

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25
19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่

การศึกษาเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองของยานพาหนะเมื่อมีการประยุกต์ใช้ระบบดับ เครื่องยนต์เมื่อจอดในสภาพการจราจรของกรุงเทพมหานคร

A Comparison Study of Idle-Stop System on Vehicle Fuel Consumption with Bangkok Traffic Congestion

รักษิต จิตพัฒน์พงศ์^{1,*} สัญญา คล่องโนวัย¹ และ สารพล จิตพัฒน์พงศ์²

¹ หน่วยงานวิจัยสารสนเทศ การสื่อสารและการคำนวณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
112 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

² ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

*ผู้ติดต่อ: raksit.thi@nectec.or.th

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ได้นำผลวิเคราะห์อัตราสิ้นเปลืองในสภาพการจราจรในเขตกรุงเทพมหานครมาพิจารณาใหม่กับวิธีการดับเครื่องยนต์หยุด (idle stop) ในสภาพการจราจรทั้ง ติดขัด เคลื่อนตัว และ คล่องตัว และสภาพถนนพหลโยธินที่เป็นเขตในเมือง ชานเมือง และทางหลวง ในรถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดเล็ก ผลการทดสอบพบว่า การดับเครื่องยนต์หยุดนั้นสามารถปรับปรุงอัตราสิ้นเปลืองให้ดีขึ้นกว่าร้อยละ 40 ในสภาพการจราจรที่ติดขัด ในขณะที่สภาพการจราจรที่ไม่ติดขัดนั้นสามารถปรับปรุงอัตราสิ้นเปลืองให้ดีขึ้นประมาณร้อยละ 10 และเมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้วระบบดับเครื่องยนต์หยุดนั้นสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในสภาพการจราจรที่ติดขัดให้สูงขึ้นใกล้เคียงกับสภาพการจราจรที่คล่องตัว อีกทั้งยังมีความเป็นไปได้อย่างมากในการนำมาประยุกต์ใช้ในรถยนต์ทั่วไป

คำหลัก: อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในยานพาหนะ ระบบดับเครื่องยนต์หยุด สภาพการจราจร “idle stop”

Abstract

This paper presents the re-investigation on fuel consumption in Bangkok traffic congestion with an application of idle stop system. The study includes level of congestion and road side conditions. With idle stop system, 40% of fuel consumption rate could be improved in severe congestion and 10% improvement in free flow traffic. Furthermore, the idle stop system is improved fuel efficiency in severe congestion to be same level as free flow traffic. .

Keywords: Vehicle Fuel Consumption, Bangkok Traffic Congestion, Idle Stop

1. บทนำ

การคมนาคมขนส่งในปัจจุบันมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจอย่างยิ่งยวด สำหรับในประเทศไทยนั้น ยังคงต้องพึ่งพาการขนส่งทางบกด้วยรถยนต์เป็นหลัก ซึ่งทั้งหมดต้องพึ่งพลังงานจากน้ำมันและคิดเป็นมูลค่ากว่าแสนล้านบาทต่อปี[1] นอกเหนือจากนโยบายพลังงานทางเลือกต่างๆ ที่ถูกนำเสนอมาเพื่อลดต้นทุนการดำเนินการของภาคขนส่งแล้ว การบริหารจัดการอุปสงค์การใช้พลังงานด้านนี้ก็เป็อีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ อึ่งในการศึกษาท่อนหน้านี้พบว่าสภาพการจราจรที่ติดขัดนั้นลดประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะได้ถึงร้อยละ 50[2] การปรับพฤติกรรมและเวลาที่ใชยานพาหนะก็สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงและลดการสูญเสียโดยไม่จำเป็นลงได้ อย่างไรก็ตามสภาพการจราจรที่ติดขัดนั้นเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้สำหรับเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร

สำหรับรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นต้นกำลังแล้วนั้นประสิทธิภาพเมื่อใช้งานจริงจะค่อนข้างต่ำ[3] เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพสูงสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออยู่ในสภาพการจราจรที่ติดขัด การนำเทคโนโลยีในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในสภาพการจราจรติดขัดได้แก่ ระบบตัดการทำงานของเครื่องยนต์ในภาวะเดินเบา (Idle-stop, i-stop) และ ระบบขับเคลื่อนแบบลูกผสมไฟฟ้า (Hybrid-Electric)

อึ่งระบบขับเคลื่อนแบบลูกผสมไฟฟ้านั้นได้พิสูจน์แล้วว่าเป็นเทคโนโลยีที่เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของยานพาหนะในสภาพการจราจรได้[4] แต่ระบบเองก็เป็นเทคโนโลยีที่ซับซ้อนจึงไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับรถยนต์เก่าได้ ในขณะที่ระบบ i-stop นั้นยังมีความเป็นไปได้ในการดัดแปลงหรือประยุกต์ใช้ในรถยนต์เก่าที่มีอยู่แล้ว

ในการศึกษานี้ได้นำผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองในสภาพการจราจร[2] มาวิเคราะห์และประเมินอัตราสิ้นเปลืองเพิ่มเติมและทำการตัดสินใจส่วนการใช้เชื้อเพลิงเมื่อรถยนต์หยุดและใช้รอบเดินเบา เพื่อหา

อัตราส่วนการใช้เชื้อเพลิงที่ลดลงและประเมินศักยภาพของวิธีการนี้

2. ระบบดับเครื่องยนต์เมื่อจอดหรือการตัดการทำงานของเครื่องยนต์ที่รอบเดินเบา (Idle-stop)

จาก[3] ได้มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (Spark Ignition Engine, SI) ที่ประสบปัญหาในด้านประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ต่ำเมื่ออยู่ในสภาวะการะบางส่วนซึ่งเป็นสภาวะการทำงานส่วนใหญ่ของเครื่องยนต์ที่ใช้ในยานพาหนะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่รอบเดินเบา วิธีที่แก้ปัญหาคือการปรับปรุงเครื่องยนต์ให้ทำงานโดยที่มีสภาวะสูญญากาศในทอรวมไอดีให้น้อยที่สุดซึ่งด้วยเทคโนโลยีที่มีอยู่ก็ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ทั้งหมด อีกวิธีการคือการหลีกเลี่ยงสภาวะดังกล่าวด้วยการดับเครื่องยนต์เมื่อไม่ต้องการใช้กำลัง[5] ทั้งนี้ได้มีการประยุกต์ระบบอัตโนมัติในรถยนต์ใหม่บ้างแล้ว เช่น นิสสัน มาร์ช หรือ มาสด้า 3 ในต่างประเทศ อีกทั้งยังมีความเป็นไปได้ในการประยุกต์แนวคิดนี้มาดัดแปลงรถยนต์เก่าเพื่อให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้เนื่องจากไม่ต้องการเทคโนโลยีขั้นสูง

3. การวิเคราะห์อัตราสิ้นเปลืองในยานพาหนะ

ในการศึกษานี้วิธีการเก็บข้อมูลนั้นจะใช้ประโยชน์จากข้อบังคับทางมาตรฐานของยานพาหนะที่ต้องติดตั้งระบบตรวจสอบข้อมูลการทำงาน (On-Board Diagnosis, OBD) โดยมีการกำหนดมาตรฐาน ISO ที่มีการใช้แพร่หลายได้แก่ ISO9141 ISO15746 ซึ่งเป็นการเรียกข้อมูลของเครื่องยนต์/รถยนต์ด้วย อุปกรณ์อ่านข้อมูลที่สามารถสื่อสารข้อมูลตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์การทำงานของเครื่องยนต์ตามตัวอย่างในตารางที่ 1 และ ความผิดปกติของเครื่องยนต์ (Error Code) ผ่านทางจุดเชื่อมต่อแบบ SAE J1962 (รูปที่ 1) ที่จะติดตั้งอยู่ในระยะไม่เกิน 1 เมตรจากพวงมาลัยรถตามที่แสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลที่นำมาใช้ประโยชน์ได้

รายการ	คำอธิบาย
RPM	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)
MAF	อัตราการถ่ายเทมวลอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ (กรัม/วินาที)
VSS	อัตราเร็วของรถ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
ECT	อุณหภูมิน้ำในเครื่องยนต์(องศาเซลเซียส)
IAT	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)
O2	ตัวตรวจจับออกซิเจนในไอเสีย (โวลต์)



รูปที่ 1 SAE J1962 Terminal



รูปที่ 2 ตำแหน่งของจุดเชื่อมต่อในรถยนต์

ข้อมูลที่ได้จากระบบ OBD นั้นจะถูกนำมาประมวลผลเพื่อให้ได้อัตราการถ่ายเทเชื้อเพลิงด้วยวิธีการประเมินทางอ้อม คือ การอ่านค่ามวลอากาศที่เครื่องยนต์ใช้ในการเผาไหม้เป็นที่รู้กันดีว่า ชนิดเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟต้องทำงานที่อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศคงที่ ในกรณีของน้ำมันแก๊ซโซลีนนั้นค่าอัตราส่วนผสมของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี (Stoichiometric ratio) คือ อากาศ 14.365 ส่วนต่อเชื้อเพลิงแก๊ซโซลีน 1 ส่วน ในรถยนต์ได้มีการติดตั้งและประมวลผลการจ่ายเชื้อเพลิงจากอุปกรณ์ (MAF, mass air flow)

$$FC = \frac{MAF}{14.365} (g/s) \quad (1)$$

ทั้งนี้โดยทั่วไปอัตราสิ้นเปลืองของรถยนต์ (Fuel Consumption Rate, FCR) จะถูกนำเสนอในรูปแบบของระยะทางต่อเชื้อเพลิงโดยปริมาตรหรือในที่นี้คือ กิโลเมตรต่อลิตร (kilometer per liter) โดยใช้ค่าอัตราเร็วของรถยนต์ (VSS, km/h) และ อัตราการถ่ายเทมวลอากาศเข้าสู่เครื่องยนต์ (MAF, g/s) มาร่วมประเมิน

$$FCR = 2.9608 \frac{VSS}{MAF} (km/l) \quad (2)$$

โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงหน่วยให้ตรงกันและใช้ค่าความหนาแน่นของน้ำมันแก๊ซโซลีนที่ 745 กรัม/ลิตร อนึ่งจากผลการศึกษาก่อนหน้านี้ได้สรุปว่าวิธีการนี้สามารถนำมาใช้ประเมินปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้โดยเครื่องยนต์ได้[6]

4. เส้นทางที่ใช้ประเมิน

ในการศึกษานี้เลือกใช้เส้นทางบนถนนพหลโยธินเริ่มจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิเรื่อยไปจนถึงต่างระดับบางปะอินโดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงในเมือง ช่วงชานเมือง และ ช่วงทางหลวง ตามรายละเอียดในตารางที่ 2 ตามที่แสดงในรูปที่ 3

ตารางที่ 2 รายละเอียดของเส้นทางทดสอบ

เส้นทาง	จาก (A)	ไป (B)	ระยะทาง (km)
ในเมือง(U)	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ	อนุสาวรีย์หลักสี่	13.5
ชานเมือง(S)	อนุสาวรีย์หลักสี่	อนุสรณ์สถาน	10.5
ทางหลวง(H)	อนุสรณ์สถาน	ต่างระดับบางปะอิน (กม. 43)	19.0



รูปที่ 3-1 ถนนช่วงในเมือง



รูปที่ 3-3 ถนนช่วงทางหลวง

รูปที่ 3 เส้นทางที่ใช้ทดสอบ (ต่อ)

5. สภาพการจราจร

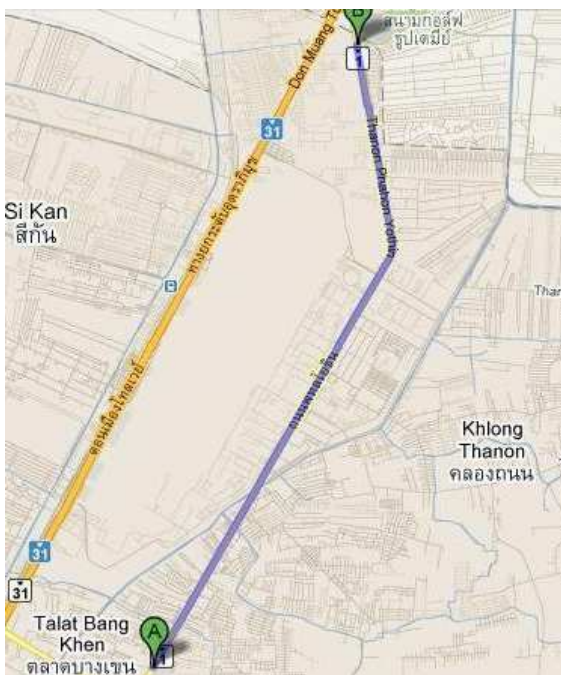
ด้านสภาพการจราจรนั้นก็จะมีผลอย่างมากต่ออัตราสิ้นเปลืองและได้มีการนำเสนออยู่ในรูปของอัตราเร็วเฉลี่ยต่อเที่ยวของรถยนต์แต่ละคันโดยที่ทำการวิ่งทดสอบเวลาคือเริ่ม 17.00น. 22.00น. และ 02.00น. แทนสภาพการจราจรที่ติดขัด เคลื่อนตัวได้ และคล่องตัว ตามลำดับ

6. รถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

ในการศึกษานี้ให้ความสนใจในรถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดเล็กโดยรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

ลักษณะ	sub-compact
ขนาดเครื่องยนต์ (cc)	1,479
กำลังเครื่องยนต์ (kW@rpm)	88/6,600
แรงบิด (Nm@rpm)	145/4,800
น้ำหนักเปล่า (kg)	1,115
พื้นที่หน้าตัด (m ²)	2.58



รูปที่ 3-2 ถนนช่วงชานเมือง

รูปที่ 3 เส้นทางที่ใช้ทดสอบ

รถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบนี้ได้แก่ Honda Jazz ขนาดเครื่องยนต์ 1.5 ลิตรเกียร์อัตโนมัติ เมื่อรวมกับจำนวนชุดการทดสอบจากสภาพถนนและสภาพการจราจรแล้วจะมีตัวอย่างทั้งสิ้น 9 ตัวอย่าง

7. ผลการศึกษา

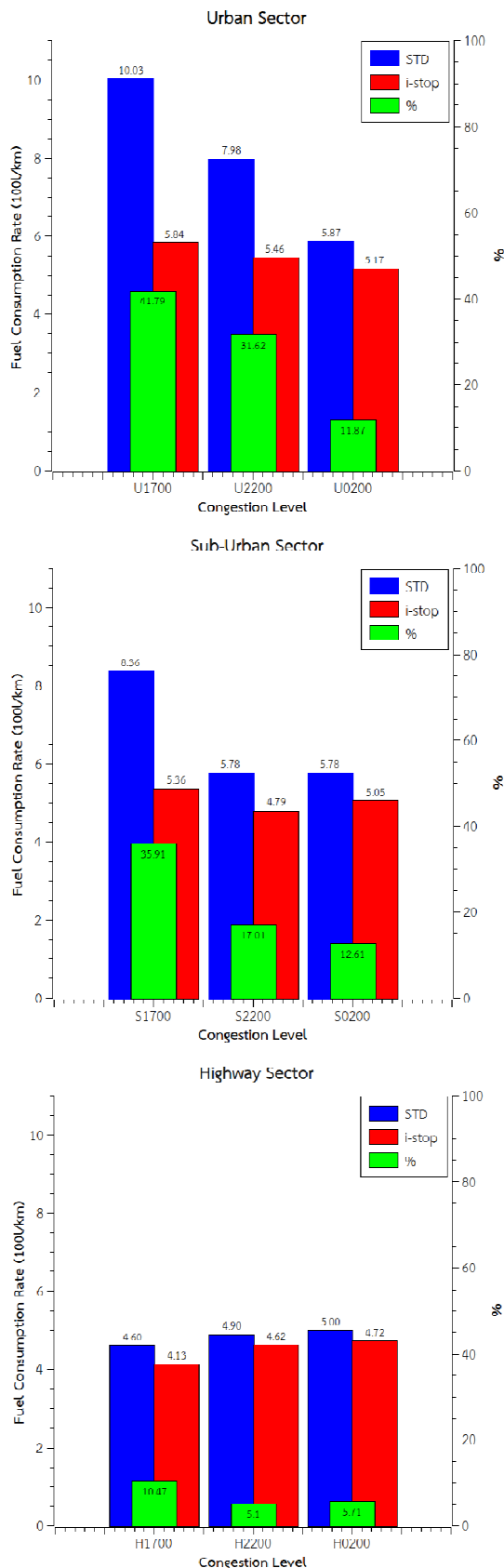
ในการศึกษานี้ได้นำผลการเก็บข้อมูลจากการศึกษาก่อนหน้า[2] (ที่แสดงรายละเอียดในภาคผนวก) นำประมวลผลใหม่ด้วยการตัดการใช้เชื้อเพลิงในช่วงที่รถยนต์ทดสอบหยุดนิ่งและใช้รอบเดินเบาโดยแสดงผลในตารางที่ 4 สำหรับช่วงเขตในเมือง(U) และชานเมือง(S) นั้นจะเห็นได้ว่าผลการทดสอบที่เวลา 17.00 น. ที่มีสภาพการจราจรติดขัดเป็นอย่างมากนั้นรถยนต์ใช้เวลาจอดอยู่กับที่มากกว่าส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองให้มีความแตกต่างกันอย่างมากกว่าร้อยละ 35 ของระหว่างการประเมินแบบปกติ (Standard) และการประเมินแบบดับเครื่องเมื่อจอด (i-stop) ในขณะที่เวลา 22.00 น. ที่มีสภาพการจราจรที่เคลื่อนตัวนั้นก็พบว่าการประเมินแบบ i-stop นั้นยังสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้กว่าร้อยละ 20 ในส่วนของสภาพการจราจรที่คล่องตัวในเวลา 02.00 น. นั้นมีความแตกต่างกันน้อยมากเนื่องจากรถยนต์ใช้เวลาส่วนมากในการเคลื่อนที่

ตารางที่ 4 ผลการประเมินอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเปรียบเทียบ

Trip	Distance(km)	AVSS(km/h)	Time(s)	idle time(s)	Standard(l/100km)	I-Stop(l/100km)	%Saving
U1700	13.34	16.98	2,828	1,909	10.03	5.84	41.79%
U2200	13.43	25.57	1,891	1,152	7.98	5.46	31.62%
U0200	13.45	54.71	885	325	5.87	5.17	11.87%
S1700	8.26	21.89	1,358	881	8.36	5.36	35.91%
S2200	8.33	46.41	646	281	5.78	4.79	17.01%
S0200	8.32	53.88	556	203	5.78	5.05	12.61%
H1700	18.81	62.83	1,078	317	4.61	4.13	10.47%
H2200	18.89	71.49	952	157	4.87	4.62	5.10%
H0200	18.89	70.56	964	180	5.00	4.72	5.71%

หนึ่งในส่วนของเขตทางหลวงนั้นมีความแตกต่างกันน้อยมากของการประเมินทั้งสองระบบไม่ว่าจะเป็นเวลาการทดสอบใดก็ตามเมื่อดูจากลักษณะอัตราเร็วในภาคผนวก รูป ค แล้วจะเห็นได้ว่ารถยนต์สามารถทำความเร็วได้สม่ำเสมอในทุกเที่ยวของการทดสอบจึงเปรียบได้กับสภาพการจราจรที่คล่องตัว จากรูปที่ 3 ได้แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างการประเมินทั้งสองระบบ จะเห็นได้ว่าระบบ i-stop นั้นได้ลดการสูญเสียเชื้อเพลิงในสภาพการจราจรที่ติดขัดและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงให้ใกล้เคียงกับการใช้รถยนต์ในสภาพการจราจรที่คล่องตัวโดยมีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ที่ประมาณ 5 ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร (หรือ 20 กม./ลิตร) ในทุกๆกรณี อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ยังมิได้รวมการใช้พลังงานของระบบอำนวยความสะดวกและเครื่องปรับอากาศในระหว่างที่ดับเครื่องยนต์

อีกหนึ่งเทคนิคนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้อย่างง่ายในรถยนต์ทั่วไปที่ไม่ได้รับการติดตั้งระบบดับเครื่องยนต์โดยผู้ขับขี่ทำการดับเครื่องยนต์เมื่อรถยนต์ไม่ได้ทำการวิ่งอย่างไรก็ตามก็ต้องแลกกับความสะดวกสบายของระบบอำนวยความสะดวกที่ติดตั้งในรถยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องปรับอากาศและการสีกหรือที่สูงขึ้นของระบบสตาร์ทเครื่องยนต์



รูปที่ 4 การวิเคราะห์หัตตราสันเปลี่ยนเชื้อเพลิง
เปรียบเทียบระหว่างการประเมินแบบปกติและประเมิน
แบบดับเครื่องเมื่อจอด

จากผลการศึกษาที่สอดคล้องกับผลการศึกษา[3] ที่เผยถึงปัญหาของเครื่องยนต์ชนิดจุดระเบิดด้วย ประกายไฟในย่านภาระต่ำที่มีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้น การหลีกเลี่ยงการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเดินเบาที่มีภาระต่ำมาก และเหตุผลเดียวกันนี้เป็นหลักการเดียวกันที่เทคโนโลยีขับเคลื่อนแบบลูกผสมไฟฟ้า (Hybrid-Electric) นำมาประยุกต์ร่วมด้วยส่งผลให้ รถยนต์มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นเป็นอย่างมากในสภาวะที่มีการจราจรติดขัด

8. สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษาที่ได้ทำการประเมินศักยภาพของ วิธีการดับเครื่องยนต์เมื่อรถหยุด (idle stop) บน รถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดเล็ก (sub-compact) และ ทดสอบในสภาพการจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการประเมินแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของวิธีการนี้ สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงได้มากถึงร้อยละ 40 ใน สภาพการจราจรที่ติดขัด อนึ่งวิธีการนี้ไม่ได้มีความ ซับซ้อนในเทคโนโลยีและสามารถประยุกต์ใช้ได้ง่าย ทั้งในส่วนของผู้รถยนต์รุ่นใหม่ที่ตั้งระบบอัตโนมัติ จากโรงงานหรือดัดแปลงกับรถยนต์เก่าหรือการปฏิบัติ เองจากผู้ขับขี่ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีระบบ ขับเคลื่อนแบบลูกผสมที่มีราคาสูงและการออกแบบ โดยเฉพาะ

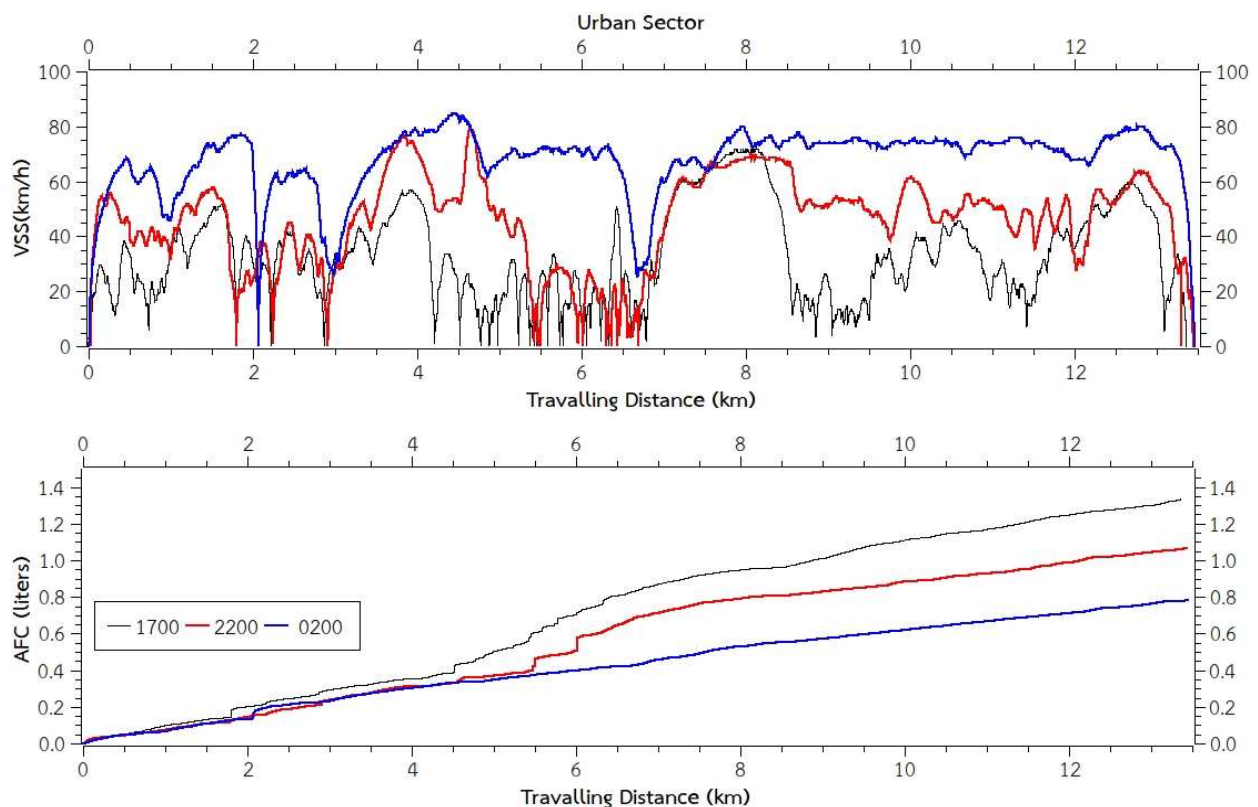
9. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก ศูนย์ เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติใน โครงการ R54-การพัฒนาวิธีการตรวจจับและประเมิน พฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะเพื่อการประหยัด เชื้อเพลิง (P-11-00491) และ ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รศ.ดร. บัณฑิต ล้อมมีโชคชัย และคณะในการ ดำเนินการเก็บข้อมูลในภาคสนาม

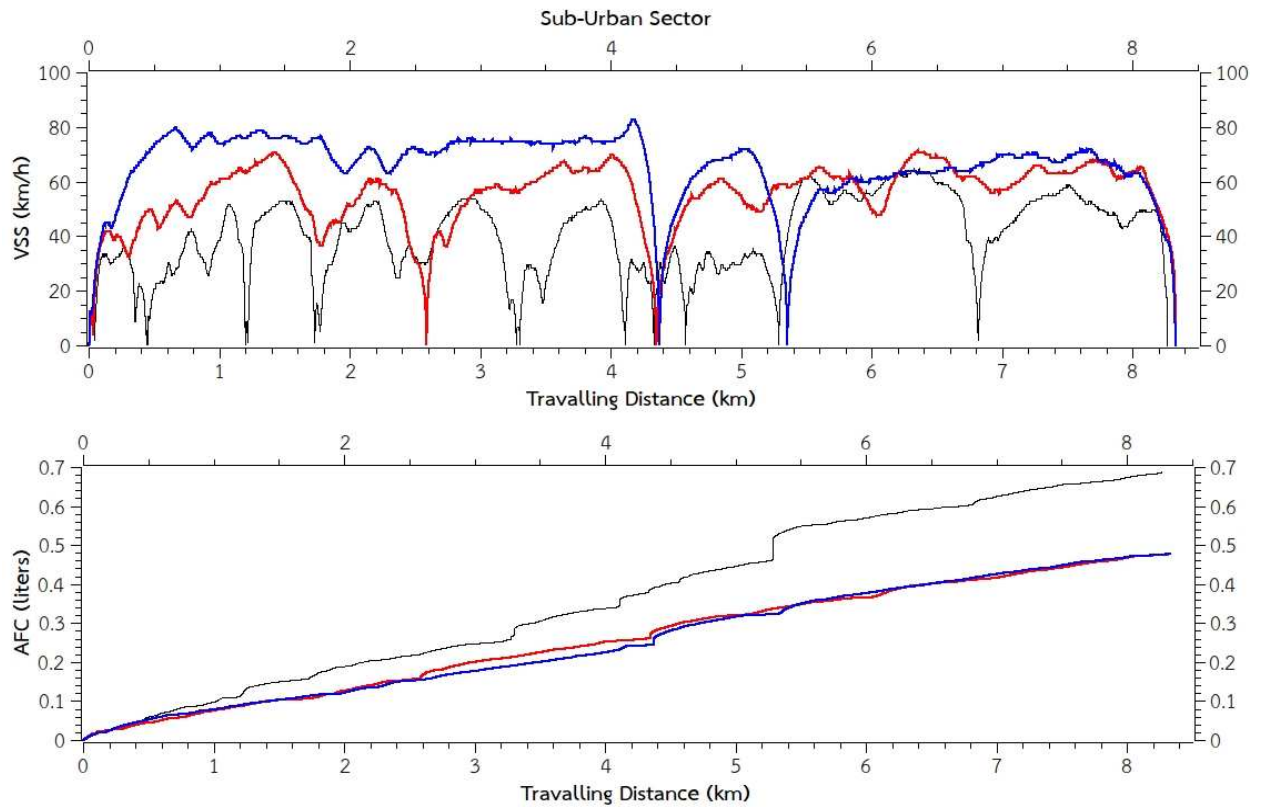
10. เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://www.eppo.go.th>
- [2] Raksit Thitipatanapong, et. al., “Actual Fuel Consumption and Carbon Dioxide Emission of Passenger Vehicles in Bangkok” The 7th International Conference on Automotive Engineering (ICAE-7), Paper G15, March 28 – April 1, 2011, Challenger, Impact, Muang Thong Thani, Bangkok, Thailand.
- [3] Osman Akin Kutlar, et. al. “Methods to improve efficiency of four stroke, spark ignition engines at part load” Energy Conversion and Management, Volume 46, 2005, Pages 3202-3220.
- [4] Max Ahman, "Primary energy efficiency of alternative powertrains in vehicle", ENERGY, 2001;26():973-989.
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Start-stop_system
- [6] รัชิต ฐิตพัฒน์พงศ์ และ ถนัด เหลืองนฤทัย, วิธีการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลสภาวะการขับขี่ที่ส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในรถยนต์นั่งส่วนบุคคล, การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24 (MENETT), 2553, หมายเลข ETM31

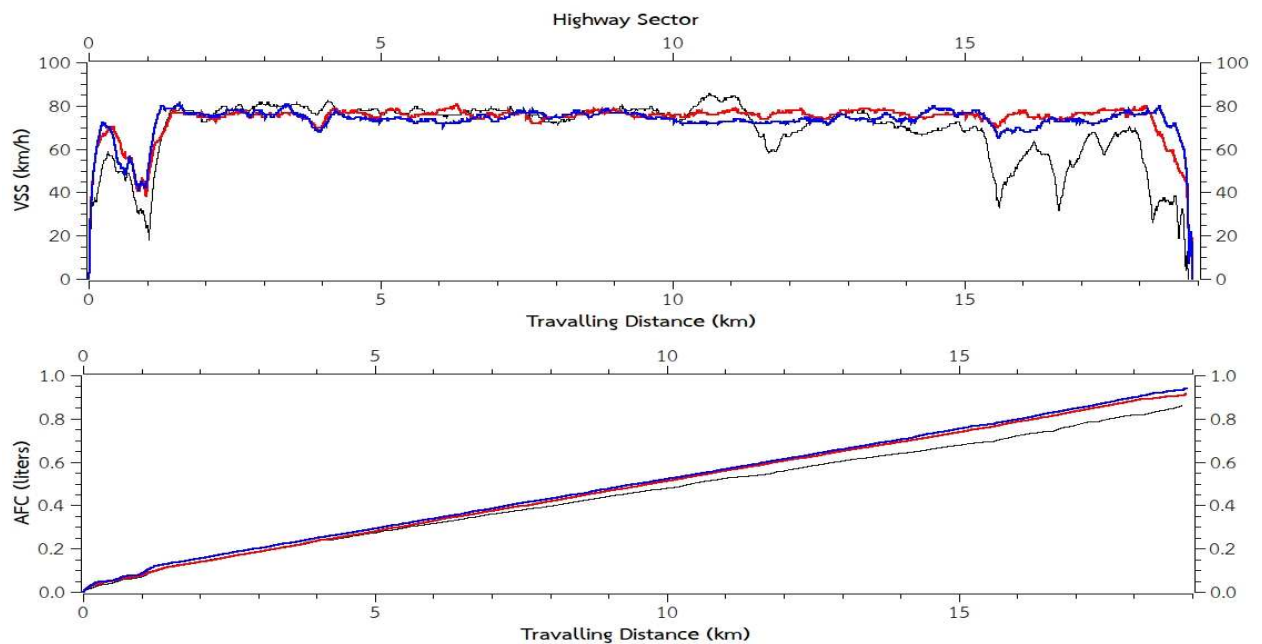
ภาคผนวก ชุดข้อมูลการจราจรที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ ก ข้อมูลอัตราเร็วและอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในช่วงในเมือง



รูปที่ ข ข้อมูลอัตราเร็วและอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในช่วงชานเมือง



รูปที่ ค ข้อมูลอัตราเร็วและอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในช่วงทางหลวง