

# มาตรการสนับสนุนการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ในชุมชนที่ใช้นยนต์เป็นหลัก กรณีศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## Measures Supporting Non-Motorized Transports in a Motorized Community:

### A Case Study of Prince of Songkla University

ณฤพล นิยม\* ประเมศวร์ เหลือเทพ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

Naruphol Niyom\* Paramet Luatthep

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University,

Hat Yai, Songkhla 90112

Tel: 074-287-015 E-mail: naruphol@outlook.com

#### บทคัดย่อ

การเดินทางและการใช้รถจักรยานเป็นการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ที่นิยมในต่างประเทศ แต่สำหรับประเทศไทยการเดินทางด้วยรูปแบบดังกล่าวยังเป็นประเด็นท้าทายอย่างยิ่งสำหรับหน่วยงานวางแผนและจัดการการขนส่ง บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามาตรการสนับสนุนการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ในชุมชนที่ใช้นยนต์เป็นหลักโดยใช้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นกรณีศึกษา บทความนี้เสนอการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางระหว่างรถจักรยานยนต์ รถยนต์ รถโดยสารประจำทาง รถจักรยาน และการเดินของกลุ่มตัวอย่างผู้เดินทางภายในพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นนักศึกษา บุคลากร และบุคคลภายนอก และได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในการประเมินประสิทธิภาพของมาตรการสนับสนุนการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ที่มีต่อการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ผลการศึกษาในภาพรวมพบว่าปัจจัยเวลาส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางมากกว่าปัจจัยค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ส่วนมาตรการสนับสนุนการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ที่แท้จริงควรบูรณาการมาตรการเพิ่มเวลาและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้รถส่วนตัวกับมาตรการปรับปรุงทางการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ ทำให้การเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มบุคคลภายนอกและกลุ่มนักศึกษา และทำให้การปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 62.6

**คำหลัก:** การเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

#### Abstract

Walking and cycling are popular modes of non-motorized transports in many foreign countries. However, in Thailand, the use of non-motorized transports is a challenge for transport planning and management authorities. The purpose of this article is to study the measures enhancing non-motorized transports (NMT) in a motorized community. The Prince of Songkla University (PSU) was selected as a case study. The paper presents the development of the mode choice models among motorcycle, personal car, public bus, bicycle and pedestrian of the three traveler groups including student, staff, and others. By applying the developed models, the paper presents the evaluation of the impacts of measures enhancing the NMT on the modal shifts and the change of CO<sub>2</sub> emissions. The results show that the travel time would result in high impact on the modal shifts rather than the travel cost. The significant NMT supporting measure is to integrate both the measures relating to travel time and cost of private vehicle and the measures improving the NMT. This measure would increase the modal share of the NMT, especially on the others and student groups, and would reduce the CO<sub>2</sub> emissions 62.6%.

**Keywords:** non-motorized transports, mode choice model, CO<sub>2</sub> emission

## 1. บทนำ

การเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ เช่น การเดินและการใช้จักรยาน เป็นรูปแบบการเดินทางที่เน้นการใช้พลังงานจากคนเป็นหลัก และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งนิยมอย่างแพร่หลายในเมืองและชุมชนในต่างประเทศ และมีการรณรงค์และผลักดันอย่างต่อเนื่องให้เมืองที่น่าอยู่กลายเป็นสังคมไร้เครื่องยนต์ ตลอดจนการสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับที่มีประสิทธิภาพ เช่น ทางเดิน ทางจักรยาน จุดจอดจักรยาน อีกทั้งการให้ความสำคัญต่อสิทธิในการข้ามถนน ความมั่นใจในความปลอดภัย และความสะดวกสบายในการเดินทาง

จากการจัดอันดับเมืองที่มีสัดส่วนการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์มากที่สุด 3 อันดับแรก [1] พบว่า อันดับที่ 1 คือ กรุงฮัมสเตอร์ดัม ประเทศเนเธอร์แลนด์ มีสัดส่วนมากถึง 40% ของการเดินทางทั้งหมด รองลงมา คือ เมืองโปโกตา ประเทศโคลัมเบีย ซึ่งนิยมใช้จักรยานอันเป็นผลมาจากการรณรงค์ของรัฐบาลมากถึง 38% และอันดับที่ 3 คือ กรุงโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก มีประมาณ 32%

สำหรับประเทศไทย การรณรงค์และผลักดันแนวคิดสังคมไร้เครื่องยนต์ยังขาดความต่อเนื่องและยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากสังคมไทยคุ้นชินและยึดติดกับการใช้รถส่วนบุคคลในการเดินทาง จากสถิติจำนวนรถใหม่จดทะเบียนสะสมระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2558 ของกรมการขนส่งทางบก [2] พบว่า รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 3,560,222 คัน เป็น 7,742,434 คัน (เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 13% ต่อปี) ส่วนรถจักรยานยนต์เพิ่มขึ้นจาก 15,961,927 คัน เป็น 20,308,201 คัน (เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3% ต่อปี) แนวโน้มการเพิ่มขึ้นดังกล่าวมีส่วนทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่ปล่อยจากรถกลุ่มดังกล่าวเพิ่มสูงตามมา จากรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2543 - 2555 [3] พบว่า ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการคมนาคมและขนส่งมากถึง 64.23 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (MtCO<sub>2</sub>-eq) หรือคิดเป็น 25.05% จากทุกภาคส่วน ซึ่งเทียบเท่ากับการต้องปลูกป่าเบญจพรรณเพื่อดูดซับก๊าซดังกล่าวประมาณ 334,768 ไร่/ปี (ประมาณการจาก [4])

การลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากภาคการคมนาคมด้วยการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ (การเดินและการใช้จักรยาน) จึงเป็นทางเลือกต้น ๆ ที่หลายหน่วยงานพยายามรณรงค์และผลักดันให้เกิดเป็นรูปธรรมในเขตเมืองและชุมชน ดังกรณีนโยบายการส่งเสริมการใช้จักรยานของภาครัฐ ที่ส่งเสริมให้มีเส้นทางจักรยานที่ปลอดภัย และสามารถเชื่อมโยงให้เกิดการเดินทางและการท่องเที่ยวได้อย่างสะดวก ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้จักรยานในทุกภูมิภาคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [5]

งานวิจัยในประเทศไทยมีหลากหลายที่ได้ศึกษานโยบายและมาตรการที่สนับสนุนรูปแบบการเดินทางที่ช่วยการลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> เช่น การศึกษาการใช้รถประจำทางด่วนพิเศษเพื่อสนับสนุนให้เมืองขอนแก่นเป็นเมืองคาร์บอนต่ำ [6] การศึกษาการใช้รถโดยสารประจำทางภายในมหาวิทยาลัย [7] เป็นต้น และงานวิจัยส่วนใหญ่มีการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยเน้นที่ใช้ระบบขนส่งสาธารณะเป็นหลัก เช่น [8-9] แต่มีงานวิจัยส่วนน้อย เช่น [10-11] ที่ศึกษาการเลือกรูปแบบการเดินทางและการใช้จักรยานเปรียบเทียบกับการใช้รถส่วนบุคคล (รถจักรยานยนต์และรถยนต์)

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามาตรการสนับสนุนการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ในชุมชนที่นิยมใช้ยานยนต์ โดยเลือกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.) วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นกรณีศึกษา และเพื่อประเมินผลมาตรการดังกล่าวในพื้นที่ศึกษา โดยการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางแบบโลจิต (multinomial logit models) ซึ่งพิจารณารูปแบบการเดินทาง รถจักรยาน รถจักรยานยนต์ รถยนต์ และรถโดยสารประจำทาง ของกลุ่มนักศึกษา บุคลากร และบุคลากรภายนอกที่เดินทางภายในพื้นที่ศึกษา มาตรการที่พิจารณาในการศึกษานี้แบ่งเป็น 2 ด้านหลัก คือ มาตรการด้านค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และมาตรการด้านเวลาในการเดินทาง ผลการศึกษานี้ จะเป็นแนวทางให้หน่วยงานที่รับผิดชอบพิจารณาประยุกต์ใช้มาตรการเพื่อสนับสนุนการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ในพื้นที่ศึกษา และยังแนวทางให้กับพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป

บทความนี้ ประกอบด้วย 5 หัวข้อ หัวข้อถัดไปเป็นการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่วนวิธีศึกษากล่าวในหัวข้อที่ 3 สำหรับผลการศึกษานำเสนอในหัวข้อที่ 4 และหัวข้อที่ 5 เป็นการสรุปผลและข้อเสนอแนะของงานวิจัย

## 2. การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในประเทศไทย งานวิจัยเกี่ยวกับการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์มีอยู่หลากหลาย เช่น โสมสกว เพชรานนท์ และวลัยภรณ์ อัดตะนันท์ [11] ได้ศึกษาการเติมใจจ่ายเพื่อใช้ช่องทางจักรยานในกรุงเทพมหานคร ซึ่งพบว่า มีผู้ใช้เพียงร้อยละ 40 เท่านั้น ที่เติมใจจ่ายค่าบริการช่องทางจักรยาน และยังพบว่า ระดับการศึกษา การมีส่วนร่วมในสิ่งแวดล้อม อาชีพ ราคาจักรยาน ความสำคัญของโครงสร้างพื้นฐาน เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเติมใจจ่าย

ส่วน เอกชัย รัตนโอภา และวิโรจน์ ศรีสุภานนท์ [12] ได้พัฒนาแบบจำลองดัชนีชี้วัดการใช้จักรยานร่วมกับกระแสรถจักรยานในกรุงเทพมหานคร โดยพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้จักรยานร่วมกับกระแสรถจักรยาน ได้แก่ ปริมาณการจราจร การตีเส้นแบ่งช่องทางจักรยาน ความเร็วของกระแสรถจักรยาน กิจกรรมบริเวณข้างทาง และความกว้างของทางจักรยาน

นอกจากนี้ ณฤมล พูลกลุวิทย์ และเจษฎา ทาสอน [13] ได้ศึกษานโยบายส่งเสริมการใช้จักรยานในมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ซึ่งพบว่า ปัญหาและอุปสรรคในการใช้จักรยาน ได้แก่ การขาดร่มเงา การขาดแคลนจุดจอดรถจักรยานที่มีประสิทธิภาพ จุดขัดแย้งระหว่างทางจักรยานและทางรถจักรยานยนต์ และจุดบริการจักรยานไม่เพียงพอ นอกจากนี้ ยังพบว่า การรับรู้ความคิดเห็นและความต้องการของนิสิตและบุคลากร เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การดำเนินนโยบายของมหาวิทยาลัยฯ สอดคล้องต่อความต้องการที่แท้จริงของกลุ่มเป้าหมาย

วิโรจน์ ศรีสุภานนท์ [14] ได้ศึกษาวิธีส่งเสริมการใช้จักรยานในชีวิตประจำวันของคนกรุงเทพมหานคร ซึ่งพบว่า นโยบายและแผนสนับสนุนการใช้จักรยาน เป็นสิ่งที่ผู้ใช้จักรยานให้ความสำคัญมากที่สุด และผู้ใช้จักรยานต้องการให้ดำเนินการในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างโครงข่ายเส้นทางจักรยานที่เชื่อมโยงต่อเนื่องพร้อมมีป้ายแสดงเส้นทางเพียงพอและเหมาะสม การสร้างทัศนคติที่ดีเกี่ยวกับการใช้จักรยานให้กับประชาชน การให้สิทธิพิเศษแก่ผู้ใช้จักรยานมาทำงาน การสร้างจุดจอดจักรยานที่ปลอดภัย การจัดช่องทางจักรยานแยกจากช่องทางรถยนต์และคนเดิน เป็นต้น การศึกษาดังกล่าวยังได้นำเสนอประเด็นการปรับปรุงทางเท้าให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสม โดยมีกรณีตัวอย่างการปรับปรุงผิวทางเท้า

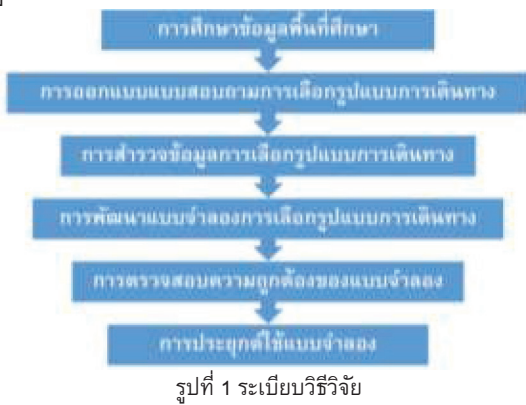
บริเวณถนนพุทธบูชา เลียบรั้วมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และเลียบรั้วสวนธนบุรีรมย์ ซึ่งเป็นเส้นทางเดินที่สำคัญสำหรับนักเรียน นักศึกษา และประชาชน โดยความกว้างของทางเท้าเฉลี่ยประมาณ 3 เมตร แต่ใช้งานได้จริงไม่ถึง 1 เมตร เนื่องจากมีสิ่งกีดขวางบนทางเท้า ในการศึกษาได้มีการนำเสนอการปรับปรุงพื้นที่ทางเท้าให้สามารถกลับมาใช้งานได้โดยเพิ่มประสิทธิภาพ โดยการรื้อถอนขอบคันหินรอบต้นไม้ยืนต้นและพุ่มไม้เตี้ย รวมถึงสิ่งกีดขวางอื่น ๆ ซึ่งนับเป็นความท้าทายในการจัดการทางเท้าของภาครัฐ

นอกจากงานวิจัยข้างต้นที่เน้นศึกษานโยบายและมาตรการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพเพื่อส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์แล้ว ยังมีงานวิจัยอีกกลุ่มที่ศึกษาการประเมินผลประสิทธิภาพจากนโยบายหรือมาตรการส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ งานวิจัยลักษณะนี้นิยมประยุกต์ใช้แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น แบบจำลองโลจิตของการเลือกรูปแบบการเดินทางสองทางเลือก (binary logit model) แบบจำลองโลจิตของการเลือกรูปแบบการเดินทางหลายทางเลือก (multinomial logit model) แบบจำลองโลจิตการเลือกรูปแบบการเดินทางแบบขั้น (nested logit model) และแบบจำลองโลจิตการเลือกรูปแบบการเดินทางแบบผสม (mixed logit model) ตัวอย่างงานวิจัยเช่น ณฤพล นิยม และคณะ [10] ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง multinomial logit model เพื่อศึกษาปัจจัยเวลาและค่าใช้จ่ายที่ส่งผลต่อการเดินและการใช้จักรยานภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ของกลุมนักศึกษา ซึ่งพบว่า หากมีมาตรการที่เพิ่มเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เช่น การควบคุมพื้นที่จอดรถ (ต้องใช้เวลาเดินทางเพิ่มขึ้นเพื่อหาที่จอดรถ) และการเก็บค่าที่จอดรถ (เพิ่มค่าใช้จ่ายในการเดินทาง) จะทำให้นักศึกษาที่นิยมใช้รถส่วนบุคคล (รถจักรยานยนต์และรถยนต์) มีแนวโน้มเปลี่ยนมาเดินและใช้จักรยานมากขึ้น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าว ยังไม่ได้พิจารณามาตรการส่งเสริมการใช้จักรยาน อีกทั้งกลุ่มตัวอย่างยังไม่ได้ครอบคลุมกลุ่มประชากรที่เป็นบุคลากรภายในและบุคคลภายนอกที่เดินทางภายในวิทยาเขตเป็นประจำ

บทความนี้จึงเพิ่มเติมประเด็นดังกล่าว และศึกษาการคาดการณ์ปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เปลี่ยนแปลงจากมาตรการส่งเสริมการเดินทางและการใช้จักรยาน

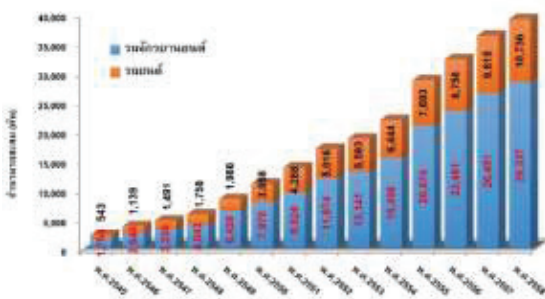
### 3. ระเบียบวิธีวิจัย

บทความนี้ มีระเบียบวิธีวิจัย 6 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้



#### 3.1 การศึกษาข้อมูลพื้นที่ศึกษา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นสังคมใหญ่แห่งหนึ่งในตัวเมืองหาดใหญ่ มีพื้นที่ประมาณ 38 ตารางกิโลเมตร มีนักศึกษาและบุคลากรประมาณ 30,000 คนต่อปี [15] มีการเดินทางในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน(เช้า) มากถึง 11,693 คน-เที่ยว ต่อชั่วโมง [7] นอกจากนี้ จากสถิติจำนวนรถส่วนตัวของนักศึกษาและบุคลากรที่มีบัตรอนุญาตเข้าและออกพื้นที่ศึกษา (ดังรูปที่ 2) พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจำนวนรถจักรยานยนต์และรถยนต์ที่มีบัตรอนุญาตเข้าและออก ณ พ.ศ. 2558 มีมากถึง 28,337 คัน และ 10,736 คัน ตามลำดับ ทั้งนี้ยังไม่รวมรถที่ไม่มีบัตรอนุญาตของนักศึกษา บุคลากร และบุคคลภายนอก อีกจำนวนมาก



รูปที่ 2 จำนวนรถส่วนตัวที่มีบัตรอนุญาตเข้าและออก พื้นที่ศึกษา ระหว่างปี พ.ศ. 2545-2558 [15]

#### 3.2 การออกแบบแบบสอบถามการเลือกรูปแบบการเดินทาง

บทความนี้ได้สำรวจข้อมูลการเดินทาง 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลการเดินทางในสถานการณ์ปัจจุบัน (Revealed Preference หรือ RP) ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของผู้เดินทาง รวมทั้งข้อมูลรูปแบบและลักษณะการเดินทางในปัจจุบัน ซึ่งประกอบด้วย การเดิน รถจักรยาน รถจักรยานยนต์ รถยนต์ และรถโดยสารประจำทาง (รถไฟฟ้า) และส่วนที่ 2) ข้อมูลการเดินทางภายใต้สถานการณ์สมมติ (Stated Preference หรือ SP)

สำหรับการกำหนดสถานการณ์สมมติของการเลือกรูปแบบการเดินทาง (อ้างอิงวิธีการจาก [8]) บทความนี้ได้พิจารณาเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉลี่ย จากการสำรวจระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยของผู้เดินทางภายในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจัดกลุ่มได้ 3 ช่วง คือ 1) น้อยกว่า 500 เมตร (สถานการณ์ที่ 1-3) 2) ระยะ 500-1,500 เมตร (สถานการณ์ที่ 4-6) และระยะ 1,500-2,000 เมตร (สถานการณ์ที่ 7-9) และโดยทั่วไปผู้คนใช้เวลาเดินเท้าประมาณ 5-15 นาที ส่วนจักรยาน 5-10 นาที รถจักรยานยนต์ 2-10 นาที รถยนต์ 6-14 นาที และรถโดยสารประจำทาง 8-15 นาที ส่วนค่าใช้จ่ายในการเดินทางอยู่ในช่วง 0-15 บาทต่อครั้ง

บทความนี้ได้พิจารณาปัจจัยเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางของแต่ละรูปแบบการเดินทาง ในการกำหนดสถานการณ์สมมติ (ตารางที่ 1) โดยให้เวลาและค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการเดินทางในแต่ละกลุ่มช่วงระยะทางข้างต้น มีการเปลี่ยนแปลงได้ 3 ระดับ ยกเว้นการเดินทางและการใช้จักรยานที่ไม่มีค่าใช้จ่าย ดังนั้น จำนวนสถานการณ์สมมติที่เป็นไปได้ จึงเท่ากับ  $3^3 = 6,561$  กรณี บทความนี้ได้ประยุกต์ใช้ Fractional factorial design [16] และตัดกรณีที่ไม่สนใจไม่สอดคล้องกับความจริงหรือง่ายต่อการเลือกออก และคงเหลือไว้ 9 กรณี ตามตารางที่ 1

#### 3.3 การสำรวจข้อมูลการเลือกรูปแบบการเดินทาง

แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นถูกใช้สำรวจข้อมูลการเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยสุ่มสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างนักศึกษา บุคลากร (รวมอาจารย์) และบุคคลภายนอก ที่เดินทางภายในพื้นที่ศึกษาเป็นประจำ รวม 650 คน ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 รายละเอียดของสถานการณ์สมมติสำหรับการเลือกรูปแบบการเดินทาง

| รูปแบบการ<br>เดินทาง<br>สถานการณ์ | การเดินทาง            |                     | จักรยาน               |                     | จักรยานยนต์           |                     | รถยนต์                |                     | รถโดยสารประจำทาง      |                     |
|-----------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                                   | เวลาเดินทาง<br>(นาที) | ค่าใช้จ่าย<br>(บาท) | เวลาเดินทาง<br>(นาที) | ค่าใช้จ่าย<br>(บาท) | เวลาเดินทาง<br>(นาที) | ค่าใช้จ่าย<br>(บาท) | เวลาเดินทาง<br>(นาที) | ค่าใช้จ่าย<br>(บาท) | เวลาเดินทาง<br>(นาที) | ค่าใช้จ่าย<br>(บาท) |
| 1                                 | 6                     | 0                   | 5                     | 0                   | 4                     | 3                   | 8                     | 5                   | 10                    | 0                   |
| 2                                 | 7                     | 0                   | 5                     | 0                   | 3                     | 5                   | 7                     | 10                  | 9                     | 1                   |
| 3                                 | 8                     | 0                   | 5                     | 0                   | 2                     | 10                  | 6                     | 15                  | 8                     | 2                   |
| 4                                 | 9                     | 0                   | 8                     | 0                   | 7                     | 3                   | 11                    | 5                   | 13                    | 0                   |
| 5                                 | 10                    | 0                   | 8                     | 0                   | 6                     | 5                   | 10                    | 10                  | 12                    | 1                   |
| 6                                 | 11                    | 0                   | 8                     | 0                   | 5                     | 10                  | 9                     | 15                  | 11                    | 2                   |
| 7                                 | 12                    | 0                   | 10                    | 0                   | 9                     | 3                   | 13                    | 5                   | 15                    | 0                   |
| 8                                 | 13                    | 0                   | 10                    | 0                   | 8                     | 5                   | 12                    | 10                  | 14                    | 1                   |
| 9                                 | 14                    | 0                   | 10                    | 0                   | 7                     | 10                  | 11                    | 15                  | 13                    | 2                   |

ตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

| ลักษณะ                          | ร้อยละ | ลักษณะ                                      | ร้อยละ |
|---------------------------------|--------|---------------------------------------------|--------|
| <b>เพศ (Gender)</b>             |        | <b>อาชีพ (Occupation)</b>                   |        |
| - ชาย                           | 53.42  | - นักศึกษาปริญญาเอก                         | 06.12  |
| - หญิง                          | 46.58  | - บุคลากร (รวมอาจารย์)                      | 19.45  |
| <b>อายุ (Age)</b>               |        | - บุคคลภายนอก                               | 30.03  |
| - 15-19 ปี                      | 07.41  | <b>รายได้ (Income)</b>                      |        |
| - 20-24 ปี                      | 53.04  | - ต่ำกว่า 10,000 บาท                        | 52.18  |
| - 25-29 ปี                      | 12.62  | - 10,001-20,000 บาท                         | 18.02  |
| - 30-34 ปี                      | 09.43  | - 20,001-30,000 บาท                         | 19.19  |
| - 35-39 ปี                      | 05.89  | - 30,001-40,000 บาท                         | 07.07  |
| - มากกว่า 40 ปี                 | 11.62  | - 40,001-50,000 บาท                         | 02.86  |
| <b>อาชีพ (Occupation)</b>       |        | - มากกว่า 50,001 บาท                        | 00.67  |
| - นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 | 08.84  | <b>สัดส่วนรูปแบบการเดินทาง (Mode share)</b> |        |
| - นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 | 09.53  | - รถโดยสารประจำทาง (รถไฟฟ้า)                | 04.90  |
| - นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 | 07.38  | - รถจักรยาน                                 | 03.20  |
| - นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 | 12.59  | - เดินเท้า                                  | 11.42  |
| - นักศึกษาปริญญาโท              | 06.37  | - รถยนต์                                    | 27.95  |
|                                 |        | - รถจักรยานยนต์                             | 52.53  |

### 3.4 การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางได้ถูกพัฒนาขึ้น ในรูปแบบของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (utility function) [17-18] ซึ่งเป็นสมการที่แสดงความพึงพอใจและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เดินทางเมื่อเลือกเดินทางด้วยรูปแบบนั้น โดยเขียนได้ดังสมการที่ (1)

$$Utility_{mode} = Constant_{mode} + \beta_{T_{mode}}(\Delta T + TT) + \beta_{C_{mode}}(\Delta C + TC) \quad (1)$$

โดยที่

$Constant_{mode}$  คือ ค่าคงที่ของแต่ละรูปแบบการเดินทาง (mode)

$TT, TC$  คือ เวลาและค่าใช้จ่ายการเดินทางปัจจุบัน

$\Delta T, \Delta C$  คือ เวลาและค่าใช้จ่ายการเดินทางที่เปลี่ยนแปลง

$\beta_{T_{mode}}$  คือ สัมประสิทธิ์ของเวลาของแต่ละรูปแบบการเดินทาง

$\beta_{C_{mode}}$  คือ สัมประสิทธิ์ของค่าใช้จ่ายของแต่ละรูปแบบการ

เดินทาง

ค่าคงที่ในสมการที่ (1) อาจต้องมีการปรับเทียบเพื่อให้แบบจำลองมีความสามารถในการคาดการณ์ได้อย่างถูกต้อง [19] โดยใช้สมการที่ (2)

$$Constant_{new} = Constant_{old} + \ln(P_r / P_m) \quad (2)$$

โดยที่  $P_r$  คือ สัดส่วนรูปแบบการเดินทางจริง (real)  
 $P_m$  คือ สัดส่วนรูปแบบการเดินทางจากแบบจำลอง (model)

อย่างไรก็ตาม บทความนี้ได้มีการพัฒนาแบบจำลองข้างต้น ออกเป็น 4 กลุ่มแบบจำลอง ประกอบด้วย 1) แบบจำลองทุกกลุ่มผู้เดินทาง 2) แบบจำลองกลุ่มนักศึกษา 3) แบบจำลองกลุ่มบุคลากร และ 4) แบบจำลองกลุ่มบุคคลภายนอก ผลการศึกษากล่าวในหัวข้อ 4.1

### 3.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ในบทความนี้ แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นได้ถูกตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ โดยพิจารณาใน 2 ส่วน คือ 1) ความน่าเชื่อถือภายในของแบบจำลอง (internal validation) และ 2) ความน่าเชื่อถือภายนอกของแบบจำลอง (external validation) ส่วนแรกเป็นการตรวจสอบดัชนีความสอดคล้อง (likelihood ratio index) คำนัยสำคัญทางสถิติ และความเหมาะสมของเครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์ในแบบจำลอง สำหรับส่วนที่สอง เป็นการตรวจสอบความสามารถในการคาดการณ์หรือทำนายผลว่ามีความถูกต้องอย่างไร รายละเอียดการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง สามารถดูตัวอย่างได้จาก [20-21]

ตารางที่ 3 ระดับของการดำเนินการในแต่ละมาตรการ

| มาตรการ                                                            | ระดับของการดำเนินการ                 |      |      |      |      |      | หน่วย |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|
|                                                                    | เมื่อเวลา/ค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไป |      |      |      |      |      |       |
|                                                                    | 0%                                   | 5%   | 10%  | 15%  | 20%  | 25%  |       |
| 1) การควบคุมที่จอดรถ (เวลาเดินทางเพิ่มขึ้น)                        |                                      |      |      |      |      |      |       |
| - รถจักรยานยนต์                                                    | 0.0                                  | +0.3 | +0.5 | +0.9 | +1.0 | +1.5 | นาที  |
| - รถยนต์                                                           | 0.0                                  | +0.5 | +1.0 | +1.5 | +2.0 | +2.5 | นาที  |
| 2) การเก็บค่าที่จอดรถ (ค่าใช้จ่ายเดินทางเพิ่มขึ้น)                 |                                      |      |      |      |      |      |       |
| - รถจักรยานยนต์                                                    | 0.0                                  | +0.3 | +0.6 | +1.0 | +1.2 | +1.5 | บาท   |
| - รถยนต์                                                           | 0.0                                  | +0.5 | +1.0 | +1.5 | +2.0 | +2.5 | บาท   |
| 3) การปรับปรุงบริการรถโดยสารประจำทาง (เวลาเดินทางลดลง)             | 0.0                                  | -0.5 | -1.0 | -1.5 | -2.5 | -3.0 | นาที  |
| 4) การปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้จักรยาน (เวลาเดินทางลดลง) | 0.0                                  | -0.4 | -0.8 | -1.0 | -1.5 | -2.0 | นาที  |

### 3.6 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ใน 2 ส่วน คือ 1) การประเมินผลกระทบการส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทาง และ 2) การคาดการณ์ปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เปลี่ยนไปจากมาตรการที่นำเสนอ

มาตรการส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ที่พิจารณาในบทความนี้อ้างอิงจากมาตรการสำหรับการสร้างสังคมคาร์บอนต่ำ [22] และพิจารณา 5 มาตรการ ประกอบด้วย 1) การควบคุมที่จอดรถ 2) การเก็บค่าที่จอดรถ 3) การปรับปรุงบริการรถโดยสารประจำทาง (รถบัสไฟฟ้า) 4) การปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้จักรยาน และ 5) การดำเนินทุกมาตรการพร้อมกัน ผลการศึกษานำเสนอในหัวข้อ 4.2.1

สำหรับการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทาง เป็นการนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาคำนวณหาสัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางที่เวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางเปลี่ยนแปลงไปจากมาตรการทั้ง 5 ข้างต้น โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3

ส่วนการคาดการณ์ปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub> บทความนี้ประยุกต์ใช้วิธี Bottom-Up2 [6] โดยนำข้อมูลปริมาณการจราจรบนโครงข่ายการเดินทางที่ได้จากการคาดการณ์สัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางในขั้นตอนก่อนหน้านี้ แล้วคูณด้วยอัตราการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ต่อระยะทางการเดินทางของยานพาหนะแต่ละประเภท [23] (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4) ผลการศึกษานำเสนอไว้ในหัวข้อ 4.2.2

ตารางที่ 4 อัตราการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ต่อระยะทาง

| รูปแบบการเดินทาง | อัตราการปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub> ต่อระยะทาง (gCO <sub>2</sub> /km) |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|
| รถยนต์           | 124.5                                                               |
| รถจักรยานยนต์    | 83.0                                                                |
| รถโดยสารใหญ่     | 66.8                                                                |
| รถโดยสารเล็ก     | 34.3                                                                |

ที่มา: European Environment Agency [23]

## 4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 4.1 ผลการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

จากการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของทั้ง 4 กลุ่มผู้เดินทาง ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในแบบจำลอง ( $\beta_{T,mode}$  และ  $\beta_{C,mode}$ ) ก่อนการปรับเทียบค่าคงที่ ( $Constant_{old}$ ) ของแต่ละรูปแบบการเดินทาง แสดงในตารางที่ 5 และ 6 อย่างไรก็ตาม เพื่อให้แบบจำลองสามารถคาดการณ์สัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางกรณีปัจจุบันได้ความถูกต้องแม่นยำ ค่า

$Constant_{old}$  ของแต่ละรูปแบบการเดินทาง ได้ถูกปรับเทียบอีกครั้งโดยใช้สมการที่ 2 และกำหนดให้  $\beta_{T,mode}$  และ  $\beta_{C,mode}$  มีค่าคงเดิม จนได้ผลหลังการปรับเทียบค่าคงที่ ( $Constant_{new}$ )

จากการตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายในแบบจำลองด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (likelihood ratio index) ซึ่งควรมีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป [20] พบว่า ทั้ง 4 แบบจำลองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนการพิจารณาความสำคัญทางสถิติของทั้ง 4 แบบจำลอง พบว่า อยู่ในช่วงระดับความเชื่อมั่นที่ 90%-99% และจากการตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์ในแบบจำลอง ยังพบว่า มีความสอดคล้องกับความเป็นจริง

สำหรับการตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอกแบบจำลอง พบว่า ทั้ง 4 แบบจำลอง ให้ค่าร้อยละการคาดการณ์ที่ถูกต้องได้ 45.53% , 39.07% ,37.07% และ 45.33% ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถนำไปใช้งานได้

ตารางที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในแบบจำลองทุกกลุ่มผู้เดินทางและแบบจำลองกลุ่มบุคลากร

| ตัวแปร                                            | ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ( $\beta$ ) |                           |                           |                           |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                                   | แบบจำลองทุกกลุ่มผู้เดินทาง           |                           | แบบจำลองกลุ่มบุคลากร      |                           |
|                                                   | ก่อนปรับเทียบ<br>ค่าคงที่            | หลังปรับเทียบ<br>ค่าคงที่ | ก่อนปรับเทียบ<br>ค่าคงที่ | หลังปรับเทียบ<br>ค่าคงที่ |
| ค่าคงที่การเดิน ( $Constant_{walk}$ )             | <b>0.4238 *</b>                      | <b>0.2570</b>             | <b>4.9958 ***</b>         | <b>9.1660</b>             |
| เวลาเดินทางการเดิน ( $\beta_{T,walk}$ )           | -0.5860 ***                          | -0.5860 ***               | -1.1970 ***               | -1.1970 ***               |
| ค่าคงที่รถจักรยาน ( $Constant_{bc}$ )             | -                                    | <b>-2.5000</b>            | -                         | <b>-2.3536</b>            |
| เวลาในการเดินทางรถจักรยาน ( $\beta_{T,bc}$ )      | -0.5390 ***                          | -0.5390 ***               | -0.0705 ***               | -0.0705 ***               |
| ค่าคงที่รถจักรยานยนต์ ( $Constant_{mc}$ )         | <b>-0.7807 ***</b>                   | <b>0.3150</b>             | <b>1.9072 ***</b>         | <b>1.2019</b>             |
| เวลาเดินทางรถจักรยานยนต์ ( $\beta_{T,bc}$ )       | -0.4190 ***                          | -0.4190 ***               | -0.8580 ***               | -0.8580 ***               |
| ค่าใช้จ่ายเดินทางรถจักรยานยนต์ ( $\beta_{C,bc}$ ) | -0.2870 ***                          | -0.2870 ***               | -0.4670 ***               | -0.4670 ***               |
| ค่าคงที่รถยนต์ ( $Constant_{pc}$ )                | <b>2.1993 ***</b>                    | <b>2.1770</b>             | <b>6.2318 ***</b>         | <b>10.4765</b>            |
| เวลาเดินทางรถยนต์ ( $\beta_{T,pc}$ )              | -0.4910 ***                          | -0.4910 ***               | -0.8346 ***               | -0.8346 ***               |
| ค่าใช้จ่ายเดินทางรถยนต์ ( $\beta_{C,pc}$ )        | -0.2030 ***                          | -0.2030 ***               | -0.3623 ***               | -0.3623 ***               |
| ค่าคงที่รถประจำทาง ( $Constant_{Ebus}$ )          | <b>-2.5637 **</b>                    | <b>-2.6120</b>            | <b>7.8112 ***</b>         | <b>9.3283</b>             |
| เวลาเดินทางรถประจำทาง ( $\beta_{T,Ebus}$ )        | -0.1680 **                           | -0.1680 **                | -1.1519 ***               | -1.1519 ***               |
| ค่าใช้จ่ายเดินทางรถประจำทาง ( $\beta_{C,Ebus}$ )  | -1.6330 ***                          | -1.6330 ***               | -0.3853 ***               | -0.3853 ***               |
| จำนวนตัวอย่าง                                     | <b>650</b>                           |                           | <b>515</b>                |                           |
| Likelihood ratio index ( $\sigma^2$ )             | <b>0.211</b>                         |                           | <b>0.201</b>              |                           |
| ร้อยละการคาดการณ์ที่ถูกต้อง                       | <b>45.53</b>                         |                           | <b>37.07</b>              |                           |

หมายเหตุ \*, \*\*, \*\*\* ค่าสัมประสิทธิ์มีระดับความเชื่อมั่นที่ 90%, 95% และ 99%

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในแบบจำลองกลุ่มนักศึกษาและแบบจำลองกลุ่มบุคคลภายนอก

| ตัวแปร                                              | ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ( $\beta$ ) |                           |                           |                           |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                                     | แบบจำลองกลุ่มนักศึกษา                |                           | แบบจำลองกลุ่มบุคคลภายนอก  |                           |
|                                                     | ก่อนปรับเทียบ<br>ค่าคงที่            | หลังปรับเทียบ<br>ค่าคงที่ | ก่อนปรับเทียบ<br>ค่าคงที่ | หลังปรับเทียบ<br>ค่าคงที่ |
| ค่าคงที่การเดินทาง ( $Constant_{walk}$ )            | 4.0872 ***                           | 7.2474                    | 4.4831 ***                | 4.5883                    |
| เวลาเดินทางการเดินทาง ( $\beta_{T_{walk}}$ )        | -1.0940 ***                          | -1.0940 ***               | -1.2724 ***               | -1.2724 ***               |
| ค่าคงที่รถจักรยาน ( $Constant_{bc}$ )               | -                                    | -5.5030                   | -                         | -1.4427                   |
| เวลาในการเดินทางรถจักรยาน ( $\beta_{T_{bc}}$ )      | -0.6560 ***                          | -0.6560 ***               | -0.8936 ***               | -0.8936 ***               |
| ค่าคงที่รถจักรยานยนต์ ( $Constant_{mc}$ )           | 1.8872 ***                           | 5.1772                    | 0.2503 *                  | 2.5590                    |
| เวลาเดินทางรถจักรยานยนต์ ( $\beta_{T_{bc}}$ )       | -0.7620 ***                          | -0.7620 ***               | -0.8666 ***               | -0.8666 ***               |
| ค่าใช้จ่ายเดินทางรถจักรยานยนต์ ( $\beta_{C_{bc}}$ ) | -0.4960 ***                          | -0.4960 ***               | -0.5332 ***               | -0.5332 ***               |
| ค่าคงที่รถยนต์ ( $Constant_{pc}$ )                  | 5.1387 ***                           | 6.6820                    | 5.0565 ***                | 6.6921                    |
| เวลาเดินทางรถยนต์ ( $\beta_{T_{pc}}$ )              | -0.7477 ***                          | -0.7477 ***               | -0.9501 ***               | -0.9501 ***               |
| ค่าใช้จ่ายเดินทางรถยนต์ ( $\beta_{C_{pc}}$ )        | -0.3350 ***                          | -0.3350 ***               | -0.4188 ***               | -0.4188 ***               |
| ค่าคงที่รถประจำทาง ( $Constant_{Ebus}$ )            | 6.0893 ***                           | 5.1591                    | 7.7970 ***                | 2.6591                    |
| เวลาเดินทางรถประจำทาง ( $\beta_{T_{Ebus}}$ )        | -1.0500 ***                          | -1.0500 ***               | -1.2551 ***               | -1.2551 ***               |
| ค่าใช้จ่ายเดินทางรถประจำทาง ( $\beta_{C_{Ebus}}$ )  | -0.2083 **                           | -0.2083 **                | -0.3849 ***               | -0.3849 ***               |
| จำนวนตัวอย่าง                                       | 991                                  |                           | 542                       |                           |
| Likelihood ratio index ( $\sigma^2$ )               | 0.230                                |                           | 0.214                     |                           |
| ร้อยละการคาดการณ์ที่ถูกต้อง                         | 39.07                                |                           | 45.33                     |                           |

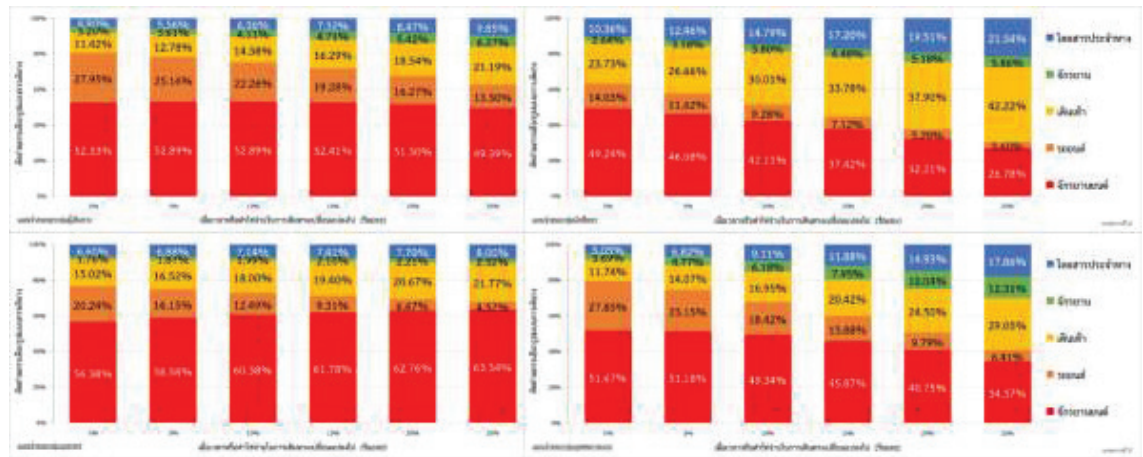
หมายเหตุ \*, \*\*, \*\*\* ค่าสัมประสิทธิ์มีระดับความเชื่อมั่นที่ 90%, 95% และ 99%

4.2 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

4.2.1 ผลการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทาง

ผลจากการนำแบบจำลองทั้ง 4 กลุ่มผู้เดินทางที่พัฒนาขึ้น ไปคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทางเมื่อมีมาตรการส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ 5 มาตรการ (หัวข้อ 3.6) มีดังนี้

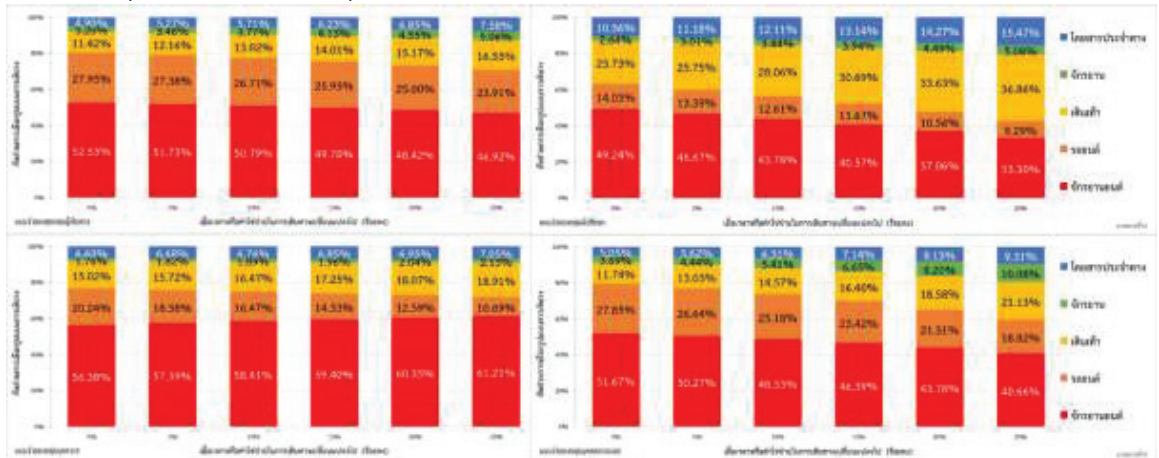
กรณีการควบคุมที่จอดรถจักรยานยนต์และรถยนต์ (ดังรูปที่ 3) พบว่า กลุ่มนักศึกษา ตอบสนองต่อมาตรการนี้มากที่สุด โดยลดการใช้รถส่วนตัวเหลือ 30.4% (เดิม 63.3%) บุคคลภายนอกเหลือ 40.8% (เดิม 79.5%) และบุคลากร 67.9% (เดิม 76.6%) และ พบว่า กลุ่มผู้เดินทางเปลี่ยนมาเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์มากขึ้นเป็น 62.6% 59.2% และ 32.1% ตามลำดับ



รูปที่ 3 มาตรการควบคุมที่จอดรถจักรยานยนต์และรถยนต์

ส่วนมาตรการเก็บค่าที่จอดรถจักรยานยนต์และรถยนต์ (รูปที่ 4) จะเห็นได้ว่า การตอบสนองต่อมาตรการนี้คล้ายกับมาตรการแรก คือ การใช้รถส่วนตัวของกลุ่มนักศึกษา บุคคลภายนอก และบุคลากร ลดลงเหลือ

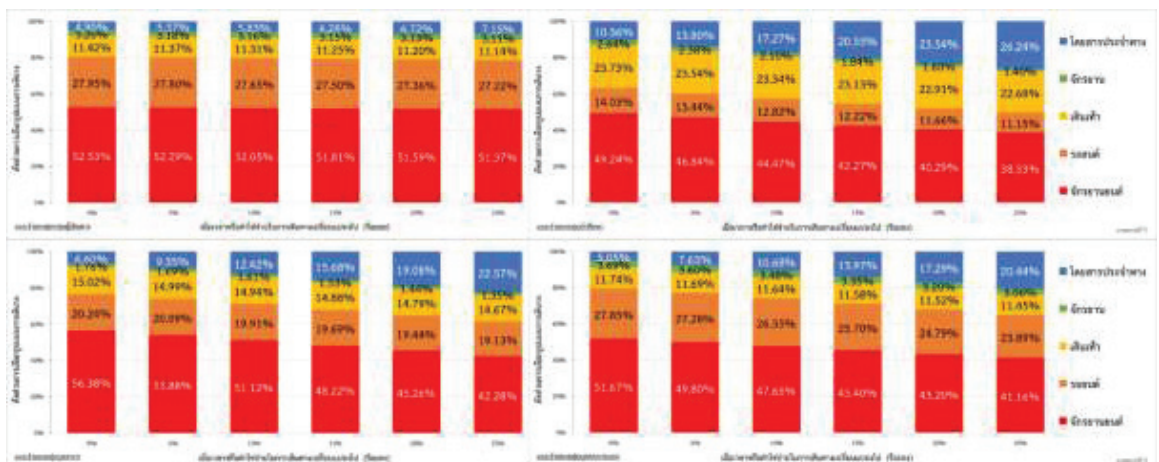
42.6% 59.5% และ 71.9% ตามลำดับ และ พบว่า กลุ่มผู้เดินทางเปลี่ยนมาเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์มากขึ้นเป็น 57.4% 40.5% และ 28.1% ตามลำดับ



รูปที่ 4 มาตรการเก็บค่าที่จอดรถจักรยานยนต์และรถยนต์

สำหรับมาตรการปรับปรุงการให้บริการรถโดยสารประจำทาง (รถบัสไฟฟ้า) เช่น การเพิ่มความถี่และการปรับเส้นทางรถโดยสาร จะสามารถลดเวลาเดินทางและเวลารอของรถบัสไฟฟ้าได้ ซึ่งผลจากแบบจำลองในรูปที่ 5 พบว่า ทำให้สัดส่วนการใช้รถบัสไฟฟ้าของกลุ่มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเป็น 23.1% โดยนักศึกษาเพิ่มขึ้น 26.2% (เดิม 10.4%) บุคคลภายนอก 20.4% (เดิม 5.1%) และ บุคลากร 22.6% (เดิม 6.6%)

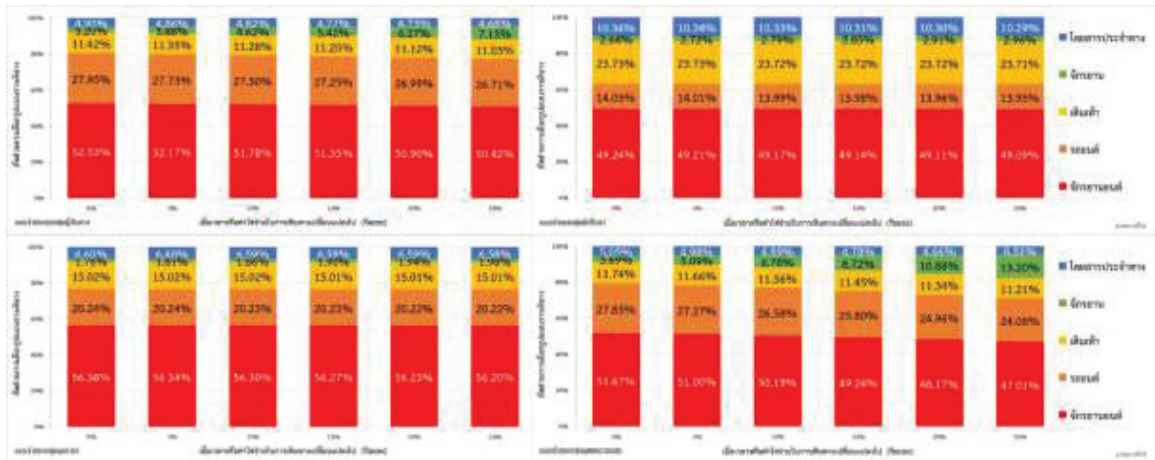
ส่วนมาตรการปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้จักรยาน เช่น การเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่จอดจักรยาน และการปรับปรุงเส้นทางจักรยานให้สะดวกและปลอดภัย ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้จักรยานลดเวลาการเดินทางได้ ผลจากการทดสอบมาตรการ (ดังรูปที่ 6) พบว่า มีเพียงกลุ่มบุคคลภายนอกที่ตอบสนองต่อมาตรการเป็นอย่างดี คือ เพิ่มผู้ใช้จักรยานเป็น 13.2% (เดิม 3.7%) ส่วนนักศึกษาและบุคลากรเพิ่มเล็กน้อย เป็น 3.0% (เดิม 2.6%) และ 2.0% (เดิม 1.8%)



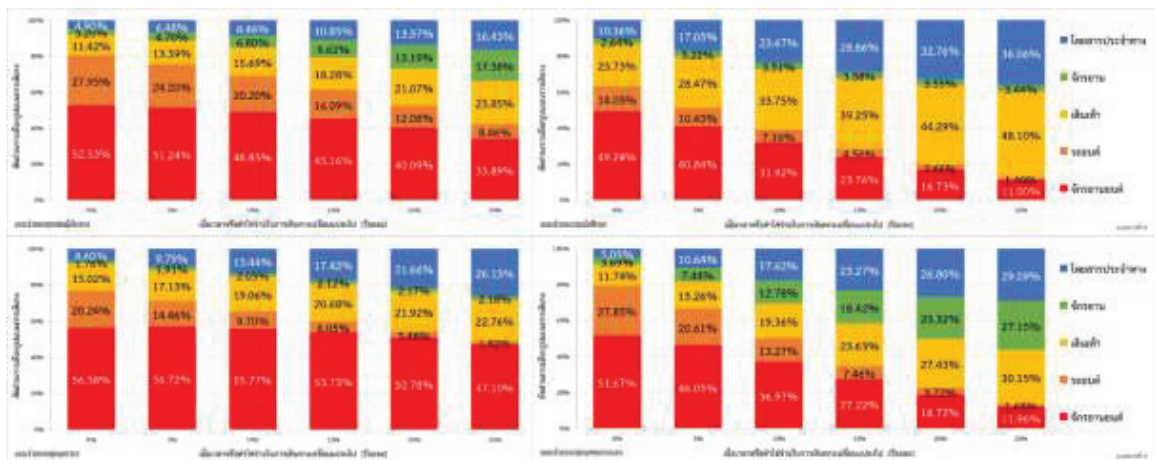
รูปที่ 5 มาตรการปรับปรุงการให้บริการรถโดยสารประจำทาง ม.อ. (PSU E-Bus)

สุดท้ายเป็นการดำเนินทุกมาตรการพร้อมกัน ผลการศึกษาดังรูปที่ 7 พบว่า การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทางของแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน โดยกลุ่มบุคคลภายนอก จะใช้การเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์มากถึง 86.4% (เดิน 30.2% รถบัสไฟฟ้า 29.1% จักรยาน 27.2%) ส่วนผู้ใช้รถส่วนตัวเหลือ 13.6% (รถยนต์ 1.7% รถจักรยานยนต์ 11.9%) สำหรับกลุ่มนักศึกษา มีเพียง

13.6% ที่จะใช้รถส่วนตัว (รถจักรยานยนต์ 11.9% รถยนต์ 1.6%) แต่จะเปลี่ยนมาเดิน 48.10% ใช้รถบัสไฟฟ้า 36.1% และใช้จักรยาน 3.4% ส่วนกลุ่มบุคลากร ยังคงมีผู้ใช้รถส่วนตัว 48.9% (รถยนต์ 1.8% รถจักรยานยนต์ 47.1%) ผู้ใช้รถบัสไฟฟ้า 26.1% เดิน 22.8% และใช้รถจักรยาน 2.2%



รูปที่ 6 มาตรการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมความสะดวกแก่ผู้ใช้รถจักรยาน



รูปที่ 7 การดำเนินทุกมาตรการพร้อมกัน

#### 4.2.2 ผลการคาดการณ์ปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub>

ปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เกิดขึ้นในโครงข่ายการเดินทางปัจจุบัน พบว่า มีค่าเฉลี่ย 1,182 kgCO<sub>2</sub>/km โดยหากพิจารณาการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ของกลุ่มนักศึกษา บุคคลภายนอก และ บุคลากร พบว่า มีค่า 992 kgCO<sub>2</sub>/km 1,166 kgCO<sub>2</sub>/km และ 1,175 kgCO<sub>2</sub>/km ตามลำดับ

หากดำเนินทุกมาตรการและมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทางตามผลในหัวข้อก่อนหน้านี้ จะทำให้ปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub> ลดลงเฉลี่ย 62.6% โดยบุคคลภายนอกสามารถลดปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub> ได้มากที่สุด (80.8%) รองลงมา คือ นักศึกษา (79.3%) และ บุคลากร (27.7%)

## 5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้นำเสนอการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางระหว่างรถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถบัสไฟฟ้า การเดิน และจักรยาน ของผู้เดินทางภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นประจำ ทั้งกลุ่มนักศึกษา บุคลากร และบุคคลภายนอก และประยุกต์ใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในการประเมินผลมาตรการสนับสนุนการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ ประกอบด้วย 1) การควบคุมที่จอดรถ 2) การเก็บค่าที่จอดรถ 3) การปรับปรุงบริการรถบัสไฟฟ้า 4) การปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้จักรยาน และ 5) การดำเนินทุกมาตรการพร้อมกัน ผลการศึกษา พบว่า มาตรการควบคุมที่จอดรถ และมาตรการเก็บค่าที่จอดรถ สามารถลดการใช้รถส่วนตัวในภาพรวมได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะกลุ่มนักศึกษาลดลงเหลือ 30.4% และ 42.6% ตามลำดับ ส่วนการปรับปรุงบริการรถบัสไฟฟ้า ทำให้การใช้รถบัสไฟฟ้าในภาพรวมจากทุกกลุ่มเพิ่มขึ้นเป็น 23.1% สำหรับการปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้จักรยาน พบว่า จะทำให้มีผู้ใช้จักรยานเพิ่มขึ้นบ้างเพียงเล็กน้อย แต่หากดำเนินทุกมาตรการพร้อมกัน จะทำให้การเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในกลุ่มบุคคลภายนอกและกลุ่มนักศึกษา เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> การดำเนินทุกมาตรการพร้อมกัน สามารถลดลงได้เฉลี่ย 62.6%

จากผลการศึกษา อาจกล่าวได้ว่า ปัจจัยเวลาส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางมากกว่าปัจจัยค่าใช้จ่ายในการเดินทาง อีกทั้งมาตรการสนับสนุนการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ที่แท้จริง ควรเป็นการบูรณาการระหว่างมาตรการเพิ่มเวลาและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้รถส่วนตัวร่วมกับมาตรการปรับปรุงทางเลือกการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ เช่น การเดิน จักรยาน รถบัสไฟฟ้า เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม พื้นที่ศึกษาในบทความนี้มีระยะการเดินทางที่ไม่ยาวมาก ทำให้การกำหนดผลต่างของเวลาและค่าใช้จ่ายในสถานการณ์สมมติไม่แตกต่างจากปัจจุบันมากนัก ถึงแม้แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ประเมินและเปรียบเทียบมาตรการที่นำเสนอ แต่ค่อนข้างมีความอ่อนไหวต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ดังนั้น งานวิจัยในอนาคต

ควรพิจารณาในประเด็นดังกล่าว อีกทั้งควรพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ในแบบจำลอง เช่น ความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการเดินทาง และลักษณะของผู้เดินทาง รวมทั้งการศึกษามาตรการส่งเสริมการเดินทางเพิ่มเติม

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Copenhagenize Design Company. 2016. Index of the most bike-friendly cities in the World [Internet]. 2016. [cited: 2016 July 7]. Available from : <http://copenhagenize.eu>.
- [2] กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม. สถิติการจดทะเบียนรถใหม่สะสม [ออนไลน์]. 2559. [อ้างอิง : 11 ก.ค. 2559]. เข้าถึงได้จาก [http://apps.dlt.go.th/statistics\\_web/statistics.html](http://apps.dlt.go.th/statistics_web/statistics.html).
- [3] ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). รายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2555 [ออนไลน์] 2556. [อ้างอิง : 17 ก.ย.2558]. เข้าถึงได้จาก [www.tgo.or.th](http://www.tgo.or.th).
- [4] สมชัย เบญจขย. การเก็บคาร์บอนและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากป่าไม้. สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (เชียงใหม่). [ออนไลน์] 2556. [อ้างอิง : 13 มิ.ย. 2559]. เข้าถึงได้จาก [www.fca16.com](http://www.fca16.com).
- [5] เครือข่ายชมรมจักรยานเชียงใหม่. สรุปผลการประชุมหารือ เรื่องนโยบายการส่งเสริมการใช้จักรยาน [ออนไลน์] 2559. [อ้างอิง : 23 ส.ค.2559]. เข้าถึงได้จาก <http://cmcycling.org>.
- [6] ปิยณัฐ จันทสุทธี. 2556. การศึกษารถประจำทางด่วนพิเศษเพื่อสนับสนุนเมืองคาร์บอนต่ำ กรณีศึกษาเมืองขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [7] ศุภกร สุทธิพันธ์. 2557. การพัฒนาแบบจำลองการ

- เลือกรูปแบบการเดินทางระหว่างรถส่วนบุคคลกับรถโดยสารประจำทางในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [8] Louviere, J.J., Hensher, D.A., and Swait, J.D. 2000. Stated choice methods: analysis and application. Cambridge University Press, UK.
- [9] Alvinsyah, Soehodho, S., and Nainggolan, P.J. 2005. Public transport user attitude based on choice model parameter characteristics (Case study: Jakarta Busway System), Journal of Eastern Asia Society for Transport Studies, 6: 480-491.
- [10] ณฤพล นิยม และ ประเมศวร์ เหลือเทพ. 2558. การศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. การประชุมวิชาการการขนส่ง ATRANS 2015, กรุงเทพมหานคร, 21 สิงหาคม 2558: 83-92.
- [11] โสมสกา เพชรานนท์ และวลัยภรณ์ อัดตะนันท์. 2558. ความเต็มใจจ่ายเพื่อคุณลักษณะในการบริหารจัดการช่องทางจักรยาน. วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม), 36 (2): 201-216.
- [12] เอกชัย รัตนโอภา และวิโรจน์ ศรีสุภานนท์. 2549. การพัฒนาแบบจำลองดัชนีชี้วัดการใช้จักรยานร่วมกับกระแสรถจักรยาน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 สาขาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร, 30 มกราคม 2549: 218-226.
- [13] นฤมล พูลกสิวิทย์ และเจษฎา ทาสอน. 2558. การศึกษาแนวทางในการส่งเสริมการใช้จักรยานในมหาวิทยาลัยนเรศวร. ภาคนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [14] วิโรจน์ ศรีสุภานนท์. 2556. วิธีส่งเสริมการขี่จักรยานในกรุงเทพมหานคร. การประชุมวิชาการส่งเสริมการเดินทางและการใช้จักรยานในชีวิตประจำวัน ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร, 28 ก.พ.2557. 73-76.
- [15] กองอาคารสถานที่ สำนักอธิการบดีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ระบบสารสนเทศ [ออนไลน์] 2557. [อ้างอิง : 15 ก.ค.2557]. เข้าถึงได้จาก [www.planning.psu.ac.th](http://www.planning.psu.ac.th).
- [16] Hensher, D.A., Rose, J.M., and Green, W.H. 2005. Applied choice analysis: a primer. Cambridge University Press, London, UK.
- [17] Domencich, T.A. and McFadden, D. 1975. Urban travel demand: a behavioural analysis. North-Holland, Amsterdam, Netherlands.
- [18] Satiennam, T., Jaensirisak, S., Natevongin, N. and Kowtanapanich, W. 2011. Public transport planning for a motorcycle dominated community. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 9: 970-985.
- [19] Jaensirisak, S. and Paksarsawan, S. 2004. The effect of accessibility on mode choice for shopping trip. Access to Destination Conference, 8-9 November 2004, University of Minnesota, USA.
- [20] Ben-Akiva, M. Lerman, S.R. 1985. Discrete choice analysis: theory and application to travel demand. Cambridge, MIT Press.
- [21] Train, K. 2003. Discrete choice methods with simulation. MIT Press, UK.
- [22] Hayashi, Y., Nakamura, K., Ito, K. and Mimuro, A. 2012. Putting transport into climate policy agenda. WCTRS and Institute for Transport Policy Studies. Nagoya University, Japan.
- [23] European Environment Agency. 2013. CO<sub>2</sub> emissions per passenger. Accessed on 10<sup>th</sup> September 2015.
- [24] Luatthep, P., Suttipan, S. and Jaensirisak, S. 2015. Challenge of public transport planning in private vehicle dominated community. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 11: 1122-1139.
- [25] Satiennam, T., Jaensirisak, S., Satiennam, W., and Dettamrong, S. 2015. Potential for modal shift by passenger car and motorcycle users towards Bus Rapid Transit (BRT) in an Asian developing city. IATSS Research, In Press.