SWU Engineering Journal (2020) 15(2), 30-46 วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 เดือน พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2563

การจำลองทางเลือกการเดินทางโดยคำนึงถึงมลพิษทางอากาศในเมือง และการประยุกต์ใช้แบบจำลองโลจิตในเขตเมืองนครปฐม

Considering Urban Air Pollution in Travel Choice Modeling and Its Application to Logit Model in Nakhon Pathom

ธนกร เมฆิน* ฆนิศา รุ่งแจ้ง
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
Thanakorn Mekin* Kanisa Rungjang
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900
*Corresponding author Email: thanakorn.mek@ku.th
(Received: March 17, 2020; Accepted: May 17, 2020)

บทคัดย่อ

สภาวะมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะปัญหาด้านฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนในการเดินทาง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองโลจิตสำหรับการเลือกรูปแบบการเดินทางในเขตเมืองที่มีสภาวการณ์ของมลพิษทางอากาศด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองโลจิตพหุและโลจิตลำดับชั้น งานวิจัยนี้สามารถจำลองพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางในเขตเมืองนครปฐมพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง (นัยสำคัญที่ร้อยละ 99) ประกอบด้วย 4 ปัจจัย ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ความถี่ในการให้บริการ เวลาที่รอคอย และเวลาที่ใช้เดินทาง เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านรายได้ครัวเรือนพบว่า กลุ่มผู้มีรายได้สูงจะเลือกยานพาหนะที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็กในระดับต่ำ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของกลุ่มผู้มีรายได้สูงมีค่ามากกว่ากลุ่มอื่น ประชาชนส่วนใหญ่ไม่นิยมเลือกใช้ยานพาหนะที่มีฝุ่นละอองในห้องโดยสารต่ำหากต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบการขนส่งมวลชนสำหรับเขตเมืองที่คำนึงถึงมลพิษทางอากาศ ภาครัฐสามารถส่งเสริมการบริการรถโดยสารที่มีฝุ่นละอองในระดับต่ำโดยกำหนดค่าโดยสารไม่ให้สูงขึ้นจนมีผลกระทบต่อผู้มีรายได้น้อย

คำสำคัญ: การเลือกรูปแบบการเดินทาง แบบจำลองโลจิตพหุ แบบจำลองโลจิตลำดับชั้น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ABSTRACT

Air pollution especially the problem particulate matter smaller less than 2.5 microns (PM2.5), which is the main problem affecting public health of commuter travelers. This research aims to develop logit model of travel choice in urban area considering air pollution factor using multinomial logit model and nested logit model. The result shows the model of travel behavior in Nakhon Pathom urban area. There are 4 factors affecting travel choice (significance level of 99 percent): travel cost, service frequency, waiting time and travel time. Based on household income, the high-income level prefers to choose the low-particulate matter vehicle (the low PM vehicle). Travel cost of this group is higher than others. If the cost of traveling increases, people are less likely to choose the low PM vehicle in cabin.

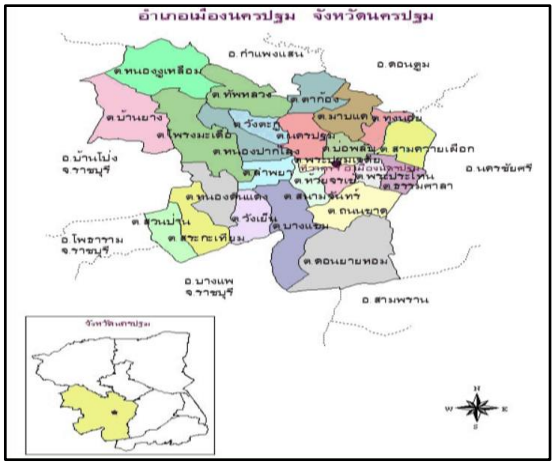
Considering to air pollution, this research provides useful information for improving mass transit in urban area. Government should provide the low PM vehicle with proper fare rate which is not effect to low income travelers.

Keyword: Travel choice, Multinomial logit model, Nested logit model, Particulate matter 2.5 (PM2.5)

1. บทนำ

ภายใต้สภาวะมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะปัญหาด้านฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนเป็นอย่างมาก[1] หนึ่งในสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศคือ การสัญจรของยานพาหนะบนท้องถนน[2] เมื่อกล่าวถึงระบบขนส่งมวลชนสำหรับในประเทศไทยแล้วนั้น ในบางพื้นที่ยังมีการขนส่งมวลชนที่ยังกระจายไม่ทั่วถึงและขาดประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผู้เดินทางเลือกใช้ยานพาหนะส่วนตัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลที่ตามมาคือเมื่อปริมาณจราจรบนท้องถนนเพิ่มมากขึ้นย่อมก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนั้นแล้วพฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะของผู้ขับขี่เป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการระบายสารมลพิษจากไอเสียยานพาหนะบนท้องถนนออกสู่สิ่งแวดล้อมและบรรยากาศ[3] สภาพปัญหาหลักในพื้นที่เขตเมืองใหญ่ทั่วประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรุงเทพมหานคร จากข้อเท็จจริงที่ว่าการแก้ไขปัญหาในแต่ละปีไม่ได้ทำให้ฝุ่นละออง PM2.5 ลดลงมีแต่จะเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการใช้รถเครื่องยนต์ดีเซลที่จดทะเบียนเพิ่มขึ้นทุกปี[4] ดังนั้นหากมีการพัฒนาระบบการขนส่งมวลชนให้มีประสิทธิภาพ และมีการกระจายที่ทั่วถึงในทุกพื้นที่ที่เป็นแหล่งสำคัญก็จะเป็นการช่วยลดปริมาณจราจรบนท้องถนนรวมถึงช่วยลดมลพิษทางอากาศได้อีกช่องทางหนึ่ง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางสำหรับการขนส่งในเขตเมืองภายใต้สภาวการณ์มลพิษทางอากาศที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน สำหรับพื้นที่กรณีศึกษาคือเขตเมืองนครปฐมแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 อำเภอเมืองนครปฐม ที่มา: Amphoe.com (2019)

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นถึงการพัฒนาระบบการขนส่งมวลชนในเขตเมืองนครปฐม ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ และตัวชี้วัดที่สำคัญทางด้านเศรษฐกิจคือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดหรือ (GPP) โดยค่า GPP ในปี 2556, 2557, 2558 และ 2559 มีค่า 2.56, 2.77, 3.00 และ 3.12 ล้านบาท ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเศรษฐกิจจังหวัดนครปฐมมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกปี [5] เนื่องด้วยสภาพปัจจุบันระบบการขนส่งมวลชนในจังหวัดนครปฐมยังขาดประสิทธิภาพในการเข้าถึงพื้นที่ในเขตเมืองได้อย่างไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะการเดินทางไปยังศูนย์กลางราชการจังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางที่ประกอบไปด้วยสถานที่หน่วยงานราชการที่สำคัญ ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้ต้องมีการปรับปรุง และพัฒนาระบบขนส่งมวลชนในเขตเมืองนครปฐมให้มีประสิทธิภาพและเข้าถึงพื้นที่ได้อย่างทั่วถึงเพิ่มมากขึ้น

ปัญหาด้านระบบการขนส่งดังกล่าวข้างต้นส่งผลให้งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาออกแบบเส้นทางการเดินรถโดยสารให้ผ่านสถานที่จุดสำคัญต่างๆและศึกษาพฤติกรรม

การเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทางในเขตเมืองนครปฐม อีกทั้งสามารถนำไปปรับใช้กับพื้นที่อื่นๆในเขตเมืองทั่วประเทศให้มีการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนให้ดียิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยนี้ได้มีการรวบรวมทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกรูปแบบการเดินทาง และมลพิษทางอากาศ โดยทางผู้วิจัยให้ความสนใจกับระดับค่าฝุ่นละออง PM2.5 เป็นพิเศษ เพื่อนำปัจจัยด้านนี้ไปใช้ในการศึกษาว่ามีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทางหรือไม่อย่างไร

2.1 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมและเชื่อถือได้ซึ่งสามารถใช้สูตรการคำนวณ [6] ดังสมการต่อไปนี้

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad (1)$$

เมื่อ n คือขนาดของกลุ่มตัวอย่าง, N คือจำนวนหน่วยทั้งหมดหรือขนาดของประชากร และ e คือความน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้

2.2 เทคนิคการสำรวจข้อมูล

ลักษณะของข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในแบบจำลองการวิเคราะห์อุปสงค์ การตัดสินใจ และพฤติกรรมของผู้บริโภคมักจะได้มาจากการสอบถามกลุ่มเป้าหมายที่มีศักยภาพหรือแนวโน้มในการตัดสินใจเลือกตามที่ผู้วิจัยสนใจศึกษา [7] ซึ่งสามารถแยกวิธีการสำรวจและเก็บข้อมูลได้ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 Reveled Preference และแบบที่ 2 Stated Preference ซึ่งวิธีการแบบที่ 1 คือ ข้อมูลในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นปัจจุบัน และแบบที่ 2 คือ ข้อมูลสถานการณ์ที่ถูกสมมติขึ้นมา เทคนิคการสำรวจทั้ง 2 แบบนี้ยังเป็นที่นิยมสำหรับผู้วิจัยอย่างแพร่หลาย และได้ถูกนำไปใช้สร้างแบบสอบถามเพื่อเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลโดยทั่วไป[8-11]

2.3 ทฤษฎีอรรถประโยชน์

ทฤษฎีที่นิยมใช้เป็นพื้นฐานการศึกษาการตัดสินใจในการเลือกรูปแบบการเดินทางคือ ทฤษฎีอรรถประโยชน์ (Utility Theory) โดยทฤษฎีอรรถประโยชน์กล่าวว่าบุคคลจะเลือกบริโภคหรือเลือกทางเลือกที่ตนเองพึงพอใจและทางเลือกนั้นจะต้องให้อรรถประโยชน์สูงสุด (Maximum Utility) [12] ทฤษฎีอรรถประโยชน์จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการเดินทางและการขนส่งได้คือ ผู้เดินทางจะเลือกรูปแบบการเดินทางที่ให้อรรถประโยชน์หรือความพึงพอใจสูงสุด โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เวลาที่รอคอย และเวลาในการเดินทาง เป็นต้น โดยสามารถเขียนสมการอรรถประโยชน์ได้ดังนี้

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (2)$$

โดยที่ U_{in} คืออรรถประโยชน์หรือความพึงพอใจของคนที่ n มีผลต่อทางเลือก i, V_{in}คือส่วนอรรถประโยชน์ที่บุคคล n รับรู้และเห็นได้ประกอบไปด้วยค่าคงที่และพารามิเตอร์แต่ละตัวแปร, ε_{in} คือส่วนของอรรถประโยชน์ที่ไม่แน่นอน

ส่วนอรรถประโยชน์ที่เห็นได้ V_{in} นี้ส่วนใหญ่จะกำหนดให้เป็นฟังก์ชั่น ดังสมการที่ 3

$$V_{in} = \beta_0 + \beta_1 X_{in1} + \beta_2 X_{in2} + \ldots + \beta_3 X_{in3} \quad (3)$$

โดยที่ $\beta_0, \beta_1, \beta_{2,} \ldots, \beta_n$ คือพารามิเตอร์ค่าคงที่หรือค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์สร้างแบบจำลองและ $X_{in1}, X_{in2}, \ldots, X_{ink}$ คือตัวแปรที่ต้องการศึกษาเกี่ยวข้องกับอรรถประโยชน์ของทางเลือก i ของบุคคล n

ในกรณีที่ผู้เดินทางมีทางเลือก 2 ทางเลือกคือ i และ j จะสามารถใช้แบบจำลองโลจิตทวินาม (Binary Logit Model) สำหรับคำนวณสัดส่วนของผู้เดินทางที่จะเลือกรูปแบบการเดินทาง ดังสมการที่ 4

$$P(i) = \frac{e_i}{e^{U_i} + e^{U_j}} \quad (4)$$

โดยที่ U_i และ U_j คือ ฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ของรูปแบบการเดินทาง i และ j ตามลำดับและ **P(i)** ความน่าจะเป็นที่ทางเลือก i จะถูกเลือก ในกรณีที่เราพิจารณาการเดินทางของพื้นที่ศึกษาในภาพรวม ค่าความน่าจะเป็นนี้จะสามารถนำมาใช้คำนวณสัดส่วนผู้เดินทางที่เลือกรูปแบบการเดินทาง i ได้

2.4 แบบจำลองลำดับชั้น (Nested Logit Model)

แบบจำลองลำดับชั้นคือแบบจำลองที่เหมาะสำหรับทางเลือกที่ต้องมีการตัดสินใจแบบเป็นลำดับขั้นหรือเมื่อชุดทางเลือกที่ผู้ตัดสินใจต้องใช้การตัดสินใจแบบเป็นลำดับขั้น ซึ่งทางเลือกแต่ละขั้นจะถูกแบ่งเป็นกลุ่มทางเลือกย่อยที่เรียกว่า รัง[13] แบบจำลองลำดับชั้นมีสมมติฐานของโครงสร้างแบบจำลองของผู้ตัดสินใจ n ที่เลือกทางเลือก i ดังนี้

$$P_{nB_k} = \frac{e^{W_{nk} + \lambda_k I_{nk}}}{\sum_{\ell=1}^{K} e^{W_{nk} + \lambda_k I_{nk}}} \quad (5)$$

$$P_{ni \mid B_k} = \frac{e^{Y_{ni}/\lambda_k}}{\sum_{j \in B_k} e^{Y_{nj}/\lambda_k}} \quad (6)$$

$$I_{nk} = \ln \sum_{j \in B_k} e^{Y_{nj}/\lambda_k} \quad (7)$$

โดยที่ P_{nB_k} คือความน่าจะเป็นของผู้ตัดสินใจ n เลือกทางเลือก i , W_{nk} คือตัวแปรที่ใช้อธิบายคุณลักษณะของทางเลือกในแต่ละรัง k, Y_{nj} คือตัวแปรที่ใช้อธิบายทางเลือก j , λ_k คือพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณค่าจากแบบจำลองทางเลือก I_{nk} คือ Natural logarithm (LN) ผมรวมของ Utility function ของทางเลือกในแต่ละรัง (LNsum) และ $P_{ni \mid B_k}$ คือความน่าจะเป็นของผู้ตัดสินใจทางเลือก i ต่อความน่าจะเป็นทั้งหมดของทางเลือกในกลุ่มรัง B_k

ระบบสมการที่ได้กล่าวไปข้างต้นสามารถแสดงความน่าจะเป็นแบบไม่มีเงื่อนไขสำหรับแต่ละทางเลือกได้ดังนี้

$$P_{ni} = P_{ni \mid B_k} \times P_{nB_k} \quad (8)$$

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทาง

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยในการศึกษาพฤติกรรมการเลือกของผู้บริโภคในรูปแบบและวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ประกอบไปด้วยพฤติกรรมการเลือกยานพาหนะส่วนบุคคลและรถรับส่งนักเรียน[14] พฤติกรรมการเลือกใช้บริการจัดส่งอาหารถึงที่[15] พฤติกรรมการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง[16] พฤติกรรมการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะ[17] และพฤติกรรมการจอดรถและลักษณะการเดินทางของผู้ที่เดินทางมายังสนามบิน[18]

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศ

ปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กหรือที่เรียกว่า PM2.5 เมื่อเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์โดยการหายใจส่งผลให้เกิดการทำลายอวัยวะของระบบทางเดินหายใจ[19] สำหรับประเทศไทยค่ามาตรฐานในบรรยากาศทั่วไปของ PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงอยู่ที่ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ข้อแนะนำขององค์การอนามัยโลกอยู่ที่ 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร[20] ซึ่งปัญหา PM2.5 มักเกิดขึ้นสูงในช่วงระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนของทุกปี[21] ดังนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการศึกษาครั้งนี้จึงประกอบไปด้วยหลากหลายรูปแบบได้แก่ ปริมาณฝุ่นละอองที่อยู่ภายในและภายนอกอาคาร[22] ปริมาณค่าฝุ่นละออง PM10 และ PM2.5 ภายในและภายนอกห้องโดยสารของระบบขนส่งสาธารณะ[23] และการปนเปื้อนของฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่อยู่ภายในและภายนอกอาคารเรียน[24]

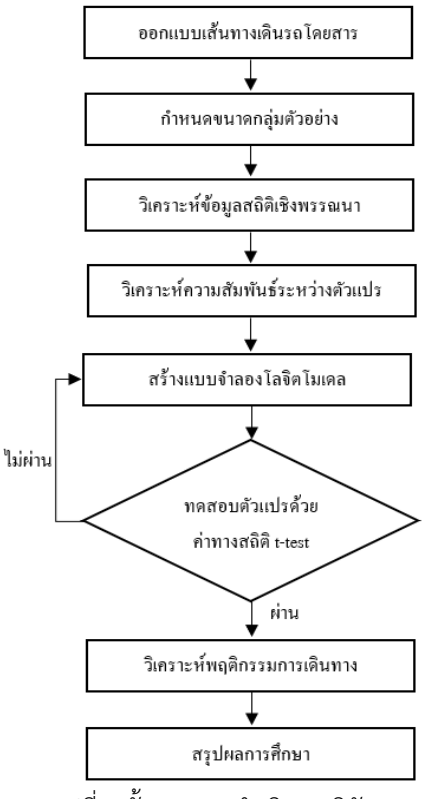
ความแตกต่างของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยในอดีตคือการเพิ่มปัจจัยด้านฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) มาพิจารณาในการสร้างแบบจำลอง และสามารถอธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทางเมื่อเกิดสภาวการณ์มลพิษทางอากาศได้อย่างเหมาะสม ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองโลจิตพหุสำหรับการวิเคราะห์ทางเลือกทั้งหมด 5 รูปแบบ และสร้าง

แบบจำลองโลจิตลำดับชั้นสำหรับการวิเคราะห์จัดกลุ่มทางเลือก 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ใช้ระบบขนส่งมวลชน และกลุ่มผู้ใช้รถยนต์ส่วนตัว

3. วิธีการดำเนินการ

การศึกษารวบรวมข้อมูลในหัวข้อทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำไปสู่การออกแบบสอบถามที่เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ **ส่วนที่ 1** ข้อมูลคุณลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทาง **ส่วนที่ 2** ข้อมูลลักษณะการเดินทางปัจจุบันในเขตเมืองนครปฐมของผู้เดินทาง และ **ส่วนที่ 3** ข้อมูลสถานการณ์ทางเลือก วิธีการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปรายละเอียดแต่ละขั้นตอนได้ดังรูปที่ 2

จากส่วนที่ 3 ข้อมูลสถานการณ์ทางเลือกแบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยรูปแบบยานพาหนะ 5 ประเภทที่ต่างกัน ได้แก่ประเภท A,B,C,D และ E ซึ่งเป็นชื่อนามสมมุติและมีลักษณะรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1 รายละเอียดลักษณะยานพาหนะแต่ละประเภท

ชื่อยานพาหนะ	รายละเอียด
รถโดยสารปรับอากาศ, A	เครื่องยนต์ดีเซล, จำนวน 80 ที่นั่งรวมยืน
รถโดยสารปรับอากาศ, B	เครื่องยนต์ก๊าซ NGV, จำนวน 50 ที่นั่งรวมยืน, ติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ
รถสองแถว, C	เครื่องยนต์ดีเซล, จำนวน 12 ที่นั่ง
รถมินิบัสปรับอากาศ, D	เครื่องยนต์ดีเซล, จำนวน 20 ที่นั่ง
รถยนต์ส่วนตัว, E	เครื่องยนต์เบนซินและดีเซล, จำนวน 5 ที่นั่ง

3.1 การกำหนดพื้นที่ศึกษาและกลุ่มเป้าหมาย

การกำหนดกลุ่มเป้าหมายคือ ผู้ที่สัญจรหรืออาศัยอยู่บริเวณเขตเมืองนครปฐม ทำการสำรวจและออกแบบเส้นทางการเดินรถโดยสารจากสถานีขนส่งจังหวัดไปยังศูนย์ราชการจังหวัดนครปฐม สถานที่ที่สำคัญสำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ เช่น ห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี ห้างสรรพสินค้าโลตัส องค์พระปฐมเจดีย์ ศูนย์ราชการจังหวัด และมหาวิทยาลัยศิลปากร เป็นต้น

3.2 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างดังสมการที่ (1) จากจำนวนประชากรผู้ที่อาศัยในเขตเมืองนครปฐมทั้งหมด 172,016 คน[25] ดังนั้นจะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดประมาณ 400 ตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเลือกเดินทางโดยใช้ระบบขนส่งสาธารณะ[26, 27] ทำให้ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลไว้ทั้งหมด 17 ตัวแปรดังตารางที่ 2 ซึ่งตัวแปรทั้งหมดจะถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เพื่อทำการคัดกรองแล้วนำตัวแปรที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการสร้างแบบจำลองโลจิตโมเดลในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง

ลำดับ	ตัวแปรอิสระ	สัญลักษณ์	คำอธิบาย	มาตรวัดตัวแปร
1	เพศ	gender	ตัวแปรหุ่น; เพศชาย=0, เพศหญิง=1 (คน)	นามบัญญัติ
2	อายุ	age	ช่วงอายุ (ปี)	อันดับ
3	อาชีพ	occ	อาชีพที่ทำในปัจจุบัน	นามบัญญัติ
4	รายได้ครัวเรือน	inc	รายได้ครัวเรือนต่อเดือน (บาท)	อันตรภาค
5	ขนาดครัวเรือน	nho	จำนวนสมาชิกในครอบครัว (คน)	อันดับ
6	รถยนต์ในครัวเรือน	nco	จำนวนรถยนต์ในครอบครอง (คัน)	อันดับ
7	รถจักรยานยนต์ในครัวเรือน	nmo	จำนวนรถจักรยานยนต์ในครอบครอง (คัน)	อันดับ
8	สมาชิกในครัวเรือนที่ทำงาน	nwo	จำนวนสมาชิกในครอบครัวที่ทำงาน (คน)	อันดับ
9	เส้นทางการเดินรถ	way	เส้นทางการเดินรถโดยสารที่ถูกออกแบบใหม่	นามบัญญัติ
10	ระยะทาง	dis	ระยะทางจากสถานีขนส่งไปยังศูนย์ราชการนครปฐม (กิโลเมตร)	อัตราส่วน
11	ค่าใช้จ่าย	cost	ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อเที่ยว (บาท)	อัตราส่วน
12	ความถี่ให้บริการ	freq	ความถี่ให้บริการรถโดยสาร (นาที/เที่ยว)	อัตราส่วน
13	เวลาที่รอคอย	wait	เวลาที่ใช้รอรถโดยสารโดยเฉลี่ย (นาที)	อัตราส่วน
14	เวลาที่ใช้เดินทาง	time	เวลาเดินทางโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการเดินทางจากสถานีขนส่งไปยังศูนย์ราชการนครปฐม (นาที)	อัตราส่วน
15	ฝุ่นละออง PM2.5	pm2.5	ระดับค่าฝุ่นละออง PM2.5 ภายในห้องโดยสารโดยเฉลี่ย (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ขึ้นอยู่กับยานพาหนะแต่ละรูปแบบจาก 5 ประเภท	อัตราส่วน
16	อุปกรณ์	device	อุปกรณ์อำนวยความสะดวกสบายภายในยานพาหนะ	นามบัญญัติ
17	เครื่องฟอกอากาศ	air_pur	ตัวแปรหุ่น; มีเครื่องฟอกอากาศ =1,ไม่มี =0	นามบัญญัติ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพรรณนาทั่วไปของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามในส่วนที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทาง และในส่วนที่ 2 ข้อมูลลักษณะการเดินทางปัจจุบันในเขตเมืองนครปฐมของผู้เดินทาง ขั้นตอนที่สองคือ การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรทั้งหมด 17 ตัวแปรที่ได้จากแบบสอบถามเฉพาะส่วนที่ 1 และส่วนที่ 3

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเชิงพรรณนา

การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทางในเขตเมืองนครปฐมส่วนแรกแสดงดังตารางที่ 3 พบว่าส่วนใหญ่ของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 61.0 เพศชายคิดเป็นร้อยละ 39.0 และส่วนมากอายุ 26-60 ปี (กลุ่มวัยทำงาน) คิดเป็นร้อยละ 61.0 รองลงมาอายุ 18-25 ปี (กลุ่มนักศึกษาและวัยทำงาน) คิดเป็นร้อยละ 25.5 ประกอบอาชีพค้าขายเป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 32.6 รองลงมารับราชการ คิดเป็นร้อยละ 15.3 รายได้ครัวเรือนต่อเดือนของคนในเขตเมืองนครปฐมส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 20,001-50,000 บาท (กลุ่มผู้มีรายได้ครัวเรือนปานกลาง) คิดเป็นร้อยละ 51.5 รองลงมาอยู่ในช่วง 50,000-80,000 บาท (กลุ่มผู้มีรายได้ครัวเรือนสูง) คิดเป็นร้อยละ 23.3 ถัดมาจำนวนสมาชิกในครอบครัวส่วนใหญ่มีจำนวน 2-4 คน คิดเป็นร้อยละ 67.2 รองลงมามีจำนวนมากกว่า 4 คน คิดเป็นร้อยละ 26.8 ต่อมาในส่วนของจำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ในครอบครอง ส่วนใหญ่มีการครอบครองจำนวนทั้งสิ้น 1 คัน คิดเป็นร้อยละ 42.0 และ 55.3 ตามลำดับ และสุดท้าย

จำนวนสมาชิกในครอบครัวที่ทำงานทำส่วนใหญ่มีจำนวน 2-3 คน คิดเป็นร้อยละ 60.8 รองลงมาจำนวนมากกว่า 3 คน คิดเป็นร้อยละ 18.7 ถัดมาในส่วนที่สองข้อมูลลักษณะการเดินทางปัจจุบันในเขตเมืองนครปฐมแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าส่วนใหญ่ใช้รถยนต์ส่วนตัวในการเดินทาง คิดเป็นร้อยละ 47.0 รองลงมาใช้รถจักรยานยนต์ส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 31.5 ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 500-1,001 บาท คิดเป็นร้อยละ 34.8 และส่วนใหญ่เป็นผู้ที่อาศัยอยู่ในอำเภอเมืองนครปฐม คิดเป็นร้อยละ 65.0

ตารางที่ 3 คุณลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทางในเขตเมืองนครปฐม

คุณลักษณะ	รายละเอียด	จำนวน	ร้อยละ
เพศ	ชาย	156	39.0
	หญิง	244	61.0
อายุ	น้อยกว่า 18 ปี	30	7.5
	18-25 ปี	102	25.5
	26-60 ปี	244	61.0
	มากกว่า 60 ปี	24	6.0
อาชีพ	นักเรียน-นักศึกษา	93	23.3
	พนักงานรัฐวิสาหกิจ-เอกชน	47	11.8
	รับราชการ	61	15.3
	ค้าขาย	131	32.6
	รับจ้างทั่วไป	52	13.0
	อื่นๆ เช่น ธุรกิจส่วนตัว	16	4.0
รายได้ครัวเรือนต่อเดือน	น้อยกว่า 20,000 บาท	83	20.8
	20,001-50,000 บาท	206	51.5
	50,001-80,000 บาท	93	23.3
	มากกว่า 80,000 บาท	18	4.4
จำนวนสมาชิกในครอบครัว	น้อยกว่า 2 คน	24	6.0
	2-4 คน	269	67.2
	มากกว่า 4 คน	107	26.8
จำนวนรถยนต์ในครอบครอง	ไม่มี	93	23.2
	1 คัน	168	42.0
	2-3 คัน	127	31.8
	มากกว่า 3 คัน	12	3.0
จำนวนรถจักรยานยนต์ในครอบครอง	ไม่มี	81	20.3
	1 คัน	221	55.3
	2-3 คัน	89	22.3
	มากกว่า 3 คัน	9	2.1
จำนวนสมาชิกในครอบครัวที่ทำงาน	ไม่มี	20	5.0
	1 คน	62	15.5
	2-3 คน	243	60.8
	มากกว่า 3 คน	75	18.7

ตารางที่ 4 ลักษณะการเดินทางปัจจุบันในเขตเมืองนครปฐม

คุณลักษณะ	รายละเอียด	จำนวน	ร้อยละ
ยานพาหนะที่ใช้เดินทาง	รถเมล์	29	8.8
	รถสองแถว	35	7.2
	รถยนต์ส่วนตัว	188	47.0
	รถจักรยานยนต์ส่วนตัว	126	31.5
	รถจักรยานยนต์รับจ้าง	22	5.5
ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อเดือน	น้อยกว่า 500 บาท	131	32.8
	500-1,001 บาท	139	34.8
	1,001-2,000 บาท	63	15.8
	มากกว่า 2,000 บาท	67	16.6
ตำแหน่งที่ตั้งอาศัย	อำเภอเมือง	260	65.0
	อำเภออื่นๆ	84	21.0
	ต่างจังหวัด	56	14.0

3.4.2 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation)

การหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมด 17 ตัวแปรจากการคำนวณด้วยโปรแกรมทางสถิติ ดังรูปที่ 3 เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยตัวแปรที่มีเครื่องหมายบวกแสดงถึงความสัมพันธ์ในทิศทางหรือแนวโน้มเดียวกัน และตัวแปรที่มีเครื่องหมายลบแสดงถึงความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ร้อยละ 99 และ 95 ตามลำดับ โดยทำการคัดเลือกตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.2-0.5 เพื่อป้องกันการเกิด Multicollinearity หรือการที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ซึ่งอาจส่งผลให้แบบจำลองที่ใช้ในการพยากรณ์ตัวแปรตามมีความคลาดเคลื่อน[28, 29]

Variable	gender	age	occ	inc	nho	nco	nmo	nwo	way	dis	cost	freq	wait	time	pm2.5	device	air_pur
gender	1																
age	-0.13	1															
occ	-0.086*	0.665**	1														
inc	0.113**	0.105**	-0.13**	1													
nho	0.133**	-0.035	-0.189**	0.257**	1												
nco	0.007	0.24**	0.06	0.536**	0.312**	1											
nmo	-0.089**	0.211**	0.146**	0.163**	0.11**	0.101*	1										
nwo	0.032	-0.051	-0.044	0.226**	0.294**	0.098*	0.023	1									
way	0.01	-0.04	-0.026	-0.086*	-0.049	0.042	-0.056	0.039	1								
dis	0.01	-0.04	-0.026	-0.086*	-0.049	0.042	-0.056	0.039	1.00**	1							
cost	0.046	-0.004	-0.069	0.284**	0.191**	0.243**	0.084*	0.26	0.024	0.024	1						
freq	-0.056	-0.056	-0.025	-0.264**	-0.15**	-0.215**	-0.09*	-0.072	-0.038	-0.038	-0.823**	1					
wait	-0.025	-0.007	0.015	-0.207**	-0.135**	-0.195**	-0.091*	-0.046	-0.038	-0.038	-0.786**	0.898**	1				
time	-0.024	-0.031	-0.005	-0.153**	-0.065	-0.118**	-0.036	-0.015	-0.042	-0.042	-0.612**	0.538**	0.649**	1			
pm2.5	0.055	0.208**	0.277**	-0.044	-0.134**	-0.127**	-0.036	0.085*	0.009	0.009	-0.367**	-0.15	0.104*	0.009	1		
device	-0.064	-0.209**	-0.276**	-0.043	0.07	0.042	-0.011	-0.095*	-0.024	-0.024	0.088*	0.274**	0.146**	0.165**	-0.942**	1	
air_pur	-0.043	-0.128**	-0.217**	-0.042	0.24	0.006	-0.046	-0.111**	-0.024	-0.024	0.014	0.355**	0.275**	0.115**	-0.763**	0.867**	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

รูปที่ 3 การทดสอบค่าสหสัมพันธ์ (correlation)

4. ผลการศึกษา

ผลการทดสอบประมาณค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองโลจิตโมเดลแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การทดสอบด้วยแบบจำลองโลจิตพหุ และการทดสอบด้วยแบบจำลองโลจิตลำดับชั้น โดยแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 3 กลุ่มหลักคือ กลุ่มแรกคือผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยรวมทั้งหมด กลุ่มที่สองคือผลการวิเคราะห์ข้อมูลขึ้นอยู่กับกลุ่มรายได้ครัวเรือน กลุ่มที่สามคือผลการวิเคราะห์ข้อมูลขึ้นอยู่กับกลุ่มระดับค่าฝุ่นละออง PM2.5 ภายในห้องโดยสารโดยเฉลี่ย ซึ่งสามารถเขียนฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของแต่ละกลุ่มมีรูปแบบดังสมการต่อไปนี้

รูปแบบที่ 1 พิจารณาตัวแปรทั้งหมด

$$U = \beta_1*cost + \beta_2*time + \beta_3*wait + \beta_4*inc + \beta_5*age + \beta_6*occ + \beta_7*nho + \beta_8*nco + \beta_9*nwo + \beta_{10}*device \quad (9)$$

รูปแบบที่ 2 พิจารณาตัวแปรขึ้นอยู่กับกลุ่มรายได้

$$U = \beta_1*cost + \beta_2*freq + \beta_3*wait + \beta_4*time + \beta_5*pm2.5 + \beta_6*device \quad (10)$$

รูปแบบที่ 3 พิจารณาตัวแปรขึ้นอยู่กับกลุ่มระดับค่าฝุ่น PM2.5

$$U = \beta_1*cost + \beta_2*freq + \beta_3*wait + \beta_4*time \quad (11)$$

เมื่อ U คือ อรรถประโยชน์การเลือกรูปแบบการเดินทางขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์แต่ละรูปแบบ

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยรวมทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยรวมทั้งหมดคือ การวิเคราะห์ตัวแปรทั้งหมดที่ได้ทำการคัดกรองแล้วจากการคำนวณค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) อย่างมีนัยสำคัญเพื่อนำไปสร้างแบบจำลองอรรถประโยชน์การเลือกรูปแบบการเดินทาง 5 ประเภทแสดงดังตารางที่ 5 โดยตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ประกอบไปด้วยตัวแปรทั้งหมด 10 ตัวแปร ดังสมการที่ 9 ระดับนัยสำคัญที่ร้อยละ 99 และ 95 ตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่าแบบจำลองโลจิตพหุและแบบจำลองโลจิตลำดับชั้นสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลมีค่า Rho-square เท่ากับ 0.27 และ 0.29 ตามลำดับ รวมทั้งค่าทดสอบสถิติอื่นๆที่แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของการสร้างแบบจำลอง

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ตัวแปรทั้งหมด

ตัวแปร	แบบจำลองโลจิตพหุ (กรณีที่ 1)			แบบจำลองโลจิตลำดับชั้น (กรณีที่ 2)		
	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value
cost	-0.1810**	-12.94	0.000	-0.090**	-7.24	0.000
wait	-0.0319**	-2.99	0.003	0.0005	0.20	0.844
device	5.430**	9.72	0.000	1.6277**	6.61	0.000
time_A	-0.3371**	-8.81	0.000	-0.0656**	-5.14	0.000
time_B	-0.7314**	-14.64	0.000	-0.1629**	-6.44	0.000
time_C	-0.3312**	-6.47	0.000	-0.0493**	-3.54	0.000
time_D	-0.5347**	-12.08	0.000	-0.1194**	-6.14	0.000
time_E	-0.5025**	-10.21	0.000	-0.2398**	-12.01	0.000
inc_A	-1.1037**	-7.44	0.000	-0.9282**	-8.84	0.000
inc_B	-0.9781**	-6.42	0.000	-0.9208**	-8.74	0.000
inc_C	-1.0087**	-6.44	0.000	-0.9250**	-8.77	0.000
inc_D	-0.8289**	-6.80	0.000	-0.8806**	-8.55	0.000
age_A	-0.7509**	-4.69	0.000	-0.6963**	-5.98	0.000
age_B	-0.4918**	-2.96	0.003	-0.6763**	-5.81	0.000

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ตัวแปรทั้งหมด (ต่อ)

ตัวแปร	แบบจำลองโลจิตพหุ (กรณีที่ 1)			แบบจำลองโลจิตลำดับชั้น (กรณีที่ 2)		
	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value
age_C	-0.4155*	-2.38	0.017	-0.6573**	-5.66	0.000
age_D	-1.0460**	-7.82	0.000	-0.7449**	-6.38	0.000
occ_A	0.1597*	2.14	0.032	0.1724**	3.13	0.002
occ_B	0.0383	0.49	0.623	0.1507**	2.72	0.006
occ_C	0.2669**	3.39	0.001	0.1883**	3.40	0.001
occ_D	0.2165**	3.42	0.001	0.1816**	3.32	0.001
nho_A	-0.3605*	-2.12	0.034	-0.2200	-1.87	0.062
nho_B	0.0047	0.03	0.979	-0.1658	-1.40	0.162
nho_C	-0.1848	-1.05	0.296	-0.2184	-1.85	0.064
nho_D	-0.3381*	-2.36	0.018	-0.2065	-1.77	0.076
nco_A	-0.6792**	-4.97	0.000	-0.7173**	-7.28	0.000
nco_B	-0.7379**	-5.22	0.000	-0.7255**	-7.33	0.000
nco_C	-0.7087**	-4.85	0.000	-0.7120**	-7.20	0.000
nco_D	-0.7098**	-6.20	0.000	-0.7248**	-7.43	0.000
nwo_A	-1.2608**	-9.53	0.000	-1.0181**	-10.06	0.000
nwo_B	-0.8742**	-6.30	0.000	-0.9534**	-9.51	0.000
nwo_C	-1.0604**	-7.64	0.000	-0.9868**	-9.81	0.000
nwo_D	-1.0022**	-8.52	0.000	-0.9680**	-9.75	0.000
ประเมินผลแบบจำลอง	Log likelihood function (0) = -3346.021			Log likelihood function (0) = -3346.021		
	Log likelihood function (β) = -2430.896			Log likelihood function (β) = -2391.453		
	Chi–square= 1830.250, Rho–square= 0.274			Chi–square= 1909.136, Rho–square= 0.285		
	%Correct = 75.20			%Correct = 71.02		

หมายเหตุ:**,* ระดับนัยสำคัญ (Level of significant) ที่ร้อยละ 99 และ 95 ตามลำดับ

พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เวลาที่รอคอย และเวลาที่ใช้เดินทาง พบว่าทั้ง 2 กรณี เครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์ติดลบแสดงว่า เมื่อค่าใช้จ่ายเดินทาง เวลาที่รอคอย และเวลาที่ใช้เดินทางเพิ่มมากขึ้น มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของผู้เดินทางเลือกรูปแบบการเดินทางนั้นน้อยลง ยกเว้นกรณีที่ 2 เวลาที่รอคอยไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง

พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอุปกรณ์ และอาชีพพบว่า ทั้ง 2 กรณีมีเครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์เป็นบวกแสดงว่า เมื่ออุปกรณ์ภายในห้องโดยสารและการประกอบอาชีพเพิ่มขึ้น มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของผู้เดินทางเลือกรูปแบบการเดินทางนั้นเพิ่มขึ้น ยกเว้นกรณีที่ 1 การเดินทางด้วยโหมด B ตัวแปรอาชีพไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง

พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรรายได้ครัวเรือน อายุ ขนาดของครัวเรือน รถยนต์ในครัวเรือน และสมาชิกในครัวเรือนที่ทำงาน ทั้งหมด 5 ตัวแปรพบว่า เครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์ติดลบแสดงว่า เมื่อตัวแปรที่กล่าวมาทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มขึ้น มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของผู้เดินทางเลือกรูปแบบการเดินทางนั้นน้อยลง ยกเว้นกรณีที่ 2 ตัวแปรขนาดของครัวเรือน ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางรวมถึงกรณีที่ 1 เฉพาะการเดินทางด้วยโหมด B และ C

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขึ้นอยู่กับกลุ่มรายได้ครัวเรือน

การวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มรายได้ครัวเรือนแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 คือผู้มีรายได้ครัวเรือนน้อยหรือน้อยกว่า 20,000 บาท กลุ่มที่ 2 คือผู้มีรายได้ครัวเรือนปานกลางหรืออยู่ในช่วง 20,001-50,000 บาท และกลุ่มที่ 3 คือผู้มีรายได้ครัวเรือนสูงหรือมากกว่า 50,000 บาทขึ้นไป แสดงดังตารางที่ 6, 7 และ8 ตามลำดับ โดยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรเฉพาะส่วนที่ 3 ซึ่งเป็นส่วนของข้อมูลคุณลักษณะด้านการขนส่งจากสถานการณ์ทางเลือก เนื่องจากแบบสอบถามส่วนที่ 1 ตัวแปรข้อมูลคุณลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทางในเขตเมืองนครปฐมไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มรายได้ครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญ จึงไม่นำมาพิจารณาในครั้งนี้ การวิเคราะห์ประกอบไปด้วย 6 ตัวแปรดังสมการที่ 10 ที่ส่งผลต่อกลุ่มรายได้ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ความถี่ให้บริการ เวลาที่รอคอย ฝุ่นละออง PM2.5 และอุปกรณ์

ค่า Rho-square ด้วยวิธีแบบจำลองโลจิตพหุของกลุ่มผู้มีรายได้ครัวเรือนน้อยมีค่าเท่ากับ 0.13 ผู้มีรายได้ครัวเรือนปานกลางมีค่าเท่ากับ 0.07 และผู้มีรายได้ครัวเรือนสูงมีค่าเท่ากับ 0.47 ถัดมาค่า Rho-square ด้วยวิธีแบบจำลองโลจิตลำดับชั้นของกลุ่มผู้มีรายได้ครัวเรือนน้อยมีค่าเท่ากับ 0.14 ผู้มีรายได้ครัวเรือนปานกลางมีค่าเท่ากับ 0.08 และผู้มีรายได้ครัวเรือนสูงมีค่าเท่ากับ 0.47 ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละกลุ่มค่อนข้างแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มตัวอย่างของแต่ละกลุ่มรายได้ครัวเรือน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดถึงความสามารถในการอธิบายข้อมูลได้ดี

เมื่อพิจารณาการแจกแจงจากค่า Chi-square ของทั้งสามกลุ่มรายได้จากแบบจำลองทั้ง 2 กรณีแล้วพบว่าค่า Chi-square ที่ได้จากแบบจำลองของกลุ่มผู้มีรายได้ครัวเรือนน้อยมีค่าต่ำสุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีเหมาะสมที่สุดในการทดสอบนัยสำคัญของตัวแปร

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ตัวแปรของกลุ่มรายได้ครัวเรือนน้อย (กลุ่ม 1, >20,000 บาท)

ตัวแปร	แบบจำลองโลจิตพหุ (กรณีที่ 1)			แบบจำลองโลจิตลำดับชั้น (กรณีที่ 2)		
	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value
cost	-0.1495**	-7.19	0.000	-0.1098**	-8.03	0.000
freq	-0.0067	-0.33	0.740	-0.0087	-1.06	0.288
wait	-0.0047	-0.22	0.826	0.0126	1.47	0.142
time	-0.2015**	-5.47	0.000	-0.0608**	-2.33	0.020
pm2.5	-0.0490**	-4.74	0.000	-0.0189**	-3.05	0.002
device	-0.6097**	-2.91	0.004	-0.0470	-0.40	0.688
ประเมินผลแบบจำลอง	Log likelihood function (β) = -518.156 Chi-square= 157.892, Rho-square= 0.132			Log likelihood function (β) = -514.236 Chi-square= 165.732, Rho-square= 0.139		

หมายเหตุ:**,* ระดับนัยสำคัญ (Level of significant) ที่ร้อยละ 99 และ 95 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ตัวแปรของกลุ่มรายได้ครัวเรือนปานกลาง (กลุ่ม 2, 20,000-50,000 บาท)

ตัวแปร	แบบจำลองโลจิตพหุ (กรณีที่ 1)			แบบจำลองโลจิตลำดับชั้น (กรณีที่ 2)		
	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value
cost	-0.1362**	-10.34	0.000	-0.0360**	-10.10	0.000
freq	0.0038	0.27	0.784	-0.0021	-1.37	0.169
wait	-0.0998**	-6.61	0.000	-0.0047	-1.93	0.054
time	-0.2957**	-10.56	0.000	-0.0242**	-4.12	0.000
pm2.5	-0.0706**	-9.18	0.000	-0.0079**	-5.18	0.000
device	-1.1557**	-7.47	0.000	-0.0551*	-2.07	0.038
ประเมินผลแบบจำลอง	Log likelihood function (β) = -1464.472 Chi-square= 225.554, Rho-square= 0.072			Log likelihood function (β) = -1444.334 Chi-square= 265.830 Rho-square= 0.084		

หมายเหตุ:**,* ระดับนัยสำคัญ (Level of significant) ที่ร้อยละ 99 และ 95 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ตัวแปรของกลุ่มรายได้ครัวเรือนสูง (กลุ่ม 3, <50,000 บาท)

ตัวแปร	แบบจำลองโลจิตพหุ (กรณีที่ 1)			แบบจำลองโลจิตลำดับชั้น (กรณีที่ 2)		
	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value
cost	-0.0768**	-4.39	0.000	-0.0565**	-3.17	0.002
freq	-0.0241	-0.87	0.385	-0.0234	-1.63	0.103
wait	0.0285	1.05	0.293	0.0013	0.08	0.936
time	-0.4181**	-7.77	0.000	-0.2595**	-4.24	0.000
pm2.5	-0.0818**	-6.58	0.000	-0.0568**	-4.21	0.000
device	-1.5082**	-5.84	0.000	-1.1026**	-4.44	0.000
ประเมินผลแบบจำลอง	Log likelihood function (β) = -619.334 Chi-square= 1104.674, Rho-square= 0.471			Log likelihood function (β) = -616.016 Chi-square= 1111.310, Rho-square= 0.474		

หมายเหตุ:**,* ระดับนัยสำคัญ (Level of significant) ที่ร้อยละ 99 และ 95 ตามลำดับ

พิจารณาสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรทุกตัวจากทั้ง 3 กลุ่มและแบบจำลองทั้ง 2 กรณีพบว่า มีเครื่องหมายติดลบทั้งหมด ดังนั้นจึงพิจารณาเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรว่าส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มรายได้ใดมากสุด โดยเริ่มจากตัวแปรค่าใช้จ่ายในการเดินทางส่งผลต่อกลุ่มผู้มีรายได้น้อยมากสุด ตัวแปรเวลาที่รอคอยส่งผลเฉพาะต่อกลุ่มผู้มีรายได้ปานกลางในกรณีที่ 1 ถัดมาตัวแปรเวลาที่ใช้ในการเดินทาง,ตัวแปรฝุ่นละออง PM2.5 และตัวแปรอุปกรณ์ ส่งผลต่อกลุ่มผู้มีรายได้สูงมากที่สุด และส่งผลต่อกลุ่มผู้มีรายได้น้อยค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น

เมื่อพิจารณานำค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรค่าใช้จ่ายการเดินทางเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรเวลาที่ใช้เดินทาง (Value of time,VOT) และเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปร PM2.5 ของแต่ละกลุ่มรายได้ จากแบบจำลองกรณีที่ 2 สามารถคิดเป็นมูลค่าเงินเพื่อแลกกับเวลาที่สูญเสียในการเดินทาง และได้เลือกใช้ยานพาหนะที่มีระดับค่าฝุ่นละออง PM2.5 อยู่ภายในห้องโดยสารน้อยสุดเฉลี่ยที่ 27 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รวมทั้งอธิบายถึงคุณลักษณะของบุคคลส่วนใหญ่ในการเลือกรูปแบบการเดินทางของแต่ละกลุ่มรายได้ ดังนี้

4.2.1 กลุ่มรายได้ครัวเรือนน้อย

ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรค่าใช้จ่ายการเดินทางเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรเวลาที่ใช้เดินทางคิดเป็นมูลค่าเงิน (VOT) คือ 33.22 บาทต่อชั่วโมง ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรค่าใช้จ่ายการเดินทางเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปร PM2.5 คิดเป็นมูลค่าเงิน 4.65 บาท และประกอบไปด้วยลักษณะส่วนบุคคลดังนี้ เป็นผู้มีรายได้น้อยกว่า 20,000 บาท ประกอบอาชีพนักเรียน-นักศึกษาและค้าขาย มีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 18-60 ปี จำนวนสมาชิกในครอบครัว 2-4 คน จำนวนรถยนต์ในครอบครอง 1 คัน และจำนวนสมาชิกในครอบครัวที่ทำงาน 2-3 คน

4.2.2 กลุ่มรายได้ครัวเรือนปานกลาง

ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรค่าใช้จ่ายการเดินทางเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรเวลาที่ใช้เดินทางคิดเป็นมูลค่าเงิน (VOT) คือ 40.33 บาทต่อชั่วโมง ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรค่าใช้จ่ายการเดินทางเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปร PM2.5 คิดเป็นมูลค่าเงิน 5.93 บาท และประกอบไปด้วยลักษณะส่วนบุคคลดังนี้ เป็นผู้มีรายได้อยู่ในช่วง 20,000 ถึง 50,000 บาท ประกอบอาชีพค้าขาย มีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 26-60 ปี จำนวนสมาชิกในครอบครัว 2-4 คน จำนวนรถยนต์ในครอบครอง 1 คัน และจำนวนสมาชิกในครอบครัวที่ทำงาน 2-3 คน

4.2.3 กลุ่มรายได้ครัวเรือนสูง

ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรค่าใช้จ่ายการเดินทางเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรเวลาที่ใช้เดินทางคิดเป็นมูลค่าเงิน (VOT) คือ 275.58 บาทต่อชั่วโมง ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรค่าใช้จ่ายการเดินทางเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปร PM2.5 คิดเป็นมูลค่าเงิน 27.14 บาท และประกอบไปด้วยลักษณะส่วนบุคคลดังนี้ เป็นผู้มีรายได้อยู่ในช่วง 50,000 ถึง 80,000 บาท ประกอบอาชีพพนักงานรัฐวิสาหกิจและเอกชน มีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 26-60 ปี จำนวนสมาชิกในครอบครัวมากกว่า 4 คน จำนวนรถยนต์ในครอบครอง 2-3 คัน และจำนวนสมาชิกในครอบครัวที่ทำงาน 2-3 คน

เมื่อพิจารณาทั้ง 3 กลุ่มรายได้จะเห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรค่าใช้จ่ายการเดินทางเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปร PM2.5 และเวลาที่ใช้ในการเดินทางเมื่อแปลงเป็นมูลค่าเงินของแต่ละกลุ่มรายได้ มีค่าค่อนข้างแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายานพาหนะที่มีระดับค่าฝุ่น PM2.5 ต่ำส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางค่อนข้างสูง จึงทำให้ผู้เดินทางที่จัดอยู่ในกลุ่มรายได้น้อยและปานกลาง มีการเลือกใช้ยานพาหนะประเภทนี้ค่อนข้างน้อย เนื่องจากให้ความสำคัญและคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการเดินทางเป็นหลัก ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มผู้มีรายได้สูงที่เน้นความสะดวกสบาย และเวลาที่ใช้ในการเดินทางของยานพาหนะ จึงทำให้มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางค่อนข้างสูง ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากข้อมูลดังกล่าวนี้ชี้ให้เห็นว่า ภาครัฐควรให้การส่งเสริมการบริการรถโดยสารที่มีระดับค่าฝุ่นละอองต่ำ และไม่ส่งผลกระทบต่อผู้มีรายได้น้อย เพื่อดึงดูดและสร้างความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้เดินทางให้หันมาเลือกใช้บริการเพิ่มมากขึ้น

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขึ้นอยู่กับกลุ่มระดับค่าฝุ่นละออง PM2.5 ภายในห้องโดยสาร

การวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ภายในห้องโดยสารแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ค่าฝุ่นละออง PM2.5 ต่ำหรือมีค่าอยู่ในช่วง 0-50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และกลุ่มที่ 2 ค่าฝุ่นละออง PM2.5 สูงหรือมีค่ามากกว่า 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรขึ้นไป แสดงดังตารางที่ 9 ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ตัวแปร ดังสมการที่ 11 ที่ส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางในแต่ละกลุ่ม การวิเคราะห์นี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองโลจิตพหุเพียงอย่างเดียว เนื่องจากแบบจำลองโลจิตลำดับชั้นไม่สามารถจัดกลุ่มทางเลือกของรูปแบบการเดิน 5 ประเภทแยกตามกลุ่มระดับค่าฝุ่นละออง PM2.5 ได้ นอกจากนั้นพบว่าค่า Rho-square กลุ่มที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.54 และกลุ่มที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.19 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองของกลุ่มที่ 1 มีการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ดีกว่าแบบจำลองกลุ่มที่ 2

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแยกกลุ่มตามระดับค่าฝุ่นละออง PM2.5

ตัวแปร	แบบจำลองโลจิตพหุ (PM2.5 ต่ำ)			แบบจำลองโลจิตพหุ (PM2.5 สูง)		
	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value	สัมประสิทธิ์ (β)	t-test	p-value
cost	0.099**	9.30	0.000	-0.1031**	-13.82	0.000
freq	0.1912**	5.83	0.000	0.0742**	6.75	0.000
wait	-0.1123**	-3.73	0.000	-0.0995**	-8.58	0.000
time	-0.2173**	-5.63	0.000	0.0250	1.90	0.057
ประเมินผลแบบจำลอง	Log likelihood function (β) = -795.272 Chi-square= 1872.966, Rho-square= 0.541			Log likelihood function (β) = -1305.049 Chi-square= 618.434, Rho-square= 0.192		

หมายเหตุ:**,* ระดับนัยสำคัญ (Level of significant) ที่ร้อยละ 99 และ 95 ตามลำดับ

พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรค่าใช้จ่ายในการเดินทางกลุ่ม PM2.5 ต่ำ เครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์เป็นบวกแสดงให้เห็นว่า ค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่เพิ่มขึ้นผู้เดินทางยินดีจ่ายเพิ่มเพื่อแลกกับปริมาณ PM2.5 ภายในห้องโดยสารที่ต่ำ ในส่วนของกลุ่ม PM2.5 สูง เครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์เป็นลบแสดงว่า ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นผู้เดินทางส่วนใหญ่พึงพอใจที่จะจ่ายลดลง จึงเลือกเดินทางยานพาหนะที่มี PM2.5 ภายในห้องโดยสารที่สูงเพื่อแลกกับค่าใช้จ่ายที่ถูกลง สังเกตได้จากค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรค่าใช้จ่าย PM2.5 สูงมีค่ามากกว่า PM2.5 ต่ำ

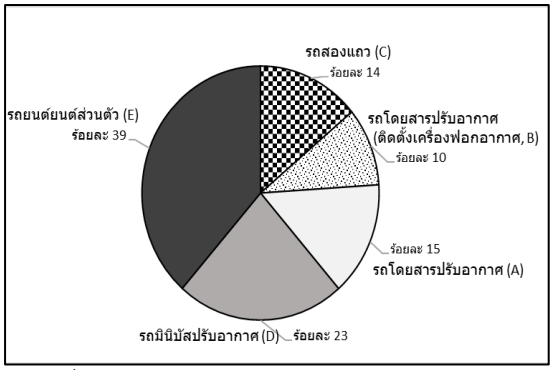
พิจารณาตัวแปรความถี่การให้บริการรถโดยสารทั้ง 2 กลุ่มพบว่า เครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์เป็นบวก และตัวแปรเวลาที่รอคอยเครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์เป็นลบ มีความสัมพันธ์กันคือ เมื่อความถี่การให้บริการเพิ่มขึ้นเวลาที่ใช้รอรถโดยสารก็จะน้อยลงแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาที่ผู้เดินทางสัมผัสกับ PM2.5 ภายนอกขณะรอรถโดยสารลดน้อยลงตามไปด้วย ซึ่งความถี่การให้บริการรถโดยสารกับระยะเวลาที่ใช้รอรถโดยสารมีผลอย่างมากกับการตัดสินใจของผู้เดินทางในการเลือกยานพาหนะที่มีระดับค่าฝุ่นละออง PM2.5 ภายในห้องโดยสารต่ำ โดยสังเกตได้จากค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรความถี่และเวลาที่รอคอยรถโดยสารของกลุ่ม PM2.5 ต่ำมีค่ามากกว่า PM2.5 สูง

พิจารณาตัวแปรเวลาที่ใช้เดินทางของกลุ่ม PM2.5 ต่ำ เครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์ติดลบแสดงให้เห็นว่าเวลาเดินทางที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การเลือกรูปแบบการเดินทางที่ PM2.5 ภายในห้องโดยสารต่ำลดลง

4.4 สัดส่วนความน่าจะเป็นการเลือกรูปแบบการเดินทาง

ผลการวิจัยพบว่าสัดส่วนความน่าจะเป็นการเลือกรูปแบบการเดินทาง 5 ประเภทจากสถานการณ์ทางเลือกซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 4 พบว่า เมื่อทำการปรับเทียบแบบจำลองแล้วมีความใกล้เคียงกับสัดส่วนลักษณะการเดินทางปัจจุบันในเขตเมืองนครปฐม ซึ่งเน้นการศึกษาเส้นทางที่ออกแบบไว้จากสถานีขนส่งจังหวัดไปยังศูนย์ราชการจังหวัดนครปฐม และมีความสอดคล้องกับสัดส่วนข้อมูลจำนวนรถที่จดทะเบียนสะสมของจังหวัดนครปฐมในปัจจุบัน[30] สัดส่วนปริมาณการเลือกใช้รถยนต์ส่วนตัวมีมากสุด รองลงมารถมินิบัสปรับอากาศ รถโดยสารปรับอากาศ รถสองแถว และน้อยสุดรถโดยสารปรับอากาศที่มีการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ คิดเป็นร้อยละ 39, 23, 15, 14 และ 10 ตามลำดับแสดงดังรูปที่ 3

งานวิจัยครั้งนี้ได้มุ่งเน้นการศึกษาในการพัฒนาระบบการขนส่งมวลชนในเขตเมืองนครปฐมเฉพาะในส่วนที่เป็นยานพาหนะประเภทรถโดยสาร เพื่อดึงดูดผู้เดินทางให้ปรับเปลี่ยนการใช้รถยนต์ส่วนตัวหันมาใช้บริการขนส่งมวลชนเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงไม่มีการกำหนดยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ส่วนตัว และรับจ้างไว้ในสถานการณ์ทางเลือก แต่เป็นการเพิ่มยานพาหนะทางเลือกใหม่เข้าไปในทางเลือกปัจจุบันนั้นคือ รถมินิบัสปรับอากาศ และรถโดยสารปรับอากาศที่มีการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ



รูปที่ 4 สัดส่วนความน่าจะเป็นการเลือกรูปแบบการเดินทางของยานพาหนะแต่ละประเภท

5. สรุปผลการศึกษา

ผลงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางภายใต้สภาวะมลพิษทางอากาศพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางเมื่อเกิดสภาวการณ์ฝุ่นละออง PM2.5 ประกอบไปด้วย 4 ปัจจัยที่ผู้เดินทางให้ความสำคัญมากสุด คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ความถี่ให้บริการรถโดยสาร เวลาที่รอคอย และเวลาที่ใช้เดินทาง อย่างมีนัยสำคัญที่ร้อยละ 99 เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการเดินทางของรถโดยสารปรับอากาศที่มีการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศภายในห้องโดยสารค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการขนส่งมวลชนประเภทอื่นส่งผลให้ผู้ที่เดินทางมีแนวโน้มการเลือกใช้ค่อนข้างน้อย

งานวิจัยนี้สามารถนำแนวทางการวิจัยไปต่อยอด และพัฒนาปรับใช้ในการศึกษากับพื้นที่อื่นๆ ที่เป็นแหล่งการคมนาคมขนส่งมวลชนที่สำคัญอาทิเช่น กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ขอนแก่น ภูเก็ต เป็นต้น รวมทั้งเป็นการกระตุ้นนโยบายของภาครัฐให้มีการส่งเสริมการใช้รถโดยสารที่มีฝุ่นละอองในระดับต่ำ และพลังงานสะอาดที่มีค่าโดยสารและบริการที่เพียงพอ ซึ่งจะส่งผลให้ประชาชนมีแนวโน้มหันมาเลือกใช้ระบบขนส่งมวลชนในเขตเมืองได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการผลักดันนโยบายจากทางองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ที่มีการประยุกต์ใช้เครื่องฟอกอากาศมาติดตั้งกับรถโดยสารสาธารณะเพื่อช่วยลดปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 [31]

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Greenpeach. (2020, March 14). "Paticulate Matter 2.5 Microns," 2019. [Online]. Available: https://www.greenpeace.org/thailand/explore/protect/cleanair/pm25-harm/

[2] K. Manwipa, "Diesel Engine Exhaust," *Air&Noise,* vol. 6, pp. 8-9, 2014.

[3] A. Noochjariya, "Car driving behavior and air pollution," *Air&Noise,* vol. 7, p. 6, 2015.

[4] Prachachat Online. (2020, March 4) " Particulate Matter in Bangkok City," 2020. [Online]. Available: https://www.prachachat.net/columns/news-378240

[5] The Statistical Nakhon Pathom Provincial Office. (2019, December 20). "Gross Provincial Product," 2019. [Online]. Available: http://www.nakhonpathom.go.th/news_develop_plan.

[6] T. Yamane, Statistics: An introductory analysis, 1973.

[7] E. P. Kroes and R. J. Sheldon, "Stated preference methods: an introduction," *Journal of transport economics and policy,* pp. 11-25, 1988.

[8] R. Kaewkluengklom, "Influence of psychological factors on mode choice behaviour: Case study of BRT in Khon Kaen City, Thailand," *Transportation Research Procedia,* vol. 25, pp. 5072-5082, 2017.

[9] L. Yang, "Modeling Preferences for Innovative Mode Services: A Case Study in Lisbon," M.S. thesis, Dept. Civil and Environmental Eng., MIT, 2010.

[10] D. Dissanayake and T. Morikawa, "Investigating househod vehicle ownership,mode choice and trip sharing decisions using a combined revealed preference/stated preference Nested

Logit model: case study in Bangkok Metropolitan Region," *Journal of Transport Geography,* vol. 18, pp. 402-410, 2010.

[11] P. Bourgeat, "A revealed/stated preference approach to bus service configuration," *Transportation Research Procedia,* vol. 6 , pp. 411-423, 2015.

[12] M. E. Ben-Akiva and S. R. Lerman, *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand*. MIT press, 1985.

[13] K. Train, Qualitative choice analysis: Theory, econometrics, and an application to automobile demand. MIT press, 1986.

[14] N. Lekawatthana, "Development of Travel Mode Choice Model between School Bus and Passenger Car," *SWU Engineering Journal* vol. 9 , pp. 61-67, 2014.

[15] K. Chanpariyavatevong, "Factor Affecting Customers' Decision on Food Delivery Service: Binary Logistic Regression Approach," *SWU Engineering Journal,* vol. 14, pp. 44-55, May 2019.

[16] N. Auttapibarn, "Development of Hybrid Choice Models for Modal Shift Study: A Case Study of MRT Green Line Extension Kasetsat University Station " *SWU Engineering Journal,* vol. 13, pp. 1-17, Nov. 2018.

[17] D. Ling and Z. Ning, "Dynamics in Mode Choice Decisions: A Case Study in Nanjing,China," *Procedia Engineering,* vol. 137, pp. 31-40, 2016.

[18] Q. Huanmei and G. Jianqiang, "Nested logit model formation to analyze airport parking behavior based on stated preference survey studies," *Journal of Air Transport Management,* vol. 58, pp. 164-175, 2017.

[19] S. Pongpiajun, "PM2.5 Source and Sink of Air pollution," *Research Community,* vol. 24, pp. 5-9, 2019.

[20] Greenpeach. (2020 April 24). "Different air quality measurement standards," 2017. [Online]. Available: https://www.greenpeace.org/thailand/explore/protect/cleanair/air-standard/

[21] Pollution Control Department. (2020 April 26). "Report particulate matter situation less than 2.5 microns," 2019. [Online]. Available: http://www.pcd.go.th/file/pm2.5-2562.pdf

[22] C. Renjie, Z. Ang, C. Honglei, and Z. Zhuohui, "Cardiopulmonary Benefits of Reducing Indoor Particles of Outdoor Origin," A Randomized, Double-Blind Crossoveer Trial of Air Purifiers"," *The Ameican College of Cardiology Foundation,* vol. 65, pp. 2279-2287, 2015.

[23] L. Y. Chan, W. L. Lau, S. C. Lee, and C. Y. Chan, "Commuter exposure to particulate matter in public transportation modes in Hong Kong," *Atmospheric Environment,* vol. 36, pp. 3363-3373, 2002.

[24] K. Panyaping, "A Study on Contamination of Total Suspended Particulate in and Out of Bulding," *Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology),* vol. 6, pp. 1-15, 2014.

[25] Official Statistics Registration Systems. (2019 April 25). "Population and House Statistics," 2019 [Online]. Available: http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_age.php

[26] S. Suttipan, "Development of Mode Choice Model between Private Vehicles and University Bus in Prince of Songkla University," M.S. thesis, Dept. Civil Eng., Prince of Songkla University, 2014.

[27] S. Porpanit, "High Speed Rail Station Access Choice Model for Cross-Regional Commuter Trips: Case Study of the Bangkok - Nong Khai Corridor," M.S. thesis, Dept. Civil Eng., Kasetsart University, 2016.

[28] L. Rujanee, "The Relationship between Dissmination of Information on The Internet for Investor and Profitability of Listed Companies in The Stock Exchange of Thailand," M.S. thesis, Dept. Faculty of Management Science, Khon Kaen University, 2012.

[29] S. Chalong. (2020 May 8). "Collinearity and Multicollinearity," 2012 [Online]. Available: https://sites.google.com/site/mystatistics0 1/ regression-correlation-analysis/collinearity-and-multicollinearity

[30] Department of Land Transport. (2020 May 8). "Registered vehicle collector," 2019. [Online]. Available: https://web.dlt.go.th/statistics/

[31] MGRONLINE. (2020 February 18). "Test the air purifier on the roof bus public transit," 2019. [Online]. Available: https://mgronline.com/business/ detail/9630000016137