KKU Res. J. 2014; 19(5): 645-655
http : //resjournal.kku.ac.th

การปล่อยก๊าซมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัชเปรียบเทียบกับถนนระดับพื้นดินโดยใช้เทคโนโลยี GPS และแบบจำลอง Power-Based Motor-Vehicles Model

Emission of Air Pollutants from Chalongrat Expressway Compared to Road Ground Level by Using Power-Based Motor-Vehicle Model.

นิรันดร์ คงฤทธิ์
Nirun Kongritti

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Correspondent author: nirunkongritti@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปล่อยก๊าซมลพิษได้แก่ ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากยานพาหนะที่สัญจรบนทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน(ช่วงถนนสุขาภิบาล 5 - ถนนพระราม 9) โดยใช้เทคโนโลยี GPS และแบบจำลอง Power-Based Motor-Vehicle Model ผลการศึกษา พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชสามารถใช้ความเร็วเฉลี่ยมากกว่าถนนระดับพื้นดิน 97.25 เปอร์เซนต์ และเมื่อพิจารณาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถทดสอบพบว่าการใช้ทางพิเศษฉลองรัชมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่าถนนระดับพื้นดินประมาณ 31.29 เปอร์เซนต์ และการใช้ทางพิเศษฉลองรัชของรถยนต์ 1 คัน สามารถลดการปล่อยก๊าซมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 มากกว่าถนนระดับพื้นดินเฉลี่ย 25.17 เปอร์เซนต์ เนื่องจากการขับขี่บนทางพิเศษสามารถทำความเร็วได้และไม่มีสภาพการจราจรแบบ Stop-and-go condition มากเหมือนถนนระดับพื้นดินที่ต้องเร่งความเร็วหรือหยุดเร่งความเร็วบ่อยครั้ง ทำให้เครื่องยนต์ปล่อยมลพิษอากาศมาก และเมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษทางอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชของรถยนต์หนึ่งคันสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศ NOx CO HC และ CO_2 ได้เฉลี่ยเท่ากับ 2.83 บาทต่อกิโลเมตรต่อคัน

Abstract

The objective of this research was to investigate the emission of air pollutants from vehicles traveling on the expressway and ground-level roads, e.g. Carbon Monoxide (CO), Hydrocarbons (HC), Nitrogen Oxides (NOx) and Carbon Dioxide (CO_2). The Chalongrat Expressway and ground-level roads (Sukhaphiban 5 Road - RAMA IX Road) were selected as studies areas. The results showed vehicles using the Chalongrat Expressway

can have average speed higher than the ground-level roads was approximately 97.25. The fuel consumption rate of vehicles using the Chalongrat Expressway was lower than those using the ground-level roads for 31.29 percent in aggregate. In addition, one vehicle using the Chalongrat Expressway can reduce the emission of pollutants; namely, CO_2, HC, NO2 and CO for 25.17 percent because driving on the expressway can be on high speed and the traffic on the expressway was not in the Stop-and-Go condition like the ground-level roads where the vehicles were often speeded up or stopped, which stirred the engine to emit much air pollutants. From the calculation of expenses in eradicating air pollutants, driving on the Chalongrat Expressway could, on average, reduce the expenses in eradicating air pollutants, e.g. NOx, CO, HC and CO_2 for Baht 2.83 per kilometer per vehicle.

คำสำคัญ: เทคโนโลยี GPS, แบบจำลอง Power-Based Motor-Vehicle Model, มลพิษอากาศ

Keywords: Global Positioning System: GPS, Power-Based Motor-Vehicle Model, Air pollutants Emission

1. บทนำ

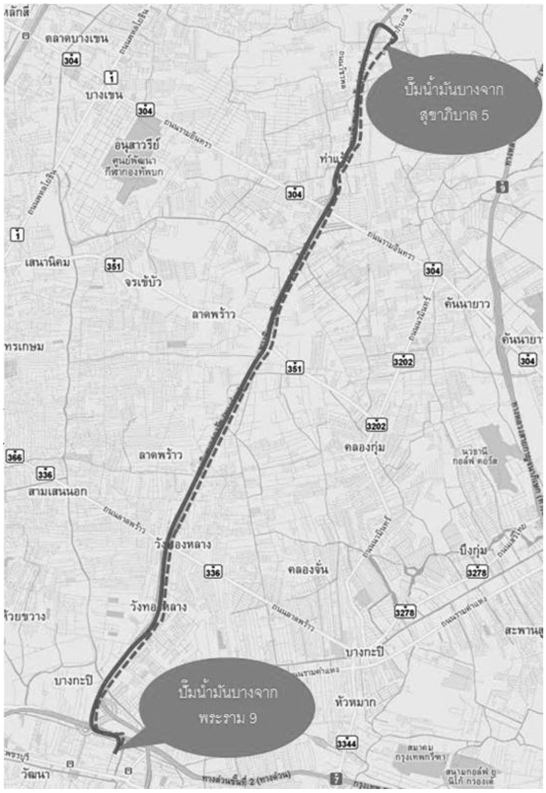
ภาวะโลกร้อน (Global Warming) หรือภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Climate Change) เป็นปัญหาใหญ่ของโลกในปัจจุบัน ซึ่งสังเกตได้จากอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีสาเหตุหลักมาจากปัญหาก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) ที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มมากขึ้นโดยในกรุงเทพมหานคร พบว่า การใช้พลังงานในภาคการจราจรและขนส่งเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gasses) ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มากที่สุดเมื่อเทียบกับส่วนอื่น ๆ ซึ่งสูงถึงประมาณ 21.18 ล้านตันต่อปี (1) โดยมลพิษอากาศจากการจราจรส่วนใหญ่มาจากการสัญจรของรถยนต์ ที่มีการปล่อยมลพิษอากาศออกมาเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับการเดินทางด้วยพาหนะอื่น ๆ จึงทำให้หลายหน่วยงานได้กำหนดแนวทางในการจัดการมลพิษอากาศดังกล่าว ซึ่งการทำนายหรือการพยากรณ์ระดับมลพิษอากาศเป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการวางแผนเพื่อลดปริมาณของมลพิษอากาศที่ปล่อยออกมาในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยการคาดการณ์หรือการพยากรณ์สามารถที่จะพัฒนาให้อยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างระดับมลพิษอากาศ และตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อมลพิษทางอากาศ (2)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปล่อยก๊าซมลพิษอากาศ จากยานพาหนะที่สัญจรบนทางพิเศษฉลองรัช และถนนระดับพื้นดิน (ช่วงถนนสุขาภิบาล 5 – ถนนพระราม 9) โดยศึกษาตัวแปรก๊าซมลพิษอากาศตามรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของทางพิเศษฉลองรัช ที่เสนอแนะให้มีการติดตามตรวจสอบก๊าซมลพิษอากาศ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC) ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยในการศึกษานี้ได้ใช้เทคโนโลยี GPS และแบบจำลอง Power-Based Motor-Vehicles Model ในการคาดการณ์การปล่อยมลพิษอากาศดังกล่าว ซึ่งผลที่ได้สามารถทำให้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซมลพิษอากาศจากยานพาหนะที่สัญจรบนทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน (ช่วงถนนสุขาภิบาล 5 – ถนนพระราม 9) และสามารถนำมาใช้ในการจัดการมลพิษอากาศจากทางพิเศษและถนนระดับพื้นดินอื่น ๆ ได้

2. วิธีวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้เลือกทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน (ช่วงถนนสุขาภิบาล 5 - ถนนพระราม 9) เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากมีปริมาณจราจรที่ใช้บนทางพิเศษและถนนระดับพื้นดินเป็นจำนวนมาก และเป็นทางพิเศษที่มีถนนระดับพื้นดินขนานกับทางพิเศษ ซึ่งเหมาะสมกับการเปรียบเทียบมากกว่าทางพิเศษอื่น ๆ รายละเอียด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน (ช่วงถนนสุขาภิบาล 5 - ถนนพระราม 9)

2.2 การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลโดยใช้อุปกรณ์ติดตามและตรวจวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และความเร็วของเครื่องยนต์แบบทันทีทันใด (Real Time) ประกอบด้วยอุปกรณ์ OBD-II แปลงสัญญาณการตรวจวัด ซึ่งเชื่อมต่อระหว่าง ECU (Engine Control Unit) ของรถยนต์ กับ USB Port ของคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ GPS Module เพื่อใช้ในการระบุพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก และอ้างอิงเวลาแบบ Time Stamp ซึ่งทำการเก็บข้อมูลทั้งวันที่ และเวลา โดยเก็บทุก 1 วินาที พร้อมทั้งติดตั้งกล้องเพื่อติดตามสภาพการจราจรแบบทันทีทันใด โดยการบันทึกข้อมูลจะใช้อุปกรณ์ GPS แบบ Off-line (Data Logger) โดยมีรายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ คือ เชื่อมต่อ GPS Module เข้ากับคอมพิวเตอร์ ติดตั้งเสาอากาศรับสัญญาณดาวเทียม และติดตั้ง OBD-II ซึ่งเป็นแผงวงจรคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการติดตามตรวจสอบการทำงานของเครื่องยนต์แบบนาทีต่อนาทีในการรับสัญญาณจาก ECU ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมเซ็นเซอร์จากทุก ๆ จุด ไม่ว่าจะเป็นเซ็นเซอร์ที่ตรวจวัดความสมบูรณ์ของการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ระบุถึงสัดส่วนระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ กำลังไฟ น้ำในหม้อน้ำ ภาระของเครื่องยนต์ อุณหภูมิของเครื่องยนต์ อุณหภูมิของอากาศ หรืออื่น ๆ เมื่อทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะทำการทดสอบตามเส้นทางทดสอบ โดยการเก็บข้อมูลลักษณะนี้จะสามารถเก็บข้อมูลได้แบบ Real Time และสามารถเก็บข้อมูลได้ละเอียดในระดับวินาที ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดและมีความถูกต้องแม่นยำ หลังจากนั้นจะนำข้อมูลมาประมวลผลโดยใช้แบบจำลอง Power-Based Motor-Vehicle Model

รูปที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์ OBD-II กล้องบันทึกภาพ และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ GPS กับคอมพิวเตอร์

2.2.1 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล

ช่วงเวลาการทดสอบครอบคลุมทั้งวันทำการและวันหยุดราชการโดยแบ่งช่วงเวลาทดสอบเป็น 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (เวลา 07.00 – 09.00 น.) นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (เวลา 09.00 – 17.00 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (เวลา 17.00 – 19.00 น.) ทั้งขาเข้าเมือง และขาออกเมือง

2.2.2 การประเมินอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและมลพิษอากาศ

การประเมินอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและมลพิษอากาศใช้แบบจำลอง Power – based Motor – Vehicle Model (3) ซึ่งเป็นแบบจำลองการคำนวณอัตราการบริโภคเชื้อเพลิงของรถยนต์และมลพิษอากาศ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 และ 2

$$\frac{dE(X)}{dt} = \alpha + \beta_1 R_T v + \left[\frac{\beta_2 Ma^2 v}{1000}\right]_{a>0} \quad , R_T > 0 \qquad (1)$$

$$\frac{dE(X)}{dt} = \alpha \quad , R_T \le 0 \qquad (2)$$

โดยที่

dE(x) : อัตราการบริโภคเชื้อเพลิงหรืออัตราการปล่อยมลพิษอากาศ (CO, CO_2, HC, NO_x)

R_T : แรงทั้งหมดที่ใช้ในการขับเคลื่อนยานพาหนะ (kN)

M : น้ำหนักของยานพาหนะ (kg)

α : อัตราการบริโภคเชื้อเพลิงในอุดมคติ (ml/km)

β_1 : สมรรถภาพที่ 1 ของเครื่องยนต์ โดยจะสัมพันธ์กับการบริโภคเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ใช้จ่ายพลังงาน (ml/kj)

β_2 : สมรรถภาพที่ 2 ของเครื่องยนต์ โดยจะสัมพันธ์กับการบริโภคเชื้อเพลิงของ เครื่องยนต์ในระหว่างที่มีการเร่งความเร็วขึ้น (ml/kj)

v : อัตราความเร็ว (km/hr)

a : อัตราความเร่ง (m/s^2)

สามารถคำนวณแรงทั้งหมดที่ใช้ในการขับเคลื่อนยานพาหนะได้จากสมการที่ (3)

$$R_T = b_1 + b_2 v^2 + \frac{Ma}{1000} + g\left(\frac{M}{1000}\right)\left(\frac{G}{100}\right) \qquad (3)$$

โดยที่

R_T : แรงทั้งหมดที่ใช้ในการขับเคลื่อนยานพาหนะ (kN)

g : ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

M : น้ำหนักของยานพาหนะ (kg)

α : อัตราการบริโภคเชื้อเพลิงในอุดมคติ (ml/km)

G : เปอร์เซ็นต์ความลาดเอียง

b_1 : แรงต้านล้อของยานพาหนะ (kn)

b_2 : แรงต้านอากาศ kn/(ms^2)

v : อัตราความเร็ว (km/hr)

ค่าพารามิเตอร์ ที่ใช้ในสมการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ 1) ค่าพารามิเตอร์ยานพาหนะ ประกอบด้วย น้ำหนักบรรทุก ประสิทธิภาพการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยมลพิษ ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวพิจารณาจาก ประเภทน้ำมันเชื้อเพลิง สมรรถภาพของเครื่องยนต์ อัตราส่วนสมรรถภาพกับน้ำหนัก จำนวนล้อและขนาดยาง ปัจจัยแรงต้านล้อของยานพาหนะ พื้นที่ด้านหน้า และค่าสัมประสิทธิ์หลักอากาศพลศาสตร์การดึงลาก โดยกำหนดยานพาหนะขนาดใหญ่มีจำนวนเพลามากกว่าสองเพลาหรือเป็นยางคู่ที่เพลาหลัง นอกเหนือจากนี้กำหนดเป็นยานพาหนะขนาดเล็ก เช่น รถยนต์ส่วนบุคคล รถตู้ รถบรรทุกขนาดเล็ก 2) ค่าพารามิเตอร์การจราจรและถนน ประกอบด้วย ความเร็ว อัตราเร่ง และความชัน (3) ค่าพารามิเตอร์ของสมการอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและมลพิษอากาศแสดงในตารางที่ 1 (4)

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์การประเมินอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและมลพิษทางอากาศ

พารามิเตอร์	คำอธิบาย	หน่วย น้ำมันเชื้อเพลิง	หน่วย มลพิษอากาศ	เชื้อเพลิง	CO	HC	NO_x
A	อัตราการบริโภคเชื้อเพลิง และการปล่อยมลพิษอากาศ จากแรงต้านล้อของยานพาหนะ	mL/km	g/km	21 (LV) 105 (HV)	1	0	0
B	อัตราการบริโภคเชื้อเพลิง และการปล่อยมลพิษอากาศ จากแรงต้านอากาศ	mL/km	g/km	$5.5x10^{-3}$(LV) 1780 (HV)	0	2	6
b_1	แรงต้านล้อของยานพาหนะ	kN	kN	0.233 (LV) 1.313 (HV)	0.6667	0	
b_2	แรงต้านอากาศ	$kN/(m/s)^2$	$kN/(m/s^2)$	$7.9x10^{-4}$(LV) $2.2x10^{-4}$(HV)	0	0	$6x10^{-5}$
β_1	สมรรถภาพที่ 1 ของเครื่องยนต์โดยสัมพันธ์กับการการบริโภคเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ใช้จ่ายพลังงาน	mL/kJ	g/kJ	0.09 (LV) 0.08 (HV)	150	0	10
β_2	สมรรถภาพที่ 1 ของเครื่องยนต์โดยสัมพันธ์กับการการบริโภคเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ในระหว่างที่มีการเร่งความเร็ว	mL/kJ	g/kJ	0.03 (LV) 0.02(HV)	250	4	2
M	น้ำหนักของยานพาหนะ LV	kg	kg	1140	1140	1140	1140
	น้ำหนักของยานพาหนะ HV	kg	kg	11000	11000	11000	11000

อัตราส่วน CO_2 (กรัม /มิลลิลิตรของเชื้อเพลิง)		
ยานพาหนะ LV : f_{CO2LV} =	2.5	g/mL
ยานพาหนะ HV: f_{CO2HV} =	2.6	g/mL

<u>หมายเหตุ</u>[1]LV= ยานพาหนะขนาดเล็ก

[2]HV= ยานพาหนะขนาดใหญ่

2.2.3 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศ

การคำนวณค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน โดยใช้ค่ากำจัดมลพิษอากาศและการคำนวณหาอัตราการปล่อยมลพิษอากาศของรถยนต์ของ Victoria Transport Policy Institute ประเทศออสเตรเลีย (5) โดยค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซมลพิษอากาศคิดที่อัตราแลกเปลี่ยนเงิน ณ วันที่ 2 พฤษภาคม 2557 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) เท่ากับ 501.73 บาทต่อกิโลกรัม
- ค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) เท่ากับ 14.16 บาทต่อกิโลกรัม
- ค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) เท่ากับ 0.03 บาทต่อกิโลกรัม
- ค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เท่ากับ 0.59 บาทต่อกิโลกรัม

3. ผลการวิจัย

การศึกษาการปล่อยก๊าซมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน (ช่วงถนนสุขาภิบาล 5 ถึง ถนนพระราม 9) ประกอบด้วย การศึกษาในช่วงวันทำงาน และวันหยุดราชการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การศึกษาในช่วงวันทำงาน

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น ความเร็วเฉลี่ย อัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และมลพิษอากาศ ต่อรถยนต์ 1 เที่ยว/คัน ในช่วงวันทำงาน 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า นอกเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น พบว่า

3.1.1 ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า

- ขาเข้าเมือง มีปริมาณจราจรเป็นจำนวนมากการใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดินมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 49 และ 26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 10.40 และ 7.30 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.0064 0.1792 0.0046 และ 4.8259 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนนระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0092 0.3000 0.0107 และ 6.0681 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 8.60 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 12.44 บาท

- ขาออกเมือง การใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน มีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 44 และ 27 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 9.00 และ 8.80 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.005 0.1559 0.0047 และ 5.5408 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนนระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0079 0.2201 0.0067 และ 4.8337 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 8.00 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 9.93 บาท

3.1.2 นอกเวลาเร่งด่วน

- ขาเข้าเมืองการใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดินมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 64 และ 26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 10.40 และ 8.80 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.0053 0.1401 0.0035 และ 4.8154 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนนระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0082 0.2443 0.0069 และ 4.7337 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 7.48 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 10.37 บาท

- ขาออกเมือง การใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน มีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 55 และ 29 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 10.00 และ 9.50 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.0048 0.1464 0.0040 และ 4.9435 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนน

ระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0074 0.2096 0.0061 และ 4.4888 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 8.66 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 9.33 บาท

3.1.2 ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น

- ขาเข้าเมืองการใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดินมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 39 และ 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 10.80 และ 7.60 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชของรถยนต์ 1 คัน ปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.0052 0.1421 0.0041 และ 4.6406 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนนระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0089 0.2519 0.0100 และ 5.9728 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 7.36 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 11.56 บาท

- ขาออกเมือง มีปริมาณจราจรเป็นจำนวนมาก การใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน มีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 36 และ 16 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 9.40 และ 7.20 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.0063 0.1716 0.0056 และ 5.2326 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนนระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0090 0.2611 0.0082 และ 6.0522 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 8.68 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 11.78 บาท

3.2 การศึกษาในช่วงวันหยุด

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น ความเร็วเฉลี่ย อัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และมลพิษอากาศ ต่อรถยนต์ 1 เที่ยว/คันในช่วงวันหยุด 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเร่งดวนเช้า นอกเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น พบว่า

3.1.1 ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า

- ขาเข้าเมืองการใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดินมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 67 และ 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 10.80 และ 9.00 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.0050 0.1344 0.0033 และ 4.6392 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนนระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0088 0.3641 0.0077 และ 4.5344 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 7.15 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 12.25 บาท

- ขาออกเมือง การใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน มีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 62 และ 46 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 10.10 และ 11.80 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.0054 0.1909 0.0043 และ 4.8961 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนนระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0059 0.1602 0.0042 และ 3.8877 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 8.30 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 7.52 บาท

3.1.2 นอกเวลาเร่งด่วน

- ขาเข้าเมืองการใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดินมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 60 และ 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 10.90 และ 8.60 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.0054 0.1457 0.0037 และ 4.6132 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนนระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0075 0.2098 0.0069 และ 4.6955 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 7.49 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 9.50 บาท

- ขาออกเมือง การใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน มีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 57 และ 26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 9.30 และ 9.60 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.0066

0.2630 0.0057 และ 5.2958 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนนระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0052 0.1576 0.0062 และ 4.2330 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 9.86 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 7.34 บาท

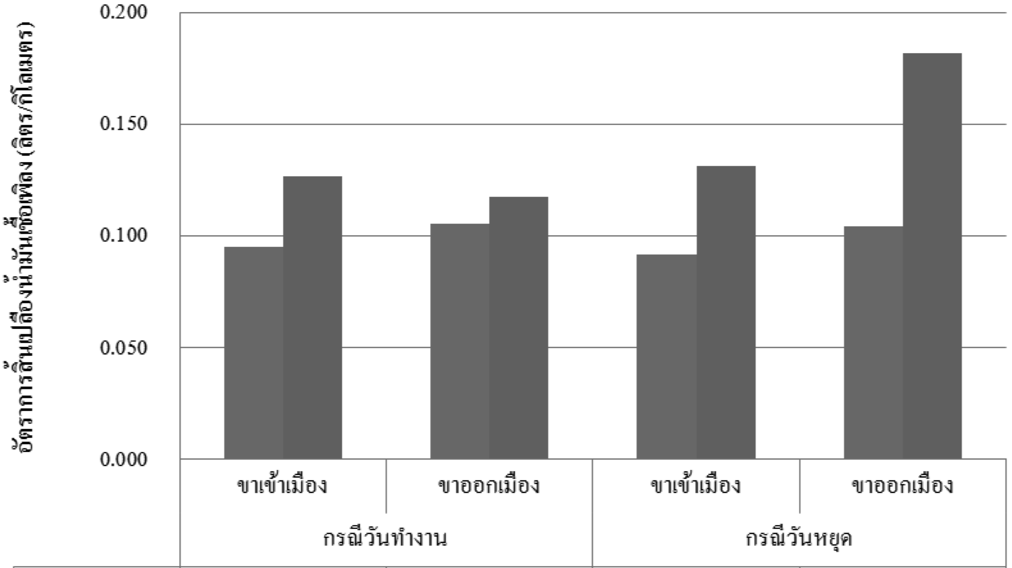
3.1.2 ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น

- ขาเข้าเมืองการใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดินมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 45 และ 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 10.90 และ 7.60 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชของรถยนต์ 1 คัน ปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.0049 0.1317 0.0044 และ 4.6076 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนนระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0084 0.2446 0.0091 และ 5.6295 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 7.04 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 11.00 บาท
- ขาออกเมือง การใช้ทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน มีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 33 และ 11 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 9.60 และ 5.50 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 เท่ากับ 0.0049 0.1257 0.0055 และ 5.1248 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถนนระดับพื้นดิน เท่ากับ 0.0110 0.3186 0.0107 และ 8.0252 กิโลกรัมตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 7.26 บาท และถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 14.77 บาท

4. การอภิปรายผล

การศึกษาการปล่อยก๊าซมลพิษอากาศจากทางพิเศษฉลองรัชเปรียบเทียบกับถนนระดับพื้นดินโดยใช้เทคโนโลยี GPS และแบบจำลอง Power-Based Motor-Vehicles Model เพื่อศึกษาการปล่อยก๊าซมลพิษ ได้แก่ NO_x CO HC และ CO_2 จากทางพิเศษ และถนนระดับพื้นดิน (ช่วงถนนสุขาภิบาล 5 – ถนนพระราม 9) ซึ่งมีระยะทางเฉลี่ยเท่ากับ 20.06 กิโลเมตร แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กรณีใหญ่ คือ ช่วงวันทำงาน และช่วงวันหยุด

การศึกษาในช่วงวันทำงาน กรณีขาเข้าเมือง พบว่า ยานพาหนะที่สัญจรบนทางพิเศษฉลองรัช สามารถใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 39–64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถนนระดับพื้นดินความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 24–26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อระยะทางสัญจรของยานพาหนะบนทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 0.095 ลิตรต่อกิโลเมตร (10.53 กิโลเมตรต่อลิตร) ถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 0.127 ลิตรต่อกิโลเมตร (7.90 กิโลเมตรต่อลิตร) รายละเอียดดังรูปที่ 3 และการปล่อยมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชสามารถลดการปล่อยมลพิษอากาศได้ 42.83 เปอร์เซ็นต์ และกรณีขาออกเมือง พบว่า ยานพาหนะที่สัญจรบนทางพิเศษฉลองรัช สามารถใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 36–55 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถนนระดับพื้นดินความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16–29 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อระยะทางสัญจรของยานพาหนะบนทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 0.105 ลิตรต่อกิโลเมตร (9.50 กิโลเมตรต่อลิตร) ถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 0.118 ลิตรต่อกิโลเมตร (8.50 กิโลเมตรต่อลิตร) และการปล่อยมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชสามารถลดการปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 ได้เฉลี่ย 28.67 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดค่ากำจัดมลพิษอากาศได้มากกว่าถนนระดับพื้นดิน 2.77 บาทต่อเที่ยวต่อคัน



	กรณีวันทำงาน		กรณีวันหยุด	
	ขาเข้าเมือง	ขาออกเมือง	ขาเข้าเมือง	ขาออกเมือง
ทางพิเศษ	0.095	0.105	0.092	0.104
ถนนระดับดิน	0.127	0.118	0.132	0.182

รูปที่ 3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะที่สัญจรบนทางพิเศษฉลองรัชและถนนระดับพื้นดิน

การศึกษาในช่วงวันหยุด กรณีขาเข้าเมือง พบว่า ยานพาหนะที่สัญจรบนทางพิเศษฉลองรัช สามารถใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 45–67 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถนนระดับพื้นดินความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 24 – 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อระยะทางสัญจรของยานพาหนะบนทางพิเศษฉลองรัชเท่ากับ 0.092 ลิตรต่อกิโลเมตร (10.87 กิโลเมตรต่อลิตร) ถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 0.132 ลิตรต่อกิโลเมตร (8.40 กิโลเมตรต่อลิตร) รายละเอียดดังรูปที่ 3 และการปล่อยมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชสามารถลดการปล่อยมลพิษอากาศได้ 37.50 เปอร์เซ็นต์ และกรณีขาออกเมือง พบว่า ยานพาหนะที่สัญจรบนทางพิเศษฉลองรัช สามารถใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 33–62 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถนนระดับพื้นดินความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 11–46 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อระยะทางสัญจรของยานพาหนะบนทางพิเศษฉลองรัช เท่ากับ 0.104 ลิตรต่อกิโลเมตร(9.67 กิโลเมตรต่อลิตร) ถนนระดับพื้นดินเท่ากับ 0.182 ลิตรต่อกิโลเมตร (8.97 กิโลเมตรต่อลิตร) และการปล่อยมลพิษอากาศ พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชสามารถลดการปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 ได้เฉลี่ย 21.67 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดค่ากำจัดมลพิษอากาศได้มากกว่าถนนระดับพื้นดิน 2.55 บาทต่อเที่ยวต่อคัน

จากการศึกษาทั้งกรณีช่วงวันทำงานและวันหยุด พบว่า การใช้ทางพิเศษสามารถใช้ความเร็วเฉลี่ยได้มากกว่าการใช้ถนนระดับพื้นดิน อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะที่สัญจรบนทางพิเศษฉลองรัช และการปล่อยมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 น้อยกว่าถนนระดับพื้นดิน จากการศึกษาพบว่า ระดับมลพิษอากาศเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของยานพาหนะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษ (6) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ของมลพิษจากถนนพบว่าความเร็วรถแต่ละประเภทมีผลต่ออัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะมีการปล่อยสูงเมื่อรถมีความเร็วต่ำ แต่ในกรณีออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อัตราการปล่อย

จะมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามความเร็วที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงความเร็วคงที่ อัตราการปล่อยจะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากผลของอุณหภูมิในการเผาไหม้ และปริมาณอากาศที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในขณะที่เกิดการสันดาป นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่า การเดินทางบนถนนระดับพื้นดินมีปริมาณยานพาหนะมากกว่าบนทางพิเศษจึงทำให้ยานพาหนะที่สัญจรไม่สามารถใช้ความเร็วได้ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการปล่อยมลพิษอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับ (7-8) ที่ได้ใช้แบบจำลอง CALINE ทำการศึกษาปริมาณจราจรบนทางพิเศษกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และไฮโดรคาร์บอน พบว่า ปริมาณมลพิษอากาศจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้น

5. สรุป

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชสามารถใช้ความเร็วเฉลี่ยมากกว่าถนนระดับพื้นดิน 97.25 เปอร์เซนต์ และเมื่อพิจารณาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถทดสอบพบว่าการใช้ทางพิเศษฉลองรัชมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่าถนนระดับพื้นดินประมาณ 31.29 เปอร์เซนต์ และการใช้ทางพิเศษฉลองรัชของรถยนต์ 1 คัน สามารถลดการปล่อยก๊าซมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 มากกว่าถนนระดับพื้นดินเฉลี่ย 25.17 เปอร์เซนต์ เนื่องจากการขับขี่บนทางพิเศษสามารถทำความเร็วได้และไม่มีสภาพการจราจรแบบ Stop-and-go condition มากเหมือนถนนระดับพื้นดินที่ต้องเร่งความเร็วหรือหยุดเร่งความเร็วบ่อยครั้งทำให้เครื่องยนต์ปล่อยมลพิษอากาศมาก และเมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศ จากอัตราการปล่อยมลพิษอากาศของรถยนต์ของ Victoria Transport Policy Institute ประเทศออสเตรเลีย (4) พบว่า การใช้ทางพิเศษฉลองรัชของรถยนต์หนึ่งคันสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษอากาศ NO_x CO HC และ CO_2 จากถนนระดับพื้นดิน เฉลี่ยเท่ากับ 2.66 บาทต่อเที่ยวต่อคัน หรือคิดเป็น 0.13 บาทต่อกิโลเมตรต่อคัน ซึ่งหากมีปริมาณจราจรบนทางพิเศษฉลองรัช 180,426 คันต่อปี (9) สามารถลดค่าการกำจัดมลพิษอากาศของถนนระดับพื้นดินได้ประมาณ 23,298 บาทต่อกิโลเมตรต่อปี นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการสิ่งแวดล้อมของทางพิเศษและถนนระดับพื้นดินอื่น ๆ รวมทั้งทางพิเศษและถนนในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการวิจัยขอขอบพระคุณการทางพิเศษแห่งประเทศไทยที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

(1) Department of Environmental, Bangkok Metropolitan Administration. Action plan to reduce global warming of Bangkok Thailand 2007-2012. 55p. Thai.

(2) Nirun Kongritti. Prediction of Air Pollutants from Expressway in Bangkok using Statistical Models and monte Carlo Simulation. Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand. 2009;20(4): 13-21.

(3) J. H. K. K. Post, J. Tomlin, and N. Carruthers. Fuel consumption and emission modelling by power demand and a comparison with other models. Transportation Research Part A. 1985;18: 191-213.

(4) Sakda Panwai. Modelling Driver Behaviour Under the Influence of Traffic Information. [PhD thesis]. Brisebane : University of Queensland; 2004. 286p.

(5) Todd Litman. Evaluating Carbon Taxes As An Energy Conservation And Emission Reduction Strategy. Transportation Research Record 2139. Transportation Research Board (www.trb.org). 2009. 125-132.

(6) Pollution Control Department. Ministry of Natural Resources and Environment. Database of Air Pollution and Noise of Thailand 2000. 206p. Thai.

(7) Expressway Authority of Thailand. Report on Environmental Impact Assessment of Expressway Project. 2006. 587p. Thai.

(8) Mirjam C. Roorda-Knape, Nicole A. H. Janssen, Jeroen J. De Hartog, Patricia H.N. Van Vliet, Hendrik Harssema and Bert Brunekreef. Air Pollution from Traffic in City Districts Near Major Motorways. Department of Environmental Sciences, Environment and Occupation Health Unit, University of Wageninge, Netherlands. The Science of the Total Environment J. 1999;235(1-3): 339-341.

(9) Expressway Authority of Thailand. Year report 2013. 130p.