามาตรฐาน		-		34.2		0.32	



กราฟที่ 4.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น



กราฟที่ 4.2 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์



กราฟที่ 4.3 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

จากตารางที่ 4.1 และกราฟที่ 4.1-4.3 สรุปได้ดังนี้

1. ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการจราจรบนถนนจำนวน 32 ถนนเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง จำนวน 331 ชั่วโมง มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.06 – 0.28 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.16 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยความเข้มข้นสูงสุดตรวจพบที่ถนนตรีเพชร และความเข้มข้นต่ำที่สุดตรวจพบที่ถนนพระพิพิธ ถนนที่มีปริมาณของอนุภาคฝุ่นโดยเฉลี่ยสูงสุดคือถนนตรีเพชรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.23 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากการตรวจวัดเป็นการตรวจวัดเพื่อใช้ในการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง ทั้งนี้ไม่สามารถนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษได้ เนื่องจากเกณฑ์มาตรฐานกำหนดเป็นค่าเฉลี่ยราย 24 ชั่วโมง ที่มีค่าเท่ากับ 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาดูค่าความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานไม่มากนัก

2. ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ที่เกิดจากการจราจรบนถนนจำนวน 32 ถนนเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง จำนวน 341 ชั่วโมง มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.92 – 4.24 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.90 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยความ

เข้มข้นสูงสุดตรวจพบที่ถนนเฟื่องนคร และความเข้มข้นต่ำที่สุดตรวจพบที่ถนนเจริญกรุง ถนนท้ายวัง ถนนพระพิพิธ และถนนลิบสามห้าง ถนนที่มีปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์โดยเฉลี่ยสูงสุดคือถนนเฟื่องนคร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.34 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อนำผลการตรวจวัดที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งกำหนดเป็นค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง เท่ากับ 34.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าผลจากการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ทุกถนนมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก

3. ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดจากการจราจรบนถนนจำนวน 33 ถนนเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง จำนวน 345 ชั่วโมง มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.001 – 0.311 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.062 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยความเข้มข้นสูงสุดตรวจพบที่ถนนมหาธาตุ และความเข้มข้นต่ำที่สุดตรวจพบที่ถนนเฟื่องนคร ถนนที่มีปริมาณของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยสูงสุดคือถนนพารุท มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.142 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อนำผลการตรวจวัดที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งกำหนดเป็นค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง เท่ากับ 0.32 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าผลจากการตรวจวัดทุกถนนมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

## 4.2 ผลการตรวจวัดความเร็วลม

ความเร็วลมเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศ ในการศึกษาทำการตรวจวัดความเร็วเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง พร้อมกับการทำการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศและการตรวจวัดปริมาณการจราจร ผลการตรวจวัดความเร็วลมแสดงดังภาคผนวก ง. และสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.2

ตาราง 4.2 ผลการตรวจวัดความเร็วลม

ตำแหน่งที่	ชื่อถนน	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)		
		ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
1	จักรพงษ์	0.5	1.5	0.8
2	จักรเพชร	1.0	1.0	1.0
3	เจริญกรุง	0.5	1.5	1.0

ตาราง 4.2 (ต่อ)

ตำแหน่งที่	ชื่อถนน	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)		
		ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
4	เจ้าฟ้า	0.5	0.5	0.5
5	ดินสอ	1.0	1.5	1.0
6	ตรีเพชร	1.0	1.0	1.0
7	ตะนาว (1)	1.0	2.0	1.4
8	ตะนาว (2)	1.0	2.0	1.4
9	ตีทอง	1.0	1.5	1.3
10	ทำยวัง	0.5	0.5	0.5
11	บวรนิเวศ	1.0	1.0	1.0
12	บ้านหม้อ	1.0	1.0	1.0
13	บำรุงเมือง	1.0	1.5	1.3
14	พระจันทร์	1.0	1.5	1.0
15	พระพิพิธ	1.0	1.0	1.0
16	พระสุเมรุ (1)	1.5	2.0	1.9
17	พระสุเมรุ (2)	1.0	1.5	1.1
18	พระอาทิตย์ (1)	1.0	2.0	1.4
19	พระอาทิตย์ (2)	0.5	0.5	0.5
20	เฟื่องนคร	0.5	1.5	1.0
21	มหรณพ	1.0	1.5	1.2
22	มหาจักร	1.0	2.0	1.6
23	มหาไชย	1.5	3.0	1.9
24	มหाराช	0.5	1.0	0.9
25	ราชดำเนินกลาง	1.0	1.5	1.0
26	ราชินี	1.0	2.0	1.7
27	สนามไชย	1.0	2.0	1.3
28	สิบสามห้าง	1.0	1.0	1.0

ตาราง 4.2 (ต่อ)

ตำแหน่งที่	ชื่อถนน	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)		
		ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
29	หน้าพระธาตุ	1.0	1.0	1.0
30	อัมรินทร์	0.5	1.0	0.9
31	อนุสาวรีย์	1.0	1.5	1.2
32	ราชดำเนินใน	2.0	3.5	2.5
33	พายุหัด	0.5	0.5	0.5

จากตารางที่ 4.2 พบว่าความเร็วลมที่เกิดขึ้นในระหว่างทำการศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 0.50 – 3.50 เมตรต่อวินาที โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.14 เมตรต่อวินาที

#### 4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณการจราจร

ในการศึกษาทำการตรวจนับปริมาณการจราจรและความเร็วรถเป็นรายชั่วโมงแยกตามประเภทของรถที่มีขนาดและใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแตกต่างกัน ผลการตรวจนับปริมาณการจราจรและความเร็วรถ แสดงดังภาคผนวก ง. และสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปปริมาณการจราจรและความเร็วรถเป็นค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง

ตำแหน่ง	ถนน	ปริมาณการจราจร				ความเร็วรถ			
		(คันต่อชั่วโมง)				(กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	จักรพงษ์	1,016	989	761	80	26.3	37.7	35.7	33.5
2	จักรเพชร	826	718	403	84	31.4	45.8	31.7	23.9
3	เจริญกรุง	387	333	203	83	31.4	36.3	31.7	20.4
4	เจ้าฟ้า	281	284	64	80	45.3	57.4	45.5	43.1
5	ดินสอ	510	510	397	40	25.4	36.1	26.3	21.7

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ตำแหน่ง	ถนน	ปริมาณการจราจร (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
6	ตรีเพชร	1,943	1,338	1,279	228	36.4	42.1	41.4	34.0
7	टनाว	869	896	616	82	21.4	37.6	25.4	15.0
8	टनाว	697	949	300	0	10.3	14.4	10.3	4.0
9	ตีทอง	765	807	322	142	27.8	36.3	27.9	17.3
10	ท้ายวัง	154	125	106	33	25.9	33.7	25.1	20.7
11	บวรนิเวศน์	841	873	596	83	22.7	33.0	25.1	22.3
12	บ้านหม้อ	547	779	295	12	22.9	35.1	22.5	21.8
13	บำรุงเมือง	1,384	1,136	776	86	30.3	31.7	31.6	29.0
14	พระจันทร์	612	499	354	86	31.3	38.5	31.5	27.5
15	พระพิพิธ	502	305	386	13	22.4	25.9	22.3	20.3
16	พระสุเมรุ	945	603	577	72	10.6	18.5	10.8	11.9
17	พระสุเมรุ	1,361	1,246	1,019	95	19.2	28.0	23.5	20.9
18	พระอาทิตย์	919	1195	730	81	34.2	36.2	34.2	22.7
19	พระอาทิตย์	1063	1050	774	108	35.7	35.9	33.7	22.7
20	เฟื่องนคร	830	627	448	15	23.6	38.3	25.9	25.0
21	มหรธนพ	571	535	170	0	29.1	31.2	29.1	0.0
22	มหาจักร	1,242	997	586	83	34.2	41.0	39.2	37.1
23	มหาไชย	1,075	1,270	539	122	33.7	46.5	42.2	36.7
24	มหาราช	643	600	510	134	36.8	42.8	36.4	29.7
25	ราชดำเนินกลาง	2,404	1,906	1,227	242	26.3	36.5	29.5	24.8
26	ราชินี	467	209	344	50	22.0	34.2	28.1	25.4
27	สนามไชย	917	738	577	160	39.5	47.8	43.0	34.5

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ตำแหน่ง	ถนน	ปริมาณการจราจร (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
28	สี่บสามห้าง	452	567	113	54	23.3	39.5	21.7	19.3
29	หน้าพระธาตุ	876	620	399	55	37.7	50.5	36.9	25.3
30	อัมพวงค์	523	345	348	8	32.6	41.5	33.9	16.6
31	อุณากรรณ	484	484	296	26	27.9	34.8	27.6	22.4
32	ราชดำเนินใน	2,005	1,305	1,311	202	34.2	38.5	33.3	23.4
33	พาหุรัด	1,603	658	489	112	29.0	41.1	31.0	23.7

หมายเหตุ : 1 คือ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

2 คือ รถจักรยานยนต์

3 คือ รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

4 คือ รถยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

จากผลการตรวจวัดปริมาณการจราจร ดังสรุปในตารางที่ 4.3 พบว่าปริมาณการจราจรรวมทุกประเภทของแต่ละถนนในแต่ละชั่วโมงมีปริมาณอยู่ในช่วง 338 – 9,658 คันต่อชั่วโมง และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,397 คันต่อชั่วโมง ถนนที่มีปริมาณการจราจรสูงสุดคือ ถนนราชดำเนินกลาง และถนนที่มีปริมาณการจราจรน้อยที่สุดคือ ถนนท้ายวังและถนนสี่บสามห้าง ความเร็วรถโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.1 – 60.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

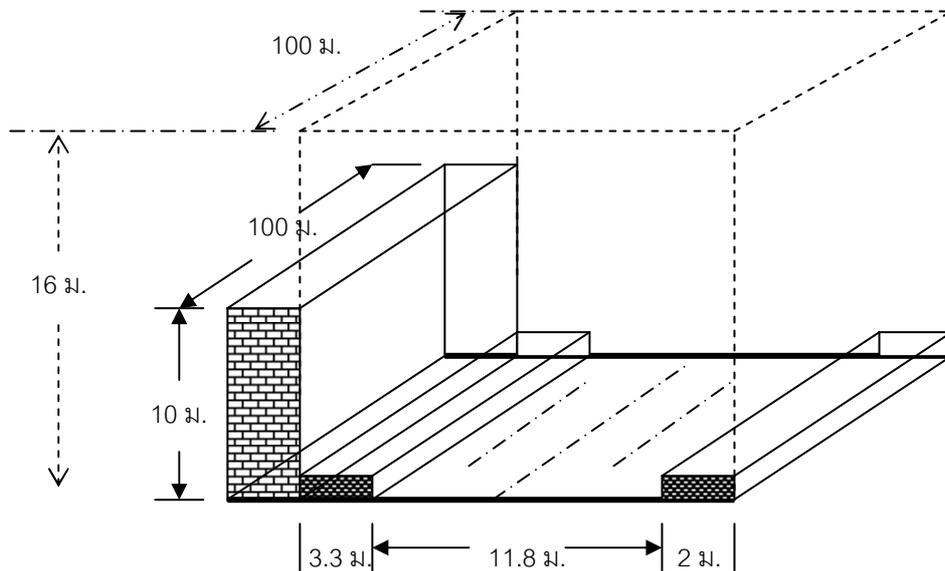
#### 4.4 ผลการศึกษารูปแบบของถนน

ในการศึกษาค้นคว้าการวัดความกว้างของถนน ทางเดินเท้า เพื่อนำมาหาร้อยละของช่องว่างที่สามารถระบายสารมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในถนนได้ ทั้งนี้กำหนดความยาวของถนนที่ทำการศึกษา 100 เมตร มีความสูง 16 เมตร ตามข้อบัญญัติของกรุงเทพมหานครที่กำหนดให้ความสูงของอาคารสูงสุดมีได้ไม่เกิน 16 เมตร ผลการศึกษาแสดงดังภาคผนวก ค. และร้อยละของช่องว่างของถนน สรุปได้ดังตารางที่ 4.4

ร้อยละของช่องว่างด้านข้างของถนน คำนวณดังตัวอย่างต่อไปนี้

การวัดโครงสร้างของถนนดินสอ ดังตารางที่ ค.1 และ ค.2 ดังนี้

- ความกว้างเท่ากับ 11.8 เมตร
- ความกว้างของทางเดินฝั่งซ้ายเท่ากับ 3.3 เมตร ฝั่งขวาเท่ากับ 2.0 เมตร
- อาคารฝั่งซ้ายมีความสูง 10 เมตร ยาว 100 เมตร
- อาคารฝั่งขวามีความสูง 0 เมตร ยาว 100 เมตร
- ในการศึกษานี้ศึกษาที่ความยาวของถนน 100 เมตร และความสูงสูงสุดเท่ากับ 16 เมตร



ภาพที่ 4.1 โครงสร้างของถนนดินสอ ที่ทำการศึกษ

พื้นที่ด้านข้างของถนน (กล่อง) ทั้งหมด (กว้าง 17.1 เมตร ยาว 100 เมตร สูง 16 เมตร)

$$\begin{aligned}
 &= (17.1 \times 16 \times 2) + (100 \times 16 \times 2) \\
 &= 547.2 + 3200 \\
 &= 3747.2 \quad \text{ตารางเมตร}
 \end{aligned}$$

พื้นที่โครงสร้างที่ปิด (สูง 10 เมตร ยาว 100 เมตร)

$$\begin{aligned}
 &= 10 \times 100 \\
 &= 1,000 \quad \text{ตารางเมตร}
 \end{aligned}$$

ร้อยละของพื้นที่ด้านข้างของถนนที่มีโครงสร้างปิด

$$= 1,000 / 3747.2$$

$$= 26.69 \%$$

ดังนั้นร้อยละของโครงสร้างด้านข้างถนนที่มีลักษณะเปิด

$$= 73.31 \%$$

ร้อยละของโครงสร้างถนนด้านข้างที่มีลักษณะเปิดของถนนอื่นสามารถคำนวณได้เช่นเดียวกับถนนดินสอ ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** ร้อยละของโครงสร้างถนนด้านข้างที่มีลักษณะเปิดที่สามารถระบายสารมลพิษทางอากาศออกสู่ภายนอกได้

ตำแหน่ง	ถนน	ร้อยละของช่องว่าง
1	จักรพงษ์	20.82
2	จักรเพชร	53.05
3	เจริญกรุง	68.38
4	เจ้าฟ้า	57.46
5	ดินสอ	73.31
6	ตรีเพชร	58.43
7	ตะนาว	56.25
8	ตะนาว	71.25
9	ตีทอง	68.90
10	ท้ายวัง	88.56
11	บวรนิเวศน์	72.49
12	บ้านหม้อ	43.86
13	บำรุงเมือง	96.00
14	พระจันทร์	55.47
15	พระพิพิธ	52.25
16	พระสุเมรุ	71.69

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ตำแหน่ง	ถนน	ร้อยละของช่องว่าง
17	พระสุเมรุ	22.81
18	พระอาทิตย์	71.73
19	พระอาทิตย์	22.81
20	เฟื้องนคร	69.88
21	มหรณพ	44.47
22	มหาจักร	85.56
23	มหาไชย	82.71
24	มหाराช	84.98
25	ราชดำเนินกลาง	60.61
26	ราชินี	93.30
27	สนามไชย	84.88
28	ลิบสามห้าง	72.49
29	หน้าพระธาตุ	92.49
30	อัมรินทร์	93.22
31	อนุากรรณ	82.23
32	ราชดำเนินใน	100.00
33	พาหุรัด	30.84

จากตารางที่ 4.4 พบว่าถนนที่ทำการศึกษา ร้อยละของโครงสร้างถนนด้านข้างที่มีลักษณะเปิดที่สามารถระบายสารมลพิษทางอากาศออกสู่ภายนอกได้มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 20.82 – 100 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 66.76 ถนนที่มีช่องว่างมากที่สุดคือ ถนนราชดำเนินใน และถนนที่มีช่องว่างน้อยที่สุดคือ ถนนจักรพงษ์

## 4.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศกับปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ จากผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศแต่ละชนิดที่ทำการตรวจวัดพบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละชั่วโมงของการตรวจวัด ทั้งนี้เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ

### 4.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศกับปริมาณการจราจร

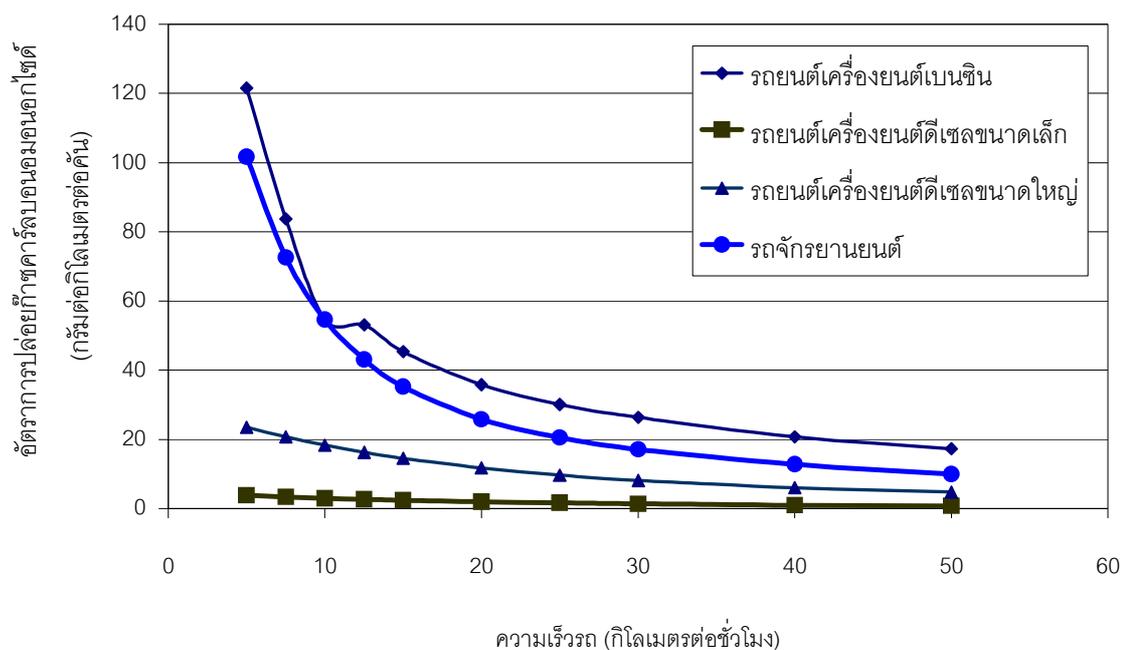
ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับปริมาณการจราจรรวมทุกประเภทพบว่ามีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังภาคผนวก ข. เมื่อพิจารณาค่าความสัมพันธ์จากค่า  $R^2$  พบว่าความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นมีความสัมพันธ์กับความปริมาณการจราจรทั้งหมดมากที่สุด มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.161 รองลงมาคือความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับปริมาณการจราจรรวม มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.151 และความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับปริมาณการจราจร มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.120 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์น้อยและอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดจริงกับปริมาณการจราจรแยกประเภท 4 ประเภท คือ รถโดยสารนั่งส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง รถจักรยานยนต์ รถบรรทุกขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สรุปได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นกับรถแยกประเภทดังตารางที่ ข.9 พบว่า ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นมีความสัมพันธ์กับปริมาณรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมากที่สุด รองลงมาคือปริมาณรถบรรทุกขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และปริมาณรถโดยสารนั่งส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ส่วนปริมาณรถจักรยานยนต์ไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ซึ่งมีความสอดคล้องกับอัตราการการปล่อยอนุภาคฝุ่นจากรถแต่ละชนิดที่เสนอโดยกรมควบคุมมลพิษ ดังตารางที่ ข.5

โดยรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมีอัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่นสูงที่สุด รองลงมาคือรถบรรทุกขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

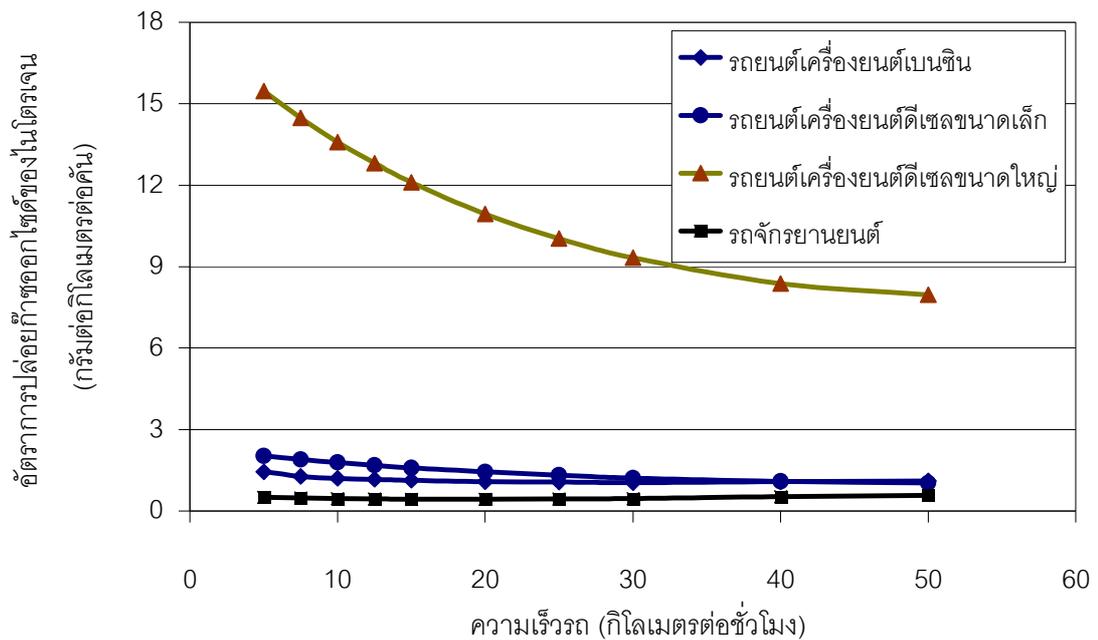
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับรถแยกประเภทดังตารางที่ ซ.12 พบว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีความสัมพันธ์กับปริมาณรถโดยสารนั่งส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงมากที่สุด รองลงมาคือปริมาณรถจักรยานยนต์ ปริมาณรถบรรทุกขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และปริมาณรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษากการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของกรมควบคุมมลพิษ (2543 : (4-14)-(4-15)) ดังภาคผนวก จ. และกราฟที่ 4.4 ซึ่งรถโดยสารนั่งส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่ารถชนิดอื่น ๆ รองลงมาคือรถจักรยานยนต์



กราฟที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากรถประเภทต่าง ๆ กับความเร็วรถ

3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับรถแยกประเภทดังตารางที่ ซ.15 พบว่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับปริมาณรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ส่วนปริมาณรถโดยสารนั่งส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ปริมาณรถจักรยานยนต์ และปริมาณ

รถบรรทุกขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษากการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของกรมควบคุมมลพิษ (2543 : (4-14)-(4-15)) ดังภาคผนวก จ. และกราฟที่ 4.5 ซึ่งรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมีการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงกว่ารถชนิดอื่น ๆ อย่างชัดเจน



กราฟที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนจากรถประเภทต่าง ๆ กับความเร็วรถ

#### 4.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศกับโครงสร้างถนน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศกับโครงสร้างของถนน ได้แก่ ร้อยละของช่องว่างด้านข้างที่สามารถระบายสารมลพิษทางอากาศออกนอกถนน ความกว้างของถนน และความสูงของอาคาร พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันตามหลักทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ ข.16 – ข.24

#### 4.5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศกับความเร็วลม

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศแต่ละชนิดกับค่าความเร็วลมด้วยหลักการทางสถิติดังตารางที่ ข.25 – ข.29 พบว่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับความเร็วลมที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่มีค่าความสัมพันธ์ไม่สูงเพราะมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.064 สำหรับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วลมไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศพบว่าปริมาณของการจราจรซึ่งเป็นแหล่งปล่อยสารมลพิษทางอากาศแต่ละชนิดเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้บนถนน และเมื่อพิจารณาแยกประเภทของการจราจรพบว่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ทำการตรวจวัดได้จริงมีความสัมพันธ์กับปริมาณการจราจรที่เป็นแหล่งกำเนิดหลักที่ปล่อยสารมลพิษทางอากาศ ดังนี้

1. ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีความสัมพันธ์กับรถยนต์โดยสารส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง
2. ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
3. ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

## 4.6 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การประเมินคุณภาพอากาศนอกจากจะสามารถดำเนินการโดยการตรวจวัดจริงแล้ว ยังสามารถประเมินได้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แต่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีใช้อยู่ในประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่เป็นแบบจำลองที่ใช้หลักการแพร่กระจาย (dispersion) และนำแบบจำลองขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US.EPA) มาใช้ ทำให้เกิดความผิดพลาดของผลการประเมินได้เนื่องจากสภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกัน แต่ก็สามารถยอมรับได้ ซึ่งหากจะนำมาใช้และให้มีความถูกต้อง จะต้องทำการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น ๆ ก่อน

จากผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากรถแต่ละประเภท การศึกษารูปแบบของถนน และความเร็วลม ทำให้มีสมมติฐานที่ว่าผลความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถที่จะนำมาพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการจราจรบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ได้ ทั้งการประเมินเพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ อนุภาคฝุ่น และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยอาศัยพื้นฐานของแบบจำลองแบบกล่อง ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการประเมินคุณภาพอากาศไม่มากนัก และสามารถทำได้ง่าย

### 4.6.1 การคำนวณหาอัตราการปล่อยของสารมลพิษทางอากาศ

อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศเป็นปัจจัยสำคัญในการประมาณค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การคำนวณหาอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดที่เป็นการจราจรในการศึกษานี้ทำได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ของการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่แตกต่างกันของรถแต่ละประเภท แต่ละความเร็ว จากผลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษที่ได้มีการศึกษารถแยก 4 ประเภท และปัจจัยการปล่อยสารมลพิษทางอากาศของรถแต่ละประเภท ดังแสดงในตารางที่ ๑.1 - ๑.4 และภาพที่ ๑.1 - ๑.8 สามารถสรุปเป็นสมการความสัมพันธ์ของอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศของรถแต่ละประเภท และความเร็วรถ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และ 4.10

#### ตารางที่ 4.5 อัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่นจากรถประเภทต่าง ๆ

ประเภทรถ	อัตราการปล่อยสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)
1. เบนซิน	0.005
2. จักรยานยนต์	0.150
3. ดีเซลขนาดเล็ก	0.398
4. ดีเซลขนาดใหญ่	1.855

แหล่งที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2543, หน้า 4-17)

ประเภทรถดังแสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งในการศึกษานี้รถเบนซินหมายถึงรถยนต์โดยสารส่วนบุคคล รถดีเซลขนาดเล็กคือรถบรรทุกขนาดเล็ก รถดีเซลขนาดใหญ่คือรถบรรทุกขนาดใหญ่ ซึ่งอัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่นขึ้นกับจำนวนรถและชนิดของรถ ไม่ได้ขึ้นกับความเร็วของรถแต่ละประเภท

จากตารางที่ ๑.1 – ๑.4 และกราฟที่ ๑.1 – ๑.8 ในภาคผนวก ๑. แสดงอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่ขึ้นกับประเภทและความเร็วของรถ และสามารถสรุปอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศเป็นสมการความสัมพันธ์ดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 ซึ่งทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการปล่อยของสารมลพิษทางอากาศ

#### ตารางที่ 4.6 อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประเภทและความเร็วรถ

ประเภทรถ	สมการความสัมพันธ์	R <sup>2</sup>
1. รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล	$Y_{CO} = 98.297 e^{-0.0401 S}$	0.8959
2. รถบรรทุกขนาดเล็ก	$Y_{CO} = 4.2159 e^{-0.0362 S}$	0.9839
3. รถบรรทุกขนาดใหญ่	$Y_{CO} = 25.801 e^{-0.0383 S}$	0.9850
4. รถจักรยานยนต์	$Y_{CO} = 88.384 e^{-0.0497 S}$	0.9221

หมายเหตุ : เมื่อ  $Y_{CO}$  แทน อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)

S แทน ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

ตารางที่ 4.7 อัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประเภทและความเร็วรถ

ประเภทรถ	สมการความสัมพันธ์	R <sup>2</sup>
1. รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล	$Y_{NO_2} = 0.0004S^2 - 0.0266S + 1.4730$	0.8835
2. รถบรรทุกขนาดเล็ก	$Y_{NO_2} = 0.0005S^2 - 0.0502S + 2.2433$	0.9980
3. รถบรรทุกขนาดใหญ่	$Y_{NO_2} = 0.0041S^2 - 0.3840S + 17.087$	0.9980
4. รถจักรยานยนต์	$Y_{NO_2} = 0.0002S^2 - 0.0080S + 0.5245$	0.9060

หมายเหตุ: เมื่อ  $Y_{NO_2}$  แทน อัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)  
S แทน ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

เมื่อทราบจำนวนรถประเภทต่าง ๆ ความเร็วรถแต่ละประเภทในชั่วโมงที่ทำการศึกษา สามารถคำนวณหาอัตราการปล่อย (emission rate) ของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ด้วยตารางที่ 4.5 – 4.7 และสมการที่ (4.1) - (4.3) ผลการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข. และสรุปได้ดังตารางที่ 4.9

$$Q_{TSP} = \sum_{i=1}^n NiYi_{TSP} \quad \dots \quad (4.1)$$

$$Q_{CO} = \sum_{i=1}^n NiYi_{CO} \quad \dots \quad (4.2)$$

$$Q_{NO_2} = \sum_{i=1}^n NiYi_{NO_2} \quad \dots \quad (4.3)$$

เมื่อ  $Q_{TSP}$  แทนอัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่น (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)  
 $Q_{CO}$  แทนอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)  
 $Q_{NO_2}$  แทนอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)

$N_i$	แทนจำนวนรถประเภท $i$ (คันต่อชั่วโมง)
$Y_{i\text{TSP}}$	แทนอัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่น (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) จากตารางที่ 4.7
$Y_{i\text{CO}}$	แทนอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถ ประเภท $i$ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) จากตารางที่ 4.8
$Y_{i\text{NO}_2}$	แทนอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของรถประเภท $i$ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) จากตารางที่ 4.9
$i = 1$	รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล
$i = 2$	รถจักรยานยนต์
$i = 3$	รถบรรทุกขนาดเล็ก
$i = 4$	รถบรรทุกขนาดใหญ่

ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์บนถนนดินสอ  
ในวันที่ 6 กรกฎาคม 2549 เวลา 15.30 – 16.30 ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. รถยนต์โดยสารส่วนบุคคลมีจำนวน 582 คัน เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย  
เท่ากับ 25.69 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากสมการในตารางที่ 4.8 และสมการที่ (4.2)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{CO}} &= N_1 \times (98.297 e^{-0.0401 X}) \\
 &= (582 \text{ คันต่อชั่วโมง}) \times (98.287 \times e^{-0.0401 \times 25.69} \text{ กรัมต่อ} \\
 &\quad \text{กิโลเมตรต่อคัน}) \\
 &= 20,420.51 \quad \text{กรัมต่อกิโลเมตรต่อชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

2. รถจักรยานยนต์มีจำนวน 581 คัน เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 37.40  
กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากสมการในตารางที่ 4.8 และสมการที่ (4.2)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{CO}} &= N_2 \times (88.384 e^{-0.0497X}) \\
 &= (581 \text{ คันต่อชั่วโมง}) \times (88.384 \times e^{-0.0497 \times 37.40} \text{ กรัมต่อ} \\
 &\quad \text{กิโลเมตรต่อคัน}) \\
 &= 8,005.05 \quad \text{กรัมต่อกิโลเมตรต่อชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

3. รถบรรทุกขนาดเล็กมีจำนวน 423 คัน เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 23.67 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากสมการในตารางที่ 4.8 และสมการที่ (4.2)

$$\begin{aligned} Q_{CO} &= N_3 \times (4.2159 e^{-0.0362X}) \\ &= (423 \text{ คันต่อชั่วโมง}) \times (4.2159 \times e^{-0.0362 \times 37.40} \text{ กรัมต่อ} \\ &\quad \text{กิโลเมตรต่อคัน}) \\ &= 757.15 \quad \text{กรัมต่อกิโลเมตรต่อชั่วโมง} \end{aligned}$$

4. รถบรรทุกขนาดใหญ่ มีจำนวน 32 คัน เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 18.12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

$$\begin{aligned} Q_{CO} &= N_4 \times (25.801 e^{-0.0383X}) \\ &= (32 \text{ คันต่อชั่วโมง}) \times (25.801 \times e^{-0.0383 \times 18.12} \text{ กรัมต่อ} \\ &\quad \text{กิโลเมตรต่อคัน}) \\ &= 412.54 \quad \text{กรัมต่อกิโลเมตรต่อชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\text{อัตราการปล่อยทั้งหมด (} Q_{CO} \text{)} = \sum_{i=1}^n N_i Y_i CO$$

$$= 20,420.51 + 8,005.05 + 757.15 + 412.54$$

$$= 29,595.25 \quad \text{กรัมต่อกิโลเมตรต่อชั่วโมง}$$

เปลี่ยนหน่วยของอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศเป็นมิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที

$$= 29,595.25 \quad \text{กรัมต่อกิโลเมตร} \times (0.000278)$$

$$= 8.22 \quad \text{มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที}$$

สำหรับการคำนวณหาอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศอื่น สามารถคำนวณได้ดังตัวอย่างที่กล่าวมา และสรุปผลดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการคำนวณหาอัตราการปล่อยของสารมลพิษทางอากาศ

ตำแหน่ง ที่	ถนน	อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)					
		TSP		CO		NO	
		พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย
1	จักรพงษ์	0.10-0.21	0.17	5.69-23.24	14.57	0.51-1.12	0.86
2	จักรเพชร	0.11-0.13	0.12	8.26-8.91	8.64	0.68-0.76	0.72
3	เจริญกรุง	0.04-0.13	0.08	2.62-7.22	4.76	0.26-0.66	0.47
4	เจ้าฟ้า	0.04-0.08	0.06	1.43-2.12	1.78	0.25-0.42	0.34
5	ดินสอ	0.07-0.11	0.09	6.02-10.59	7.47	0.35-0.63	0.49
6	ตรีเพชร	0.21-0.43	0.32	14.71-19.30	16.78	1.13-2.30	1.69
7	ตะนาว (1)	0.08-0.19	0.14	9.68-22.76	15.03	0.65-0.99	0.84
8	ตะนาว (2)	0.06-0.09	0.07	19.07-33.29	24.53	0.43-0.66	0.51
9	ตีทอง	0.13-0.16	0.14	8.86-12.16	10.83	0.87-1.01	0.90
10	ท้ายวัง	0.03-0.13	0.06	1.93-2.81	2.31	0.17-0.63	0.35
11	บวรนิเวศ	0.11-0.17	0.15	7.19-19.68	14.29	0.62-1.03	0.83
12	บ้านหม้อ	0.05-0.10	0.07	7.31-11.63	9.61	0.32-0.51	0.42
13	บำรุงเมือง	0.15-0.20	0.18	14.72-21.50	17.70	0.91-1.20	1.02
14	พระจันทร์	0.06-0.17	0.10	5.11-9.07	7.01	0.42-0.85	0.59
15	พระพิพิธ	0.03-0.09	0.06	6.19-10.92	7.81	0.27-0.44	0.37
16	พระสุเมรุ (1)	0.08-0.17	0.13	20.96-25.98	23.57	0.72-1.12	0.95
17	พระสุเมรุ (2)	0.19-0.25	0.22	17.66-46.61	26.75	1.01-1.66	1.26
18	พระอาทิตย์ (1)	0.14-0.21	0.17	6.23-17.64	12.17	0.69-1.14	0.89
19	พระอาทิตย์ (2)	0.16-0.22	0.19	8.82-14.82	12.23	0.81-1.17	1.01
20	เฟื่องนคร	0.05-0.11	0.08	5.91-17.12	11.85	0.38-0.68	0.52
21	มหารณพ	0.04-0.06	0.04	5.57-11.67	8.11	0.22-0.39	0.30

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ตำแหน่ง ที่	ถนน	อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)					
		TSP		CO		NO	
		พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย
22	มหาจักร	0.08-0.22	0.15	9.02-14.36	12.27	0.59-1.08	0.88
23	มหาไชย	0.14-0.22	0.18	6.69-16.44	11.31	0.70-1.22	0.97
24	มหาราช	0.05-0.21	0.15	2.30-9.56	6.34	0.33-1.15	0.79
25	ราชดำเนินกลาง	0.10-0.70	0.33	21.17-53.24	32.01	1.04-3.64	2.14
26	ราชินี	0.05-0.11	0.07	3.66-10.44	6.75	0.28-0.59	0.43
27	สนามไชย	0.09-0.25	0.18	4.17-11.00	7.55	0.55-1.27	0.97
28	สี่บสามห้าง	0.06-0.08	0.06	5.37-8.55	7.25	0.37-0.51	0.43
29	หน้าพระธาตุ	0.04-0.14	0.10	6.07-7.36	6.67	0.36-0.78	0.64
30	อัมฤงาศ์	0.03-0.10	0.06	2.85-7.62	5.15	0.20-0.51	0.33
31	อนุสาวรีย์	0.03-0.09	0.07	5.05-8.55	6.61	0.32-0.47	0.41
32	ราชดำเนินใน	0.22-0.36	0.29	12.64-29.10	20.04	1.39-2.10	1.76
33	พาหุรัด	0.11-0.22	0.14	13.48-18.84	16.33	0.89-1.24	1.04

จากการคำนวณหาอัตราการปล่อยของสารมลพิษทางอากาศสรุปได้ดังตารางที่ 4.8 ดังนี้

1. อัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่นมีค่าอยู่ในช่วง 0.03-0.70 มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.13 มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที โดยถนนราชดำเนินกลางมีอัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่นสูงที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 0.33 มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที

2. อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าอยู่ในช่วง 1.43-53.24 มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.00 มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที โดยถนนราชดำเนินกลางมีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 32.01 มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที

3. อัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าอยู่ในช่วง 0.17-3.64 มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.14 มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที โดยถนนราชดำเนินกลางมีอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 2.14 มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที

จากผลการคำนวณอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศพบว่าถนนราชดำเนินกลางเป็นถนนที่มีการปล่อยสารมลพิษทางอากาศทั้งอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด ทั้งนี้เพราะเป็นถนนหลักที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น และมีปริมาณการจราจรสูงสุดในช่วงที่มีการเก็บตัวอย่าง

#### 4.6.2 การคำนวณหาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ

การคำนวณหาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ ได้แก่ อนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ใช้พื้นฐานของแบบจำลองแบบกล่อง ดังสมการที่ (4.4) และโครงสร้างของถนนที่ทำการตรวจวัดแสดงในภาคผนวก ค.

$$C = \frac{x Q_a}{Z W u} \quad \dots (4.4)$$

เมื่อ	C	แทนความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	x	แทนความยาวของถนน ซึ่งศึกษาที่ความยาว 100 เมตร
	$Q_a$	แทนอัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)
	u	แทนความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)
	Z	แทนความสูงของชั้นผสมกำหนดให้เท่ากับ 16 เมตร ซึ่งเป็น ความสูงของอาคารที่สูงที่สุดที่ยอมให้มีได้ในพื้นที่ของเกาะ รัตนโกสินทร์ ตามข้อบัญญัติของกรุงเทพมหานคร
	W	แทนความกว้างของถนน (ความกว้างของถนน + ทางเดินเท้า) (เมตร)

ตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์บนถนน  
ดินสอ ในวันที่ 6 กรกฎาคม 2649 ดังนี้

$$C = \frac{x Q_a}{Z W u}$$

เมื่อ  $x = 100$  เมตร

$Q_a = 8.22$  มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที

$Z = 16$  เมตร

$W = 17.1$  เมตร

$u = 1.0$  เมตรต่อวินาที

แทนค่าลงในสมการ

$$C = \frac{100 \times 8.22}{16 \times 17.1 \times 1} \text{ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มก./ลบ.ม.)}$$

$$C = 3.00 \text{ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}$$

สำหรับความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศชนิดอื่น ๆ คำนวณได้  
เช่นเดียวกัน ผลการคำนวณหาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศด้วยแบบจำลองแบบกล่อง  
แสดงดังภาคผนวก ฉ.

#### 4.6.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

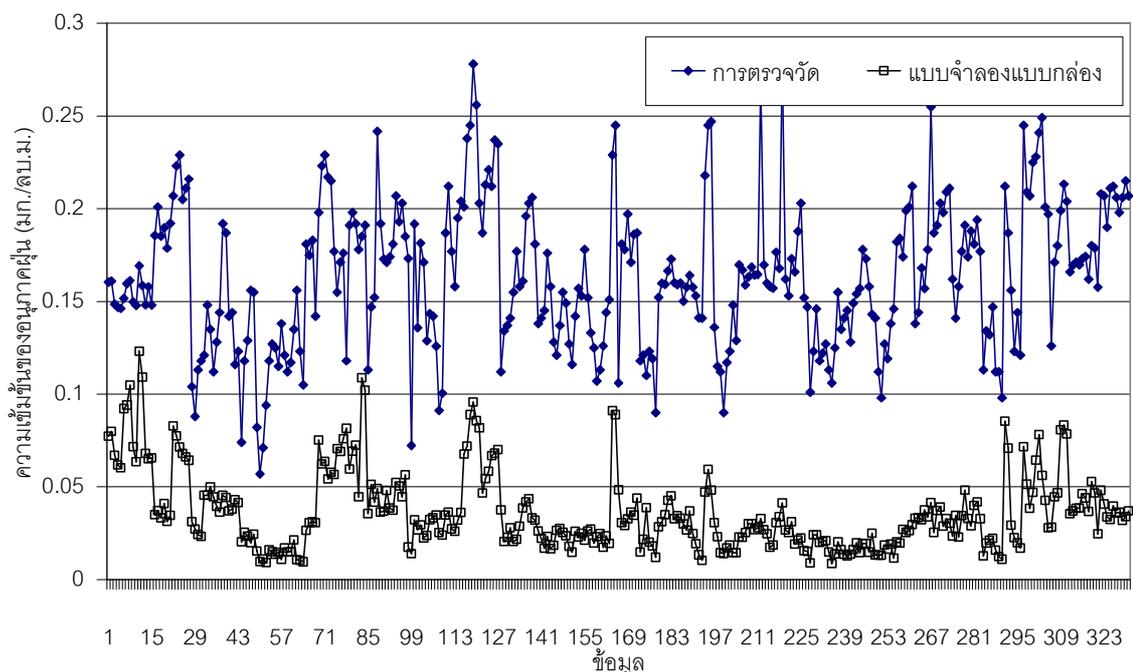
ผลการคำนวณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศโดยใช้แบบจำลองแบบ  
กล่องแสดงดังตารางที่ ฉ.1 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการตรวจวัดและผลการคำนวณ  
ด้วยแบบจำลองแบบกล่องโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ วิธีการวิเคราะห์ความถดถอย ที่ระดับ  
ความเชื่อมั่น 95 % ได้ผลดังนี้

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการคำนวณด้วย  
แบบจำลองแบบกล่องและจากการตรวจวัดจริงพบว่ามีความสัมพันธ์กันดังภาคผนวก ซ.4 โดยมี  
ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.308

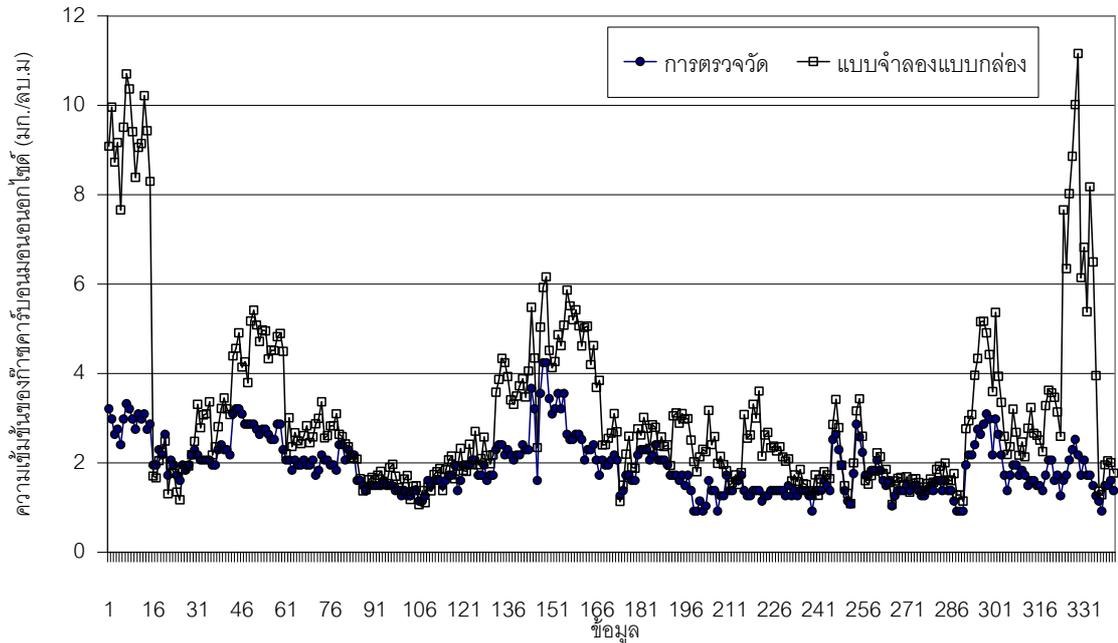
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองแบบกล่องและการตรวจวัดจริงพบว่ามีค่าสัมพันธกันดั่งภาคผนวก ข.4 โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.461

3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองแบบกล่องและการตรวจวัดจริงพบว่ามีค่าสัมพันธกันดั่งภาคผนวก ข.4 ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.360

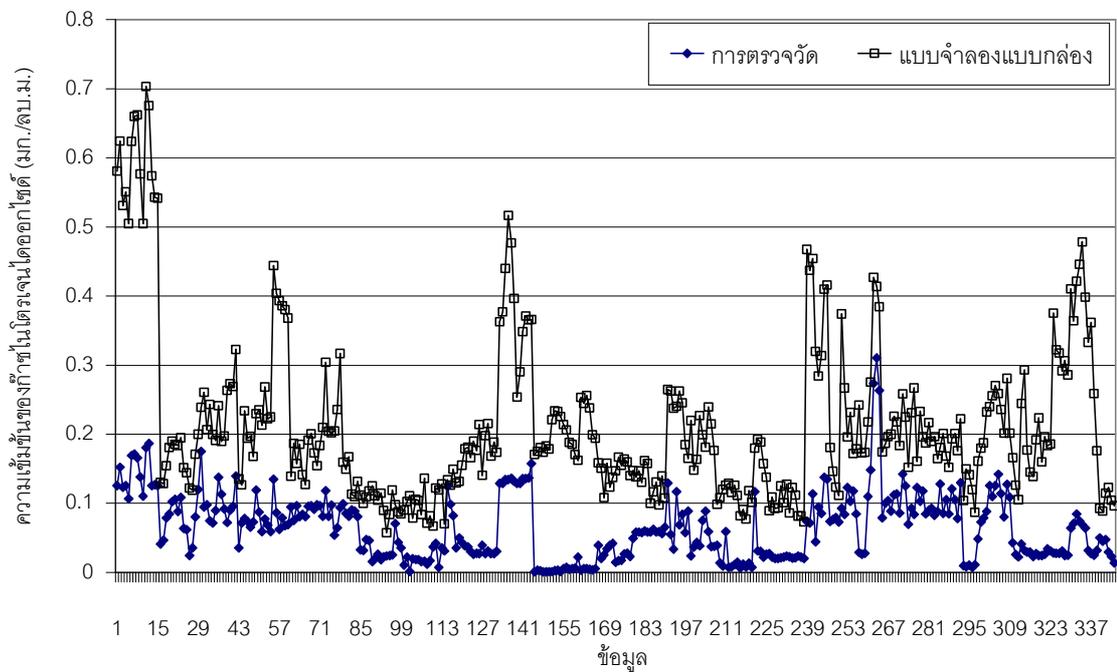
จากผลการศึกษาโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่ามีค่า  $R^2$  น้อยกว่า 0.5 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างผลที่ได้จากการคำนวณและการตรวจวัดจริงมีค่าน้อย จึงจำเป็นต้องทำการพัฒนาแบบจำลองแบบกล่องดังกล่าวเพื่อให้สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับการตรวจวัดจริง โดยให้มีค่า  $R^2$  มากกว่า 0.5 เมื่อนำค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองแบบกล่องมาเปรียบเทียบกันได้ผลดังกราฟที่ 4.6 – 4.8 ซึ่งพบว่ามีค่าแตกต่างกันมาก



กราฟที่ 4.6 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นจากการตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองแบบกล่อง



กราฟที่ 4.7 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด  
จริงกับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองแบบกล่อง



กราฟที่ 4.8 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการตรวจวัด  
จริงกับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองแบบกล่อง

#### 4.6.3 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ

ผลการคำนวณหาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศโดยใช้แบบจำลองแบบกล่องดังข้อ 4.4.2 ได้ผลแสดงดังตารางที่ ๓.1 และตารางที่ 4.11-4.12 พบว่าค่าที่คำนวณได้มีความสัมพันธ์กับผลการตรวจวัดจริง แต่มีค่าความสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ต่ำกว่า 0.5 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง เพราะในการคำนวณนั้นได้สมมติว่าโครงสร้างของถนนเป็นระบบปิด ไม่มีการระบายอากาศออกนอกระบบในช่วงเวลาที่ศึกษา แต่ในระบบของถนนจริงแล้วนั้นมีโครงสร้างที่มีการเปิดช่องว่างทั้งทางด้านบนและด้านข้างของถนน ทำให้อากาศสามารถระบายออกได้จะทำให้ความเข้มข้นของสารมลพิษมีค่าน้อยลง ส่วนความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าการตรวจวัดจริง ทั้งนี้เพราะการแพร่กระจายของอนุภาคฝุ่นเกิดได้น้อยกว่าก๊าซทำให้มีผลของการตรวจวัดจริงมากกว่าที่ได้จากการคำนวณและส่วนหนึ่งอาจจะมาจากการฟุ้งกระจายของอนุภาคฝุ่นจากพื้นดิน

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดำเนินการโดยการเพิ่มปัจจัยในการระบายของอากาศออกจากถนนในรูปของร้อยละของช่องว่าง ได้แก่ พื้นที่ช่องว่างทั้งหมดทั้งทางด้านบน ด้านหน้า ด้านหลังและด้านข้างของถนน ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาในขั้นต้น เพื่อประมาณหาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ แสดงดังสมการที่ (4.5)

$$C = \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi}{Z W u} \times \frac{A}{100} \times 0.000278 \quad \dots \quad (4.5)$$

- เมื่อ
- C แทน ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
  - L แทน ความยาวของถนน (เมตร)
  - $Q_a$  แทน อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)
  - u แทน ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)
  - Z แทน ความสูงของชั้นผสมกำหนดให้เท่ากับ 16 เมตร ซึ่งเป็นความสูงของอาคารที่สูงที่สุดที่ยอมให้มีได้ในพื้นที่ของเกาะรัตนโกสินทร์ ตามข้อบัญญัติของกรุงเทพมหานคร

W แทน ความกว้างของถนน (ความกว้างของถนน + ทางเดินเท้า)  
(เมตร)

A แทน ร้อยละของช่องว่างที่มีอิทธิพลให้เกิดการระบายของสาร  
มลพิษทางอากาศออกจากถนน แสดงดังตารางที่ 4.4

0.000278 คือ ตัวเลขที่ใช้แปลงหน่วยจากกรัมต่อกิโลเมตรต่อชั่วโมง  
เป็น มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที

ในขั้นตอนของการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูล  
โดยวิธีวิเคราะห์ความถดถอย ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่  
เหมาะสม เพื่อการประมาณหาความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซ  
ไนโตรเจนไดออกไซด์ หลักเกณฑ์ในการเลือกสมการหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม  
นั้นมีวิธีในการพิจารณา คือ จะต้องผ่านการยอมรับด้วยหลักการทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น  
95 % หรือ  $\alpha = 0.05$  (Mikko Kolehmainen, 1999) และให้ค่า R-Squared ( $R^2$ ) ที่สูงกว่า 0.5

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความถดถอยมีดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้  
จากการตรวจวัดจริงกับความเข้มข้นจากการประมาณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้  
พัฒนาขึ้น

2. ใช้ความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้มาปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อ  
ประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

การวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (สมการที่ (4.5)) เพื่อประมาณความ  
เข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ เป็นการศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของความเข้มข้นของ  
สารมลพิษทางอากาศที่ได้จากการตรวจวัดจริง (C) กับความเข้มข้นที่ได้จากการคำนวณ โดย  
อาศัยการวิเคราะห์ความถดถอย

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อประมาณความเข้มข้นของ  
สารมลพิษทางอากาศมีสมการพื้นฐานเพื่อวิเคราะห์ความถดถอย (regression) แสดงดังสมการที่  
(4.6)

$$C = \beta_1 \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi}{Z W u} \times \frac{A}{100} \times 0.000277 \right) + \beta_0 \quad \dots (4.6)$$

เมื่อ  $\beta_1$  แทน ความชันของเส้นตรง  
 $\beta_0$  แทน ส่วนตัดแกน Y (ค่าคงที่)

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : C_{CO} \neq \beta_1 \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi}{Z W u} \times \frac{A}{100} \times 0.000278 \right) + \beta_0 \quad \dots (4.7)$$

หรือ  $H_0 : \beta_1 = 0$

$$H_1 : C_{CO} = \beta_1 \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi}{Z W u} \times \frac{A}{100} \times 0.000278 \right) + \beta_0 \quad \dots (4.8)$$

หรือ  $H_0 : \beta_1 \neq 0$

ผลการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ตามสมมติฐานดังสมการที่ (4.7) และ (4.8) แสดงในภาคผนวก ข.5 และสรุปดังตารางที่ 4.9 พบว่าได้ผ่านการยอมรับสมมติฐาน  $H_1$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งทำให้  $\beta_1$  ไม่เท่ากับ 0 จากตารางที่ 4.9 เมื่อ  $\beta_1 = 0.902$  และ  $\beta_0 = 0.256$  และสมการความถดถอย (สมการที่ (4.8)) จะได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์บนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ ดังสมการที่ (4.10) ดังนี้

$$C = \beta_1 \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi}{Z W u} \times \frac{A}{100} \times 0.000278 \right) + \beta_0$$

$$C_{CO} = 0.902 \left[ \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi}{Z W u} \times \frac{A}{100} \times 0.000278 \right] + 0.256 \dots (4.9)$$

$$C_{CO} = \left[ \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{CO}}{Z W u} (A) \times 2.51 \times 10^{-6} \right] + 0.256 \dots (4.10)$$

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์การถดถอยด้วยโปรแกรม SPSS for window เวอร์ชัน 11.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การวิเคราะห์	$\beta_0$	$\beta_1$	$R^2$
ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้จริงกับผลจากแบบจำลองที่พัฒนา	0.256	0.902	0.907
ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ตรวจวัดได้จริงกับผลจากแบบจำลองที่พัฒนา	0.098	5.349	0.618
ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดได้จริงกับผลจากแบบจำลองที่พัฒนา	-0.016	0.617	0.541

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น มีสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : C_{TSP} \neq \beta_1 \left[ \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{TSP}}{Z W (u + 1)} \times \frac{A}{100} \times 0.000278 \right] + \beta_0 \dots (4.11)$$

$$\text{หรือ } H_0 : \beta_1 = 0$$

$$H_1 : C_{TSP} = \beta_1 \left[ \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{TSP}}{Z W (u + 1)} \times \frac{A}{100} \times 0.000278 \right] + \beta_0 \dots (4.12)$$

$$\text{หรือ } H_0 : \beta_1 \neq 0$$

ผลการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นตามสมมติฐานดังสมการที่ (4.10) และ (4.11) แสดงในภาคผนวก ข.5 และดังตารางที่ 4.9 พบว่าได้ผ่านการยอมรับสมมติฐาน  $H_1$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งทำให้  $\beta_1$  ไม่เท่ากับ 0 จากตารางที่ 4.9 เมื่อ  $\beta_1 = 5.349$  และ  $\beta_0 = 0.098$  และสมการความถดถอย (สมการที่ (4.8)) จะได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ ดังสมการที่ (4.14) ดังนี้

$$C_{TSP} = 5.349 \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{TSP}}{Z W (u + 1)} \times \frac{A}{100} \times 0.000278 \right) + 0.098 \dots (4.13)$$

$$C_{TSP} = \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{TSP}}{Z W (u + 1)} (A) \times 1.49 \times 10^{-5} \right) + 0.098 \dots (4.14)$$

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : C_{NO_2} \neq \beta_1 \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{NO_2}}{Z W u} \times \frac{A}{100} \times 0.000278 \right) + \beta_0 \dots (4.15)$$

$$\text{หรือ } H_0 : \beta_1 = 0$$

$$H_1 : C_{NO_2} = \beta_1 \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{NO_2}}{Z W u} \times \frac{A}{100} \times 0.000278 \right) + \beta_0 \dots (4.16)$$

$$\text{หรือ } H_0 : \beta_1 \neq 0$$

ผลการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ตามสมมติฐานดังสมการที่ (4.15) และ (4.16) แสดงใน

ภาคผนวก ข.5 โดยสรุปดังตารางที่ 4.9 พบว่าได้ผ่านการยอมรับสมมติฐาน  $H_1$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งทำให้  $\beta_1$  ไม่เท่ากับ 0 จากตารางที่ 4.9 เมื่อ  $\beta_1 = 0.617$  และ  $\beta_0 = -0.016$  และสมการความถดถอย (สมการที่ (4.8)) จะได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ ดังสมการที่ (4.18) ดังนี้

$$C_{NO_2} = 0.617 \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{NO_2}}{Z W u} \times \frac{A}{100} \times 0.000278 \right) - 0.016 \quad \dots (4.17)$$

$$C_{NO_2} = \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{NO_2}}{Z W u} (A) \times 1.72 \times 10^{-6} \right) - 0.016 \quad \dots (4.18)$$

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ อนุภาคฝุ่น และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ดังสมการที่ (4.10), (4.14) และ (4.18) ตามลำดับ ผ่านการยอมรับตามหลักสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.907 0.618 และ 0.541 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 ทำให้ไม่จำเป็นต้องแยกการวิเคราะห์ตามลักษณะของรูปแบบถนน

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนานำไปคำนวณหาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศและเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดจริง (เป็นค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง) ได้ผลดังกราฟที่ 4.9-4.14 โดยมีตัวอย่างการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาเพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์บนถนนดินสอ ในวันที่ 6 กรกฎาคม 2649 ดังนี้

จากสมการที่ (4.9)

$$C_{CO} = \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{CO}}{Z W u} (A) \times 2.51 \times 10^{-6} \right) + 0.256 \quad \dots (4.9)$$

เมื่อ  $x = 100$  เมตร

$$\sum_{i=1}^n NiYi_{CO} = Q_a = 29,595.25 \quad \text{กรัมต่อกิโลเมตรต่อชั่วโมง}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= 16 \text{ เมตร} \\
 W &= 17.1 \text{ เมตร} \\
 u &= 1.0 \text{ เมตรต่อวินาที} \\
 A &= 73.31
 \end{aligned}$$

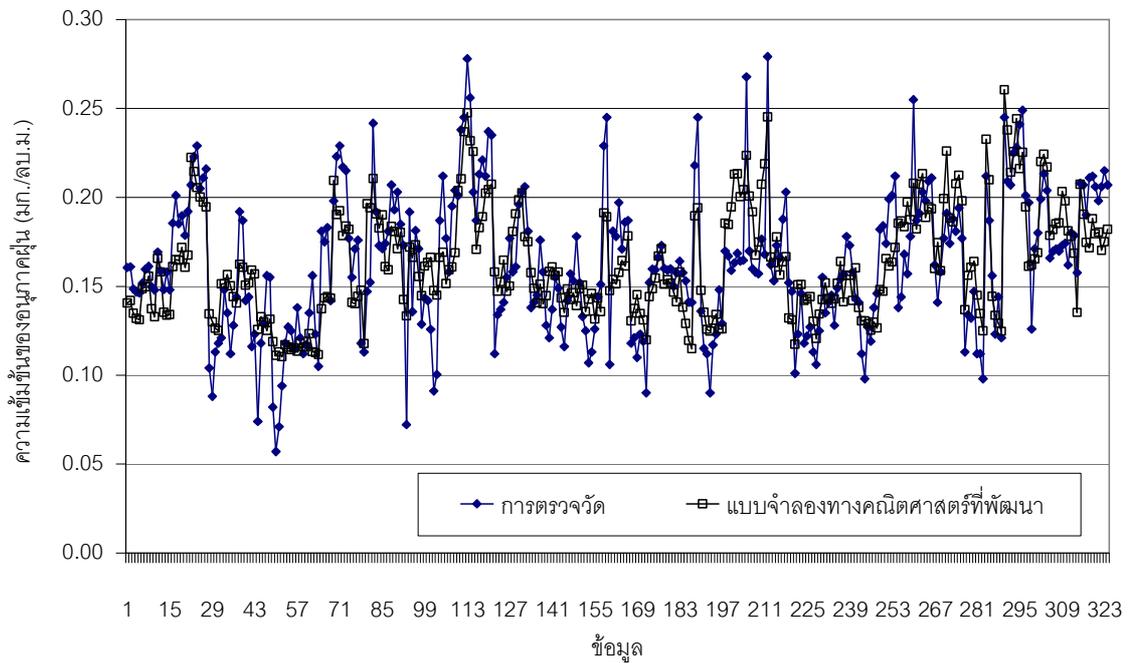
แทนค่าลงในสมการที่ (4.9)

$$\begin{aligned}
 C_{CO} &= \frac{100 \times 29,595.25}{16 \times 17.1 \times 1} \times 73.31 \times 2.15 \times 10^{-6} \text{ มก./ลบ.ม.} \\
 C_{CO} &= 2.24 \text{ มก./ลบ.ม.}
 \end{aligned}$$

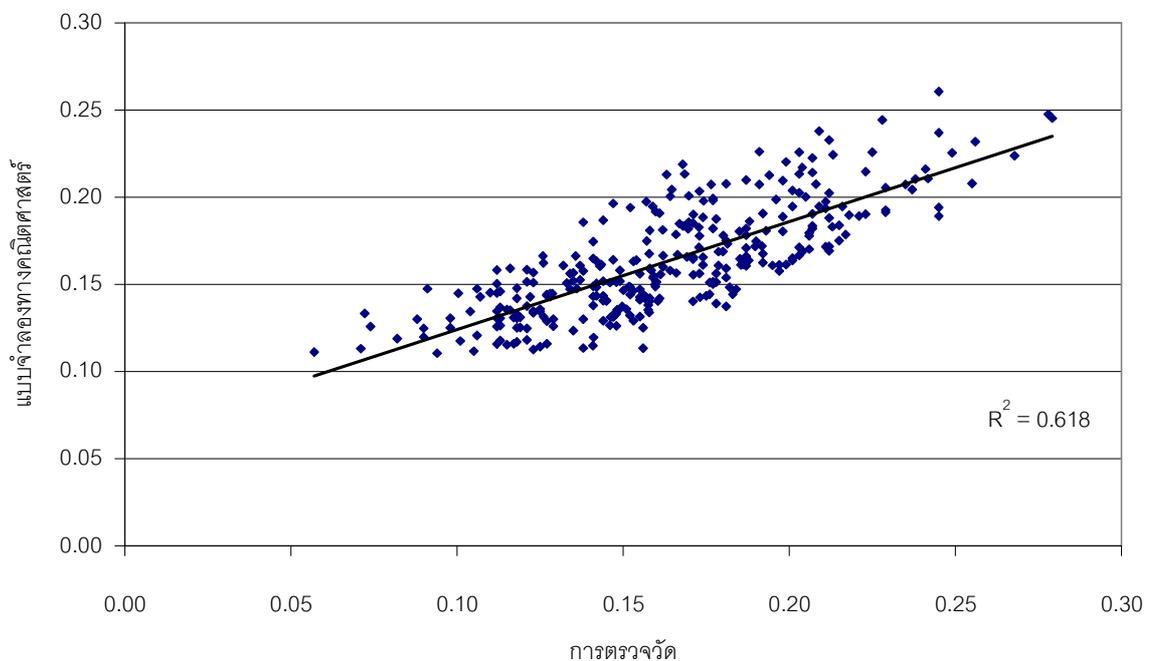
ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์บนถนนดินสอในวันที่ 6 กรกฎาคม 2549 เวลา 15.30 – 16.30 มีค่าเท่ากับ 2.24 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

สำหรับความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศชนิดอื่น ๆ คำนวณได้เช่นเดียวกัน ผลการคำนวณหาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศด้วยแบบจำลองแบบกล่องแสดงดังภาคผนวก ฉ.

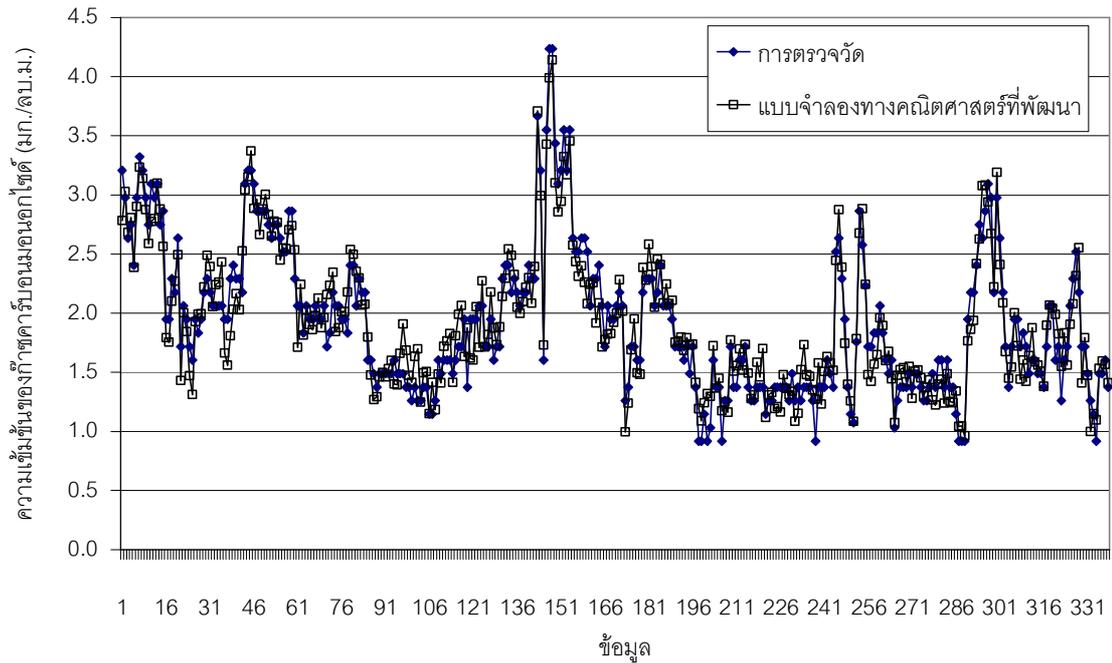
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นโดยอาศัยพื้นฐานของแบบจำลองแบบกล่องสามารถนำมาใช้ในการประเมินความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการจราจรในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร ได้ ผ่านการยอมรับในการทดสอบด้วยหลักการทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าความสัมพันธ์สูงสุดคือมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.907 รองลงมาคือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.618 และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.541 จากกราฟที่ 4.9 – 4.14 จะเห็นว่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นไปในทางเดียวกันและอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้



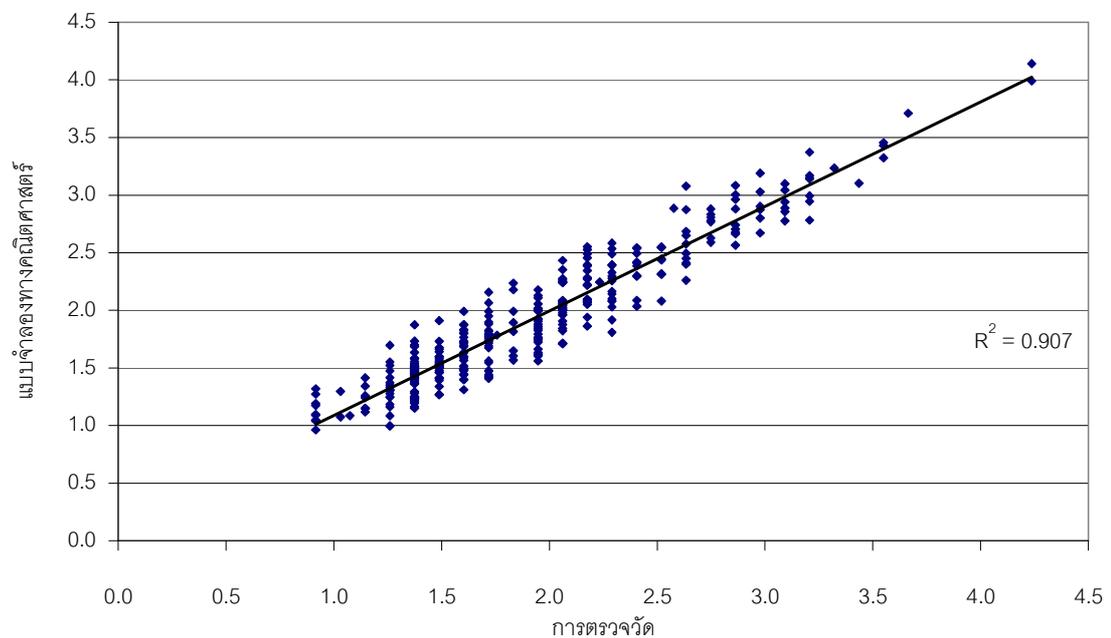
กราฟที่ 4.9 กราฟเส้นแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์  
ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อประมาณความชื้นชั้นของอนุภาคฝุ่น



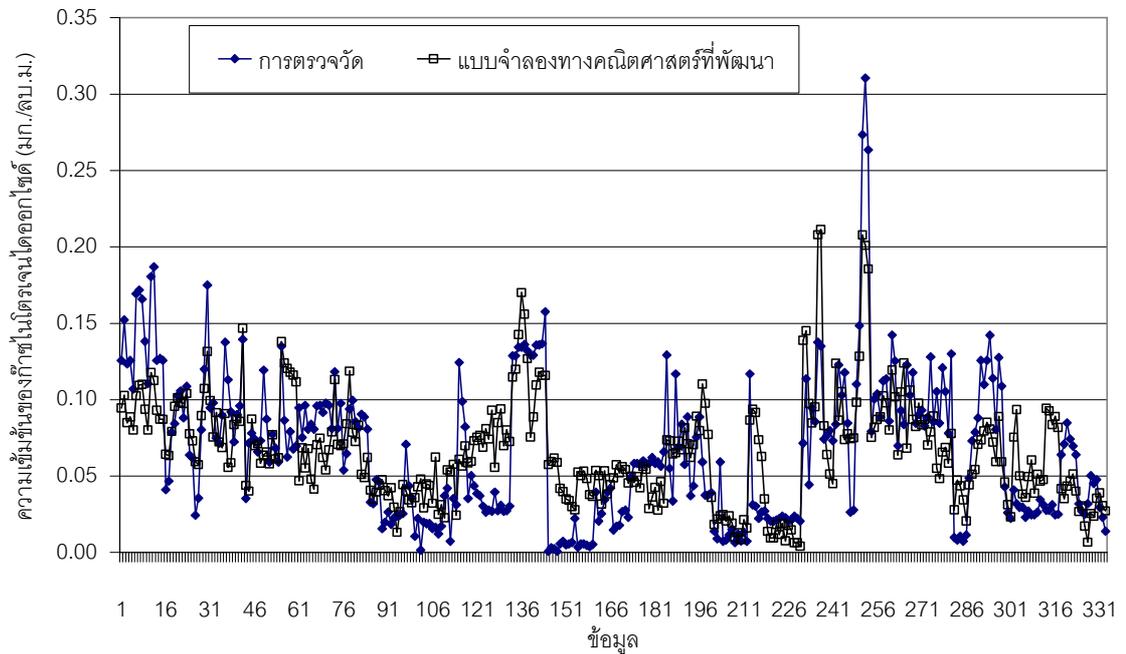
กราฟที่ 4.10 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น  
เพื่อประมาณความชื้นชั้นของอนุภาคฝุ่น



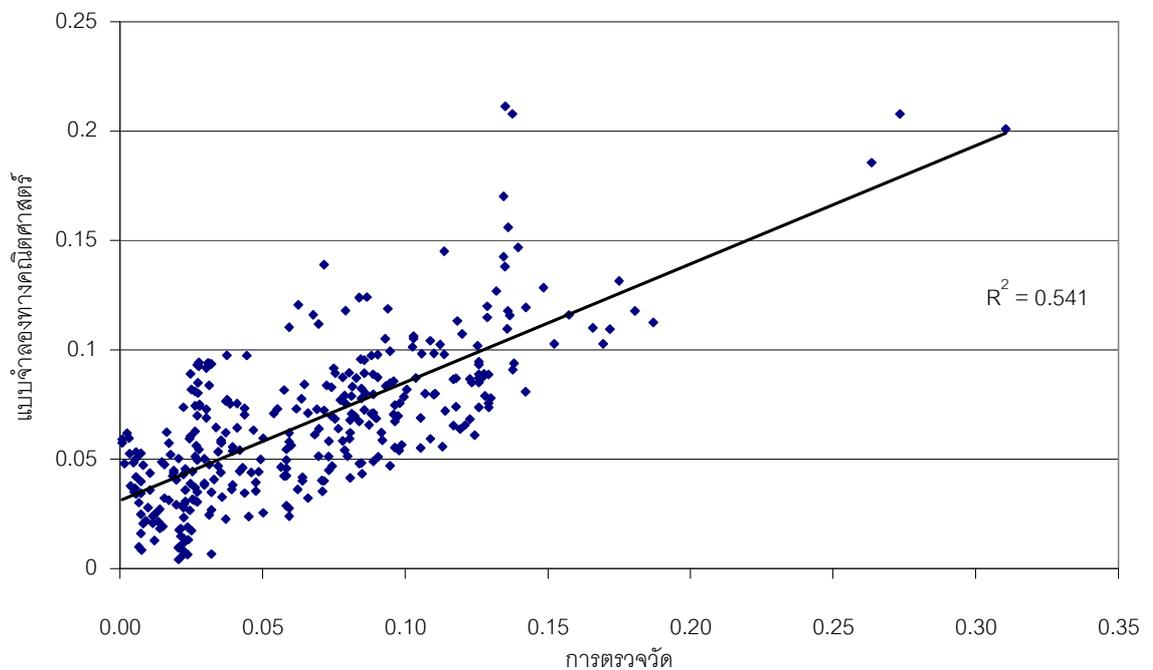
กราฟที่ 4.11 กราฟเส้นแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์  
ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์



กราฟที่ 4.12 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น  
เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์



กราฟที่ 4.13 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์



กราฟที่ 4.14 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

## 4.7 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่าย

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายภาษา Microsoft Visual Basic เวอร์ชัน 6 เพื่อประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ จากการจราจรในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร โดยใช้สมการที่ (4.14) สำหรับประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น สมการที่ (4.10) สำหรับประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และสมการที่ (4.18) สำหรับประมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นตั้งชื่อเป็น “Rattanakosin Air Model” หรือ “RAM” โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 4.7.1 ข้อมูลป้อนเข้าของโปรแกรม

ข้อมูลป้อนเข้า โปรแกรมประกอบด้วย

1. ปริมาณรถ (คัน) และความเร็วยก (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) แยกประเภทเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1.1 รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล

1.2 รถจักรยานยนต์

1.3 รถบรรทุกขนาดเล็ก

1.4 รถบรรทุกขนาดใหญ่

2. ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

3. โครงสร้างของถนน

3.1 ความกว้างของถนน (เมตร)

3.2 ความกว้างของทางเดินเท้าทั้งสองฝั่งถนน (เมตร)

3.3 ความยาวของถนน (เมตร) ค่าที่แนะนำให้ใช้คือ 100 เมตร

3.4 ความสูงของอาคาร (เมตร) ค่าที่แนะนำให้ใช้คือ 16 เมตร

3.5 รั้อยละของช่องว่าง (ดังตารางที่ 4.4)

### 4.7.2 ผลที่ได้จากการทำงานของโปรแกรม

ผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คือค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการจราจรบนถนนในพื้นที่รัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร ดังนี้

1. ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
2. ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
3. ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

#### 4.7.3 ลักษณะของโปรแกรม

ลักษณะของรูปฟอร์มของโปรแกรม “Rattanakosin Air Model” หรือ “RAM” ที่ได้ประยุกต์ขึ้นแสดงดังภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.2 โปรแกรม “Rattanakosin Air Model” หรือ “RAM”

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินคุณภาพอากาศเพื่อประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการจราจรบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร ทำการเก็บข้อมูลการตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ พร้อมกับการตรวจวัดปริมาณการจราจรและความเร็วรถแยกประเภท 4 ประเภท ได้แก่ รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ รถบรรทุกขนาดเล็ก และรถบรรทุกขนาดใหญ่ ตรวจวัดความเร็วลมและโครงสร้างของถนน เพื่อนำมาศึกษาตัวแปรและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมโดยอาศัยพื้นฐานของแบบจำลองแบบกล่อง และวิเคราะห์ความถดถอย ด้วยโปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป SPSS for windows เวอร์ชัน 11.5 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นำแบบจำลองที่เหมาะสมไปพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายโดยโปรแกรมภาษา Microsoft Visual Basic เวอร์ชัน 6 เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินคุณภาพอากาศจากการจราจรบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร ได้แก่ การประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นอยู่ในช่วง 0.06 – 0.28 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.16 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์อยู่ในช่วง 0.92 – 4.24 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.90 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.001 – 0.311 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.062 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การวิเคราะห์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ ใช้หลักการวิเคราะห์ความถดถอย ตัวแปรตามเป็นความ

เข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากการตรวจวัดจริง และตัวแปรตามเป็นความเข้มข้นที่ได้จากการพัฒนา โดยยึดหลักเกณฑ์ที่ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่นำไปใช้ประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจะต้องเป็นแบบจำลองที่ง่ายต่อการนำไปใช้และได้รับการยอมรับหลังจากการทำการทดสอบทางสถิติแล้วที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และให้ค่า  $R^2$  ที่สูง สูงกว่า 0.5 ในการศึกษาได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ดังสมการที่ (5.1) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เพื่อประมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ดังสมการที่ (5.2) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เพื่อประมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ดังสมการที่ (5.3) ดังนี้

$$C_{CO} = \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{CO}}{Z W u} (A) \times 2.51 \times 10^{-6} \right) + 0.256 \quad \dots (5.1)$$

$$C_{TSP} = \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{TSP}}{Z W (u + 1)} (A) \times 1.49 \times 10^{-5} \right) + 0.098 \quad \dots (5.2)$$

$$C_{NO_2} = \left( \frac{L \sum_{i=1}^n NiYi_{NO_2}}{Z W u} (A) \times 1.72 \times 10^{-6} \right) - 0.016 \quad \dots (5.3)$$

เมื่อ  $C_{CO}$  แทน ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$C_{TSP}$  แทน ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$C_{NO_2}$  แทน ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

L แทน ความยาวถนน ค่าที่แนะนำ คือ 100 เมตร

Z แทน ความสูงของชั้นผสม ค่าที่แนะนำ คือ 16 เมตร ตามข้อบัญญัติของกรุงเทพมหานครที่กำหนดให้อาคารมีความสูงไม่เกิน 16 เมตร

W แทน ความกว้างของถนน รวมกับความกว้างของทางเดินเท้าทั้ง 2 ฝั่ง (เมตร)

u แทน ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

- A แทน ร้อยละของช่องว่างที่มีอิทธิพลให้เกิดการระบายของสารมลพิษทางอากาศออกจากถนน แสดงดังตารางที่ 4.4
- $Y_{iCO}$  แทนอัตราการการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถประเภท  $i$  (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) จากตารางที่ 4.8
- $Y_{iTSP}$  แทนอัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่น (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) จากตารางที่ 4.7
- $Y_{iNO_2}$  แทนอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของรถประเภท  $i$  (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) จากตารางที่ 4.9
- $N_i$  แทนจำนวนรถประเภท  $i$  (คันต่อชั่วโมง)
- $i = 1$  รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล
- $i = 2$  รถจักรยานยนต์
- $i = 3$  รถบรรทุกขนาดเล็ก
- $i = 4$  รถบรรทุกขนาดใหญ่

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาเป็นการเพิ่มปัจจัยของช่องว่างที่สามารถระบายออกนอกถนนได้ และผ่านการยอมรับด้วยหลักการทางสถิติ มีค่าความสัมพันธ์ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ อนุภาคฝุ่น และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือ  $R^2$  เท่ากับ 0.907 0.618 และ 0.541 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าสามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพอากาศได้

การวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างของถนน ได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความสูงของอาคาร ร้อยละของช่องว่าง และความเร็วลมพบว่าไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดแต่เป็นปัจจัยหนึ่งๆ เมื่อทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้วให้ผลของความเข้มข้นที่มีความสัมพันธ์กับผลที่ได้จากการตรวจวัด ในการศึกษาพบว่าจำนวนรถแต่ละประเภทเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดที่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้จริง เนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดของสารมลพิษทางอากาศ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของรถโดยสารส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นและก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อประมาณคุณภาพอากาศบนถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร ได้พัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม

คอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Microsoft Visual Basic เวอร์ชัน 6 เรียกชื่อเป็น “Rattanakosin Air Model” หรือ “RAM”

ข้อเสนอแนะในการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ RAM

1. Rattanakosin Air Model หรือ “RAM” สามารถนำไปใช้ในการศึกษาในสถานะที่เลวร้ายที่สุด (worst case) ที่เกิดขึ้นเมื่อความเร็วลมมีค่าน้อย ในที่นี้สมมติให้มีค่าเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที หรือ 3.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เช่นเดียวกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการศึกษามลพิษทางอากาศบนทางหลวง หรือแบบจำลอง CALINE 4 (Benson, P.E : 1989) ซึ่งผลจากตรวจวัดความเร็วลมในบางครั้งพบว่ามีความต่ำกว่า ทำให้มีสถานะที่เลวร้ายที่สุดตามที่ได้สมมติขึ้น

2. แหล่งข้อมูลปริมาณรถ และความเร็วรถ ที่สามารถนำมาใช้ สามารถใช้ข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก (สจร.) สำนักงานการจราจรและขนส่ง (สจส.) กรมทางหลวง และสำนักงานการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร เป็นต้น ในการศึกษาเพื่อจัดการคุณภาพอากาศอาจให้ข้อมูลการจราจรที่สูงสุดและความเร็วรถที่ต่ำสุดหรือสูงสุด เพื่อดูถึงผลกระทบหรือความเข้มข้นที่มากที่สุด

## 5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาในอนาคต

การศึกษาระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ อนุภาคฝุ่น และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อประมาณคุณภาพอากาศนับว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการศึกษาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศดังกล่าวในอนาคตได้ ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมดังนี้

1. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เหมาะสม โดยทำการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศแต่ละชนิดหลายตำแหน่งเพื่อยืนยันถึงสถานะ steady state ในข้อสมมติของแบบจำลองแบบล่อง

2. ควรจะศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศหรือลม ในช่องว่างต่าง ๆ เพื่อพิจารณาถึงระดับความเข้มข้นของสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง และตรวจวัดความเร็วลมในแนวตั้ง

3. ควรจะศึกษาพื้นที่อื่น ๆ เพื่อเพิ่มความหลากหลายและสามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

## บรรณานุกรม

- กนกพร สว่างแจ้ง. 2540. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2538. มลพิษทางอากาศจากรถยนต์. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- \_\_\_\_\_. 2543. ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์, การปรับปรุงฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศและการประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. กรุงเทพมหานคร: ซีคอท.
- \_\_\_\_\_. 2543. สถานการณ์มลพิษของประเทศไทยในรอบทศวรรษ. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.
- \_\_\_\_\_. 2546. การปรับแต่งและดูแลบำรุงรักษาเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่เพื่อลดมลพิษและประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- \_\_\_\_\_. 2548. สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2547. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ และสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543. การประเมินคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์, เอกสารประกอบการสัมมนา. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2547. ตำราบำบัดมลพิษอากาศ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2540. การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านคุณภาพอากาศโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.
- กัลยา วาณิชย์บัญชา. 2543. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล เวอร์ชัน 7-10. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- เกษม จันทร์แก้ว. 2541. **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพมหานคร: โครงการสหวิทยาการ  
บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณะกรรมการอนุรักษ์และพัฒนากรุงรัตนโกสินทร์และเมืองเก่า. 2547. **การอนุรักษ์และพัฒนา  
กรุงรัตนโกสินทร์**. กรุงเทพมหานคร: คณะกรรมการอนุรักษ์และพัฒนากรุง  
รัตนโกสินทร์และเมืองเก่า สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและ  
สิ่งแวดล้อม.
- จินต์ อโณทัย. 2542. **วิศวกรรมการประปาและการสุขาภิบาล**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชา  
วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- จรัญ จันทวลักษณ์ และอนันตชัย เชื้อนธรรม. 2540. **สถิติเบื้องต้น แบบประยุกต์**. พิมพ์ครั้งที่  
4. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- ปราโมทย์ ลือนาม. 2543. **วิชวลเบสิก 6**. กรุงเทพมหานคร: ธีรด์เวฟ เอ็ดดูเคชั่น.
- ปีระพงษ์ หลักคำ. 2541. **Visual Basic 6.0**. กรุงเทพมหานคร: อินทิเกรท ดีพรส.
- พูลพร แสงบางนา. 2537. **ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม**. กรุงเทพมหานคร:  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พลศักดิ์ วิฑูรชวลิตวงศ์. 2536. **การประเมินการระบายมลพิษทางอากาศในประเทศไทย**.  
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.
- ธนาคารโลก. 2543. **สถานการณ์สิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานธนาคารโลก.
- นภาพร พานิช และแสงสันต์ พานิช. 2544. **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพ  
อากาศ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มานิต เพ็อกสกนต์. 2534. **มลพิษจากไอเสียเครื่องยนต์ดีเซล. วารสารวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยี. 6 (3), หน้า 13-17.**
- รัฐนุกูล วชิรณพ ประชารัฐ แทนประยูทธ และวัชรา สาระ. 2545. **โครงการศึกษาผลกระทบต่อ  
สุขภาพที่เกิดจากมลพิษทางอากาศบริเวณที่หยุดรถประจำทางบนถนนสาย  
หลักในเกาะรัตนโกสินทร์. โครงการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์  
และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.**
- วรานันท์ วงศ์วัศร์. 2541. **รู้จัก รู้จริง Microsoft Visual Basic 6.0 Expert Edition**.  
กรุงเทพมหานคร: เอส.ที.ซี. พรินติ้ง.

- วรารุณ เสือดี. 2541. **การศึกษามลภาวะทางอากาศในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.**  
ปทุมธานี: สถาบันคดีไทยศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- \_\_\_\_\_. 2543. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ความรู้เบื้องต้น มลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง และการตรวจวัด วิเคราะห์.**  
ปทุมธานี: ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- \_\_\_\_\_. 2546. **การประเมินผลกระทบด้านมลพิษทางอากาศโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์. เอกสารประกอบการอบรมเชิงวิชาการ “การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศและการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินคุณภาพอากาศ”.** กรุงเทพมหานคร: โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.
- ศิวพันธ์ุ ชูอินทร์. 2543. **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในถนนที่มีลักษณะคล้ายอุโมงค์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ศูนย์แบบจำลองและประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม. 2545. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการแห่งชาติครั้งที่ 1 เรื่อง การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการประเมินความเสี่ยงในการจัดการสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ศูนย์แบบจำลองและประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม. 2546. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการแห่งชาติครั้งที่ 2 เรื่อง การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการประเมินความเสี่ยงในการจัดการสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- สำนักการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร. 2543. **สถิติและข้อมูลการจราจร กรุงเทพมหานคร ปี 2542.** กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายสถิติและข้อมูล กองสารสนเทศจราจร กรุงเทพมหานคร.
- สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2546. **คู่มือการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ.**  
กรุงเทพมหานคร: สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

- สำนักงานนโยบายและสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2542. **แผนแม่บทเพื่อการพัฒนา ระบบสาธารณูปโภค สาธารณูปการ และการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณโครงการกรุงรัตนโกสินทร์**. กรุงเทพมหานคร: ชินครอนกรุ๊ป.
- สำนักงานนโยบายและสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2543. **สรุปผลการติดตามตรวจสอบ ประเมินผลการดำเนินงานตามโครงการกรุงรัตนโกสินทร์และแผนแม่บทเพื่อการอนุรักษ์และพัฒนากรุงรัตนโกสินทร์**. กรุงเทพมหานคร: ชินครอนกรุ๊ป.
- สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา. 2534. การประเมินผลกระทบ (ทำนาย) ด้านอากาศจากโครงการถนนและทางด่วน/ทางยกระดับ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ใน การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านอากาศและเสียง โครงการถนนและทางด่วน/ทางยกระดับ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.
- เสาวรส แสงประเสริฐ และนภารัตน์ มาประชา. 2546. **การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบกล่อง (box model) สำหรับทำนายปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์บนเส้นทางการจราจร**. โครงการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันท.
- สุทิน อยู่สุข วราวุธ เสือดี มีนา ทิพย์โสภณกิจ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ และเกรียงศักดิ์ เจียรพสุอนันต์. 2544. **ศัพท์บัญญัติและนิยามมลพิษทางอากาศ**. กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร. 2548. **คู่มือเขียนโปรแกรม Visual Basic 6 ฉบับผู้เริ่มต้น**. กรุงเทพมหานคร : ไรต์ซี ดีสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์.
- อรรวรรณ ยาใจ และเบญจพร จันทรสุนทร. 2544. **การศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในรถโดยสารประจำทางในชั่วโมงเร่งด่วน**. โครงการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.
- Advanced Pollution Instrumentation, Inc. 1995. **Instrumentation Manual Model 300 Carbon Monoxide Analysis**. San Diego.
- Benson, P.E. 1989. **CALINE4-A Dispersion Model for Prediction Air Pollution Concentration Near Roadways**. California: California Department of Transportation Sacramento.

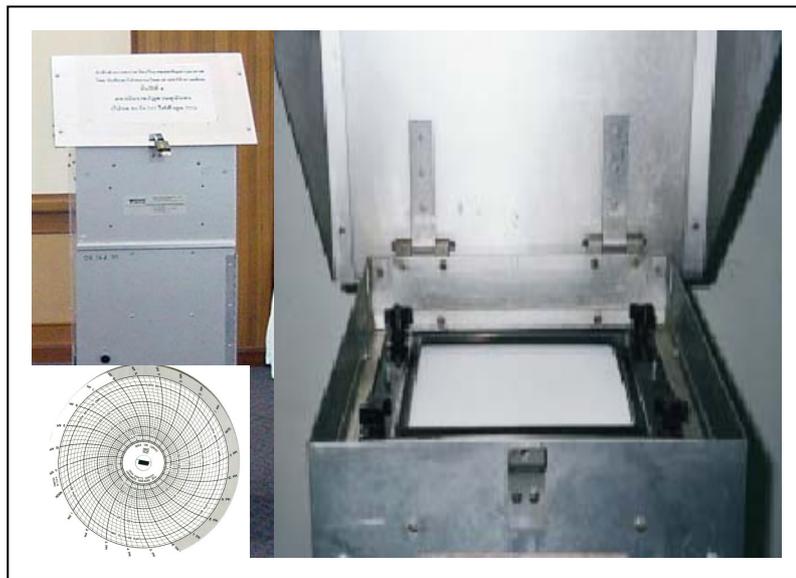
- De Nervers, N. 2000. **Air Pollution Control Engineering**. Singapore : McGraw-Hill.
- Hanna, S.R., Brigge, G.A. and Hosker, R.P, Jr. 1982. **Handbook on Atmospheric Diffusion**. Technical Information Center. North Carolina: U.S. Department of Energy.
- ICES, Ltd. 1999. **APTI Course 435, Atmospheric Sampling Student Manual**. North Carolina: United States Environmental Protection Agency.
- John, W. B., Sklarew, R. C. and Turner, D. B. 1976. **Air Pollution: Volume 1, Air Pollution, Their Transformation and Transport (ed by Arthur C. Stern.)**. North Carolina.
- Kappinen. A., Kukkonen. J., Elolahde. T., Konttinen. M., Koskentalo. T. and Rantakrans. 1999. A modeling system for predicting urban air pollution: model description and application in the Helsinki metropolitan area. **Journal of the Atmospheric Environment**, 34 (2000), p. 3723 –3733.
- Kolehmainen, M. 1999. **Evaluating the Goodness of the Model**. (Online) Available at <http://www.uku.fi/Laitokset/ympkem/airquality/hybrid/poster/evalgood.html>.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. 1991. **Simulation Modeling & Analysis (2 nd ed.)**. New York. : McGraw-Hill.
- Mycock, J.C., McKenna, J.D. & Theodore, L. 1995. **Handbook of Air Pollution Control Engineer and Technology**. New York: Lewis.
- Niemier, D., Eisinger, D., Kear, T., Chang, D. and Meng, Y. 1997. **Transportation Project-Level Carbon Monoxide Protocol**. California.
- Pimpelia, M. 1998. **APTI Course SI: 409, Basic Air Pollution Meteorology; Seft – Instructional Manual (2 nd ed.)**. North Carolina: United States Environmental Protection Agency.
- Reible, D. D. 1998. **Fundamentals of Environmental Engineering**. New York : Lewis Publishers.
- Samson, P.J. 1997. **Air Pollution Modelling**. (Online) Available at [http://www.engin.umich.edu/class/aoss563/lectures/Box\\_Model.pdf](http://www.engin.umich.edu/class/aoss563/lectures/Box_Model.pdf).
- Schwela, D., & Zali, O. 1999. **Urban Traffic Pollution**. London and Newyork: E & FN Sporn.

- Sjodin, A., Cooper, D. A. and Kenth Andreasson, K. 1995. Estimations of Real – World N<sub>2</sub>O Emissions from Road Vehicles by Means of Measurements in a Traffic Tunnel. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 45, p. 189–190.
- Wark, K., Warner, C.F. & David, W. T. 1998. *Air Pollution, It Origin and Control (3 th ed.)*. New York: Addison - Wesley.
- Wathkins, L.H. 1991. *Air Pollution from Road Vehicles*. Transport and Road Research Leaboratory.London: HMSU
- Wight. G.D. 1994. *Fundamental of Air Sampling*. New York: Lewis.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

### เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศ



ภาพที่ ก.1 เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น



ภาพที่ ก.2 การติดตั้งเครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น



ภาพที่ ก.3 เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ระบบก๊าซฟิลเตอร์คอรีเลชัน



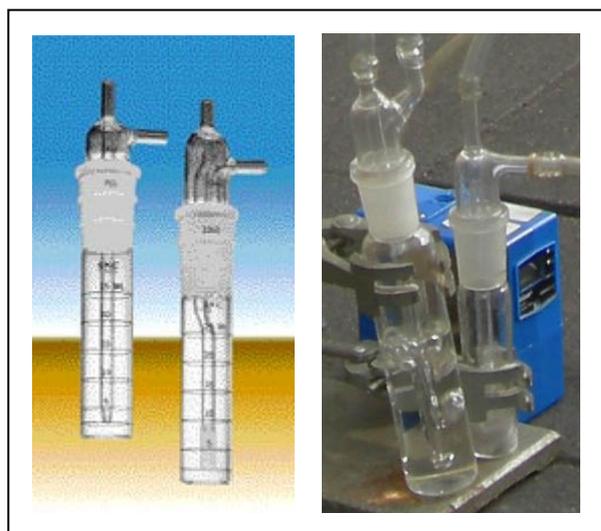
ภาพที่ ก.4 บั้มเก็บตัวอย่างอากาศ



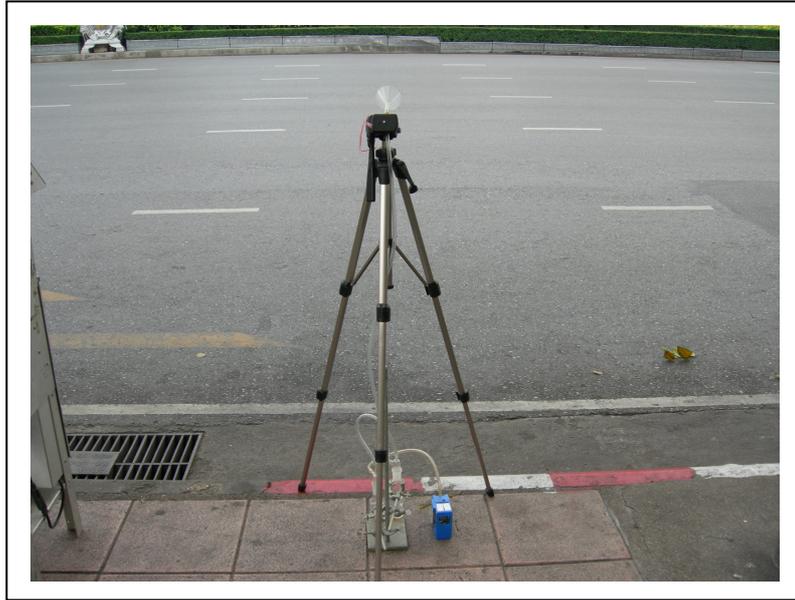
ภาพที่ ก.5 ถุงเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ ก.6 การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์



ภาพที่ ก.7 อิมฟินเจอร์



ภาพที่ ก.8 การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์



ภาพที่ ก.9 ชุดการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

## ภาคผนวก ข

### วิธีการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ

#### ภาคผนวก ข.1 การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นทั้งหมดในบรรยากาศ

##### ข.1.1 หลักการ

การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศทั้งหมดมีวิธีการมาตรฐาน การใช้วิธีกราวิเมตริก ไฮโวลูม (gravimetry high volume) เป็นการดูดตัวอย่างผ่านปั๊มและกระดาษกรอง จากนั้นหาปริมาณของอนุภาคฝุ่นโดยการชั่งน้ำหนักและคำนวณหาความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นต่อไป

การตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างปริมาตรสูง มีองค์ประกอบสำคัญคือ ปั๊มดูดอากาศ กระดาษกรอง และอุปกรณ์บันทึกอัตราการไหล ในการเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นทั้งหมด อากาศจะถูกดูดผ่านแผ่นกรองในอัตราการไหล 40-60 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ทำให้อนุภาคฝุ่นที่มีขนาด 0.3 - 100 ไมครอน ถูกดักไว้ที่กระดาษกรองชนิดใยแก้ว (glass fiber filter) หรือกระดาษกรองชนิดเยื่อใย (membrane filter) ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศคำนวณได้จากน้ำหนักของอนุภาคฝุ่นบนกระดาษกรองที่ชั่งได้กับปริมาตรของอากาศที่ผ่านกระดาษกรองดังกล่าวทั้งหมด

##### ข.1.2 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นทั้งหมดมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมแผ่นกรอง ตรวจสอบรูขนาดเล็ก จุดดำ หรือความบกพร่องอื่นของแผ่นกรอง นำแผ่นกรองไปเก็บในตู้หรือเดซีเคเตอร์ควบคุมสภาวะที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งกระดาษกรองในหน่วยมิลลิกรัม บันทึกน้ำหนัก ข้อควรระวังคืออย่าอหรือพับแผ่นกรองก่อนเก็บตัวอย่าง
2. เลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น
3. การเก็บรวบรวมตัวอย่างอนุภาคฝุ่น เปิดที่กำบังคลายเกลียวน็อต เอาแผ่นปิดหน้าออกจากที่ยึดแผ่นกรอง วางแผ่นกรองใยแก้วที่จมน้ำหนักไว้แล้วลงไป (ให้ด้านขรุขระขึ้น)

4. วางแผนปิดลงไปโดยไม่ให้กระทบกระเทือนแผ่นกรองแล้วหมุนให้ดี ถ้าไม่แน่นอากาศจะรั่วได้ ถ้าแน่นไปจะทำให้ยางรองแผ่นปิดหน้าเสียหาย
5. ปิดที่ก้านบังเครื่องเก็บตัวอย่าง เปิดเครื่องเพื่อดูดอากาศผ่านกระดาษกรอง
6. การเก็บตัวอย่างให้ตั้งอัตราการไหลในการเก็บตัวอย่างระหว่าง 40-60 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที บันทึกผลโดยใช้แผ่นบันทึกอัตราการไหลของอากาศ
7. ทำการเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น 24 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาแล้วนำกระดาษกรองออกใส่ถุงและนำไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นหรือเดซิเคเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก
8. จดค่าอัตราการไหลของอากาศเริ่มต้นและสุดท้ายที่อ่านได้บนแผ่นบันทึกอัตราการไหลของอากาศ และบันทึกเวลาในการเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นทั้งหมด
9. ทำการคำนวณหาความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น

### ข.1.3 วิธีการคำนวณหาปริมาณอนุภาคฝุ่น

(1) คำนวณหาปริมาตรอากาศที่ทำการเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น

1. อ่านค่าเริ่มต้นและค่าสุดท้ายจากแผ่นบันทึกอัตราการไหลของอากาศ
2. คำนวณปริมาณอากาศตัวอย่างด้วยสมการที่ (ข.1)

$$V = \frac{(Q_i + Q_f)}{2} \times T \quad \dots \quad (\text{ข.1})$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรอากาศตัวอย่าง (ลูกบาศก์เมตร)

$Q_i$  คือ อัตราการไหลอากาศเริ่มต้น (ลูกบาศก์เมตรต่อนาที)

$Q_f$  คือ อัตราการไหลอากาศสุดท้าย (ลูกบาศก์เมตรต่อนาที)

T คือ เวลาเก็บตัวอย่าง (นาที)

(2) คำนวณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นทั้งหมดด้วยสมการ (ข.2)

$$\text{TSP} = \frac{(W_f - W_i)}{V} \times 10^{-3} \quad \dots \quad (\text{ข.2})$$

เมื่อ TSP คือ ปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นทั้งหมด

(มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

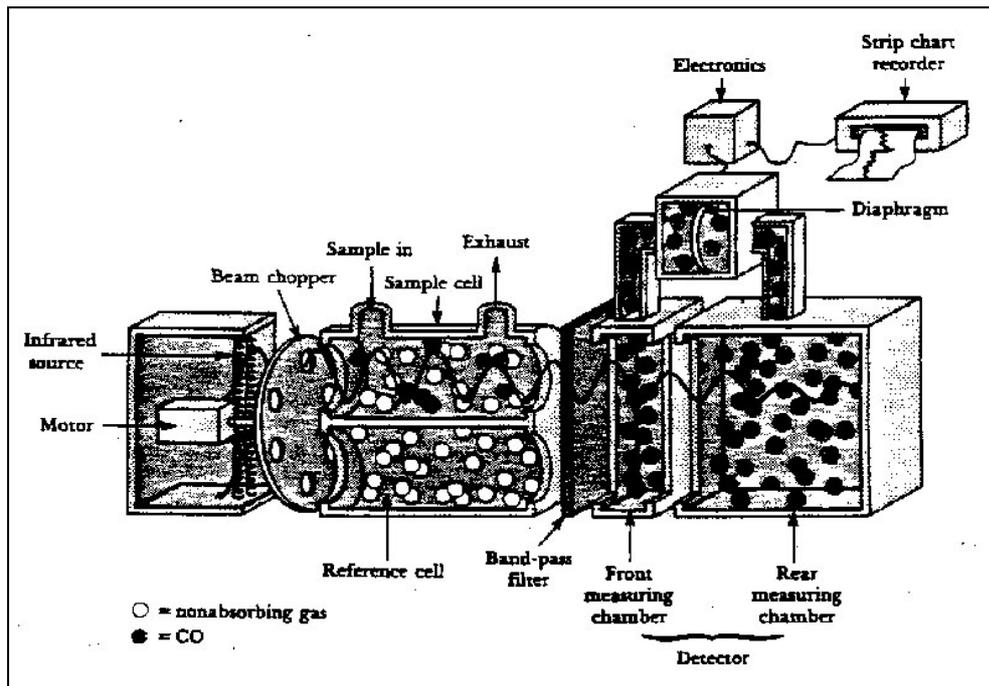
- Wi คือ น้ำหนักแผ่นกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (กรัม)  
 Wf คือ น้ำหนักแผ่นกรองหลังเก็บตัวอย่าง (กรัม)  
 V คือ ปริมาตรอากาศตัวอย่าง (ลูกบาศก์เมตร)  
 $10^{-3}$  คือ ค่าแปลงหน่วยจากกรัมเป็นมิลลิกรัม

## ภาคผนวก ข.2 การตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศ

### ข.2.1 หลักการ

การตรวจวัดเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย คือการตรวจวัดโดยระบบนินดิสเปอร์ซีฟอินฟราเรด หรือ เอ็นดีไออาร์ (non dispersive infrared detection: NDIR) เป็นวิธีมาตรฐาน และระบบก๊าซฟิลเตอร์ คอริลเลชัน (gas filter correlation) เป็นวิธีเทียบเท่า ซึ่งทั้ง 2 วิธี มีหลักการตรวจวัดที่คล้ายกัน คือ อาศัยการดูดซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่น 4.5 ถึง 5 ไมครอน

เครื่องมือวัดระบบก๊าซฟิลเตอร์คอริลเลชัน มีการตรวจวัดโดยอาศัยการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของโมเลกุลก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ความยาวคลื่น 4.7 ไมครอน การทำงานของเครื่องมือเริ่มจากพลังงานความร้อนสูงสร้างแสงอินฟราเรด ฉายผ่านล้อหมุน (gas filter wheel) ซึ่งทำให้ลำแสงสลับไปผ่านหลอดที่บรรจุด้วยไนโตรเจน (หลอดตัวอย่าง) และหลอดที่บรรจุก๊าซผสมของไนโตรเจนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (หลอดอ้างอิง) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่บรรจุอยู่ในหลอดอ้างอิงจะมีการดูดซับพลังงานรังสีอินฟราเรดที่ผ่านเข้ามาทั้งหมด ส่วนในหลอดตัวอย่างไนโตรเจนจะไม่มีการดูดกลืนแสงอินฟราเรดแต่ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีอยู่ในตัวอย่างอากาศที่ต้องการตรวจวัดจะทำการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ผ่านเข้ามา การดูดกลืนจะมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในตัวอย่างอากาศ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีอยู่ในตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับปริมาณลำแสงอินฟราเรดที่ผ่านออกมาจากทั้ง 2 หลอด



ภาพที่ ข.1 ระบบการตรวจวัดระบบก๊าซฟิลเตอร์คอร์ริเลชัน

แหล่งที่มา : ICES, 1999, p. 8-16

### ข.2.2 ขั้นตอนการตรวจวัด

การดำเนินการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศมีขั้นตอน

ดังนี้

1. เปิดเครื่องตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพื่อให้มีการผลิตลำแสงอินฟราเรดที่คงที่อย่างน้อย 1 - 2 ชั่วโมง ก่อนทำการตรวจวัด
2. ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ใส่ถุงเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ตำแหน่งละ 10 ลิตร จากนั้นเก็บไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือต่อไป
3. นำถุงเก็บตัวอย่างที่เก็บตัวอย่างแล้วในข้อ 2. มาทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในห้องปฏิบัติการ บันทึกผลการตรวจวัดเป็นค่ามิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

## ภาคผนวก ข.3 การตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ

### ข.3.1 หลักการ

วิธีการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันในประเทศต่างๆ และในประเทศไทย ใช้วิธีการตรวจวัดตามวิธีการมาตรฐานและวิธีการเทียบเท่าขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดวิธีการวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยระบบเคมีลูมิเนสเซนส์ (chemiluminescence) เป็นวิธีการมาตรฐานและวิธีการทางเคมีวิธีโซเดียมอาร์ซีไนต์ (sodium – arsenite) และวิธีทีจีเอส-เอเอ็นเอสเอ (TGS – ANSA) เป็นวิธีการเทียบเท่า

วิธีโซเดียมอาร์ซีไนต์ มีหลักการคือเมื่อดูดตัวอย่างอากาศที่ต้องการตรวจวัดผ่านเข้ามาในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide: NaOH) กับโซเดียม อาร์ซีไนต์ ( $\text{Na}_2\text{As}$ ) แล้วจะเกิดเป็นไนเตรตไอออน (nitrite ion :  $\text{NO}_2^-$ ) ขึ้น โดยปริมาณที่เกิดขึ้นสามารถตรวจวัดได้โดยวัดการดูดกลืนคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นแสง 540 นาโนเมตร หลังจากทำปฏิกิริยากับกรดฟอสฟอริก สารซัลฟานิลาไมด์ (sulfanilamide) และสารเอ็น- (1- แนพทิล) เอพธิลีน ไดเอมีน ไดไฮโดรคลอไรด์ (N – (1 – naphyl) ethylene diamine dichydrochloride) แล้ว

### ข.3.2 สารเคมีและการเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีและวิธีการเตรียมสารเคมี มีดังนี้

#### 1. สารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายดูดซึม (Absorbing)

- 1.1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- 1.2. โซเดียมอาร์ซีไนต์ (Sodium Arsenite)

เตรียมโดยละลายสารโซเดียมอาร์ซีไนต์ หนัก 1 กรัม และสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ หนัก 4 กรัม ในน้ำกลั่นและเจือจางจนมีปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) การเก็บจะต้องเก็บไว้ในขวดสีชา

#### 2. สารเคมีที่เป็นสารรีเอเจนต์

2.1. สารละลายซัลฟานิลาไมด์ (Sulfanilamide) เตรียมโดยละลายสารซัลฟานิลาไมด์ หนัก 20 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 700 มิลลิลิตร ค่อย ๆ เติมกรดฟอสฟอริก ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) เข้มข้น 85 % ของปริมาตร 50 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร (สารละลายนี้จะคงตัวประมาณ 1 เดือน ถ้าแช่เย็น)

2.2. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) เตรียมโดยเจือจางสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 30 % ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ

กลั่นจนมีปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร (สารละลายนี้จะคงตัวอยู่ประมาณ 1 เดือน ถ้าแช่เย็นในที่มืด)

2.3. สารละลาย N – (1 – naphthyl) ethylene diamine dichydrochloride (NEDA) เตรียมโดย ละลาย N – (1 – naphthyl ) ethylene diamine dichydrochloride (NEDA) หนัก 0.5 กรัม ในน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร (สารละลายนี้จะคงตัวอยู่ประมาณ 1 เดือน ถ้าแช่เย็นในที่มืด)

### 3. สารละลายมาตรฐานไนโตรเจนไดออกไซด์

3.1. ในการเตรียมจะต้องใช้ Sodium Nitrite ( $\text{NaNO}_2$ ) ที่ระดับความบริสุทธิ์ของ ร้อยละ 97 (97 %  $\text{NaNO}_2$ ) เป็นอย่างน้อย

3.2. สารละลาย Sodium Nitrite Stock Solution สามารถเตรียมได้ดังนี้

3.2.1 ชั่ง  $\text{NaNO}_2$  อย่างละเอียด ระดับ 0.1 มิลลิกรัม โดยน้ำหนักของสารที่ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (ข.3)

$$G = \frac{1.5 \times 50}{A} \quad \dots \quad (\text{ข.3})$$

$$\begin{aligned} \text{โดย } G &= \text{น้ำหนักของ } \text{NaNO}_2 \text{ (กรัม)} \\ 1.5 &= \text{Gravimetric conversion factor} \\ A &= \% \text{ ของ } \text{NaNO}_2 \text{ ในสารเคมี} \end{aligned}$$

3.2.2 เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมของ  $\text{NO}_2$  ต่อมิลลิลิตร

3.3. สารละลาย Sodium Nitrite Working Standard (10 ไมโครกรัมของ  $\text{NO}_2$  ต่อมิลลิลิตร) สามารถเตรียมได้ดังนี้

3.3.1 ปิเปตสารละลาย Stock Solution 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยสารละลายดูดซึมจนมีปริมาตรถึงขีดบอกปริมาตร

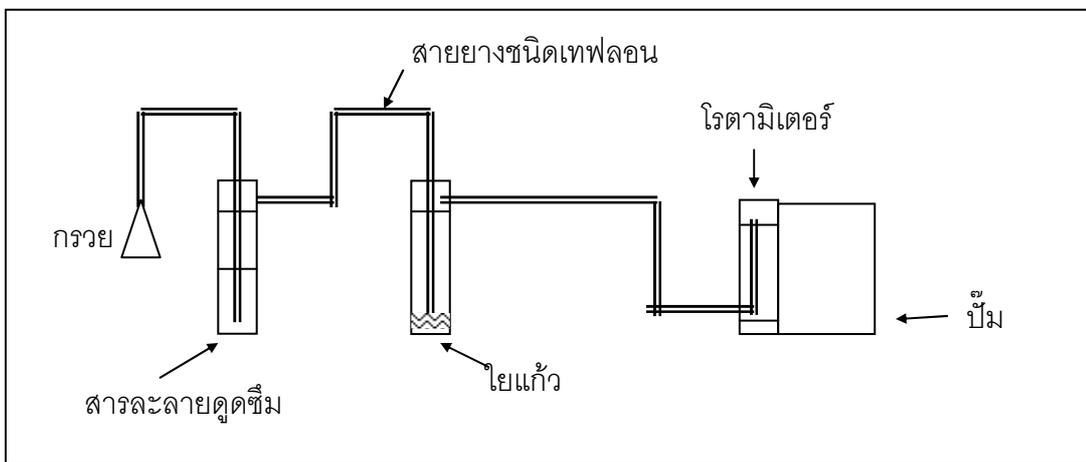
3.3.2 เตรียมใหม่ทุกครั้งเมื่อต้องการใช้งาน

### ข.3.3 การเก็บตัวอย่าง

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างมีดังนี้

1. ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ ดังภาพที่ ข.2

2. ทำการปรับอัตราการไหลของอากาศหรือก๊าซให้มีอัตราการไหลอยู่ในช่วงประมาณ 130 มิลลิลิตรต่อนาที เมื่อใช้เวลาเก็บ 3 ชั่วโมง โดยใช้มาตรฐานไหลเป็นอุปกรณ์เปรียบเทียบ
3. เติมสารละลายดูดซึมเพื่อเป็นสารที่ใช้จับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ลงในอิมพินเจอร์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร
4. เริ่มทำการเก็บตัวอย่าง
5. เมื่อหยุดเก็บตัวอย่างให้ดูอัตราการไหลของอากาศอีกครั้งหนึ่งจดบันทึกค่า
6. เก็บตัวอย่างและนำไปวิเคราะห์



ภาพที่ ข.2 แผนภาพแสดงการประกอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

### ข.3.4. การทำกราฟมาตรฐาน

การทำกราฟมาตรฐาน (standard curve) เพื่อหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมสารละลายเบลงค์ (blank)
2. ปิเปตสารละลาย Working Standard เพื่อให้ได้ความเข้มข้น ดังตารางที่ ข.1
3. ปิเปต สารละลายที่ได้ ในข้อ 2. (ตารางที่ ข.1) และสารละลายเบลงค์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาใส่ในแต่ละหลอดทดลอง
4. เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5. เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
6. เติมสารละลาย NEDA ปริมาตร 1.4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที
7. นำสารละลายที่ได้ ซึ่งจะมีสีที่แตกต่างกัน กัน วัดอัตราการดูดกลืนคลีนแสง ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ด้วยเซลล์ (cell) ขนาด 1 เซนติเมตร
8. นำค่าการดูดกลืนคลีนแสงที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลีนแสง (แกน Y) กับความเข้มข้นของสาร ในหน่วยไมโครกรัมของ  $\text{NO}_2$  ต่อ มิลลิลิตร (แกน X) จะทำให้ได้เส้นกราฟมาตรฐาน

#### ตารางที่ ข.1 การเตรียมสารละลายสำหรับทำกราฟมาตรฐาน

Working Standard	Final Volume (ml.)	ความเข้มข้น ( $\mu\text{g NO}_2 / \text{ml.}$ )
0.5	50	0.1
1.0	50	0.2
2.5	50	0.5
5.0	50	1.0
7.5	50	1.5
10.0	50	2.0

#### ข.3.5 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่

1. เติมน้ำกลั่นลงในอิมปิเนเจอร์ที่บรรจุสารละลายดูดซึม ให้ได้ระดับเดิมเพื่อทดแทนส่วนที่ระเหยไป
2. ปิเปตสารละลายที่ได้ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วทำการทดลองเช่นเดียวกับสารละลายมาตรฐานข้อ 4-7
3. หาค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ จากการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

### ข.3.6 การวิเคราะห์ผล

#### 1. คำนวณหาปริมาตรอากาศที่ทำการเก็บ

ปริมาตรอากาศที่ทำการเก็บคำนวณได้จากสมการ (ข.4)

$$V = \frac{(F_i + F_f)}{2} \times t_s \times 10^{-6} \quad \dots \quad (ข.4)$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)

$F_i$  คือ อัตราการไหลของอากาศเมื่อเริ่มทำการเก็บตัวอย่าง (มิลลิลิตรต่อนาที)

$F_f$  คือ อัตราการไหลของอากาศเมื่อหยุดทำการเก็บตัวอย่าง (มิลลิลิตรต่อนาที)

$t_s$  คือ ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง (นาที)

$10^{-6}$  คือ ค่าการเปลี่ยนหน่วยจาก มิลลิลิตรเป็นลูกบาศก์เมตร

2. หาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน เมื่อทราบค่าการดูดกลืนคลื่นแสง ได้ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

#### 3. การคำนวณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากสมการ (ข.5)

$$NO_2 (\mu g/m^3) = \frac{NO_2 (\mu g/ml.) \times D \times 50}{V \times 0.93} \quad \dots \quad (ข.5)$$

เมื่อ  $NO_2 (\mu g/ml.)$  คือ ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากกราฟมาตรฐาน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

50 คือ ปริมาตรของสารละลายดูดซึมที่ใช้

V คือ ปริมาตรอากาศที่เก็บ

0.93 คือ ประสิทธิภาพของระบบดูดซับ

D คือ แฟกเตอร์การเจือจาง (D = 1 ถ้าไม่มีการเจือจาง และ D = 2 เมื่อมีการเจือจางสารตัวอย่าง 1 : 1)

## ภาคผนวก ค

### ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างและโครงสร้างถนน

ตารางที่ ค.1 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศและความกว้างถนน

ตำแหน่ง ที่	ชื่อถนน	ข้อมูล GPS		ความกว้าง ถนน (เมตร)	ความกว้างทางเดินเท้า (เมตร)	
		X	Y		ฝั่งซ้าย	ฝั่งขวา
1	จักรพงษ์	0662295	1521571	12.6	2.7	2.7
2	จักรเพชร	0662550	1519508	14.0	1.8	2.1
3	เจริญกรุง	0661978	1520011	12.8	3	2.8
4	เจ้าฟ้า	0661760	1521335	7	3	1.2
5	ดินสอ	0662610	1520570	11.8	3.3	2.0
6	ตรีเพชร	0662429	1519593	19.2	3.4	5.2
7	ตะนาว (1)	0662430	1521291	10	2	2
8	ตะนาว (1)	0662468	1521302	7.1	3.6	1.8
9	ตีทอง	0662506	1520391	13	2.5	2.4
10	ท้ายวัง	0661707	1519953	9.7	3.3	6
11	บวรนิเวศ	0662434	1521428	10	5.8	13.9
12	บ้านหม้อ	0662262	1519908	8.5	1.2	2.7
13	บำรุงเมือง	0662632	1520470	30	5	3
14	พระจันทร์	0661549	1520904	9.50	2.50	2.20
15	พระพิพิธ	0661983	1519790	15.8	2.4	3.3
16	พระสุเมรุ (1)	0662536	1521478	13	2.40	2.40
17	พระสุเมรุ (2)	0662382	1521574	13.2	2.1	2.1
18	พระอาทิตย์ (1)	0661982	1521777	13	2.4	2.5
19	พระอาทิตย์ (2)	0662179	1521706	13.6	2.7	2.7
20	พายุวัด	0662531	1529720	18	2	2
21	เฟื่องนคร	0662276	1520127	10	1.5	4.3
22	มหารณพ	0662426	1520686	10.8	2.7	2.7

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ตำแหน่ง ที่	ชื่อถนน	ข้อมูล GPS		ความกว้าง ถนน (เมตร)	ความกว้างทางเดินเท้า (เมตร)	
		X	Y		ฝั่งซ้าย	ฝั่งขวา
23	มหาจักร	0663023	1520664	13.6	2.9	2.2
24	มหาไชย	0663050	1520737	12.4	4.4	0.7
25	มหาราช	0661400	1520174	11	8.9	7
26	ราชดำเนินกลาง	0662186	1522297	50	6	6
27	ราชดำเนินใน	0661842	1520672	21	3	3
28	ราชินี	0662087	1520223	11.6	2.5	2.5
29	สนามไชย	0661887	1520014	12.8	5.1	2
30	สี่สหาย	0662431	1521437	10	13.9	2.2
31	หน้าพระธาตุ	0661660	1520847	13.20	4.30	7.80
32	อู่ทอง	0662030	1520850	12.6	2.7	4.9
33	อนุสาวรีย์	0662677	1520302	17	3.6	2.5

ตารางที่ ค.2 ลักษณะอาคาร 2 ฝั่งถนน

ตำแหน่งที่	ชื่อถนน	ลักษณะของอาคารด้านที่ 1		ลักษณะของอาคารด้านที่ 2	
		ความสูง	ความยาว	ความสูง	ความยาว
		(เมตร)	(เมตร)	(เมตร)	(เมตร)
1	จักรพงษ์	16	100	13	70
				16	30
2	จักรเพชร	13	100	0	43
				7	45
				13	12
3	เจริญกรุง	10	100	2	100
4	เจ้าฟ้า	12	100	0	100
5	ดินสอ	10	100	0	100
6	ตรีเพชร	10	100	7	100
				13	27

## ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

ตำแหน่งที่	ชื่อถนน	ลักษณะของอาคารด้านที่ 1		ลักษณะของอาคารด้านที่ 2	
		ความสูง (เมตร)	ความยาว (เมตร)	ความสูง (เมตร)	ความยาว (เมตร)
7	ตะนาว (1)	0	5	0	15
		7	68	7	54
		13	27	10	4
				13	27
8	ตะนาว (1)	1.5	84	0	34.4
		10	16	2	35.5
				16	31
9	ตีทอง	1.7	100	0	9
				7	33
				10	4
				13	44
				16	10
10	ท้ายวัง	2	100	4.5	88.2
				7	12.6
11	บวรนิเวศ	1.5	100	0	8.6
				10	41.4
				13	50
12	บ้านหม้อ	7	50	7	20
				10	80
13	บำรุงเมือง	0	100	1.5	100
14	พระจันทร์	7	100	0	15
				5	40
				16	45
15	พระพิพิธ	3	100	16	100
16	พระสุเมรุ (1)	0	6.1	3.5	100
		7	83.9		
		13	10		
17	พระสุเมรุ (2)	16	100	13	100

## ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

ตำแหน่งที่	ชื่อถนน	ลักษณะของอาคารด้านที่ 1		ลักษณะของอาคารด้านที่ 2	
		ความสูง (เมตร)	ความยาว (เมตร)	ความสูง (เมตร)	ความยาว (เมตร)
18	พระอาทิตย์ (1)	0	2.9	0	50
		7	91.1	7	50
		13	6		
19	พระอาทิตย์ (2)	0	3.4	0	27.5
		7	27.5	16	72.5
		13	69.1		
20	พายุรัศ	16	100	16	100
21	เฟื่องนคร	0	1.2	2	100
		7	24		
		10	78.4		
22	มหรณพ	0	3.2	0	7
		7	32.1	7	45
		13	45	13	40
		16	17.2	16	8
23	มหาจักร	1.5	100	0	50.8
				7	31.2
				10	18
24	มหาไชย	1.5	100	5	100
25	มหाराช	4	40	4.5	100
26	ราชดำเนินกลาง	0	35	0	35
		16	65	16	65
27	ราชดำเนินใน	0	100	0	100
28	ราชินี	0	100	2.5	100
29	สนามไชย	0	100	5.8	100
30	สิบสามห้าง	0	8.6	1.5	100
		10	41.4		
		13	50		

## ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

ตำแหน่งที่	ชื่อถนน	ลักษณะของอาคารด้านที่ 1		ลักษณะของอาคารด้านที่ 2	
		ความสูง (เมตร)	ความยาว (เมตร)	ความสูง (เมตร)	ความยาว (เมตร)
31	หน้าพระธาตุ	0	57	0	100
		7	43		
32	อัษฎางค์	2	90	0	100
		7	10		
33	คูณากรรณ	0	50	1.7	100
		7	30		
		16	20		

## ภาคผนวก ง

### ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ ความเร็วลม และปริมาณการจราจร

ตารางที่ ง.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศและความเร็วลม

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
1	พาหุรัด	10-ก.พ.-49	15.45 - 16.45	0.16	3.21	0.126	0.5	1,587	556	498	108	28.75	41.05	28.75	22.75
2			16.50 - 17.50	0.16	2.98	0.152	0.5	1,725	587	479	118	28.50	40.35	27.20	21.95
3			17.55 - 18.55	0.15	2.63	0.123	0.5	1,485	531	354	106	28.20	39.75	28.30	22.90
4			19.00 - 20.00	0.15	2.75	0.126	0.5	1,699	408	285	112	29.00	42.85	29.90	23.20
5			20.05 - 21.05	0.15	2.40	0.107	0.5	1,477	421	307	102	30.25	45.75	31.05	22.70
6	พาหุรัด	12-ก.พ.-49	13.30 - 14.30	0.15	2.98	0.169	0.5	1,534	857	566	120	28.35	41.05	28.25	25.05
7			14.35 - 15.35	0.16	3.32	0.172	0.5	1,745	964	576	115	28.00	42.90	33.00	23.80
8			15.40 - 16.40	0.16	3.21	0.166	0.5	1,565	1,087	690	118	27.65	40.55	29.65	26.05
9			16.45 - 17.45	0.15	2.98	0.138	0.5	1,583	508	345	125	27.70	38.90	27.70	22.50
10			18.50 - 19.50	0.15	2.75	0.111	0.5	1,407	455	328	106	27.00	43.05	29.35	24.15

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
11	พาทูร์ด	15-ก.พ.-49	14.15 - 15.15	0.17	3.09	0.181	0.5	1,555	1,198	953	115	32.70	40.85	32.90	26.05
12			15.20 - 16.20	0.16	2.98	0.187	0.5	1,644	825	885	112	31.65	39.55	31.65	24.75
13			16.25 - 17.25	0.15	3.09	0.126	0.5	1,844	510	371	108	28.90	39.15	39.85	25.65
14			18.30 - 19.30	0.16	2.75	0.127	0.5	1,615	467	339	109	27.75	38.75	37.25	22.20
15			19.35 - 20.35	0.15	2.86	0.126	0.5	1,587	497	354	105	30.80	41.55	30.05	22.45
16	ราชดำเนินใน	8-ก.พ.-49	14.30 - 15.30	0.17	1.95	0.041	2.5	1,595	1,285	955	167	30.65	37.65	34.35	24.25
17			16.35 - 17.35	0.17	1.95	0.047	2.5	1,550	1,330	975	155	32.40	35.55	31.75	22.90
18			17.40 - 18.40	0.16	2.29	0.079	2.5	1,875	1,375	950	210	30.55	34.75	26.15	23.25
19			18.45 - 19.45	0.16	2.18	0.084	2.5	2,015	1,405	1,105	275	32.40	29.95	27.25	21.85
20			20.50 - 21.50	0.17	2.63	0.102	2.5	2,303	1,159	1,245	265	29.25	31.55	26.25	20.90
21	ราชดำเนินใน	9-ก.พ.-49	19.00 - 20.00	0.16	1.72	0.106	2.5	1,230	1,395	1,401	345	35.85	40.55	34.85	22.25
22			20.05 - 21.05	0.16	2.06	0.088	2.5	2,194	1,992	1,427	210	36.25	42.85	33.25	23.30
23			21.10 - 22.10	0.27	1.95	0.109	2.5	2,089	1,680	1,812	259	35.75	45.85	39.75	25.95
24			22.15 - 23.15	0.17	1.72	0.064	2.5	1,950	1,275	1,689	135	39.85	47.60	39.85	25.65
25			23.20 - 24.20	0.16	1.60	0.062	2.5	1,876	1,013	1,681	127	40.05	55.05	43.05	26.25

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
26	ราชดำเนินใน	16-ก.พ.-49	12.00 - 13.00	0.16	1.95	0.024	3.0	2,548	961	954	147	32.75	33.20	32.75	23.30
27			13.05 - 14.05	0.16	1.83	0.036	3.5	2,896	1,450	1,363	125	33.45	31.10	33.45	23.65
28			14.10 - 15.10	0.18	1.95	0.080	2.0	1,770	1,026	1,264	155	35.35	36.65	34.35	24.35
29			16.15 - 17.15	0.17	2.18	0.120	2.0	2,070	1,045	1,320	195	34.80	38.60	32.80	22.70
30			17.20 - 18.20	0.28	2.29	0.175	2.0	2,110	1,178	1,521	265	33.05	36.85	30.05	21.10
31	พระอาทิตย์ (1)	27-มิ.ย.-49	15.10 - 16.10	0.15	2.18	0.095	1.0	795	952	657	65	34.75	37.20	35.75	23.30
32			16.15 - 17.15	0.15	2.06	0.098	1.5	804	1,081	732	101	33.45	31.10	33.45	23.65
33			17.15 - 18.15	0.24	2.06	0.075	1.5	987	1,538	834	102	34.35	37.65	34.35	24.35
34			18.15 - 19.15	0.19	2.06	0.071	2.0	1,281	1,515	735	119	32.80	31.60	32.80	22.70
35			19.15 - 20.15	0.17	2.06	0.090	1.5	912	1,171	702	59	30.05	29.85	30.05	21.10
36			20.15 - 21.00	0.17	1.95	0.138	1.0	734	913	718	37	40.05	49.85	39.05	21.10
37	พระอาทิตย์ (2)	13-ก.ย.-49	15.45 - 16.45	0.17	1.95	0.113	1.0	836	1,106	783	61	40.75	33.20	32.75	23.30
38			16.45 - 17.45	0.18	2.29	0.092	1.0	952	912	712	82	33.45	31.10	33.45	23.65
39			17.45 - 18.45	0.21	2.40	0.072	1.0	936	1,374	757	159	34.35	32.65	34.35	24.35
40			18.45 - 19.45	0.19	2.29	0.090	1.0	1,171	1,075	855	147	32.80	31.60	32.80	22.70

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
41	พระอาทิตย์ (2)	13-ก.ย.-49	19.45 - 20.45	0.20	2.29	0.096	1.0	1,284	948	702	141	33.05	36.85	30.05	21.10
42			20.45 - 21.45	0.19	2.18	0.140	0.5	1,198	884	834	60	40.05	49.85	39.05	21.10
43	พระสุเมรุ (1)	28-มิ.ย.-49	12.00 - 13.00	0.17	3.09	0.035	2.0	878	638	464	39	8.02	16.07	10.02	10.09
44			13.00 - 14.00	0.07	3.21	0.071	2.0	1,036	481	312	44	8.67	15.09	10.67	17.17
45			14.00 - 15.00	0.19	3.21	0.078	1.5	984	692	555	89	14.63	23.89	13.63	9.98
46			15.00 - 16.00	0.14	3.09	0.074	2.0	947	606	683	97	10.42	19.87	10.42	10.12
47			16.00 - 17.00	0.18	2.86	0.066	2.0	989	637	896	79	12.06	17.43	10.06	15.77
48			17.00 - 18.00	0.17	2.86	0.073	2.0	834	563	552	82	9.87	18.96	9.87	8.46
49	ตะนาว (1)	4-ก.ค.-49	14.00 - 15.00	0.19	2.86	0.119	1.5	764	784	428	71	12.59	31.09	17.39	5.09
50			15.00 - 16.00	0.20	2.86	0.087	1.5	737	852	537	56	11.40	29.69	16.02	6.19
51			16.00 - 17.00	0.19	2.75	0.059	2.0	828	878	592	89	8.00	27.56	15.89	7.12
52			17.00 - 18.00	0.19	2.63	0.077	1.5	592	1,037	464	81	17.06	26.07	15.99	8.29
53			18.00 - 19.00	0.18	2.75	0.068	2.0	836	954	421	102	10.94	25.10	16.39	7.44
54			19.00 - 20.00	0.19	2.75	0.059	2.0	795	1,183	504	95	11.27	27.09	18.77	7.52

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
55	ตะนาว (2)	7-ก.ย.-49	13.30 - 14.30	0.21	2.63	0.135	1.0	1,094	898	821	108	36.39	46.26	36.39	27.52
56			14.30 - 15.30	0.22	2.52	0.087	1.0	992	881	904	69	32.27	46.07	34.27	23.12
57			15.30 - 16.30	0.23	2.52	0.062	1.0	936	987	728	72	34.39	41.24	27.39	21.44
58			16.30 - 17.30	0.21	2.86	0.079	1.0	898	806	605	98	26.39	48.09	36.39	22.52
59			17.30 - 18.30	0.21	2.86	0.068	1.0	978	875	633	78	28.12	49.07	36.12	22.09
60			18.30 - 19.30	0.22	2.29	0.070	1.0	975	612	756	65	28.28	53.89	34.28	21.14
61	ดินสอ	6-ก.ค.-49	14.30 - 15.30	0.13	2.06	0.095	1.0	574	446	321	20	32.89	37.87	31.09	32.87
62			15.30 - 16.30	0.14	2.06	0.075	1.0	582	581	423	32	25.69	37.40	23.67	18.12
63			16.30 - 17.30	0.14	1.83	0.096	1.0	411	634	399	39	27.78	36.46	33.94	29.69
64			17.30 - 18.30	0.13	2.06	0.081	1.0	487	658	356	54	27.11	37.31	28.28	24.31
65			18.30 - 19.30	0.09	1.95	0.084	1.0	493	499	305	27	26.76	36.27	30.39	25.67
66			19.30 - 20.30	0.10	1.95	0.081	1.0	410	501	282	25	27.62	30.11	32.42	21.57
67	ดินสอ	18-ก.ย.-49	11.30 - 12.30	0.19	2.06	0.096	1.0	482	562	423	47	25.89	37.87	24.09	18.87
68			12.30 - 13.30	0.21	1.95	0.096	1.0	493	558	454	49	23.69	37.40	24.67	17.12
69			13.30 - 14.30	0.18	1.95	0.092	1.0	574	141	401	46	24.78	36.46	26.94	18.69

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
70	ดินสอ	18-ก.ย.-49	14.30 - 15.30	0.16	2.06	0.098	1.5	687	634	499	47	22.11	37.31	22.28	18.31
71			15.30 - 16.30	0.20	1.72	0.096	1.0	500	499	417	39	22.76	36.27	21.39	18.67
72			16.30 - 17.30	0.20	1.83	0.081	1.0	421	401	482	55	17.62	32.11	16.42	16.57
73	ตีทอง	8-ก.ค.-49	13.00 - 14.00	-	2.18	0.118	1.0	694	754	242	152	28.36	37.26	28.36	18.36
74			14.00 - 15.00	-	2.06	0.081	1.5	758	812	254	139	26.79	36.43	26.79	16.79
75			16.00 - 17.00	-	2.06	0.098	1.5	713	898	317	125	25.54	36.64	25.54	15.54
76			17.00 - 18.00	-	1.95	0.054	1.5	836	855	333	122	26.51	35.24	26.51	16.51
77			18.00 - 19.00	-	1.95	0.065	1.5	875	793	401	160	27.69	34.37	27.69	17.69
78			19.00 - 20.00	-	1.83	0.094	1.0	711	732	386	152	31.80	37.66	32.80	18.67
79	บำรุงเมือง	9-ก.ค.-49	12.00 - 13.00	0.16	2.40	0.100	1.0	1,407	1,075	652	84	32.05	33.62	28.89	34.26
80			13.00 - 14.00	0.15	2.40	0.086	1.0	1,284	1,159	632	67	31.05	34.12	30.26	28.34
81			14.00 - 15.00	0.17	2.06	0.081	1.0	1,337	981	981	73	32.19	35.36	32.57	28.92
82			15.00 - 16.00	0.17	2.29	0.090	1.5	1,483	1,093	739	85	26.02	27.76	32.76	27.36
83			16.00 - 17.00	0.19	2.18	0.089	1.5	1,198	1,374	856	79	29.89	27.26	31.70	28.56
84			17.00 - 18.00	0.20	2.18	0.081	1.5	1,597	1,134	795	128	30.43	31.92	33.31	26.73

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
85	อนุากรรณ	10-ก.ค.-49	13.00 - 14.00	0.15	1.60	0.033	1.0	712	570	174	26	31.59	38.41	31.59	25.59
86			14.00 - 15.00	0.15	1.60	0.032	1.0	564	540	144	32	32.89	39.84	32.89	27.89
87			15.00 - 16.00	0.10	1.49	0.048	1.0	328	310	100	16	26.66	28.16	27.66	18.66
88			16.00 - 17.00	0.12	1.37	0.046	1.0	444	574	420	35	36.37	38.26	32.37	27.37
89			17.00 - 18.00	0.15	1.49	0.016	1.0	536	624	424	30	35.78	38.34	30.78	25.78
90			18.00 - 19.00	0.12	1.49	0.020	1.0	543	590	328	24	32.71	39.74	31.71	26.71
91	อนุากรรณ	5-ก.ย.-49	10.15 - 11.15	0.12	1.49	0.026	1.0	444	624	344	21	30.78	38.26	30.78	25.78
92			11.15 - 12.15	0.13	1.49	0.018	1.0	528	590	328	31	31.71	38.78	31.71	26.71
93			12.15 - 13.15	0.11	1.49	0.023	1.0	412	370	274	16	20.59	35.41	20.59	21.59
94			13.15 - 14.15	0.11	1.60	0.024	1.5	390	298	244	15	14.59	22.42	17.59	13.59
95			14.15 - 15.15	0.13	1.49	0.024	1.5	480	304	426	31	18.07	28.84	19.07	16.07
96			15.15 - 16.15	0.16	1.49	0.025	1.0	432	416	344	37	23.69	31.70	24.69	12.69
97	ราชินี	22-ก.ค.-49	10.30 - 11.30	0.14	1.49	0.071	2.0	575	378	438	41	18.94	24.66	23.07	18.36
98			11.30 - 12.30	0.14	1.37	0.044	2.0	549	271	332	45	19.31	26.36	24.16	19.07
99			12.30 - 13.30	0.15	1.37	0.036	2.0	539	156	324	48	20.96	26.65	26.29	18.72

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
100	ราชินี	22-ก.ค.-49	13.30 - 14.30	0.13	1.26	0.011	2.0	540	132	327	57	22.05	26.50	23.73	18.99
101			14.30 - 15.30	0.15	1.37	0.022	2.0	534	267	347	69	20.08	26.43	23.22	18.49
102			15.30 - 16.30	0.15	1.26	0.002	2.0	542	369	531	59	21.51	26.90	24.25	18.57
103	ราชินี	19-ส.ค.-49	15.00 - 16.00	0.16	1.26	0.020	1.5	342	286	286	26	24.59	38.86	26.61	26.61
104			16.00 - 17.00	0.18	1.37	0.019	1.5	512	148	354	61	24.39	44.54	37.99	37.99
105			17.00 - 18.00	0.17	1.37	0.019	1.5	501	177	398	49	24.02	44.46	35.39	35.39
106			18.00 - 19.00	0.16	1.15	0.016	1.5	333	101	232	55	22.62	39.89	29.64	29.64
107			19.00 - 20.00	0.14	1.15	0.016	1.0	283	135	271	59	23.36	45.12	26.37	26.37
108			20.00 - 21.00	0.14	1.26	0.012	1.5	352	92	288	33	22.21	40.56	36.63	36.63
109	อัมพวัน	23-ก.ค.-49	10.10 - 11.10	0.11	1.60	0.017	1.0	434	358	246	0	27.69	48.58	28.65	0.00
110			11.10 - 12.10	0.10	1.49	0.037	1.0	309	199	270	0	21.59	35.89	23.89	0.00
111			12.10 - 13.10	0.13	1.60	0.042	0.5	376	231	184	0	36.57	51.32	46.59	0.00
112			13.10 - 14.10	0.12	1.60	0.007	0.5	390	212	158	0	36.42	50.43	37.69	0.00
113			14.10 - 15.10	0.14	1.60	0.035	0.5	395	182	211	0	34.79	52.64	35.63	0.00
114			15.10 - 16.10	0.15	1.49	0.031	1.0	374	217	254	0	25.47	40.17	26.39	0.00

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
115	อัษฎางค์	20-ส.ค.-49	12.00 - 13.00	0.18	1.60	0.124	1.0	604	428	354	16	34.64	35.66	33.36	33.36
116			13.00 - 14.00	0.18	1.72	0.099	1.0	738	412	364	12	35.57	35.07	32.11	32.11
117			14.00 - 15.00	0.17	1.72	0.082	1.0	772	578	502	16	36.12	40.09	39.01	39.01
118			15.00 - 16.00	0.20	1.95	0.035	1.0	588	516	496	12	38.39	39.99	35.06	35.06
119			16.00 - 17.00	0.20	1.37	0.050	1.0	598	378	576	12	32.12	35.51	34.47	29.47
120			17.00 - 18.00	0.21	-	0.044	1.0	692	434	556	32	32.02	32.44	34.39	30.39
121	มหาไชย	26-ก.ค.-49	13.30 - 14.30	0.14	1.95	0.039	1.5	774	1,308	340	88	37.24	49.84	44.36	36.86
122			14.30 - 15.30	0.14	-	0.037	1.0	730	1,364	364	82	39.51	53.19	45.06	37.80
123			15.30 - 16.30	0.17	1.95	0.030	1.5	634	1,580	284	72	36.97	48.58	46.74	36.59
124			16.30 - 17.30	0.16	1.95	0.026	1.5	722	1,890	310	84	32.35	46.81	47.99	37.27
125			17.30 - 18.30	0.18	2.06	0.028	1.5	753	1,440	337	84	37.93	46.64	45.60	37.41
126			18.30 - 19.30	0.26	2.06	0.027	1.5	892	1,702	491	92	30.13	48.18	47.39	35.09
127	มหาไชย	17-ก.ย.-49	13.00 - 14.00	0.19	1.72	0.040	3.0	1,528	1,108	846	138	30.06	41.59	36.89	37.80
128			14.00 - 15.00	0.19	1.72	0.027	2.0	1,304	890	742	168	34.16	45.39	39.51	48.56
129			15.00 - 16.00	0.20	1.95	0.031	2.0	1,462	988	768	176	31.87	43.52	38.61	38.06

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
130	มหาไชย	17-ก.ย.-49	16.00 - 17.00	0.20	1.60	0.027	2.5	1,488	976	714	154	30.97	42.57	36.91	30.97
131			17.00 - 18.00	0.21	1.72	0.027	2.0	1,314	826	596	158	36.07	44.89	39.61	36.07
132			18.00 - 19.00	0.21	1.72	0.030	2.5	1,298	1,172	670	169	27.43	46.62	37.89	27.43
133	ตรีเพชร	29-ก.ค.-49	14.00 - 15.00	0.20	2.29	0.129	1.0	1,832	1,184	1,065	255	35.46	44.56	50.46	35.46
134			15.00 - 16.00	0.24	2.40	0.129	1.0	1,855	1,064	1,132	287	35.16	37.49	45.16	36.16
135			16.00 - 17.00	0.25	2.40	0.134	1.0	2,032	1,825	1,497	293	35.07	44.44	41.07	44.07
136			17.00 - 18.00	0.28	2.18	0.134	1.0	2,954	1,875	1,951	248	44.36	47.09	45.36	42.36
137			18.00 - 19.00	0.26	2.29	0.136	1.0	2,856	1,033	1,687	286	42.78	45.11	45.78	43.78
138			19.00 - 20.00	0.20	2.18	0.132	1.0	1,787	744	1,597	298	35.50	39.55	50.50	36.50
139	ตรีเพชร	9-ก.ย.-49	11.20 - 12.20	0.19	2.06	0.129	1.0	1,276	904	810	152	30.01	36.34	37.01	29.01
140			12.20 - 13.20	0.21	2.18	0.129	1.0	1,311	1,065	997	166	30.50	36.80	32.50	26.50
141			13.20 - 14.20	0.22	2.18	0.136	1.0	1,854	1,444	951	178	36.36	44.09	35.36	24.36
142			14.20 - 15.20	0.21	2.40	0.136	1.0	1,965	1,697	1,127	192	37.97	43.57	36.91	30.97
143			15.20 - 16.20	0.24	2.29	0.137	1.0	1,774	1,628	1,213	191	38.64	44.73	38.64	28.64
144			16.20 - 17.20	0.24	2.29	0.157	1.0	1,824	1,592	1,320	187	35.06	41.31	38.06	30.06

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
145	เฟื่องนคร	5-ส.ค.-49	11.30 - 12.30	0.11	3.66		0.5	710	502	184	10	30.07	50.10	30.07	28.79
146			12.30 - 13.30	0.13	3.21	0.001	1.0	794	576	748	20	20.79	49.62	28.79	28.79
147			13.30 - 14.30	0.14	1.60	0.003	1.0	663	428	198	16	32.37	50.77	27.37	27.37
148			14.30 - 15.30	0.14	3.55	0.002	1.0	824	592	656	10	19.06	40.39	29.06	27.37
149			15.30 - 16.30	0.16	4.24	0.001	1.0	842	502	198	15	20.07	20.07	22.95	20.07
150			16.30 - 17.30	0.18	4.24	-	1.0	902	576	184	18	22.79	18.79	25.90	18.79
151	เฟื่องนคร	12-ก.ย.-49	09.40 - 10.40	0.16	3.44	-	1.5	924	904	558	16	18.70	30.70	19.61	20.70
152			10.40 - 11.40	0.16	3.09	-	1.0	707	528	628	10	22.98	34.19	20.98	20.70
153			11.40 - 12.40	0.20	3.21	-	1.0	735	441	707	16	23.64	28.79	21.64	26.64
154			12.40 - 13.40	0.20	3.55	-	1.0	975	828	610	13	24.98	44.19	31.60	28.98
155			13.40 - 14.40	0.21	3.21	-	1.0	935	780	384	15	23.96	48.79	26.66	20.96
156			14.40 - 15.40	0.18	3.55	-	1.0	952	872	317	16	23.39	43.41	25.85	31.39
157	บ้านหม้อ	6-ส.ค.-49	17.00 - 18.00	-	2.63	0.006	1.0	591	837	252	8	18.30	34.44	19.30	18.30
158			18.00 - 19.00	-	2.52	0.007	1.0	537	845	233	10	19.74	32.61	16.74	16.74
159			19.00 - 20.00	0.10	2.52	0.005	1.0	512	802	198	11	19.09	33.78	22.29	22.29

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
160	บ้านหม้อ	6-ส.ค.-49	20.00 - 21.00	0.09	2.63	0.006	1.0	555	735	167	8	17.76	34.86	18.76	18.76
161			21.00 - 22.00	0.11	2.63	0.007	1.0	513	701	117	10	17.24	35.64	18.24	18.24
162			22.00 - 23.00	0.12	2.52	0.022	1.0	501	592	153	7	18.17	35.94	19.17	19.17
163	บ้านหม้อ	14-ก.ย.-49	11.00 - 12.00	0.12	2.06	0.003	1.0	652	775	465	11	24.60	36.70	24.60	20.60
164			12.00 - 13.00	0.15	2.29	0.006	1.0	537	908	397	15	21.62	36.61	22.62	18.62
165			13.00 - 14.00	0.14	2.29	0.006	1.0	555	845	496	16	32.29	33.78	22.29	22.29
166			14.00 - 15.00	0.11	2.40	0.005	1.0	632	863	397	15	29.76	34.86	28.76	28.76
167			15.00 - 16.00	0.13	2.06	0.004	1.0	452	754	333	18	28.24	35.64	28.24	28.24
168			16.00 - 17.00	0.14	1.72	0.005	1.0	522	694	337	10	28.17	35.94	29.17	29.17
169	ตะนาว (2)	18-ส.ค.-49	13.30 - 14.30	0.14	-	0.040	1.5	572	1,008	320	0	11.02	19.91	11.02	0.00
170			14.30 - 15.30	0.14	-	0.021	1.5	716	866	268	0	16.41	14.05	16.41	0.00
171			15.30 - 16.30	0.15	-	0.025	2.0	640	876	270	0	15.56	15.01	15.56	0.00
172			16.30 - 17.30	0.18	-	0.034	1.5	711	897	283	0	14.12	13.86	14.12	0.00
173			17.30 - 18.30	0.16	-	0.040	2.0	732	901	252	0	9.87	13.37	9.87	0.00
174			18.30 - 19.30	0.13	-	0.042	2.0	785	938	301	0	8.66	13.18	8.66	0.00

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
175	ตระนาว (2)	4-ก.ย.-49	14.00 - 15.00	0.12	-	0.015	1.5	454	1,086	302	0	9.96	18.74	9.96	9.96
176			15.00 - 16.00	0.14	-	0.017	1.5	582	1,010	358	0	10.77	15.06	10.77	10.77
177			16.00 - 17.00	0.16	-	0.018	1.5	560	1,072	278	0	10.06	17.49	10.06	10.06
178			17.00 - 18.00	0.15	-	0.027	2.0	786	1,254	372	0	5.12	15.62	5.12	5.12
179			18.00 - 19.00	0.13	-	0.028	2.0	884	687	378	0	4.11	9.57	4.11	4.11
180			19.00 - 20.00	0.12	-	0.023	2.0	944	796	218	0	7.61	6.58	7.61	7.61
181	บวรนิเวศน์	9-ส.ค.-49	14.10 - 15.10	0.14	2.06	0.049	1.0	829	967	728	84	20.39	33.37	21.39	17.39
182			15.10 - 16.10	0.16	1.95	0.058	1.0	931	1,039	513	86	23.57	33.54	23.57	18.57
183			16.10 - 17.10	0.15	1.95	0.058	1.0	997	948	682	81	22.61	32.85	22.61	19.61
184			17.10 - 18.10	0.18	2.06	0.058	1.0	945	870	610	57	19.06	31.95	20.06	19.06
185			18.10 - 19.10	0.15	2.18	0.060	1.0	1,281	901	898	53	20.62	35.90	21.62	18.62
186			19.10 - 20.10	0.13	2.06	0.058	1.0	1,001	878	887	71	18.93	36.15	20.93	18.93
187	บวรนิเวศน์	8-ก.ย.-49	12.10 - 13.10	0.13	1.26	0.058	1.0	446	624	451	92	27.57	35.05	24.36	24.98
188			13.10 - 14.10	0.11	1.37	0.062	1.0	642	784	616	87	27.48	35.90	27.91	26.59
189			15.10 - 15.10	0.11	1.72	0.058	1.0	773	1,097	513	104	21.12	36.37	30.81	27.52

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
190	บวรนิเวศน์	8-ก.ย.-49	15.10 - 16.10	0.13	1.72	0.059	1.0	740	938	301	71	18.66	25.01	39.37	28.87
191			16.10 - 17.10	0.14	1.60	0.056	1.0	801	731	520	116	23.81	36.15	23.57	20.06
192			17.10 - 18.10	0.15	1.60	0.066	1.0	711	702	430	89	28.31	23.86	25.06	27.88
193	มหาจักร	12-ส.ค.-49	11.15 - 12.15	-	2.18	0.058	1.5	1,442	884	416	66	35.24	43.01	37.91	34.97
194			12.15 - 13.15	0.16	2.29	0.089	1.5	1,350	872	312	62	35.91	40.39	48.39	44.76
195			13.15 - 14.15	0.14	2.29	-	1.0	1,086	702	379	60	38.42	38.94	41.60	44.12
196			14.15 - 15.15	0.16	2.29	0.037	1.5	1,112	1,003	268	58	31.55	37.89	47.89	46.59
197			15.15 - 16.15	0.18	2.06	0.044	2.0	1,184	1,476	924	78	36.12	36.27	46.85	38.92
198			16.15 - 17.15	0.19	2.18	-	1.5	1,197	1,331	994	96	38.81	35.57	47.24	48.46
199	มหาจักร	15-ก.ย.-49	15.15 - 16.15	0.17	2.40	0.075	1.5	1,092	981	500	97	28.67	44.42	30.67	26.67
200			16.15 - 17.15	0.19	2.06	0.089	2.0	1,534	987	679	106	32.79	45.96	30.79	31.79
201			17.15 - 18.15	0.18	2.06	0.059	1.5	1,442	1,072	616	125	37.91	47.01	36.91	35.91
202			18.15 - 19.15	0.19	2.06	0.037	1.5	1,171	1,031	768	112	38.81	39.87	42.81	38.81
203			19.15 - 20.15	0.18	1.95	0.038	2.0	1,384	1,024	942	92	33.57	36.89	34.57	32.57
204			20.15 - 21.15	0.11	1.72	0.039	2.0	912	595	228	48	23.09	45.89	25.09	22.09

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
205	จักรเพชร	11-ส.ค.-49	16.10 - 17.10	0.19	1.72	0.129	1.0	776	854	425	90	33.03	41.67	33.03	20.31
206			17.10 - 18.10	0.19	1.72	0.055	1.0	916	889	452	74	34.23	46.01	34.23	24.85
207			18.10 - 19.10	0.14	1.60	0.034	1.0	785	709	319	78	29.70	50.87	29.70	23.50
208			19.10 - 20.10	0.14	1.72	0.117	1.0	758	708	300	87	29.86	41.37	29.86	20.26
209			20.10 - 21.10	0.12	1.49	0.069	1.0	832	512	451	99	30.44	44.78	30.44	23.50
210			21.10 - 22.10	0.12	1.72	0.084	1.0	887	637	473	75	31.21	50.01	33.21	31.00
211	พระพิพิธ	13-ส.ค.-49	12.00 - 13.00	-	1.37	0.014	1.0	518	428	332	12	22.26	27.99	24.26	14.26
212			13.00 - 14.00	0.07	0.92	0.009	1.0	555	404	387	18	28.02	34.49	26.02	16.02
213			14.00 - 15.00	0.12	0.92	0.059	1.0	498	387	598	9	28.79	35.74	25.79	25.79
214			15.00 - 16.00	0.13	1.15	0.007	1.0	599	339	527	14	26.50	35.69	26.50	26.50
215			16.00 - 17.00	0.16	0.92	0.008	1.0	513	358	404	15	22.50	30.04	23.50	18.50
216			17.00 - 18.00	0.16	1.03	0.011	1.0	533	391	554	11	25.62	29.26	25.62	25.62
217	พระพิพิธ	16-ก.ย.-49	10.45 - 11.45	-	1.60	0.015	1.0	533	262	298	15	15.79	15.79	15.79	15.79
218			11.45 - 12.45	0.08	1.37	0.007	1.0	455	124	204	9	15.48	15.48	15.48	15.48
219			12.45 - 13.45	0.06	1.37	0.012	1.0	460	131	232	12	14.26	14.26	14.26	14.26

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
220	พระพิพิธ	16-ก.ย.-49	13.45 - 14.45	0.07	0.92	0.008	1.0	413	104	154	18	17.48	17.48	17.48	17.48
221			14.45 - 15.45	0.09	1.26	0.013	1.0	498	339	527	11	25.59	26.59	25.59	26.59
222			15.45 - 16.45	-	1.26	0.007	1.0	446	391	416	9	26.91	27.91	26.91	27.91
223	หน้าพระธาตุ	16-ส.ค.-49	15.45 - 16.45	0.13	1.72	0.117	1.0	874	724	400	84	36.57	49.73	33.57	26.89
224			16.45 - 17.45	0.13	1.37	0.031	1.0	992	894	542	58	44.92	56.42	42.92	28.85
225			17.45 - 18.45	0.15	1.37	0.030	1.0	924	762	606	68	42.47	52.31	42.47	27.62
226			18.45 - 19.45	0.11	1.60	0.022	1.0	958	635	381	51	38.98	50.43	39.98	26.62
227			19.45 - 20.45	0.11	1.60	0.026	1.0	933	411	311	43	39.37	54.74	39.37	25.59
228			20.45 - 21.45	0.10	1.72	0.027	1.0	574	292	152	28	24.06	39.15	23.06	16.47
229	มหารณพ	16-ส.ค.-49	12.20 - 13.20	0.12	1.37	0.022	1.0	530	610	138	0	27.12	32.08	27.12	0.00
230			13.20 - 14.20	0.13	1.26	0.021	1.0	406	596	122	0	26.93	33.45	26.93	0.00
231			14.20 - 15.20	0.13	1.26	0.021	1.0	452	528	116	0	27.03	32.55	27.03	0.00
232			15.20 - 16.20	0.12	1.37	0.021	1.0	693	558	122	0	27.03	37.55	25.03	0.00
233			16.20 - 17.20	0.14	1.37	0.022	1.5	899	604	140	0	25.98	32.55	25.98	0.00
234			17.20 - 18.20	0.12	1.37	0.024	1.0	672	611	158	0	27.03	32.01	27.03	0.00

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
235	มหารรถพ	6-ก.ย.-49	09.40 - 10.40	0.11	1.15	0.023	1.0	372	492	158	0	30.06	32.01	30.06	0.00
236			10.40 - 11.40	0.12	1.26	0.021	1.0	721	412	188	0	35.57	32.56	35.57	0.00
237			11.40 - 12.40	0.14	1.26	0.021	1.0	412	528	296	0	27.03	29.43	27.03	0.00
238			12.40 - 13.40	0.16	1.37	0.024	1.5	650	610	138	0	27.12	32.08	27.12	0.00
239			13.40 - 14.40	0.12	1.37	0.022	1.5	671	611	122	0	27.03	32.55	27.03	0.00
240			14.40 - 15.40	0.11	1.37	0.021	1.5	600	558	116	0	27.56	28.47	27.56	0.00
241	เจ้าฟ้า	21-ส.ค.-49	18.00 - 19.00	-	1.37	-	0.5	302	446	156	88	46.73	55.05	46.73	46.73
242			19.00 - 20.00	-	1.37	0.071	0.5	270	326	56	102	43.57	56.78	43.57	43.57
243			20.00 - 21.00	-	1.26	0.114	0.5	228	378	72	108	43.32	56.46	43.32	43.32
244			21.00 - 22.00	0.23	1.49	0.044	0.5	336	214	52	56	45.94	56.10	46.94	40.94
245			22.00 - 23.00	0.25	1.26	0.095	0.5	250	174	22	60	44.86	60.34	43.86	42.86
246			23.00 - 24.00	0.11	1.37	0.086	0.5	302	165	27	64	47.33	59.40	48.33	41.33
247	ท้ายวัง	22-ส.ค.-49	16.30 - 17.30	0.21	1.26	0.138	0.5	120	232	164	32	29.97	29.97	29.97	29.97
248			17.30 - 18.30	0.19	1.37	0.135	0.5	82	162	76	18	18.12	18.12	18.12	18.12
249			18.30 - 19.30	0.16	1.37	0.074	0.5	202	112	116	52	29.23	39.23	29.23	19.23

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
250	ท้ายวัง	22-ส.ค.-49	19.30 - 20.30	0.12	1.37	0.077	0.5	198	84	94	39	27.17	38.17	25.17	20.17
251			20.30 - 21.30	0.14	1.26	0.080	0.5	141	89	87	32	21.95	37.95	20.95	19.95
252			21.30 - 22.30	0.12	0.92	0.073	0.5	183	69	101	22	28.99	38.99	26.99	16.99
253	สนามไชย	23-ส.ค.-49	11.45 - 12.45	0.25	1.37	-	1.0	882	860	730	214	48.19	55.25	42.04	30.63
254			12.45 - 13.45	0.21	1.37	0.084	1.5	922	992	760	230	45.57	58.11	45.06	31.04
255			14.45 - 15.45	0.21	1.37	0.123	2.0	1,092	872	838	221	33.44	48.62	36.14	34.39
256			15.45 - 16.45	0.23	1.60	0.103	1.5	1,006	984	738	194	40.48	44.25	45.92	37.84
257			16.45 - 17.45	-	1.49	0.118	2.0	1,142	800	886	170	36.77	35.72	42.04	35.91
258			17.45 - 18.45	-	1.37	0.085	2.0	1,214	832	613	198	36.12	45.39	38.10	34.67
259	สนามไชย	31-ส.ค.-49	18.30 - 19.30	0.23	2.52	-	1.0	938	854	496	120	36.91	40.01	41.11	29.89
260			19.30 - 20.30	0.24	2.63	-	0.5	676	560	420	104	39.78	46.12	44.55	33.11
261			20.30 - 21.30	0.25	2.29	-	1.0	896	488	544	188	32.10	40.11	41.89	35.28
262			21.30 - 22.30	0.20	1.95	-	1.0	874	548	384	134	41.84	45.56	42.62	36.39
263			22.30 - 23.30	0.20	1.37	0.026	1.0	680	554	240	74	39.57	57.80	49.15	37.17
264			23.30 - 24.30	0.13	1.15	0.028	1.0	684	506	270	74	43.54	57.12	47.89	37.17

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
265	มหาราช	2-ก.พ.-49	04.45 - 05.45	0.17	1.07	0.110	0.5	405	106	383	94	44.80	48.20	43.90	36.65
266			05.50 - 06.50	0.18	1.76	0.148	0.5	580	487	95	134	42.70	46.55	44.60	37.25
267			07.00 - 08.00	0.20	2.86	0.273	0.5	812	809	448	173	42.60	43.30	37.90	33.85
268			08.05 - 09.05	0.21	2.58	0.311	0.5	840	927	679	125	41.15	44.10	38.60	34.80
269			09.10 - 10.10	0.20	2.23	0.263	0.5	832	701	765	105	46.30	46.85	44.25	37.75
270			14.50 - 15.50	0.17	1.72	0.079	1.0	725	930	578	95	41.10	42.85	41.10	34.20
271			15.55 - 16.55	0.17	1.72	0.101	1.0	780	870	600	107	42.80	44.45	42.80	32.05
272			17.00 - 18.00	0.17	1.83	0.104	1.0	840	705	610	130	39.60	41.10	39.60	32.90
273			18.05 - 19.05	0.17	1.83	0.089	1.0	850	795	608	125	38.70	41.75	38.70	30.80
274			19.15 - 20.15	0.17	2.06	0.112	1.0	965	987	865	119	37.75	40.35	37.75	32.75
275	มหาราช	3-ก.พ.-49	19.00 - 20.00	0.17	1.83	0.114	1.0	959	1,040	808	107	37.95	42.90	37.95	33.45
276			20.15 - 21.15	0.16	1.60	0.086	1.0	846	898	665	88	39.40	44.30	39.40	35.55
277			21.30 - 22.30	0.18	1.49	0.142	0.5	569	287	540	80	41.05	46.15	41.05	36.95
278			22.45 - 23.45	0.18	1.60	0.125	0.5	538	218	558	56	43.10	47.70	45.10	36.05
279			24.00 - 01.00	0.16	1.03	0.070	0.5	443	185	194	45	45.85	57.05	47.85	40.55

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
280	มหาราช	24-ส.ค.-49	12.00 - 13.00	-	1.26	0.093	1.0	622	550	502	210	34.39	40.26	33.39	25.72
281			13.00 - 14.00	0.21	1.37	0.084	1.0	542	454	568	242	29.63	39.32	30.63	20.07
282			14.00 - 15.00	-	1.37	0.123	1.0	500	528	494	110	28.09	35.10	29.09	24.53
283			15.00 - 16.00	0.21	1.37	0.103	1.0	528	386	406	220	29.89	39.59	30.89	20.90
284			16.00 - 17.00	0.19	1.49	0.118	1.0	574	614	394	146	30.80	40.41	26.80	19.48
285			17.00 - 18.00	0.21	1.37	0.085	1.0	406	504	310	162	29.94	39.78	28.94	18.44
286	มหาราช	11-ก.ย.-49	12.20 - 13.20	0.21	1.49	0.090	1.0	642	604	506	172	31.94	46.32	32.94	23.58
287			13.20 - 14.20	0.21	1.49	0.093	1.0	534	670	410	156	30.20	40.74	31.20	25.48
288			14.20 - 15.20	0.20	1.37	0.083	1.0	572	414	494	162	29.80	40.78	29.80	24.44
289			15.20 - 16.20	0.21	1.26	0.089	1.0	422	528	380	140	30.37	38.26	29.37	25.80
290			16.20 - 17.20	0.22	1.26	0.128	1.0	500	520	417	150	31.51	39.10	29.51	24.53
291			17.20 - 18.20	0.21	1.37	0.086	1.0	538	480	482	165	30.96	39.13	29.96	22.49
292	เจริญกรุง	25-ส.ค.-49	10.00 - 11.00	0.18	1.49	0.105	1.0	434	374	248	92	35.65	33.74	35.65	26.15
293			11.00 - 12.00	0.18	1.37	0.085	1.0	362	424	246	80	32.39	36.70	32.39	27.86
294			12.00 - 13.00	0.20	1.60	0.121	1.0	472	388	214	110	34.51	32.78	34.51	22.21

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
295	เจริญกรุง	25-ส.ค.-49	13.00 - 14.00	0.17	1.60	0.105	1.0	468	404	312	109	32.94	33.40	32.94	23.58
296			14.00 - 15.00	0.19	1.37	0.078	1.0	378	402	330	96	33.08	36.05	33.08	27.39
297			15.00 - 16.00	0.19	1.60	0.130	1.0	428	470	406	127	31.20	34.13	31.20	26.61
298	เจริญกรุง	1-ก.ย.-49	16.45 - 17.45	0.12	1.37	0.010	1.5	494	460	110	66	25.06	35.06	25.06	16.59
299			17.45 - 18.45	0.12	1.37	0.008	1.0	344	268	122	76	26.12	36.12	26.12	13.78
300			18.45 - 19.45	0.11	1.15	-	0.5	288	144	118	74	36.09	42.09	34.09	15.62
301			19.45 - 20.45	0.12	0.92	0.011	1.0	386	274	110	69	35.30	40.30	40.30	14.31
302			20.45 - 21.45	0.12	0.92	0.007	1.0	312	276	118	56	29.57	39.57	29.57	15.91
303			21.45 - 22.45	0.09	0.92	0.011	1.0	274	111	103	37	25.11	35.11	25.11	15.00
304	ราชดำเนินกลาง	6-ก.พ.-49	13.45 - 14.45	0.15	1.95	0.049	1.0	1,550	2,356	765	189	23.90	34.85	23.90	23.90
305			14.50 - 15.50	0.16	2.18	0.073	1.0	1,675	2,390	699	253	24.45	33.75	24.45	24.45
306			15.55 - 16.55	0.16	2.18	0.079	1.0	1,689	2,987	873	239	26.05	34.35	26.05	26.05
307			17.00 - 18.00	0.17	2.40	0.088	1.0	1,995	3,500	1,100	295	23.80	32.75	23.80	23.80
308			18.05 - 19.05	0.17	2.75	0.126	1.0	2,155	3,955	1,250	275	24.75	31.95	24.75	24.75
309	ราชดำเนินกลาง	26-ก.พ.-49	17.00 - 18.00	0.16	2.63	0.110	1.0	1,550	2,356	765	189	23.90	34.85	23.90	23.90

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
310	ราชดำเนินกลาง	26-ก.พ.-49	18.05 - 19.05	0.16	2.86	0.126	1.0	1,675	2,390	699	253	24.45	33.75	24.45	24.45
311			19.10 - 20.10	0.16	3.09	0.142	1.0	1,689	2,987	873	239	26.05	34.35	26.05	26.05
312			20.15 - 21.15	0.15	2.98	0.114	1.0	1,995	3,500	1,100	295	23.80	32.75	23.80	23.80
313			21.20 - 22.20	0.16	2.18	0.081	1.0	2,155	3,955	1,250	275	24.75	31.95	24.75	24.75
314	ราชดำเนินกลาง	27-ก.พ.-49	19.30 - 20.30	0.16	2.98	0.128	1.0	4,292	968	1,650	268	23.35	28.80	23.35	23.35
315			20.45 - 21.45	0.16	2.63	0.109	1.0	3,283	812	867	216	24.45	30.30	24.45	24.45
316			22.00 - 23.00	0.15	2.18	0.043	1.0	2,992	760	654	160	25.95	32.95	25.95	25.95
317			23.15 - 24.15	0.14	1.72	0.026	1.0	2,556	588	453	104	27.85	35.75	27.85	27.85
318			24.20 - 01.30	0.14	1.37	0.022	1.0	2,248	350	408	78	28.20	35.35	28.20	28.20
319	ราชดำเนินกลาง	26-ส.ค.-49	19.15 - 20.15	0.22	1.72	0.041	1.5	3,908	2,056	3,196	498	34.58	41.59	39.58	29.58
320			20.15 - 21.15	0.25	1.95	-	1.0	3,432	1,954	2,360	468	33.56	43.94	39.56	25.56
321			21.15 - 22.15	-	1.95	0.032	1.0	3,918	742	2,786	259	37.97	49.92	37.97	17.97
322			22.15 - 23.15	0.14	1.72	0.030	1.0	2,180	520	1,480	224	28.51	42.99	42.51	24.51
323			23.15 - 24.15	0.12	1.83	0.030	1.0	1,944	524	1,024	177	21.67	43.69	44.67	25.67
324			24.15 - 01.15	-	1.72	0.023	1.0	1,613	372	1,517	131	20.39	46.65	40.39	21.39

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)				
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4	
325	พระจันทร์	27-ส.ค.-49	11.45 - 12.45	0.18	1.49	0.027	1.0	652	414	82	64	34.06	37.55	34.06	29.55	
326			12.45 - 13.45	-	1.60	0.025	1.0	732	480	138	68	30.96	43.41	30.96	28.52	
327			13.45 - 14.45	0.18	1.60	0.025	1.5	712	556	78	86	26.54	37.65	26.54	26.87	
328			14.45 - 15.45	0.18	1.49	0.026	1.0	516	444	82	80	33.06	34.56	33.06	27.96	
329			15.45 - 16.45	0.14	1.49	0.034	1.0	434	536	106	70	33.76	34.10	27.76	28.49	
330			16.45 - 17.45	-	1.37	0.031	1.0	448	428	116	74	34.37	35.52	33.37	27.17	
331	พระจันทร์	10-ก.ย.-49	10.00 - 11.00	0.20	1.72	-	1.0	748	472	872	104	34.39	38.52	35.39	22.17	
332			11.00 - 12.00	0.22	2.06	0.028	1.0	616	528	578	106	28.37	34.56	28.37	26.87	
333			12.00 - 13.00	0.23	2.06	0.028	1.0	652	480	682	94	27.96	37.55	30.96	29.55	
334			13.00 - 14.00	0.22	1.60	0.031	1.0	628	520	506	87	28.51	37.56	28.51	26.56	
335			14.00 - 15.00	0.22	1.72	0.025	1.0	668	536	522	98	30.76	45.14	34.76	27.96	
336			15.00 - 16.00	0.18	1.26	0.025	1.0	532	591	487	96	32.39	45.41	34.39	28.49	
337	พระสุเมรุ (2)		28-ส.ค.-49	13.00 - 14.00	0.16	1.60	0.064	1.0	1,332	1,130	811	112	21.67	32.91	27.56	25.09
338				14.00 - 15.00	0.17	1.72	0.071	1.0	1,011	952	915	97	22.42	28.22	25.62	26.56
339				15.00 - 16.00	0.18	2.06	0.085	1.0	1,318	1,394	960	88	22.42	31.99	25.89	23.02

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อถนน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง)				ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>		1	2	3	4	1	2	3	4
340			16.00 - 17.00	-	2.29	0.074	1.0	1,440	1,493	973	85	21.09	33.15	24.05	22.49
341			17.00 - 18.00	0.12	2.52	0.070	1.0	1,460	1,136	1,201	87	18.42	25.37	21.05	20.15
342			18.00 - 19.00	-	2.18	0.064	1.5	1,603	1,372	1,251	99	9.00	16.59	16.54	8.26
343	จักรพงษ์	29-ส.ค.-49	15.30 - 16.30	-	1.72	0.032	1.0	1,078	1,318	883	88	24.12	33.62	38.11	38.49
344			18.45 - 19.45	-	1.72	0.027	0.5	822	832	632	99	25.62	36.81	34.26	27.80
345			19.50 - 20.50	-	1.49	0.025	0.5	728	734	652	84	29.34	37.56	33.89	27.27
346			20.55 - 21.55	0.11	1.26	0.032	0.5	560	452	537	45	30.00	51.56	38.02	35.59
347	สีบสามห้าง	30-ส.ค.-49	13.00 - 14.00	0.11	1.15	0.050	1.0	456	460	92	58	29.56	38.11	29.56	25.56
348			14.00 - 15.00	0.09	0.92	0.045	1.0	368	480	84	54	28.62	36.14	28.62	18.62
349			15.00 - 16.00	0.12	1.49	0.048	1.0	496	608	70	72	28.17	29.30	18.17	18.17
350			16.00 - 17.00	0.12	1.49	0.030	1.0	468	684	161	60	17.59	43.62	17.59	17.59
351			17.00 - 18.00	0.15	1.60	0.023	1.0	512	580	127	42	18.62	45.07	18.62	18.62
352			18.00 - 19.00	0.13	1.37	0.014	1.0	410	591	145	37	17.39	44.60	17.39	17.39

## ภาคผนวก จ

### อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ

ตารางที่ จ.1 อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่ความเร็วต่างๆ ของรถยนต์เครื่องยนต์เบนซิน

ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	อัตราการปล่อยสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)		
	NO <sub>2</sub>	CO	HC
5.0	1.438	121.575	28.560
7.5	1.281	83.750	16.894
10.0	1.206	54.600	12.025
12.5	1.163	53.063	9.781
15.0	1.131	45.375	8.600
20.0	1.088	35.775	6.825
25.0	1.069	30.100	5.456
30.0	1.050	26.313	4.281
35.0	1.062	23.144	3.681
40.0	1.081	20.719	3.369
50.0	1.106	17.244	2.869

แหล่งที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2543 : 4-14)

ตารางที่ จ.2 อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่ความเร็วต่างๆ ของรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	อัตราการปล่อยสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)		
	NO <sub>2</sub>	CO	HC
5.0	2.03	3.84	1.42
7.5	1.90	3.38	1.31
10.0	1.79	3.00	1.21

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	อัตราการปล่อยสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)		
	NO <sub>2</sub>	CO	HC
12.5	1.68	2.67	1.12
15.0	1.59	2.39	1.04
20.0	1.44	1.92	0.91
25.0	1.32	1.59	0.79
30.0	1.22	1.33	0.70
35.0	1.15	1.13	0.62
40.0	1.10	0.98	0.56
50.0	1.04	0.79	0.46

แหล่งที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2543 : 4-14)

ตารางที่ จ.3 อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่ความเร็วต่าง ๆ ของรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล  
ขนาดใหญ่

ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	อัตราการปล่อยสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)		
	NO <sub>2</sub>	CO	HC
5.0	15.46	23.46	3.44
7.5	14.47	20.68	3.18
10.0	13.59	18.31	2.94
12.5	12.81	16.28	2.72
15.0	12.11	14.54	2.53
20.0	10.94	11.75	2.19
25.0	10.03	9.68	1.92
30.0	9.32	8.12	1.70
35.0	8.76	6.90	1.51
40.0	8.38	5.99	1.36
50.0	7.96	4.76	1.12

แหล่งที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2543 : 4-15)

ตารางที่ ๑.4 อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่ความเร็วต่าง ๆ ของรถจักรยานยนต์

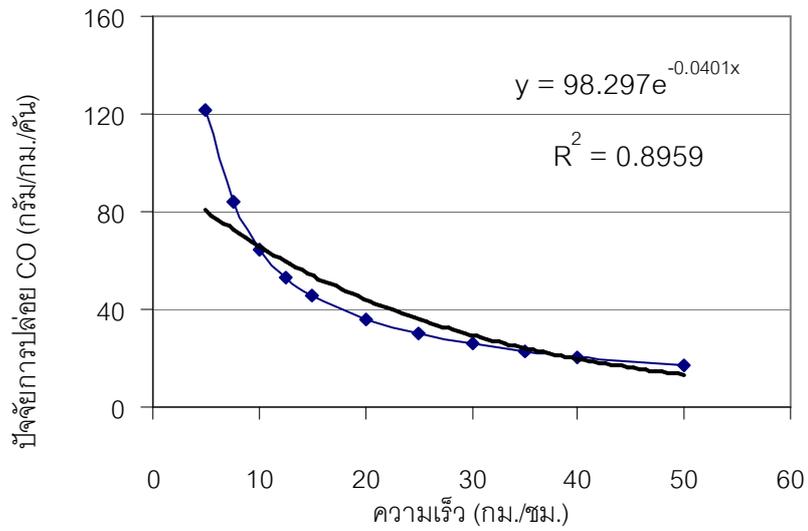
ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	อัตราการปล่อยสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)		
	NO <sub>x</sub>	CO	HC
5.0	0.51	101.72	9.98
7.5	0.48	72.58	8.46
10.0	0.46	54.66	7.50
12.5	0.44	43.08	6.86
15.0	0.43	35.27	6.42
20.0	0.43	25.78	5.87
25.0	0.44	20.49	5.56
30.0	0.46	17.12	5.36
35.0	1.49	14.64	5.22
40.0	0.53	12.78	5.11
50.0	0.58	9.93	1.12

แหล่งที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2543 : 4-15)

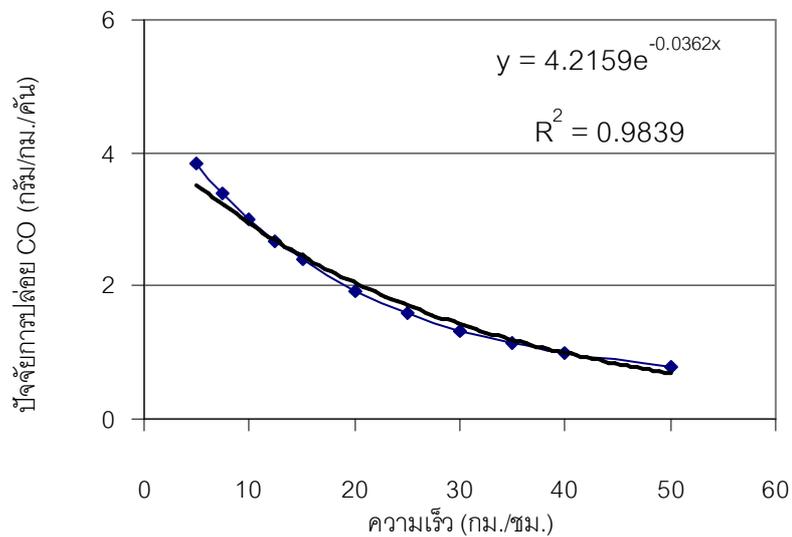
ตารางที่ ๑.5 อัตราการปล่อยอนุภาคฝุ่นจากรถประเภทต่าง ๆ

ประเภทรถ	อัตราการปล่อยสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)
เบนซิน	0.005
จักรยานยนต์	0.150
ดีเซลขนาดเล็ก	0.398
ดีเซลขนาดใหญ่	1.855

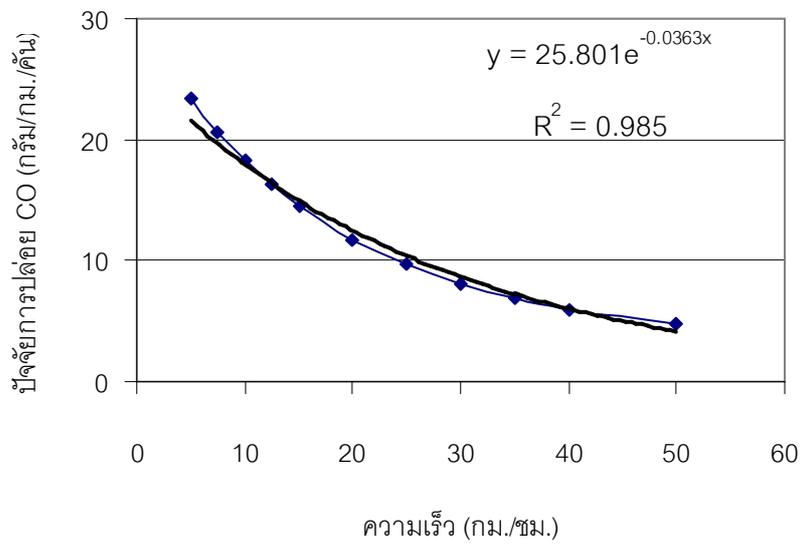
แหล่งที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2543 : 4-17)



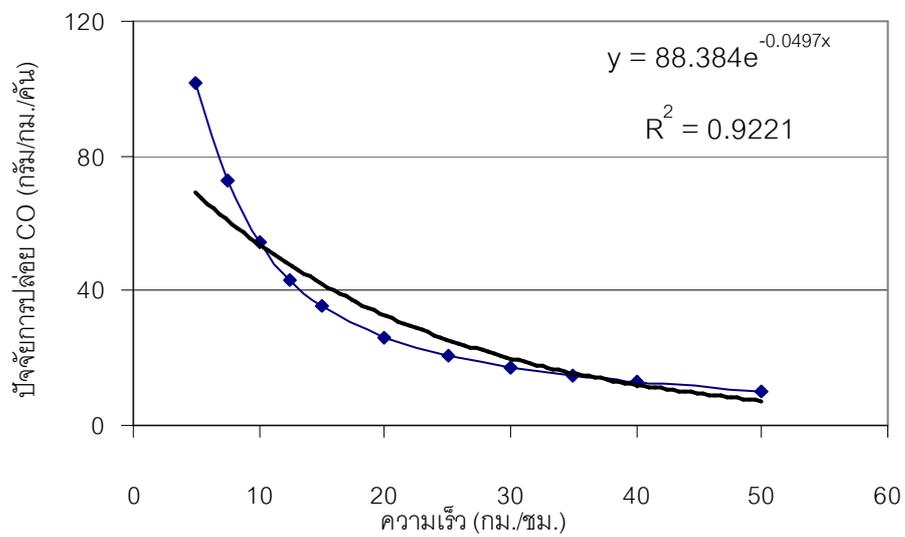
กราฟที่ ๑.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง



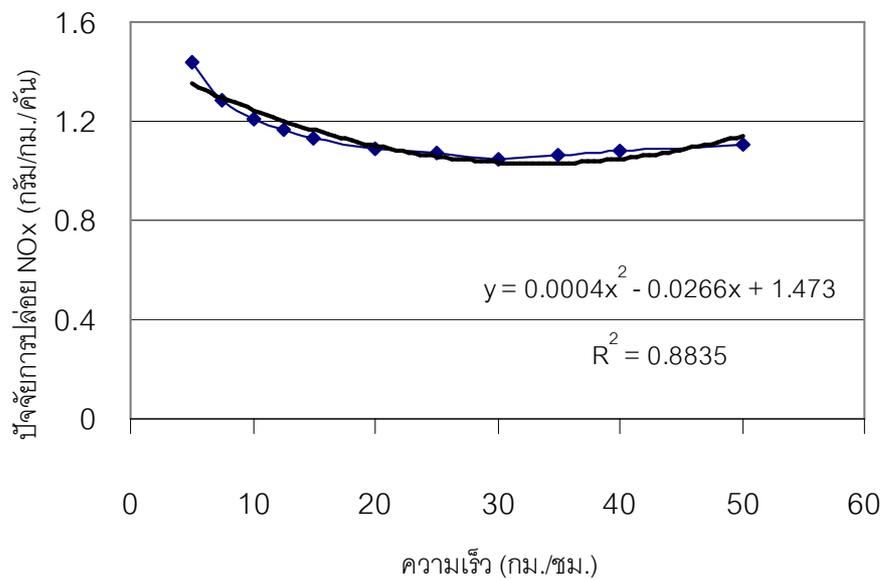
กราฟที่ ๑.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง



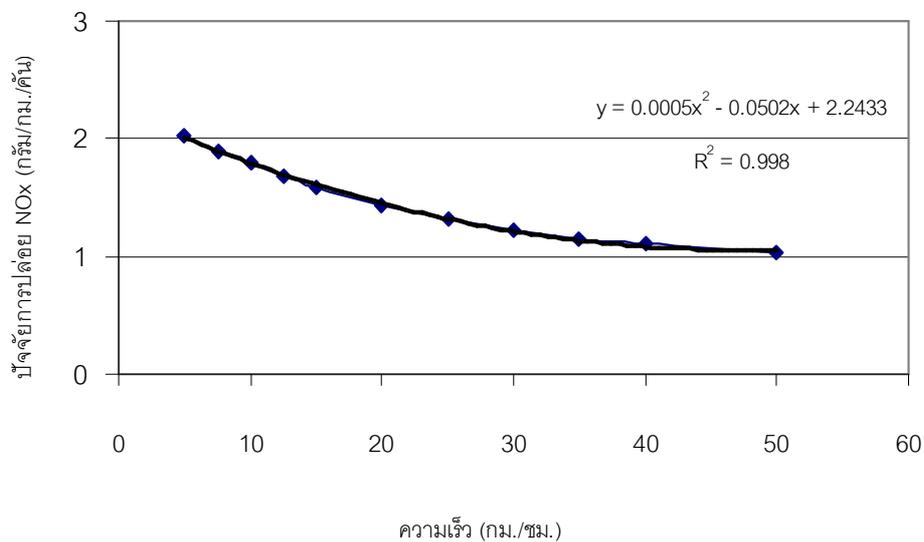
กราฟที่ ๑.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง



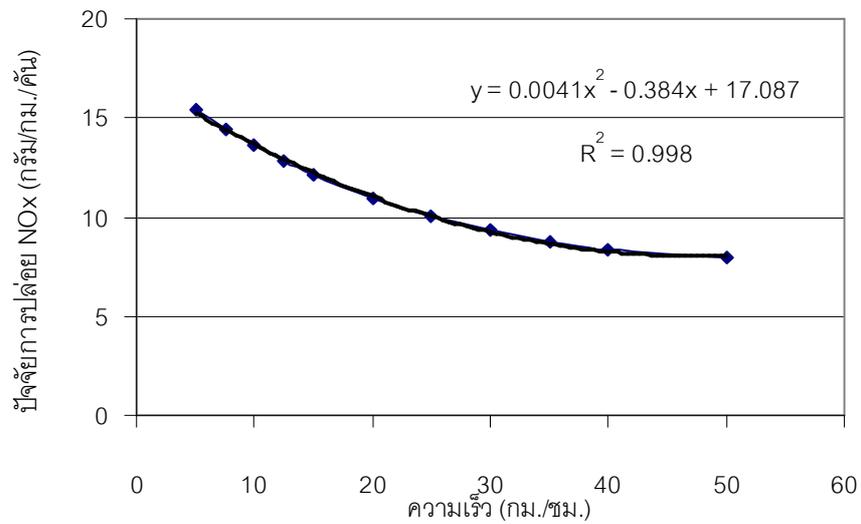
กราฟที่ ๑.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถจักรยานยนต์



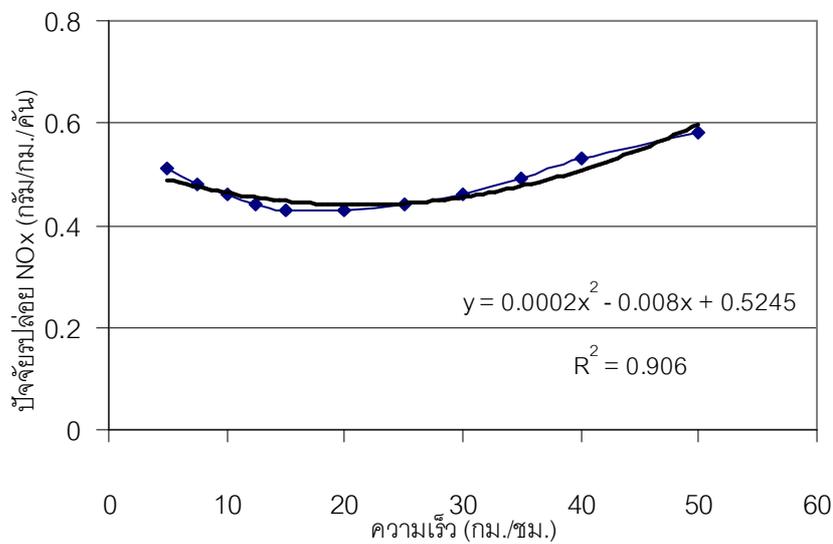
กราฟที่ ๑.๕ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง



กราฟที่ ๑.๖ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของรถยนต์ขนาดเล็กซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง



กราฟที่ ๑.๗ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของรถยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง



กราฟที่ ๑.๘ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของรถจักรยานยนต์

ภาคผนวก จ

อัตราการปล่อย ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ จ.1 อัตราการปล่อย ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากแบบจำลองแบบกล่องและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
1	พาหุรัด	10 ก.พ. 49	15.45 - 16.45	0.14	15.99	1.022	0.03	9.08	0.581	0.14	2.78	0.095
2			16.50 - 17.50	0.14	17.54	1.099	0.03	9.96	0.624	0.14	3.03	0.103
3			17.55 - 18.55	0.12	15.36	0.934	0.02	8.73	0.531	0.13	2.68	0.085
4			19.00 - 20.00	0.11	16.13	0.969	0.02	9.17	0.551	0.13	2.81	0.089
5			20.05 - 21.05	0.11	13.48	0.888	0.02	7.66	0.505	0.13	2.39	0.080
6	พาหุรัด	12 ก.พ. 49	13.30 - 14.30	0.16	16.74	1.097	0.03	9.51	0.624	0.15	2.90	0.103
7			14.35 - 15.35	0.17	18.84	1.161	0.03	10.71	0.660	0.15	3.23	0.110
8			15.40 - 16.40	0.18	18.24	1.166	0.03	10.37	0.662	0.16	3.14	0.110
9			16.45 - 17.45	0.13	16.56	1.015	0.02	9.41	0.577	0.14	2.87	0.094

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
10	พายุวัด	12 ก.พ. 49	18.50 - 19.50	0.11	14.76	0.888	0.02	8.39	0.505	0.13	2.59	0.080
11	พายุวัด	15 ก.พ. 49	14.15 - 15.15	0.22	15.95	1.237	0.04	9.06	0.703	0.17	2.78	0.118
12			15.20 - 16.20	0.19	16.09	1.189	0.04	9.14	0.675	0.16	2.80	0.113
13			16.25 - 17.25	0.12	17.98	1.010	0.02	10.22	0.574	0.14	3.10	0.093
14			18.30 - 19.30	0.11	16.60	0.956	0.02	9.43	0.543	0.13	2.88	0.087
15			19.35 - 20.35	0.12	14.61	0.953	0.02	8.30	0.542	0.13	2.56	0.087
16	ราชดำเนินใน	8 ก.พ. 49	14.30 - 15.30	0.25	18.39	1.405	0.02	1.70	0.130	0.19	1.79	0.064
17			16.35 - 17.35	0.25	17.95	1.388	0.02	1.66	0.129	0.18	1.75	0.063
18			17.40 - 18.40	0.27	22.09	1.666	0.02	2.05	0.154	0.19	2.10	0.079
19			18.45 - 19.45	0.33	24.13	1.955	0.02	2.23	0.181	0.21	2.27	0.096
20			20.50 - 21.50	0.33	26.81	2.053	0.02	2.48	0.190	0.21	2.49	0.101
21	ราชดำเนินใน	9 ก.พ. 49	19.00 - 20.00	0.29	14.06	2.000	0.02	1.30	0.185	0.20	1.43	0.098
22			20.05 - 21.05	0.30	20.93	1.985	0.02	1.94	0.184	0.20	2.00	0.097

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
23	ราชดำเนินใน	9 ก.พ. 49	21.10 - 22.10	0.36	19.02	2.103	0.02	1.76	0.195	0.22	1.84	0.104
24			22.15 - 23.15	0.29	14.54	1.638	0.02	1.35	0.152	0.20	1.47	0.078
25			23.20 - 24.20	0.27	12.64	1.559	0.02	1.17	0.144	0.19	1.31	0.073
26	ราชดำเนินใน	16 ก.พ. 49	12.00 - 13.00	0.22	24.01	1.582	0.01	1.85	0.122	0.17	1.93	0.059
27			13.05 - 14.05	0.28	29.10	1.801	0.01	1.92	0.119	0.17	1.99	0.057
28			14.10 - 15.10	0.26	16.65	1.477	0.02	1.93	0.171	0.21	1.99	0.089
29			16.15 - 17.15	0.29	18.83	1.726	0.02	2.18	0.200	0.22	2.22	0.107
30			17.20 - 18.20	0.36	21.39	2.065	0.03	2.48	0.239	0.25	2.49	0.131
31	พระอาทิตย์	27 มี.ย. 49	15.10 - 16.10	0.15	9.47	0.747	0.03	3.31	0.261	0.20	2.40	0.099
32			16.15 - 17.15	0.18	11.95	0.888	0.03	2.78	0.207	0.19	2.06	0.076
33			17.15 - 18.15	0.21	13.18	1.044	0.03	3.07	0.243	0.21	2.24	0.092
34			18.15 - 19.15	0.21	17.74	1.143	0.02	3.10	0.200	0.19	2.26	0.072
35			19.15 - 20.15	0.16	14.45	0.822	0.02	3.36	0.191	0.18	2.43	0.069

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
36	พระอาทิตย์	27 มิ.ย. 49	20.15 - 21.00	0.14	6.23	0.691	0.02	2.17	0.241	0.19	1.66	0.091
37	พระอาทิตย์	13 ก.ย. 49	15.45 - 16.45	0.17	10.13	0.814	0.03	3.54	0.284	0.16	1.56	0.056
38			16.45 - 17.45	0.16	12.06	0.848	0.03	4.21	0.296	0.16	1.81	0.059
39			17.45 - 18.45	0.22	13.81	1.132	0.04	4.82	0.395	0.18	2.03	0.084
40			18.45 - 19.45	0.22	14.82	1.174	0.04	5.17	0.410	0.18	2.16	0.087
41			19.45 - 20.45	0.19	13.77	1.154	0.03	4.81	0.403	0.17	2.03	0.086
42			20.45 - 21.45	0.16	8.82	0.924	0.04	6.16	0.646	0.18	2.53	0.147
43	พระสุเมรุ	28 มิ.ย. 49	12.00 - 13.00	0.10	25.00	0.771	0.01	4.39	0.135	0.14	3.04	0.044
44			13.00 - 14.00	0.08	25.98	0.722	0.01	4.56	0.127	0.13	3.15	0.040
45			14.00 - 15.00	0.14	20.96	0.998	0.02	4.91	0.234	0.17	3.37	0.087
46			15.00 - 16.00	0.15	23.59	1.105	0.02	4.14	0.194	0.17	2.89	0.070
47			16.00 - 17.00	0.17	24.27	1.121	0.02	4.26	0.197	0.17	2.96	0.071
48			17.00 - 18.00	0.13	21.60	0.956	0.01	3.79	0.168	0.16	2.66	0.058

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
49	ตະນาว (1)	4 ก.ค. 49	14.00 - 15.00	0.12	17.38	0.772	0.02	5.17	0.230	0.16	2.88	0.064
50			15.00 - 16.00	0.12	18.19	0.791	0.02	5.41	0.235	0.16	3.00	0.066
51			16.00 - 17.00	0.15	22.76	0.954	0.02	5.08	0.213	0.16	2.83	0.058
52			17.00 - 18.00	0.14	15.85	0.901	0.02	4.72	0.268	0.17	2.65	0.077
53			18.00 - 19.00	0.14	22.27	0.996	0.02	4.97	0.222	0.16	2.78	0.061
54			19.00 - 20.00	0.16	22.18	1.007	0.02	4.95	0.225	0.17	2.77	0.062
55	ตະນาว (1)	7 ก.ย. 49	13.30 - 14.30	0.19	9.68	0.994	0.04	4.32	0.444	0.22	2.45	0.138
56			14.30 - 15.30	0.17	10.13	0.904	0.04	4.52	0.404	0.21	2.55	0.124
57			15.30 - 16.30	0.16	10.10	0.881	0.04	4.51	0.393	0.21	2.54	0.120
58			16.30 - 17.30	0.15	10.81	0.864	0.03	4.83	0.386	0.20	2.70	0.118
59			17.30 - 18.30	0.15	10.96	0.852	0.03	4.89	0.380	0.20	2.74	0.116
60			18.30 - 19.30	0.14	10.06	0.825	0.03	4.49	0.368	0.19	2.53	0.112
61	ดินสอ	6 ก.ค. 49	14.30 - 15.30	0.07	6.02	0.381	0.01	2.20	0.139	0.14	1.71	0.047

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
62	ดินสอ	6 ก.ค. 49	15.30 - 16.30	0.09	8.22	0.511	0.02	3.00	0.187	0.16	2.24	0.068
63			16.30 - 17.30	0.09	6.45	0.431	0.02	2.36	0.158	0.16	1.82	0.055
64			17.30 - 18.30	0.10	7.32	0.507	0.02	2.67	0.185	0.17	2.02	0.068
65			18.30 - 19.30	0.07	6.81	0.387	0.01	2.49	0.141	0.15	1.90	0.048
66			19.30 - 20.30	0.07	6.63	0.347	0.01	2.42	0.127	0.14	1.86	0.041
67	ดินสอ		18 ก.ย. 49	11.30 - 12.30	0.10	7.13	0.523	0.02	2.61	0.191	0.17	1.98
68		12.30 - 13.30		0.10	7.74	0.549	0.02	2.83	0.201	0.17	2.13	0.075
69		13.30 - 14.30		0.07	6.71	0.473	0.01	2.45	0.173	0.15	1.88	0.062
70		14.30 - 15.30		0.11	10.59	0.635	0.02	2.58	0.155	0.16	1.96	0.054
71		15.30 - 16.30		0.09	7.86	0.503	0.02	2.87	0.184	0.16	2.16	0.067
72		16.30 - 17.30		0.10	8.19	0.574	0.02	2.99	0.210	0.17	2.24	0.079
73	ตีทอง	8 ก.ค. 49	13.00 - 14.00	-	9.63	0.870	-	3.36	0.304	-	2.34	0.113
74			14.00 - 15.00	-	10.97	0.877	-	2.55	0.204	-	1.84	0.071

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
75	ดีทอง	8 ก.ค. 49	16.00 - 17.00	-	1.20	0.867	-	2.61	0.202	-	1.88	0.070
76			17.00 - 18.00	-	12.14	0.879	-	2.83	0.205	-	2.01	0.071
77			18.00 - 19.00	-	12.16	1.013	-	2.83	0.236	-	2.01	0.084
78			19.00 - 20.00	-	8.86	0.908	-	3.09	0.317	-	2.18	0.119
79	บำรุงเมือง	9 ก.ค. 49	12.00 - 13.00	0.05	16.02	0.970	0.01	2.63	0.160	0.16	2.54	0.079
80			13.00 - 14.00	0.05	15.73	0.909	0.01	2.59	0.149	0.15	2.50	0.073
81			14.00 - 15.00	0.06	14.72	1.018	0.01	2.42	0.167	0.15	2.35	0.083
82			15.00 - 16.00	0.07	21.50	1.033	0.01	2.36	0.113	0.16	2.30	0.051
83			16.00 - 17.00	0.05	19.08	1.000	0.01	2.09	0.110	0.15	2.07	0.049
84			17.00 - 18.00	0.05	19.18	1.203	0.01	2.10	0.132	0.15	2.08	0.062
85	อนุสาวรีย์	10 ก.ค. 49	13.00 - 14.00	0.11	7.69	0.413	0.02	2.08	0.112	0.18	1.80	0.041
86			14.00 - 15.00	0.10	6.08	0.370	0.02	1.64	0.100	0.19	1.48	0.035
87			15.00 - 16.00	0.11	5.05	0.404	0.02	1.37	0.109	0.20	1.27	0.039

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
88			16.00 - 17.00	0.11	5.17	0.436	0.02	1.40	0.118	0.20	1.29	0.044
89	อนุากรรณ	10 ก.ค. 49	17.00 - 18.00	0.08	6.01	0.463	0.02	1.63	0.125	0.18	1.46	0.048
90			18.00 - 19.00	0.08	6.19	0.411	0.02	1.67	0.111	0.17	1.50	0.040
91	อนุากรรณ	5 ก.ย. 49	10.15 - 11.15	0.08	6.01	0.386	0.01	1.62	0.104	0.14	1.46	0.037
92			11.15 - 12.15	0.08	6.35	0.425	0.01	1.72	0.115	0.14	1.53	0.042
93			12.15 - 13.15	0.05	6.69	0.332	0.01	1.81	0.090	0.13	1.60	0.030
94			13.15 - 14.15	0.05	8.55	0.319	0.01	1.54	0.058	0.12	1.40	0.013
95			14.15 - 15.15	0.08	8.50	0.465	0.01	1.53	0.084	0.13	1.39	0.027
96			15.15 - 16.15	0.08	7.00	0.440	0.01	1.89	0.119	0.14	1.66	0.044
97	ราชินี	22 ก.ค. 49	10.30 - 11.30	0.09	10.44	0.519	0.01	1.97	0.098	0.15	1.91	0.040
98			11.30 - 12.30	0.07	9.02	0.466	0.01	1.70	0.088	0.14	1.69	0.034
99			12.30 - 13.30	0.07	7.68	0.448	0.01	1.45	0.084	0.14	1.47	0.033
100			13.30 - 14.30	0.07	7.32	0.478	0.01	1.38	0.090	0.14	1.42	0.036

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
101	ราชินี	22 ก.ค. 49	14.30 - 15.30	0.09	8.70	0.545	0.01	1.64	0.103	0.15	1.63	0.043
102			15.30 - 16.30	0.11	9.09	0.591	0.01	1.71	0.111	0.16	1.70	0.048
103	ราชินี	19 ส.ค. 49	15.00 - 16.00	0.06	4.70	0.313	0.01	1.18	0.078	0.14	1.25	0.029
104			16.00 - 17.00	0.08	5.86	0.421	0.01	1.47	0.106	0.16	1.49	0.045
105			17.00 - 18.00	0.08	5.92	0.414	0.01	1.49	0.104	0.16	1.51	0.044
106			18.00 - 19.00	0.06	4.23	0.333	0.01	1.06	0.084	0.14	1.15	0.032
107			19.00 - 20.00	0.07	3.66	0.362	0.01	1.38	0.136	0.16	1.41	0.062
108			20.00 - 21.00	0.05	4.39	0.283	0.01	1.10	0.071	0.14	1.18	0.025
109	รัชฎาภิเศก	23 ก.ค. 49	10.10 - 11.10	0.04	4.79	0.269	0.01	1.46	0.082	0.13	1.48	0.031
110			11.10 - 12.10	0.04	4.50	0.220	0.01	1.37	0.067	0.13	1.41	0.023
111			12.10 - 13.10	0.03	2.85	0.200	0.01	1.74	0.122	0.13	1.72	0.054
112			13.10 - 14.10	0.03	2.94	0.196	0.01	1.80	0.119	0.13	1.77	0.053
113			14.10 - 15.10	0.03	3.07	0.210	0.01	1.87	0.128	0.13	1.83	0.058

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
114	อู่ทอง	23 ก.ค. 49	15.10 - 16.10	0.04	4.52	0.231	0.01	1.38	0.070	0.13	1.41	0.024
115	อู่ทอง	20 ส.ค. 49	12.00 - 13.00	0.07	6.05	0.439	0.01	1.85	0.134	0.15	1.81	0.061
116			13.00 - 14.00	0.06	6.77	0.414	0.01	2.06	0.126	0.15	1.99	0.057
117			14.00 - 15.00	0.09	7.06	0.489	0.01	2.15	0.149	0.17	2.07	0.070
118			15.00 - 16.00	0.08	5.37	0.425	0.01	1.64	0.130	0.16	1.63	0.059
119			16.00 - 17.00	0.09	6.32	0.431	0.01	1.93	0.131	0.16	1.87	0.060
120			17.00 - 18.00	0.10	-	0.509	0.01	-	0.155	0.17	-	0.073
121	มหาไชย	26 ก.ค. 49	13.30 - 14.30	0.14	7.68	0.752	0.02	1.83	0.179	0.19	1.62	0.075
122			14.30 - 15.30	0.14	-	0.761	0.02	-	0.181	0.19	-	0.077
123			15.30 - 16.30	0.14	7.59	0.698	0.02	1.81	0.166	0.18	1.60	0.069
124			16.30 - 17.30	0.16	10.13	0.798	0.02	2.41	0.190	0.20	2.05	0.081
125			17.30 - 18.30	0.14	8.19	0.742	0.02	1.95	0.177	0.19	1.71	0.074
126			18.30 - 19.30	0.17	11.36	0.898	0.02	2.71	0.214	0.21	2.27	0.093

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
127	มหาไชย	17 ก.ย. 49	13.00 - 14.00	0.21	16.44	1.180	0.02	1.96	0.140	0.18	1.72	0.056
128			14.00 - 15.00	0.21	11.73	1.108	0.02	2.10	0.198	0.21	1.82	0.085
129			15.00 - 16.00	0.22	14.43	1.207	0.03	2.58	0.215	0.21	2.18	0.094
130			16.00 - 17.00	0.20	15.18	1.178	0.02	2.17	0.168	0.19	1.87	0.070
131			17.00 - 18.00	0.18	11.08	1.056	0.02	1.98	0.189	0.19	1.73	0.080
132			18.00 - 19.00	0.21	15.26	1.217	0.02	2.18	0.174	0.19	1.88	0.073
133	ตรีเพชร		29 ก.ค. 49	14.00 - 15.00	0.30	15.92	1.613	0.03	3.58	0.363	0.20	2.14
134		15.00 - 16.00		0.32	17.20	1.677	0.04	3.87	0.377	0.21	2.29	0.120
135		16.00 - 17.00		0.40	19.30	1.956	0.04	4.34	0.440	0.24	2.54	0.143
136		17.00 - 18.00		0.43	18.85	2.297	0.05	4.24	0.516	0.25	2.49	0.170
137		18.00 - 19.00		0.38	17.48	2.122	0.04	3.93	0.477	0.23	2.33	0.156
138		19.00 - 20.00		0.36	15.14	1.763	0.04	3.40	0.396	0.23	2.05	0.127
139	ตรีเพชร	9 ก.ย. 49	11.20 - 12.20	0.21	14.71	1.130	0.02	3.31	0.254	0.17	2.00	0.076

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
140	ตรีเพชร	9 ก.ย. 49	12.20 - 13.20	0.24	15.53	1.292	0.03	3.49	0.290	0.18	2.10	0.089
141			13.20 - 14.20	0.26	16.56	1.549	0.03	3.72	0.348	0.19	2.22	0.110
142			14.20 - 15.20	0.30	17.25	1.652	0.03	3.88	0.371	0.20	2.30	0.118
143			15.20 - 16.20	0.30	15.42	1.625	0.03	3.47	0.365	0.20	2.08	0.116
144			16.20 - 17.20	0.31	18.04	1.628	0.03	4.06	0.366	0.21	2.39	0.116
145	เฟื่องนคร	5 ส.ค. 49	11.30 - 12.30	-	6.92	-	-	5.48	-	-	3.71	-
146			12.30 - 13.30	-	10.98	0.431	-	4.34	0.170	-	2.99	0.057
147			13.30 - 14.30	-	5.91	0.443	-	2.34	0.175	-	1.73	0.060
148			14.30 - 15.30	-	12.73	0.456	-	5.03	0.181	-	3.43	0.062
149			15.30 - 16.30	-	14.98	0.440	-	5.93	0.174	-	3.99	0.059
150			16.30 - 17.30	-	15.58	-	-	6.16	-	-	4.14	-
151	เฟื่องนคร	12 ก.ย. 49	09.40 - 10.40	-	17.12	-	-	4.52	-	-	3.10	-
152			10.40 - 11.40	-	10.43	-	-	4.13	-	-	2.86	-

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
153	เฟื่องนคร	12 ก.ย. 49	11.40 - 12.40	-	10.79	-	-	4.27	-	-	2.95	-
154			12.40 - 13.40	-	12.30	-	-	4.86	-	-	3.32	-
155			13.40 - 14.40	-	11.68	-	-	4.62	-	-	3.17	-
156			14.40 - 15.40	-	12.83	-	-	5.08	-	-	3.46	-
157	บ้านหม้อ	6 ส.ค. 49	17.00 - 18.00	-	11.63	0.425	-	5.86	0.214	-	2.58	0.042
158			18.00 - 19.00	-	10.93	0.409	-	5.51	0.206	-	2.44	0.040
159			19.00 - 20.00	0.06	10.31	0.373	0.02	5.20	0.188	0.13	2.31	0.035
160			20.00 - 21.00	0.05	10.75	0.367	0.01	5.42	0.185	0.13	2.40	0.034
161			21.00 - 22.00	0.05	10.05	0.338	0.01	5.07	0.170	0.13	2.26	0.030
162			22.00 - 23.00	0.05	9.15	0.322	0.01	4.61	0.162	0.13	2.08	0.028
163	บ้านหม้อ	14 ก.ย. 49	11.00 - 12.00	0.09	9.97	0.503	0.02	5.02	0.253	0.15	2.24	0.053
164			12.00 - 13.00	0.09	10.03	0.486	0.02	5.06	0.245	0.15	2.26	0.050
165			13.00 - 14.00	0.10	8.33	0.508	0.02	4.20	0.256	0.16	1.92	0.053

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
166	บ้านหม้อ	14 ก.ย. 49	14.00 - 15.00	0.09	9.18	0.472	0.02	4.63	0.238	0.15	2.09	0.048
167			15.00 - 16.00	0.08	7.31	0.395	0.02	3.68	0.199	0.14	1.71	0.038
168			16.00 - 17.00	0.07	7.62	0.385	0.02	3.84	0.194	0.14	1.78	0.037
169	บวรนิเวศน์	9 ส.ค. 49	14.10 - 15.10	0.17	15.22	0.936	0.01	2.40	0.147	0.15	1.82	0.050
170			15.10 - 16.10	0.15	15.25	0.877	0.01	2.40	0.138	0.14	1.83	0.046
171			16.10 - 17.10	0.16	16.17	0.933	0.01	2.55	0.147	0.15	1.92	0.050
172			17.10 - 18.10	0.13	16.92	0.828	0.01	2.66	0.130	0.14	2.00	0.042
173			18.10 - 19.10	0.17	19.68	1.028	0.01	3.10	0.162	0.15	2.28	0.056
174			19.10 - 20.10	0.17	17.11	1.001	0.01	2.69	0.158	0.15	2.02	0.054
175	บวรนิเวศน์	8 ก.ย. 49	12.10 - 13.10	0.12	7.19	0.636	0.01	1.13	0.100	0.14	1.00	0.029
176			13.10 - 14.10	0.15	9.54	0.741	0.01	1.50	0.117	0.14	1.24	0.036
177			15.10 - 15.10	0.16	13.93	0.831	0.01	2.19	0.131	0.15	1.69	0.042
178			15.10 - 16.10	0.11	16.46	0.619	0.01	2.59	0.098	0.13	1.95	0.028

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
179	บวรนิเวศน์	8 ก.ย. 49	16.10 - 17.10	0.15	12.04	0.887	0.01	1.90	0.140	0.14	1.50	0.046
180			17.10 - 18.10	0.12	11.93	0.685	0.01	1.88	0.108	0.14	1.48	0.032
181	มหาจักร		12 ส.ค. 49	11.15 - 12.15	-	12.39	0.830	-	2.76	0.185	-	2.39
182		12.15 - 13.15		0.10	11.75	0.741	0.01	2.62	0.165	0.16	2.28	0.071
183		13.15 - 14.15		0.10	9.02	-	0.02	3.01	-	0.17	2.58	-
184		14.15 - 15.15		0.10	12.44	0.664	0.01	2.77	0.148	0.16	2.40	0.062
185		15.15 - 16.15		0.21	13.90	0.979	0.02	2.32	0.164	0.20	2.05	0.070
186		16.15 - 17.15		0.22	12.79	-	0.03	2.85	-	0.23	2.46	-
187	มหาจักร	15 ก.ย. 49		15.15 - 16.15	0.15	12.54	0.895	0.02	2.79	0.199	0.19	2.41
188			16.15 - 17.15	0.17	14.20	1.085	0.02	2.37	0.181	0.19	2.09	0.080
189			17.15 - 18.15	0.18	11.57	1.074	0.02	2.58	0.239	0.21	2.25	0.110
190			18.15 - 19.15	0.19	10.61	0.965	0.03	2.36	0.215	0.21	2.08	0.097
191			19.15 - 20.15	0.20	14.36	1.056	0.02	2.40	0.177	0.20	2.11	0.077

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
192	มหาจักร	15 ก.ย. 49	20.15 - 21.15	0.08	11.61	0.591	0.01	1.94	0.099	0.14	1.75	0.036
193	จักรเพชร	11 ส.ค. 49	16.10 - 17.10	0.13	8.73	0.758	0.02	3.05	0.265	0.16	1.77	0.074
194			17.10 - 18.10	0.13	8.91	0.752	0.02	3.11	0.263	0.16	1.80	0.073
195			18.10 - 19.10	0.11	8.26	0.680	0.02	2.88	0.238	0.15	1.68	0.065
196			19.10 - 20.10	0.11	8.88	0.688	0.02	3.10	0.240	0.15	1.79	0.065
197			20.10 - 21.10	0.12	8.53	0.751	0.02	2.98	0.262	0.16	1.73	0.073
198			21.10 - 22.10	0.12	8.56	0.703	0.02	2.99	0.246	0.16	1.74	0.067
199			พระพิพิธ	13 ส.ค. 49	12.00 - 13.00	-	8.62	0.373	-	2.51	0.108	-
200	13.00 - 14.00	0.07			6.96	0.412	0.01	2.02	0.120	0.13	1.19	0.022
201	14.00 - 15.00	0.09			6.19	0.434	0.01	1.80	0.126	0.13	1.09	0.024
202	15.00 - 16.00	0.08			7.34	0.444	0.01	2.13	0.129	0.13	1.24	0.025
203	16.00 - 17.00	0.07			7.91	0.397	0.01	2.30	0.116	0.13	1.32	0.021
204	17.00 - 18.00	0.08			7.74	0.434	0.01	2.25	0.126	0.13	1.30	0.024

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	
205	พระพิพิธ	16 ก.ย. 49	10.45 - 11.45	0.05	10.92	0.384	0.01	3.17	0.112	0.12	1.72	0.019	
206			11.45 - 12.45	0.03	8.26	0.282	0.00	2.40	0.082	0.11	1.37	0.010	
207			12.45 - 13.45	0.04	8.89	0.313	0.01	2.58	0.091	0.11	1.45	0.013	
208			13.45 - 14.45	0.03	6.83	0.266	0.00	1.99	0.077	0.11	1.17	0.008	
209			14.45 - 15.45		-	7.37	0.407	-	2.14	0.118	-	1.25	0.021
210			15.45 - 16.45		-	6.74	0.348	-	1.96	0.101	-	1.16	0.016
211	หน้าพระธาตุ	16 ส.ค. 49	15.45 - 16.45	0.12	7.36	0.728	0.01	1.82	0.180	0.16	1.77	0.087	
212			16.45 - 17.45	0.13	6.07	0.779	0.01	1.50	0.192	0.16	1.51	0.094	
213			17.45 - 18.45	0.14	6.31	0.764	0.01	1.56	0.189	0.16	1.56	0.092	
214			18.45 - 19.45	0.10	6.99	0.637	0.01	1.73	0.157	0.15	1.70	0.074	
215			19.45 - 20.45	0.07	6.12	0.558	0.01	1.51	0.138	0.13	1.52	0.063	
216			20.45 - 21.45	0.04	7.18	0.361	0.01	1.77	0.089	0.13	1.74	0.035	
217	มหารณพ	16 ส.ค. 49	12.20 - 13.20	0.04	7.98	0.282	0.01	3.08	0.109	0.12	1.49	0.014	

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
218	มทรรณพ	16 ส.ค. 49	13.20 – 14.20	0.04	6.60	0.240	0.01	2.54	0.093	0.12	1.28	0.009
219			14.20 – 15.20	0.04	6.80	0.242	0.01	2.62	0.093	0.11	1.31	0.010
220			15.20 – 16.20	0.04	8.58	0.324	0.01	3.31	0.125	0.12	1.58	0.018
221			16.20 – 17.20	0.04	11.67	0.392	0.01	3.00	0.101	0.11	1.46	0.012
222			17.20 – 18.20	0.04	9.33	0.331	0.01	3.60	0.128	0.12	1.70	0.019
223	มทรรณพ	6 ก.ย. 49	09.40 – 10.40	0.04	5.57	0.224	0.01	2.15	0.086	0.12	1.12	0.008
224			10.40 – 11.40	0.04	6.79	0.318	0.01	2.62	0.123	0.12	1.31	0.018
225			11.40 – 12.40	0.06	6.94	0.290	0.01	2.68	0.112	0.12	1.33	0.015
226			12.40 – 13.40	0.04	9.08	0.317	0.01	2.34	0.082	0.11	1.19	0.006
227			13.40 – 14.40	0.04	9.23	0.318	0.01	2.37	0.082	0.11	1.21	0.006
228			14.40 – 15.40	0.04	8.80	0.285	0.01	2.26	0.073	0.11	1.16	0.004
229	เจ้าฟ้า		21 ส.ค. 49	18.00 – 19.00	0.08	2.12	-	0.03	2.36	-	0.19	1.48
230		19.00 – 20.00		-	1.91	0.392	-	2.13	0.437	-	1.36	0.139

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
231	เจ้าฟ้า	21 ส.ค. 49	20.00 - 21.00	0.08	1.82	0.407	0.03	2.03	0.454	0.19	1.31	0.145
232			21.00 - 22.00	-	1.87	0.287	-	2.09	0.320	-	1.34	0.097
233			22.00 - 23.00	0.04	1.43	0.255	0.02	1.60	0.284	0.15	1.08	0.085
234			23.00 - 24.00	-	1.55	0.281	-	1.73	0.314	-	1.15	0.095
235	ท้ายวัง	22 ส.ค. 49	16.30 - 17.30	0.13	2.41	0.623	0.03	1.58	0.410	0.23	1.52	0.208
236			17.30 - 18.30	0.11	2.81	0.632	0.02	1.85	0.416	0.21	1.73	0.211
237			18.30 - 19.30	0.04	2.33	0.275	0.01	1.53	0.181	0.14	1.48	0.083
238			19.30 - 20.30	0.03	2.30	0.223	0.01	1.51	0.146	0.13	1.47	0.064
239			20.30 - 21.30	0.03	2.08	0.187	0.01	1.37	0.123	0.13	1.35	0.051
240			21.30 - 22.30	0.03	1.93	0.170	0.01	1.27	0.112	0.12	1.27	0.045
241	สนามไชย		23 ส.ค. 49	11.45 - 12.45	0.23	5.50	-	0.04	1.73	-	0.26	1.58
242		12.45 - 13.45		0.25	6.08	1.275	0.03	1.27	0.267	0.24	1.23	0.124
243		14.45 - 15.45		0.24	10.40	1.248	0.03	1.63	0.196	0.21	1.51	0.087

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
244	สนามไชย	23 ส.ค. 49	15.45 - 16.45	0.22	8.59	1.105	0.03	1.80	0.231	0.23	1.63	0.105
245			16.45 - 17.45	-	11.00	1.094	-	1.73	0.172	-	1.58	0.074
246			17.45 - 18.45	-	10.49	1.140	-	1.65	0.179	-	1.52	0.078
247	สนามไชย	31 ส.ค. 49	18.30 - 19.30	0.21	9.11	-	0.03	2.86	-	0.24	2.45	-
248			19.30 - 20.30	0.12	5.44	-	0.03	3.42	-	0.22	2.87	-
249			20.30 - 21.30	0.18	8.88	-	0.03	2.79	-	0.23	2.39	-
250			21.30 - 22.30	0.14	6.19	-	0.02	1.94	-	0.19	1.74	-
251			22.30 - 23.30	0.09	4.74	0.550	0.01	1.49	0.173	0.16	1.40	0.074
252			23.30 - 24.30	0.09	4.17	0.553	0.01	1.31	0.174	0.16	1.26	0.075
253	มหาราช	2 ก.พ. 49	04.45 - 05.45	0.10	2.33	0.469	0.01	1.08	0.218	0.17	1.09	0.098
254			05.50 - 06.50	0.10	4.29	0.593	0.02	1.99	0.275	0.17	1.79	0.128
255			07.00 - 08.00	0.17	6.80	0.919	0.03	3.16	0.427	0.22	2.68	0.208
256			08.05 - 09.05	0.18	7.38	0.891	0.03	3.43	0.414	0.22	2.88	0.201

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
257	มหาวิทยาลัย	2 ก.พ. 49	09.10 - 10.10	0.17	5.58	0.827	0.03	2.59	0.384	0.22	2.24	0.186
258			14.50 - 15.50	0.15	6.86	0.750	0.02	1.59	0.174	0.18	1.48	0.075
259			15.55 - 16.55	0.16	6.55	0.803	0.02	1.52	0.187	0.18	1.42	0.082
260			17.00 - 18.00	0.16	7.37	0.846	0.02	1.71	0.197	0.19	1.57	0.087
261			18.05 - 19.05	0.17	7.82	0.860	0.02	1.82	0.200	0.19	1.65	0.089
262			19.15 - 20.15	0.20	9.56	0.972	0.02	2.22	0.226	0.20	1.96	0.102
263	มหาวิทยาลัย	3 ก.พ. 49	19.00 - 20.00	0.19	9.20	0.936	0.02	2.14	0.217	0.20	1.89	0.098
264			20.15 - 21.15	0.16	7.55	0.789	0.02	1.75	0.183	0.18	1.60	0.080
265			21.30 - 22.30	0.11	3.99	0.556	0.02	1.85	0.258	0.18	1.68	0.119
266			22.45 - 23.45	0.10	3.34	0.484	0.02	1.55	0.225	0.17	1.44	0.102
267			24.00 - 01.00	0.05	2.30	0.328	0.01	1.07	0.152	0.14	1.07	0.064
268	มหาวิทยาลัย		24 ส.ค. 49	12.00 - 13.00	-	6.84	0.994	-	1.59	0.231	-	1.47
269		13.00 - 14.00		0.21	7.11	1.148	0.02	1.65	0.267	0.21	1.52	0.124

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)			
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	
270	มหาวิทยาลัย	24 ส.ค. 49	14.00 - 15.00	-	7.20	0.692	-	1.67	0.161	-	1.54	0.068	
271			15.00 - 16.00	0.18	6.54	1.003	0.02	1.52	0.233	0.19	1.42	0.106	
272			16.00 - 17.00	0.15	7.25	0.845	0.02	1.69	0.196	0.17	1.55	0.087	
273			17.00 - 18.00	0.14	5.75	0.807	0.02	1.34	0.188	0.17	1.28	0.082	
274	มหาวิทยาลัย		11 ก.ย. 49	12.20 - 13.20	0.17	7.03	0.934	0.02	1.63	0.217	0.19	1.51	0.098
275		13.20 - 14.20		0.15	7.09	0.817	0.02	1.65	0.190	0.18	1.52	0.083	
276		14.20 - 15.20		0.16	6.72	0.846	0.02	1.56	0.197	0.18	1.45	0.087	
277		15.20 - 16.20		0.14	5.87	0.708	0.02	1.36	0.165	0.17	1.30	0.070	
278		16.20 - 17.20		0.15	6.28	0.779	0.02	1.46	0.181	0.17	1.37	0.079	
279		17.20 - 18.20		0.16	6.62	0.865	0.02	1.54	0.201	0.18	1.44	0.089	
280	ถนนเจริญกรุง	25 ส.ค. 49		10.00 - 11.00	0.09	4.88	0.501	0.02	1.64	0.168	0.15	1.27	0.055
281				11.00 - 12.00	0.09	4.66	0.453	0.01	1.57	0.152	0.15	1.22	0.048
282				12.00 - 13.00	0.10	5.51	0.576	0.02	1.85	0.193	0.16	1.40	0.066

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
283	ถนนเจริญกรุง	25 ส.ค. 49	13.00 - 14.00	0.11	5.72	0.598	0.02	1.92	0.201	0.16	1.44	0.069
284			14.00 - 15.00	0.10	4.74	0.524	0.02	1.59	0.176	0.16	1.24	0.058
285			15.00 - 16.00	0.13	5.94	0.662	0.02	2.00	0.222	0.18	1.49	0.078
286	เจริญกรุง	1 ก.ย. 49	16.45 - 17.45	0.07	7.22	0.465	0.01	1.62	0.104	0.13	1.25	0.028
287			17.45 - 18.45	0.06	4.77	0.446	0.01	1.60	0.150	0.14	1.24	0.047
288			18.45 - 19.45	0.06	2.62	-	0.01	1.76	-	0.15	1.34	-
289			19.45 - 20.45	0.06	3.78	0.421	0.01	1.27	0.141	0.13	1.04	0.044
290			20.45 - 21.45	0.05	3.82	0.356	0.01	1.28	0.120	0.13	1.05	0.034
291			21.45 - 22.45	0.04	3.41	0.259	0.01	1.14	0.087	0.12	0.96	0.021
292	ราชดำเนินกลาง	6 ก.พ. 49	13.45 - 14.45	0.28	27.38	1.599	0.01	2.76	0.161	0.14	1.77	0.044
293			14.50 - 15.50	0.31	29.17	1.783	0.02	2.94	0.180	0.15	1.86	0.051
294			15.55 - 16.55	0.35	30.56	1.860	0.02	3.08	0.188	0.15	1.94	0.054
295			17.00 - 18.00	0.42	39.24	2.303	0.02	3.96	0.232	0.17	2.42	0.071

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
296	ราชดำเนินกลาง	26 ก.พ. 49	18.05 - 19.05	0.45	43.01	2.379	0.02	4.34	0.240	0.17	2.63	0.074
297			17.00 - 18.00	0.33	51.19	2.536	0.02	5.16	0.256	0.15	3.08	0.080
298			18.05 - 19.05	0.34	51.28	2.681	0.02	5.17	0.270	0.15	3.08	0.085
299			19.10 - 20.10	0.33	48.69	2.568	0.02	4.91	0.259	0.15	2.94	0.081
300			20.15 - 21.15	0.30	43.83	2.337	0.01	4.42	0.236	0.15	2.67	0.072
301			21.20 - 22.20	0.26	35.66	1.997	0.01	3.59	0.201	0.14	2.22	0.059
302	ราชดำเนินกลาง	27 ก.พ. 49	19.30 - 20.30	0.37	53.24	2.786	0.02	5.37	0.281	0.16	3.19	0.089
303			20.45 - 21.45	0.25	39.08	1.999	0.01	3.94	0.202	0.14	2.41	0.059
304			22.00 - 23.00	0.19	33.21	1.647	0.01	3.35	0.166	0.13	2.09	0.046
305			23.15 - 24.15	0.13	25.74	1.253	0.01	2.59	0.126	0.12	1.67	0.031
306			24.20 - 01.30	0.10	21.66	1.043	0.01	2.18	0.105	0.11	1.45	0.023
307	ราชดำเนินกลาง	26 ส.ค. 49	19.15 - 20.15	0.70	35.10	3.639	0.03	2.36	0.245	0.19	1.55	0.075
308			20.15 - 21.15	0.59	31.73	-	0.03	3.20	-	0.19	2.00	-

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
309	ราชดำเนินกลาง	26 ส.ค. 49	21.15 - 22.15	-	26.62	2.907	-	2.68	0.293	-	1.72	0.094
310			22.15 - 23.15	0.30	21.49	1.756	0.02	2.17	0.177	0.15	1.44	0.050
311			23.15 - 24.15	0.23	24.44	1.439	0.01	2.46	0.145	0.14	1.60	0.038
312			24.15 - 01.15	-	21.17	1.378	-	2.13	0.139	-	1.42	0.036
313	พระจันทร์	27 ส.ค. 49	11.45 - 12.45	0.06	6.29	0.436	0.01	2.77	0.192	0.14	1.64	0.050
314			12.45 - 13.45	-	7.36	0.508	-	3.24	0.223	-	1.88	0.060
315			13.45 - 14.45	-	9.07	0.545	-	2.66	0.160	-	1.59	0.039
316			14.45 - 15.45	0.07	5.92	0.446	0.02	2.61	0.196	0.14	1.56	0.051
317			15.45 - 16.45	0.07	5.69	0.417	0.02	2.51	0.184	0.14	1.51	0.047
318			16.45 - 17.45	0.07	5.11	0.422	0.02	2.25	0.186	0.14	1.38	0.048
319	พระจันทร์		10 ก.ย. 49	10.00 - 11.00	0.17	7.46	-	0.04	3.28	-	0.21	1.90
320		11.00 - 12.00		0.14	8.23	0.732	0.03	3.62	0.322	0.19	2.07	0.094
321		12.00 - 13.00		0.14	8.10	0.721	0.03	3.57	0.317	0.19	2.04	0.093

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
322	พระจันทร์	10 ก.ย. 49	13.00 - 14.00	0.12	7.88	0.662	0.03	3.47	0.291	0.18	1.99	0.084
323			14.00 - 15.00	0.13	7.12	0.697	0.03	3.14	0.307	0.18	1.82	0.089
324			15.00 - 16.00	0.13	5.88	0.649	0.03	2.59	0.286	0.18	1.55	0.082
325	พระสุเมรุ (2)	28 ส.ค. 49	13.00 - 14.00	0.20	21.32	1.143	0.04	7.66	0.410	0.14	1.83	0.042
326			14.00 - 15.00	0.19	17.66	1.014	0.03	6.34	0.364	0.14	1.56	0.035
327			15.00 - 16.00	0.21	22.33	1.174	0.04	8.02	0.422	0.14	1.91	0.043
328			16.00 - 17.00	-	24.67	1.241	-	8.86	0.446	-	2.08	0.047
329			17.00 - 18.00	0.23	27.89	1.332	0.04	10.02	0.478	0.15	2.32	0.051
330			18.00 - 19.00	-	46.61	1.663	-	11.16	0.398	-	2.55	0.040
331	จักรพงษ์	29 ส.ค. 49	15.30 - 16.30	-	17.68	0.959	-	6.14	0.333	-	1.41	0.027
332			16.35 - 17.35	-	-	1.041	-	-	0.361	-	-	0.030
333			17.40 - 18.40	-	-	1.118	-	-	0.259	-	-	0.017
334			18.45 - 19.45	-	11.77	-	-	8.18	-	-	1.79	-

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ)

ที่	ถนน	วันที่	เวลา	อัตราการปล่อย (มิลลิกรัมต่อเมตรต่อวินาที)			ความเข้มข้นจากแบบจำลอง แบบกล่อง (มก./ลบ.ม.)			ความเข้มข้นจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนา (มก./ลบ.ม.)		
				TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
335	จักรพงษ์	29 ส.ค. 49	19.50 - 20.50	-	9.35	-	-	6.49	-	-	1.48	-
336			20.55 - 21.55	0.10	5.69	0.507	0.02	3.95	0.176	0.12	1.00	0.007
337	สีบสามห้าง	30 ส.ค. 49	13.00 - 14.00	0.06	5.70	0.387	0.01	1.36	0.093	0.13	1.15	0.025
338			14.00 - 15.00	0.06	5.37	0.371	0.01	1.29	0.089	0.12	1.10	0.024
339			15.00 - 16.00	0.07	8.16	0.480	0.01	1.95	0.115	0.13	1.53	0.035
340			16.00 - 17.00	0.08	8.55	0.514	0.01	2.05	0.123	0.13	1.60	0.039
341			17.00 - 18.00	0.06	8.37	0.435	0.01	2.00	0.104	0.13	1.57	0.031
342			18.00 - 19.00	0.06	7.38	0.403	0.01	1.77	0.096	0.13	1.41	0.027

## ภาคผนวก ข

### ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

#### ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศกับปริมาณการจราจร

ตารางที่ ข.1 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถทั้งหมดกับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น

##### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.402 <sup>a</sup>	.161	.159	.03583

a. Predictors: (Constant), รถรวม

ตารางที่ ข.2 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถทั้งหมดกับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น

##### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.079	1	.079	61.935	.000 <sup>a</sup>
	Residual	.413	322	.001		
	Total	.493	323			

a. Predictors: (Constant), รถรวม

b. Dependent Variable: TSP

ตารางที่ ข.3 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถทั้งหมดกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

##### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.389 <sup>a</sup>	.151	.149	.56196

a. Predictors: (Constant), รถรวม

ตารางที่ ๔.4 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถทั้งหมดกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	18.868	1	18.868	59.748	.000 <sup>a</sup>
	Residual	105.792	335	.316		
	Total	124.660	336			

a. Predictors: (Constant), รถรวม

b. Dependent Variable: CO

ตารางที่ ๔.5 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถทั้งหมดกับความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.347 <sup>a</sup>	.120	.118	.04479

a. Predictors: (Constant), รถรวม

ตารางที่ ๔.6 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถทั้งหมดกับความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.091	1	.091	45.221	.000 <sup>a</sup>
	Residual	.664	331	.002		
	Total	.755	332			

a. Predictors: (Constant), รถรวม

b. Dependent Variable: NO2

ตารางที่ ๔.7 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถแยกประเภทกับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.612 <sup>a</sup>	.374	.366	.03109

a. Predictors: (Constant), รถ4, รถ2, รถ1, รถ3

ตารางที่ ๗.8 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถแยกประเภทกับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.184	4	.046	47.676	.000 <sup>a</sup>
	Residual	.308	319	.001		
	Total	.493	323			

a. Predictors: (Constant), รถ4, รถ2, รถ1, รถ3

b. Dependent Variable: TSP

ตารางที่ ๗.9 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถแยกประเภทกับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.139	.003		40.502	.000
	รถ1	-2.54E-05	.000	-.464	-6.173	.000
	รถ2	2.684E-06	.000	.033	.585	.559
	รถ3	4.080E-05	.000	.419	5.209	.000
	รถ4	.000	.000	.541	7.622	.000

a. Dependent Variable: TSP

ตารางที่ ๗.10 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถแยกประเภทกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.523 <sup>a</sup>	.274	.265	.52221

a. Predictors: (Constant), รถ4, รถ2, รถ1, รถ3

ตารางที่ ข.11 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ  
รถแยกประเภทกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	34.122	4	8.530	31.281	.000 <sup>a</sup>
	Residual	90.538	332	.273		
	Total	124.660	336			

a. Predictors: (Constant), รถ4, รถ2, รถ1, รถ3

b. Dependent Variable: CO

ตารางที่ ข.12 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง  
ปริมาณรถแยกประเภทกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.492	.056		26.472	.000
	รถ1	.001	.000	.626	7.879	.000
	รถ2	.000	.000	.314	5.240	.000
	รถ3	.000	.000	-.172	-2.055	.041
	รถ4	-.003	.001	-.340	-4.552	.000

a. Dependent Variable: CO

ตารางที่ ข.13 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถแยก  
ประเภทกับความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.507 <sup>a</sup>	.257	.248	.04135

a. Predictors: (Constant), รถ4, รถ2, รถ1, รถ3

ตารางที่ ข.14 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถแยกประเภทกับความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.194	4	.048	28.355	.000 <sup>a</sup>
	Residual	.561	328	.002		
	Total	.755	332			

a. Predictors: (Constant), รถ4, รถ2, รถ1, รถ3

b. Dependent Variable: NO2

ตารางที่ ข.15 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถแยกประเภทกับความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.042	.005		9.275	.000
	รถ1	-4.15E-06	.000	-.063	-.780	.436
	รถ2	-4.68E-06	.000	-.047	-.794	.428
	รถ3	-3.16E-06	.000	-.027	-.322	.748
	รถ4	.000	.000	.590	7.819	.000

a. Dependent Variable: NO2

**ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศกับโครงสร้างของถนน**

ตารางที่ ข.16 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นกับโครงสร้างถนน

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.223 <sup>a</sup>	.050	-.052	.03032

a. Predictors: (Constant), ร้อยละ, กว้าง, สูง

ตารางที่ ๗.17 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นกับโครงสร้างถนน

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.001	3	.000	.488	.693 <sup>a</sup>
	Residual	.026	28	.001		
	Total	.027	31			

a. Predictors: (Constant), ร้อยละ, กว้าง, สูง

b. Dependent Variable: TSP

ตารางที่ ๗.18 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นกับโครงสร้างถนน

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.099	.053		1.861	.073
	กว้าง	5.576E-05	.001	.018	.094	.926
	สูง	.003	.002	.491	1.187	.245
	ร้อยละ	.001	.001	.453	1.081	.289

a. Dependent Variable: TSP

ตารางที่ ๗.19 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับโครงสร้างถนน

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.218 <sup>a</sup>	.048	-.054	.57405

a. Predictors: (Constant), ร้อยละ, กว้าง, สูง

ตารางที่ ๗.20 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับโครงสร้างถนน

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.462	3	.154	.467	.707 <sup>a</sup>
	Residual	9.227	28	.330		
	Total	9.689	31			

a. Predictors: (Constant), ร้อยละ, กว้าง, สูง

b. Dependent Variable: CO

ตารางที่ ๗.21 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับโครงสร้างถนน

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.272	1.038		2.188	.037
	กว้าง	.006	.011	.097	.512	.613
	สูง	-.006	.045	-.056	-.133	.895
	ร้อยละ	-.007	.011	-.266	-.631	.533

a. Dependent Variable: CO

ตารางที่ ๗.22 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับโครงสร้างถนน

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.280 <sup>a</sup>	.078	-.017	.03606

a. Predictors: (Constant), ร้อยละ, กว้าง, สูง

ตารางที่ ข.23 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับโครงสร้างถนน

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.003	3	.001	.822	.492 <sup>a</sup>
	Residual	.038	29	.001		
	Total	.041	32			

a. Predictors: (Constant), ร้อยละ, กว้าง, สูง

b. Dependent Variable: NO2

ตารางที่ ข.24 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับโครงสร้างถนน

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.010	.063		.159	.874
	กว้าง	.001	.001	.230	1.255	.219
	สูง	.002	.003	.300	.752	.458
	ร้อยละ	.000	.001	.158	.393	.697

a. Dependent Variable: NO2

ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศกับความเร็วลม

ตารางที่ ข.25 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นกับความเร็วลม

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.057 <sup>a</sup>	.003	.000	.03906

a. Predictors: (Constant), ลม

ตารางที่ ข.26 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นกับความเร็วลม

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.002	1	.002	1.065	.303 <sup>a</sup>
	Residual	.491	322	.002		
	Total	.493	323			

a. Predictors: (Constant), ลม

b. Dependent Variable: TSP

ตารางที่ ข.27 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วลม

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.005 <sup>a</sup>	.000	-.003	.61308

a. Predictors: (Constant), ลม

ตารางที่ ข.28 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วลม

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.003	1	.003	.008	.930 <sup>a</sup>
	Residual	126.291	336	.376		
	Total	126.294	337			

a. Predictors: (Constant), ลม

b. Dependent Variable: CO

ตารางที่ ข.29 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับความเร็วลม

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.253 <sup>a</sup>	.064	.061	.04619

a. Predictors: (Constant), ลม

ตารางที่ ข.30 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับความเร็วลม

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.048	1	.048	22.672	.000 <sup>a</sup>
	Residual	.706	331	.002		
	Total	.755	332			

a. Predictors: (Constant), ลม

b. Dependent Variable: NO2

ข.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง

ตารางที่ ข.31 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.555 <sup>a</sup>	.308	.305	.03257

a. Predictors: (Constant), ค่าเฉล

ตารางที่ ข.32 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.155	1	.155	146.158	.000 <sup>a</sup>
	Residual	.349	329	.001		
	Total	.504	330			

a. Predictors: (Constant), ค่าเฉล

b. Dependent Variable: ตรวจวัด

ตารางที่ ข.33 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง  
ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.127	.004		35.750	.000
	ค่ามลพิษ	1.011	.084	.555	12.090	.000

a. Dependent Variable: ตรวจวัด

ตารางที่ ข.34 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น  
ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.679 <sup>a</sup>	.461	.460	.44833

a. Predictors: (Constant), ค่ามลพิษ

ตารางที่ ข.35 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความ  
เข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบ  
กล่อง

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	58.325	1	58.325	290.168	.000 <sup>a</sup>
	Residual	68.140	339	.201		
	Total	126.465	340			

a. Predictors: (Constant), ค่ามลพิษ

b. Dependent Variable: ตรวจวัด

ตารางที่ ข.36 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.277	.045		28.164	.000
	ค่าวน	.210	.012	.679	17.034	.000

a. Dependent Variable: ตรวจวัด

ตารางที่ ข.37 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.600 <sup>a</sup>	.360	.358	.03829

a. Predictors: (Constant), ค่าวน

ตารางที่ ข.38 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองแบบกล่อง

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.282	1	.282	192.690	.000 <sup>a</sup>
	Residual	.503	343	.001		
	Total	.785	344			

a. Predictors: (Constant), ค่าวน

b. Dependent Variable: ตรวจวัด

ตารางที่ ข.39 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง  
ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลอง  
แบบกล่อง

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.014	.004		3.303	.001
	ค่ามวล	.238	.017	.600	13.881	.000

a. Dependent Variable: ตรวจวัด

ข.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากการ  
ตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่พัฒนา

ตารางที่ ข.40 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น  
ของอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.786 <sup>a</sup>	.618	.617	.02417

a. Predictors: (Constant), ค่ามวล

ตารางที่ ข.41 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความ  
เข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.305	1	.305	521.834	.000 <sup>a</sup>
	Residual	.188	322	.001		
	Total	.493	323			

a. Predictors: (Constant), ค่ามวล

b. Dependent Variable: ตรวจวัด

ตารางที่ ๔.42 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.098	.003		31.166	.000
	ค่ามวล	5.349	.234	.786	22.844	.000

a. Dependent Variable: ตรวจวัด

ตารางที่ ๔.43 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.952 <sup>a</sup>	.907	.906	.18739

a. Predictors: (Constant), ค่ามวล

ตารางที่ ๔.44 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	114.495	1	114.495	3260.600	.000 <sup>a</sup>
	Residual	11.799	336	.035		
	Total	126.294	337			

a. Predictors: (Constant), ค่ามวล

b. Dependent Variable: ตรวจวัด

ตารางที่ ๕.45 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.256	.031		8.240	.000
	ค่ามวล	.902	.016	.952	57.102	.000

a. Dependent Variable: ตรวจวัด

ตารางที่ ๕.46 ผลสรุปการวิเคราะห์ความถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.735 <sup>a</sup>	.541	.539	.03236

a. Predictors: (Constant), ค่ามวล

ตารางที่ ๕.47 ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองที่ได้พัฒนา

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.408	1	.408	389.593	.000 <sup>a</sup>
	Residual	.347	331	.001		
	Total	.755	332			

a. Predictors: (Constant), ค่ามวล

b. Dependent Variable: ตรวจวัด

ตารางที่ 48 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง  
ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลอง  
ที่ได้พัฒนา

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.016	.005		-3.614	.000
	ค่ามวล	.617	.031	.735	19.738	.000

a. Dependent Variable: ตรวจวัด

## ผนวก ซ

### มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย พ.ศ. 2538

ตารางที่ ซ.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย พ.ศ. 2538 ของกรม  
ควบคุมมลพิษ (ที่สภาวะมาตรฐาน 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ)

สารมลพิษ	ค่ามาตรฐาน (มก. / ลบ.ม.)					วิธีการตรวจวัด
	1 ชม.	8 ชม.	24 ชม.	1 เดือน	1 ปี	
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	34.2	10.26	-	-	-	นันทิสเปอร์ซีฟ อินฟราเรด ดีเทคชั่น
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (as NO <sub>x</sub> )	0.32	-	-	-	-	เคมีลูมิเนสเซนส์
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	0.78	-	0.30	-	0.10	พาราโรซานิลีน
ฝุ่นละออง	-	-	0.33	-	0.10	กราวิเมตริก ไฮโวลุ่ม
โอโซน	0.20	-	-	-	-	เคมีลูมิเนสเซนส์
ตะกั่ว	-	-	0.01	0.0015	-	อะตอมมิกแอบซอบ ชัน สเปกโตรมิเตอร์

แหล่งที่มา: กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ และ  
เทคโนโลยี (2540 : 15)

## ภาคผนวก ฅ

### โปรแกรมคอมพิวเตอร์ RAM

#### ภาคผนวก ฅ.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ RAM

```
Private Sub command2_Click()
```

```
Text1 = " "
```

```
Text2 = " "
```

```
Text3 = " "
```

```
Text4 = " "
```

```
Text5 = " "
```

```
Text6 = " "
```

```
Text7 = " "
```

```
Text8 = " "
```

```
Text9 = " "
```

```
Text10 = " "
```

```
Text11 = " "
```

```
Text12 = " "
```

```
Text13 = " "
```

```
Text14 = " "
```

```
Text15 = " "
```

```
Text16 = " "
```

```
Text17 = " "
```

```
Text98 = " "
```

```
End Sub
```

```
Private Sub command3_Click()
```

```

End
End Sub
Private Sub command1_Click()
'Section 1
'Declare variables and allow the user to input the thirteen variables
    Dim A, B, C, D, E, F, G, H, U, W, FB, L, Z, AR, TotalTSP, ConcTSP, TotalCO, ConcCO,
TotalNO2, ConcNO2 As Double
    Dim Discriminant, Disc As Double
    A = Val(Text1.Text)
    B = Val(Text2.Text)
    C = Val(Text3.Text)
    D = Val(Text4.Text)
    E = Val(Text5.Text)
    F = Val(Text6.Text)
    G = Val(Text7.Text)
    H = Val(Text8.Text)
    U = Val(Text9.Text)
    W = Val(Text10.Text)
    FB = Val(Text11.Text)
    L = Val(Text12.Text)
    Z = Val(Text13.Text)
    AR = Val(Text14.Text)
'Section 2
'Calculate the Emission of Equation (QCO)
'Emission CO
    QCO1 = A * (98.297 * (2.7183 ^ (-0.0401 * E)))
    QCO2 = B * (88.384 * (2.7183 ^ (-0.0497 * F)))
    QCO3 = C * (4.2159 * (2.7183 ^ (-0.0362 * G)))
    QCO4 = D * (25.801 * (2.7183 ^ (-0.0383 * H)))

```

TotalCO = QCO1 + QCO2 + QCO3 + QCO4

ConcCO = (0.902 \* (TotalCO \* L \* AR) / (Z \* (W + FB) \* U \* 100 \* 3600)) + 0.256

Text15 = Format(ConcCO, "#####.#####")

'Section 3

'Calculate the Emission of Equation (QTSP)

'Emission TSP

QTSP1 = A \* 0.005

QTSP2 = B \* 0.15

QTSP3 = C \* 0.398

QTSP4 = D \* 1.855

TotalTSP = QTSP1 + QTSP2 + QTSP3 + QTSP4

ConcTSP = (5.349 \* (TotalTSP \* L \* AR) / (Z \* (W + FB) \* (U + 1) \* 100 \* 3600)) +

0.098

Text16 = Format(ConcTSP, "#####.#####")

'Section 4

'Calculate the Emission of Equation (QNO)

'Emission NOx

QNO1 = A \* (((0.0004 \* (E ^ 2)) - (0.0266 \* E) + 1.473))

QNO2 = B \* (((0.0002 \* (F ^ 2)) - (0.008 \* F) + 0.5245))

QNO3 = C \* (((0.0005 \* (G ^ 2)) - (0.0502 \* G) + 2.2433))

QNO4 = D \* (((0.0041 \* (H ^ 2)) - (0.384 \* H) + 17.087))

TotalNO2 = QNO1 + QNO2 + QNO3 + QNO4

ConcNO2 = (0.617 \* (TotalNO2 \* L \* AR) / (Z \* (W + FB) \* U \* 100 \* 3600)) - 0.016

Text17 = Format(ConcNO2, "#####.#####")

Text98 = Format(Now, "dd/mm/yy")

End Sub

Private Sub cmdSelectPrinter\_Click()

Dim Msg As String

dlgprinter.ShowPrinter

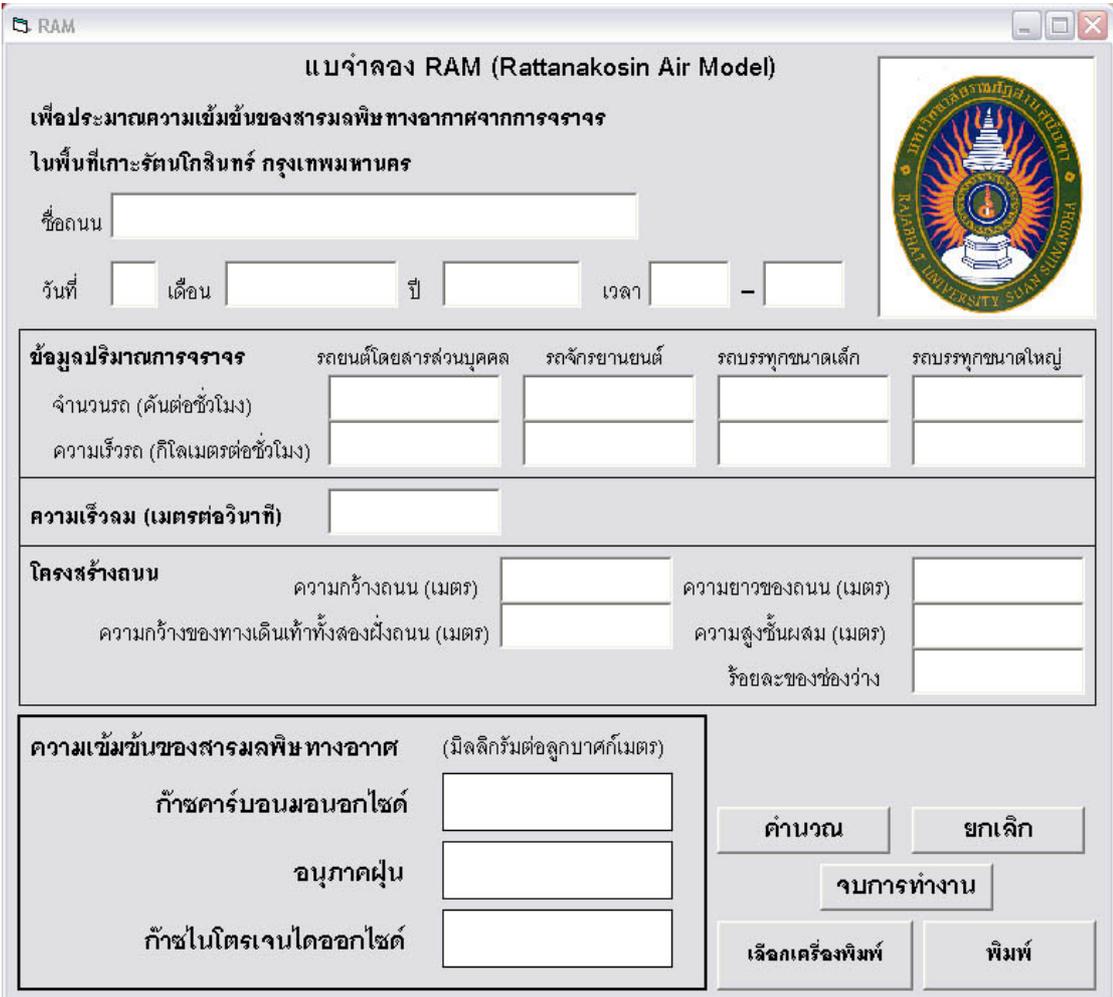
End Sub

Private Sub print\_Click()

RAM.PrintForm

End Sub

## ภาคผนวก ฅ.2 หน้าจอแสดงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ RAM



RAM

แบบจำลอง RAM (Rattanakosin Air Model)

เพื่อประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการจราจร

ในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร

ชื่อถนน

วันที่  เดือน  ปี  เวลา  -

**ข้อมูลปริมาณการจราจร**

	รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล	รถจักรยานยนต์	รถบรรทุกขนาดเล็ก	รถบรรทุกขนาดใหญ่
จำนวนรถ (คันต่อชั่วโมง)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)**

**โครงสร้างถนน**

ความกว้างถนน (เมตร)	<input type="text"/>	ความยาวของถนน (เมตร)	<input type="text"/>
ความกว้างของทางเดินเท้าทั้งสองฝั่งถนน (เมตร)	<input type="text"/>	ความสูงชั้นผสม (เมตร)	<input type="text"/>
		ร้อยละของช่องว่าง	<input type="text"/>

**ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ** (มีผลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	<input type="text"/>
อนุภาคฝุ่น	<input type="text"/>
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	<input type="text"/>

คำนวณ      ยกเลิก

จบการทำงาน

เลือกเครื่องพิมพ์      พิมพ์

ภาพที่ ฅ.1 หน้าจอแสดงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ RAM

### ภาคผนวก ณ.3 การใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ RAM

การใช้งานโปรแกรม Rattanakosin Air Model มีขั้นตอนดังนี้

1. เข้าสู่โปรแกรม Rattanakosin Air Model โดย  จะปรากฏหน้าจอของโปรแกรมแสดงดังภาพที่ ณ.1  
Ram.exe

2. ทำการป้อนข้อมูลได้แก่

2.1 ชื่อถนน

2.2 วัน เดือน ปี เวลา ที่ศึกษา

2.3 ปริมาณรถ (คันต่อชั่วโมง) และความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

2.4 ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

2.5 ลักษณะของโครงสร้างถนน ได้แก่

2.5.1 ความกว้างของถนน (เมตร)

2.5.2 ความกว้างของทางเดินเท้าทั้งสองฝั่งถนน (เมตร)

2.5.3 ความยาวของถนน (เมตร)

2.5.4 ความสูงชั้นผสม (เมตร)

2.5.5 ร้อยละของช่องว่าง

เมื่อป้อนข้อมูลหน้าจอครบแล้วจะปรากฏหน้าจอดังภาพที่ ณ.2

3. กดเลือก “ตกลง” เพื่อให้โปรแกรมทำการคำนวณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ

4. ผลการคำนวณจะปรากฏดังภาพที่ ณ.3

5. เมื่อต้องการทำการเปลี่ยนข้อมูลเพื่อการคำนวณใหม่ กดเลือก “ยกเลิก” หน้าจอจะกลับไปอยู่ในสภาวะดังภาพที่ ณ.1

6. เมื่อต้องการพิมพ์ข้อมูลและผลการคำนวณ กด “พิมพ์”

7. เมื่อต้องการจบการทำงานและออกจากโปรแกรม กดเลือก “จบการทำงาน”

RAM

**แบบจำลอง RAM (Rattanakosin Air Model)**

เพื่อประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการจราจร

ในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร

ชื่อถนน

วันที่  เดือน  ปี  เวลา  -



ข้อมูลปริมาณการจราจร	รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล	รถจักรยานยนต์	รถบรรทุกขนาดเล็ก	รถบรรทุกขนาดใหญ่
จำนวนรถ (คันต่อชั่วโมง)	582	581	423	32
ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	25.69	37.40	23.67	18.12

ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

โครงสร้างถนน	ความกว้างถนน (เมตร)	ความยาวของถนน (เมตร)	ความกว้างของทางเดินเท้าทั้งสองฝั่งถนน (เมตร)	ความสูงชั้นผสม (เมตร)	ร้อยละของช่องว่าง
	11.8	100	5.3	16	73.31

ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ (มีผลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

อนุภาคฝุ่น

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

คำนวณ  ยกเลิก

จบการทำงาน

เลือกเครื่องพิมพ์  พิมพ์

ภาพที่ ฅ.2 หน้าจอแสดงผลการป้อนข้อมูลของโปรแกรม

RAM

แบบจำลอง RAM (Rattanakosin Air Model)

เพื่อประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการจราจร  
ในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร

ชื่อถนน ถนนดินสอ

วันที่ 6 เดือน กันยายน ปี 2549 เวลา 15.30 - 16.30



ข้อมูลปริมาณการจราจร	รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล	รถจักรยานยนต์	รถบรรทุกขนาดเล็ก	รถบรรทุกขนาดใหญ่
จำนวนรถ (คันต่อชั่วโมง)	582	581	423	32
ความเร็วรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	25.69	37.40	23.67	18.12

ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที) 1

โครงสร้างถนน	ความกว้างถนน (เมตร)	ความยาวของถนน (เมตร)	ความสูงชั้นผสม (เมตร)
ความกว้างของทางเดินเท้าทั้งสองฝั่งถนน (เมตร)	11.8	100	16
	5.3	ร้อยละของช่องว่าง	73.31

ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	2.2428
อนุภาคฝุ่น	.1613
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	.0684

คำนวณ ยกเลิก

จบการทำงาน

เลือกเครื่องพิมพ์ พิมพ์

ภาพที่ ฅ.3 หน้าจอแสดงผลการทำงานของโปรแกรม

## ภาคผนวก ญ

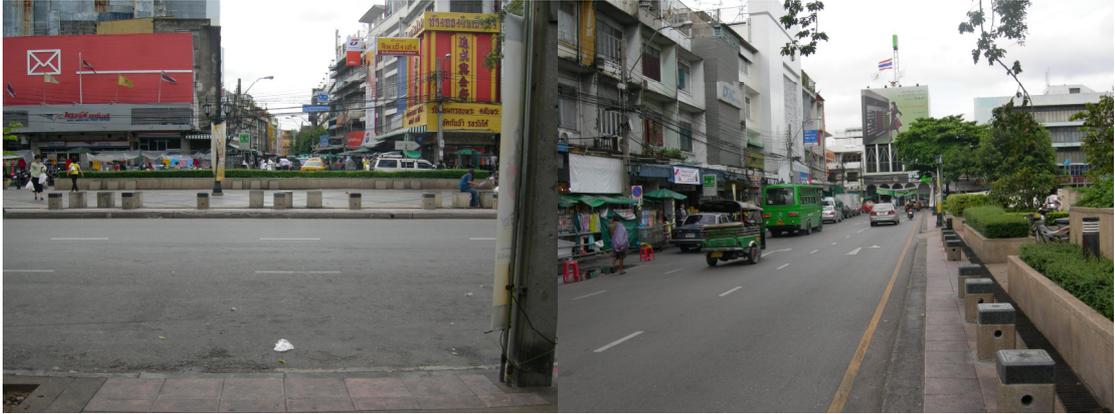
### ภาพถนนในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์



ภาพที่ ญ.1 ถนนตะนาว



ภาพที่ ญ.2 ถนนราชดำเนินกลาง



ภาพที่ ๓ ถนนสี่บสามห้าง



ภาพที่ ๔ ถนนพระสุเมรุ



ภาพที่ ๕ ถนนพระสุเมรุ



ภาพที่ ๖ ถนนจักรพงษ์



ภาพที่ ๗ ถนนพระอาทิตย์



ภาพที่ ๘ ถนนพระอาทิตย์



ภาพที่ ๙.๙ ถนนตีทอง



ภาพที่ ๙.๑๐ ถนนบำรุงเมือง



ภาพที่ ๙.๑๑ ถนนดินสอ



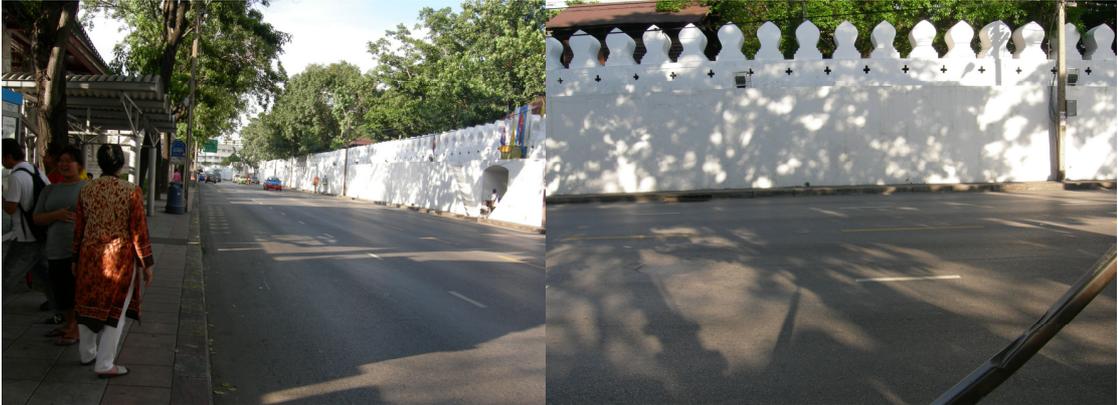
ภาพที่ ๑๒. ถนนมหรรณพ



ภาพที่ ๑๓. ถนนตะนาว



ภาพที่ ๑๔. ถนนเฟื่องนคร



ภาพที่ ๑๕ ถนนมหาไชย



ภาพที่ ๑๖ ถนนหน้าพระธาตุ



ภาพที่ ๑๗ ถนนพระจันทร์



ภาพที่ ๑๘ ถนนมหาจักร



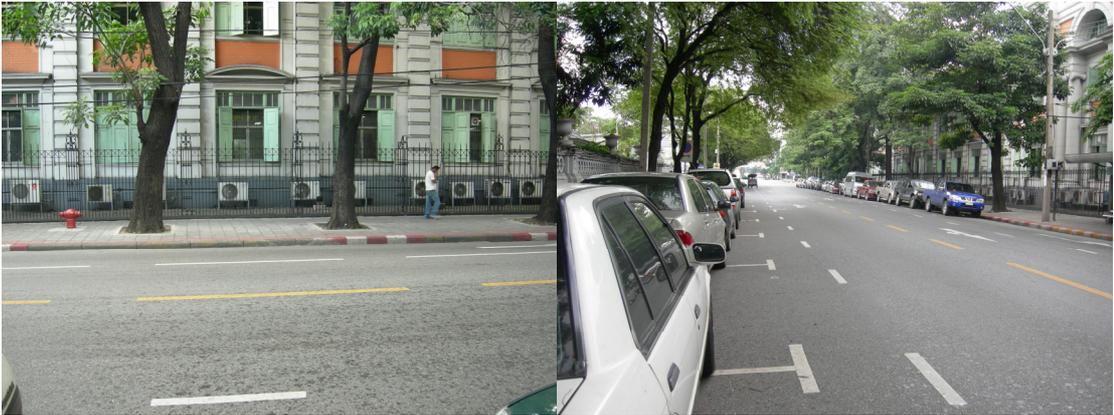
ภาพที่ ๑๙ ถนนมหาราช



ภาพที่ ๒๐ ถนนอัมรินทร์



ภาพที่ ๓.๒๑ ถนนราชินี



ภาพที่ ๓.๒๒ ถนนเจริญกรุง



ภาพที่ ๓.๒๓ ถนนสนามไชย



ภาพที่ ๓๒.๒๔ ถนนตรีเพชร



ภาพที่ ๓๒.๒๕ ถนนจักรเพชร



ภาพที่ ๓๒.๒๖ ถนนบ้านหม้อ

## ภาคผนวก ก

### ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร

ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภท ภายในกรุงรัตนโกสินทร์ชั้นใน ในท้องที่แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2528

โดยที่เป็นการสมควรมีข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภท ภายในกรุงรัตนโกสินทร์ชั้นใน ในท้องที่แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 9 และมาตรา 13 แห่งพระราชบัญญัติ ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และมาตรา 67 แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2518 กรุงเทพมหานคร โดยได้รับความเห็นชอบจากสภากรุงเทพมหานคร จึงตราข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครขึ้นไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครนี้เรียกว่า “ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภท ภายในกรุงรัตนโกสินทร์ชั้นใน ในท้องที่แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพมหานครพ.ศ. 2528”

ข้อ 2. ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา และกรุงเทพมหานครกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ข้อ 3. ในข้อบัญญัตินี้

“บริเวณกรุงรัตนโกสินทร์ชั้นใน” หมายความว่า พื้นที่ในบริเวณแนวกำแพงกลางคลองคูเมืองเดิมกับแนวกำแพงกลางแม่น้ำเจ้าพระยา

“บริเวณที่ 1” หมายความว่า พื้นที่ในบริเวณกรุงรัตนโกสินทร์ชั้นใน เว้นแต่บริเวณ 2 บริเวณที่ 3 และบริเวณที่ 4

“บริเวณที่ 2” หมายความว่า พื้นที่ในบริเวณระหว่างทิศเหนือจดถนนพระจันทร์ ทิศใต้จดถนนหน้าพระลาน ทิศตะวันออกจดถนนมหาธาตุ ทิศตะวันตกจดแนวกำแพงกลางแม่น้ำเจ้าพระยา

“บริเวณที่ 3” หมายความว่า พื้นที่ในบริเวณระหว่างทิศตะวันตกเฉียงเหนือจดถนน  
มหาราช ทิศตะวันตกเฉียงเหนือจดถนนท้ายวัง ทิศตะวันตกเฉียงใต้จดแนวกิ่งกลางแม่น้ำ  
เจ้าพระยา ทิศตะวันออกเฉียงเหนือจดแนวกิ่งกลางคลองคูเมืองเดิม

“บริเวณที่ 4” หมายความว่า พื้นที่ในบริเวณระหว่างทิศตะวันออกเฉียงเหนือจดแนว  
กิ่งกลางคลองคูเมืองเดิม ทิศตะวันตกเฉียงเหนือจดแนวกิ่งกลางแม่น้ำเจ้าพระยา ทิศตะวันตกเฉียง  
ใต้จดแนวที่ดินที่ตั้งสำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา ทิศตะวันออกเฉียงใต้จดถนนพระอาทิตย์

ทั้งนี้ ตามแผนที่ท้ายข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครนี้

ข้อ 4. ภายในบริเวณที่ 1 ห้ามบุคคลใดก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารห้องแถว ตึกแถว โรงงานตาม  
กฎหมายว่าด้วยโรงงาน อาคารพาณิชย์ อาคารสาธารณะ หรืออาคารอื่นใด ยกเว้นอาคารทาง  
ศาสนา อาคารที่ทำการของทางราชการ โดยให้มีความสูงได้ไม่เกินความสูงของอาคารเดิม และ  
จะต้องไม่เกิน 16 เมตร ทั้งนี้ให้วัดจากระดับถนนหรือขอบทางเท้าที่ใกล้ที่สุดถึงส่วนที่สูงที่สุดของ  
อาคาร

ข้อ 5. ภายในบริเวณที่ 2 บริเวณที่ 3 และบริเวณที่ 4 ห้ามบุคคลใดก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร  
บางชนิดหรือบางประเภทดังต่อไปนี้

1. โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน
2. อาคารที่ใช้ประกอบการค้าซึ่งเป็นที่รังเกียจหรืออาจเป็นอันตรายสุขภาพ
3. สถานบริการตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ
4. โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม
5. โรงมหรสพตามกฎหมายว่าด้วยการป้องกันภัยอันตรายอันเกิดแต่การเล่นมหรสพ

ซึ่งเอกชนเป็นผู้ดำเนินการ

6. สถานที่เก็บสินค้า อาคาร หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคาร หรืออาคารที่มีลักษณะ  
ในทำนองเดียวกันที่ใช้เป็นที่สำหรับเก็บ พัก หรือขนถ่ายสินค้าหรือสิ่งของเพื่อประโยชน์ทางการค้า

7. หอประชุม เว้นแต่หอประชุมของทางราชการ โรงเรียน มหาวิทยาลัย

8. ห้องแถวหรือตึกแถว

9. ฌาปนสถาน

10. สถานที่เก็บและจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงตามกฎหมายว่าด้วยการเก็บรักษาน้ำมัน  
เชื้อเพลิง

11. อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นที่ฝึกซ้อม หรือแข่งขันกีฬาเพื่อ  
ประโยชน์ทางการค้า

12. ป้ายชื่อสถานประกอบกิจการที่มีพื้นที่รวมกันเกิน 5 ตารางเมตร หรือป้ายโฆษณา

13. อาคารที่มีความสูงเกิน 16 เมตร โดยวัดจากระดับถนนหรือขอบทางเท้าที่ใกล้ที่สุด ถึงส่วนที่สูงที่สุดของอาคาร

ข้อ 6. ภายในบริเวณกรุงเทพมหานครชั้นใน อาคารที่ได้รับอนุญาตให้ก่อสร้างหรือดัดแปลงเป็น อาคารประเภทไม่ควบคุมการใช้ ห้ามใช้อาคารนั้นเป็นอาคารประเภทควบคุมการใช้ตามมาตรา 32 วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

ทั้งนี้ เว้นแต่สถานพยาบาลที่ไม่มีเตียงรับผู้ป่วยไว้ค้างคืน หรือสถานศึกษาซึ่งมีระดับ การศึกษาไม่เกินประถมศึกษา

ข้อ 7. ภายในบริเวณกรุงเทพมหานครชั้นใน อาคารที่ได้รับอนุญาตให้ก่อสร้างหรือดัดแปลงเป็น อาคารประเภทควบคุมการใช้ตามมาตรา 32 วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ห้ามเปลี่ยนแปลงการใช้อาคารให้ผิดไปจากที่ระบุไว้ในใบอนุญาตให้ก่อสร้างหรือดัดแปลง อาคารนั้น

ข้อ 9. ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครนี้มีให้ใช้บังคับแก่การก่อสร้างเขื่อน สะพาน อุโมงค์ ทางหรือท่อ ระบายน้ำ ร้วหรือกำแพง

ข้อ 10. อาคารที่ได้รับอนุญาตให้ก่อสร้างหรือดัดแปลงก่อนวันที่ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครนี้ใช้ บังคับและยังก่อสร้างหรือดัดแปลงแล้วไม่เสร็จ ให้ดำเนินการตามที่ได้รับอนุญาตนั้นต่อไป

ข้อ 11. ให้ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานครรักษาการตามบัญญัติกรุงเทพมหานครนี้

ประกาศ ณ วันที่ 16 พฤศจิกายน 2528

## ประวัติผู้เขียนรายงานการวิจัย

ชื่อ – สกุล นาย ศิวพันธุ์ ชูอินทร์

### การศึกษา

ปริญญาโท วทม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (พ.ศ. 2544)  
ปริญญาตรี วทบ. (วิทยาศาสตร์เคมี)  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (พ.ศ. 2540)

### ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

อาจารย์ ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

### ผลงานวิชาการ

สุทิน อยู่สุข, วรารุช เสือดี, มีนา ทิพย์โสภณกิจ, ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ และเกรียงศักดิ์ เจียรพสุ  
อนันต์. 2544. ศัพท์บัญญัติและนิยามมลพิษทางอากาศ. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร.

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. 2549. เอกสารประกอบการสอนวิชามลพิษทางอากาศ.  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. 2549. ความรู้เบื้องต้นด้านมลพิษทางเสียง. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวน  
สุนันทา.