การพัฒนาดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนในเมือง

DEVELOPMENT OF PHYSICAL COMPATIBILITY INDEX FOR E-SCOOTER RIDING ON URBAN ROADS

ปรัตถกร กษิรวัฒน์[1] และ จิตติชัย รุจนกนกนาฏ[1,*]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร
[*]Corresponding author address: jittichai@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความสัมพันธ์ปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนและทางเท้าในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เนื่องจากปัจจุบันแนวโน้มผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น ทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นด้วย และประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายที่ชัดเจนเกี่ยวกับพาหนะชนิดนี้ ในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลจากการทดสอบของอาสาสมัครผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าจำนวน 22 คน ในเส้นทางที่กำหนดไว้ 46 เส้นทาง ซึ่งมีลักษณะเส้นทางและองค์ประกอบที่แตกต่างกันไป เพื่อประเมินคะแนนความรับรู้ความพึงพอใจในด้านความสะดวกสบาย ความเร็ว ความปลอดภัย และระดับโดยรวมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผงด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ ผลการศึกษาพบว่า ในส่วนของถนน ปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อความสะดวกสบาย คือ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย ไม่มีหรือมีสิ่งกีดขวางบนพื้นผิวน้อยกว่า 3 เมตร มีช่องทางจักรยาน ทางตรง และความเร็วกระแสจราจร ขณะที่ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเร็ว คือ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย มีช่องทางจักรยาน และพื้นผิวลาดยาง ปัจจัยที่ส่งผลต่อด้านความปลอดภัย คือ มีช่องทางจักรยาน เส้นแบ่งช่องทางมีความชัดเจน ปริมาณกระแสจราจร และความต่อเนื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับโดยรวม คือ มีช่องทางจักรยาน และปริมาณกระแสจราจร ส่วนการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า ปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อความสะดวกสบาย คือ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย และพื้นผิวลาดยาง ส่วนปัจจัยความรู้สึกรับรู้อีก 3 ปัจจัย มีเพียงปัจจัยวัสดุพื้นผิวที่ส่งผล ทั้งนี้พบว่าปัจจัยด้านความปลอดภัยส่งผลต่อระดับโดยรวมของการใช้งานบนถนนมากที่สุด ส่วนทางเท้าเป็นปัจจัยด้านความสะดวกสบายที่ส่งผลต่อระดับโดยรวมมากที่สุด ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้นำมาซึ่งแนวทางในการออกแบบปรับปรุงหรือคัดเลือกเส้นทางที่มีความเหมาะสมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถใช้ในการจัดทำคู่มือและแผนที่แนะนำเส้นทางในพื้นที่ได้ต่อไป

คำสำคัญ: *สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า, ดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพ, ข้อมูลแบบแผงด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ*

Abstract

This research studies how physical characteristics on roadways and sidewalks affect e-scooter riding in Bangkok Metropolitan Area. Currently, e-scooters have gained popularity with higher e-scooter volumes and resulted in higher traffic accidents. However, there are no definite regulations in Thailand regarding this mode. This study requested 22 e-scooter riders as volunteers to evaluate their rides on 46 pre-selected sections with different physical characteristics. Each was asked to evaluate the riding section in terms of their riding comfort, speed, safety, and overall satisfaction. Then, the survey data were analyzed through the panel ordered logistics regression models for roadways and sidewalks, separately. The primary factors related to comfort are damage condition, obstruction condition, exclusive bike lane, straight alignment, and traffic speeds for roadways. The ones related to speed are damage condition, exclusive bike lane, and paved road. The ones related to safety are exclusive bike lane, clear line, volumes, and continuation. The ones related to overall are exclusive bike lane and volumes. For sidewalks, the ones related to comfort are damage and paved. For the other 3 factors, only surface material factors have an effect. However, in roadways cases, safety is the primary concern and highly relates to overall e-scooter riding satisfaction but in sidewalks case is the most impactful comfort factor. This study can be applied as a guideline for related organizations to design and improve existing roadways and sidewalks and select routes and draw maps for e-scooter riding.

Keywords: *Electric scooter (e-scooter), Physical compatibility index, Panel ordered logistic regression model*

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการจราจรแออัดของยานพาหนะในเขตเมืองเป็นปัญหาที่สำคัญ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อวิถีชีวิตของผู้คนในเขตเมือง ซึ่งมีผู้คนส่วนหนึ่งได้พยายามปรับตัว หลีกเลี่ยง และแก้ไขปัญหา โดยเปลี่ยนมาใช้รูปแบบการเดินทางอย่างยั่งยืนแทน

รูปแบบการเดินทางอย่างยั่งยืนในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบ แต่รูปแบบที่เริ่มได้รับความนิยมคือ รูปแบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่แห้งในการขับเคลื่อนพาหนะ ซึ่งมีนวัตกรรมที่โดดเด่นและ

น่าสนใจอย่างหนึ่งคือ สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า (Electric Scooter) หมายถึงยานพาหนะชนิดหนึ่ง เป็นพาหนะขนาดเล็กที่สามารถขับเคลื่อนโดยใช้พลังงานจากมนุษย์ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามาตรฐานทั่วไปมี 2 ล้อ ทำความเร็วสูงสุดประมาณ 25-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมนุษย์เป็นผู้ยืนควบคุมทิศทาง คันเร่ง และเบรค นอกจากนี้ยังมีความคล่องตัวสูง สามารถทดแทนพาหนะอย่างอื่นได้ในระยะสั้น สนับสนุนการเดินทางต่อแรกหรือต่อสุดท้าย สะดวกต่อการใช้งานบนถนนและทางเท้า

จากข้อได้เปรียบของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ในประเทศไทยเองเริ่มมีผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในเขตเมืองเป็นกิจวัตรประจำวันเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปัญหาและผลกระทบที่ตามมาจากจำนวนผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นคือเรื่องอุบัติเหตุ เนื่องจากสถิติการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของไทยปี พ.ศ. 2561 เป็นอันดับ 9 ของโลก [1] ปัญหาต่อมาคือเรื่องกฎหมาย เพราะว่าประเทศไทยเองยังไม่มีกรอบกฎหมายหรือข้อกำหนดที่ชัดเจนเกี่ยวกับสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ทำให้การใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ายังคงเป็นปัญหาที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบได้

จากประเด็นที่กล่าวมา ทางผู้วิจัยมีความสนใจออกแบบดัชนีความเหมาะสมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนและทางเท้า ซึ่งดัชนีหมายถึงตัวชี้วัดของระดับคะแนนความรู้สึกรับรู้ต่อการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ที่สามารถแบ่งได้ตามแบบจำลองในด้านความสะดวกสบาย ความเร็ว ความปลอดภัย และระดับโดยรวมกับปัจจัยทางกายภาพ เพื่อกำหนดแนวทางประเมินเส้นทางที่เหมาะสมต่อการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

Portland Bureau of Transportation [2] ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในเมืองพอร์ตแลนด์ รัฐออริกอน ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดเส้นทาง 4 แบบ เพื่อดูพฤติกรรมการใช้งานบนทางเท้าพบว่า เส้นทางที่ไม่มีช่องทางจักรยาน ผู้ใช้ร้อยละ 39 ใช้บนทางเท้า เส้นทางที่ช่องทางจักรยานไม่ได้รับการป้องกัน ผู้ใช้ร้อยละ 21 ใช้บนทางเท้า เส้นทางที่ช่องทางจักรยานได้รับการป้องกัน ผู้ใช้ร้อยละ 8 ใช้บนทางเท้า และเส้นทางที่มีเฉพาะช่องทางจักรยาน ไม่พบการใช้งานบนทางเท้า นอกจากนี้ยังได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกระแสจราจรและการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า 3 กรณี พบว่ากรณีกำหนดความเร็ว 20 ไมล์ต่อชั่วโมง (32 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ผู้ใช้ร้อยละ 18 ใช้บนทางเท้า กรณีกำหนดความเร็ว 30 ไมล์ต่อชั่วโมง (48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ผู้ใช้ร้อยละ 50 ใช้บนทางเท้า และกรณีกำหนดความเร็ว 35 ไมล์ต่อชั่วโมง (56 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ผู้ใช้ร้อยละ 66 ใช้บนทางเท้า

The Austin Public Health Department [3] ได้ศึกษาผู้บาดเจ็บจากการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในเมืองออสติน รัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าบาดเจ็บบนถนนมากที่สุด (55%) บาดเจ็บบนทางเท้า (33%) บาดเจ็บในเส้นทางที่ไม่อนุญาต (8%) และบาดเจ็บแถวจุดจอด (4%) โดยช่วงอายุที่ผู้บาดเจ็บมากที่สุดคือ 18-29 ปี (48%) และมีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูงสุดมักเป็นผู้ใช้ครั้งแรก (33%) นอกจากนี้ยังพบว่าเกือบครึ่งของผู้บาดเจ็บทั้งหมดมักเป็นการบาดเจ็บสาหัส เช่น กระดูกหัก (84%) บาดเจ็บที่ระบบประสาท (45%) อยู่โรงพยาบาลมากกว่า 48 ชั่วโมง (8%) เสียเลือดมาก (5%) การสูญเสียอวัยวะ (1%) เป็นต้น

2.2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบดัชนี

Crocco และคณะ [4] ได้ศึกษาความปลอดภัยของเครือข่ายถนน จังหวัดโคเซนซา ประเทศอิตาลี เพื่อจัดความน่าเชื่อถือของถนน ซึ่งได้ให้ผู้ขับขี่ประเมินและขับตามเส้นทางที่กำหนด โดยใช้แบบจำลองการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Model) มีตัวแปรตามคือ ความน่าเชื่อถือซึ่งแบ่งได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ น่าเชื่อถือและไม่น่าเชื่อถือ ส่วนตัวแปรอิสระ ได้แก่ ลักษณะทางเรขาคณิต ลักษณะสภาพแวดล้อม สภาพการบำรุงรักษา พฤติกรรมผู้ขับขี่ เพศ และอายุ

Harkey และคณะ [5] ได้ออกแบบดัชนีความเข้ากันได้ของจักรยาน (The Bicycle Compatibility Index: BCI) สำหรับถนนในเขตเมืองและชานเมือง (ใช้กับ Midblock Street เท่านั้น) เป็นดัชนีระดับการให้บริการของจักรยาน (Bicycle Level of Service: BLoS) 6 ระดับ ตั้งแต่ระดับ A ถึง F เรียงจากดีที่สุดไปแย่ที่สุด ซึ่งได้ให้ผู้ใช้จักรยานประเมินระดับคะแนนจากการดูวีดีโอ เพื่อประเมินระดับความเป็นมิตรต่อการใช้จักรยานบนสภาพแวดล้อมของถนนจากปัจจัยการมีอยู่ของช่องทางจักรยาน ความกว้างของช่องทางจักรยาน ความกว้างของไหล่ทาง ปริมาณกระแสจราจร ความเร็วกระแสจราจรที่ 85 เปอร์เซนไทล์ การมีที่จอดรถ ลักษณะการใช้ที่ดิน และสัดส่วนพาหนะหนัก โดยการใช้แบบจำลอง Bicycle Compatibility Index Model ซึ่งถูกพัฒนาจากการใช้แนวคิดแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก

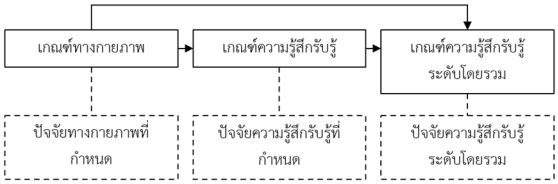
Allen และคณะ [6] ได้ศึกษาความสัมพันธ์การเกิดอุบัติเหตุจากการปะทะของจักรยานภายในเส้นทางเขตเมือง โดยใช้ข้อมูลการปะทะของจักรยานในเมืองเจอร์ซีซิตี รัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 1997-2000 บนสมมติฐานที่วางไว้คือ เส้นทางที่ปลอดภัยก่อให้เกิดการปะทะที่อันตรายน้อยกว่าเส้นทางที่ไม่ปลอดภัย เพื่อจัดระดับความปลอดภัยหรือระดับความรุนแรงของเส้นทางจักรยานในเขตเมือง โดยใช้แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ (Ordered Logistic Regression Model หรือ Ordinal Logistic Regression Model) มีตัวแปรตามคือระดับความรุนแรง 3 ระดับ ได้แก่ Y = 1 Y = 2 และ Y = 3 (แย่ที่สุด)

และมีตัวแปรอิสระคือปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ความกว้างของช่องทาง ปริมาณกระแสจราจร ความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ ประเภททางหลวง ความชัน เงื่อนไขการเดินรถทิศทางเดียว เงื่อนไขผิวทางที่ซ่อมแซมภายใน 10 ปี และเงื่อนไขเส้นทางรถบรรทุก นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเงื่อนไขตอนกลางวันด้วย

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1. แนวทางการออกแบบดัชนีความเหมาะสม

แนวทางการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า โดยจะกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพทางกายภาพและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกรับรู้ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกันจากการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าทดสอบบนเส้นทางในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะแบ่งแนวทางเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เกณฑ์ทางกายภาพ เกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ และเกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพลำดับความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์

3.1.1. เกณฑ์ทางกายภาพ

เกณฑ์ทางกายภาพจะประกอบไปด้วยปัจจัยทางกายภาพที่กำหนดของถนนและทางเท้า โดยปัจจัยกายภาพของถนนที่กำหนดเลือก 10 ปัจจัย ได้แก่ ความเสียหายของพื้นผิว สิ่งกีดขวางบนพื้นผิว ความกว้างของช่องทางถนน ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทาง วัสดุพื้นผิว ความตรงของเส้นทาง ความเร็วกระแสจราจร ปริมาณกระแสจราจร สภาพแวดล้อมข้างทาง และความต่อเนื่องของเส้นทาง สุดท้ายปัจจัยกายภาพของทางเท้าที่กำหนดเลือก 4 ปัจจัย ได้แก่ ความเสียหายของพื้นผิว ความกว้างของช่องทางเท้า วัสดุพื้นผิว และสภาพแวดล้อมข้างทาง

3.1.2. เกณฑ์ความรู้สึกรับรู้

ผู้วิจัยได้กำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกรับรู้ทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ด้านความสะดวกสบาย ด้านความเร็ว และด้านความปลอดภัย โดยพิจารณาจากผลกระทบที่ส่งผลต่อระดับความพึงพอใจของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

3.1.3. เกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม

เกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมพิจารณาจากการจัดระดับความรู้สึกรับรู้ทั้งหมด 3 ปัจจัยก่อนหน้า ที่ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของค่าน้ำหนักคะแนนในแต่ละปัจจัย เพื่อให้ได้การจัดระดับโดยรวม (Overall rating) หรือระดับความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม

3.2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

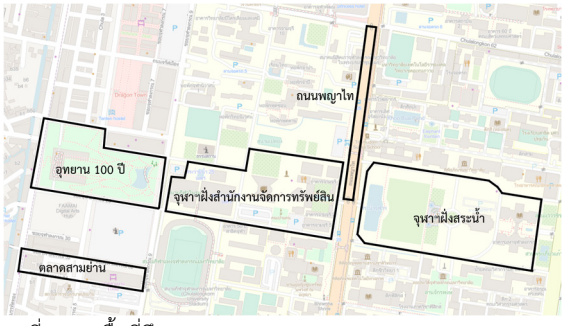
การเก็บรวบรวมข้อมูลได้ใช้แบบประเมิน 2 แบบ ได้แก่ แบบประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และแบบประเมินความรู้สึกรับรู้ต่อการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า โดยแบบประเมินทางกายภาพได้จากการประเมินของผู้วิจัย ส่วนแบบประเมินความรู้สึกรับรู้ต่อการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าได้จากการประเมินของอาสาสมัครผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า โดยเป็นการประเมินคะแนน 5 ระดับ ตั้งแต่แย่มาก (1 คะแนน) จนถึงดีมาก (5 คะแนน) ทั้งปัจจัยความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม แต่การประเมินของทางเท้ากำหนดลดเหลือคะแนน 3 ระดับ ตั้งแต่แย่ (1 คะแนน) จนถึงดี (3 คะแนน)

ผู้วิจัยได้กำหนดให้อาสาสมัครทดสอบและประเมินคะแนนความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมทุก ๆ ระยะ 100 เมตร โดยประมาณ ซึ่งผู้วิจัยจะมีผู้นำทางส่งสัญญาณ (เสียงกริ่ง) ให้อาสาสมัครหยุดสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าเพื่อประเมินคะแนนสำหรับเส้นทางทั่วไป แต่ถ้าเส้นทางไม่ปลอดภัยหรือไม่สะดวกให้ใช้การอัดเสียงแทน โดยทดสอบในช่วงเวลาปกติตั้งแต่ 9:00-16:00 น. ของวันธรรมดา

3.2.1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาสำหรับการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน ผู้วิจัยได้เลือกเส้นทางส่วนหนึ่งใน 5 พื้นที่ ได้แก่ จุฬาฯฝั่งสระน้ำ/จุฬาฯฝั่งสำนักงานจัดการทรัพย์สิน (ภาพรวมค่อนข้างดี ปริมาณการจราจรน้อย มีพื้นผิวลาดยางและคอนกรีต มีช่องทางจักรยานเกือบตลอดเส้นทาง) ถนนพญาไท (สภาพถนนดี มีพื้นผิวลาดยาง ปริมาณการจราจรสูง) อุทยาน 100 ปี (ภาพรวมปานกลาง มีพื้นผิวลาดยาง ปริมาณจราจรสูงบางเส้นทาง) และตลาดสามย่าน (ภาพรวมแย่ มีความเสียหายของพื้นผิว มีสิ่งกีดขวาง มีพื้นผิวลาดยางและคอนกรีต ปริมาณจราจรสูงบางเส้นทาง)

ส่วนการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า ผู้วิจัยได้เลือกเส้นทางส่วนหนึ่งใน 3 พื้นที่ ได้แก่ จุฬาฯฝั่งสระน้ำ (ภาพรวมค่อนข้างดี มีพื้นผิวลาดยางและคอนกรีต) ทางเท้าด้านข้างถนนพญาไท (ภาพรวมค่อนข้างแย่ มีความเสียหายของพื้นผิว มีพื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น มีสิ่งรบกวน) และอุทยาน 100 ปี (ภาพรวมดี มีพื้นผิวลาดยางจากช่องทางจักรยานและกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น)



รูปที่ 2 พื้นที่ศึกษา

3.2.2. กลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะอาสาสมัครผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบและประเมินเส้นทางจะใช้การสุ่มตัวอย่างโดยใช้การพิจารณา (Judgmental Sampling) [7] ซึ่งอาสาสมัครที่เลือกจะอยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 18 ถึง 29 ปี ได้ทั้งเพศชายและหญิง โดยมีประสบการณ์ระดับพื้นฐานอย่างน้อย 30 นาที ที่มีความเข้าใจกฎจราจร สามารถควบคุมทิศทาง ใช้คันเร่ง เบรค หรือมีเทคนิคในการใช้อย่างดี

นอกจากนี้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการมาจากการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างเครซี่และมอร์แกน [8] โดยผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของประชากรที่สอดคล้องเชิงพื้นที่ ซึ่งอิงจากจำนวนนิสิตและบุคลากรของจุฬาลงกรณ์ มีนาคม พ.ศ. 2563 จำนวน 45,764 คน สัดส่วนโดยประมาณของผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าอยู่ที่ร้อยละ 1 ของประชากร โดยมาจากการประมาณสัดส่วนผู้ใช้พาหนะอื่น ๆ 0.3% [9] และจากการประมาณของสัดส่วนผู้เดินทางด้วยสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในปารีส 0.8%-1.9% ของเที่ยวการเดินทางทั้งหมด [10] กำหนดให้ยอมรับความคลาดเคลื่อนได้ 5% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการจำนวนอย่างน้อย 15 คน ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 22 คน

3.2.3. ลักษณะสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้เลือกสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ารุ่น Mi Electric Scooter 1S สำหรับให้อาสาสมัครใช้ในการทดสอบและประเมินเส้นทาง ที่มีขนาดล้อ 8.5 นิ้ว ทำความเร็วได้สูงสุด 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะมีหน้าจอแสดงผลดิจิทัล (Digital) เพื่อบอกโหมดการทำงาน ความเร็ว และสัดส่วนแบตเตอรี่คงเหลือ

3.3. การพัฒนาแบบจำลอง

ผู้วิจัยกำหนดวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผงด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ (Panel Ordered Logistic Regression Model) [11] ที่ตัวแปรตามเป็นตัวแปรแบบเรียงลำดับมีจำนวนตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป ใช้กับข้อมูลที่มีการกระจายตัวแบบโลจิสติก และใช้กระบวนการกำจัดตัวแปรแบบถอยหลัง (Backward Elimination) เพื่อหาตัวแปรที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด

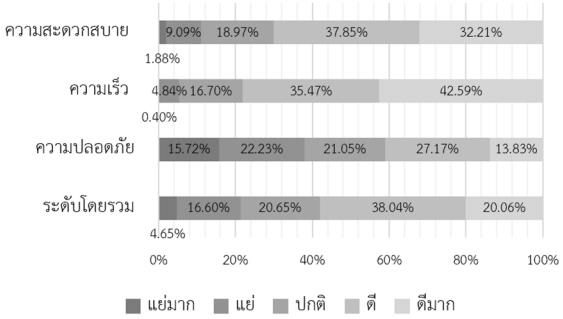
4. ผลการเก็บข้อมูล

4.1. ผลการเก็บข้อมูลของถนน

ตารางที่ 1 ผลการเก็บข้อมูลทางกายภาพของถนน

ปัจจัย	ลักษณะ	ร้อยละ
ความเสียหาย	พื้นผิวไม่มีความเสียหาย	63.04
ของพื้นผิว	พื้นผิวมีความเสียหาย	36.96
สิ่งกีดขวางบน	ไม่มีหรือมีน้อยกว่า 3 เมตร	56.52
พื้นผิว	มีสิ่งกีดขวางอย่างน้อย 3 เมตร	43.48
ความกว้างของ	มีช่องทางจักรยาน	32.61
ช่องทางถนน	การจราจรแบบผสม	67.39
ความชัดเจนของ	เส้นแบ่งมีความชัดเจน	73.91
เส้นแบ่งช่องทาง	เส้นแบ่งไม่มีความชัดเจน	26.09
วัสดุพื้นผิว	พื้นผิวลาดยาง	58.70
	พื้นผิวคอนกรีต	41.30
ความตรงของ	ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมี	69.57
เส้นทาง	อย่างน้อย 24 เมตร	
	ทางโค้งรัศมีน้อยกว่า 24 เมตร	30.43
ความเร็วกระแส	ถนนสายย่อยและสายรอง	82.61
จราจร	ถนนสายหลัก	17.39
ปริมาณกระแส	ไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี	71.74
จราจร	มากกว่า 5,000 คันต่อวันต่อปี	28.26
สภาพแวดล้อม	ไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง	52.17
ข้างทาง	มีสิ่งรบกวนข้างทาง	47.83
ความต่อเนื่อง	ลักษณะเป็นค่าต่อเนื่อง	-
ของเส้นทาง		
จำนวนทั้งหมด 46 เส้นทาง		100

จากผลการเก็บข้อมูลทางกายภาพของถนน 46 เส้นทาง ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลของอาสาสมัคร 22 คน แบ่งเป็นชาย 14 คน และหญิง 8 คน ได้เกิดสถานการณ์ทดสอบทั้งหมด 1,012 สถานการณ์ โดยมีสัดส่วนดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผลการเก็บข้อมูลความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของถนน

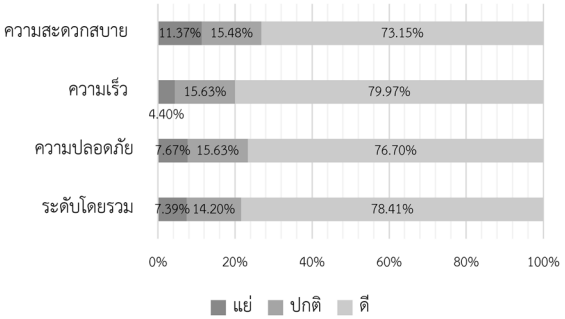
4.2. ผลการเก็บข้อมูลของทางเท้า

ตารางที่ 2 ผลการเก็บข้อมูลทางกายภาพของทางเท้า

ปัจจัย	ลักษณะ	ร้อยละ
ความเสียหาย	พื้นผิวไม่มีความเสียหาย	65.62
ของพื้นผิว	พื้นผิวมีความเสียหาย	34.38
ความกว้างของ	สุทธิเฉลี่ยอย่างน้อย 2 เมตร	50.00
ช่องทางเท้า	สุทธิเฉลี่ยน้อยกว่า 2 เมตร	50.00

ปัจจัย	ลักษณะ	ร้อยละ
วัสดุพื้นผิว	พื้นผิวลาดยาง	31.25
	พื้นผิวคอนกรีต	18.75
	พื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น	50.00
สภาพแวดล้อมข้างทาง	ไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง	53.12
	มีสิ่งรบกวนข้างทาง	46.88
จำนวนทั้งหมด 32 เส้นทาง		100

จากผลการเก็บข้อมูลทางกายภาพของทางเท้า 32 เส้นทาง ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลของอาสาสมัคร 22 คน แบ่งเป็นชาย 14 คน และหญิง 8 คน ได้เกิดสถานการณ์ทดสอบทั้งหมด 704 สถานการณ์ โดยมีสัดส่วนดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลการเก็บข้อมูลความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของทางเท้า

5. การวิเคราะห์แบบจำลอง

5.1. การวิเคราะห์แบบจำลองของถนน

ตารางที่ 3 การกำหนดตัวแปรทางกายภาพของถนน

ตัวแปร	คำอธิบาย
No Damage	1 = พื้นผิวไม่มีความเสียหาย 0 = พื้นผิวมีความเสียหาย
< 3 m. of Obs	1 = ไม่มีหรือมีสิ่งกีดขวางบนพื้นผิวน้อยกว่า 3 เมตร 0 = มีสิ่งกีดขวางอย่างน้อย 3 เมตร
Bike Lane	1 = มีช่องทางจักรยาน 0 = การจราจรแบบผสม
Clear Line	1 = เส้นแบ่งมีความชัดเจน 0 = เส้นแบ่งไม่มีความชัดเจน
Paved	1 = พื้นผิวลาดยาง 0 = พื้นผิวคอนกรีต
St/Rad ≥ 24 m.	1 = ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร 0 = ทางโค้งรัศมีน้อยกว่า 24 เมตร
Minor Road Sp	1 = ความเร็วกระแสจราจรถนนสายย่อยและสายรอง 0 = ความเร็วกระแสจราจรถนนสายหลัก
Vol ≤ 5000 PCU	1 = ปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี 0 = ปริมาณกระแสจราจรมากกว่า 5,000 คันต่อวันต่อปี
Not Disturbed	1 = ไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง 0 = มีสิ่งรบกวนข้างทาง
Continuation	<u>ความต่อเนื่องถนนสายย่อยหรือสายรอง</u> 1 = ต่อเนื่อง ≥ 40 เมตรต่อทางแยก 0.67 = ต่อเนื่อง < 40 เมตรต่อทางแยก <u>ความต่อเนื่องถนนสายหลัก</u> 0.33 = ต่อเนื่อง ≥ 60 เมตรต่อทางแยก 0 = ต่อเนื่อง < 60 เมตรต่อทางแยก กรณีมีหลายเงื่อนไขให้เฉลี่ยคะแนน

เมื่อนำตัวแปรจากตารางที่ 3 มาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพของถนน โดยกำหนดช่วงยอมรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ -0.75 ถึง 0.75 (ดัดแปลงจาก [12]) เพื่อลดปัญหาการเกิดความสัมพันธ์กันสูงระหว่างตัวแปรอิสระ พบว่าสามารถนำตัวแปรทุกตัวไปวิเคราะห์แบบจำลองการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าของถนนได้

ตารางที่ 4 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของถนน

Parameter	Coefficient of Full Model	Coefficient of 95% Model
/cut1	-3.8434**	-4.202**
/cut2	-1.876**	-2.241**
/cut3	-0.372	-0.742**
/cut4	1.711**	1.330**
No Damage	0.449**	0.485**
< 3 m. of Obs	0.293*	0.320**
Bike Lane	1.249**	1.399**
Clear Line	0.241	
Paved	0.179	
St/Rad ≥ 24 m.	-0.232	-0.272**
Minor Road Sp	-1.135**	-0.481**
Vol ≤ 5000 PCU	0.528**	
Not Disturbed	-0.115	
Continuation	0.501	

หมายเหตุ: **มีระดับนัยสำคัญ 0.05, *มีระดับนัยสำคัญ 0.1

จากตารางที่ 4 พบว่าแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของถนนที่มีสัมประสิทธิ์ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือมีระดับนัยสำคัญ 0.05 ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า เนื่องจากมีนัยสำคัญทุกตัวแปร โดยตัวแปรที่ทำให้มีแนวโน้มรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าดีขึ้น ได้แก่ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย ไม่มีหรือมีสิ่งกีดขวางบนพื้นผิวน้อยกว่า 3 เมตร และมีช่องทางจักรยาน ส่วนตัวแปรที่ทำให้มีแนวโน้มรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าแย่ลง ได้แก่ ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร และความเร็วกระแสจราจรถนนสายย่อยและสายรอง

ตารางที่ 5 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความเร็วของถนน

Parameter	Coefficient of Full Model	Coefficient of 95% Model
/cut1	-4.839**	-5.094**
/cut2	-2.170**	-2.427**
/cut3	-0.339	-0.606**
/cut4	1.746**	1.467**
No Damage	0.809**	0.879**
< 3 m. of Obs	0.079	
Bike Lane	0.947**	0.917**
Clear Line	0.122	
Paved	0.378**	0.468**
St/Rad ≥ 24 m.	0.191	
Minor Road Sp	-0.369	
Vol ≤ 5000 PCU	0.172	
Not Disturbed	0.163	
Continuation	0.256	

หมายเหตุ: **มีระดับนัยสำคัญ 0.05, *มีระดับนัยสำคัญ 0.1

จากตารางที่ 5 พบว่าแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความเร็วของถนนที่มีสัมประสิทธิ์ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือมีระดับนัยสำคัญ 0.05 ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า เนื่องจากมีนัยสำคัญทุกตัวแปร โดยตัวแปรที่ทำให้มีแนวโน้มรับรู้ความเร็วของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าดีขึ้น ได้แก่ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย มีช่องทางจักรยาน และพื้นผิวลาดยาง

ตารางที่ 6 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของถนน

Parameter	Coefficient of Full Model	Coefficient of 95% Model
/cut1	0.492	0. 835**
/cut2	2.287**	2.619**
/cut3	3.596**	3.920**
/cut4	5.579**	5.881**
No Damage	0.035	
< 3 m. of Obs	0.297**	
Bike Lane	1.278**	1.184**
Clear Line	0.366**	0.623**
Paved	0.123	
St/Rad ≥ 24 m.	-0.384**	
Minor Road Sp	0.369	
Vol ≤ 5000 PCU	1.787**	1.676**
Not Disturbed	-0.062	
Continuation	0.985	1.669**

หมายเหตุ: **มีระดับนัยสำคัญ 0.05, *มีระดับนัยสำคัญ 0.1

จากตารางที่ 6 พบว่าแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของถนนที่มีสัมประสิทธิ์ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือมีระดับนัยสำคัญ 0.05 ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า เนื่องจากมีนัยสำคัญทุกตัวแปร โดยตัวแปรที่ทำให้มีแนวโน้มรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าดีขึ้น ได้แก่ มีช่องทางจักรยาน เส้นแบ่งมีความชัดเจน ปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี และความต่อเนื่อง

ตารางที่ 7 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของถนน

Parameter	Coefficient of Full Model	Coefficient of 95% Model
/cut1	-1.969**	-2.338**
/cut2	0.011	-0.378**
/cut3	1.321**	0.909**
/cut4	3.638**	3.172**
No Damage	0.303**	
< 3 m. of Obs	0.075	
Bike Lane	1.433**	1.509**
Clear Line	0.425**	
Paved	0.130	
St/Rad ≥ 24 m.	-0.426**	
Minor Road Sp	-0.606	
Vol ≤ 5000 PCU	1.504**	1.194**
Not Disturbed	-0.160	
Continuation	0.653	

หมายเหตุ: **มีระดับนัยสำคัญ 0.05, *มีระดับนัยสำคัญ 0.1

จากตารางที่ 7 พบว่าแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของถนนที่มีสัมประสิทธิ์ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือมีระดับนัยสำคัญ 0.05 ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า เนื่องจากมีนัยสำคัญทุกตัวแปร โดยตัวแปรที่ทำให้มีแนวโน้มรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าดีขึ้น ได้แก่ มีช่องทางจักรยาน และปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี

ตารางที่ 8 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ของถนน

Parameter	Coefficient of Full Model
/cut1	2.036*
/cut2	5.572**
/cut3	8.365**
/cut4	13.130**
Comfort Lv.5	3.548**
Comfort Lv.4	2.116**
Comfort Lv.3	0.826
Comfort Lv.2	0.165
Speed Lv.5	3.040**
Speed Lv.4	2.351*
Speed Lv.3	1.371
Speed Lv.2	0.435
Safety Lv.5	9.318**
Safety Lv.4	6.680**
Safety Lv.3	4.937**
Safety Lv.2	2.814**

หมายเหตุ: **มีระดับนัยสำคัญ 0.05, *มีระดับนัยสำคัญ 0.1

จากตารางที่ 8 พบว่าแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ของถนน สามารถจัดสัมประสิทธิ์ระดับความเชื่อมั่น 90% หรือนัยสำคัญเพียง 0.1 โดยตัวแปรความปลอดภัยส่งผลต่อระดับโดยรวมมากที่สุด

5.2. การวิเคราะห์แบบจำลองของทางเท้า

ตารางที่ 9 การกำหนดตัวแปรทางกายภาพของทางเท้า

ตัวแปร	คำอธิบาย
No Damage	1 = พื้นผิวไม่มีความเสียหาย 0 = พื้นผิวมีความเสียหาย
Real Width ≥ 2 m.	1 = กว้างสุทธิเฉลี่ยอย่างน้อย 2 เมตร 0 = กว้างสุทธิเฉลี่ยน้อยกว่า 2 เมตร
Paved	1 = พื้นผิวลาดยาง 0 = พื้นผิวคอนกรีต
Concrete Tile	1 = พื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น 0 = พื้นผิวคอนกรีต
Not Disturbed	1 = ไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง 0 = มีสิ่งรบกวนข้างทาง

เมื่อนำตัวแปรจากตารางที่ 9 มาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพของทางเท้า โดยกำหนดช่วงยอมรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ -0.75 ถึง 0.75 [12] เพื่อลดปัญหาการเกิดความสัมพันธ์กันสูงระหว่างตัวแปรอิสระ พบว่าสามารถนำตัวแปรทุกตัวไปวิเคราะห์แบบจำลองการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าของทางเท้าได้

ตารางที่ 10 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของ ทางเท้า

Parameter	Coefficient of Full Model	Coefficient of 95% Model
/cut1	-1.727**	-1.741**
/cut2	-0.540	-0.554**
No Damage	0.433**	0.428**
Real Width ≥ 2 m.	-0.025	
Paved	1.147**	1.140**
Concrete Tile	0.028	
Not Disturbed	0.012	

หมายเหตุ: **มีระดับนัยสำคัญ 0.05, *มีระดับนัยสำคัญ 0.1

จากตารางที่ 10 พบว่าแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของทางเท้าที่มีสัมประสิทธิ์ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือมีระดับนัยสำคัญ 0.05 ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า เนื่องจากมีระดับนัยสำคัญ 0.05 ทุกตัวแปร โดยตัวแปรที่ทำให้มีแนวโน้มรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าดีขึ้น ได้แก่ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย และพื้นผิวลาดยาง

ส่วนแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความเร็ว ความปลอดภัย และระดับโดยรวม พบว่ามีตัวแปรที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ร่วมกันที่ส่งผลให้การใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าดีขึ้น ได้แก่ พื้นผิวลาดยาง และพื้นผิวคอนกรีต

ตารางที่ 11 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ของทางเท้า

Parameter	Coefficient of Full Model
/cut1	3.820**
/cut2	8.690**
Comfort Lv.3	4.803**
Comfort Lv.2	2.122**
Speed Lv.3	4.419**
Speed Lv.2	1.767**
Safety Lv.3	4.417**

Parameter	Coefficient of Full Model
Safety Lv.2	1.532**

หมายเหตุ: **มีระดับนัยสำคัญ 0.05, *มีระดับนัยสำคัญ 0.1

จากตารางที่ 11 พบว่าแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ของทางเท้ามีระดับนัยสำคัญ 0.05 ทุกตัวแปร โดยตัวแปรความสะดวกสบายส่งผลต่อระดับโดยรวมมากที่สุด

6. สรุปผลงานวิจัย

ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ของความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบาย ความเร็ว ความปลอดภัย และระดับโดยรวมกับปัจจัยทางกายภาพต่อการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนและทางเท้า โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองทางสถิติ

พบว่าการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน ลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายดีขึ้น ได้แก่ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย ไม่มีหรือมีสิ่งกีดขวางบนพื้นผิวน้อยกว่า 3 เมตร และมีช่องทางจักรยาน ส่วนลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายแย่ลง ได้แก่ ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร และความเร็วกระแสจราจรถนนสายย่อยและสายรอง ลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ความเร็วดีขึ้น ได้แก่ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย มีช่องทางจักรยาน และพื้นผิวลาดยาง ลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยดีขึ้น ได้แก่ มีช่องทางจักรยาน เส้นแบ่งมีความชัดเจน ปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี และความต่อเนื่อง สุดท้ายลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมดีขึ้น ได้แก่ มีช่องทางจักรยาน และปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี

ส่วนการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า ลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายดีขึ้น ได้แก่ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย และพื้นผิวลาดยาง ส่วนปัจจัยความรู้สึกรับรู้ความเร็ว ความปลอดภัย และระดับโดยรวม มีเพียงลักษณะทางกายภาพปัจจัยวัสดุพื้นผิวเท่านั้นที่ส่งผลต่อปัจจัยเหล่านี้ ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากข้อจำกัดของทางเท้า ที่ออกแบบมาเพื่อคนเดินเท้าเท่านั้น ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานพาหนะอย่างสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ทำให้การรับรู้ของอาสาสมัครมีความคลาดเคลื่อนสูง

นอกจากนี้ความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยส่งผลต่อระดับโดยรวมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนมากที่สุด ส่วนการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้านั้น มีความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายที่ส่งผลต่อระดับโดยรวมมากที่สุด

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จิตติชัย รุจนกนกนาฏ ที่คอยสละเวลาเป็นผู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยตลอดมา

8. การอ้างอิง

[1] World Health Organization. (2018). *GLOBAL STATUS REPORT ON ROAD SAFETY 2018*. WHO, Geneva, Switzerland, 245.

[2] Portland Bureau of Transportation. (2018). 2018 *E-Scooter Findings Report*. PBOT, Portland, OR, USA, 24.

[3] The Austin Public Health Department. (2018). *DOCKLESS Electric SCOOTER-RELATED INJURIES STUDY*. APH, Austin, TX, USA, 3-6.

[4] Crocco F., De Marco S., Mongelli D. (2010). An integrated approach for studying the safety of road networks: Logistic regression models between traffic accident occurrence and behavioural, environmental and infrastructure parameters. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* **142**, 525-536. DOI: 10.2495/SW100481

[5] Harkey D.L. , Reinfurt D. W. , Knuiman M. (1998). Development of the bicycle compatibility index. *Transportation Research Record* **1636**(1), 13-20. DOI: 10.3141/1636-03

[6] Allen D., Daniel J., Dhar S. (2004). Logistic model for rating urban bicycle route safety. *Transportation Research Record* **1878**(1), 107-115. DOI: 10.3141/1878-13

[7] Malhotra N.K., Nunan D., Birks D. (2017). *Marketing Research: An Applied Approach*. Pearson Education Limited, Edinburgh Gate, Harlow, UK, 434.

[8] Krejcie R.V., Morgan D.W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities. *Educational and Psychological Measurement* **30**(3), 607-610. DOI: 10.1177/001316447003000308

[9] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2561). *การศึกษาสำรวจความต้องการการเดินทาง (Travel Demand Survey) และปรับปรุงฐานข้อมูลการเคลื่อนย้ายสินค้า เพื่อการวางแผนระบบขนส่งประเทศ*. สนข., กรุงเทพมหานคร, 3-31.

[10] Lime. (2019*). Lime for a sustainable Paris*. Lime, Paris, France, 4.

[11] STATA. (2014). *xtologit — Random-effects ordered logistic models*. STATA, College Station, TX, USA, 6.

[12] Berry W.H., Feldman S. (1985) Multiple Regression in Practice. SAGE Publications, CA, USA, 38-51.