

การพัฒนาดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสถานีไฟฟ้าบนถนนในเมือง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2563

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งาน สวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนในเมือง
โดย	นายปรีตกร กษิรวัฒน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติชัย รุจนกนกนาฏ

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ประธานกรรมการ
.....	
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์สิทธิ์ เถลิงพงศ์)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติชัย รุจนกนกนาฏ)	
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สโรช บุญศิริพันธ์)	

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปรัตถกร กษิรวิฒน์ : การพัฒนาดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนในเมือง. ( DEVELOPMENT OF PHYSICAL COMPATIBILITY INDEX FOR E-SCOOTER RIDING ON URBAN ROADS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.จิตติชัย รุจนกนกนาฏ

งานวิจัยนี้ศึกษาความสัมพันธ์ปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนและทางเท้าในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เนื่องจากปัจจุบันแนวโน้มผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นทำให้อัฒราการเกิดอุบัติเหตุมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นด้วย และประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายที่ชัดเจนเกี่ยวกับพาหนะชนิดนี้ ในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลจากการทดสอบของอาสาสมัครผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าจำนวน 22 คน ในเส้นทางที่กำหนดไว้ 46 เส้นทาง ซึ่งมีลักษณะเส้นทางและองค์ประกอบที่แตกต่างกันไป เพื่อประเมินคะแนนความรับรู้ความพึงพอใจในด้านความสะดวกสบาย ความเร็ว ความปลอดภัย และระดับโดยรวมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบแฝงด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ 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 ส่วนการใช้นสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า ปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อความสะดวกสบาย คือ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย และพื้นผิวลาดยาง ส่วนปัจจัยความรู้สึกรับรู้อีก 3 ปัจจัย มีเพียงปัจจัยวัสดุพื้นผิวที่ส่งผล ทั้งนี้พบว่าปัจจัยด้านความปลอดภัยส่งผลต่อระดับโดยรวมของการใช้งานบนถนนมากที่สุด ส่วนทางเท้าเป็นปัจจัยด้านความสะดวกสบายที่ส่งผลต่อระดับโดยรวมมากที่สุด ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้นำมาซึ่งแนวทางในการออกแบบปรับปรุงหรือคัดเลือกเส้นทางที่มีความเหมาะสมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถใช้ในการจัดทำคู่มือและแผนที่แนะนำเส้นทางในพื้นที่ได้ต่อไป

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

# # 6170465421 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORD: ELECTRIC SCOOTER (E-SCOOTER), PHYSICAL COMPATIBILITY INDEX, PANEL  
ORDERED LOGISTIC REGRESSION MODEL

Parattakorn Kasirawat : DEVELOPMENT OF PHYSICAL COMPATIBILITY INDEX FOR  
E-SCOOTER RIDING ON URBAN ROADS. Advisor: Assoc. Prof. JITTICHAJ  
RUDJANAKANOKNAD, Ph.D.

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.

Field of Study: Civil Engineering

Student's Signature .....

Academic Year: 2020

Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จิตติชัย รุจนกนกนาฏ ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยสละเวลาเป็นผู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือ แก่ผู้วิจัยตลอดวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ ขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์สิทธิ์ เฉลิมพงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สโรช บุญศิริพันธ์ ที่ให้เกียรติมาเป็นประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคอยแนะแนวทางให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอบคุณเพื่อน รุ่นพี่ รุ่นน้อง และอาสาสมัครผู้ช่วยงานวิจัยทุกคน สำหรับคำแนะนำ การสละเวลา และความช่วยเหลือ พร้อมให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่คอยให้ความสะดวกเพื่อจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอบคุณครอบครัว ที่คอยเป็นแรงผลักดันในชีวิตผู้วิจัย สุดท้ายนี้ขอบคุณตัวผู้วิจัยเอง ที่ได้ใช้หัวใจเพื่อเป้าหมาย

ปรัตถกร กษิรวัฒน์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	3
1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า.....	5
2.1.1 ความเป็นมาของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า.....	5
2.1.2 ลักษณะของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบัน.....	6
2.1.3 ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในปัจจุบัน.....	7
2.2 การเดินทางด้วยสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า.....	8
2.2.1 ลักษณะการเดินทางด้วยสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า.....	8
2.2.2 ระดับผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า.....	9
2.3 ความเหมาะสมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า.....	10

2.3.1	เส้นทางของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า.....	10
2.3.2	สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเหมาะสมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า.....	12
2.4	บทบาทการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้า.....	13
2.4.1	การใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในต่างประเทศ.....	13
2.4.2	การใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในประเทศไทย.....	16
2.4.3	สรุปบทบาทการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในบางประเทศ.....	17
2.5	ประเภทการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูล.....	18
2.6	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
2.6.1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสวิตเตอร์ไฟฟ้า.....	20
2.6.2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบดัชนี.....	22
2.7	สรุปผลการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	27
บทที่ 3	วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	28
3.1	ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	28
3.2	แนวทางการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า.....	29
3.2.1	การกำหนดเกณฑ์ทางกายภาพ.....	30
3.2.2	การกำหนดเกณฑ์ความรู้สึกรับรู้.....	42
3.2.3	การกำหนดเกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม.....	42
3.2.4	การกำหนดระดับความสำคัญของปัจจัย.....	43
3.2.5	เกณฑ์การประเมิน.....	44
3.3	การวางแผนเก็บข้อมูลและเก็บข้อมูลภาคสนาม.....	46
3.3.1	พื้นที่ศึกษา.....	47
3.3.2	ลักษณะอาสาสมัครผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้า.....	52
3.3.3	การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง.....	53
3.3.4	ลักษณะสวิตเตอร์ไฟฟ้าสำหรับทดสอบ.....	54



3.3.5	ลักษณะการประเมินพื้นที่ศึกษา.....	54
3.3.6	แนวทางการทดสอบ .....	56
3.4	การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพ.....	57
3.4.1	ลักษณะข้อมูล.....	58
3.4.2	ลักษณะแบบจำลอง .....	59
3.4.3	กระบวนการทำงานและวิเคราะห์ข้อมูล.....	62
3.4.4	การกำหนดตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล .....	64
3.5	การสรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	65
บทที่ 4	ผลการเก็บข้อมูล.....	67
4.1	ข้อมูลลักษณะของอาสาสมัครที่ใช้ในการวิเคราะห์ของถนนและทางเท้า.....	67
4.2	ผลการเก็บข้อมูลของถนน .....	67
4.2.1	ผลการเก็บข้อมูลลักษณะกายภาพของถนน .....	67
4.2.2	ผลการเก็บข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของถนน.....	68
4.3	ผลการเก็บข้อมูลของทางเท้า .....	70
4.3.1	ผลการเก็บข้อมูลลักษณะกายภาพของทางเท้า.....	70
4.3.2	ผลการเก็บข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของทางเท้า .....	70
บทที่ 5	การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพ.....	72
5.1	การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	72
5.1.1	การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน.....	73
5.1.2	การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน.....	78
5.1.3	การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	81

5.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพ และปัจจัยระดับโดยรวมของการทำงานของงานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน.....	84
5.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยความรู้สึกรับรู้ และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการทำงานของงานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	87
5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการทำงานของงานสวิตเตอร์ ไฟฟ้าบนทางเท้า.....	90
5.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพ และปัจจัยด้านความสะดวกสบายของการทำงานของงานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า .....	91
5.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพ และปัจจัยด้านความเร็วของการทำงานของงานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า .....	94
5.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพ และปัจจัยด้านความปลอดภัยของการทำงานของงานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า.....	96
5.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพ และปัจจัยระดับโดยรวมของการทำงานของงานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า .....	98
5.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยความรู้สึกรับรู้ และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการทำงานของงานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า ....	101
5.3 ตัวอย่างการใช้แบบจำลองและดัชนีความเหมาะสมของการทำงานของงานสวิตเตอร์ไฟฟ้า .....	103
บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	107
6.1 บทสรุปจากการศึกษา .....	107
6.1.1 การใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	108
6.1.2 การใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า.....	108
6.2 ข้อเสนอแนะแนวทางเชิงนโยบาย.....	109
6.3 ข้อจำกัดของงานวิจัยและแนวทางการวิจัยในอนาคต .....	109
ภาคผนวก.....	111
ภาคผนวก ก ข้อมูลลักษณะทางกายภาพจากการบันทึกและความคิดเห็นของผู้วิจัย .....	112
บรรณานุกรม.....	116

ประวัติผู้เขียน..... 122



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินงานวิจัย .....	4
ตารางที่ 2-1 ตารางเปรียบเทียบลักษณะของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า Ninebot และ Xiaomi ในแต่ละรุ่น ...	6
ตารางที่ 2-2 ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า .....	8
ตารางที่ 2-3 ลักษณะทั่วไปของการเดินทางเพื่อประโยชน์ในการเดินทางและกิจกรรมนันทนาการ ..	9
ตารางที่ 2-4 สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเหมาะสมในการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า .....	13
ตารางที่ 2-5 สรุปบทบาทการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในบางประเทศ .....	18
ตารางที่ 2-6 การวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวกของจักรยาน .....	19
ตารางที่ 2-7 การวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวกของยานพาหนะ .....	19
ตารางที่ 2-8 การวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวกของคนเดินเท้า .....	20
ตารางที่ 2-9 ระดับการให้บริการของจักรยาน .....	22
ตารางที่ 2-10 ระดับความกดดันจากการจราจรต่อการใช้จักรยาน .....	24
ตารางที่ 3-1 การกำหนดเกณฑ์ทางกายภาพ .....	30
ตารางที่ 3-2 เกณฑ์การประเมินด้านความเสียหายของพื้นผิว .....	31
ตารางที่ 3-3 เกณฑ์การประเมินด้านสิ่งกีดขวางบนพื้นผิว .....	33
ตารางที่ 3-4 เกณฑ์การประเมินด้านความกว้างของช่องทาง (ถนน) .....	34
ตารางที่ 3-5 เกณฑ์การประเมินด้านความกว้างของช่องทาง (ทางเท้า) .....	35
ตารางที่ 3-6 เกณฑ์การประเมินด้านความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร .....	36
ตารางที่ 3-7 เกณฑ์การประเมินด้านวัสดุพื้นผิว .....	37
ตารางที่ 3-8 รัศมีโค้งราบต่ำสุดสำหรับการออกแบบทางจักรยาน (เมตร) .....	38
ตารางที่ 3-9 เกณฑ์การประเมินด้านความตรงของเส้นทาง .....	38
ตารางที่ 3-10 เกณฑ์การประเมินด้านความต่อเนื่องของเส้นทาง .....	39
ตารางที่ 3-11 เกณฑ์การประเมินด้านความเร็วกระแสจราจร .....	40
ตารางที่ 3-12 เกณฑ์การประเมินด้านปริมาณกระแสจราจร .....	41
ตารางที่ 3-13 เกณฑ์การประเมินด้านสภาพแวดล้อมข้างทาง .....	42

ตารางที่ 3-14 ระดับความสำคัญของปัจจัย .....	44
ตารางที่ 3-15 เกณฑ์การประเมินปัจจัยทางกายภาพ .....	45
ตารางที่ 3-16 เกณฑ์การประเมินความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม .....	46
ตารางที่ 3-17 การแบ่งปัจจัยทางกายภาพตามประเภทช่องทาง .....	46
ตารางที่ 3-18 ลักษณะข้อมูลแบบแฝง .....	58
ตารางที่ 3-19 การกำหนดตัวแปรของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	64
ตารางที่ 3-20 การกำหนดตัวแปรของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า .....	65
ตารางที่ 4-1 ข้อมูลลักษณะกายภาพของถนน .....	68
ตารางที่ 4-2 ข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของถนน .....	69
ตารางที่ 4-3 ข้อมูลลักษณะกายภาพของทางเท้า .....	70
ตารางที่ 4-4 ข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของทางเท้า .....	71
ตารางที่ 5-1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางกายภาพของถนน .....	73
ตารางที่ 5-2 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .	74
ตารางที่ 5-3 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	77
ตารางที่ 5-4 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	78
ตารางที่ 5-5 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	80
ตารางที่ 5-6 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	81
ตารางที่ 5-7 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	84
ตารางที่ 5-8 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	85
ตารางที่ 5-9 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	87
ตารางที่ 5-10 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่นของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	88
ตารางที่ 5-11 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่นของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน .....	90
ตารางที่ 5-12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางกายภาพของทางเท้า .....	91
ตารางที่ 5-13 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า .....	92

ตารางที่ 5-14 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า	93
ตารางที่ 5-15 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า .....	94
ตารางที่ 5-16 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า .....	96
ตารางที่ 5-17 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า	97
ตารางที่ 5-18 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า .....	98
ตารางที่ 5-19 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า ..	99
ตารางที่ 5-20 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า ....	100
ตารางที่ 5-21 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่นของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า .....	101
ตารางที่ 5-22 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่นของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า .....	103



## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1-1 สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า.....	1
ภาพที่ 1-2 แนวโน้มเงินทุนสำรองบริการสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าแบบแบ่งปันกันใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา .....	2
ภาพที่ 2-1 สกู๊ตเตอร์ของบริษัท Autoped รุ่นปีพ.ศ. 2461 .....	6
ภาพที่ 2-2 ร้อยละการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าที่สัมพันธ์กับการมีอยู่ของช่องทางจักรยาน .....	21
ภาพที่ 2-3 แผนที่แสดงการปะทะของจักรยานในเมืองเจอร์ซีซิตี รัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 1997-2000 .....	23
ภาพที่ 2-4 ระดับความกดดันจากการจราจรต่อการใช้จักรยานบนช่องทาง 4 รูปแบบ .....	25
ภาพที่ 2-5 แสดงการใช้ LTS จัดการเส้นทางก่อนและหลังการพัฒนาและปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน .....	25
ภาพที่ 2-6 แสดงการใช้ LTS จัดการเส้นทางของเมือง Gresham รัฐโอเรกอน ประเทศสหรัฐอเมริกา .....	26
ภาพที่ 3-1 แผนภาพขั้นตอนงานวิจัย .....	28
ภาพที่ 3-2 แผนภาพลำดับความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์ .....	29
ภาพที่ 3-3 ความเสียหายของพื้นผิวถนน .....	32
ภาพที่ 3-4 ความเสียหายของพื้นผิวทางเท้า .....	32
ภาพที่ 3-5 มีวัตถุไม่พึงประสงค์กีดขวางช่องทาง .....	33
ภาพที่ 3-6 ช่องทางจักรยาน .....	34
ภาพที่ 3-7 ความกว้างสุทธิของทางเท้า .....	35
ภาพที่ 3-8 ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร .....	36
ภาพที่ 3-9 หลักการวิเคราะห์ Curve Detection .....	39
ภาพที่ 3-10 แผนภาพระดับความสำคัญของปัจจัย .....	43
ภาพที่ 3-11 พื้นที่ศึกษาทั้งหมด .....	47
ภาพที่ 3-12 พื้นที่เส้นทางส่วนหนึ่งของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งสระน้ำ) .....	48

ภาพที่ 3-13 พื้นที่เส้นทางส่วนหนึ่งของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งสำนักงานจัดการทรัพย์สิน)	49
.....	49
ภาพที่ 3-14 พื้นที่เส้นทางส่วนหนึ่งของถนนพญาไท	50
ภาพที่ 3-15 พื้นที่เส้นทางโดยรอบอุทยาน 100 ปี	51
ภาพที่ 3-16 พื้นที่เส้นทางบริเวณตลาดสามย่าน	52
ภาพที่ 3-17 Mi Electric Scooter 1S (ชาย) Mi Electric Scooter Pro (สาว)	54
ภาพที่ 3-18 ตัวอย่างการประเมินพื้นที่ศึกษาในส่วนปัจจัยทางกายภาพของถนน	55
ภาพที่ 3-19 ตัวอย่างการประเมินพื้นที่ศึกษาในส่วนปัจจัยทางกายภาพของทางเท้า	55
ภาพที่ 3-20 ตัวอย่างการประเมินพื้นที่ศึกษาในส่วนปัจจัยความรู้สึกรับรู้และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของถนน	56
.....	56
ภาพที่ 3-21 แนวทางการทดสอบเชิงปฏิบัติ	57
.....	57
ภาพที่ 3-22 แผนภาพการวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมของถนน	61
.....	61
ภาพที่ 3-23 แผนภาพการวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมของทางเท้า	61
.....	61
ภาพที่ 3-24 แผนผังการวิเคราะห์แบบจำลอง	63
.....	63
ภาพที่ 4-1 ข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของถนน	69
.....	69
ภาพที่ 4-2 ข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของทางเท้า	71
.....	71



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการจราจรแออัดของยานพาหนะในเขตเมืองเป็นปัญหาสำคัญ ก่อให้เกิดการสูญเสียต้นทุนทางเศรษฐกิจอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น ต้นทุนด้านค่าใช้จ่าย ต้นทุนด้านเวลา ฯลฯ ทำให้สูญเสียโอกาสต่อการทำกิจกรรมอย่างอื่น โดยปัญหาการจราจรแออัดเป็นส่วนหนึ่ง ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของผู้คนในเขตเมือง โดยผู้คนส่วนหนึ่งพยายามปรับตัว หลีกเลี่ยงและแก้ไขปัญหา โดยเปลี่ยนมาใช้รูปแบบการเดินทางอย่างยั่งยืนแทน

รูปแบบการเดินทางอย่างยั่งยืนในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบ แต่รูปแบบที่เริ่มได้รับความนิยมคือ รูปแบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่แห่งที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นพลังงานในการขับเคลื่อนพาหนะ โดยมีนวัตกรรมที่ถูกผลิตเพื่อแก้ปัญหาการจราจรแออัดในเขตเมืองในปัจจุบันที่โดดเด่นและน่าสนใจอย่างหนึ่งคือ สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

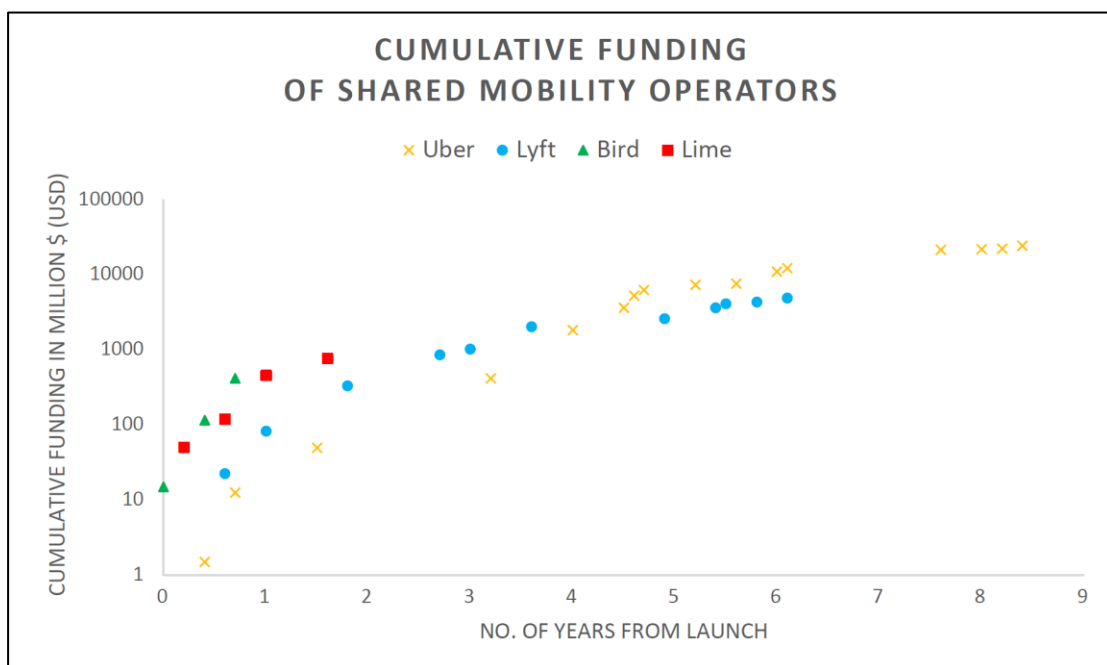


ภาพที่ 1-1 สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

ที่มา: Mi (2020)

สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า (Electric Scooter) เป็นพาหนะทางเลือกชนิดหนึ่ง ที่มีขนาดเล็ก กระทัดรัด พกพาได้ง่าย และช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง นอกจากนี้ยังมีความคล่องตัวสูง สามารถทดแทนพาหนะอย่างอื่นได้ในระยะสั้น สนับสนุนการเดินทางต่อแรกหรือต่อสุดท้าย สามารถใช้งานบนถนนและทางเท้าได้ ทำให้ปัจจุบันผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในเขตเมืองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในประเทศไทยเองก็เริ่มมีผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในกิจวัตรประจำวันมากขึ้น เห็นได้ชัดจากการลงทุนและการขยายตัวที่

สูงขึ้นในตลาดพาหนะขนาดเล็ก (Micro Mobility Market) อย่างบริการสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าแบบแบ่งปันกันใช้ (Electric Scooter Sharing Service) {Chang, 2019 #18}



ภาพที่ 1-2 แนวโน้มเงินทุนสำรองบริการสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าแบบแบ่งปันกันใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา  
ที่มา: Chang et al. (2019)

ปัญหาและผลกระทบที่ตามมาเมื่อมีผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามากขึ้นในกิจวัตรประจำวันคือเรื่องอุบัติเหตุ เนื่องจากประเทศไทยมีสถิติการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน ปี พ.ศ. 2561 เป็นอันดับ 9 ของโลก {World Health Organization, 2018 #47} หากสถิติการเกิดอุบัติเหตุโดยภาพรวมสูง ก็เป็นผลเกี่ยวเนื่องต่อการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าด้วย ทำให้การใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในเส้นทางสาธารณะมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย จากข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุในการใช้สกู๊ตเตอร์ ที่ออสเตรเลีย เทศบาลสหรัฐอเมริกา พบว่าผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบาดเจ็บบนถนนมากที่สุด และรองลงมาคือทางเท้า มีจำนวนผู้ใช้ที่เกิดอุบัติเหตุสูงจากทั้งหมดมักเป็นผู้ใช้ครั้งแรกหรือน้อยครั้ง และเกือบครึ่งของผู้บาดเจ็บทั้งหมดมักเป็นการบาดเจ็บสาหัส {The Austin Public Health Department, 2018 #42}

นอกจากนี้สภาพแวดล้อมและโครงสร้างพื้นฐานอย่างช่องทางจักรยาน ยังมีไม่ครอบคลุมและเอื้ออำนวยแก่การใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามากนัก ปัญหาต่อมาคือเรื่องกฎหมาย เพราะประเทศไทยเองยังไม่มีกรอบกฎหมายหรือข้อกำหนดที่ชัดเจนเกี่ยวกับสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ทำให้การใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ายังคงเป็นปัญหาที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบ และสร้างความเดือนร้อนแก่บุคคลทั่วไปได้

จากประเด็นที่กล่าวมา ทางผู้วิจัยมีความสนใจออกแบบดัชนีความเหมาะสมของการใช้งาน สกู๊ดเตอร์ไฟฟ้าบนถนนและทางเท้า โดยผู้วิจัยคิดว่าความเหมาะสมของการใช้งานสกู๊ดเตอร์ไฟฟ้านั้น สิ่งที่เป็นตัวกำหนดที่เป็นรากฐานสำคัญของการใช้งานได้เบื้องต้น คือ สภาพแวดล้อมทางกายภาพ ดังนั้นสภาพแวดล้อมทางกายภาพจะเป็นตัวกำหนดดัชนีความเหมาะสมของการใช้งาน ซึ่งดัชนี หมายถึงตัวชี้วัดของระดับคะแนนความรู้สึกรับรู้ต่อการใช้งานสกู๊ดเตอร์ไฟฟ้า ที่สามารถแบ่งได้ตามแบบจำลองในด้านความสะดวกสบาย ความเร็ว ความปลอดภัย และระดับโดยรวมกับปัจจัยทางกายภาพที่เป็นตัวกำหนดตัวชี้วัด โดยจะอธิบายรายละเอียดในบทที่ 3

ดัชนีความเหมาะสมของการใช้งานที่ได้ จะเป็นองค์ความรู้ตัวเลือกหนึ่งสำหรับหน่วยงาน ภาครัฐและเอกชน เพื่อทำความเข้าใจ ปรับใช้ และเป็นแนวทางพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้พื้นที่ร่วมกับรูปแบบการเดินทางแบบอื่นได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. หาความสัมพันธ์ของความสะดวกสบายและความปลอดภัยกับสภาพทางกายภาพ
2. กำหนดแนวทางประเมินเส้นทางที่เหมาะสมกับการใช้งานสกู๊ดเตอร์ไฟฟ้า

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยเล่มนี้ได้มีการออกแบบดัชนีความเหมาะสมของการใช้งานสกู๊ดเตอร์ไฟฟ้าบนถนน และทางเท้า จากการทดสอบของอาสาสมัครและวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ศึกษาที่กำหนด โดยจะใช้อาสาสมัครช่วงอายุ 18 ถึง 29 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีแนวโน้มจำนวนผู้ใช้งานมากที่สุด และพื้นที่ศึกษาที่เลือกคือ บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีลักษณะเป็นเขตเมืองที่ต้องการ โดยมีช่วงระยะเวลาทดสอบของอาสาสมัครตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2564 ถึง 8 เมษายน พ.ศ. 2564

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ทราบถึงความสัมพันธ์ของความสะดวกสบายและความปลอดภัยกับสภาพทางกายภาพ
2. ได้แนวทางประเมินเส้นทางที่ใช้งานได้จริงในบริบทพื้นที่เขตเมืองของประเทศไทย

## 1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลาการดำเนินงานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 ถึง พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 18 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 และสิ้นสุดเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2564 ดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนงานวิจัย	สัดส่วนงาน	ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 ถึง พ.ศ. 2564											
		ม.ค. 2563 - พ.ค. 2563					มิ.ย. 2563 - เม.ย. 2564			พ.ค. 2564		มิ.ย. 2564	
1. ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20%	X	X	X	X								
2. กำหนดแนวทางการออกแบบดัชนีความเหมาะสม	15%			X	X	X							
3. วางแผนเก็บข้อมูลและเก็บข้อมูล	20%					X	X	X	X				
4. วิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบดัชนีความเหมาะสม	30%							X	X	X	X		
5. สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	15%										X	X	X
รวมสัดส่วนงาน	100%	5%	5%	10%	10%	10%	5%	10%	10%	10%	15%	5%	5%
รวมสัดส่วนงานสะสม	100%	5%	10%	20%	30%	40%	45%	55%	65%	75%	90%	95%	100%



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 เป็นการนำเสนอองค์ความรู้เกี่ยวกับสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า การเดินทางด้วยสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ความเหมาะสมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า บทบาทการขนส่งสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสุดท้ายเป็นสรุปผลการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

Holzer (2018) ได้นิยามไว้ว่า สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าถูกกำหนดให้เป็นจักรยานที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานของมนุษย์หรือผสมผสานระหว่างพลังของมนุษย์และมอเตอร์ไฟฟ้า สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้านั้นใช้งานง่ายสามารถเร่งความเร็วได้ถึง 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยเป็นตัวเลือกการเดินทางที่ไม่ต้องวุ่นวายกับการจราจรและระบบขนส่งสาธารณะที่แออัด {Holzer, 2018 #28}

ROSPA (2019) ได้นิยามไว้ว่า สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า มีลักษณะคล้ายสกู๊ตเตอร์มาตรฐาน 2 ล้อ มีการติดตั้งแบตเตอรี่แบบชาร์จไฟได้ ผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าต้องยืนตัวตรง มือจับแฮนด์บาร์ สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าช้ากว่าจักรยานไฟฟ้า (E-bikes) เล็กน้อย มีความเร็วตั้งแต่ 9 ไมล์ต่อชั่วโมงถึง 15 ไมล์ต่อชั่วโมง และผู้ใช้สามารถควบคุมความเร็วด้วยฟังก์ชันการเร่งความเร็วและการเบรกบนแฮนด์บาร์ {The Royal Society for the Prevention of Accidents, 2019 #43}

กล่าวโดยสรุปแล้ว สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า (Electric Scooter) หมายถึงยานพาหนะชนิดหนึ่ง เป็นพาหนะขนาดเล็กที่สามารถขับเคลื่อนโดยใช้พลังงานจากมนุษย์ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามาตรฐานทั่วไปมี 2 ล้อ ทำความเร็วสูงสุดประมาณ 25-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมนุษย์เป็นผู้ยืนควบคุมทิศทาง คันเร่ง และเบรก

##### 2.1.1 ความเป็นมาของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

แนวคิดแรกเริ่มของสกู๊ตเตอร์เริ่มอย่างน้อยเมื่อปี พ.ศ. 2360 เมื่อ Baron Karl von Drais de Sauerbrun ของเยอรมันได้ออกแบบพาหนะเคลื่อนที่ 2 ล้อ ที่ใช้มนุษย์ควบคุมและใช้ขาถีไปตามเส้นทาง ต่อมาประมาณปี พ.ศ. 2458 บริษัท Autoped เปิดตัวสกู๊ตเตอร์แบบยืนบังคับ และได้นำออกขายในเชิงพาณิชย์ ซึ่งเป็นสกู๊ตเตอร์แบบที่ใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซินขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า และใช้คันโยกในการควบคุมความเร็วและหยุดรถ นิยมใช้ในวงการตำรวจและวงการไปรษณีย์ หลังจากนั้นสกู๊ตเตอร์ก็ถูกพัฒนาขึ้นหลากหลายรูปแบบ จนกระทั่งประมาณปี พ.ศ. 2556 ได้เริ่มมีสกู๊ตเตอร์แบบที่ใช้แบตเตอรี่ลิเธียม (Lithium Battery) กักเก็บพลังงานไฟฟ้า เพื่อนำไปขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน {Mansky, 2019 #35}



ภาพที่ 2-1 สกู๊ตเตอร์ของบริษัท Autoped รุ่นปีพ.ศ. 2461  
ที่มา: Mansky (2019)

### 2.1.2 ลักษณะของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มักเป็นของบริษัท Ninebot และ Xiaomi โดยอิงจากการที่บริษัท BIRD และ LIME ซื้อผลิตภัณฑ์และนำมาติดโลโก้ตัวเอง เพื่อให้บริการสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าแบบแบ่งปันกันใช้ (E-Scooter Sharing Service) โดยเริ่มให้บริการในอเมริกา ยุโรป และอื่น ๆ ทั่วโลก {Wiles, 2019 #45} ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ตารางเปรียบเทียบลักษณะของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า Ninebot และ Xiaomi ในแต่ละรุ่น

รุ่น	ขนาด (เซนติเมตร)	ขนาดล้อ (นิ้ว)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	รับน้ำหนักได้สูงสุด (กิโลกรัม)	ความเร็วสูงสุด (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	ระยะทางสูงสุด (กิโลเมตร/การชาร์จ)
Ninebot ES1	102 x 43 x 113 (113 x 43 x 40)*	8	11.3	100	20	25
Ninebot ES2	102 x 43 x 113 (113 x 43 x 40)*	8	12.2	100	25	25
Ninebot ES4	102 x 43 x 113 (113 x 43 x 40)*	8	14.0	100	30	45
Ninebot Max	116.7 x 42.3 x 120.3 (116.7 x 42.3 x 53.4)*	10	18.6	100	30	65
Mi Electric Scooter	108 x 43 x 114 (108 x 43 x 49)*	8.5	12.5	100	25	30
Mi Electric Scooter Pro	113 x 43 x 118 (113 x 43 x 49)*	8.5	14.2	100	25	45
Mi Electric Scooter 1S	108 x 43 x 114 (108 x 43 x 49)*	8.5	12.5	100	25	30
Mi Electric Scooter Pro 2	113 x 43 x 118 (113 x 43 x 49)*	8.5	14.2	100	25	45

\*ขนาดตอนพับ

ที่มา: ดัดแปลงจาก {Ninebot, 2019 #40}; {Mi, 2020 #37}

### 2.1.3 ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในปัจจุบัน

เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับสวิตเตอร์ไฟฟ้าในภาพรวม ต้องรู้ว่าสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในปัจจุบันเป็นอย่างไร โดยมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอธิบายไว้ดังนี้ ซึ่งสามารถสรุปและดัดแปลงเพิ่มเติมได้ดังตารางที่ 2-2

Lekach (2018) ได้กล่าวไว้ว่าสวิตเตอร์ไฟฟ้าเสี่ยงต่อโดนการขโมยได้ง่าย เนื่องจากลักษณะที่มีน้ำหนักเบาและพกพาได้ง่าย นอกจากนี้ระบบล็อคสำหรับป้องกันขโมยยังเป็นข้อจำกัดของพาหนะประเภทนี้ โดยระบบจะไม่ทำงานหากอุปกรณ์ปิดใช้งานอยู่ และในบางยี่ห้อสามารถล้างหรือเปลี่ยนความเป็นเจ้าของได้ง่าย เพียงสับเปลี่ยนแผงควบคุมหน้าจอ {Lekach, 2018 #31}

Gubman et al. (2019) ได้กล่าวไว้ว่าสวิตเตอร์ไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนให้เป็นระบบขนส่งที่ยั่งยืนได้โดยเฉพาะการเดินทางระยะสั้น หากมีผู้ใช้ปริมาณมากขึ้นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานอย่างเพียงพอด้วย เช่น ช่องทางสำหรับใช้งาน ที่จอด ป้ายระเบียบ ฯลฯ นอกจากนี้ต้องมีกฎระเบียบที่ชัดเจนและรองรับสำหรับพาหนะประเภทนี้ {Gubman, 2019 #54}

The Royal Society for the Prevention of Accidents (2019) ได้กล่าวถึงข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าได้ดังนี้

- สวิตเตอร์ไฟฟ้าช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบรถยนต์ที่ใช้ น้ำมันกับสวิตเตอร์ไฟฟ้าที่พลังงาน 1 kWh พบว่ารถยนต์สามารถทำระยะทางไม่เกิน 1 ไมล์ โดยมีภาระจากน้ำหนักโดยรวม แต่สวิตเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำระยะทางได้ถึง 80 ไมล์ ทำให้สวิตเตอร์ไฟฟ้าสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน ประหยัดพลังงานมากกว่า และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- สวิตเตอร์ไฟฟ้าช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เพราะใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่ขึ้นอยู่กับราคาน้ำมัน และมีราคาถูกกว่าพาหนะที่ใช้ น้ำมันเป็นพลังงานเชื้อเพลิง นอกจากนี้สวิตเตอร์ไฟฟ้ามักใช้เป็นพาหนะสำหรับการเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะ ช่วยในเรื่องการเดินทางต่อแรกหรือต่อสุดท้าย
- การใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าที่เป็นพาหนะขนาดเล็ก อาจมีส่วนช่วยลดจราจรแออัดภายในเมืองลง โดยมีรายงานว่า 46% ของปริมาณการใช้รถยนต์ในสหรัฐอเมริกาเกิดจากการเดินทางที่น้อยกว่า 3 ไมล์
- สวิตเตอร์ไฟฟ้าสามารถพกพาได้ง่าย มีน้ำหนักเบา เงียบ และรวดเร็ว แต่ไม่ได้ช่วยเรื่องความปลอดภัย เนื่องจากตัวสวิตเตอร์ไฟฟ้าไม่สามารถปกป้องผู้ใช้หรือลดความเสียหายจากอุบัติเหตุได้

ตารางที่ 2-2 ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

ข้อได้เปรียบ	ข้อจำกัด
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ขนาดเล็ก กะทัดรัด และพกพาง่าย</li> <li>• มีความคล่องตัวสูง เร็วกว่าการเดิน 5-6 เท่า (ประมาณ 25-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)</li> <li>• ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง</li> <li>• เป็นพาหนะอย่างยั่งยืน ช่วยลดการจราจรแออัดและลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• เหมาะกับการใช้งานในระยะทางที่สั้น และมีสภาพเหมาะสม</li> <li>• สภาพอากาศมีผลกระทบต่อความทนทานและการใช้งาน</li> <li>• ต้องเตรียมพร้อมชาร์ตแบตเตอรี่อยู่เสมอ</li> <li>• ไม่ได้รับการปกป้องจากสภาพแวดล้อมและบาดเจ็บจากอุบัติเหตุได้ง่าย</li> <li>• จำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานรองรับการใช้งาน เพื่อจัดระเบียบความเรียบร้อย</li> <li>• เสี่ยงต่อการโดนขโมยได้ง่าย</li> <li>• กฎหมายหรือกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับพาหนะประเภทนี้ยังคงคลุมเครือ</li> </ul>

ที่มา: จากความคิดเห็นของผู้วิจัย

## 2.2 การเดินทางด้วยสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

รายงาน A Look at E-Scooter Safety (Bird, 2019: 5-8) ได้ทำการเปรียบเทียบจากปริมาณการเดินทางทั้งหมดของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าและจักรยาน ในช่วงเวลาและพื้นที่เดียวกัน พบว่าสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าและจักรยานมีความเสี่ยงและจุดบกพร่องจากอุบัติเหตุที่คล้ายกัน และ Bird ได้สรุปไว้ว่า หากผู้คนตระหนักถึงความปลอดภัยจากการใช้พาหนะ และเมืองมีสภาพแวดล้อมหรือโครงสร้างพื้นฐานที่เป็นมิตรแก่การใช้จักรยาน การใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าก็ปลอดภัยยิ่งขึ้นด้วย {Bird, 2019 #17}

ดังนั้นงานวิจัยเล่มนี้ ได้นำเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจักรยานบางส่วน นำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ารวมอยู่ด้วย

### 2.2.1 ลักษณะการเดินทางด้วยสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

การเดินทางด้วยสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีลักษณะคล้ายการเดินทางด้วยจักรยานตามวัตถุประสงค์ ซึ่งวัตถุประสงค์การเดินทางตาม Guide for the Planning, Design, and Operation of Bicycle Facilities (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2010: 8-10) {AASHTO, 2010 #13} แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้



- การเดินทางเพื่อประโยชน์ในการเดินทาง (Utilitarian Trips) เป็นการเดินทางที่จำเป็น และเป็นส่วนหนึ่งในกิจวัตรประจำวันของผู้คน เช่น การทำงาน ระหว่างทำงาน การศึกษา ซื้ของ รับประทานอาหาร ธุระส่วนตัว ฯลฯ
  - การเดินทางเพื่อกิจกรรมนันทนาการ (Recreational Trips) เป็นการเดินทางที่ไม่เน้น จุดหมายปลายทาง แต่เน้นความเพลิดเพลิน เช่น การท่องเที่ยว การละเล่น กีฬา ฯลฯ
- สามารถเปรียบเทียบการเดินทางเพื่อประโยชน์ในการเดินทางและการเดินทางเพื่อกิจกรรมนันทนาการ โดยมีความแตกต่างโดยทั่วไป ที่ถูกอธิบายดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ลักษณะทั่วไปของการเดินทางเพื่อประโยชน์ในการเดินทางและกิจกรรมนันทนาการ

การเดินทางเพื่อประโยชน์ในการเดินทาง	การเดินทางเพื่อกิจกรรมนันทนาการ
<ul style="list-style-type: none"> <li>• เน้นความต่อเนื่องของทิศทางและสิ่งอำนวยความสะดวกมากกว่าสุนทรียภาพ</li> <li>• การเดินทางส่วนใหญ่เริ่มจากที่อยู่อาศัย ไปสถานศึกษา ไปร้านค้าไปสถานที่ทำงาน และเดินทางกลับที่อยู่อาศัย</li> <li>• ในแต่ละการเดินทาง มีระยะทางประมาณ 1-5 ไมล์ (1.6-8.1 กิโลเมตร)</li> <li>• ที่จอดรถระยะสั้นและระยะยาวมีความจำเป็นสำหรับร้านค้า สถานีนขนส่ง สถานศึกษา และสถานที่ทำงาน</li> <li>• เน้นเส้นทางราบเรียบ</li> <li>• ส่วนใหญ่ใช้งานคนเดียว</li> <li>• หากใช้เป็นพาหนะหลัก อาจจะต้องเปลี่ยนรูปแบบใช้ขนส่งสาธารณะด้วย</li> <li>• การเดินทางบางอย่างมักเกินเฉพาะช่วงเช้าและช่วงเย็น (ไปเรียน ไปทำงาน) แต่หากใช้ เป็นกิจวัตรประจำวันมักเกิดทุกชั่วโมง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ทิศทางไม่สำคัญเท่ากับสุนทรียภาพและสถานที่หยุดพัก</li> <li>• การเดินทางแบบวนซ้ำเป็นที่นิยม โดยมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดมักเหมือนกัน</li> <li>• ในแต่ละการเดินทาง มีระยะทางไม่แน่นอน อาจจะไม่เกิน 1 ไมล์ (1.6 กิโลเมตร) จนถึงอย่างน้อย 50 ไมล์ (80 กิโลเมตร)</li> <li>• ที่จอดรถระยะสั้นต้องการเฉพาะพื้นที่สันทนาการ สวนสาธารณะ และพื้นที่กิจกรรมอื่น ๆ</li> <li>• สภาพเส้นทางไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับความชอบส่วนบุคคล</li> <li>• อาจจะใช้งานเป็นกลุ่ม</li> <li>• มักจะใช้รถยนต์ส่วนบุคคล ไปเริ่มต้นที่พื้นที่ใช้งาน</li> <li>• มักจะเกิดขึ้นในวันหยุดสุดสัปดาห์หรือในก่อนและหลังช่วงกิจวัตรประจำวันในวันธรรมดา</li> </ul>

ที่มา: ดัดแปลงจาก AASHTO (2010)

## 2.2.2 ระดับผู้ใช้สก็ูตเตอร์ไฟฟ้า

ระดับผู้ใช้สก็ูตเตอร์ไฟฟ้าจะคล้ายกับระดับผู้ใช้จักรยาน โดยแบ่งตามอายุและประสบการณ์ใช้งานตาม Cycle Network and Route Planning Guide (Land Transport Safety Authority [L TSA], 2004) โดยทั่วไปแบ่งได้ 3 ระดับ ดังนี้

- แรกเริ่ม (Novice) ผู้ใช้ระดับนี้มักเป็นเด็กและผู้ฝึกหัดเบื้องต้น โดยเฉพาะเด็กเพราะเด็กมีการรับรู้และความเข้าใจอย่างจำกัด ไม่สามารถคาดเดาได้ ไม่คุ้นเคยกับกฎจราจร

อย่างไรก็ตามเด็กที่อายุไม่เกิน 8 ขวบ ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงเท่ากับวัยรุ่น ผู้ใช้ระดับนี้ ส่วนใหญ่มักใช้ในท้องถิ่น เช่น ไปโรงเรียน ไปร้านค้า ใช้เพื่อความเพลิดเพลิน ฯลฯ สภาพแวดล้อมภายในท้องถิ่นควรปลอดภัย และผู้ใช้ระดับนี้ควรถูกกันออกจากสภาพ การจราจรทั่วไป

- พื้นฐาน (Basic Competence) ผู้ใช้ระดับนี้มีความสามารถใช้งานถนนที่มีการจราจรหนาแน่นต่ำ และสามารถผ่านยานพาหนะที่จอดอยู่นิ่งได้ หากพื้นที่จราจรมีความหนาแน่นสูง ผู้ใช้ระดับนี้ต้องการช่องทางหรือเส้นทางเฉพาะ (ช่องทางจักรยาน) และมีสิ่งอำนวยความสะดวกบริเวณทางแยก
- ชำนาญ (Experienced) ผู้ใช้ระดับนี้มีความมั่นใจตัวเอง มีความรอบคอบ และเข้าใจกฎจราจรเป็นอย่างดี โดยพวกเขาใช้เป็นกิจวัตรประจำวันหรือเพื่อกิจกรรมนันทนาการ พวกเขาไม่ต้องการสิ่งอำนวยความสะดวกมากนัก

## 2.3 ความเหมาะสมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

ความเหมาะสมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและพฤติกรรมส่วนบุคคล หากสภาพแวดล้อมและพฤติกรรมส่วนบุคคลไม่เหมาะสม ก็ส่งผลต่อความสะดวกสบายและความปลอดภัยของการใช้งาน ในงานวิจัยนี้เลือกทำการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อความเหมาะสมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

### 2.3.1 เส้นทางของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าสามารถใช้งานบนบกได้ทุกเส้นทางเหมือนจักรยานและยานพาหนะรูปแบบอื่น เช่น ถนน ทางเท้า ช่องทางจักรยาน ลานเล่น พื้นที่นันทนาการ ฯลฯ

### ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเส้นทางของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเส้นทางของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสะดวกสบายและความปลอดภัย ซึ่งสามารถอธิบายเรื่องน้ำหนักความเหมาะสมของการใช้งาน โดยบางส่วนอ้างอิงจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเส้นทางของการใช้งานจักรยานด้วย สามารถอธิบายปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

Charles และ Nicholas (1998) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้จักรยานดังนี้

- วัสดุพื้นผิวที่ผู้ใช้นิยม คือ พื้นผิวถนนที่เป็นวัสดุแอสฟัลต์ (นิยมมากที่สุด) และผิวคอนกรีต (นิยมรองลงมา) นอกเหนือจากนี้พื้นผิวที่ใช้การเรียงหินก็เป็นทางเลือกหนึ่ง แต่มีปัญหาเรื่องความเรียบและการระบายน้ำ {Charles, 1998 #19}
- ป้าย ช่วยจัดระเบียบการใช้งาน ได้แก่ ป้ายบังคับ ป้ายเตือน และป้ายแนะนำ
- ความลาดชันที่ควรคำนึงถึงผู้ใช้ประเภทอื่น คือ ไม่ควรเกิน 8 %
- ทางข้าม โดยทั่วไปผู้ใช้จักรยานใช้ทางข้ามเดียวกับคนเดินเท้า เช่น การมีเกาะกลาง การติดตั้งสัญญาณไฟคนข้าม ฯลฯ
- พื้นที่ยอด ช่วยจัดระเบียบการใช้งาน ลดความรำคาญแก่สาธารณะ

LTSA (2004) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่เส้นทางจักรยานควรมีดังนี้

- ความปลอดภัย เส้นทางควรปลอดภัย โดยให้ความปลอดภัยส่วนบุคคล ที่จำกัดความขัดแย้งระหว่างผู้ใช้และผู้คนทั่วไป อาจมีสิ่งป้องกันช่องทาง นอกจากนี้ความเร็วและปริมาณกระแสจราจรมีผลต่อความปลอดภัยของผู้ใช้ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปัจจัยเหล่านี้ อาจแบ่งแยกศักยภาพของการใช้งาน
- ความสบาย เส้นทางควรราบเรียบ ไม่ลื่น ได้รับการดูแลอย่างดี ไม่ควรมีเศษซากและท่อกีดขวางเส้นทาง
- ความตรง เส้นทางควรตรงเพื่อให้เกิดความล่าช้าจากการใช้งานให้น้อยที่สุด เส้นทางอ้อมหรือเกิดความล่าช้ามากเกินไป อาจทำให้ผู้ใช้เลือกเส้นทางที่ตรงกว่า และมีความเสี่ยงเพิ่มมากขึ้น
- ความต่อเนื่อง เส้นทางควรต่อเนื่อง เชื่อมโยงสถานที่ที่มีศักยภาพ มีความชัดเจน ง่ายต่อการรับรู้ และลดจุดตัดจากทางแยก เพื่อลดอุบัติเหตุหรือการหยุดบ่อยครั้ง
- ความน่าดึงดูด เส้นทางควรน่าดึงดูดการใช้งาน เพิ่มความเพลิดเพลิน และมีความปลอดภัย เพื่อประสบการณ์การใช้งานที่ดี {Land Transport Safety Authority, 2004 #30}

AASTHO (2010) ได้กล่าวถึงมาตรฐานช่องทางจักรยาน โดยกำหนดระยะจักรยาน 0.75 เมตร ช่องทางจักรยานต้องกว้าง 1.5 เมตร หากใช้วิ่งสวนทางกันต้องกว้าง 3 – 4.2 เมตร (ขึ้นอยู่กับปริมาณจักรยานหรือคนเดินเท้า)

Mi (2017) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าดังนี้

- ความลาดชันที่เหมาะสมและสามารถใช้งานได้ไม่ควรเกิน 14 %

- พื้นผิวที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ได้แก่ พื้นปูน ทางเท้ายางมะตอย พื้นที่เรียบ และ ชั้นบันไดที่ไม่สูงเกิน 1 ซม.
- ความราบเรียบควรมีพื้นผิวที่มีหลุมบ่อกว้างไม่เกิน 3 ซม.

Chang et al. (2019) ได้กล่าวถึงความแตกต่างระหว่างความเร็วคนเดินเท้าและความเร็วสกีตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า โดยการเดินมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่สกีตเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำความเร็วเฉลี่ยได้ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นปริมาณคนเดินเท้าที่เพิ่มมากขึ้นย่อมส่งผลต่อแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้นด้วย

สรศักดิ์ ชิตชลธาร (2553) ได้กล่าวถึงเกณฑ์มาตรฐานในการออกแบบเส้นทางจักรยานดังนี้

- เกณฑ์ความเหมาะสมของเส้นทางด้านความปลอดภัย พิจารณาปัจจัยได้แก่ ข้อมูลปริมาณกระแสรถจักรยาน ข้อมูลความเร็วกระแสรถจักรยาน และข้อมูลไฟส่องสว่าง
- เกณฑ์ในการเข้าถึงและการตัดตรงของเส้นทาง พิจารณาปัจจัยได้แก่ ข้อมูลความตัดตรงของเส้นทางและข้อมูลการตัดผ่านสิ่งกีดขวางของเส้นทาง
- เกณฑ์การเข้าถึงจุดหมายที่หลากหลาย พิจารณาปัจจัยได้แก่ จำนวนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน
- เกณฑ์ความเหมาะสมของเส้นทางด้านกายภาพ พิจารณาปัจจัยได้แก่ ข้อมูลความกว้างของถนน ข้อมูลความลาดชันของถนน และข้อมูลความเรียบของพื้นผิวถนน
- เกณฑ์ความเหมาะสมของเส้นทางด้านสิ่งแวดล้อม พิจารณาปัจจัยได้แก่ ข้อมูลความร่มรื่นของเส้นทาง ข้อมูลสภาพมลพิษของเส้นทาง และข้อมูลความหนาแน่นของอาคารตลอดเส้นทาง
- เกณฑ์ความน่าสนใจของเส้นทาง พิจารณาปัจจัยได้แก่ ข้อมูลเส้นทางที่มองเห็นจุดหมายตาชัดเจนและข้อมูลสภาพแวดล้อมดึงดูดใจ
- เกณฑ์ความนิยมต่อเส้นทางของผู้ใช้จักรยาน พิจารณาปัจจัยได้แก่ จำนวนสัดส่วนผู้ใช้จักรยานในปัจจุบัน {สรศักดิ์ ชิตชลธาร, 2553 #7}

### 2.3.2 สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเหมาะสมของการใช้งานสกีตเตอร์ไฟฟ้า

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเหมาะสมของการใช้งานสกีตเตอร์ไฟฟ้า ถูกแบ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อถนนและทางเท้าตามงานวิจัยนี้ ซึ่งสามารถแจกแจงปัจจัยที่เกี่ยวข้องและเหมาะสมของการใช้งานสกีตเตอร์ไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเหมาะสมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

ประเภท	เส้นทาง	สิ่งอำนวยความสะดวก
ถนน	<ul style="list-style-type: none"> <li>วัสดุพื้นผิว</li> <li>ความชัน</li> <li>ความราบเรียบ</li> <li>ความกว้างของช่องทาง</li> <li>ความตรง</li> <li>ความต่อเนื่อง</li> <li>สิ่งป้องกันช่องทาง</li> <li>ปริมาณกระแสจราจร</li> <li>ความเร็วกระแสจราจร</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ความชัดเจนของเส้นทาง</li> <li>พื้นที่จอด</li> <li>ป้าย</li> <li>ไฟส่องสว่าง</li> <li>ไฟจราจร</li> </ul>
ทางเท้า	<ul style="list-style-type: none"> <li>วัสดุพื้นผิว</li> <li>ความราบเรียบ</li> <li>ความกว้างของช่องทาง</li> <li>ปริมาณคนเดินเท้า</li> </ul>	

## 2.4 บทบาทการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้มีรายละเอียดเบื้องต้นเกี่ยวกับบทบาทการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าทั่วโลก โดยแบ่งเป็น 2 หัวข้อด้วยกัน คือ การใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในต่างประเทศและการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในประเทศไทย ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

### 2.4.1 การใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในต่างประเทศ

ในประเทศที่พัฒนาแล้วหรือมีโครงสร้างพื้นฐานรองรับ มีผลให้มีการใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะบริการสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าแบบแบ่งปันกันใช้ ที่กำลังเติบโตและได้รับความนิยมอย่างมาก ทำให้เป็นธุรกิจที่มีการแข่งขันสูง โดยขณะนี้มีหลายบริษัทที่เปิดให้บริการ เช่น Bird Lime Spin Scoot Jump ฯลฯ

#### แชนตามอนิกา ประเทศสหรัฐอเมริกา

เมืองแชนตามอนิกาเป็นเมืองที่ตั้งอยู่ในนครลอสแอนเจลิส รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีการวางแผนและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานพาหนะเคลื่อนที่ง่าย (Mobility) เมื่อปี พ.ศ. 2553 ในระยะแรกเริ่มนั้น ทางเมืองได้พัฒนาโครงข่ายจักรยาน โดยได้จัดทำช่องทางจักรยานสีเขียว เป็นระยะทางรวม 132 กิโลเมตร แล้วเสร็จสมบูรณ์ในปีพ.ศ. 2557 จากนั้นได้เริ่มมีบริการจักรยานแบ่งปันกันใช้ (Bike Sharing Service) เปิดให้บริการ จนกระทั่งปีในปีพ.ศ 2560 บริษัท

BIRD ได้ให้บริการสกูตเตอร์ไฟฟ้าแบบแบ่งปันกันใช้ ชนิดไร้สถานีหรือไร้จุดยืมคืน (Dockless) ภายในเมืองแซนตามอนิกา (ครั้งแรกในสหรัฐอเมริกา) และกำลังให้บริการถึงปัจจุบัน

การใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าและจักรยานภายในเมืองแซนตามอนิกาเป็นรูปแบบที่มีความนิยมเป็นอันดับ 3 (7%) รองจากการใช้รถยนต์ (49%) และการเดิน (39%) พบว่าผู้ใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าและจักรยานมักต้องการใช้แทนรถยนต์และการเดิน โดยแบ่งเป็นใช้เพื่อไปกลับสถานที่ทำงาน (29%) ใช้เพื่อกิจกรรมนันทนาการ (26%) ใช้เพื่อไปรับประทานอาหาร (14%) ใช้ไปกลับสถานที่อยู่อาศัย (11%) ใช้เพื่อซื้อของ (8%) และอื่น ๆ (12%) ซึ่งผู้ใช้โดยทั่วไปใช้งานเฉลี่ย 14 นาที หรือใช้เป็นระยะทางรวมกว่า 2.1 กิโลเมตร {City of Santa Monica, 2019 #20}

ผู้ใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าในระยะแรกมีปัญหาเรื่องอุบัติเหตุ และความขัดแย้งกับคนเดินเท้าซึ่งเกิดขึ้นหลายครั้ง หลังจากนั้นทางสภาเมืองแซนตามอนิกา ได้เริ่มโครงการนำร่องขึ้นมา เพื่อสร้างความตระหนักรู้ ทำให้แนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุและความขัดแย้งลดลง นอกจากนี้ การใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าภายในเมืองถูกกำหนดให้ใช้งานร่วมบนช่องทางจักรยานเท่านั้น การใช้งานบนทางเท้านั้นมีความผิดตามข้อบังคับของสถานีตำรวจแซนตามอนิกา และกำหนดให้ผู้ใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าต้องมีอายุตั้งแต่ 16 ปีขึ้นไป หากอายุต่ำกว่า 18 ปี ต้องสวมหมวกกันน็อคทุกครั้ง

### พอร์ตแลนด์ ประเทศสหรัฐอเมริกา

การใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าในเมืองพอร์ตแลนด์ รัฐออริกอน ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ต้นแบบมาจากเมืองแซนตามอนิกา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความแออัดของการจราจรโดยแทนที่การเดินทางจากรถยนต์ด้วยสกูตเตอร์ไฟฟ้า ป้องกันการเสียชีวิตและการบาดเจ็บบนถนน ขยายการเข้าถึงสำหรับผู้ที่ยากลำบาก และลดมลพิษทางอากาศ

ผู้ใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าในเมืองพอร์ตแลนด์ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ใช้เดินทางเพื่อประโยชน์ในการเดินทางหรือในกิจวัตรประจำวัน (71%) รองลงมาใช้เพื่อกิจกรรมนันทนาการ (29%) โดยใช้เป็นระยะทางเฉลี่ย 1.9 กิโลเมตร ซึ่งผู้ใช้ร้อยละ 34 ใช้เพื่อแทนที่การใช้รถยนต์และบริการเรียกพาหนะ (Ride Hailing/Sharing) ซึ่งมีส่วนช่วยลดการใช้รถยนต์ แต่ไม่มีปริมาณที่แน่ชัด นอกจากนี้ พบว่าผู้ใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าชื่นชอบการใช้งานบนถนนที่มีการจราจรความเร็วต่ำหรือใช้บนช่องทางจักรยาน ส่วนการใช้งานบนทางเท้าขึ้นชื่อน้อยที่สุด {Portland Bureau of Transportation, 2018 #41}

เมืองพอร์ตแลนด์ได้ออกกฎระเบียบให้จักรยานสามารถใช้ในสวนสาธารณะได้ แต่สกูตเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกห้ามใช้ ซึ่งผู้ใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าสามารถใช้ได้ในช่องทางจักรยานและพื้นที่ส่วนบุคคลเท่านั้น โดยสกูตเตอร์ไฟฟ้าถูกมองว่าเป็นนวัตกรรมสมัยนิยม (Trend) ซึ่งถูกทำนายว่าอาจเป็นส่วนหนึ่งของระบบขนส่งที่ยั่งยืนของเมืองพอร์ตแลนด์

## ปารีส ประเทศฝรั่งเศส

ปารีสเป็นเมืองหลวงที่เน้นความเป็นผู้นำด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ ลดมลพิษทางอากาศ ลดการใช้พาหนะส่วนบุคคล และการใช้พลังงานทดแทน โดยผู้คนในปารีสมากกว่าครึ่งเดินทางด้วยการเดิน การเข้ามาของสกูตเตอร์ไฟฟ้า เมื่อปี พ.ศ. 2561 ช่วยสนับสนุนวัตถุประสงค์เหล่านี้ จากการศึกษาของ 6t-bureau de recherche (2019) พบว่า การเดินทางด้วยสกูตเตอร์ไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 0.8-1.9 ของเที่ยวการเดินทางทั้งหมด และจักรยานคิดเป็นร้อยละ 5 ของเที่ยวการเดินทางทั้งหมด นอกนั้นเป็นรูปแบบการเดินทางรูปแบบอื่น {6t-bureau de recherche, 2019 #11}

การสำรวจพบว่าผู้ใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้านิยมใช้ใน ช่วงเช้าและช่วงบ่าย ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่นในกรุงปารีส ด้วยเหตุผลหลักคือประหยัดเวลาในการเดินทาง (68%) รองลงมาคือสะดวกใช้แบบ Door-to-Door (22%) และอื่น ๆ (10%) โดยผู้ใช้ร้อยละ 45 ใช้เพื่อไปกลับสถานที่ทำงานหรือสถานศึกษา ผู้ใช้ร้อยละ 25 ใช้เพื่อไปรับประทานอาหาร ผู้ใช้ร้อยละ 22 ใช้เปลี่ยนรูปแบบจากระบบขนส่งสาธารณะ และอื่น ๆ อีกร้อยละ 8 ซึ่งผู้ใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าแต่ละคน ใช้งานเป็นระยะทางเฉลี่ย 1.9 กิโลเมตร {Lime, 2018 #32; Lime, 2019 #33}

การใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าในฝรั่งเศสทั่วไป สามารถใช้ความเร็วได้ไม่เกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เบื้องต้นถูกอนุญาตให้ใช้บนช่องทางจักรยานและพื้นที่ส่วนบุคคลเท่านั้น การใช้งานบนถนนสาธารณะและทางเท้าเป็นเรื่องผิดกฎหมายภายในประเทศ {Hitchings, 2019 #27}

## สหราชอาณาจักร

ในเบื้องต้นสหราชอาณาจักรได้ห้ามใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนสาธารณะและทางเท้า เพราะมีผู้เสียชีวิตจากการใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าคนแรก นอกจากนี้ปัจจุบันยังไม่มีกฎหมายที่ชัดเจนเกี่ยวกับการใช้งานสกูตเตอร์ไฟฟ้า {BBC, 2020 #16}

## ประเทศเยอรมัน

ประเทศเยอรมันได้อนุญาตให้สกูตเตอร์ไฟฟ้าและยานพาหนะคีนสมดูล (Segway) วิ่งบนถนนสาธารณะและช่องทางจักรยานได้ กำหนดให้สามารถมีความเร็วสูงสุด 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ห้ามใช้งานบนทางเท้าและช่องทางจักรยานร่วมทางเท้า โดยมีข้อแม้ว่าผู้ใช้ต้องอายุตั้งแต่ 14 ปี ขึ้นไป {Hitchings, 2019 #27}

### ประเทศสวีตเซอร์แลนด์

ผู้ใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าต้องมีอายุตั้งแต่ 14 ปีขึ้นไป สามารถทำความเร็วไม่เกิน 20-25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไม่จำเป็นต้องใช้หมวกกันน็อคหากความเร็วไม่เกิน 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อนุญาตให้ใช้บนถนนสาธารณะและช่องทางจักรยาน หากมีช่องทางจักรยานติดถนนต้องใช้ช่องทางจักรยาน แต่ไม่อนุญาตให้ใช้บนทางเท้า {Hitchings, 2019 #27}

### ประเทศนิวซีแลนด์

สกูตเตอร์ไฟฟ้าสามารถนำมาใช้บนทางเท้าหรือถนนสาธารณะได้ ยกเว้นในช่องทางจักรยานที่ออกแบบมาเพื่อให้จักรยานใช้เท่านั้น {Hitchings, 2019 #27}

### ประเทศสิงคโปร์

สกูตเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกห้ามใช้บนถนนและทางเท้า ด้วยเหตุผลด้านความปลอดภัย โดยสามารถใช้ได้บนช่องทางจักรยานเท่านั้น {Derek, 2019 #44}

### ประเทศจีน

เมืองใหญ่อันดับต้น ๆ อย่างปักกิ่งและเซี่ยงไฮ้ได้ออกกฎระเบียบห้ามใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าและยานพาหนะคินสมดูลบนเส้นทางสาธารณะ ด้วยเหตุผลด้านความปลอดภัย โดยสามารถใช้ได้เพียงภายในชุมชนหรือพื้นที่ส่วนบุคคลเท่านั้น {BBC, 2016 #15}

### 2.4.2 การใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าในประเทศไทย

สกูตเตอร์ไฟฟ้าเริ่มเข้ามามีบทบาทกับการเดินทางในประเทศไทยมากยิ่งขึ้น ด้วยการนำเสนอข้อได้เปรียบสำหรับการเดินทางในเขตเมือง เช่น เน้นการเดินทางระยะสั้น คล่องตัวสูง สะดวกต่อการเชื่อมต่อกับบริการขนส่งสาธารณะ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ฯลฯ ทำให้ปริมาณผู้ใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าในปัจจุบัน มีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้น โดยเฉพาะเมืองใหญ่หรือเมืองที่มีประชากรอยู่หนาแน่นอย่างกรุงเทพมหานคร

ในปัจจุบันสกูตเตอร์ไฟฟ้าในประเทศไทยถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ สกูตเตอร์ไฟฟ้าส่วนบุคคล (Private E-Scooter) และสกูตเตอร์ไฟฟ้าแบบแบ่งปันกันใช้ (Share E-Scooter) โดยสกูตเตอร์ไฟฟ้าแบบแบ่งปันกันใช้นั้น ระยะเวลาแรกเน้นให้บริการในพื้นที่ปิดหรือในตัวเมืองใหญ่ เช่น พื้นที่มหาวิทยาลัย เขตกรุงเทพมหานครชั้นใน ตัวเมืองเชียงใหม่ ฯลฯ



### ปัญหาและอุปสรรคต่อการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในประเทศไทย

ในปัจจุบัน ประเทศไทยไม่มีกรอบกฎหมายที่ชัดเจนเกี่ยวกับการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้า แต่ในเบื้องต้นให้พิจารณาตามพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522 มาตรา 4 กำหนดความหมายของรถจักรยานยนต์ คือ รถที่เดินด้วยกำลังเครื่องยนต์ หรือกำลังไฟฟ้าและมีล้อไม่เกินสองล้อ ถ้ามีพ่วงข้าง มีล้อเพิ่มอีกไม่เกินหนึ่งล้อ และให้หมายความรวมถึงรถจักรยานที่ติดเครื่องยนต์ด้วย ทำให้สวิตเตอร์ไฟฟ้า ที่ขับเคลื่อนด้วยกำลังไฟฟ้าและมีสองล้อ จึงเข้าข่ายเป็นรถจักรยานยนต์ การนำมาขึ้นบนถนนสาธารณะ จำเป็นต้องไปขอจดทะเบียนกับกรมการขนส่งทางบก แต่ทางปฏิบัติยังไม่พบว่ามี การนำไปขอจดทะเบียนกับกรมการขนส่งทางบกได้ {เอกรักษ์ ลิ้มสังกาศ, 2562 #10}

โดยสรุปแล้วหากสวิตเตอร์ไฟฟ้าไม่สามารถขอจดทะเบียนกับกรมการขนส่งทางบกได้ ทำให้ในแง่ของกฎหมายจะไม่สามารถใช้งานบนถนนสาธารณะได้ นอกจากนี้การใช้งานบนทางเท้าและช่องทางจักรยานก็ไม่สามารถทำได้ด้วย ยกเว้นการใช้งานในพื้นที่ส่วนบุคคล ถนนในหมู่บ้าน และพื้นที่ในมหาวิทยาลัยที่มีการรับรองเบื้องต้น

ปัญหาต่อมาคือเรื่องอุบัติเหตุ เป็นปัญหาที่มีผลต่อความสะดวกรวดสบายและความปลอดภัยของการทำงาน อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้า ในประเทศไทยเอง โครงสร้างพื้นฐานของพาหนะเคลื่อนไหวย่าง อย่างช่องทางจักรยานสาธารณะยังไม่ครอบคลุม ทำให้การใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าในเส้นทางสาธารณะอย่างถนนและทางเท้าเป็นเรื่องไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าและก่อผลกระทบต่อผู้คนที่ทั่วไปอีกด้วย

#### 2.4.3 สรุปบทบาทการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในบางประเทศ

การใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในแต่ละประเทศมีบทบาทแตกต่างกันไป ตามข้อกำหนดหรือกฎระเบียบต่าง ๆ แต่ในพื้นที่ส่วนบุคคลหรือพื้นที่ที่มีการรับรองนั้น สวิตเตอร์ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ตามปกติ ซึ่งนอกเหนือจากนี้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 สรุปพบทบทการใช้สก็ูเตอร์ไฟฟ้าในบางประเทศ

ประเทศ	ช่องทาง	ถนนสาธารณะ	ทางเท้า	ช่องทางจักรยาน	หมายเหตุ
ไทย		ห้ามใช้	ห้ามใช้	ห้ามใช้	
สหรัฐอเมริกา		ห้ามใช้	ห้ามใช้	ใช้ได้	ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในแต่ละเมืองหรือรัฐ
• ลอสแอนเจลิส	ห้ามใช้	ห้ามใช้	ใช้ได้		
• พอร์ตแลนด์	ห้ามใช้	ห้ามใช้	ใช้ได้		
ฝรั่งเศส		ห้ามใช้	ห้ามใช้	ใช้ได้	
สหราชอาณาจักร		ห้ามใช้	ห้ามใช้	ห้ามใช้	
เยอรมัน		ใช้ได้	ห้ามใช้	ใช้ได้	
สวีตเซอร์แลนด์		ใช้ได้	ห้ามใช้	ใช้ได้	
นิวซีแลนด์		ใช้ได้	ใช้ได้	ห้ามใช้	
สิงคโปร์		ห้ามใช้	ห้ามใช้	ใช้ได้	
จีน		ห้ามใช้	ห้ามใช้	ห้ามใช้	ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในแต่ละพื้นที่
• ปักกิ่ง	ห้ามใช้	ห้ามใช้	ห้ามใช้		
• เซี่ยงไฮ้	ห้ามใช้	ห้ามใช้	ห้ามใช้		

## 2.5 ประเภทการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูล

District Department of Transportation (2012) ได้จัดทำคู่มือการประเมินสิ่งอำนวยความสะดวกของจักรยาน (Bicycle Facility Evaluation) โดยได้ระบุการวิเคราะห์สำหรับความรู้สึกรับรู้ดังนี้

- การใช้สิ่งอำนวยความสะดวก ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณจักรยานและยานพาหนะ
- การจัดการที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์ระดับการให้บริการจากผู้ใช้จักรยาน คนเดินเท้า และผู้ขับขี่
- ความสะดวก ได้แก่ การวิเคราะห์เวลาการเดินทางจากจักรยานและยานพาหนะ
- ความสบาย ได้แก่ การวิเคราะห์โดยสำรวจจากผู้ที่เกี่ยวข้องและสำรวจพื้นที่ใกล้เคียงโดยรอบ ที่เกี่ยวกับทัศนคติ
- ความปลอดภัย ได้แก่ การวิเคราะห์ผู้ใช้จักรยาน คนเดินเท้า และผู้ขับขี่ ด้วยกฎหมายจราจร ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบ และประวัติการปะทะก่อนและหลังมีโครงสร้างสิ่งอำนวยความสะดวก

นอกจากนี้ได้สรุปประเภทการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วย สิ่งอำนวยความสะดวกของจักรยาน ยานพาหนะ และคนเดินเท้า {District Department of Transportation, 2012 #22} โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2-6 ตารางที่ 2-7 และตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-6 การวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวกของจักรยาน

ประเภทการวิเคราะห์	การรวบรวมข้อมูล
Volume Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>นับจำนวนจักรยาน</li> </ul>
Highway Capacity Manual 2010 Multimodal Level of Service	<ul style="list-style-type: none"> <li>นับจำนวนยานพาหนะ</li> <li>ลักษณะทางเรขาคณิตและลักษณะหน้าตัดของช่องทาง</li> <li>ข้อมูลความเร็ว</li> <li>เงื่อนไขผิวทาง</li> </ul>
Danish Bicycle Level of Service	<ul style="list-style-type: none"> <li>นับจำนวนยานพาหนะ</li> <li>ลักษณะทางเรขาคณิตและลักษณะหน้าตัดของช่องทาง</li> <li>ข้อมูลความเร็ว</li> <li>เงื่อนไขผิวทาง</li> <li>ข้อมูลการใช้ที่ดิน</li> </ul>
Bicycle Environmental Quality Index	<ul style="list-style-type: none"> <li>นับจำนวนยานพาหนะ</li> <li>ลักษณะทางเรขาคณิตและลักษณะหน้าตัดของช่องทาง</li> <li>ข้อมูลความเร็ว</li> <li>ข้อมูลการใช้ที่ดิน</li> </ul>
Bicycle Corridor Travel Time	<ul style="list-style-type: none"> <li>ข้อมูลเวลาสัญญาณ</li> </ul>
Crash Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>ข้อมูลการปะทะ</li> </ul>
Survey Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>สำรวจจากผู้ที่เกี่ยวข้อง</li> <li>สำรวจพื้นที่ใกล้เคียงโดยรอบ</li> </ul>
Video Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>ศึกษาจากวิดีโอ</li> </ul>

ที่มา: ดัดแปลงจาก District Department of Transportation (2012)

ตารางที่ 2-7 การวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวกของยานพาหนะ

ประเภทการวิเคราะห์	การรวบรวมข้อมูล
Volume Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>นับจำนวนยานพาหนะ</li> </ul>
Highway Capacity Manual 2010 Arterial Level of Service	<ul style="list-style-type: none"> <li>นับจำนวนยานพาหนะ</li> <li>นับจำนวนคนเดินเท้า</li> <li>ลักษณะทางเรขาคณิตและลักษณะหน้าตัดของช่องทาง</li> <li>ข้อมูลความเร็ว</li> <li>เวลาสัญญาณและช่วงสัญญาณ</li> </ul>
Travel Time Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>ข้อมูลเวลาขั้นซี</li> </ul>
Survey Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>สำรวจพื้นที่ใกล้เคียงโดยรอบ</li> </ul>
Video Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>ศึกษาจากวิดีโอ</li> </ul>

ที่มา: ดัดแปลงจาก District Department of Transportation (2012)

ตารางที่ 2-8 การวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวกของคนเดินเท้า

ประเภทการวิเคราะห์	การรวบรวมข้อมูล
Highway Capacity Manual 2010 Multimodal Level of Service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• นับจำนวนยานพาหนะ</li> <li>• นับจำนวนคนเดินเท้า</li> <li>• ลักษณะทางเรขาคณิตและลักษณะหน้าตัดของช่องทาง</li> <li>• ข้อมูลความเร็ว</li> </ul>
Survey Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สืบค้นจากผู้ที่เกี่ยวข้อง</li> <li>• สืบค้นพื้นที่ใกล้เคียงโดยรอบ</li> </ul>
Video Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ศึกษาจากวิดีโอ</li> </ul>

ที่มา: ดัดแปลงจาก District Department of Transportation (2012)

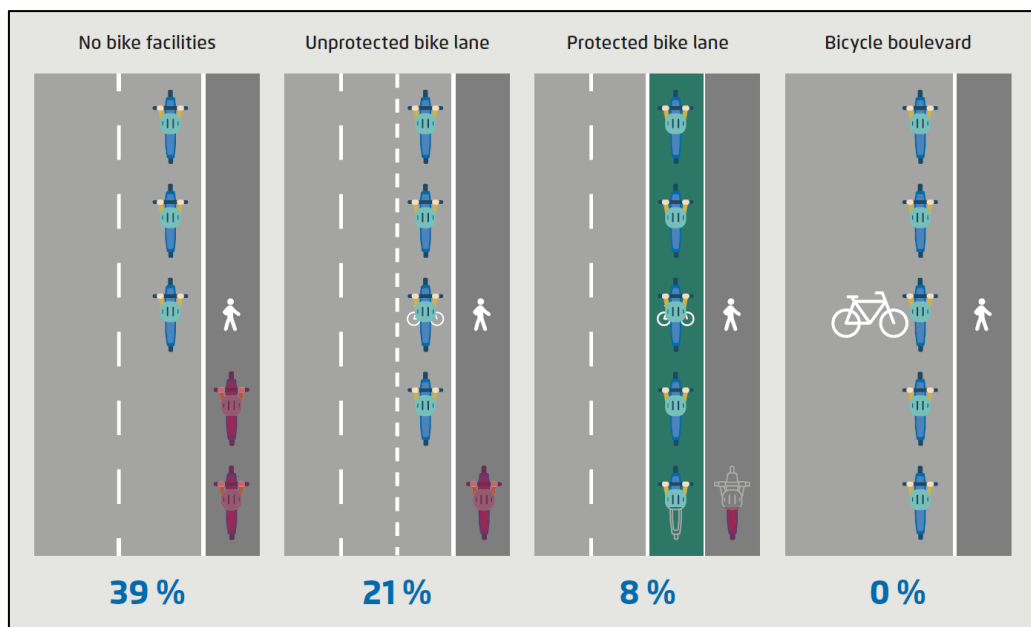
## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้ได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็น 2 หัวข้อด้วยกัน คือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสล็อตเตอร์ไฟฟ้าและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบคันขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

### 2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสล็อตเตอร์ไฟฟ้า

Portland Bureau of Transportation (2018) ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้สล็อตเตอร์ไฟฟ้าในเมืองพอร์ตแลนด์ รัฐออริกอน ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดเส้นทาง 4 แบบ เพื่อดูพฤติกรรมการใช้งานบนทางเท้าพบว่า เส้นทางที่ไม่มีช่องทางจักรยาน ผู้ใช้ร้อยละ 39 ใช้บนทางเท้า เส้นทางที่ช่องทางจักรยานไม่ได้รับการป้องกัน ผู้ใช้ร้อยละ 21 ใช้บนทางเท้า เส้นทางที่ช่องทางจักรยานได้รับการป้องกัน ผู้ใช้ร้อยละ 8 ใช้บนทางเท้า และเส้นทางที่มีเฉพาะช่องทางจักรยาน ไม่พบการใช้งานบนทางเท้า ดังภาพที่ 2-2

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกระแสน้ำและการใช้สล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า 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



ภาพที่ 2-2 ร้อยละการใช้สก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าที่สัมพันธ์กับการมีอยู่ของช่องทางจักรยาน  
ที่มา: Agora Verkehrswende (2019) {Agora Verkehrswende, 2019 #25}

The Austin Public Health Department (2018) ได้ศึกษาผู้บาดเจ็บจากการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าในเมืองออสติน 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

James et al. (2019) ได้ศึกษามุมมองการจอดสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าในรถสลิค เขตอาร์ลิงตันเคาน์ตี รัฐเวอร์จิเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยแบ่งลักษณะการจอดเป็น 3 กรณี ได้แก่ จอดอย่างถูกต้อง จอดไม่ถูกต้อง และจอดกีดขวางทางเดิน พบว่าร้อยละ 78 จอดอย่างถูกต้อง ร้อยละ 16 จอดไม่ถูกต้อง และร้อยละ 6 จอดกีดขวางทางเดิน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการรับรู้ระหว่างคนเดินเท้าและผู้ใช้สก็ูตเตอร์ไฟฟ้า โดยอ้างอิงงานวิจัยว่าปริมาณผู้ใช้จักรยานผกผันกับปริมาณคนเดินเท้า และการเกิดการปะทะกันก็แปรผกผันระหว่างกันด้วย ดังนั้นหากปริมาณผู้ใช้จักรยานและปริมาณคนเดินเท้าเพิ่มขึ้น ความปลอดภัยก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่สก็ูตเตอร์ไฟฟ้าเป็นรูปแบบขนส่งแบบใหม่ที่แตกต่างกับจักรยานและจักรยานยนต์ ทำให้การรับรู้ความสะดวกสบายและความปลอดภัยของคนเดินเท้าต่อผู้ใช้สก็ูตเตอร์ไฟฟ้าแตกต่างกัน โดยพบว่าคนเดินเท้าร้อยละ 76 รู้สึกไม่ปลอดภัย แต่ร้อยละ 24 รู้สึกปกติต่อผู้ใช้สก็ูตเตอร์ไฟฟ้า {James, 2019 #29}

## 2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบดัชนี

Harkey, Reinfurt และ Knuiman (1998) ได้ออกแบบดัชนีความเข้ากันได้ของจักรยาน (The Bicycle Compatibility Index: BCI) สำหรับถนนในเขตเมืองและชานเมือง (ใช้กับ Midblock Street เท่านั้น) เป็นดัชนีระดับการให้บริการของจักรยาน (Bicycle Level of Service: BLoS) 6 ระดับ ตั้งแต่ระดับ A ถึง F เรียงจากดีที่สุดไปแยที่ที่สุด ดังตารางที่ 2-9 ซึ่งได้ให้ผู้ใช้จักรยานประเมินระดับคะแนนจากการดูวิดีโอ เพื่อประเมินระดับความเป็นมิตรต่อการใช้จักรยานบนสภาพแวดล้อมของถนน จากปัจจัยการมีอยู่ของช่องทางจักรยาน ความกว้างของช่องทางจักรยาน ความกว้างของไหล่ทาง ปริมาณกระแสจราจร ความเร็วกระแสจราจรที่ 85 เปอร์เซ็นต์ การมีที่จอดรถ ลักษณะการใช้ที่ดิน และสัดส่วนพาหนะหนัก โดยการใช้แบบจำลอง Bicycle Compatibility Index Model ซึ่งถูกพัฒนาจากการใช้แนวคิดแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Model) {Harkey, 1998 #23}

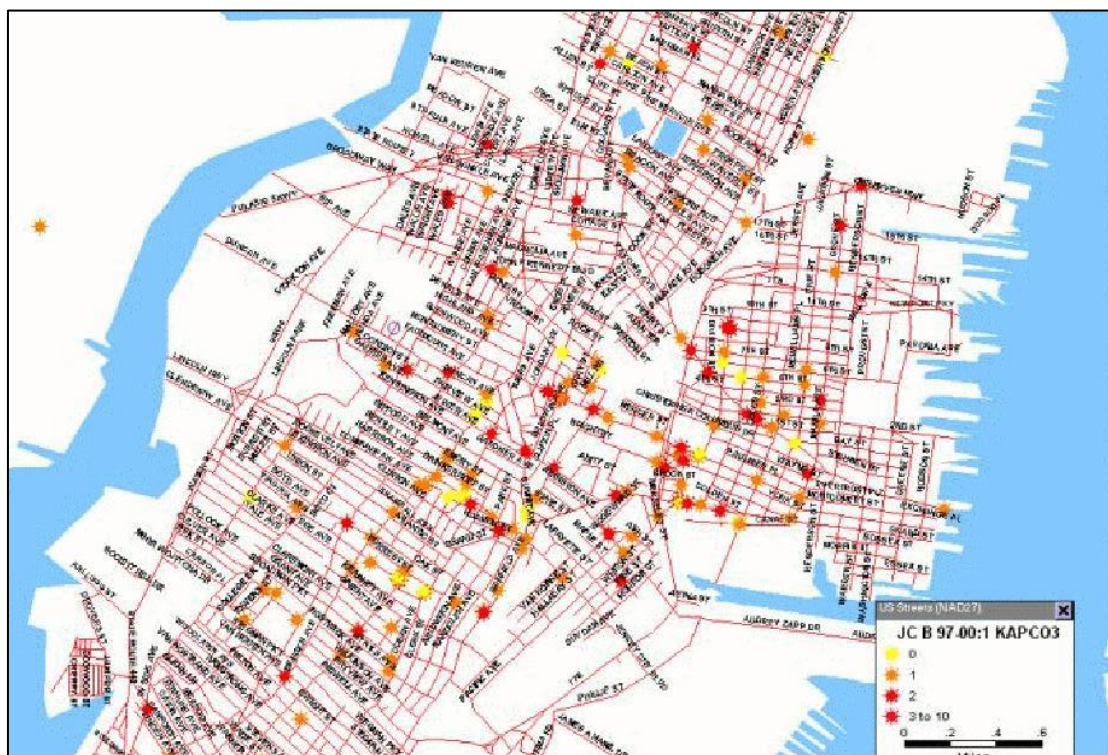
ตารางที่ 2-9 ระดับการให้บริการของจักรยาน

ระดับการให้บริการของจักรยาน	ช่วง BCI	ระดับความเข้ากันได้
A	$\leq 1.50$	สูงที่สุด (Extremely High)
B	1.51 – 2.30	สูงมาก (Very High)
C	2.31 – 3.40	ค่อนข้างสูง (Moderately High)
D	3.41 – 4.40	ค่อนข้างต่ำ (Moderately Low)
E	4.41 – 5.30	ต่ำมาก (Very Low)
F	$> 5.30$	ต่ำที่สุด (Extremely Low)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Federal Highway Administration (1998)

Munley, Daniel และ Dhar (2004) ได้ศึกษาความสัมพันธ์การเกิดอุบัติเหตุจากการปะทะของจักรยานภายในเส้นทางเขตเมือง โดยใช้ข้อมูลการปะทะของจักรยานในเมืองเจอร์ซีย์ซิตี รัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 1997-2000 ดังภาพที่ 2-3 บนสมมติฐานที่วางไว้คือ เส้นทางที่ปลอดภัยก่อให้เกิดการปะทะที่อันตรายน้อยกว่าเส้นทางที่ไม่ปลอดภัย เพื่อจัดระดับความปลอดภัยหรือระดับความรุนแรงของเส้นทางจักรยานในเขตเมือง โดยใช้แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ (Ordered Logistic Regression Model หรือ Ordinal Logistic Regression Model) มีตัวแปรตามคือระดับความรุนแรง 3 ระดับ ได้แก่  $Y = 1$   $Y = 2$  และ  $Y = 3$  (แยที่ที่สุด) และมีตัวแปรอิสระคือปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ความกว้างของช่องทาง ปริมาณกระแสจราจร ความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ ประเภททางหลวง ความชัน เงื่อนไขการเดินทางรถทิศทางเดียว เงื่อนไขผิวทางที่

ซ่อมแซมภายใน 10 ปี และเงื่อนไขเส้นทางรถบรรทุก นอกจากนี้ยังมีเงื่อนไขตอนกลางวันด้วย {Munley, 2004 #38}



ภาพที่ 2-3 แสดงการปะทะของจักรยานในเมืองเจอร์ซีย์ซิตี นิวเจอร์ซีย์ สหรัฐอเมริกา ปี 1997-2000  
ที่มา: Jersey City Bicycle Accidents (1997-2000) cited in Munley et al. (2004)

Crocco, De Marco และ Mongelli (2010) ได้ศึกษาความปลอดภัยของเครือข่ายถนนจังหวัด โคเซนซา ประเทศอิตาลี เพื่อจัดความน่าเชื่อถือของถนน ซึ่งได้ให้ผู้ขับขี่ประเมินและขับตามเส้นทางที่กำหนด โดยใช้แบบจำลองการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Model) มีตัวแปรตามคือ ความน่าเชื่อถือซึ่งแบ่งได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ น่าเชื่อถือและไม่น่าเชื่อถือ ส่วนตัวแปรอิสระ ได้แก่ ลักษณะทางเรขาคณิต ลักษณะสภาพแวดล้อม สภาพการบำรุงรักษา พฤติกรรมผู้ขับขี่ เพศ และอายุ {Crocco, 2010 #21}

Mekuria, Furth และ Nixon (2012) ได้ใช้การแบ่งพื้นที่ย่อยสำหรับการวิเคราะห์ระบบการจราจร (Traffic Analysis Zones: TAZ) ในเมืองซานโฮเซ รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อจัดระดับความกดดันจากการจราจรต่อการใช้จักรยาน (Levels of Traffic Stress: LTS) บนเส้นทาง โดยแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ LTS = 1 ถึง LTS = 4 (แย่ที่สุด) ดังตารางที่ 2-10 เนื่องจากประการที่หนึ่ง การใช้ BLOS หรือ BCI มีข้อจำกัดจากปัจจัยหลายอย่างเพื่อใช้วิเคราะห์ ประการที่สอง

ผู้ที่ไม่มีความรู้ไม่สามารถเข้าใจและไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย และประการสุดท้าย ระดับการให้บริการไม่ได้ให้ความหมายต่อผู้ดูแลการจราจรและสาธารณชนอย่างชัดเจน เพียงแค่บอกได้ว่าระดับไหนดีกว่ากัน {Mekuria, 2012 #36}

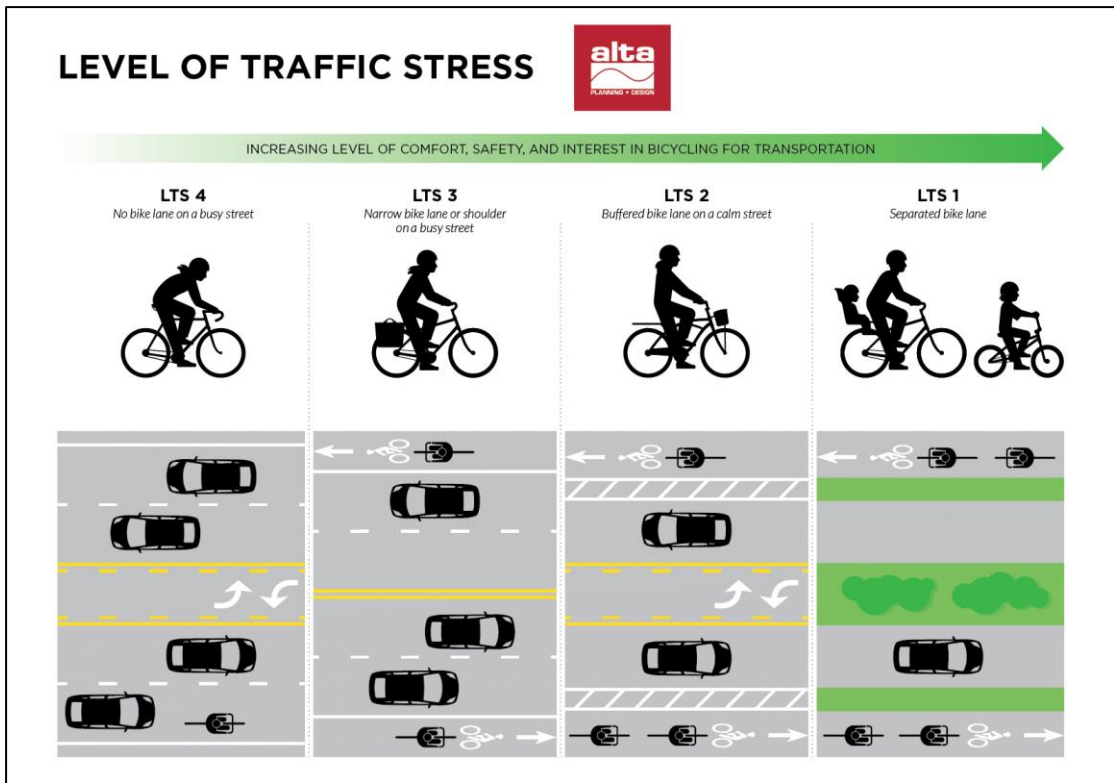
ตารางที่ 2-10 ระดับความกดดันจากการจราจรต่อการใช้จักรยาน

ระดับความกดดันจากการจราจร	ลักษณะ
LTS 1	ระดับความกดดันจากการจราจรเล็กน้อย และต้องการความเอาใจใส่หรือระมัดระวังเล็กน้อยจากผู้ใช้จักรยาน เหมาะสำหรับผู้ใช้จักรยานทุกระดับ รวมถึงเด็กฝึกหัดที่ได้รับการฝึกในการข้ามทางแยกอย่างปลอดภัย บนเส้นทางที่ผู้ใช้จักรยานถูกแยกออกจากกระแสจราจร หรืออยู่บนพื้นที่สำหรับใช้จักรยานโดยเฉพาะถัดจากกระแสจราจรความเร็วต่ำ ที่มีช่องจราจรไม่เกิน 1 ช่องต่อทิศทาง หรือใช้ร่วมอยู่บนถนนที่ปฏิสัมพันธ์กับพาหนะเป็นบางครั้งด้วยความเร็วที่ต่ำ ในกรณีผู้ใช้จักรยานปั่นจักรยานตามแนวจอดรถ พวกเขาจะมีพื้นที่ใช้งานเพียงพอนอกระยะเปิดประตูรถ ส่วนบริเวณทางแยกผู้ใช้จักรยานง่ายต่อการเข้าและข้ามทางแยก
LTS 2	ระดับความกดดันจากการจราจรเล็กน้อย และเหมาะกับผู้ใช้จักรยานที่เป็นผู้ใหญ่มากที่สุด แต่ผู้ใช้ที่เป็นเด็กต้องการความเอาใจใส่หรือระมัดระวังมากกว่าปกติ บนเส้นทางที่ผู้ใช้จักรยานถูกแยกออกจากกระแสจราจร หรืออยู่บนพื้นที่สำหรับใช้จักรยานโดยเฉพาะถัดจากกระแสจราจรความเร็วต่ำ ที่มีช่องว่างเหมาะสม หรือใช้ร่วมอยู่บนถนนที่ปฏิสัมพันธ์กับพาหนะเป็นบางครั้งด้วยความเร็วที่ต่ำ ในกรณีช่องทางจักรยานกันระหว่างช่องทางเลี้ยวขวา จะมีการกำหนดให้ผู้ใช้จักรยานมีความสำคัญอย่างชัดเจน เพื่อให้ความเร็วของยานพาหนะเทียบเท่าความเร็วจักรยาน ส่วนบริเวณทางแยกไม่เป็นที่ปัญหาผู้ใช้จักรยานที่เป็นผู้ใหญ่
LTS 3	ระดับความกดดันจากการจราจรมากกว่า LTS 2 แต่น้อยกว่าระดับความกดดันจากการจราจรหลายช่องทาง เป็นระดับที่ยอมรับได้ของผู้ใช้จักรยานชาวเมืองอเมริกันจำนวนมาก บนพื้นที่สำหรับใช้จักรยานโดยเฉพาะถัดจากกระแสจราจรความปานกลาง หรือช่องทางที่ใช้ร่วมแบบไม่ใช้หลายช่องทางและมีความเร็วต่ำ การข้ามทางแยกอาจจะยาวกว่าหรือมีความเร็วกระแสจราจรสูงกว่า LTS 2 แต่พิจารณาแล้วปลอดภัยมากกว่าการเดิน
LTS 4	ระดับความกดดันจากการจราจรเหนือกว่า LTS 3

ที่มา: ดัดแปลงจาก Mekuria et al. (2012)

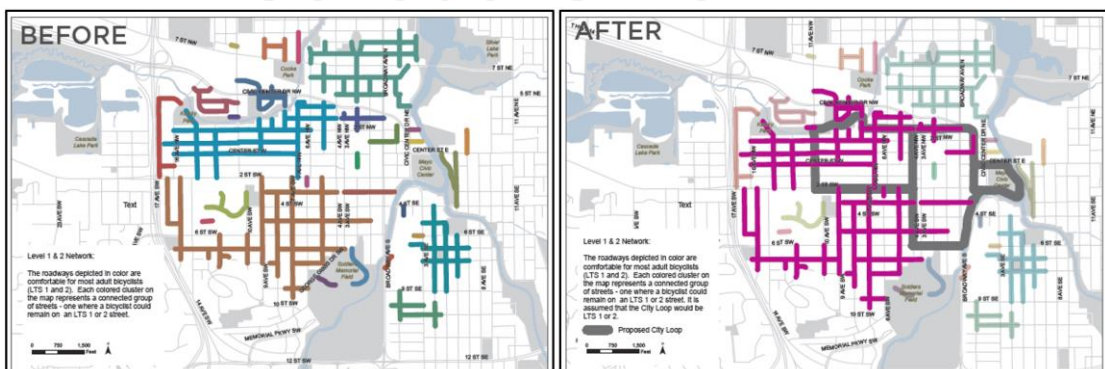
ซึ่ง Mekuria และคณะ ได้จัดกลุ่มตามเส้นทางจักรยานชนิดต่างประมาณ 4 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางเดี่ยว (Stand Alone Paths) เส้นทางแยก (Segregated Paths) ช่องทางจักรยาน (Bike Lanes) และช่องทางผสม (Mixed Traffic Lanes) ดังภาพที่ 2-4 {Alta Planning, 2017 #12} โดยมีปัจจัยจำนวนช่องทางถนนต่อทิศทาง ความกว้างของช่องทางถนน ความเร็วกระแสจราจรจำกัด และสิ่งป้องกันช่องทางจักรยาน ซึ่งอ้างอิงจากมาตรฐานดัตช์สำหรับสิ่งอำนวยความสะดวกการจราจรสำหรับจักรยาน (Dutch Standards for Bicycle Traffic Facilities)





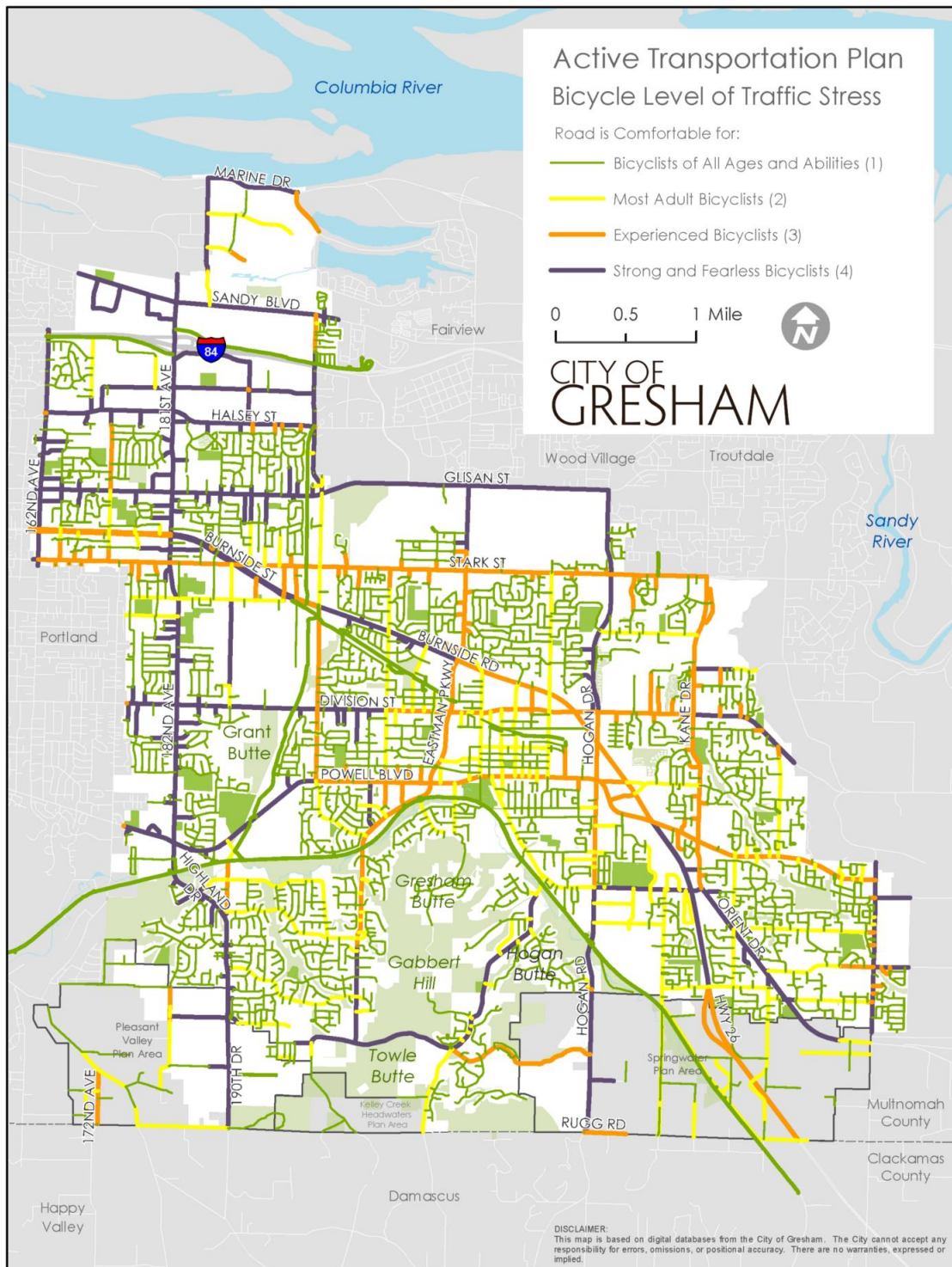
ภาพที่ 2-4 ระดับความกดดันจากการจราจรต่อการใช้จักรยานบนช่องทาง 4 รูปแบบ  
ที่มา: Alta Planning (2017)

นอกจากนี้งานวิจัยของ Mekuria และคณะ ได้ถูก Alta Planning (2017) นำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเส้นทางจักรยาน เช่น การพัฒนาและปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานสำหรับจักรยาน เป็นต้น โดยมีตัวอย่าง ดังภาพที่ 2-5 และภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-5 แสดงการใช้ LTS จัดการเส้นทางก่อนและหลังการพัฒนาและปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน  
ที่มา: Alta Planning (2017)

จากภาพที่ 2-5 ผลลัพธ์หลังพัฒนาและปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานสำหรับจักรยาน ช่วยให้มียุทธศาสตร์ในการเดินทางโดยใช้จักรยานเพิ่มขึ้น 2 เท่า



ภาพที่ 2-6 แสดงการใช้ LTS จัดการเส้นทางของเมือง Gresham รัฐโอเรกอน ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มา: Alta Planning (2017)

Hoffmann (2016) ได้กล่าวถึงความแตกต่างระหว่างแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ (Ordered Logistic Regression Model) และแบบจำลองการถดถอยโพรบิตแบบเรียงลำดับ (Ordered Probit Regression Model) ว่าแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับมีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลส่วนใหญ่แบบโลจิสติก (Logistic) ต่างจากแบบจำลองการถดถอยโพรบิตแบบเรียงลำดับที่มีลักษณะข้อมูลส่วนใหญ่เป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งภาพรวมของข้อมูลในแต่ละแบบจำลอง จะถูกประเมินด้วยมาตราส่วนลำดับ (Ordinal Scale) ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป เช่น เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยแต่ละแบบจำลองมีจุดตัดแบ่งระหว่างกลุ่มเพื่อแยกหมวดหมู่ในแง่ของความน่าจะเป็น {Hoffmann, 2016 #56}

## 2.7 สรุปผลการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันสามารถพบเห็นการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าได้โดยทั่วไป ซึ่งสล็อตเตอร์ไฟฟ้ามักมีการใช้งานคล้ายคลึงกับจักรยาน เป็นพาหนะที่เหมาะสมกับการใช้งานในระยะสั้น และสามารถใช้งานได้เกือบทุกเส้นทางคล้ายจักรยานโดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละเส้นทาง ในงานวิจัยนี้แบ่งความเหมาะสมโดยเลือกปัจจัยที่มีผลต่อถนนและทางเท้า ซึ่งเป็นปัจจัยที่จะมีผลต่อความรู้สึกรับรู้ที่กำหนด

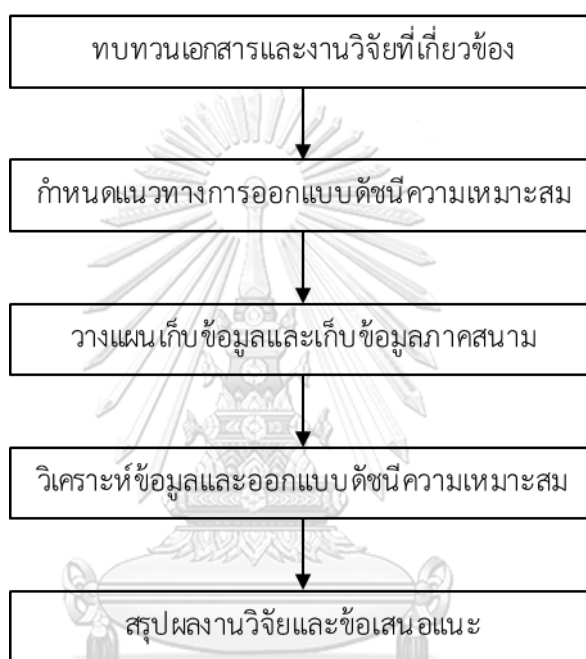
สำหรับบทบาทการใช้สล็อตเตอร์ไฟฟ้าทั้งบทบาทในไทยและในต่างประเทศ พบว่าข้อกำหนดในไทยยังไม่แน่ชัด โดยข้อกำหนดของไทยในปัจจุบันสล็อตเตอร์ไฟฟ้าเข้าข่ายเป็นรถจักรยานยนต์ ทำให้ไม่สามารถใช้งานบนเส้นทางสาธารณะได้ เช่น ถนน ทางเท้า ช่องทางจักรยาน รวมไปถึงโครงสร้างพื้นฐานที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการใช้งาน ทำให้ปัญหาที่พบเป็นอุปสรรคต่อผู้ใช้สล็อตเตอร์ไฟฟ้าและก่อผลกระทบต่อผู้คนทั่วไป เช่นเดียวกันในต่างประเทศก็มีความแตกต่างเรื่องข้อกำหนดเกี่ยวกับการอนุญาตให้ใช้สล็อตเตอร์ไฟฟ้าในแต่ละเส้นทาง โดยส่วนใหญ่มักให้ใช้ร่วมกับจักรยานในช่องทางจักรยานทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในแต่ละพื้นที่ด้วย

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสล็อตเตอร์ไฟฟ้านั้น ประสบปัญหา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังมีน้อย ทำให้ไม่สามารถหาแนวทางการจัดทำดัชนีความเหมาะสมได้อย่างแน่ชัด จึงจำเป็นต้องนำเอาแนวทางการใช้จักรยานและแนวทางอื่น เพื่อนำไปประยุกต์ใช้รวมอยู่ด้วย ทั้งนี้ แนวทางที่ผู้วิจัยใช้ดำเนินงานวิจัยจะนำปัจจัยส่วนหนึ่งในหัวข้อ “2.3 ความเหมาะสมของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้า” มาประยุกต์ใช้ ซึ่งเป็นเงื่อนไขมาตรฐานขั้นต่ำสำหรับการใช้สล็อตเตอร์ไฟฟ้า ต่อมาจะนำหัวข้อ “2.5 ประเภทการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูล” มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนเก็บข้อมูล และเก็บข้อมูล สุดท้ายจะนำหัวข้อ “2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง” มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และออกแบบดัชนีความเหมาะสม โดยแนวทางที่ผู้วิจัยใช้ดำเนินงานวิจัยจะอธิบายและเสนอในบทที่

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนและทางเท้า โดยเนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัย เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แผนภาพขั้นตอนงานวิจัย

การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่แนวทางการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งแนวทางที่ได้ช่วยให้สามารถวางแผนเก็บข้อมูลภาคสนาม และผลจากการเก็บข้อมูลจะนำไปสู่การวิเคราะห์และออกแบบดัชนีความเหมาะสมสุดท้ายผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปสู่บทสรุปของงานวิจัยนี้

#### 3.1 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

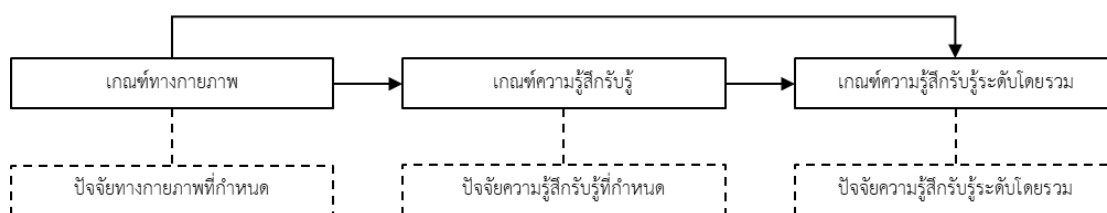
งานวิจัยนี้ได้ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบไปด้วย

- องค์ความรู้เกี่ยวกับสวิตเตอร์ไฟฟ้า
  - ความเป็นมาของสวิตเตอร์ไฟฟ้า
  - ลักษณะของสวิตเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

- ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในปัจจุบัน
- การเดินทางด้วยสวิตเตอร์ไฟฟ้า
  - ลักษณะการเดินทางด้วยสวิตเตอร์ไฟฟ้า
  - ระดับผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้า
- ความเหมาะสมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า
  - เส้นทางของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า
  - สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเหมาะสมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า
- บทบาทการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้า
  - การใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในต่างประเทศ
  - การใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในประเทศไทย
  - สรุปบทบาทการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าในบางประเทศ
- ประเภทการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูล
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
  - งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสวิตเตอร์ไฟฟ้า
  - งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบดัชนี
- สรุปผลการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 3.2 แนวทางการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ได้แนวทางการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า โดยจะกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพทางกายภาพและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกรับรู้ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกันจากการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าทดสอบบนเส้นทางในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะแบ่งแนวทางเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เกณฑ์ทางกายภาพ เกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ และเกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3-2 แผนภาพลำดับความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์

จากภาพที่ 3-2 เกณฑ์ทางกายภาพประกอบด้วยปัจจัยทางกายภาพที่กำหนด เกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ประกอบด้วยปัจจัยความรู้สึกรับรู้ที่กำหนด และเกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมประกอบด้วยปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม ซึ่งเกณฑ์ทางกายภาพมีความสัมพันธ์ไปสู่เกณฑ์ความรู้สึกรับรู้และเกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม สุดท้ายเกณฑ์ความรู้สึกรับรู้มีความสัมพันธ์ไปสู่เกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม

ดังนั้นผู้วิจัยจำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองทางสถิติเพื่อระบุแนวทางที่กำหนดไว้ข้างต้น สำหรับพัฒนาดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งดัชนีหมายถึงตัวชี้วัดของระดับคะแนนความรู้สึกรับรู้ต่อการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า ที่สามารถแบ่งได้ตามแบบจำลองปัจจัยความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมกับปัจจัยทางกายภาพที่เป็นตัวกำหนดตัวชี้วัด เพื่อกำหนดแนวทางประเมินเส้นทางที่เหมาะสมต่อการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า

### 3.2.1 การกำหนดเกณฑ์ทางกายภาพ

การกำหนดเกณฑ์ทางกายภาพได้กำหนดปัจจัยทั้งหมด 10 ปัจจัย เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพทางกายภาพ ตามที่ผู้วิจัยสามารถพึงประเมินได้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความเหมาะสมและมีความเกี่ยวข้องของการใช้งานใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าทั้งบนถนนและทางเท้า โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การกำหนดเกณฑ์ทางกายภาพ

ลำดับที่	ปัจจัย	ตัดแปลงจากแหล่งอ้างอิง
1	ความเสียหายของพื้นผิว	กรมทางหลวง และ สถาบันการขนส่ง (2558)
2	สิ่งกีดขวางบนพื้นผิว	กรมทางหลวง และ สถาบันการขนส่ง (2558)
3	ความกว้างของช่องทาง (ถนน)	กรมทางหลวงชนบท (2558) อ้างถึงใน สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2559)
	ความกว้างของช่องทาง (ทางเท้า)	American Association of State Highway and Transportation Official [AASTHO] (2010)
4	ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร	กรมทางหลวง และ สถาบันการขนส่ง (2558)
5	วัสดุพื้นผิว	กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น (2548)
6	ความตรงของเส้นทาง	กรมทางหลวงชนบท (2558) อ้างถึงใน สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2559)
		กรมทางหลวง (2558) อ้างถึงใน สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2559)
7	ความต่อเนื่องของเส้นทาง	Georgia Department of Transportation [GDOT] (2019)

ตารางที่ 3-1 การกำหนดเกณฑ์ทางกายภาพ (ต่อ)

ลำดับที่	ปัจจัย	ตัดแปลงจากแหล่งอ้างอิง
8	ความเร็วกระแสจราจร	กรมโยธาธิการและผังเมือง (2549)
9	ปริมาณกระแสจราจร	สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2559) สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2562) สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง (2562)
10	สภาพแวดล้อมข้างทาง	กรมทางหลวง และ สถาบันการขนส่ง (2558)

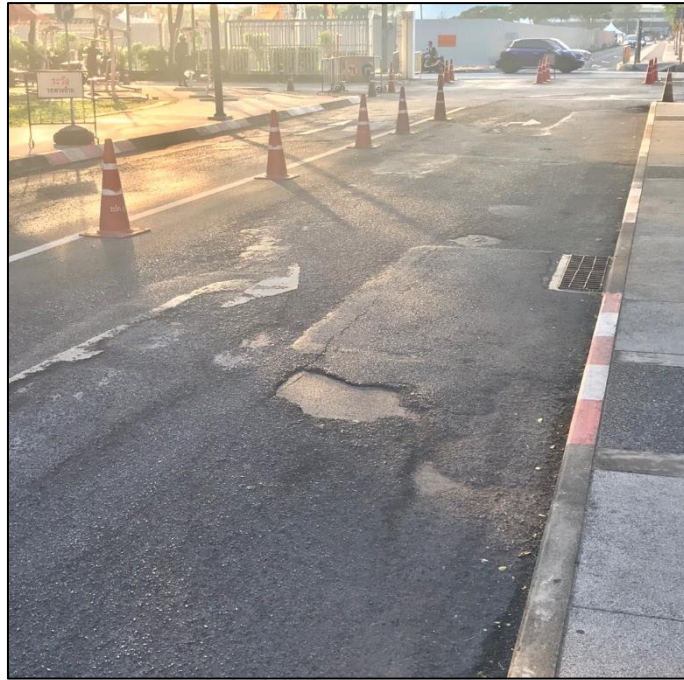
### ความเสียหายของพื้นผิว

ความเสียหายของพื้นผิวตามงานวิจัยนี้ ได้ตัดแปลงจากปัจจัยที่ใช้ในโครงการพัฒนาระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนนสำหรับกรมทางหลวง ระยะที่ 1 พ.ศ. 2558 {กรมทางหลวงและสถาบันการขนส่ง, 2558 #1} บ่งบอกถึงสภาพของพื้นผิวบนเส้นทาง โดยพิจารณาจากความเสียหาย ความขรุขระ หลุมบ่อ ที่ส่งผลให้พื้นผิวมีสภาพไม่ปกติ แต่ไม่รวมความเสียหายเล็กน้อย เช่น รอยร้าว เป็นต้น ส่งผลให้ผู้ขับขี่สเก็ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มไม่สามารถใช้ความเร็วที่เหมาะสมได้ โดยมีเงื่อนไขการประเมินดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 เกณฑ์การประเมินด้านความเสียหายของพื้นผิว

ปัจจัย	คะแนน	ลักษณะ
ความเสียหายของพื้นผิว	1	พื้นผิวไม่มีความเสียหาย มีความราบเรียบ ไม่มีหลุมบ่อ อยู่ในสภาพปกติ
	0	พื้นผิวมีความเสียหาย มีความขรุขระ มีหลุมบ่อ แตกต่างจากสภาพปกติ

จากตารางที่ 3-2 หากในเส้นทางมีลักษณะของปัจจัยความเสียหายของพื้นผิวหลายเงื่อนไข จะใช้เงื่อนไขที่คะแนนน้อยที่สุด นอกจากนี้ตัวอย่างของความเสียหายของพื้นผิว มีตัวอย่างดังภาพที่ 3-3 และภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-3 ความเสียหายของพื้นผิวถนน



ภาพที่ 3-4 ความเสียหายของพื้นผิวทางเท้า

### สิ่งกีดขวางบนพื้นผิว

สิ่งกีดขวางบนพื้นผิวตามงานวิจัยนี้ ได้ตัดแปลงจากปัจจัยที่ใช้ในโครงการพัฒนาระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนนสำหรับกรมทางหลวง ระยะที่ 1 พ.ศ. 2558 {กรมทางหลวงและสถาบันการขนส่ง, 2558 #1} ปงบอกถึงสิ่งกีดขวางบนพื้นผิวบนเส้นทาง โดยพิจารณาจากพาหนะที่



จอดนิ่งตามไหล่ทาง วัตถุประสงค์ขวางการจราจรต่าง ๆ และท่อระบายน้ำ ส่งผลให้ผู้ใช้สฎูเตอร์ไฟฟ้ามี  
แนวโน้มต้องหยุดหรือหลบหลีก โดยมีเงื่อนไขการประเมินดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 เกณฑ์การประเมินด้านสิ่งกีดขวางบนพื้นผิว

ปัจจัย	คะแนน	ลักษณะ
สิ่งกีดขวางบนพื้นผิว	1	เส้นทางไม่มีสิ่งกีดขวางบนพื้นผิวหรือมีติดต่อกันน้อยกว่า 3 เมตร
	0	เส้นทางมีสิ่งกีดขวางบนพื้นผิวติดต่อกันอย่างน้อย 3 เมตร

จากตารางที่ 3-3 หากในเส้นทางมีลักษณะของปัจจัยสิ่งกีดขวางบนพื้นผิวหลายเงื่อนไข จะใช้  
เงื่อนไขที่คะแนนน้อยที่สุด นอกจากนี้ตัวอย่างของสิ่งกีดขวางที่มีเงื่อนไขกีดขวางติดต่อกันอย่างน้อย 3  
เมตร มีตัวอย่างดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 มีวัตถุไม่พึงประสงค์กีดขวางช่องทาง

#### ความกว้างของช่องทาง

ความกว้างของช่องทางตามงานวิจัยนี้ ได้แยกเงื่อนไขตามประเภทถนนและทางเท้า โดยถนน  
ได้ใช้มาตรฐานการออกแบบทางจักรยาน กรมทางหลวงชนบท พ.ศ. 2558 ซึ่งได้แบ่งประเภทของทาง  
จักรยานไว้ (กรมทางหลวงชนบท, 2558 อ้างถึงใน สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร,  
2559) {กรมทางหลวงชนบท, 2558 #2;สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559 #8}  
โดยมีเงื่อนไขการประเมินดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 เกณฑ์การประเมินด้านความกว้างของช่องทาง (ถนน)

ปัจจัย	คะแนน	ลักษณะ
ความกว้างของช่องทาง (ถนน)	1	Multi-Use Path (MP) เป็นทางจักรยานแบบจัดพื้นที่แยกเฉพาะ เช่น ไหล่ทางที่มีแนวหรืออุปกรณกั้น (Buffer) หรือทางจักรยานที่แยกคันทาง
		Cycle Lane (BL) เป็นทางจักรยานที่จัดช่องทางสำหรับจักรยานโดยเฉพาะ โดยใช้ผิวจราจรแบ่งเป็นทางจักรยานหรือใช้ไหล่ทาง ใช้การตีเส้นจราจรแบ่งเป็นช่องทางสำหรับจักรยานโดยเฉพาะ โดยไม่มีแนวหรืออุปกรณกั้น (Buffer)
	0	Wide Curb Lane (WCL) เป็นทางจักรยานที่ใช้ช่องทางจราจรร่วมกับยานพาหนะอื่น ๆ เช่น ช่องจราจรติดคันขอบถนนหรือที่จอดรถริมทาง โดยทำช่องจราจรที่ใช้ร่วมกับจักรยานให้มีความกว้างมากกว่าปกติ
		Shared Lane (SL) เป็นทางจักรยานที่ใช้ช่องทางจราจรร่วมกับยานพาหนะอื่น ๆ ในช่องจราจรปกติ อาจจะใช้เครื่องหมายจักรยานบนพื้นทาง โดยใช้ความกว้างของถนนเท่าความกว้างของถนนตามปกติ ในกรณีที่เขตทางแคบ เช่น ถนนในเมือง

จากตารางที่ 3-4 หากในเส้นทางมีลักษณะของปัจจัยความกว้างของช่องทางถนนหลายเงื่อนไข จะใช้เงื่อนไขที่คะแนนน้อยที่สุด นอกจากนี้ตัวอย่างของความกว้างของช่องทางถนนที่มีช่องทางจักรยาน มีตัวอย่างดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 ช่องทางจักรยาน

ส่วนทางเท้าใช้ความกว้างสุทธิ ซึ่งเป็นความกว้างที่ใช้ได้จริง โดยไม่มีวัตถุบดบังหรือมีสิ่งกีดขวางบนช่องทาง (ภาพที่ 3-7) ซึ่งทำการหาค่าเฉลี่ยจากการแบ่งเป็น 3 ส่วนย่อย ในแต่ละเส้นทาง แล้วเปรียบเทียบเงื่อนไขดังตารางที่ 3-5



ภาพที่ 3-7 ความกว้างสุทธิของทางเท้า

ASTHO (2010) ได้กำหนดมาตรฐานช่องทางจักรยาน โดยกำหนดระยะจักรยาน 0.75 เมตร ช่องทางจักรยานต้องกว้าง 1.5 เมตร ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลความกว้างสุทธิเฉลี่ยบนพื้นที่ศึกษา แล้วพบว่า เมื่อกำหนดความกว้างสุทธิเฉลี่ยอย่างน้อย 1.5 เมตร จะได้สัดส่วนข้อมูลครอบคลุมมากเกินไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงปรับเงื่อนไขเป็นความกว้างสุทธิเฉลี่ยอย่างน้อย 2 เมตร ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 เกณฑ์การประเมินด้านความกว้างของช่องทาง (ทางเท้า)

ปัจจัย	คะแนน	ลักษณะ
ความกว้างของช่องทาง (ทางเท้า)	1	ความกว้างสุทธิเฉลี่ยอย่างน้อย 2 เมตร
	0	ความกว้างสุทธิเฉลี่ยน้อยกว่า 2 เมตร

### ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร

ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจรตามงานวิจัยนี้ได้ตัดแปลงจากปัจจัยที่ใช้ในโครงการพัฒนาระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนนสำหรับกรมทางหลวง ระยะที่ 1 พ.ศ. 2558 {กรมทางหลวงและสถาบันการขนส่ง, 2558 #1} ซึ่งแบ่งความชัดเจนโดยดูจากความเข้มของสีเส้นจราจรบนวัสดุพื้นผิวหรือการกำหนดเส้นจราจรทั่วไป (ภาพที่ 3-8) โดยมีเงื่อนไขการประเมินดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 เกณฑ์การประเมินด้านความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร

ปัจจัย	คะแนน	ลักษณะ
ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร	1	เส้นแบ่งช่องทางจราจรมีความชัดเจน
	0	เส้นแบ่งช่องทางจราจรไม่มีความชัดเจน

จากตารางที่ 3-6 หากในเส้นทางมีลักษณะของปัจจัยความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจรหลายเงื่อนไข จะใช้เงื่อนไขที่คะแนนน้อยที่สุด



ภาพที่ 3-8 ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร

### วัสดุพื้นผิว

วัสดุพื้นผิวตามงานวิจัยนี้ได้เลือกวัสดุพื้นผิวของถนนและทางเท้า ที่ได้แบ่งประเภทใหญ่ ๆ ตามมาตรฐานถนน ทางเดิน และทางเท้า พ.ศ. 2548 ของกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น {กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2548 #5} ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกวัสดุพื้นผิวทั่วไปที่เห็นได้ชัดเจนในเขตเมืองทั้งหมด 3 ประเภท ดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 เกณฑ์การประเมินด้านวัสดุพื้นผิว

ปัจจัย	ประเภทวัสดุพื้นผิว	คะแนน	ลักษณะ
วัสดุพื้นผิว	ลาดยาง	1	พื้นผิวเรียบ ไม่มีรอยต่อ มีความยืดหยุ่นดี และทนทานต่อการใช้งานได้ดี
	กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น	0.5	มีมักใช้เป็นพื้นผิวทางเท้า มีความคงทน แต่มีรอยต่อที่ถี่
	คอนกรีต	0	มีความคงทนต่อการใช้งานค่อนข้างดี แต่พื้นผิวไม่ค่อยเรียบเนื่องจาก รอยต่อ

จากตารางที่ 3-7 หากในเส้นทางมีลักษณะของปัจจัยวัสดุพื้นผิวหลายเงื่อนไข จะใช้เงื่อนไขที่คะแนนน้อยที่สุด หรือตามความคิดเห็นของผู้วิจัย

### ความตรงของเส้นทาง

ความตรงตามงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงจากแนวทางคู่มือในการพิจารณาความเหมาะสมในการจัดทำทางจักรยานในเขตเมืองของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร ได้กล่าวถึงกรมทางหลวงชนบทที่ได้กำหนดการออกแบบโค้งแนวราบสำหรับเส้นทางจักรยาน {กรมทางหลวงชนบท, 2558 #2} โดยให้ใช้ความเร็วในการออกแบบทางโค้งไม่เกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ค่าอัตราการยกโค้งไม่เกิน 0.02 (2%) ซึ่งจะได้รัศมีโค้งราบต่ำสุด 24 เมตร ที่สามารถคำนวณได้จากสูตรและตารางที่ 3-8 ดังนี้

$$R = \frac{v^2}{127(e + f)}$$

โดยที่  $R$  คือ รัศมีโค้งราบต่ำสุด (เมตร)

$v$  คือ ความเร็วของจักรยาน (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

$e$  คือ อัตราการยกโค้ง (เมตร/เมตร)

$f$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (0.28 ที่ความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

ตารางที่ 3-8 รัศมีโค้งราบต่ำสุดสำหรับการออกแบบทางจักรยาน (เมตร)

ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (ผิวทางลาดยางหรือคอนกรีต)	อัตราการยกโค้ง (%)					
		0	2	3	4	5	6
20	0.31	10	10	9	9	9	9
30	0.28	25	24	23	22	21	21
40	0.25	50	47	45	43	42	41
50	0.21	94	86	82	79	76	73

ที่มา: กรมทางหลวง (2558) อ้างถึงใน สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2559) {กรมทางหลวง, 2558 #59;สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559 #8}

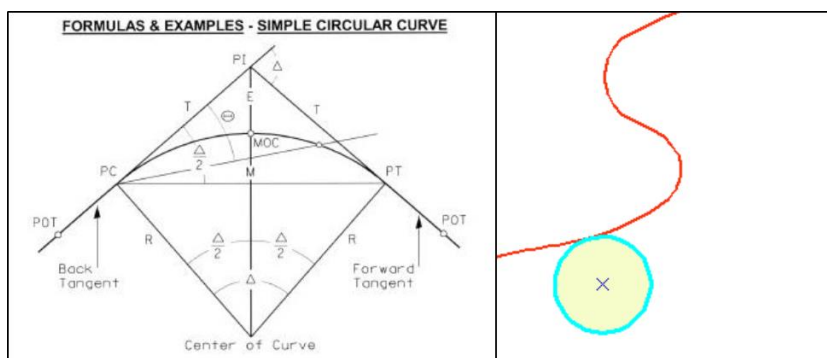
โดยมีเงื่อนไขการประเมินดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 เกณฑ์การประเมินด้านความตรงของเส้นทาง

ปัจจัย	คะแนน	ลักษณะ
ความตรงของเส้นทาง	1	ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร
	0	ทางโค้งที่มีรัศมีน้อยกว่า 24 เมตร

จากตารางที่ 3-9 หากในเส้นทางมีลักษณะความตรงหลายเงื่อนไข จะใช้เงื่อนไขที่คะแนนน้อยที่สุด

การวิเคราะห์หาทางโค้งสามารถใช้แนวคิด Curve Detection (อ้างถึงในโครงการพัฒนาระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนนสำหรับกรมทางหลวง ระยะที่ 1 พ.ศ. 2558) นำมาวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีรัศมีความโค้งน้อยกว่า 24 เมตร โดยการสร้างวงกลมรัศมี 24 เมตร และเคลื่อนวงกลมไปตามแนวเส้นทาง ให้เส้นรอบวงสัมผัสกับแนวเส้นทาง เพื่อตรวจหาแนวเส้นทางที่ตัดกับพื้นที่วงกลมรัศมี 24 เมตร ถ้าตัดกันแสดงว่าเส้นทางนั้นมีรัศมีความโค้งน้อยกว่า 24 เมตร {กรมทางหลวงและสถาบันการขนส่ง, 2558 #1} ดังภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-9 หลักการวิเคราะห์ Curve Detection

ที่มา: กรมทางหลวงชนบท และ สถาบันขนส่ง (2558)

### ความต่อเนื่องของเส้นทาง

ความต่อเนื่องของเส้นทางตามงานวิจัยนี้ได้ดัดแปลงจาก Regulations for Driveway and Encroachment Control {Georgia Department of Transportation, 2019 #53} กำหนดเรื่องทางขับซี (Driveways) สำหรับการเดินรถทางเดียว ที่สามารถขับซีได้ต่อเนื่องจนถึงทางแยก โดยมีเงื่อนไขการประเมินดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 เกณฑ์การประเมินด้านความต่อเนื่องของเส้นทาง

ปัจจัย	คะแนน	ประเภทถนน	ความต่อเนื่อง (เมตรต่อทางแยก)	ลักษณะ
ความต่อเนื่องของเส้นทาง	1	ถนนสายย่อย (เขตทาง ≤8 เมตร) หรือ ถนนสายรอง (เขตทาง 10-16 เมตร)	≥40	ถนนสายย่อยหรือถนนสายรองที่มีความต่อเนื่องของเส้นทางอย่างน้อย 40 เมตร จนกระทั่งถึงทางแยก
	0.67	ถนนสายหลัก	<40	ถนนสายย่อยหรือถนนสายรองที่มีความต่อเนื่องของเส้นทางน้อยกว่า 40 เมตร จนกระทั่งถึงทางแยก
	0.33	ถนนสายหลัก (เขตทาง 18-30 เมตร)	≥60	ถนนสายหลักที่มีความต่อเนื่องของเส้นทางอย่างน้อย 60 เมตร จนกระทั่งถึงทางแยก
	0	ถนนสายหลัก (เขตทาง 18-30 เมตร)	<60	ถนนสายหลักที่มีความต่อเนื่องของเส้นทางน้อยกว่า 60 เมตร จนกระทั่งถึงทางแยก

จากตารางที่ 3-10 หากในเส้นทางมีลักษณะของปัจจัยความต่อเนื่องหลายเงื่อนไข จะใช้การเฉลี่ยคะแนน เพื่อให้ได้คะแนนภาพรวมมากที่สุด

### ความเร็วกระแสรถจักรยาน

ความเร็วกระแสรถจักรยานตามงานวิจัยนี้ ได้แยกประเภทถนนตามการกำหนดความเร็วและความเร็วที่ออกแบบ ซึ่งได้ตัดแปลงจากเกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ. 2549 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง {กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2549 #4} โดยมีเงื่อนไขการประเมินดังตารางที่ 3-11

ตารางที่ 3-11 เกณฑ์การประเมินด้านความเร็วกระแสรถจักรยาน

ปัจจัย	คะแนน	ประเภทถนน	ความเร็วกระแสรถจักรยานเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ลักษณะ
ความเร็ว กระแสรถจักรยาน	1	ถนนสายย่อย (เขตทาง ≤8 เมตร)	กำหนด ≤30 หรือ ออกแบบ 40	ถนนภายในเขตหรือย่าน สำหรับการเข้าหรือออกถนนสายรอง ที่กำหนดความเร็วกระแสรถจักรยานไม่เกิน 30 กม.ต่อชม. หรือออกแบบสำหรับความเร็วเฉลี่ย 40 กม.ต่อชม.
		ถนนสายรอง (เขตทาง 10-16 เมตร)	กำหนด 30-60 หรือ ออกแบบ 50	การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละย่าน กระจายการจราจร โดยเชื่อมต่อระหว่างถนนสายหลักและถนนสายย่อย ที่กำหนดความเร็วกระแสรถจักรยาน 30 ถึง 60 กม.ต่อชม. หรือออกแบบสำหรับความเร็วเฉลี่ย 50 กม.ต่อชม.
	0	ถนนสายหลัก (เขตทาง 18-30 เมตร)	กำหนด 50-70 หรือ ออกแบบ 65	ผ่านเข้าออกเมืองหรือชุมชนและกระจายการจราจรไปยังพื้นที่ต่าง ๆ โดยเชื่อมต่อระหว่างถนนสายประธานและถนนสายรอง ที่กำหนดความเร็วกระแสรถจักรยาน 50 ถึง 70 กม.ต่อชม. หรือออกแบบสำหรับความเร็วเฉลี่ย 65 กม.ต่อชม.

### ปริมาณกระแสรถจักรยาน

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2562) ได้สรุปอัตราความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ส่วนบุคคลในเขตกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2562 พบว่าอัตราความเร็วเฉลี่ยโดยภาพรวมประจำเดือนมิถุนายนถึงตุลาคมในเวลาเร่งด่วนเช้า 7:00-9:00 (ขาเข้าเมือง) มีค่า 15.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และในเวลาเร่งด่วนเย็น 16:00-19:00 (ขาออกเมือง) มีค่า 21.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง {สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2562 #9}

ซึ่งมีแนวโน้มเป็นช่วงที่มีปริมาณกระแสรถจักรยานหนาแน่นมากที่สุด ทำให้อยู่ในเงื่อนไขเส้นทางที่ความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์น้อยกว่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามรายงานคู่มือมาตรฐานด้านการ



จัดระบบการจราจร เรื่อง แนวทาง/คู่มือในการพิจารณาความเหมาะสมในการจัดทำทางจักรยานในเขตเมือง {สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559 #8}

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2559) ได้กล่าวถึงเส้นทางที่ความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์น้อยกว่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถ้ากรณีมีปริมาณกระแสจราจรเฉลี่ยน้อยกว่า 3,000 คันต่อวันต่อปี รถจักรยานสามารถใช้ช่องทางจราจรร่วมกับยานพาหนะอื่น ๆ ในช่องจราจรปกติ (SL) ได้ ถ้ากรณีมีปริมาณกระแสจราจรมากกว่า 3,000 คัน แต่ไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี รถจักรยานสามารถใช้ช่องทางจราจรร่วมกับยานพาหนะอื่น ๆ เช่น ช่องจราจรติดคันขอบถนนหรือที่จอดรถริมทาง (WCL) ได้ และถ้ากรณีมีปริมาณกระแสจราจรมากกว่า 5,000 คันต่อวันต่อปี จะไม่สามารถดำเนินการทำช่องทางจักรยานได้

จากข้อมูลข้างต้น ทางผู้วิจัยจะกำหนดเงื่อนไขที่ปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี และปริมาณกระแสจราจรมากกว่า 5,000 คันต่อวันต่อปี จากความสามารถดำเนินการทำช่องทางจักรยาน นอกจากนี้สามารถเทียบหน่วยเทียบเท่ารถยนต์นั่ง (Passenger Car Unit: PCU) สำหรับรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน หรือรถยนต์นั่งเกิน 7 คน ได้ 5,000 PCU ต่อวันต่อปี {สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง, 2562 #3} โดยมีเงื่อนไขการประเมินดังตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-12 เกณฑ์การประเมินด้านปริมาณกระแสจราจร

ปัจจัย	คะแนน	ลักษณะ
ปริมาณกระแสจราจร	1	ปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี หรือไม่เกิน 5,000 PCU ต่อวันต่อปี
	0	ปริมาณกระแสจราจรเกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี หรือเกิน 5,000 PCU ต่อวันต่อปี

#### สภาพแวดล้อมข้างทาง

สภาพแวดล้อมข้างทางตามงานวิจัยนี้ ได้ดัดแปลงจากปัจจัยที่ใช้ในโครงการพัฒนาระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนนสำหรับกรมทางหลวง ระยะที่ 1 พ.ศ. 2558 {กรมทางหลวงและสถาบันการขนส่ง, 2558 #1} โดยพิจารณาเกี่ยวกับ มนุษย์ สัตว์ หรือวัตถุใด ๆ ที่อยู่บริเวณข้างทาง ซึ่งอาจจะรบกวนแก่ผู้ใช้สื่อกู้เตอร์ไฟฟ้าผ่านสิ่งก่อสร้าง เช่น ทางม้าลาย ทางเดินเข้าออกอาคาร พื้นที่ชุมชน ฯลฯ โดยมีเงื่อนไขการประเมินดังตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-13 เกณฑ์การประเมินด้านสภาพแวดล้อมข้างทาง

ปัจจัย	คะแนน	ลักษณะ
สภาพแวดล้อมข้างทาง	1	สภาพแวดล้อมไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง
	0	สภาพแวดล้อมมีสิ่งรบกวนข้างทาง

จากตารางที่ 3-13 หากในเส้นทางมีลักษณะของปัจจัยสภาพแวดล้อมข้างทางหลายเงื่อนไข จะใช้เงื่อนไขที่คะแนนน้อยที่สุด

### 3.2.2 การกำหนดเกณฑ์ความรู้สึกรับรู้

การกำหนดเกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ได้กำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกรับรู้ทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ด้านความสะดวกสบาย ด้านความเร็ว และด้านความปลอดภัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### ปัจจัยด้านความสะดวกสบาย

ปัจจัยด้านความสะดวกสบายมีวัตถุประสงค์เพื่อบ่งบอกถึงความสะดวกสบายของเส้นทาง ที่เอื้อต่อการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า โดยปัจจัยด้านความสะดวกสบายพิจารณาจากระดับความพึงพอใจของผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้า

#### ปัจจัยด้านความเร็ว

ปัจจัยด้านความเร็วมีวัตถุประสงค์เพื่อบ่งบอกถึงความสามารถของเส้นทาง ที่ผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าสามารถพึงกระทำความเร็วได้ โดยปัจจัยด้านความเร็วพิจารณาจากระดับความพึงพอใจของผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้า

#### ปัจจัยด้านความปลอดภัย

ปัจจัยด้านความปลอดภัยมีวัตถุประสงค์เพื่อบ่งบอกถึงความปลอดภัยของเส้นทาง ที่ผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าสามารถรู้สึกได้ โดยปัจจัยด้านความปลอดภัยพิจารณาจากระดับความพึงพอใจของผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้า

### 3.2.3 การกำหนดเกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม

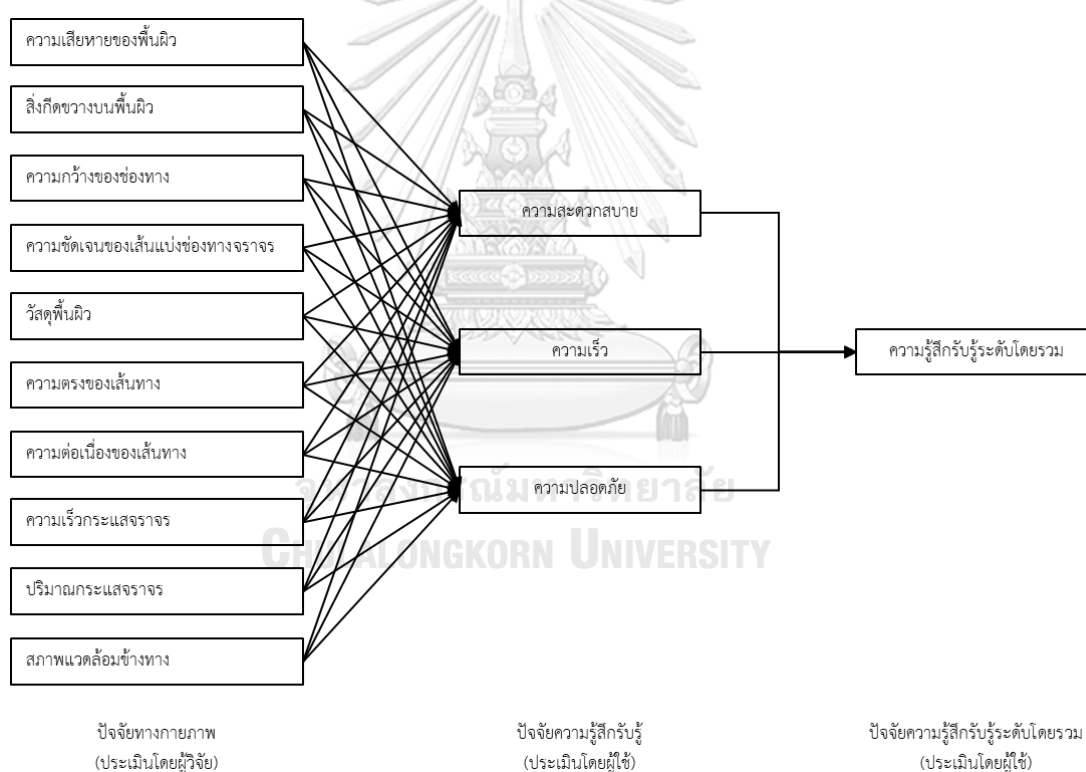
การกำหนดเกณฑ์ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม พิจารณาจากการจัดระดับความรู้สึกรับรู้ทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ด้านความสะดวกสบาย ด้านความเร็ว และด้านความปลอดภัย ที่ค่าเฉลี่ย

น้ำหนักของค่าน้ำหนักคะแนนในแต่ละปัจจัย เพื่อให้ได้การจัดระดับโดยรวม (Overall rating) หรือระดับความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม

### 3.2.4 การกำหนดระดับความสำคัญของปัจจัย

ระดับที่ 1 ประกอบไปด้วยปัจจัยทางกายภาพ ปัจจัยความรู้สึกรับรู้ และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม โดยการจัดระดับโดยรวมมาจากภาพรวมในแต่ละปัจจัยความรู้สึกรับรู้ทั้ง 3 ปัจจัย ดังภาพที่ 3-10

ระดับที่ 2 ดำเนินการวัดระดับความรู้สึกรับรู้ความพึงพอใจของอาสาสมัครผู้ใช้สก็ูเตอร์ไฟฟ้าในแต่ละปัจจัยความรู้สึกรับรู้และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม ส่วนปัจจัยทางกายภาพจะทำการประเมินโดยผู้วิจัย โดยพิจารณาจากเกณฑ์การประเมินที่กำหนด



ภาพที่ 3-10 แผนภาพระดับความสำคัญของปัจจัย

จากภาพที่ 3-10 ในการระบุปัจจัยทางกายภาพโย่งไปหาปัจจัยความรู้สึกรับรู้ นั้น อาศัยแนวโน้มที่ปัจจัยในส่วนปัจจัยทางกายภาพส่งผลต่อปัจจัยความรู้สึกรับรู้ในแต่ละปัจจัย พบว่าปัจจัยความรู้สึกรับรู้ทุกตัวได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางกายภาพทุกปัจจัย อันเนื่องมาจากผู้วิจัยไม่มีแนวคิด

และทฤษฎีมาสนับสนุนในการกำหนดความสัมพันธ์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะใช้กระบวนการวิเคราะห์ในการแยกแยะต่อไป โดยมีการขยายภาพที่ 3-10 ดังตารางที่ 3-14

ตารางที่ 3-14 ระดับความสำคัญของปัจจัย

ลำดับที่	ปัจจัยทางกายภาพ (ประเมินโดยผู้วิจัย)	ปัจจัยความรู้สึกรับรู้ (ประเมินโดยผู้ใช้)	ปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม (ประเมินโดยผู้ใช้)
1	ความเสียหายของพื้นผิว	ความสะดวกสบาย ความเร็ว ความปลอดภัย	ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม
2	สิ่งกีดขวางบนพื้นผิว		
3	ความกว้างของช่องทาง (ถนน)		
	ความกว้างของช่องทาง (ทางเท้า)		
4	ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร		
5	วัสดุพื้นผิว		
6	ความตรงของเส้นทาง		
7	ความต่อเนื่องของเส้นทาง		
8	ความเร็วกระแสรถ		
9	ปริมาณกระแสรถ		
10	สภาพแวดล้อมข้างทาง		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3.2.5 เกณฑ์การประเมิน

เกณฑ์การประเมินเป็นเครื่องมือสำหรับการให้คะแนน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ผู้วิจัยและผู้ใช้งานผู้ทดสอบไฟฟ้าในการประเมิน โดยประกอบไปด้วยเกณฑ์การประเมินปัจจัยทางกายภาพ (ผู้วิจัยประเมิน) เกณฑ์การประเมินความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม (อาสาสมัครผู้ใช้งานผู้ทดสอบไฟฟ้าประเมิน) โดยมีรายละเอียดดังนี้

### เกณฑ์การประเมินปัจจัยทางกายภาพ

ปัจจัยทางกายภาพทั้งหมด 10 ปัจจัย ได้พิจารณาลักษณะการประเมินและกำหนดเกณฑ์การประเมิน ซึ่งทำการประเมินโดยผู้วิจัยนั้น สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3-15

ตารางที่ 3-15 เกณฑ์การประเมินปัจจัยทางกายภาพ

ลำดับที่	ปัจจัย	ลักษณะการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1	ความเสียหายของพื้นผิว	พิจารณาจากความเสียหาย ความขรุขระ หลุมบ่อ โดยรวมของเส้นทาง	ดูตารางที่ 3-2
2	สิ่งกีดขวางบนพื้นผิว	พิจารณาจากสิ่งกีดขวางบนพื้นผิว ที่มีเงื่อนไขกีดขวางติดต่อกันอย่างน้อย 3 เมตร	ดูตารางที่ 3-3
3	ความกว้างของช่องทาง (ถนน)	พิจารณาจากประเภทของทางจักรยาน โดยนำมาปรับใช้กับสล็อตเตอร์ไฟฟ้า	ดูตารางที่ 3-4
	ความกว้างของช่องทาง (ทางเท้า)	พิจารณาความกว้างสุทธิเฉลี่ย ซึ่งเป็นความกว้างที่ใช้ได้จริง โดยหาค่าเฉลี่ยจากการแบ่งเป็น 3 ส่วนย่อย ในแต่ละส่วนหลักของเส้นทาง	ดูตารางที่ 3-5
4	ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร	พิจารณาความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร โดยดูจากความเข้มของสีเส้นจราจร	ดูตารางที่ 3-6
5	วัสดุพื้นผิว	พิจารณาประเภทวัสดุพื้นผิวของเส้นทาง	ดูตารางที่ 3-7
6	ความตรงของเส้นทาง	พิจารณาทางตรงและทางโค้ง	ดูตารางที่ 3-9
7	ความต่อเนื่องของเส้นทาง	พิจารณาความต่อเนื่องของเส้นทางก่อนถึงทางแยก	ดูตารางที่ 3-10
8	ความเร็วกระแสจราจร	พิจารณาเงื่อนไขความเร็วกระแสจราจรเฉลี่ยของพาหนะประเภทอื่น	ดูตารางที่ 3-11
9	ปริมาณกระแสจราจร	พิจารณาเงื่อนไขปริมาณกระแสจราจรในหน่วยรถยนต์	ดูตารางที่ 3-12
10	สภาพแวดล้อมข้างทาง	พิจารณาเกี่ยวกับ มนุษย์ สัตว์ หรือวัตถุใด ๆ ที่อาจจะรบกวนจากบริเวณข้างทางผ่านสิ่งก่อสร้าง	ดูตารางที่ 3-13

### เกณฑ์การประเมินความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกกับรู้ระดับโดยรวม

การออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าทั้งบนถนนและทางเท้า นั้น ในส่วนของปัจจัยความรู้สึกรับรู้และปัจจัยความรู้สึกกับรู้ระดับโดยรวมจะทำการประเมินโดยผู้ใช้สล็อตเตอร์ไฟฟ้าที่เป็นอาสาสมัคร โดยมีเกณฑ์การประเมินดังตารางที่ 3-16

ตารางที่ 3-16 เกณฑ์การประเมินความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม

คะแนน	ระดับของผลกระทบ	ความหมาย
+2	ผลกระทบเชิงบวกระดับ 2 (ดีมาก)	ปัจจัยมีความเหมาะสมมาก
+1	ผลกระทบเชิงบวกระดับ 1 (ดี)	ปัจจัยมีความเหมาะสม
0	ไม่มีผลกระทบ (ปกติ)	ปัจจัยอยู่ระดับปกติ
-1	ผลกระทบเชิงลบระดับ 1 (แย)	ปัจจัยมีอุปสรรค
-2	ผลกระทบเชิงลบระดับ 2 (แย่มาก)	ปัจจัยมีอุปสรรคมาก

### 3.3 การวางแผนเก็บข้อมูลและเก็บข้อมูลภาคสนาม

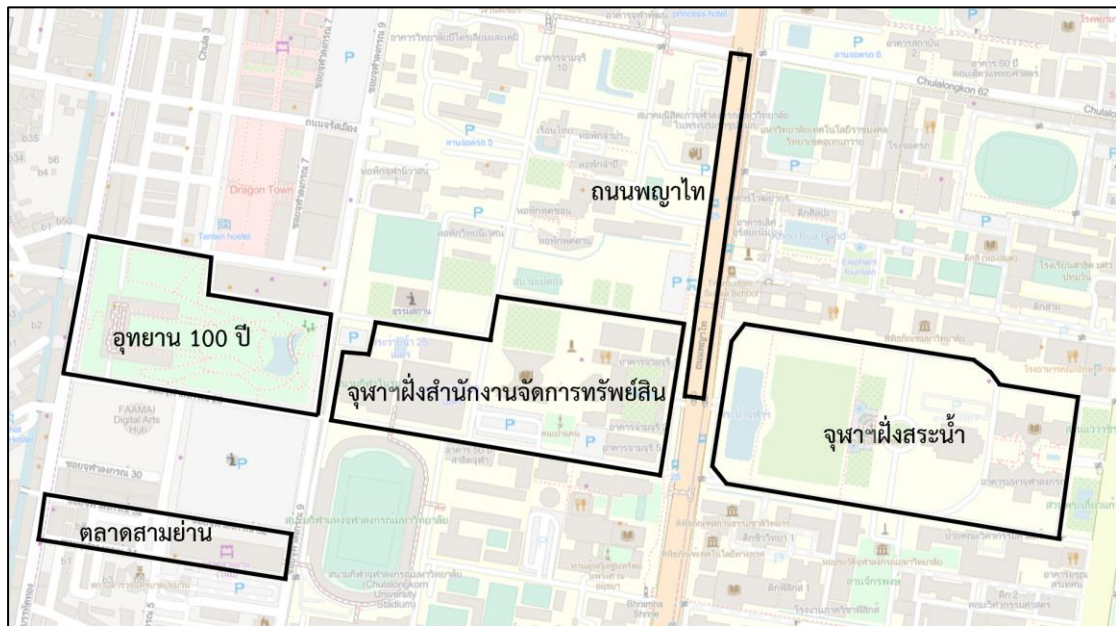
ในงานวิจัยนี้มีการวางแผนเก็บข้อมูลโดยกำหนดพื้นที่ศึกษาที่สนใจ โดยทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อออกแบบดัชนีความเหมาะสมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนและทางเท้า ซึ่งทำการเก็บข้อมูลปัจจัยทางกายภาพตามเส้นทางที่สนใจก่อน ดังตารางที่ 3-17

ตารางที่ 3-17 การแบ่งปัจจัยทางกายภาพตามประเภทช่องทาง

ช่องทาง	ปัจจัย
ถนน	ความเสียหายของพื้นผิว สิ่งกีดขวางบนพื้นผิว ความกว้างของช่องทาง (ถนน) ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร วัสดุพื้นผิว ความตรงของเส้นทาง ความต่อเนื่องของเส้นทาง ความเร็วกระแสจราจร ปริมาณกระแสจราจร สภาพแวดล้อมข้างทาง
ทางเท้า	ความเสียหายของพื้นผิว ความกว้างของช่องทาง (ทางเท้า) วัสดุพื้นผิว สภาพแวดล้อมข้างทาง

### 3.3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาที่สนใจตามงานวิจัยนี้ ได้ถูกเลือกจากความเป็นไปได้ ความเหมาะสม และสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด โดยได้เลือกมา 5 พื้นที่ ดังนี้



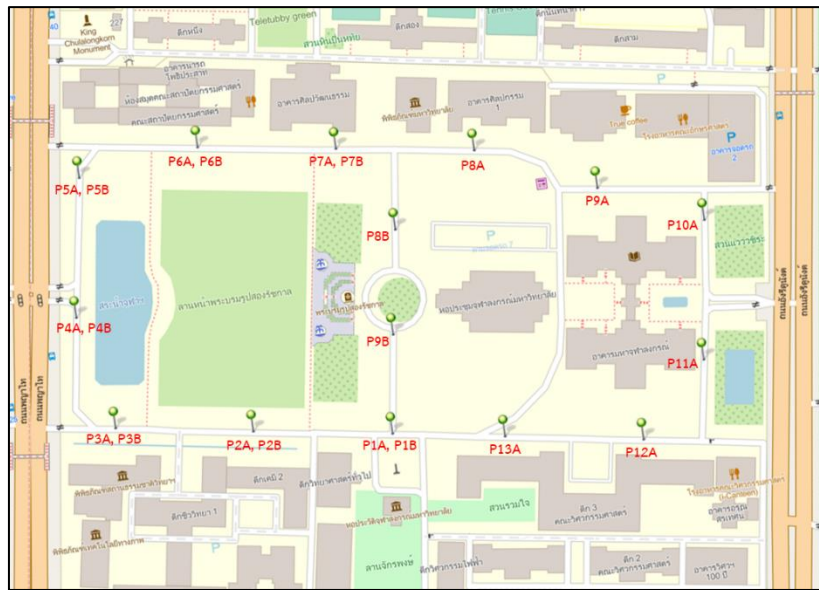
ภาพที่ 3-11 พื้นที่ศึกษาทั้งหมด

ที่มา: ดัดแปลงจาก ArcGIS (2020) {ArcGIS, 2020 #14}

พื้นที่ศึกษาสำหรับการใช้งานสัญญาณไฟฟ้าบนถนน ผู้วิจัยได้เลือกเส้นทางส่วนหนึ่งใน 5 พื้นที่ ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งสระน้ำ) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งถนนพญาไท) อุทยาน 100 ปี และตลาดสามย่าน ส่วนการใช้งานสัญญาณไฟฟ้าบนทางเท้า ผู้วิจัยได้เลือกเส้นทางส่วนหนึ่งใน 3 พื้นที่ ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งสระน้ำ) ทางเท้าด้านข้างถนนพญาไท และอุทยาน 100 ปี

#### จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งสระน้ำ)

ได้เลือกพื้นที่ส่วนหนึ่งของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นพื้นที่เส้นทางโดยรอบลานพระบรมรูปสองรัชกาล ตั้งแต่สระน้ำจุฬาลงกรณ์จนถึงอาคารมหาจุฬาลงกรณ์ โดยทำการแบ่งเป็นส่วน ๆ ทุกระยะ 100 เมตร โดยที่ P1A-P13A-P1A เป็นถนน และ P1B-P9B-P1B เป็นทางเท้า ดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 พื้นที่เส้นทางส่วนหนึ่งของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งสระน้ำ)  
ที่มา: ดัดแปลงจาก ArcGIS (2020)

ภายในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งสระน้ำ มีลักษณะเป็นถนนสายย่อยหรือถนนสายรองที่วนรอบ มีช่องทางจักรยานบางส่วน วัสดุพื้นผิวมีทั้งลาดยางและคอนกรีต โดยพื้นผิวมีความราบเรียบ และไม่มี ความเสียหายอย่างชัดเจน แต่มีสิ่งกีดขวางจากท่อระบายน้ำจำนวนมากต่อเนื่องเกิน 3 เมตร และบางส่วนมีความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทาง นอกจากนี้สภาพแวดล้อมข้างทางมีแนวโน้มมีสิ่งรบกวน เนื่องจากทางม้าลาย

ทางเท้าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นทางเท้าคอนกรีต แต่มีบางส่วนเป็นลาดยาง เนื่องจากเป็นถนนที่ปิดการใช้งาน บางส่วนมีความเสียหายของพื้นผิวที่เห็นได้อย่างชัดเจน เนื่องจากรากต้นไม้แทงทะลุพื้นผิว

### จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งสำนักงานจัดการทรัพย์สิน)

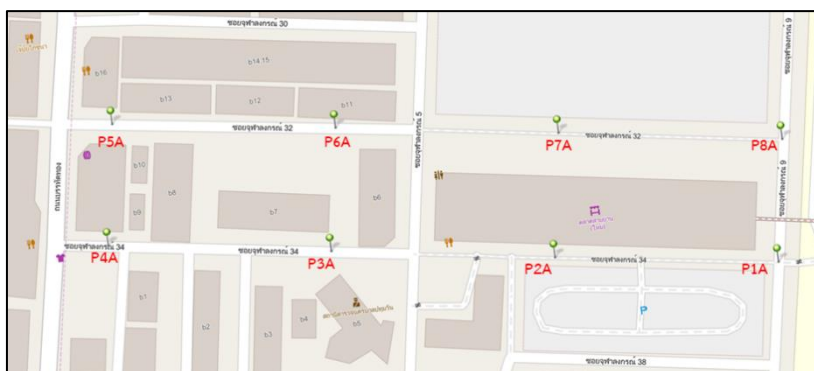
ได้เลือกพื้นที่ส่วนหนึ่งของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเริ่มต้นระหว่างอาคารจามจุรี 1 และจามจุรี 2 โดยทำการแบ่งเป็นส่วน ๆ ทุกระยะ 100 เมตร โดยที่ P1A-P13A-P1A เป็นถนน ดังภาพที่ 3-13











ภาพที่ 3-16 พื้นที่เส้นทางบริเวณตลาดสามย่าน  
ที่มา: ดัดแปลงจาก ArcGIS (2020)

ภายในพื้นที่ตลาดสามย่าน มีลักษณะเป็นถนนสายย่อยหรือถนนสายรอง การจราจรแบบผสม ที่บางส่วนมีปริมาณกระแสจราจรค่อนข้างสูง วัสดุพื้นผิวมีทั้งลาดยางและคอนกรีต ส่วนมากมีพื้นผิวที่มีความเสียหาย มีสิ่งกีดขวางต่อเนื่องเกิน 3 เมตร และเส้นแบ่งช่องทางจราจรไม่ชัดเจน นอกจากนี้สภาพแวดล้อมข้างทางมีสิ่งรบกวนจากทางม้าลาย และชุมชน

### 3.3.2 ลักษณะอาสาสมัครผู้ใช้สก็ูเตอร์ไฟฟ้า

ลักษณะอาสาสมัครผู้ใช้สก็ูเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบและประเมินเส้นทางจะทำการสุ่มตัวอย่างโดยใช้การพิจารณา (Judgmental Sampling) {Malhotra, 2017 #55} ซึ่งจะมีลักษณะที่กำหนดโดยผู้วิจัยดังนี้

#### เพศ

กำหนดเลือกได้ทั้งเพศชายและเพศหญิง โดยไม่คำนึงถึงสัดส่วนระหว่างเพศ เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้กำหนดปัจจัยเพศมาเกี่ยวข้อง แต่ได้กำหนดให้เป็นคนเดียวกันทุกการทดสอบและประเมินเส้นทางในทุกพื้นที่ศึกษา

#### อายุ

กำหนดเลือกอาสาสมัครที่มีอายุตั้งแต่ 18 ถึง 29 ปี เพราะเป็นช่วงที่มีสติการบาดเจ็บสูงที่สุดจากการใช้สก็ูเตอร์ไฟฟ้า {The Austin Public Health Department, 2018 #42} ดังนั้นมีแนวโน้มที่อายุช่วงนี้นิยมใช้สก็ูเตอร์ไฟฟ้ามากที่สุด นอกจากนี้อายุช่วงนี้สามารถขอใบอนุญาตขับขี่ได้

### ประสบการณ์

กำหนดเลือกอาสาสมัครประสบการณ์ระดับพื้นฐานเป็นอย่างน้อย (LTSA, 2004) ที่มีประสบการณ์ต่อการฝึกใช้งานสก็ูเตอร์ไฟฟ้ามาก่อนแล้ว โดยผู้วิจัยจะให้อาสาสมัครใช้เวลาฝึกอย่างน้อย 30 นาที จนกว่าอาสาสมัครจะสามารถทรงตัว ควบคุมทิศทาง การใช้คันเร่ง เบรก หรือมีเทคนิคต่อการใช้งานได้ดี

### 3.3.3 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครซี่และมอร์แกน เป็นแนวทางหนึ่งที่ยิยมในการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยเชิงปริมาณ ซึ่งเหมาะกับประชากรที่มีขนาดเล็ก {Krejcie, 1970 #57; ประสพชัย พสุนนท์, 2557 #50} โดยมีรายละเอียดดังนี้

$$n = \frac{\chi^2 N p (1 - p)}{e^2 (N - 1) + \chi^2 p (1 - p)}$$

โดยที่  $n$  คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$N$  คือ ขนาดของประชากร

$e$  คือ ระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้

$\chi^2$  คือ ค่าไคสแควร์ที่  $df$  เท่ากับ 1

$p$  คือ สัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากร (ถ้าไม่ทราบให้กำหนด  $p = 0.5$ )

ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของประชากรที่สอดคล้องเชิงพื้นที่ ซึ่งอิงจากจำนวนนิสิตและบุคลากรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีจำนวนทั้งสิ้น 45,764 คน {จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2563 #49} ซึ่งสัดส่วนโดยประมาณของผู้ใช้สก็ูเตอร์ไฟฟ้าอยู่ที่ร้อยละ 1 ของประชากร หรือไม่เกิน 457 คน โดยมาจากการประมาณสัดส่วนผู้ใช้พาหนะอื่น ๆ 0.3% (กรุงเทพชั้นใน ชั้นนอก และปริมณฑล) จากโครงการศึกษาสำรวจความต้องการการเดินทาง (Travel Demand Survey) และปรับปรุงฐานข้อมูลการเคลื่อนย้ายสินค้า เพื่อการวางแผนระบบขนส่งของประเทศ สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร พ.ศ. 2561 และจากการประมาณของสัดส่วนผู้เดินทางด้วยสก็ูเตอร์ไฟฟ้าในปารีส 0.8%-1.9% ของเที่ยวการเดินทางทั้งหมด จากการสำรวจของ 6t-Bureau de Recherche อ้างถึงในรายงาน Lime for a sustainable Paris (LIME, 2019) สุดท้ายผู้วิจัยกำหนดให้ยอมรับความคลาดเคลื่อนได้ 5% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $\chi^2 = 3.841$ ) ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการเท่ากับ 15.21 หน่วย หรืออย่างน้อย 15 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้

$$n = \frac{(3.841)(45,764)(0.01)(1-0.01)}{0.05^2(45,764-1)+(3.841)(0.01)(1-0.01)}$$

$n \approx 15$  หน่วย

### 3.3.4 ลักษณะสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าสำหรับทดสอบ

งานวิจัยนี้จะใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ายี่ห้อ Mi รุ่น Mi Electric Scooter Pro จำนวน 1 คัน สำหรับคนนำทาง และ Mi Electric Scooter 1S จำนวน 2 คัน สำหรับอาสาสมัคร โดยมีลักษณะดังภาพที่ 3-17 และมีลักษณะเบื้องต้นดังตารางที่ 2-1 ในบทที่ 2 สำหรับรุ่นนี้จะมีหน้าจอแสดงผลดิจิทัล (Digital) เพื่อบอกโหมดการทำงาน ความเร็ว และสัดส่วนแบตเตอรี่คงเหลือ



ภาพที่ 3-17 Mi Electric Scooter 1S (ซ้าย) Mi Electric Scooter Pro (ขวา)

### 3.3.5 ลักษณะการประเมินพื้นที่ศึกษา

ลักษณะการประเมินพื้นที่ศึกษาได้กำหนดเป็น 2 ส่วน คือ การประเมินพื้นที่ศึกษาโดยผู้วิจัย และการประเมินพื้นที่ศึกษาโดยอาสาสมัครผู้ใช้สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ตามแนวทางการกำหนดระดับความสำคัญของปัจจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

### การประเมินพื้นที่ศึกษาโดยผู้วิจัย

การประเมินพื้นที่ศึกษาโดยผู้วิจัยจะใช้แบบประเมินฉบับเต็ม ซึ่งจะประเมินปัจจัยทางกายภาพทั้งของถนนและทางเท้า โดยมีตัวอย่างการประเมินดังภาพที่ 3-18 และ ภาพที่ 3-19 แล้วผู้วิจัยจะนำข้อมูลทางกายภาพบางส่วนแปลงเป็นตัวแปรอ้างอิงที่กำหนดตามพิจารณา เช่น วัสดุพื้นผิวและความกว้างของช่องทางเท้า เป็นต้น เพื่อสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้

พื้นที่ศึกษา	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ระยะทาง (เมตร)	คะแนน								
				ความเสียหายของพื้นผิว	วัสดุขวางบนพื้นผิว	ความกว้างของช่องทางถนน	ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร	วัสดุพื้นผิว	ความตรงของเส้นทาง	ความต่อเนื่องของเส้นทาง	ความเรียบแฉกรวด	สภาพแวดล้อมข้างทาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งสระน้ำ)	P1A	P2A	100	1	0	1	0	คอนกรีต	1	0.89	1	0
	P2A	P3A	100	1	0	1	0	คอนกรีต	1	1.00	1	0
	P3A	P4A	100	1	0	0	0	คอนกรีต, ลาดยาง	0	0.84	1	1
	P4A	P5A	100	1	0	0	1	คอนกรีต, ลาดยาง	1	0.78	1	1
	P5A	P6A	100	1	0	0	1	ลาดยาง, คอนกรีต	0	0.84	1	0
	P6A	P7A	100	1	0	1	0	คอนกรีต	1	1.00	1	0
	P7A	P8A	100	1	0	1	0	คอนกรีต	1	1.00	1	1
	P8A	P9A	100	1	0	0	1	คอนกรีต	1	0.84	1	0
	P9A	P10A	100	1	1	0	1	คอนกรีต	0	0.84	1	0
	P10A	P11A	100	1	1	0	0	คอนกรีต	1	0.75	1	1
	P11A	P12A	100	1	0	0	0	คอนกรีต	0	1.00	1	1
	P12A	P13A	100	1	0	1	1	คอนกรีต	1	0.78	1	0
	P13A	P1A	81.5	1	0	1	1	คอนกรีต	1	0.84	1	0

ภาพที่ 3-18 ตัวอย่างการประเมินพื้นที่ศึกษาในส่วนปัจจัยทางกายภาพของถนน

พื้นที่ศึกษา	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ระยะทาง (เมตร)	คะแนน			
				ความเสียหายของพื้นผิว	ความกว้างของช่องทางเท้า (เมตร)	วัสดุพื้นผิว	สภาพแวดล้อมข้างทาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งสระน้ำ)	P1B	P2B	100	1	2.35	คอนกรีต	0
	P2B	P3B	100	1	2.46	คอนกรีต	0
	P3B	P4B	100	1	2.59	คอนกรีต	1
	P4B	P5B	100	1	2.38	คอนกรีต	1
	P5B	P6B	100	1	2.74	คอนกรีต	0
	P6B	P7B	100	0	2.87	คอนกรีต	0
	P7B	P8B	100	1	4.92	ลาดยาง	1
	P8B	P9B	100	1	5.31	ลาดยาง	1
	P9B	P1B	71	1	4.58	ลาดยาง	1

ภาพที่ 3-19 ตัวอย่างการประเมินพื้นที่ศึกษาในส่วนปัจจัยทางกายภาพของทางเท้า

### การประเมินพื้นที่ศึกษาโดยอาสาสมัครผู้ใช้สก็ูเตอร์ไฟฟ้า

ผู้วิจัยจะให้อาสาสมัครผู้ใช้สก็ูเตอร์ไฟฟ้าประเมินคะแนน โดยทำสัญลักษณ์ดังภาพที่ 3-20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งสระน้ำ)		ช่องทาง		ถนน		หมายเลข														
	ความสะกดสบาย					ความเร็ว					ความปลอดภัย					ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม				
P1 - P2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P2 - P3	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P3 - P4	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P4 - P5	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P5 - P6	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P6 - P7	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P7 - P8	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P8 - P9	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P9 - P10	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P10 - P11	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P11 - P12	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P12 - P13	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P13 - P1	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2

ภาพที่ 3-20 ตัวอย่างการประเมินพื้นที่ศึกษาในส่วนปัจจัยความรู้สึกรับรู้และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของถนน

### 3.3.6 แนวทางการทดสอบ

แนวทางการทดสอบนั้นให้อาสาสมัครผู้ใช้สก็ูเตอร์ไฟฟ้าทดสอบเส้นทาง และทำการประเมินทั้งปัจจัยความรู้สึกรับรู้และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม ซึ่งในขั้นตอนเก็บข้อมูลภาคสนามจากอาสาสมัครนั้น ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ

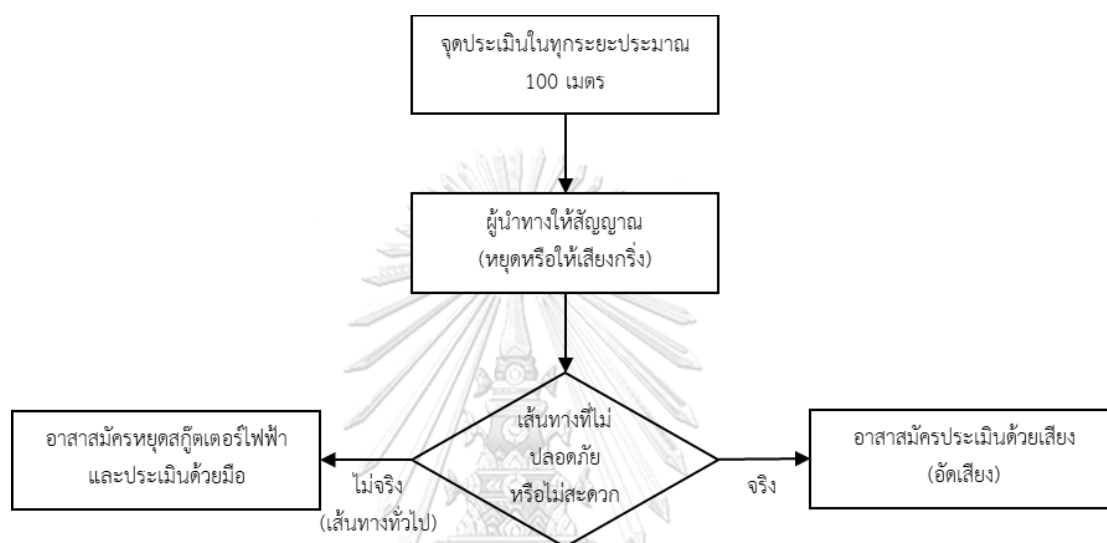
**ช่วงการศึกษานำร่อง (Pilot study)** เป็นช่วงทดสอบภาคสนามเบื้องต้น เพื่อสำรวจถึงความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพหรือเพื่อหาข้อบกพร่องที่ได้จากการวางแผน โดยในช่วงการศึกษานี้จะใช้อาสาสมัครทดสอบและประเมินเส้นทางจำนวนอย่างน้อย 2 คน ในแต่ละพื้นที่

**ช่วงทดสอบ (Test)** เป็นช่วงทดสอบภาคสนามจริงหลังช่วงการศึกษานำร่อง เพื่อนำค่าที่ได้จากการประเมินของอาสาสมัครไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ซึ่งในช่วงการศึกษานี้จะใช้อาสาสมัครทดสอบและประเมินเส้นทางอย่างน้อยพื้นที่ละ 15 คน โดยจำนวนของอาสาสมัครได้มาจากสูตรการหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครซีและมอร์แกน {Krejcie, 1970 #57}

การทดสอบผู้วิจัยจะให้อาสาสมัครประเมินคะแนนความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมตามตารางที่ 3-16 ทุก ๆ ระยะ 100 เมตร โดยประมาณ ซึ่งผู้วิจัยจะมีผู้นำทางส่งสัญญาณ (เสียงกริ่ง) แนะนำให้อาสาสมัครหยุดตามบริเวณหมุดบนแผนที่ หากพื้นที่ไหนหรือเส้นทางไหนไม่สามารถหยุดได้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยหรือความสะกด ผู้นำทางจะบอกล่วงหน้าก่อนการทดสอบ และจะให้ใช้วิธีอัดเสียงแทนการประเมินด้วยมือ โดยจะให้สัญญาณ (เสียงกริ่ง) เมื่อถึง



ระยะจุดประเินโดยประมาณ อาสาสมัครต้องทำการประเมินความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม หรือทำการประเมินความรู้สึกรับรู้เพียงอย่างเดียวก่อนที่ประกอบไปด้วยปัจจัยด้านความสะดวกสบาย ปัจจัยด้านความเร็ว และปัจจัยด้านความปลอดภัย แล้วจะให้อาสาสมัครประเมินปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมภายหลัง เนื่องจากต้องการให้อาสาสมัครมีเวลาคิดเฉลี่ยคะแนนจากการประเมินปัจจัยข้างต้น 3 ปัจจัย โดยมีแผนภาพอธิบายขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3-21 แนวทางการทดสอบเชิงปฏิบัติ

**หมายเหตุ** การทดสอบของอาสาสมัครจะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 9:00-16:00 น. ของวันธรรมดา ซึ่งอยู่นอกช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นระหว่างเวลา 06:00 – 09:00 น. และ 16:00 – 19:00 น. ตามลำดับ โดยต้องเป็นวันที่สภาพอากาศดีและไม่มีฝนตก

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพตามงานวิจัยนี้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 3.4.1 ลักษณะข้อมูล

ลักษณะข้อมูลตามงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เก็บค่าข้อมูลปัจจัยทางกายภาพของถนน 10 ปัจจัย และทางเท้า 4 ปัจจัย ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกันตามเส้นทาง เส้นทางละประมาณ 100 เมตร และให้อาสาสมัครขับสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าไปตามเส้นทาง เพื่อประเมินปัจจัยความรู้สึกรับรู้และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม ทำให้เกิดค่าสังเกต (Observation) หรือสถานการณ์ที่แตกต่างกันในแต่ละคน

สมมติผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลจากอาสาสมัคร  $a$  คน (หน่วยตัวอย่าง) ที่แต่ละคนต้องขับสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าจำนวน  $n$  เส้นทาง ทำให้เกิดจำนวนค่าสังเกตหรือจำนวนสถานการณ์  $an$  หน่วย ข้อมูลที่ผู้วิจัยเก็บได้ลักษณะนี้มีความสอดคล้องกับข้อมูลแบบแผง (Panel Data) ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูลช่วงยาว (Longitudinal Data) โดยประกอบไปด้วยข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross Sectional Data) ผสมกับข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data)

ลักษณะข้อมูลตามงานวิจัยนี้มองว่า ปัจจัยทางกายภาพที่เป็นองค์ประกอบในแต่ละเส้นทางนั้น สอดคล้องกับลักษณะข้อมูลภาคตัดขวาง และการที่อาสาสมัครขับสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าไปตามเส้นทางทำให้ระยะเวลาเพิ่มขึ้นและระยะทางเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับลักษณะข้อมูลอนุกรมเวลา ดังนั้นจึงเกิดการผสมลักษณะของข้อมูลเกิดขึ้น ทำให้มีลักษณะเป็นข้อมูลแบบแผง โดยมีลักษณะตารางอธิบายดังนี้

ตารางที่ 3-18 ลักษณะข้อมูลแบบแผง

ลำดับอาสาสมัคร (ID)	เส้นทาง (Section)	ปัจจัยทางกายภาพที่ 1 ( $x_1$ )	ปัจจัยทางกายภาพที่ 2 ( $x_2$ )	ปัจจัยทางกายภาพที่ 3 ( $x_3$ )	ปัจจัยความรู้สึกรับรู้ ( $Y_i$ )
1	1	1	1	0	1
1	2	0	1	1	3
1	3	1	0	1	4
2	1	1	1	0	2
2	2	0	1	1	5
2	3	1	0	1	1
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
a	n-2	1	1	0	2
a	n-1	0	1	1	4
a	n	1	0	1	3

จากตารางจะเห็นได้ว่าข้อมูลที่เก็บจากลำดับอาสาสมัคร ในเส้นทางต่าง ๆ มีลักษณะไม่เป็นอิสระต่อกัน เนื่องจากอาสาสมัคร 1 คน ต้องใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าทุกเส้นทาง ลักษณะเช่นนี้

สอดคล้องกับ Random Effects เนื่องจากมีความแตกต่างของอาสาสมัครแต่ละคน ซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพ การทดสอบของอาสาสมัครแต่ละคนจะได้ผลที่ไม่เหมือนกัน หรือแต่ละการทดสอบมีผลของตัวเอง แตกต่างกับ Fixed Effects ที่ผลการทดสอบของอาสาสมัครจะเหมือนกัน

### 3.4.2 ลักษณะแบบจำลอง

จากแนวทางการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า งานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ (Ordered Logistic Regression Model หรือ Ordinal Logistic Regression Model) ซึ่งตัวแปรตามเป็นตัวแปรแบบเรียงลำดับ มีจำนวนตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป ใช้กับข้อมูลที่มีการกระจายตัวแบบโลจิสติก โดยมีรูปแบบดังนี้

$$Y_i^* = \beta_i X_i + \varepsilon_i \quad \text{เมื่อ } i = 1, 2, \dots, n$$

โดยที่  $Y_i^*$  คือ ระดับความเหมาะสมของปัจจัยหรือตัวแปรตาม

$\beta_i$  คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยตัวแปรอิสระ

$X_i$  คือ ตัวแปรที่ส่งผลต่อระดับความเหมาะสมของปัจจัยหรือตัวแปรอิสระ

$\varepsilon_i$  คือ ความคลาดเคลื่อน

$$Y_i^* = j \text{ ถ้า } \alpha_{j-1} < Y_i^* \leq \alpha_j \quad \text{เมื่อ } j = 1, 2, \dots, n - 1$$

โดยที่  $\alpha_j$  คือ จุดตัด (intercept) ระดับความเหมาะสมของปัจจัยหรือจุดตัดของตัวแปรตาม

สำหรับความน่าจะเป็นของระดับความเหมาะสมของปัจจัยมีรูปแบบดังนี้

$$P(Y = j) = P(\alpha_{j-1} < Y_i^* \leq \alpha_j)$$

$$P(Y = j) = F(\alpha_j - \beta_i X_i) - F(\alpha_{j-1} - \beta_i X_i)$$

$$P(Y = j) = \frac{e^{\alpha_j - \beta_i X_i}}{1 + e^{\alpha_j - \beta_i X_i}} - \frac{e^{\alpha_{j-1} - \beta_i X_i}}{1 + e^{\alpha_{j-1} - \beta_i X_i}}$$

$$P(Y = j) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha_j - \beta_i X_i)}} - \frac{1}{1 + e^{-(\alpha_{j-1} - \beta_i X_i)}}$$

โดยที่  $Z_j = \alpha_j - \beta_i X_i$

P คือ ความน่าจะเป็น

F คือ ความน่าจะเป็นสะสม

ดังนั้นสามารถกำหนดร้อยละความน่าจะเป็นของระดับความเหมาะสมของปัจจัยได้ 5 ระดับ โดยเรียงระดับของผลกระทบจากแย่มากไปดีมากได้ดังนี้

$$P(Y = 1) = P(Y \leq 1)$$

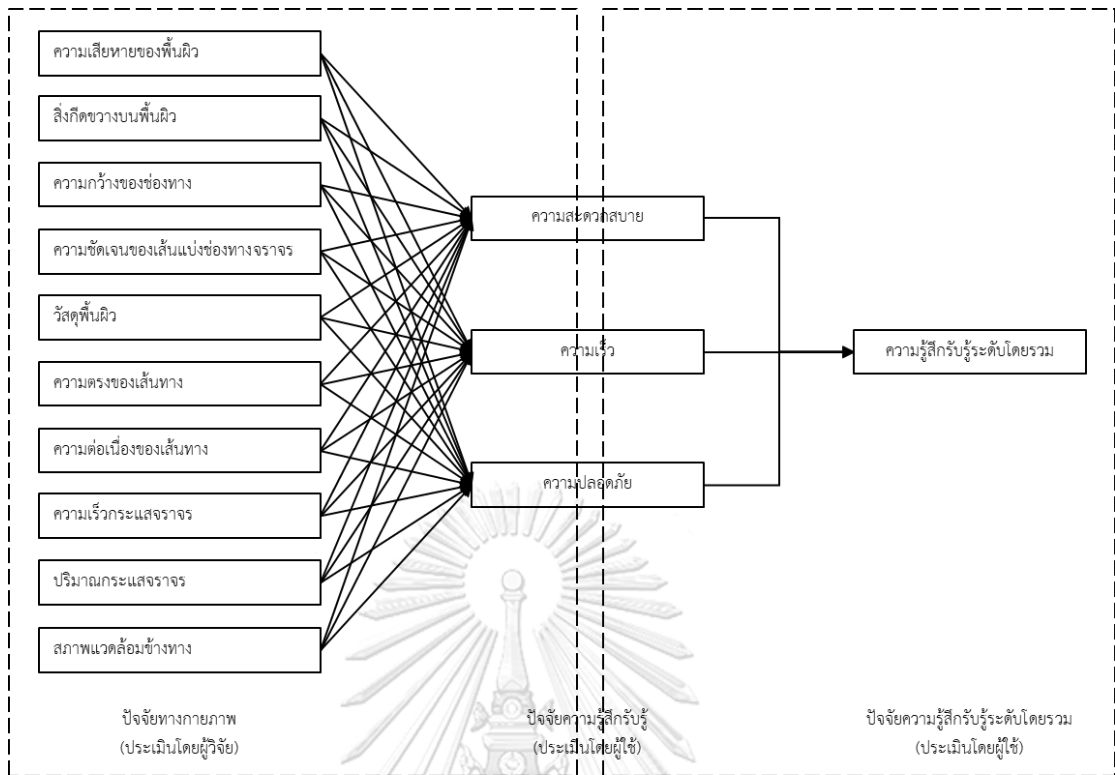
$$P(Y = 2) = P(Y \leq 2) - P(Y \leq 1)$$

$$P(Y = 3) = P(Y \leq 3) - P(Y \leq 2)$$

$$P(Y = 4) = P(Y \leq 4) - P(Y \leq 3)$$

$$P(Y = 5) = 1 - P(Y \leq 4)$$

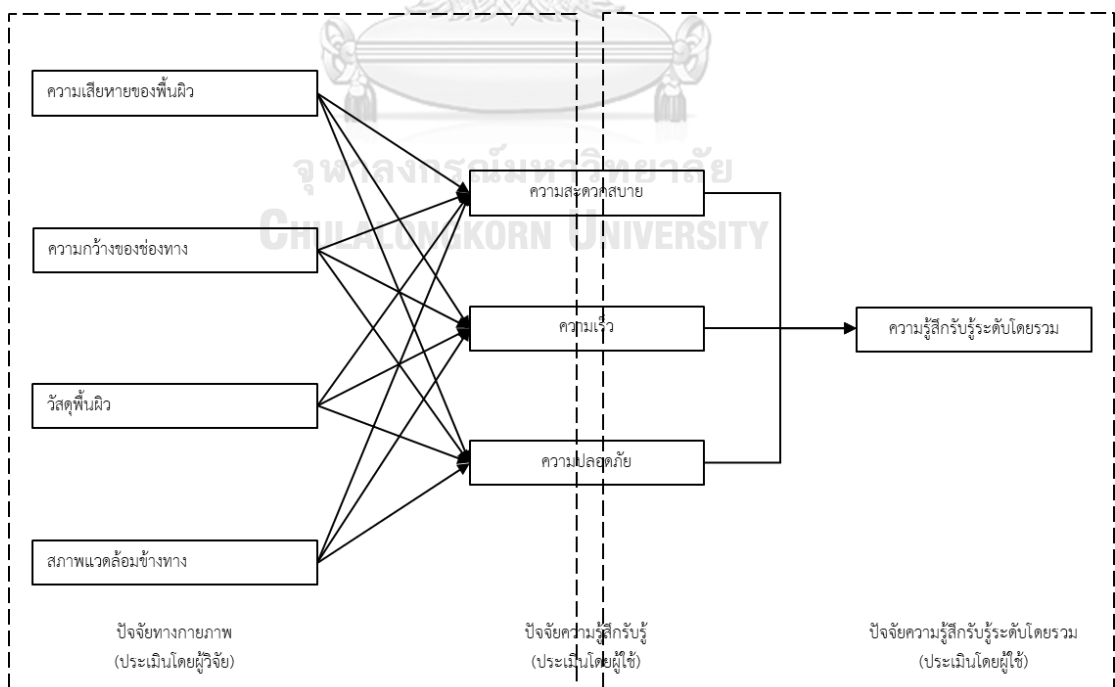
ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบดัชนีความเหมาะสม โดยจะแบ่งทำการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมของถนน และการวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมของทางเท้า ซึ่งในแต่ละส่วนจะทำการแบ่งเป็น 2 ช่วง ดังภาพที่ 3-22 และ ภาพที่ 3-23



ช่วงที่ 1

ช่วงที่ 2

ภาพที่ 3-22 แผนภาพการวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมของถนน



ช่วงที่ 1

ช่วงที่ 2

ภาพที่ 3-23 แผนภาพการวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมของทางเท้า

โดยมีขั้นตอนในแต่ละช่วงดังนี้

**ช่วงที่ 1** กำหนดให้ปัจจัยความรู้สึกรับรู้ ได้แก่ ความสะดวกสบาย ความเร็ว และความปลอดภัย เป็นกลุ่มตัวแปรตาม (Dependent Variable) ในแต่ละปัจจัย และปัจจัยทางกายภาพเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable) เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ ซึ่งจะได้ชุดแบบจำลอง 3 ชุด

**ช่วงที่ 2** กำหนดให้ปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม ได้แก่ การจัดระดับโดยรวม เป็นกลุ่มตัวแปรตาม และปัจจัยความรู้สึกรับรู้แต่ละปัจจัยเป็นตัวแปรอิสระ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ ซึ่งจะได้ชุดแบบจำลอง 1 ชุด

**ช่วงที่ 1+2** กำหนดให้ปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม ได้แก่ การจัดระดับโดยรวม เป็นกลุ่มตัวแปรตาม และปัจจัยทางกายภาพเป็นตัวแปรอิสระ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ ซึ่งจะได้ชุดแบบจำลอง 1 ชุด

สุดท้ายชุดแบบจำลองทั้งหมดที่ได้จะมีทั้งหมด 10 ชุด ซึ่งแบ่งเป็นชุดแบบจำลองของถนน 5 ชุด และชุดแบบจำลองของทางเท้า 5 ชุด แล้วนำชุดแบบจำลองที่ได้มาออกแบบดัชนีความเหมาะสมของการใช้งานสกายด์เตอร์ไฟฟ้า

จากการที่ผู้วิจัยได้ประเมินปัจจัยทางกายภาพในพื้นที่ศึกษาที่กำหนดนั้น พบว่าปัจจัยสำหรับการทดสอบ มีความหลากหลายเพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบดัชนีความเหมาะสม

### 3.4.3 กระบวนการทำงานและวิเคราะห์ข้อมูล

กระบวนการทำงานและวิเคราะห์ข้อมูลตามงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลจากอาสาสมัคร
2. ทำการคัดเลือกหรือคัดแยกข้อมูล (Data Cleansing)
3. อธิบายผลการเก็บข้อมูล
4. วิเคราะห์ข้อมูลแบบแผงด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ (Panel Ordered Logistic Regression Model) {STATA, 2014 #58}
5. นำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ ใช้ในการสร้างแบบจำลอง
6. ออกแบบดัชนีความเหมาะสม

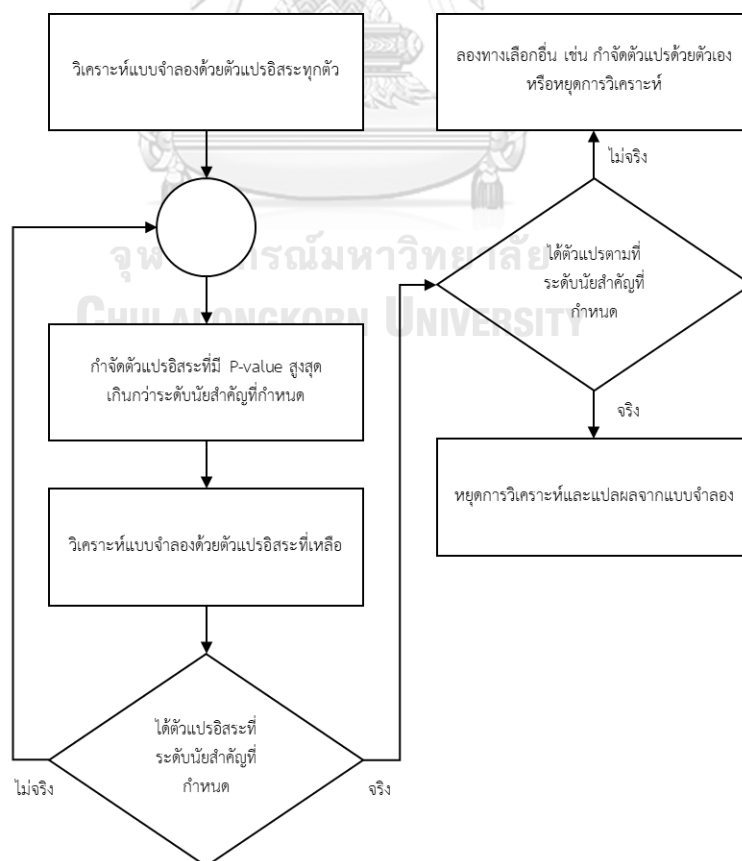
สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผงด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ โปรแกรม STATA มีความสามารถวิเคราะห์ข้อมูลแบบนี้ได้

### การคัดเลือกหรือคัดแยกข้อมูล

การคัดเลือกหรือคัดแยกข้อมูลในงานวิจัยนี้ จากข้อมูลลักษณะที่มีการกระจายตัวแบบโลจิสติกที่มีช่วงขีดกันหรือข้อมูลที่ใช้มาตราวัดของลิเคิร์ต (Likert Scale) ทำให้ไม่มีวิธีการตรวจจับค่าผิดปกติ (Outlier Detection) ที่เหมาะสมได้โดยไม่ยุ่งกับตัวแปรอิสระ ผู้วิจัยจำเป็นต้องตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้จากการประเมินของอาสาสมัครด้วยตนเอง

### การวิเคราะห์แบบจำลอง

ผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลแบบแฝงด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ โดยใช้กระบวนการกำจัดตัวแปรแบบถอยหลัง (Backward Elimination) ซึ่งเป็นวิธีที่จะวิเคราะห์ตัวแปรอิสระทุกตัวก่อน แล้วเลือกกำจัดตัวแปรอิสระที่มี P-value สูงสุดที่เกินกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด พร้อมทำการวิเคราะห์ใหม่ ทำซ้ำจนกว่าไม่มีตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่มี P-value เกินกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด แล้วแปลผลจากแบบจำลอง แต่ถ้าสุดท้ายไม่สามารถได้แบบจำลองที่ต้องการควรพิจารณาทางเลือกอื่น เช่น การกำจัดตัวแปรด้วยตัวเองหรือหยุดการวิเคราะห์ โดยมีแผนภาพอธิบายดังนี้



ภาพที่ 3-24 แผนผังการวิเคราะห์แบบจำลอง

### 3.4.4 การกำหนดตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดตามลักษณะตัวแปรที่จำเป็นตามประเภทช่องทาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### การกำหนดตัวแปรของการใช้งานสฎีเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมของการใช้งานสฎีเตอร์ไฟฟ้าบนถนน ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์โดยกำหนดปัจจัยทางกายภาพเป็นตัวแปรอิสระ ปัจจัยความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมเป็นตัวแปรตาม ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-19

ตารางที่ 3-19 การกำหนดตัวแปรของการใช้งานสฎีเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

ลำดับที่	ชนิดตัวแปร	ตัวแปร	สัญลักษณ์	กลุ่ม	หมายเหตุ
1	ตัวแปรตาม	ความรู้สึกรับรู้, ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม	-	Ordinal	-
2	ตัวแปรอิสระ	ไม่มีความเสียหายของพื้นผิว	(No Damage)	Nominal	1 = ไม่มีความเสียหายของพื้นผิว 0 = มีความเสียหายของพื้นผิว
3	ตัวแปรอิสระ	มีสิ่งกีดขวางน้อยกว่า 3 เมตร	(< 3 m. of Obstacles)	Nominal	1 = มีสิ่งกีดขวางน้อยกว่า 3 เมตร 0 = มีสิ่งกีดขวางอย่างน้อย 3 เมตร
4	ตัวแปรอิสระ	มีช่องทางจักรยาน	(Bike Lane)	Nominal	1 = มีช่องทางจักรยาน 0 = การจราจรแบบผสม
5	ตัวแปรอิสระ	เส้นแบ่งช่องทางจราจรมีความชัดเจน	(Clear Line)	Nominal	1 = เส้นแบ่งช่องทางจราจรมีความชัดเจน 0 = เส้นแบ่งช่องทางจราจรไม่มีความชัดเจน
6	ตัวแปรอิสระ	พื้นผิวลาดยาง	(Paved)	Nominal	1 = พื้นผิวลาดยาง 0 = พื้นผิวคอนกรีต
7	ตัวแปรอิสระ	ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร	(St Way or Rad Curve $\geq$ 24 m.)	Nominal	1 = ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร 0 = ทางโค้งที่มีรัศมีน้อยกว่า 24 เมตร
8	ตัวแปรอิสระ	ความต่อเนื่องของเส้นทาง	(Continuation)	Scale	ความต่อเนื่องถนนสายย่อยหรือสายรอง 1 = ต่อเนื่อง $\geq$ 40 เมตรต่อทางแยก 0.67 = ต่อเนื่อง < 40 เมตรต่อทางแยก ความต่อเนื่องถนนสายหลัก 0.33 = ต่อเนื่อง $\geq$ 60 เมตรต่อทางแยก 0 = ต่อเนื่อง < 60 เมตรต่อทางแยก กรณีมีหลายเงื่อนไขให้เฉลี่ยคะแนน
9	ตัวแปรอิสระ	ความเร็วกระแสจราจรสำหรับถนนสายย่อยและสายรอง	(Minor Road Speed)	Nominal	1 = ความเร็วกระแสจราจรสำหรับถนนสายย่อยและสายรอง 0 = ความเร็วกระแสจราจรสำหรับถนนสายหลัก
10	ตัวแปรอิสระ	ปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี	(Volume $\leq$ 5000 PCU)	Nominal	1 = ปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี 0 = ปริมาณกระแสจราจรเกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี
11	ตัวแปรอิสระ	สภาพแวดล้อมไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง	(Env is not disturbed)	Nominal	1 = สภาพแวดล้อมไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง 0 = สภาพแวดล้อมมีสิ่งรบกวนข้างทาง



จากตารางที่ 3-19 ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรอิสระที่คาดว่าจะให้ผลของตัวแปรตามที่ดีขึ้นเป็น 1 และตัวแปรอิสระที่คาดว่าจะให้ผลของตัวแปรตามที่แย่ลงเป็น 0 และเป็นตัวอ้างอิง

### การกำหนดตัวแปรของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์โดยกำหนดปัจจัยทางกายภาพเป็นตัวแปรอิสระ ปัจจัยความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมเป็นตัวแปรตาม ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-20

ตารางที่ 3-20 การกำหนดตัวแปรของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ลำดับที่	ชนิดตัวแปร	ตัวแปร	สัญลักษณ์	กลุ่ม	หมายเหตุ
1	ตัวแปรตาม	ความรู้สึกรับรู้, ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม	-	Ordinal	-
2	ตัวแปรอิสระ	ไม่มีความเสียหายของพื้นผิว	(No Damage)	Nominal	1 = ไม่มีความเสียหายของพื้นผิว 0 = มีความเสียหายของพื้นผิว
3	ตัวแปรอิสระ	ความกว้างสุทธิเฉลี่ยอย่างน้อย 2 เมตร	(Real Width $\geq$ 2 m.)	Nominal	1 = ความกว้างสุทธิเฉลี่ยอย่างน้อย 2 เมตร 0 = ความกว้างสุทธิเฉลี่ยน้อยกว่า 2 เมตร
4	ตัวแปรอิสระ (ตัวแปรหุ่น)	พื้นผิวลาดยาง	(Paved)	Nominal	1 = พื้นผิวลาดยาง 0 = พื้นผิวคอนกรีต
5	ตัวแปรอิสระ (ตัวแปรหุ่น)	พื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น	(Concrete Tile)	Nominal	1 = พื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น 0 = พื้นผิวคอนกรีต
6	ตัวแปรอิสระ	สภาพแวดล้อมไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง	(Env is not disturbed)	Nominal	1 = สภาพแวดล้อมไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง 0 = สภาพแวดล้อมมีสิ่งรบกวนข้างทาง

จากตารางที่ 3-20 ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรอิสระที่คาดว่าจะให้ผลของตัวแปรตามที่ดีขึ้นเป็น 1 และตัวแปรอิสระที่คาดว่าจะให้ผลของตัวแปรตามที่แย่ลงเป็น 0 และเป็นตัวอ้างอิง

### 3.5 การสรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นงานที่ศึกษาความสัมพันธ์ของความสะดวกสบายและความปลอดภัยกับสภาพทางกายภาพ และกำหนดแนวทางประเมินเส้นทางที่เหมาะสมกับการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนและทางเท้าในเมือง โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองทางสถิติ เพื่อพัฒนาดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้า

การสรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้ คือ การได้รับผลลัพธ์เป็นดัชนีความเหมาะสมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนและทางเท้า เพื่อเป็นข้อเสนอแนะในการปรับปรุงพื้นที่หรือจัดทำแนวเส้นทางในอนาคต ให้สอดคล้องกับการใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม



## บทที่ 4 ผลการเก็บข้อมูล

ในบทนี้กล่าวถึงผลการเก็บข้อมูลลักษณะกายภาพ และข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครทั้งของถนนและทางเท้า

### 4.1 ข้อมูลลักษณะของอาสาสมัครที่ใช้ในการวิเคราะห์ของถนนและทางเท้า

งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลอาสาสมัครสำหรับถนนและทางเท้า 22 คน เป็นคนเดิมตลอดทุกเส้นทางทั้งถนน 46 เส้นทาง และทางเท้า 32 เส้นทาง โดยแบ่งเป็นเพศชาย 14 คน และเพศหญิง 8 คน ซึ่งอยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 18 ถึง 29 ปี โดยกำหนดเลือกอาสาสมัครประสบการณ์ระดับพื้นฐานในการทดสอบ ที่มีเวลาใช้งานมาแล้วอย่างน้อย 30 นาที จนกว่าอาสาสมัครจะสามารถทรงตัว ควบคุมทิศทาง การใช้คันเร่ง เบรก หรือมีเทคนิคต่อการใช้งานได้ดี

การทดสอบของอาสาสมัครเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2564 ถึง 8 เมษายน พ.ศ. 2564 อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 9:00-16:00 น. ของวันธรรมดา ซึ่งอยู่นอกช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น ระหว่างเวลา 06:00 – 09:00 น. และ 16:00 – 19:00 น. ตามลำดับ โดยต้องเป็นวันที่สภาพอากาศดี และไม่มีฝนตก

### 4.2 ผลการเก็บข้อมูลของถนน

ผลการเก็บข้อมูลของถนนประกอบไปด้วย ข้อมูลลักษณะกายภาพของถนน และข้อมูลการประเมินโดยอาสาสมัครของถนน โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.2.1 ผลการเก็บข้อมูลลักษณะกายภาพของถนน

ปัจจัยทางกายภาพของถนนตามงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 10 ปัจจัย ได้แก่ ความเสียหายของพื้นผิว สิ่งกีดขวางบนพื้นผิว ความกว้างของช่องทางถนน ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร วัสดุพื้นผิว ความตรงของเส้นทาง ความต่อเนื่องของเส้นทาง ความเร็วกระแสจราจร ปริมาณกระแสจราจร และสภาพแวดล้อมข้างทาง โดยมีคำอธิบายปัจจัยจากบทที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลปัจจัยทางกายภาพของถนน 46 เส้นทาง ในทุกระยะ 100 เมตร ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลลักษณะกายภาพของถนน

ลำดับที่	ปัจจัย	ลักษณะ	เส้นทาง	ร้อยละ
1	ความเสียหายของพื้นผิว	พื้นผิวไม่มีความเสียหาย มีความราบเรียบ ไม่มีหลุมบ่อ อยู่ในสภาพปกติ	29	63.04
		พื้นผิวมีความเสียหาย มีความขรุขระ มีหลุมบ่อ แตกต่างจากสภาพปกติ	17	36.96
2	สิ่งกีดขวางบนพื้นผิว	เส้นทางไม่มีสิ่งกีดขวางบนพื้นผิวหรือมีติดต่อกันน้อยกว่า 3 เมตร	26	56.52
		เส้นทางมีสิ่งกีดขวางบนพื้นผิวติดต่อกันอย่างน้อย 3 เมตร	20	43.48
3	ความกว้างของช่องทางถนน	มีช่องทางสำหรับใช้งานจักรยาน	15	32.61
		การจราจรแบบผสมหรือไม่มีมีช่องทางสำหรับใช้งานจักรยาน	31	67.39
4	ความชัดเจนของเส้นแบ่งช่องทางจราจร	เส้นแบ่งช่องทางจราจรมีความชัดเจน	34	73.91
		เส้นแบ่งช่องทางจราจรไม่มีความชัดเจน	12	26.09
5	วัสดุพื้นผิว	พื้นผิวลาดยาง	27	58.70
		พื้นผิวคอนกรีต	19	41.30
6	ความตรงของเส้นทาง	ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร	32	69.57
		ทางโค้งที่มีรัศมีน้อยกว่า 24 เมตร	14	30.43
7	ความต่อเนื่องของเส้นทาง	เป็นข้อมูลที่มีลักษณะต่อเนื่อง (Continuous Data)	-	-
8	ความเร็วกระแสจราจร	ความเร็วกระแสจราจรสำหรับถนนสายย่อยและสายรอง	38	82.61
		ความเร็วกระแสจราจรสำหรับถนนสายหลัก	8	17.39
9	ปริมาณกระแสจราจร	ปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี หรือไม่เกิน 5,000 PCU ต่อวันต่อปี	33	71.74
		ปริมาณกระแสจราจรมากกว่า 5,000 คันต่อวันต่อปี หรือมากกว่า 5,000 PCU ต่อวันต่อปี	13	28.26
10	สภาพแวดล้อมข้างทาง	สภาพแวดล้อมไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง	24	52.17
		สภาพแวดล้อมมีสิ่งรบกวนข้างทาง	22	47.83
รวม			46	100.00

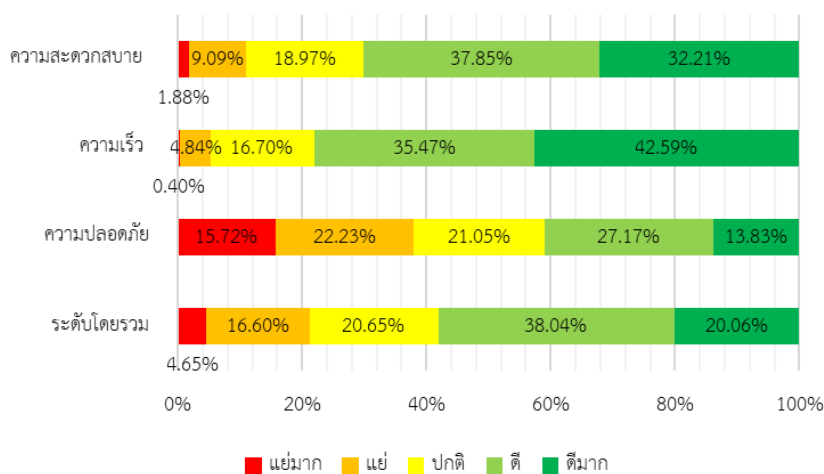
#### 4.2.2 ผลการเก็บข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของถนน

ผู้วิจัยได้ให้อาสาสมัครผู้ใช้สื่อกู้เตอร์ไฟฟ้า 22 คน ประเมินความรู้สึกรับรู้ในด้านต่าง ๆ ของถนน 46 เส้นทาง ในทุกระยะ 100 เมตร ได้ 1,012 สถานการณ์ โดยมีข้อมูลดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของถนน

ลำดับที่	ปัจจัย	ลักษณะ	สถานการณ์	ร้อยละ
1	ด้านความสะดวกสบาย	ปัจจัยระดับดีมากหรือสูงมาก (+2) = 5	326	32.21
		ปัจจัยระดับดีหรือสูง (+1) = 4	383	37.85
		ปัจจัยระดับปกติ (0) = 3	192	18.97
		ปัจจัยระดับแย่มากหรือต่ำ (-1) = 2	92	9.09
		ปัจจัยระดับแย่มากหรือต่ำมาก (-2) = 1	19	1.88
2	ด้านความเร็ว	ปัจจัยระดับดีมากหรือสูงมาก (+2) = 5	431	42.59
		ปัจจัยระดับดีหรือสูง (+1) = 4	359	35.47
		ปัจจัยระดับปกติ (0) = 3	169	16.70
		ปัจจัยระดับแย่มากหรือต่ำ (-1) = 2	49	4.84
		ปัจจัยระดับแย่มากหรือต่ำมาก (-2) = 1	4	0.40
3	ด้านความปลอดภัย	ปัจจัยระดับดีมากหรือสูงมาก (+2) = 5	140	13.83
		ปัจจัยระดับดีหรือสูง (+1) = 4	275	27.17
		ปัจจัยระดับปกติ (0) = 3	213	21.05
		ปัจจัยระดับแย่มากหรือต่ำ (-1) = 2	225	22.23
		ปัจจัยระดับแย่มากหรือต่ำมาก (-2) = 1	159	15.72
4	ระดับโดยรวม	ปัจจัยระดับดีมากหรือสูงมาก (+2) = 5	203	20.06
		ปัจจัยระดับดีหรือสูง (+1) = 4	385	38.04
		ปัจจัยระดับปกติ (0) = 3	209	20.65
		ปัจจัยระดับแย่มากหรือต่ำ (-1) = 2	168	16.60
		ปัจจัยระดับแย่มากหรือต่ำมาก (-2) = 1	47	4.65
รวม			1,012	100.00

จากตารางที่ 4-2 สามารถสร้างกราฟแท่ง เพื่อแสดงสัดส่วนร้อยละลักษณะปัจจัยความรู้สึก  
รับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของถนน ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของถนน

### 4.3 ผลการเก็บข้อมูลของทางเท้า

ผลการเก็บข้อมูลของทางเท้าประกอบไปด้วย ข้อมูลลักษณะกายภาพของทางเท้า และข้อมูลการประเมินโดยอาสาสมัครของทางเท้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.3.1 ผลการเก็บข้อมูลลักษณะกายภาพของทางเท้า

ปัจจัยทางกายภาพของทางเท้าตามงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ ความเสียหายของพื้นผิว ความกว้างของช่องทางเท้า วัสดุพื้นผิว และสภาพแวดล้อมข้างทาง โดยมีคำอธิบายปัจจัยจากบทที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลปัจจัยทางกายภาพของทางเท้า 32 เส้นทาง ในทุกระยะ 100 เมตร รายละเอียดดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ข้อมูลลักษณะกายภาพของทางเท้า

ลำดับที่	ปัจจัย	ลักษณะ	เส้นทาง	ร้อยละ
1	ความเสียหายของพื้นผิว	พื้นผิวไม่มีความเสียหาย มีความราบเรียบ ไม่มีหลุมบ่อ อยู่ในสภาพปกติ	21	65.62
		พื้นผิวมีความเสียหาย มีความขรุขระ มีหลุมบ่อ แตกต่างจากสภาพปกติ	11	34.38
2	ความกว้างของช่องทางเท้า	ความกว้างสุทธิเฉลี่ยอย่างน้อย 2 เมตร	16	50.00
		ความกว้างสุทธิเฉลี่ยน้อยกว่า 2 เมตร	16	50.00
3	วัสดุพื้นผิว	พื้นผิวลาดยาง	10	31.25
		พื้นผิวคอนกรีต	6	18.75
		พื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น	16	50.00
4	สภาพแวดล้อมข้างทาง	สภาพแวดล้อมไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง	17	53.12
		สภาพแวดล้อมมีสิ่งรบกวนข้างทาง	15	46.88
รวม			32	100.00

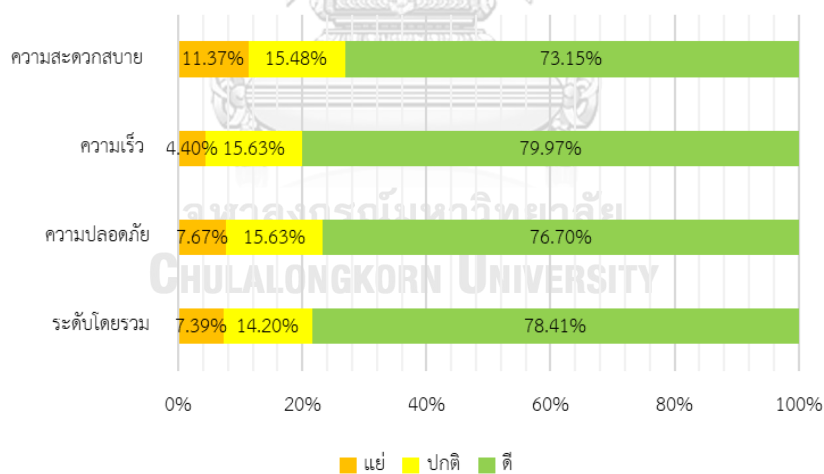
#### 4.3.2 ผลการเก็บข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของทางเท้า

ผู้วิจัยได้ให้อาสาสมัครผู้ใช้สก็ูเตอร์ไฟฟ้า 22 คน ประเมินความรู้สึกรับรู้ในด้านต่าง ๆ ของทางเท้า 32 เส้นทาง ในทุกระยะ 100 เมตร ได้ 704 สถานการณ์ โดยผู้วิจัยได้ปรับข้อมูลปัจจัยความรู้สึกรับรู้เหลือ 3 ระดับ ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของทางเท้า

ลำดับที่	ปัจจัย	ลักษณะ	สถานการณ์	ร้อยละ
1	ด้านความสะดวกสบาย	ปัจจัยระดับดีหรือสูง (+1) = 3	515	73.15
		ปัจจัยระดับปกติ (0) = 2	109	15.48
		ปัจจัยระดับแย่หรือต่ำ (-1) = 1	80	11.37
2	ด้านความเร็ว	ปัจจัยระดับดีหรือสูง (+1) = 3	563	79.97
		ปัจจัยระดับปกติ (0) = 2	110	15.63
		ปัจจัยระดับแย่หรือต่ำ (-1) = 1	31	4.40
3	ด้านความปลอดภัย	ปัจจัยระดับดีหรือสูง (+1) = 3	540	76.70
		ปัจจัยระดับปกติ (0) = 2	110	15.63
		ปัจจัยระดับแย่หรือต่ำ (-1) = 1	54	7.67
4	ระดับโดยรวม	ปัจจัยระดับดีหรือสูง (+1) = 3	552	78.41
		ปัจจัยระดับปกติ (0) = 2	100	14.20
		ปัจจัยระดับแย่หรือต่ำ (-1) = 1	52	7.39
รวม			704	100.00

จากตารางที่ 4-4 สามารถสร้างกราฟแท่ง เพื่อแสดงสัดส่วนร้อยละลักษณะปัจจัยความรู้สึก  
รับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของทางเท้า ดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ข้อมูลการประเมินในแต่ละด้านโดยอาสาสมัครของทางเท้า

## บทที่ 5

### การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพ

บทนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสถานีรถไฟฟ้าบนถนนและทางเท้า

#### 5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสถานีรถไฟฟ้าบนถนน

ผู้วิจัยนำตัวแปรทางกายภาพมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมด 10 ตัวแปร โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman rank correlation coefficient หรือ Spearman's rho) ซึ่งเหมาะกับข้อมูลที่จัดเป็นกลุ่ม นอกจากนี้ผู้วิจัยได้กำหนดช่วงยอมรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อลดปัญหาการเกิดความสัมพันธ์กันสูงระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) ที่อาจจะทำให้ผลการวิเคราะห์เกิดความคลาดเคลื่อนสูง

Berry และ Feldman (1985) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหา Multicollinearity โดยกำหนดไว้ว่า ถ้ากลุ่มตัวอย่างขนาดปกติ ควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับคัดแยกไม่เกิน 0.8 ถ้ากลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับคัดแยกไม่เกิน 0.7 และถ้ากลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับคัดแยกไม่เกิน 0.85 {Berry, 1985 #52} ซึ่ง Berry และ Feldman ไม่ได้ระบุว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่างที่ขนาดแตกต่างกันควรมีขนาดเป็นเท่าไร ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดช่วงยอมรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ -0.75 ถึง 0.75 โดยเป็นค่ากลางระหว่างกลุ่มตัวอย่างขนาดปกติและกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ซึ่งสามารถแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางกายภาพของถนน เมื่อกำหนดจากตัวแปรอ้างอิงจากรายที่ 3-19 ดังนี้



ตารางที่ 5-1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางกายภาพของถนน

ตัวแปร	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. No Damage	1.0000									
2. < 3 m. of Obstacles	-0.1264**	1.0000								
3. Bike Lane	-0.0439	-0.2318**	1.0000							
4. Clear Line	-0.0446	0.3778**	-0.0092	1.0000						
5. Paved	-0.2764**	0.3330**	-0.2641**	0.4066**	1.0000					
6. St Way or Rad Curve $\geq$ 24 m.	0.1787**	0.0870**	-0.0438	-0.1778**	-0.0751**	1.0000				
7. Continuation	0.0626**	-0.1371**	0.3275**	-0.3344**	-0.2181**	-0.1641**	1.0000			
8. Minor Road Speed	-0.1137**	-0.4024**	0.3192**	-0.2726**	-0.3849**	-0.3035**	0.6729**	1.0000		
9. Volume $\leq$ 5000 PCU	0.0196	-0.4531**	0.4366**	-0.3729**	-0.5265**	-0.1004**	0.4901**	0.7310**	1.0000	
10. Env is not disturbed	-0.0118	0.3015**	-0.3552**	0.0259	0.2575**	0.1234**	-0.2100**	-0.4393**	-0.4076**	1.0000

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

จากตารางที่ 5-1 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีนัยสำคัญระหว่างกัน อยู่ในช่วงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ -0.75 ถึง 0.75 ตามที่กำหนดไว้ ดังนั้นผู้วิจัยสามารถนำตัวแปรทุกตัวไปใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองได้ แต่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ผู้วิจัยวิเคราะห์หามา มีความสัมพันธ์แบบเทียมหรือในบริบทความเป็นจริงไม่มีความสัมพันธ์กันจริง ซึ่งไม่เหมาะกับการแปลผลต่อความสัมพันธ์ที่ได้

### 5.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อหาแบบจำลองระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนที่เหมาะสม โดยทำการตัดปัจจัยอิสระที่มีผลนัยสำคัญที่สูงที่สุด พร้อมทั้งวิเคราะห์ใหม่จนกว่าจะเหลือตัวแปรทุกตัวที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 แบบจำลองความรู้อิสระรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสัญญาณไฟฟ้าบนถนน

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
Full Model	/cut1	-3.844	0.476	-8.07	0.000		**
	/cut2	-1.876	0.428	-4.38	0.000		**
	/cut3	-0.372	0.421	-0.88	0.377		
	/cut4	1.711	0.425	4.03	0.000		**
	No Damage	0.449	0.148	3.04	0.002	1.567	**
	< 3 m. of Obstacles	0.293	0.151	1.94	0.053	1.340	*
	Bike Lane	1.249	0.162	7.69	0.000	3.485	**
	Clear Line	0.241	0.178	1.36	0.175	1.273	
	Paved	0.179	0.165	1.08	0.279	1.196	
	St Way or Rad Curve $\geq$ 24 m.	-0.232	0.147	-1.58	0.114	0.793	
	Continuation	0.501	0.634	0.79	0.429	1.651	
	Minor Road Speed	-1.135	0.540	-2.10	0.036	0.321	**
	Volume $\leq$ 5000 PCU	-0.528	0.224	2.36	0.018	1.696	**
	Env is not disturbed	-0.115	0.142	-0.81	0.419	0.892	
	log likelihood (0)	-1225.8643					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-1214.6577					
	Pseudo R <sup>2</sup>	0.009142					
90% Model	/cut1	-4.226	0.404	-10.46	0.000		**
	/cut2	-2.261	0.345	-6.55	0.000		**
	/cut3	-0.760	0.335	-2.27	0.023		**
	/cut4	1.317	0.336	3.92	0.000		**
	No Damage	0.455	0.129	3.53	0.000	1.577	**
	< 3 m. of Obstacles	0.370	0.138	2.67	0.008	1.447	**
	Bike Lane	1.329	0.149	8.94	0.000	3.776	**
	St Way or Rad Curve $\geq$ 24 m.	-0.316	0.140	-2.25	0.024	0.729	**
	Minor Road Speed	-0.767	0.247	-3.10	0.002	0.465	**
	Volume $\leq$ 5000 PCU	0.370	0.211	1.75	0.080	1.447	*
	log likelihood (0)	-1228.5848					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-1217.4322					
	Pseudo R <sup>2</sup>	0.009078					

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

ตารางที่ 5-2 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน (ต่อ)

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
95% Model	/cut1	-4.202	0.402	-10.44	0.000		**
	/cut2	-2.241	0.343	-6.52	0.000		**
	/cut3	-0.742	0.333	-2.23	0.026		**
	/cut4	1.330	0.335	3.97	0.000		**
	No Damage	0.485	0.128	3.79	0.000	1.624	**
	< 3 m. of Obstacles	0.320	0.135	2.37	0.018	1.377	**
	Bike Lane	1.399	0.143	9.77	0.000	4.050	**
	St Way or Rad Curve $\geq$ 24 m.	-0.272	0.138	-1.98	0.048	0.762	**
	Minor Road Speed	-0.481	0.186	-2.58	0.010	0.618	**
	log likelihood (0)	-1229.7821					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-1218.9693					
Pseudo R <sup>2</sup>	0.008792						

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

จากตารางที่ 5-2 ผู้วิจัยสามารถจัดแบบจำลองตามระดับนัยสำคัญที่กำหนดได้ทั้งหมด 3 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองทุกตัวแปรอิสระ (Full Model) แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (90% Model) และแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (95% Model) พบว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์ (Goodness of fit) หรือมีค่า Pseudo R<sup>2</sup> (0.009142) มากที่สุด รองลงมาคือ แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (Pseudo R<sup>2</sup> = 0.009078) สุดท้ายคือ แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (Pseudo R<sup>2</sup> = 0.008792) แม้ว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระและแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.1 มีความสมบูรณ์มากกว่าแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นแบบจำลองที่มีแนวโน้มสอดคล้องดีที่สุดคือ แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งพบว่าเหลือตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามด้านความสะดวกสบายมีทั้งหมด 5 ตัวแปร ได้แก่ ไม่มีความเสียหายของพื้นผิว (No Damage) มีสิ่งกีดขวางน้อยกว่า 3 เมตร (< 3 m. of Obstacles) มีช่องทางจักรยาน (Bike Lane) ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร (St Way or Rad Curve  $\geq$  24 m.) และความเร็วกะแสจราจรสำหรับถนนสายย่อยและสายรอง (Minor Road Speed)

จาก  $Z_j = \alpha_j - \beta_j X_i$  สามารถสร้างแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนโดยใช้ตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ดังนี้

$$Z_j = \alpha_j - [ 0.485 (\text{No Damage}) + 0.320 (< 3 \text{ m. of Obstacles}) + 1.399 (\text{Bike Lane}) - 0.272 (\text{St Way or Rad Curve} \geq 24 \text{ m.}) - 0.481 (\text{Minor Road Speed}) ] \text{ เมื่อ } j = 1, 2, 3, 4$$

จากแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน พบว่าเมื่อถนนไม่มีความเสียหายของพื้นผิว (No Damage) ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความสะดวกสบายดีขึ้น ระหว่างเทียบกับถนนมีความเสียหายของพื้นผิว เมื่อถนนมีสิ่งกีดขวางน้อยกว่า 3 เมตร (< 3 m. of Obstacles) ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความสะดวกสบายดีขึ้น ระหว่างเทียบกับถนนมีสิ่งกีดขวางอย่างน้อย 3 เมตร เมื่อถนนมีช่องทางจักรยาน (Bike Lane) ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความสะดวกสบายดีขึ้น ระหว่างเทียบกับการจราจรแบบผสม เมื่อถนนมีทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร (St Way or Rad Curve  $\geq$  24 m.) ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความสะดวกสบายน้อยลง ระหว่างเทียบกับถนนมีทางโค้งที่มีรัศมีน้อยกว่า 24 เมตร เนื่องจากส่วนหนึ่งผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มที่ต้องหลีกเลี่ยงให้พาหนะที่มีความเร็วสูงกว่าในทางตรง แต่ในทางโค้งด้วยความเร็วของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นต้องชะลอความเร็ว ทำให้สามารถเข้าโค้งได้โดยความเร็วไม่ต่างจากเดิม ต่างจากพาหนะอื่นที่ต้องชะลอตามหลังสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า เมื่อถนนมีความเร็วกระแสรองสำหรับถนนสายย่อยและสายรอง (Minor Road Speed) ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความสะดวกสบายน้อยลง ระหว่างเทียบกับถนนมีความเร็วกระแสรองสำหรับถนนสายหลัก เนื่องจากถนนสายหลักถูกออกแบบให้เอื้อต่อการใช้ความเร็ว และมีความกว้างของช่องทางจราจรเพื่อรองรับปริมาณจราจรที่สูง ด้วยข้อได้เปรียบของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าที่มีความคล่องตัวสูง จึงสามารถใช้งานได้ดีบนถนนสายหลัก

การแปลผลตัวแปรอิสระต้องแปลผลด้วยอัตราส่วนออก (Odds Ratios) ที่มีค่าเท่ากับเอกซ์โพเนนเชียลของสัมประสิทธิ์ตัวแปร (Exp ( $\beta$ )) ของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก โดยมีตัวอย่างการแปลผลดังนี้

โอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความสะดวกสบายระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่ เทียบกับแย่มาก เมื่อถนนไม่มีความเสียหายของพื้นผิว (No Damage) เป็น 1.624 เท่า ของโอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความสะดวกสบายระดับระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อถนนมีความเสียหายของพื้นผิว หรือสามารถกล่าวได้ว่าโอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความสะดวกสบายระดับระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อถนนไม่มีความเสียหายของพื้นผิวเพิ่มขึ้น 62.40% ระหว่างเทียบกับถนนมีความเสียหายของพื้นผิว

โอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความสะดวกสบายระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่ เทียบกับแย่มาก เมื่อถนนมีทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร (St Way or Rad Curve

≥ 24 m.) เป็น 0.762 เท่า ของโอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความสะดวกสบายระดับดี มาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อถนนมีทางโค้งที่มีรัศมีน้อยกว่า 24 เมตร หรือสามารถกล่าว ได้ว่าโอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความสะดวกสบายระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบ กับแย่มาก เมื่อถนนมีทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร น้อยลง 23.80% ระหว่างเทียบ กับถนนมีทางโค้งที่มีรัศมีน้อยกว่า 24 เมตร

นอกจากนี้สามารถใช้จุดตัดของตัวแปรตามความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบาย เพื่อสร้างเป็น ดัชนีตามผลรวมของสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Comfort and Convenience} &= 0.485 (\text{No Damage}) + 0.320 (< 3 \text{ m. of Obstacles}) \\ &+ 1.399 (\text{Bike Lane}) - 0.272 (\text{St Way or Rad Curve} \\ &\geq 24 \text{ m.}) - 0.481 (\text{Minor Road Speed}) \end{aligned}$$

ถ้า  $\text{Comfort and Convenience} \leq -0.742$

หมายถึง ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับปกติ

$-0.742 < \text{Comfort and Convenience} \leq 1.330$

หมายถึง ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับดี

$\text{Comfort and Convenience} > 1.330$

หมายถึง ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับดีมาก

ตารางที่ 5-3 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบาย	ผลจากการประเมิน	ผลจากการใช้ดัชนีทั้งหมด	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่า
ดีมาก	32.21%	6.42%	7.21%
ดี	37.85%	79.05%	88.79%
ปกติ	18.97%	3.56%	4.00%
แย่	9.09%	-	-
แย่มาก	1.88%	-	-
รวม	100.00%	89.03%	100.00%

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบผลจากการประเมินแล้ว พบว่าสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 40.02% และสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่าอยู่ที่ 44.95%

### 5.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความเร็วของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อหาแบบจำลองระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความเร็วของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนที่เหมาะสม โดยทำการตัดปัจจัยอิสระที่มีผลน้อยสำคัญที่สุด พร้อมทั้งวิเคราะห์ใหม่จนกว่าจะเหลือตัวแปรทุกตัวที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 แบบจำลองความถี่ที่รับรู้ความเร็วของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
Full Model	/cut1	-4.839	0.680	-7.12	0.000		**
	/cut2	-2.170	0.481	-4.51	0.000		**
	/cut3	-0.339	0.469	-0.72	0.470		
	/cut4	1.746	0.473	3.69	0.000		**
	No Damage	0.809	0.156	5.18	0.000	2.245	**
	< 3 m. of Obstacles	0.079	0.159	0.50	0.618	1.082	
	Bike Lane	0.947	0.168	5.63	0.000	2.579	**
	Clear Line	0.122	0.188	0.65	0.515	1.130	
	Paved	0.378	0.174	2.17	0.030	1.459	**
	St Way or Rad Curve $\geq$ 24 m.	0.191	0.153	1.25	0.210	1.211	
	Continuation	0.256	0.665	0.38	0.701	1.291	
	Minor Road Speed	-0.369	0.567	-0.65	0.515	0.691	
	Volume $\leq$ 5000 PCU	0.172	0.235	0.73	0.465	1.188	
	Env is not disturbed	0.163	0.148	1.10	0.272	1.177	
	log likelihood (0)		-1072.9248				
log likelihood ( $\beta$ MLE)		-1059.9927					
Pseudo R <sup>2</sup>		0.012053					

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

ตารางที่ 5-4 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน (ต่อ)

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
95% Model	/cut1	-5.094	0.581	-8.77	0.000		**
	/cut2	-2.427	0.327	-7.42	0.000		**
	/cut3	-0.606	0.307	-1.97	0.048		**
	/cut4	1.467	0.311	4.72	0.000		**
	No Damage	0.879	0.137	6.43	0.000	2.408	**
	Bike Lane	0.917	0.145	6.34	0.000	2.503	**
	Paved	0.468	0.140	3.35	0.001	1.597	**
	log likelihood (0)	-1076.0463					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-1063.3809					
	Pseudo R <sup>2</sup>	0.011770					

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

จากตารางที่ 5-4 ผู้วิจัยสามารถจัดแบบจำลองตามระดับนัยสำคัญที่กำหนดได้เพียง 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองทุกตัวแปรอิสระ (Full Model) และแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (95% Model) พบว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์ (Goodness of fit) หรือมีค่า Pseudo R<sup>2</sup> (0.012053) มากกว่า แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (Pseudo R<sup>2</sup> = 0.011770) แม้ว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์มากกว่าแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นแบบจำลองที่มีแนวโน้มสอดคล้องดีที่สุด คือ แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งพบว่าเหลือตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามด้านความเร็วมีทั้งหมด 3 ตัวแปร ได้แก่ ไม่มีความเสียหายของพื้นผิว (No Damage) มีช่องทางจักรยาน (Bike Lane) และพื้นผิวลาดยาง (Paved)

จาก  $Z_j = \alpha_j - \beta_j X_j$  สามารถสร้างแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนโดยใช้ตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ดังนี้

$$Z_j = \alpha_j - [ 0.879 (\text{No Damage}) + 0.917 (\text{Bike Lane}) + 0.468 (\text{Paved}) ]$$

เมื่อ  $j = 1, 2, 3, 4$

จากแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน พบว่าเมื่อถนนไม่มีความเสียหายของพื้นผิว (No Damage) ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความเร็วดีขึ้น

ระหว่างเทียบกับถนนมีความเสียหายของพื้นผิว เมื่อถนนมีช่องทางจักรยาน (Bike Lane) ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความเร็วดีขึ้น ระหว่างเทียบกับการจราจรแบบผสม เมื่อถนนมีพื้นผิวลาดยาง (Paved) ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความเร็วดีขึ้น ระหว่างเทียบกับพื้นผิวคอนกรีต

การแปลผลตัวแปรอิสระต้องแปลผลด้วยอัตราส่วนออก (Odds Ratios) ที่มีค่าเท่ากับเอกซ์โพเนนเชียลของสัมประสิทธิ์ตัวแปร (Exp ( $\beta$ )) ของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก โดยมีตัวอย่างการแปลผลดังนี้

โอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความเร็วระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อถนนไม่มีความเสียหายของพื้นผิว (No Damage) เป็น 2.408 เท่า ของโอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความเร็วระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อถนนมีความเสียหายของพื้นผิว หรือสามารถกล่าวได้ว่าโอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความเร็วระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อถนนไม่มีความเสียหายของพื้นผิวเพิ่มขึ้น 140.80% ระหว่างเทียบกับถนนมีความเสียหายของพื้นผิว

นอกจากนี้สามารถใช้จุดตัดของตัวแปรตามความรู้สึกรับรู้ความเร็ว เพื่อสร้างเป็นดัชนีตามผลรวมของสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระได้ดังนี้

$$\text{Speed} = 0.879 (\text{No Damage}) + 0.917 (\text{Bike Lane}) + 0.468 (\text{Paved})$$

ถ้า  $\text{Speed} \leq 1.467$

หมายถึง ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความเร็วระดับดี

$\text{Speed} > 1.467$

หมายถึง ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความเร็วระดับดีมาก

ตารางที่ 5-5 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความเร็ว	ผลจากการประเมิน	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมด	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่า
ดีมาก	42.59%	17.59%	22.53%
ดี	35.47%	60.47%	77.47%
ปกติ	16.70%	-	-
แย่	4.84%	-	-
แย่มาก	0.40%	-	-
รวม	100.00%	78.06%	100.00%



จากตารางเมื่อเปรียบเทียบผลจากการประเมินแล้ว พบว่าสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 41.01% และสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่าอยู่ที่ 52.53%

### 5.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความปลอดภัยของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อหาแบบจำลองระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความปลอดภัยของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนที่เหมาะสม โดยทำการตัดปัจจัยอิสระที่มีผลนัยสำคัญที่สูงที่สุด พร้อมทั้งวิเคราะห์ใหม่จนกว่าจะเหลือตัวแปรทุกตัวที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5-6 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
Full Model	/cut1	0.492	0.406	1.21	0.226		
	/cut2	2.287	0.412	5.55	0.000		**
	/cut3	3.596	0.421	8.54	0.000		**
	/cut4	5.579	0.438	12.73	0.000		**
	No Damage	0.035	0.144	0.24	0.808	1.036	
	< 3 m. of Obstacles	0.297	0.145	2.04	0.041	1.346	**
	Bike Lane	1.278	0.156	8.20	0.000	3.590	**
	Clear Line	0.366	0.171	2.14	0.032	1.443	**
	Paved	0.123	0.158	0.78	0.437	1.131	
	St Way or Rad Curve $\geq$ 24 m.	-0.384	0.142	-2.70	0.007	0.681	**
	Continuation	0.985	0.622	1.58	0.113	2.677	
	Minor Road Speed	0.369	0.532	0.69	0.488	1.446	
	Volume $\leq$ 5000 PCU	1.787	0.232	7.69	0.000	5.973	**
	Env is not disturbed	-0.062	0.137	-0.45	0.652	0.940	
	log likelihood (0)		-1334.7416				
	log likelihood ( $\beta$ MLE)		-1327.7336				
	Pseudo R <sup>2</sup>		0.005250				

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

ตารางที่ 5-6 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสัญญาณไฟฟ้าบถนน (ต่อ)

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.	
95% Model	/cut1	0.835	0.294	2.83	0.005		**	
	/cut2	2.619	0.306	8.55	0.000		**	
	/cut3	3.920	0.320	12.26	0.000		**	
	/cut4	5.881	0.341	17.22	0.000		**	
	Bike Lane	1.184	0.144	8.20	0.000	3.269	**	
	Clear Line	0.623	0.145	4.29	0.000	1.865	**	
	Continuation	1.669	0.293	5.69	0.000	5.305	**	
	Volume $\leq$ 5000 PCU	1.676	0.201	8.34	0.000	5.342	**	
	log likelihood (0)		-1340.5810					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)		-1333.7774					
Pseudo R <sup>2</sup>		0.005075						

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

จากตารางที่ 5-6 ผู้วิจัยสามารถจัดแบบจำลองตามระดับนัยสำคัญที่กำหนดได้เพียง 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองทุกตัวแปรอิสระ (Full Model) และแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (95% Model) พบว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์ (Goodness of fit) หรือมีค่า Pseudo R<sup>2</sup> (0.005250) มากกว่า แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (Pseudo R<sup>2</sup> = 0.005075) แม้ว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์มากกว่าแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นแบบจำลองที่มีแนวโน้มสอดคล้องดีที่สุด คือ แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งพบว่าเหลือตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามด้านความปลอดภัยมีทั้งหมด 4 ตัวแปร ได้แก่ มีช่องทางจักรยาน (Bike Lane) เส้นแบ่งช่องทางจราจรมีความชัดเจน (Clear Line) ความต่อเนื่องของเส้นทาง (Continuation) และปริมาณกระแสดจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี (Volume  $\leq$  5,000 PCU)

จาก  $Z_j = \alpha_j - \beta_j X_i$  สามารถสร้างแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสัญญาณไฟฟ้าบถนนโดยใช้ตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ดังนี้

$$Z_j = \alpha_j - [ 1.184 (\text{Bike Lane}) + 0.623 (\text{Clear Line}) + 1.669 (\text{Continuation}) + 1.676 (\text{Volume} \leq 5,000 \text{ PCU}) ] \text{ เมื่อ } j = 1, 2, 3, 4$$

จากแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน พบว่าเมื่อถนนมีช่องทางจักรยาน (Bike Lane) ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความปลอดภัยดีขึ้น ระหว่างเทียบกับการจราจรแบบผสม เมื่อถนนมีเส้นแบ่งช่องทางจราจรมีความชัดเจน (Clear Line) ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความปลอดภัยดีขึ้น ระหว่างเทียบกับเส้นแบ่งช่องทางจราจรไม่มีความชัดเจน เมื่อถนนมีความต่อเนื่องของเส้นทาง (Continuation) เพิ่มขึ้น ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความปลอดภัยดีขึ้น เมื่อถนนมีปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี ( $\text{Volume} \leq 5,000 \text{ PCU}$ ) ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความปลอดภัยดีขึ้น ระหว่างเทียบกับปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี

การแปลผลตัวแปรอิสระต้องแปลผลด้วยอัตราส่วนออก (Odds Ratios) ที่มีค่าเท่ากับเอกซ์โพเนนเชียลของสัมประสิทธิ์ตัวแปร ( $\text{Exp}(\beta)$ ) ของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก โดยมีตัวอย่างการแปลผลดังนี้

โอกาสที่ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความปลอดภัยระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่มาก เมื่อถนนมีช่องทางจักรยาน (Bike Lane) เป็น 3.269 เท่า ของโอกาสที่ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความปลอดภัยระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่มาก เมื่อถนนมีการจราจรแบบผสม หรือสามารถกล่าวได้ว่าโอกาสที่ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความปลอดภัยระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่มาก เมื่อถนนมีช่องทางจักรยานเพิ่มขึ้น 226.90% ระหว่างเทียบกับถนนมีการจราจรแบบผสม

โอกาสที่ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ความปลอดภัยดีขึ้นเมื่อถนนมีความต่อเนื่องของเส้นทาง (Continuation) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย เป็น 5.305 เท่า หรือเพิ่มขึ้น 430.50% ระหว่างเทียบกับความต่อเนื่องของเส้นทางตั้งต้น

นอกจากนี้สามารถหาค่าจุดตัดของตัวแปรตามความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัย เพื่อสร้างเป็นดัชนีตามผลรวมของสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระได้ดังนี้

$$\text{Safety} = 1.184 (\text{Bike Lane}) + 0.623 (\text{Clear Line}) + 1.669 (\text{Continuation}) \\ + 1.676 (\text{Volume} \leq 5000 \text{ PCU})$$

ถ้า  $\text{Safety} \leq 0.835$

หมายถึง ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับแย่มาก

$$0.835 < \text{Safety} \leq 2.619$$

หมายถึง ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับแย่มาก

$$2.619 < \text{Safety} \leq 3.920$$

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับปกติ

Safety > 3.920

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับดี

ตารางที่ 5-7 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ ความปลอดภัย	ผลจากการประเมิน	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมด	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่า
ดีมาก	13.83%	-	-
ดี	27.17%	27.57%	32.00%
ปกติ	21.05%	31.13%	36.12%
แย่มาก	22.23%	18.77%	21.79%
แย่มาก	15.72%	8.70%	10.09%
รวม	100.00%	86.17%	100.00%

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบผลจากการประเมินแล้ว พบว่าสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 34.49% และสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่าอยู่ที่ 40.02%

#### 5.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อหาแบบจำลองระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนที่เหมาะสม โดยทำการตัดปัจจัยอิสระที่มีผลนัยสำคัญที่สุด พร้อมทั้งวิเคราะห์ใหม่จนกว่าจะเหลือตัวแปรทุกตัวที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5-8 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสัญญาณไฟฟ้าบนถนน

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
Full Model	/cut1	-1.969	0.413	-4.76	0.000		**
	/cut2	0.011	0.394	0.03	0.978		
	/cut3	1.321	0.395	3.34	0.001		**
	/cut4	3.638	0.410	8.87	0.000		**
	No Damage	0.303	0.145	2.08	0.037	1.354	**
	< 3 m. of Obstacles	0.075	0.150	0.50	0.619	1.077	
	Bike Lane	1.433	0.162	8.82	0.000	4.190	**
	Clear Line	0.425	0.175	2.42	0.015	1.530	**
	Paved	0.130	0.164	0.79	0.427	1.139	
	St Way or Rad Curve $\geq$ 24 m.	-0.426	0.146	-2.91	0.004	0.653	**
	Continuation	0.653	0.623	1.05	0.295	1.920	
	Minor Road Speed	-0.606	0.532	-1.14	0.255	0.546	
	Volume $\leq$ 5000 PCU	1.504	0.229	6.55	0.000	4.499	**
	Env is not disturbed	-0.160	0.140	-1.14	0.256	0.853	
	log likelihood (0)	-1290.3454					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-1284.2823					
Pseudo R <sup>2</sup>	0.004699						
95% Model	/cut1	-2.338	0.227	-10.31	0.000		**
	/cut2	-0.378	0.192	-1.97	0.049		**
	/cut3	0.909	0.195	4.67	0.000		**
	/cut4	3.172	0.217	14.60	0.000		**
	Bike Lane	1.509	0.148	10.17	0.000	4.522	**
	Volume $\leq$ 5000 PCU	1.194	0.148	8.09	0.000	3.301	**
	log likelihood (0)	-1306.0445					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-1300.0491					
	Pseudo R <sup>2</sup>	0.004591					

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

จากตารางที่ 5-8 ผู้วิจัยสามารถจัดแบบจำลองตามระดับนัยสำคัญที่กำหนดได้เพียง 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองทุกตัวแปรอิสระ (Full Model) และแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (95% Model) พบว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์ (Goodness of fit) หรือมีค่า Pseudo R<sup>2</sup> (0.004699) มากกว่า แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (Pseudo R<sup>2</sup> = 0.004591) แม้ว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์มากกว่าแบบจำลองตัว

แปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นแบบจำลองที่มีแนวโน้มสอดคล้องที่สุด คือ แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งพบว่าเหลือตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามระดับโดยรวมมีทั้งหมด 2 ตัวแปร ได้แก่ มีช่องทางจักรยาน (Bike Lane) และปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี (Volume  $\leq$  5,000 PCU)

จาก  $Z_j = \alpha_j - \beta_j X_j$  สามารถสร้างแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนโดยใช้ตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ดังนี้

$$Z_j = \alpha_j - [ 1.509 (\text{Bike Lane}) + 1.194 (\text{Volume} \leq 5000 \text{ PCU}) ] \text{ เมื่อ } j = 1, 2, 3, 4$$

จากแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน พบว่าเมื่อถนนมีช่องทางจักรยาน (Bike Lane) ผู้ใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ระดับโดยรวมดีขึ้น ระหว่างเทียบกับการจราจรแบบผสม เมื่อถนนมีปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี (Volume  $\leq$  5,000 PCU) ผู้ใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ระดับโดยรวมดีขึ้น ระหว่างเทียบกับปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี

การแปลผลตัวแปรอิสระต้องแปลผลด้วยอัตราส่วนออก (Odds Ratios) ที่มีค่าเท่ากับเอกซ์โพเนนเชียลของสัมประสิทธิ์ตัวแปร (Exp ( $\beta$ )) ของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก โดยมีตัวอย่างการแปลผลดังนี้

โอกาสที่ผู้ใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ระดับโดยรวมระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อถนนมีช่องทางจักรยาน (Bike Lane) เป็น 4.522 เท่า ของโอกาสที่ผู้ใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ระดับโดยรวมระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อถนนมีการจราจรแบบผสม หรือสามารถกล่าวได้ว่าโอกาสที่ผู้ใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ระดับโดยรวมระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อถนนมีช่องทางจักรยานเพิ่มขึ้น 352.20% ระหว่างเทียบกับถนนมีการจราจรแบบผสม

นอกจากนี้สามารถใช้จุดตัดของตัวแปรตามความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม เพื่อสร้างเป็นดัชนีตามผลรวมของสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระได้ดังนี้

$$\text{Overall} = 1.509 (\text{Bike Lane}) + 1.194 (\text{Volume} \leq 5000 \text{ PCU})$$

ถ้า  $\text{Overall} \leq 0.909$

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับปกติ

Overall > 0.909

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับดี

ตารางที่ 5-9 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม	ผลจากการประเมิน	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมด	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่า
ดีมาก	20.06%	-	-
ดี	38.04%	43.87%	74.75%
ปกติ	20.65%	14.83%	25.25%
แย่มาก	16.60%	-	-
แย่	4.65%	-	-
รวม	100.00%	58.70%	100.00%

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบผลจากการประเมินแล้ว พบว่าสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 38.24% และสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่าอยู่ที่ 65.15%

#### 5.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยความรู้สึกรับรู้และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อหาแบบจำลองระหว่างปัจจัยความรู้สึกรับรู้และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-10

ตารางที่ 5-10 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่นของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
Full Model	/cut1	2.036	1.224	1.66	0.096		*
	/cut2	5.572	1.256	4.43	0.000		**
	/cut3	8.365	1.277	6.55	0.000		**
	/cut4	13.130	1.316	9.98	0.000		**
	Comfort Lv.5	3.548	0.633	5.61	0.000	34.731	**
	Comfort Lv.4	2.116	0.612	3.45	0.001	8.294	**
	Comfort Lv.3	0.826	0.609	1.36	0.175	2.284	
	Comfort Lv.2	0.165	0.613	0.27	0.787	1.180	
	Speed Lv.5	3.040	1.285	2.37	0.018	20.908	**
	Speed Lv.4	2.351	1.279	1.84	0.066	10.500	*
	Speed Lv.3	1.371	1.272	1.08	0.281	3.938	
	Speed Lv.2	0.435	1.272	0.34	0.732	1.545	
	Safety Lv.5	9.318	0.461	20.22	0.000	11138.713	**
	Safety Lv.4	6.680	0.352	18.97	0.000	796.447	**
	Safety Lv.3	4.937	0.311	15.87	0.000	139.309	**
	Safety Lv.2	2.814	0.267	10.53	0.000	16.677	**
	log likelihood (0)	-769.8784					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-762.2448					
	Pseudo R <sup>2</sup>	0.009915					

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

### CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 5-10 ผู้วิจัยสามารถจัดแบบจำลองที่มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (90% Model) ที่มีความสมบูรณ์ (Goodness of fit) หรือมีค่า Pseudo R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.009915 ซึ่งพบว่าเหลือตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามระดับโดยรวม ได้แก่ ความสะดวกสบายระดับดีมากและดี ความเร็วระดับดีมากและดี และความปลอดภัยทุกระดับ

จาก  $Z_j = \alpha_j - \beta_i X_i$  สามารถสร้างแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่นของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนโดยใช้ตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.1 ได้ดังนี้

$$Z_j = \alpha_j - [ 3.548 (\text{Comfort Lv.5}) + 2.116 (\text{Comfort Lv.4}) + 3.040 (\text{Speed Lv.5}) + 2.351 (\text{Speed Lv.4}) + 9.318 (\text{Safety Lv.5}) + 6.680 (\text{Safety Lv.4}) + 4.937 (\text{Safety Lv.3}) + 2.814 (\text{Safety Lv.2}) ] \text{ เมื่อ } j = 1, 2, 3, 4$$



จากแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่นของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน สามารถแปลผลตัวแปรอิสระด้วยอัตราส่วนออก (Odds Ratios) ที่มีค่าเท่ากับ เอกซ์โพเนนเชียลของสัมประสิทธิ์ตัวแปร (Exp ( $\beta$ )) ของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก โดยมีตัวอย่างการแปลผลดังนี้

โอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ระดับโดยรวมระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับดีมาก (Comfort Lv.5) เป็น 34.731 เท่า ของโอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ระดับโดยรวมระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับแย่มาก หรือสามารถกล่าวได้ว่าโอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนรับรู้ระดับโดยรวมระดับดีมาก ดี ปกติ และแย่เทียบกับแย่มาก เมื่อผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับดีมากเพิ่มขึ้น 3,372.10% ระหว่างเทียบกับความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับแย่มาก

แนวโน้มภาพรวมตัวแปรอิสระในแต่ละความรู้สึกรับรู้พบว่า ความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยมีแนวโน้มส่งผลต่อการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนมากที่สุด ส่วนความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายและความเร็วมีเพียงระดับดีมากและดีที่ส่งผลต่อการใช้งานเท่านั้น เนื่องจากส่วนหนึ่งถนนพื้นผิวลาดยางหรือคอนกรีตภายในเมือง ได้ถูกออกแบบมาให้รองรับพาหนะที่ปริมาณมากและเอื้อต่อการสัญจรทำให้สวิตเตอร์ไฟฟ้าซึ่งเป็นพาหนะที่มีล้อยางเติมลมได้รับข้อได้เปรียบตรงนี้ด้วย

นอกจากนี้สามารถใช้จุดตัดของตัวแปรตามความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม เพื่อสร้างเป็นดัชนีตามผลรวมของสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Overall} &= 3.548 (\text{Comfort Lv.5}) + 2.116 (\text{Comfort Lv.4}) + 3.040 (\text{Speed Lv.5}) \\ &+ 2.351 (\text{Speed Lv.4}) + 9.318 (\text{Safety Lv.5}) + 6.680 (\text{Safety Lv.4}) + 4.937 (\text{Safety Lv.3}) + \\ &2.814 (\text{Safety Lv.2}) \end{aligned}$$

ถ้า Overall  $\leq$  2.036

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับแย่มาก

$$2.036 < \text{Overall} \leq 5.572$$

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับแย่

$$5.572 < \text{Overall} \leq 8.365$$

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับปกติ

$$8.365 < \text{Overall} \leq 13.130$$

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับดี

Overall > 13.130

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกประทับใจระดับโดยรวมระดับดีมาก

ตารางที่ 5-11 ระดับแนวโน้มรู้สึกประทับใจระดับโดยรวมจากความรู้สึกด้านอื่นของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

ระดับแนวโน้มรู้สึกประทับใจระดับโดยรวม	ผลจากการประเมิน	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมด	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่า
ดีมาก	20.06%	20.16%	31.98%
ดี	38.04%	28.95%	45.93%
ปกติ	20.65%	9.29%	14.73%
แย้	16.60%	4.45%	7.05%
แย่มาก	4.65%	0.20%	0.31%
รวม	100.00%	63.05%	100.00%

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบผลจากการประเมินแล้ว พบว่าสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 44.37% และสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่าอยู่ที่ 70.38%

## 5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ผู้วิจัยนำตัวแปรทางกายภาพมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมด 5 ตัวแปร โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman rank correlation coefficient หรือ Spearman's rho) ซึ่งเหมาะกับข้อมูลที่จัดเป็นกลุ่ม นอกจากนี้ผู้วิจัยได้กำหนดช่วงยอมรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ -0.75 ถึง 0.75 เพื่อลดปัญหาการเกิดความสัมพันธ์กันสูงระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) ที่อาจจะทำให้ผลการวิเคราะห์เกิดความคลาดเคลื่อนสูง ซึ่งสามารถแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางกายภาพของทางเท้า เมื่อกำหนดจากตัวแปรอ้างอิงจากรายการที่ 3-20 ดังนี้

ตารางที่ 5-12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางกายภาพของทางเท้า

ตัวแปร	1	2	3	4	5
1. No Damage	1.0000				
2. Real Width $\geq$ 2 m.	0.0658*	1.0000			
3. Paved	0.0621*	-0.4045**	1.0000		
4. Concrete Tile	-0.1974**	0.0000	-0.6742**	1.0000	
5. Env is not disturbed	0.2431**	-0.0626*	0.0929**	0.0626*	1.0000

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

จากตารางที่ 5-12 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีนัยสำคัญระหว่างกัน อยู่ในช่วงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่  $-0.75$  ถึง  $0.75$  ตามที่กำหนดไว้ ดังนั้นผู้วิจัยสามารถนำตัวแปรทุกตัวไปใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองได้ แต่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ผู้วิจัยวิเคราะห์มา มีความสัมพันธ์แบบเทียมหรือในบริบทความเป็นจริงไม่มีความสัมพันธ์กันจริง ซึ่งไม่เหมาะกับการแปลผลต่อความสัมพันธ์ที่ได้

### 5.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความสะดวกสบายของการใช้งานสกายด์เตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อหาแบบจำลองระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความสะดวกสบายของการใช้งานสกายด์เตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าที่เหมาะสม โดยทำการตัดปัจจัยอิสระที่มีผลนัยสำคัญที่สูงที่สุด พร้อมทั้งวิเคราะห์ใหม่จนกว่าจะเหลือตัวแปรทุกตัวที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-13

ตารางที่ 5-13 แบบจำลองความรูสึกับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
Full Model	/cut1	-1.727	0.382	-4.52	0.000		**
	/cut2	-0.540	0.372	-1.45	0.147		
	No Damage	0.433	0.196	2.21	0.027	1.543	**
	Real width $\geq$ 2 m.	-0.025	0.211	-0.12	0.905	0.975	
	Paved	1.147	0.334	3.44	0.001	3.150	**
	Concrete Tile	0.028	0.261	0.11	0.915	1.028	
	Env is not disturbed	0.012	0.188	0.06	0.949	1.012	
	log likelihood (0)	-504.9466					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-503.5031					
Pseudo R <sup>2</sup>	0.002859						
95% Model	/cut1	-1.741	0.244	-7.14	0.000		**
	/cut2	-0.554	0.230	-2.41	0.016		**
	No Damage	0.428	0.182	2.35	0.019	1.534	**
	Paved	1.140	0.224	5.09	0.000	3.126	**
	log likelihood (0)	-504.9688					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-503.5300					
	Pseudo R <sup>2</sup>	0.002849					

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

จากตารางที่ 5-13 ผู้วิจัยสามารถจัดแบบจำลองตามระดับนัยสำคัญที่กำหนดได้เพียง 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองทุกตัวแปรอิสระ (Full Model) และแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (95% Model) พบว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์ (Goodness of fit) หรือมีค่า Pseudo R<sup>2</sup> (0.002859) มากกว่า แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (Pseudo R<sup>2</sup> = 0.002849) แม้ว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์มากกว่าแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นแบบจำลองที่มีแนวโน้มสอดคล้องดีที่สุดคือ แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งพบว่าเหลือตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามด้านความสะดวกสบายมีทั้งหมด 2 ตัวแปร ได้แก่ ไม่มีความเสียหาย (No Damage) และพื้นผิวลาดยาง (Paved)

จาก  $Z_j = \alpha_j - \beta_j X_i$  สามารถสร้างแบบจำลองความรูสึกับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าโดยใช้ตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ดังนี้

$$Z_j = \alpha_j - [ 0.428 (\text{No Damage}) + 1.140 (\text{Paved}) ] \text{ เมื่อ } j = 1, 2$$

จากแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า พบว่าเมื่อทางเท้าไม่มีความเสียหายของพื้นผิว (No Damage) ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความสะดวกสบายดีขึ้น ระหว่างเทียบกับทางเท้ามีความเสียหายของพื้นผิว เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวลาดยาง (Paved) ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความเร็วดีขึ้น ระหว่างเทียบกับพื้นผิวคอนกรีต

การแปลผลตัวแปรอิสระต้องแปลผลด้วยอัตราส่วนออก (Odds Ratios) ที่มีค่าเท่ากับเอกซ์โพเนนเชียลของสัมประสิทธิ์ตัวแปร (Exp ( $\beta$ )) ของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก โดยมีตัวอย่างการแปลผลดังนี้

โอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ความสะดวกสบายระดับดีและปกติเทียบกับแย่ เมื่อทางเท้าไม่มีความเสียหายของพื้นผิว (No Damage) เป็น 1.534 เท่า ของโอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ความสะดวกสบายระดับดีและปกติเทียบกับแย่ เมื่อทางเท้ามีความเสียหายของพื้นผิว หรือสามารถกล่าวได้ว่าโอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ความสะดวกสบายระดับดีและปกติเทียบกับแย่ เมื่อทางเท้าไม่มีความเสียหายของพื้นผิวเพิ่มขึ้น 53.40% ระหว่างเทียบกับทางเท้ามีความเสียหายของพื้นผิว

นอกจากนี้สามารถใช้จุดตัดของตัวแปรตามความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบาย เพื่อสร้างเป็นดัชนีตามผลรวมของสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระได้ดังนี้

$$\text{Comfort and Convenience} = 0.428 (\text{No Damage}) + 1.140 (\text{Paved})$$

พบว่าสามารถจัดระดับได้ระดับเดียวเท่านั้น คือ Comfort and Convenience > -0.540 หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับดี

ตารางที่ 5-14 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบาย	ผลจากการประเมิน	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมด	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่า
ดี	73.15%	73.15%	100.00%
ปกติ	15.48%	-	-
แย่	11.37%	-	-
รวม	100.00%	73.15%	100.00%

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบผลจากการประเมินแล้ว พบว่าสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 73.15% และสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่าอยู่ที่ 100.00%

## 5.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อหาแบบจำลองระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าที่เหมาะสม โดยทำการตัดปัจจัยอิสระที่มีผลนัยสำคัญที่สูงที่สุด พร้อมทั้งวิเคราะห์ใหม่จนกว่าจะเหลือตัวแปรทุกตัวที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-15

ตารางที่ 5-15 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
Full Model	/cut1	-2.220	0.466	-4.76	0.000		**
	/cut2	-0.301	0.444	-0.68	0.498		
	No Damage	0.008	0.235	0.03	0.972	1.008	
	Real width $\geq$ 2 m.	0.384	0.254	1.51	0.131	1.468	
	Paved	2.180	0.397	5.49	0.000	8.843	**
	Concrete Tile	0.934	0.296	3.16	0.002	2.545	**
	Env is not disturbed	0.281	0.215	1.30	0.192	1.324	
	log likelihood (0)	-383.0510					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-381.7390					
Pseudo R <sup>2</sup>	0.003425						
95% Model	/cut1	-2.698	0.332	-8.12	0.000		**
	/cut2	-0.792	0.294	-2.69	0.007		**
	Paved	1.914	0.321	5.97	0.000	6.777	**
	Concrete Tile	0.778	0.240	3.24	0.001	2.178	**
	log likelihood (0)	-385.0557					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-383.7990					
	Pseudo R <sup>2</sup>	0.003264					

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

จากตารางที่ 5-15 ผู้วิจัยสามารถจัดแบบจำลองตามระดับนัยสำคัญที่กำหนดได้เพียง 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองทุกตัวแปรอิสระ (Full Model) และแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับ

นัยสำคัญ 0.05 (95% Model) พบว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์ (Goodness of fit) หรือมีค่า Pseudo  $R^2$  (0.003425) มากกว่า แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (Pseudo  $R^2 = 0.003264$ ) แม้ว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์มากกว่าแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นแบบจำลองที่มีแนวโน้มสอดคล้องดีที่สุด คือ แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าเหลือตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามด้านความเร็วมีทั้งหมด 2 ตัวแปร ได้แก่ พื้นผิวลาดยาง (Paved) และพื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (Concrete Tile)

จาก  $Z_j = \alpha_j - \beta_i X_i$  สามารถสร้างแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าโดยใช้ตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ดังนี้

$$Z_j = \alpha_j - [ 1.914 (\text{Paved}) + 0.778 (\text{Concrete Tile}) ] \text{ เมื่อ } j = 1, 2$$

จากแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า พบว่าเมื่อทางเท้ามีพื้นผิวลาดยาง (Paved) ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความเร็วดีขึ้น ระหว่างเทียบกับพื้นผิวคอนกรีต เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (Concrete Tile) ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความเร็วดีขึ้น ระหว่างเทียบกับพื้นผิวคอนกรีต

การแปลผลตัวแปรอิสระต้องแปลผลด้วยอัตราส่วนออก (Odds Ratios) ที่มีค่าเท่ากับเอกซ์โพเนนเชียลของสัมประสิทธิ์ตัวแปร (Exp ( $\beta$ )) ของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก โดยมีตัวอย่างการแปลผลดังนี้

โอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ความเร็วระดับดีและปกติเทียบกับแย่ เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวลาดยาง (Paved) เป็น 6.777 เท่า ของโอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ความเร็วระดับดีและปกติเทียบกับแย่ เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวคอนกรีต หรือสามารถกล่าวได้ว่าโอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ความเร็วระดับดีและปกติเทียบกับแย่ เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวลาดยางเพิ่มขึ้น 577.70% ระหว่างเทียบกับทางเท้ามีพื้นผิวคอนกรีต

นอกจากนี้สามารถใช้จุดตัดของตัวแปรตามความรู้สึกรับรู้ความเร็ว เพื่อสร้างเป็นดัชนีตามผลรวมของสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระได้ดังนี้

$$\text{Speed} = 1.914 (\text{Paved}) + 0.778 (\text{Concrete Tile})$$

พบว่าสามารถจัดระดับได้ระดับเดียวเท่านั้น คือ Speed > -0.792 หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความเร็วระดับดี

ตารางที่ 5-16 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความเร็ว	ผลจากการประเมิน	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมด	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่า
ดี	79.97%	79.97%	100.00%
ปกติ	15.63%	-	-
แย่	4.40%	-	-
รวม	100.00%	79.97%	100.00%

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบผลจากการประเมินแล้ว พบว่าสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 79.97% และสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่าอยู่ที่ 100.00%

### 5.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อหาแบบจำลองระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยด้านความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าที่เหมาะสม โดยทำการตัดปัจจัยอิสระที่มีผลนัยสำคัญที่สูงที่สุด พร้อมทั้งวิเคราะห์ใหม่จนกว่าจะเหลือตัวแปรทุกตัวที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-17

#### จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5-17 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp (β)	Sig.
Full Model	/cut1	-1.998	0.442	-4.52	0.000		**
	/cut2	-0.523	0.431	-1.21	0.224		
	No Damage	0.234	0.215	1.09	0.277	1.263	
	Real width ≥ 2 m.	0.049	0.233	0.21	0.833	1.050	
	Paved	1.419	0.352	4.03	0.000	4.132	**
	Concrete Tile	0.621	0.278	2.23	0.026	1.860	**
	Env is not disturbed	0.176	0.201	0.87	0.383	1.192	
	log likelihood (0)	-443.9431					
	log likelihood (βMLE)	-442.4436					
	Pseudo R <sup>2</sup>	0.003378					

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)



ตารางที่ 5-17 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า (ต่อ)

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
95% Model	/cut1	-2.306	0.329	-7.01	0.000		**
	/cut2	-0.838	0.310	-2.70	0.007		**
	Paved	1.369	0.286	4.79	0.000	3.932	**
	Concrete Tile	0.555	0.235	2.36	0.018	1.742	**
	log likelihood (0)	-445.2366					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-443.7682					
	Pseudo R <sup>2</sup>	0.003298					

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

จากตารางที่ 5-17 ผู้วิจัยสามารถจัดแบบจำลองตามระดับนัยสำคัญที่กำหนดได้เพียง 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองทุกตัวแปรอิสระ (Full Model) และแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (95% Model) ซึ่งแบบจำลองที่มีแนวโน้มประสิทธิภาพดีที่สุด คือ แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (95% Model) พบว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์ (Goodness of fit) หรือมีค่า Pseudo R<sup>2</sup> (0.003378) มากกว่า แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (Pseudo R<sup>2</sup> = 0.003298) แม้ว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์มากกว่าแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นแบบจำลองที่มีแนวโน้มสอดคล้องดีที่สุด คือ แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งพบว่าเหลือตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามด้านความปลอดภัยมีทั้งหมด 2 ตัวแปร ได้แก่ พื้นผิวลาดยาง (Paved) และพื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (Concrete Tile)

จาก  $Z_j = \alpha_j - \beta_j X_i$  สามารถสร้างแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าโดยใช้ตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ดังนี้

$$Z_j = \alpha_j - [ 1.369 (\text{Paved}) + 0.555 (\text{Concrete Tile}) ] \text{ เมื่อ } j = 1, 2$$

จากแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าพบว่าเมื่อทางเท้ามีพื้นผิวลาดยาง (Paved) ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความปลอดภัยดีขึ้นระหว่างเทียบกับพื้นผิวคอนกรีต เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (Concrete Tile) ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ความปลอดภัยดีขึ้น ระหว่างเทียบกับพื้นผิวคอนกรีต

การแปลผลตัวแปรอิสระต้องแปลผลด้วยอัตราส่วนออก (Odds Ratios) ที่มีค่าเท่ากับเอกซ์โพเนนเชียลของสัมประสิทธิ์ตัวแปร (Exp ( $\beta$ )) ของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก โดยมีตัวอย่างการแปลผลดังนี้

โอกาสที่ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ความปลอดภัยระดับดีและปกติเทียบกับแย้เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวลาดยาง (Paved) เป็น 3.932 เท่า ของโอกาสที่ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ความปลอดภัยระดับดีและปกติเทียบกับแย้ เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวคอนกรีต หรือสามารถกล่าวได้ว่าโอกาสที่ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ความปลอดภัยระดับดีและปกติเทียบกับแย้ เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวลาดยางเพิ่มขึ้น 293.20% ระหว่างเทียบกับทางเท้ามีพื้นผิวคอนกรีต

นอกจากนี้สามารถใช้จุดตัดของตัวแปรตามความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัย เพื่อสร้างเป็นดัชนีตามผลรวมของสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระได้ดังนี้

$$\text{Safety} = 1.369 (\text{Paved}) + 0.555 (\text{Concrete Tile})$$

พบว่าสามารถจัดระดับได้ระดับเดียวกันเท่านั้น คือ  $\text{Safety} > -0.838$  หมายถึง ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับดี

ตารางที่ 5-18 ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ระดับแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัย	ผลจากการประเมิน	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมด	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่า
ดี	76.70%	76.70%	100.00%
ปกติ	15.63%	-	-
แย้	7.67%	-	-
รวม	100.00%	76.70%	100.00%

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบผลจากการประเมินแล้ว พบว่าสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 76.70% และสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่าอยู่ที่ 100.00%

#### 5.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยระดับโดยรวมของการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อหาแบบจำลองระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยระดับโดยรวมของการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนทาง

เท่าที่เหมาะสม โดยทำการตัดปัจจัยอิสระที่มีผลนัยสำคัญที่สูงที่สุด พร้อมทั้งวิเคราะห์ใหม่จนกว่าจะเหลือตัวแปรทุกตัวที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-19

ตารางที่ 5-19 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
Full Model	/cut1	-2.052	0.416	-4.94	0.000		**
	/cut2	-0.686	0.402	-1.70	0.088		*
	No Damage	0.210	0.217	0.97	0.333	1.234	
	Real width $\geq$ 2 m.	-0.080	0.235	-0.34	0.732	0.923	
	Paved	1.438	0.355	4.05	0.000	4.212	**
	Concrete Tile	0.502	0.273	1.84	0.066	1.652	*
	Env is not disturbed	0.128	0.203	0.63	0.530	1.136	
	log likelihood (0)	-434.7622					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-433.7692					
	Pseudo R <sup>2</sup>	0.002284					
95% Model	/cut1	-2.192	0.293	-7.48	0.000		**
	/cut2	-0.830	0.272	-3.06	0.002		**
	Paved	1.493	0.293	5.10	0.000	4.451	**
	Concrete Tile	0.503	0.231	2.17	0.030	1.654	**
	log likelihood (0)	-435.6984					
	log likelihood ( $\beta$ MLE)	-434.7132					
	Pseudo R <sup>2</sup>	0.002261					

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

จากตารางที่ 5-19 ผู้วิจัยสามารถจัดแบบจำลองตามระดับนัยสำคัญที่กำหนดได้เพียง 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองทุกตัวแปรอิสระ (Full Model) และแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (95% Model) พบว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์ (Goodness of fit) หรือมีค่า Pseudo R<sup>2</sup> (0.002284) มากกว่า แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (Pseudo R<sup>2</sup> = 0.002261) แม้ว่าแบบจำลองทุกตัวแปรอิสระมีความสมบูรณ์มากกว่าแบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นแบบจำลองที่มีแนวโน้มสอดคล้องดีที่สุด คือ แบบจำลองตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งพบว่าเหลือตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามด้านระดับโดยรวมมีทั้งหมด 2 ตัวแปร ได้แก่ พื้นผิวลาดยาง (Paved) และพื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (Concrete Tile)

จาก  $Z_j = \alpha_j - \beta_j X_i$  สามารถสร้างแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าโดยใช้ตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ดังนี้

$$Z_j = \alpha_j - [ 1.493 (\text{Paved}) + 0.503 (\text{Concrete Tile}) ] \text{ เมื่อ } j = 1, 2$$

จากแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า พบว่าเมื่อทางเท้ามีพื้นผิวลาดยาง (Paved) ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ระดับโดยรวมดีขึ้นระหว่างเทียบกับพื้นผิวคอนกรีต เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (Concrete Tile) ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้ระดับโดยรวมดีขึ้น ระหว่างเทียบกับพื้นผิวคอนกรีต

การแปลผลตัวแปรอิสระต้องแปลผลด้วยอัตราส่วนออก (Odds Ratios) ที่มีค่าเท่ากับเอกซ์โพเนนเชียลของสัมประสิทธิ์ตัวแปร (Exp ( $\beta$ )) ของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก โดยมีตัวอย่างการแปลผลดังนี้

โอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ระดับโดยรวมระดับดีและปกติเทียบกับแย่เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวลาดยาง (Paved) เป็น 4.451 เท่า ของโอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ระดับโดยรวมระดับดีและปกติเทียบกับแย่ เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวคอนกรีต หรือสามารถกล่าวได้ว่าโอกาสที่ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ระดับโดยรวมระดับดีและปกติเทียบกับแย่ เมื่อทางเท้ามีพื้นผิวลาดยางเพิ่มขึ้น 345.10% ระหว่างเทียบกับทางเท้ามีพื้นผิวคอนกรีต

นอกจากนี้สามารถใช้จุดตัดของตัวแปรตามความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม เพื่อสร้างเป็นดัชนีตามผลรวมของสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระได้ดังนี้

$$\text{Overall} = 1.493 (\text{Paved}) + 0.503 (\text{Concrete Tile})$$

พบว่าสามารถจัดระดับได้ระดับเดียวเท่านั้น คือ Overall > -0.830 หมายถึง ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรับรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับดี

ตารางที่ 5-20 ระดับแนวโน้มรับรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ระดับแนวโน้มรับรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม	ผลจากการประเมิน	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมด	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่า
ดี	78.41%	78.41%	100.00%
ปกติ	14.20%	-	-
แย่	7.39%	-	-
รวม	100.00%	78.41%	100.00%

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบผลจากการประเมินแล้ว พบว่าสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 78.41% และสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่าอยู่ที่ 100.00%

### 5.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบดัชนีความเหมาะสมระหว่างปัจจัยความรู้สึกรับรู้และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสก็ูเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อหาแบบจำลองระหว่างปัจจัยความรู้สึกรับรู้และปัจจัยความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมของการใช้งานสก็ูเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-21

ตารางที่ 5-21 แบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่นของการใช้งานสก็ูเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

Model	Parameter	Coefficient	Standard Error	z	P> z	Exp ( $\beta$ )	Sig.
Full Model	/cut1	3.820	0.743	5.14	0.000		**
	/cut2	8.690	1.003	8.67	0.000		**
	Comfort Lv.3	4.803	0.526	9.14	0.000	121.934	**
	Comfort Lv.2	2.122	0.478	4.44	0.000	8.350	**
	Speed Lv.3	4.419	0.749	5.90	0.000	82.986	**
	Speed Lv.2	1.767	0.711	2.48	0.013	5.853	**
	Safety Lv.3	4.417	0.624	7.08	0.000	82.824	**
	Safety Lv.2	1.532	0.531	2.89	0.004	4.629	**
	log likelihood (0)		-167.6917				
log likelihood ( $\beta$ MLE)		-165.8782					
Pseudo R <sup>2</sup>		0.010815					

หมายเหตุ \*\* มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (แบบ 2 ทาง), \* มีระดับนัยสำคัญ 0.1 (แบบ 2 ทาง)

จากตารางที่ 5-21 ผู้วิจัยสามารถจัดแบบจำลองที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 (95% Model) ที่มีความสมบูรณ์ (Goodness of fit) หรือมีค่า Pseudo R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.010815 ซึ่งพบว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามระดับโดยรวมทุกระดับความรู้สึกรับรู้

จาก  $Z_j = \alpha_j - \beta_i X_i$  สามารถสร้างแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่นของการใช้งานสก็ูเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าโดยใช้ตัวแปรอิสระที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ดังนี้

$$Z_j = \alpha_j - [ 4.803 (\text{Comfort Lv.3}) + 2.122 (\text{Comfort Lv.2}) + 4.419 (\text{Speed Lv.3}) + 1.767 (\text{Speed Lv.2}) + 4.417 (\text{Safety Lv.3}) + 1.532 (\text{Safety Lv.2}) ] \text{ เมื่อ } j = 1, 2$$

จากแบบจำลองความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่นของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า สามารถแปลผลตัวแปรอิสระด้วยอัตราส่วนออก (Odds Ratios) ที่มีค่าเท่ากับเอกซ์โพเนนเชียลของสัมประสิทธิ์ตัวแปร (Exp ( $\beta$ )) ของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก โดยมีตัวอย่างการแปลผลดังนี้

โอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ระดับโดยรวมระดับดีและปกติเทียบกับแย่ เมื่อผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับดี (Comfort Lv.3) เป็น 121.934 เท่า ของโอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ระดับโดยรวมระดับดีและปกติเทียบกับแย่ เมื่อผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับแย่ หรือสามารถกล่าวได้ว่าโอกาสที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ารับรู้ระดับโดยรวมระดับดีและปกติเทียบกับแย่ เมื่อผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับดีเพิ่มขึ้น 12,093.40% ระหว่างเทียบกับความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับแย่

แนวโน้มภาพรวมตัวแปรอิสระในแต่ละความรู้สึกรับรู้พบว่า ความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายมีแนวโน้มส่งผลต่อการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ามากที่สุด เนื่องจากทางเท้าได้ถูกออกแบบสำหรับคนเดินเท้าเท่านั้น ทำให้ความสะดวกสบายต่อการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีผลอย่างมาก

นอกจากนี้สามารถใช้จุดตัดของตัวแปรตามความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม เพื่อสร้างเป็นดัชนีตามผลรวมของสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระได้ดังนี้

$$\text{Overall} = 4.803 (\text{Comfort Lv.3}) + 2.122 (\text{Comfort Lv.2}) + 4.419 (\text{Speed Lv.3}) + 1.767 (\text{Speed Lv.2}) + 4.417 (\text{Safety Lv.3}) + 1.532 (\text{Safety Lv.2})$$

ถ้า Overall  $\leq$  3.820

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับแย่

$$3.820 < \text{Overall} \leq 8.690$$

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับปกติ

$$\text{Overall} > 8.690$$

หมายถึง ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับดี

ตารางที่ 5-22 ระดับแนวโน้มรู้สึกกับรู้ระดับโดยรวมจากความรู้สึกด้านอื่นของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

ระดับแนวโน้มรู้สึกกับรู้ระดับโดยรวม	ผลจากการประเมิน	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมด	ผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่า
ดี	78.41%	79.69%	79.69%
ปกติ	14.20%	13.07%	13.07%
แย่	7.39%	7.24%	7.24%
รวม	100.00%	100.00%	100.00%

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบผลจากการประเมินแล้ว พบว่าสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 90.48% และสัดส่วนความแม่นยำของผลจากการใช้ดัชนีเทียบเฉพาะค่าอยู่ที่ 90.48%

### 5.3 ตัวอย่างการใช้แบบจำลองและดัชนีความเหมาะสมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า

ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างการใช้แบบจำลองและดัชนีความเหมาะสมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำไปเป็นแนวทางและสามารถประยุกต์ใช้ได้ โดยผู้วิจัยจะกำหนดลักษณะกายภาพที่จำเป็นต่อแบบจำลองเพื่อเป็นเงื่อนไขสมมติขึ้น ซึ่งผู้วิจัยจะยกตัวอย่าง 3 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 เงื่อนไขลักษณะกายภาพเริ่มต้นหรือแย่ที่สุด แบบที่ 2 เงื่อนไขลักษณะกายภาพที่ดีที่สุด และแบบที่ 3 เงื่อนไขลักษณะกายภาพผสม ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างในที่นี้โดยใช้แบบจำลองความรู้สึกกับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน เพื่อเป็นตัวอย่างสำหรับการพยากรณ์ดังนี้

1. หา  $Z_j = \alpha_j - \beta_i X_i$  ที่อยู่ในรูปแบบจำลองพยากรณ์และจะได้ค่าของ  $Z_1, Z_2, Z_3$  และ  $Z_4$

$$Z_j = \alpha_j - [ 1.184 (\text{Bike Lane}) + 0.623 (\text{Clear Line}) + 1.669 (\text{Continuation}) + 1.676 (\text{Volume} \leq 5000 \text{ PCU}) ] \text{ เมื่อ } j = 1, 2, 3, 4$$

2. แทน  $Z_1, Z_2, Z_3$  และ  $Z_4$  ในสมการความน่าจะเป็นในแต่ละระดับของความรู้สึกกับรู้ความปลอดภัย

$$P(Y = j) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha_j - \beta_i X_i)}} - \frac{1}{1 + e^{-(\alpha_{j-1} - \beta_i X_i)}}$$

3. นอกจากนี้สามารถใช้ดัชนีความเหมาะสมของความรู้สึกกับรู้ความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนดังนี้

$$\text{Safety} = 1.184 (\text{Bike Lane}) + 0.623 (\text{Clear Line}) + 1.669 (\text{Continuation}) \\ + 1.676 (\text{Volume} \leq 5000 \text{ PCU})$$

ถ้า  $\text{Safety} \leq 0.835$

หมายถึง ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับแย่มาก

$$0.835 < \text{Safety} \leq 2.619$$

หมายถึง ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับแย่

$$2.619 < \text{Safety} \leq 3.920$$

หมายถึง ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับปกติ

$$\text{Safety} > 3.920$$

หมายถึง ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับดี

### แบบที่ 1 เจ็อนไขลักษณะกายภาพเริ่มต้นหรือแย่มากที่สุด

ถนนสายหลักเส้นทางหนึ่งระยะ 100 เมตร จากจุดเริ่มต้นของการใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า เป็นเส้นทางที่มีการจราจรแบบผสม (Bike Lane, 0) เส้นแบ่งช่องทางจราจรไม่มีความชัดเจน (Clear Line, 0) มีทางแยกต่อจากจุดเริ่มต้นในระยะน้อยกว่า 60 เมตร (Continuation, 0) และมีปริมาณกระแสจราจรเกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี (Volume  $\leq$  5000 PCU, 0) ดังนั้นการพยากรณ์ความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยที่ได้เป็นดังนี้

$$P(Y=1) = P(Y \leq 1) = 0.6974 (69.74\%)$$

$$P(Y=2) = P(Y \leq 2) - P(Y \leq 1) = 0.2347 (23.47\%)$$

$$P(Y=3) = P(Y \leq 3) - P(Y \leq 2) = 0.0485 (4.85\%)$$

$$P(Y=4) = P(Y \leq 4) - P(Y \leq 3) = 0.0167 (1.67\%)$$

$$P(Y=4) = 1 - P(Y \leq 4) = 0.0028 (0.28\%)$$

จากการพยากรณ์ที่ได้ผู้ใช้งานสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับแย่มาก ร้อยละ 69.74 ระดับแย่อยละ 23.47 ระดับปกติร้อยละ 4.85 ระดับดีร้อยละ 1.67 และระดับดีมาก ร้อยละ 0.28 รวมทั้งหมดประมาณ 100% และดัชนีความปลอดภัยจะอยู่ที่ระดับแย่มาก



### แบบที่ 2 เงื่อนไขลักษณะกายภาพที่ดีที่สุด

ถนนสายรองเส้นทางหนึ่งระยะ 100 เมตร จากจุดเริ่มต้นของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้า เป็นเส้นทางที่มีช่องทางจักรยานให้บริการ (Bike Lane, 1) มีเส้นแบ่งช่องทางจราจรที่มีความชัดเจน (Clear Line, 1) มีความต่อเนื่องตลอดเส้นทาง (Continuation, 1) และมีปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี (Volume  $\leq$  5000 PCU, 1) ดังนั้นการพยากรณ์ความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยที่ได้เป็นดังนี้

$P(Y=1) = P(Y \leq 1)$	=	0.0132 (1.32%)
$P(Y=2) = P(Y \leq 2) - P(Y \leq 1)$	=	0.0604 (6.04%)
$P(Y=3) = P(Y \leq 3) - P(Y \leq 2)$	=	0.1523 (15.23%)
$P(Y=4) = P(Y \leq 4) - P(Y \leq 3)$	=	0.4488 (44.88%)
$P(Y=4) = 1 - P(Y \leq 4)$	=	0.3254 (32.54%)

จากการพยากรณ์ที่ได้ผู้ใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับแย่มาก ร้อยละ 1.32 ระดับแย่อยละ 6.04 ระดับปกติร้อยละ 15.23 ระดับดีร้อยละ 44.88 และระดับดีมาก ร้อยละ 32.54 รวมทั้งหมดประมาณ 100% และดัชนีความปลอดภัยจะอยู่ที่ระดับดี

### แบบที่ 3 เงื่อนไขลักษณะกายภาพผสม

ถนนสายรองเส้นทางหนึ่งระยะ 100 เมตร จากจุดเริ่มต้นของการใช้งานสล็อตเตอร์ไฟฟ้า เป็นเส้นทางที่มีการจราจรแบบผสม (Bike Lane, 0) เส้นแบ่งช่องทางจราจรไม่มีความชัดเจน (Clear Line, 0) มีทางแยกต่อจากจุดเริ่มต้นที่ระยะ 50 เมตร และ 80 เมตร ก่อนครบระยะ 100 เมตร (Continuation,  $(1+0.67+0.67)/3 = 0.78$ ) และมีปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี (Volume  $\leq$  5000 PCU, 1)

$P(Y=1) = P(Y \leq 1)$	=	0.1050 (10.50%)
$P(Y=2) = P(Y \leq 2) - P(Y \leq 1)$	=	0.3062 (30.62%)
$P(Y=3) = P(Y \leq 3) - P(Y \leq 2)$	=	0.3083 (30.83%)
$P(Y=4) = P(Y \leq 4) - P(Y \leq 3)$	=	0.2285 (22.85%)
$P(Y=4) = 1 - P(Y \leq 4)$	=	0.0520 (5.20%)

จากการพยากรณ์ที่ได้ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้ามีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับแย่มาก ร้อยละ 10.50 ระดับแย่อย่อยละ 30.62 ระดับปกติร้อยละ 30.83 ระดับดีร้อยละ 22.85 และระดับดีมาก ร้อยละ 5.20 รวมทั้งหมดประมาณ 100% และดัชนีความปลอดภัยจะอยู่ที่ระดับปกติ



## บทที่ 6

### สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทสรุปท้ายเป็นการนำเสนอบทสรุปจากการศึกษา ข้อเสนอแนะแนวทางเชิงนโยบาย ข้อจำกัดงานวิจัย และข้อเสนอแนะแนวทางการวิจัยในอนาคต

#### 6.1 บทสรุปจากการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นงานที่ศึกษาความสัมพันธ์ของความรู้สึกรับรู้ต่อสภาพทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนและทางเท้าในเมือง เพื่อเป็นแนวทางการประเมินเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า จากการทดสอบและประเมินของอาสาสมัครอายุ 18 ถึง 29 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2564 ถึง 8 เมษายน พ.ศ. 2564 บริเวณพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร

การเก็บรวบรวมข้อมูลได้ใช้แบบประเมิน 2 แบบ ได้แก่ แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ และแบบประเมินความรู้สึกรับรู้ต่อการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า โดยแบบประเมินลักษณะทางกายภาพได้จากการประเมินของผู้วิจัย ส่วนแบบประเมินความรู้สึกรับรู้ต่อการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าได้จากการประเมินของอาสาสมัครผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้า โดยเป็นการประเมินคะแนน 5 ระดับ ตั้งแต่แย่มาก (1 คะแนน) จนถึงดีมาก (5 คะแนน) ทั้งปัจจัยความรู้สึกรับรู้และความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม แต่การประเมินของทางเท้ากำหนดเหลือคะแนน 3 ระดับ ตั้งแต่แย่มาก (1 คะแนน) จนถึงดี (3 คะแนน) ซึ่งการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนได้เก็บข้อมูลจากจำนวนพื้นที่ศึกษา 5 พื้นที่ และการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าได้เก็บข้อมูลจากจำนวนพื้นที่ศึกษา 3 พื้นที่ ที่ครอบคลุมสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่กำหนด จากข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนน 46 เส้นทาง และทางเท้า 32 เส้นทาง ในทุกระยะ 100 เมตร โดยมาจากข้อมูลการประเมินของอาสาสมัครผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าจำนวน 22 คน ซึ่งข้อมูลการประเมินของอาสาสมัครประกอบไปด้วยคะแนนความรู้สึกรับรู้ต่อความสะดวกสบาย ความเร็ว ความปลอดภัย และการจัดระดับโดยรวม ของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า

การเก็บรวบรวมข้อมูลนำไปสู่การวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผนด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกแบบเรียงลำดับ เพื่อหาความสัมพันธ์ของความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบาย ความเร็ว ความปลอดภัย และระดับโดยรวมกับปัจจัยทางกายภาพ ทั้งการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนและทางเท้า สามารถสรุปดังนี้

### 6.1.1 การใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน

การใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน ลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายดีขึ้น ได้แก่ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย มีสิ่งกีดขวางบนพื้นผิวน้อยกว่า 3 เมตร และมีช่องทางจักรยาน ส่วนลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายแย่ลง ได้แก่ ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร และความเร็วกระแสจราจรถนนสายย่อยและสายรอง ลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ความเร็วดีขึ้น ได้แก่ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย มีช่องทางจักรยาน และพื้นผิวลาดยาง ลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยดีขึ้น ได้แก่ มีช่องทางจักรยาน เส้นแบ่งมีความชัดเจน ปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี และความต่อเนื่อง สูดท้ายลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมดีขึ้น ได้แก่ มีช่องทางจักรยาน และปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี นอกจากนี้ความรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยมีแนวโน้มส่งผลต่อระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนมากที่สุด

ดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน สามารถจัดได้ดังนี้ ดัชนีความสะดวกสบายของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน ได้แก่ มีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายระดับปกติ ระดับดี และระดับดีมาก ดัชนีความเร็วของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน ได้แก่ มีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความเร็วระดับดี และดีมาก ดัชนีความปลอดภัยของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน ได้แก่ มีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ความปลอดภัยระดับแย่มาก แย่ ปกติ และดี ดัชนีระดับโดยรวมของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน ได้แก่ มีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับปกติ และดี นอกจากนี้ดัชนีระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่น มีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ทุกระดับตั้งแต่แย่มาก จนถึงดีมาก

ดังนั้นลักษณะกายภาพและดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนนที่เป็นผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ สามารถสรุปได้ถึงพื้นที่หรือเส้นทางแบบไหนที่เหมาะสมแก่การใช้งานได้เบื้องต้น โดยความคิดเห็นของผู้วิจัยแล้วควรดูภาพรวมของการใช้งานหรือความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม ซึ่งพบว่าการมีช่องทางจักรยาน และปริมาณกระแสจราจรไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี เป็นลักษณะที่เพียงพอต่อการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนถนน ที่ผู้ใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าสามารถมีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวมระดับปกติหรือพึงพอใจระดับปกติขึ้นไป

### 6.1.2 การใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า

การใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า ลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลให้ความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายดีขึ้น ได้แก่ พื้นผิวไม่มีความเสียหาย และพื้นผิวลาดยาง ส่วนปัจจัยความรู้สึกรับรู้ความเร็ว ความปลอดภัย และระดับโดยรวม มีเพียงลักษณะทางกายภาพปัจจัยวัสดุพื้นผิวเท่านั้นที่ส่งผลต่อปัจจัยเหล่านี้ ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากข้อจำกัดของทางเท้า ที่ออกแบบมาเพื่อคนเดินเท้า

เท่านั้น ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานพาหนะอย่างสก็ูตเตอร์ไฟฟ้า ทำให้การรับรู้ของอาสาสมัครมีความคลาดเคลื่อนสูง นอกจากนี้ความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบายมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อระดับโดยรวมของการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้ามากที่สุด

ดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า ความรู้สึกรับรู้ความสะดวกสบาย ความเร็ว ความปลอดภัย และระดับโดยรวม สามารถจัดได้เพียงระดับเดียวคือระดับดีเท่านั้น นอกจากนี้ดัชนีระดับโดยรวมจากความรู้สึกรับรู้ด้านอื่น มีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ทุกระดับคือ แย่ ปกติ และดีมาก

ดังนั้นลักษณะกายภาพและดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้าที่เป็นผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ สามารถสรุปได้ถึงพื้นที่หรือเส้นทางแบบไหนที่เหมาะสมแก่การใช้งานได้เบื้องต้น โดยความคิดเห็นของผู้วิจัยแล้วควรดูภาพรวมของการใช้งานหรือความรู้สึกรับรู้ระดับโดยรวม ซึ่งพบว่าวัสดุพื้นผิวที่ประกอบด้วยพื้นผิวลาดยางหรือพื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น เป็นลักษณะที่เพียงพอต่อการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าบนทางเท้า ที่ผู้ใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าสามารถมีแนวโน้มรู้สึกรับรู้ระดับโดยระดับปกติหรือพึงพอใจระดับดี และสามารถมองได้ว่าการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าที่เป็นพาหนะกึ่งเดินบนทางเท้าสามารถช่วยเอื้อต่อการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้าได้

## 6.2 ข้อเสนอแนะแนวทางเชิงนโยบาย

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่เปิดให้บริการหรือสนับสนุนในการใช้งานสก็ูตเตอร์ไฟฟ้า สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงเส้นทางที่เอื้อต่อการใช้งาน และช่วยให้การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีความสะดวกสบายและปลอดภัยมากขึ้นด้วย นอกจากนี้การกำหนดกฎระเบียบจากผลลัพธ์ที่ได้อาจจะช่วยให้ผู้ใช้สก็ูตเตอร์ไฟฟ้ามีความมั่นใจที่จะใช้เป็นพาหนะทางเลือกในชีวิตประจำวันได้

## 6.3 ข้อจำกัดของงานวิจัยและแนวทางการวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงผลของสภาพแวดล้อมทางกายภาพประเภทต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์ต่อความรู้สึกรับรู้ด้านความสะดวกสบาย ความเร็ว ความปลอดภัย และระดับโดยรวม งานวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมประเด็นที่อาจจะเกี่ยวข้องได้ทั้งหมดซึ่งมีข้อจำกัดดังนี้

ข้อจำกัดที่ 1 งานวิจัยนี้ไม่ได้นำตัวแปรเศรษฐกิจและสังคม (Socioeconomic) มาร่วมวิเคราะห์ เนื่องจากไม่ได้อยู่ในขอบเขตวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ต้องการสนใจเฉพาะลักษณะทางกายภาพ เพื่อกำหนดเป็นแนวทางที่สามารถขยายต่อไปได้ ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าการเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีความหลากหลายทางตัวแปรเศรษฐกิจและสังคม หรือนำตัวแปรเศรษฐกิจและสังคมมาร่วมวิเคราะห์ด้วย เช่น เพศ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ประสบการณ์ ฯลฯ จะช่วยให้การวิเคราะห์มีผลลัพธ์ที่

หลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น เพศชายอาจจะมีผลคล่องตัวได้ดีกว่าเพศหญิง ผู้ใช้งานที่เป็นวัยรุ่นเริ่มเรียนมหาวิทยาลัยหรือวัยเริ่มทำงานก็อาจจะใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าได้ดีกว่าวัยอื่น สุดท้ายความมั่นใจในรูปร่างและประสบการณ์อาจจะมีส่วนต่อความรู้สึกรับรู้ในการใช้งานสวิตเตอร์ไฟฟ้า

ข้อจำกัดที่ 2 ลักษณะอาสาสมัครผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าของงานวิจัยนี้ ได้กำหนดช่วงอายุตั้งแต่ 18 ถึง 29 ปี การวิเคราะห์ที่ได้จึงเป็นขอบข่ายของอายุในช่วงนี้ ซึ่งผู้วิจัยมองว่าช่วงอายุที่แตกต่างกันก็อาจจะมีส่วนที่แตกต่างกันได้ ส่วนหนึ่งมาจากสมรรถภาพทางกายที่แตกต่างกัน เช่น วัยหนุ่มสาวมีแนวโน้มสมรรถภาพทางกายที่ดีกว่าวัยสูงอายุ เป็นต้น ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้ก็อาจจะแตกต่างกันได้ แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้กำหนดช่วงอายุตั้งแต่ 18 ถึง 29 ปี ที่คาดว่าในช่วงอายุที่มีจำนวนผู้ใช้งานมากที่สุด ผู้วิจัยจึงมองว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ของช่วงอายุนี้จะให้ประสิทธิผลหรือมีประโยชน์กว่าช่วงอายุวัยอื่น

ข้อจำกัดที่ 3 ลักษณะกายภาพที่เป็นผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้เป็นลักษณะที่ได้จากการทดสอบของอาสาสมัครบนเส้นทางที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ ภาพรวมใหญ่ของพื้นที่จะเน้นเป็นที่ราบในเขตเมือง ที่ไม่มีความลาดชันของเส้นทางที่เป็นอุปสรรคต่ออาสาสมัครหรือเกินข้อจำกัดของสวิตเตอร์ไฟฟ้ามากนัก ดังนั้นเขตเมืองที่ค่อนข้างมีความลาดชันหรือมีภูมิฐานสลับซับซ้อน ก็อาจจะเป็นลักษณะแฝงที่ทำให้การใช้งานมีผลลัพธ์ที่แตกต่างกันได้ งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางสำหรับนำผลลัพธ์ไปประยุกต์ใช้ได้เบื้องต้นเท่านั้น หากมีความจำเป็นต้องกำหนดเส้นทางสำหรับสวิตเตอร์ไฟฟ้าในบริบทของพื้นที่ที่มีภูมิฐานแตกต่างกับงานวิจัยนี้อย่างมาก ควรจะมีการทดสอบและวิเคราะห์ให้เข้ากับพื้นที่โดยเฉพาะ

ข้อจำกัดที่ 4 ทักษะหรือความรู้ที่รับรู้ที่มีต่อลักษณะกายภาพนั้น ส่วนหนึ่งเกิดจากประสบการณ์ของอาสาสมัครที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งอาสาสมัครกลุ่มนี้ไม่ได้เป็นกลุ่มผู้ใช้ที่ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าเป็นประจำ ทำให้ผู้วิจัยมองว่าผู้ใช้ที่มีสวิตเตอร์ไฟฟ้าส่วนตัวจะมีความชำนาญของการใช้งานมากกว่าอาสาสมัครที่ผู้วิจัยได้คัดเลือกมาเป็นกลุ่มตัวอย่าง หรือมีแนวโน้มชำนาญมากกว่าผู้ใช้ที่ใช้บริการแบบแบ่งปันกันใช้ (Sharing Service)

นอกจากนี้แนวทางที่สามารถวิจัยต่อในอนาคต ได้แก่ เพิ่มสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่มีความหลากหลายมากขึ้น เช่น ถนนที่มีการเดินรถสวนกัน จำนวนช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจร ฯลฯ หรือปรับตัวแปรให้เป็นค่าต่อเนื่องยิ่งขึ้น เป็นต้น ศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้คำถามเชิงลึกถึงพฤติกรรมของผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้า เช่น การใช้คำถามเชิงจิตวิทยา เป็นต้น เนื่องจากช่วยให้ทราบมุมมองของผู้ใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้าได้โดยตรง สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้หรือทำความเข้าใจ เพื่อให้การใช้สวิตเตอร์ไฟฟ้ามีบทบาทในสังคมยิ่งขึ้น



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



ภาคผนวก ก

ข้อมูลลักษณะทางกายภาพจากการบันทึกและความคิดเห็นของผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนน

พื้นที่ศึกษา	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ระยะทาง (เมตร)	คุณสมบัติ								
				ไม่มีความเสียหายของพื้นผิว	มีสิ่งกีดขวางน้อยกว่า 3 เมตร	มีช่องว่างยกยวน	เส้นแบ่งช่องทางจราจรมีความชัดเจน	พื้นผิวลาดเอียง	ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีน้อยกว่า 24 เมตร	ความต่อเนื่องเส้นทาง	ความเร็วกระแสจราจร สัปดาห์ละน้อย และสัปดาห์	ปริมาณพาหนะแควจอร์ ไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี
จุดตรวจถมนมหาวิทยาลัยรังสิต	P1A	P2A	100	1	0	1	0	0	0.89	1	1	0
	P2A	P3A	100	1	0	1	0	0	1	1	1	0
	P3A	P4A	100	1	0	0	0	0	0.84	1	1	1
	P4A	P5A	100	1	0	0	1	0	0.78	1	1	1
	P5A	P6A	100	1	0	0	1	0	0.84	1	1	0
	P6A	P7A	100	1	0	1	0	0	1	1	1	0
	P7A	P8A	100	1	0	1	0	0	1	1	1	1
	P8A	P9A	100	1	0	0	1	1	0.84	1	1	0
	P9A	P10A	100	1	1	0	1	1	0.84	1	1	0
	P10A	P11A	100	1	1	0	0	0	0.75	1	1	1
	P11A	P12A	100	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	P12A	P13A	100	1	0	1	1	1	0.78	1	1	0
	P13A	P14A	81.5	1	0	1	1	1	0.84	1	1	0
จุดตรวจถมนมหาวิทยาลัยรังสิต	P1A	P2A	100	1	0	1	1	0	0.84	1	1	0
	P2A	P3A	100	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	P3A	P4A	100	1	1	1	1	1	0.84	1	1	0
	P4A	P5A	100	0	0	1	1	1	0.78	1	1	0
	P5A	P6A	100	0	1	0	1	1	1	1	1	0
	P6A	P7A	100	0	1	0	1	1	0.84	1	1	1
	P7A	P8A	100	0	0	1	1	1	0.67	1	1	0
	P8A	P9A	100	0	0	1	1	1	0.78	1	1	1
	P9A	P10A	100	0	1	1	1	1	1	1	1	0
	P10A	P11A	100	0	1	1	1	1	0.84	1	1	1
	P11A	P12A	100	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	P12A	P13A	100	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	P13A	P14A	36.5	0	0	1	1	1	0.67	1	1	1

พื้นที่ศึกษา	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ระยะทาง (เมตร)	ไม่มีความเสียหายของพื้นผิว	มีสิ่งกีดขวางน้อยกว่า 3 เมตร	มีช่องว่างยกบาน	เส้นแบ่งช่องทางจราจรมีความชัดเจน	พื้นที่ลาดยาง	ทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีอย่างน้อย 24 เมตร	ความต่อเนื่องเส้นทาง	ความเร็วการจราจร สัปดาห์ละน้อย และสายรอง	ปริมาณการจราจร ไม่เกิน 5,000 คันต่อวันต่อปี	สภาพแวดล้อมไม่ส่งผลกระทบต่อทาง
ถนนวงแหวน (ฝั่งตะวันออก)	P1A	P2A	100	1	1	0	1	1	1	0.33	0	0	1
	P2A	P3A	100	1	1	0	1	1	1	0.33	0	0	1
	P3A	P4A	100	1	1	0	1	1	1	0.11	0	0	1
	P4A	P5A	100	1	1	0	1	1	1	0.17	0	0	1
	P5A	P6A	428	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
	P1C	P2C	100	1	1	0	1	1	1	0.33	0	0	1
	P2C	P3C	100	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1
	P3C	P4C	100	0	1	0	1	1	1	0.11	0	0	1
	P4C	P5C	100	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
	P5C	P6C	428	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
ถนนวงแหวน (ฝั่งตะวันตก)	P1C	P2C	100	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	P2C	P3C	100	1	1	0	1	1	0	0.84	1	1	1
	P3C	P4C	100	1	0	0	1	1	0	0.78	1	1	0
	P4C	P5C	100	0	0	0	1	1	0	0.78	1	0	0
	P5C	P6C	100	0	1	0	1	1	1	0.84	1	0	1
	P6C	P7C	100	1	1	0	1	1	0	0.89	1	0	1
	P7C	P8C	100	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	P8C	P9C	100	1	1	0	1	1	1	0.84	1	1	1
	P9C	P10C	100	0	1	0	1	1	0	0.84	1	0	0
	P10C	P11C	100	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
ตลาดสามย่าน	P1A	P2A	100	0	1	0	0	0	1	0.84	1	1	0
	P2A	P3A	100	0	1	0	0	0	1	0.67	1	1	0
	P3A	P4A	100	1	0	0	1	0	1	0.67	1	1	0
	P4A	P5A	100	0	1	0	1	1	0	0.78	1	0	1
	P5A	P6A	100	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
	P6A	P7A	100	0	0	0	0	1	1	0.84	1	1	1
	P7A	P8A	100	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	P8A	P9A	60.6	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
	P9A	P10A	60.6	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1

หมายเหตุ ส่วนที่แรเงาคือเส้นทางที่ถูกตัดออก เนื่องจากมีระยะทางไม่ถึง 100 เมตร หรือเป็นเส้นทางที่ออกสำหรับการประเมินเพื่อความต่อเนื่อง

### ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของทางเท้า

พื้นที่ศึกษา	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ระยะทาง (เมตร)	คะแนน				
				ไม่มีความเสียหายของพื้นผิว	ความกว้างสุทธิเฉลี่ยอย่างน้อย 2 เมตร	พื้นผิวลาดยาง	พื้นผิวกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น	สภาพแวดล้อมไม่มีสิ่งรบกวนข้างทาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝั่งสะพานน้ำ)	P1B	P2B	100	1	1	0	0	0
	P2B	P3B	100	1	1	0	0	0
	P3B	P4B	100	1	1	0	0	1
	P4B	P5B	100	1	1	0	0	1
	P5B	P6B	100	1	1	0	0	0
	P6B	P7B	100	0	1	0	0	0
	P7B	P8B	100	1	1	1	0	1
	P8B	P9B	100	1	1	1	0	1
	P9B	P1B	71	1	1	1	0	1
ถนนพญาไท (ฝั่งตะวันตก)	P1B	P2B	100	0	0	0	1	1
	P2B	P3B	100	0	1	0	1	1
	P3B	P4B	100	0	0	0	1	0
	P4B	P5B	100	0	0	0	1	0
	P5B	P6B	42.8	1	0	0	1	1
ถนนพญาไท (ฝั่งตะวันออก)	P1D	P2D	100	1	0	0	1	1
	P2D	P3D	100	1	0	0	1	0
	P3D	P4D	100	1	1	0	1	0
	P4D	P5D	100	1	1	0	1	0
	P5D	P6D	42.8	0	1	0	1	1
อุทยาน 100 ปี (ช่องทางจักรยานบนทางเท้า)	P1A	P2A	100	1	0	1	0	1
	P2A	P3A	100	1	0	1	0	1
	P3A	P4A	100	0	0	1	0	0
	P4A	P5A	100	1	0	1	0	0
	P5A	P6A	100	0	0	1	0	0
	P6A	P7A	100	1	0	1	0	1
	P7A	P8A	100	1	0	1	0	0
	P8A	P9A	100	0	0	1	0	1
	P9A	P10A	100	1	1	1	0	1
	P10A	P1A	100	1	1	1	0	1
อุทยาน 100 ปี (ทางเท้า)	P1B	P2B	100	1	1	0	1	1
	P2B	P3B	100	0	1	0	1	1
	P3B	P4B	100	0	1	0	1	0
	P4B	P5B	100	0	1	0	1	0
	P5B	P6B	100	1	1	0	1	1
	P6B	P7B	100	0	1	0	1	0
	P7B	P8B	100	1	0	0	1	1
	P8B	P9B	100	1	0	0	1	1
	P9B	P10B	100	1	0	0	1	1
	P10B	P1B	100	1	1	0	1	1

หมายเหตุ ส่วนที่แรเงาคือเส้นทางที่ถูกตัดออก เนื่องจากมีระยะทางไม่ถึง 100 เมตร หรือเป็นเส้นทางหลอกสำหรับการประเมินเพื่อความต่อเนื่อง

## บรรณานุกรม

- 6t-bureau de recherche. (2019). SHARED MOBILITY AND ALTERNATIVE TRANSPORT MODES. Retrieved from <https://6-t.co/en/activities/shared-mobility-and-alternative-transport-modes-en>
- AASHTO. (2010). Guide for the planning, design, and operation of bicycle facilities. In: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Agora Verkehrswende. (2019). Shared E-Scooters: Paving the Road Ahead-Policy Recommendations for Local Government. In: Berlin: Agora Verkehrswende.
- Alta Planning. (2017). Level of Traffic Stress — What it Means for Building Better Bike Networks. Retrieved from <https://blog.altaplanning.com/level-of-traffic-stress-what-it-means-for-building-better-bike-networks-c4af9800b4ee>
- ArcGIS. (2020). Webmap. Retrieved from <http://www.arcgis.com/home/webmap>  
<http://www.arcgis.com/home/webmap>
- BBC. (2016). Beijing and Shanghai ban electric scooters and segways on roads. Retrieved from <https://www.bbc.com/news/business-37227562>
- BBC. (2020). When can I ride an e-scooter legally? Retrieved from <https://www.bbc.com/news/uk-48106617>
- Berry, W. H., & Feldman, S. (1985). *Multiple Regression in Practice*.
- Bird. (2019). *A Look at e-Scooter Safety*. Retrieved from <https://www.bird.co/wp-content/uploads/2019/12/Bird-Safety-Report-April-2019.pdf>
- Chang, A. Y., Miranda-Moreno, L., Clewlow, R., & Sun, L. (2019). Trend or fad. 1. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/335028238\\_Trend\\_or\\_Fad\\_Deciphering\\_the\\_Enablers\\_of\\_Micromobility\\_in\\_the\\_US](https://www.researchgate.net/publication/335028238_Trend_or_Fad_Deciphering_the_Enablers_of_Micromobility_in_the_US)
- Charles, W. H., & Dines, N. T. (1998). Time Saver Standards for Landscape Architecture (Second 2nd Edition). In: McGraw-Hill Professional. United States of America.
- City of Santa Monica. (2019). *SHARED MOBILITY PILOT PROGRAM SUMMARY REPORT*. Retrieved from <https://www.smgov.net/uploadedFiles/Departments/PCD/Transportation/SantaM>

onicaSharedMobilityEvaluation\_Final\_110419.pdf

- Crocco, F., De Marco, S., & Mongelli, D. W. (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
- Derek, W., & Park, K. (2019). Singapore Bans E-Scooters From Sidewalks After Injury Spike. Retrieved from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-11-04/singapore-to-ban-e-scooter-use-on-sidewalks-amid-injury-spike>
- District Department of Transportation. (2012). *Bicycle Facility Evaluation*. Retrieved from <https://ddot.dc.gov/page/bicycle-facility-evaluation>
- Georgia Department of Transportation. (2019). *Regulations for Driveway and Encroachment Control*. Retrieved from <http://www.dot.ga.gov/PartnerSmart/DesignManuals/Encroachment/Driveway.pdf>
- Gubman, J., Jung, A., Kiel, T., & Strehmann, J. (2019). Shared E-Scooters: Paving the Road Ahead Retrieved from [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2019/E-Tretroller\\_im\\_Stadtverkehr/Agora-Verkehrswende\\_Shared-E-Scooters-Paving-the-Road-Ahead\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2019/E-Tretroller_im_Stadtverkehr/Agora-Verkehrswende_Shared-E-Scooters-Paving-the-Road-Ahead_WEB.pdf)
- Harkey, D. L., Reinfurt, D. W., & Knuiman, M. (1998). Development of the bicycle compatibility index. *Transportation Research Record*, 1636(1), 13-20.
- Hitchings, J., Weekley, J., & Beard, G. (2019). *Review of current practice and safety implications of electric personal mobility devices*. Retrieved from <https://assets.gov.ie/26565/104b462a29fe421284339210e86ebc73.pdf>
- Hoffmann, J. P. (2016). Ordered Logistic and Probit Regression Models.  
doi:10.1525/9780520965492-006
- Holzer, T. (2018). The first legal electric scooter on swiss streets. Retrieved from <https://www.micro-mobility.com/en/news/electric-scooter-1>
- James, O., Swiderski, J., Hicks, J., Teoman, D., & Buehler, R. (2019). Pedestrians and e-scooters: An initial look at e-scooter parking and perceptions by riders and non-riders. *Sustainability*, 11(20), 5591. doi:10.3390/su11205591
- Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities.

30(3), 607-610. doi:10.1177/001316447003000308

Land Transport Safety Authority. (2004). *Cycle network and route planning guide*.

Retrieved from <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/cycle-network-and-route-planning/docs/cycle-network-and-route-planning.pdf>

Lekach, S. (2018). E-scooters can be hacked. Here's what companies are doing about it.

Retrieved from <https://mashable.com/article/e-scooter-hacks-bird-lime/>

Lime. (2018). *Lime Year-End Report 2018*. Retrieved from

[https://www.li.me/hubfs/Lime\\_Year-End%20Report\\_2018.pdf](https://www.li.me/hubfs/Lime_Year-End%20Report_2018.pdf)

Lime. (2019). *Lime for a sustainable Paris*. Retrieved from

[https://www.li.me/hubfs/Assets/LIME\\_ENG\\_Paris%20Sustainability%20Report\\_11OCT2019\\_RGB.pdf](https://www.li.me/hubfs/Assets/LIME_ENG_Paris%20Sustainability%20Report_11OCT2019_RGB.pdf)

Malhotra, N. K., Nunan, D., & Birks, D. (2017). *MARKETING RESEARCH AN APPLIED APPROACH*.

Mansky, J. (2019). The Motorized Scooter Boom That Hit a Century Before Dockless

Scooters. *Smithsonian Magazine*. Retrieved from

<https://www.smithsonianmag.com/history/motorized-scooter-boom-hit-century-dockless-scooters-180971989>

Mekuria, M. C., Furth, P. G., & Nixon, H. (2012). Low-stress bicycling and network

connectivity. *Transportation Research Record*, 2587(1), 41-49. doi:10.3141/2587-06

Mi. (2020). Mi Electronic Scooter Retrieved from <https://www.mi.com/th/mi-electronic-scooter>

Munley, C. A., 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

Ninebot. (2019). Kickscooter. Retrieved from <https://www.ninebotus.com>

Portland Bureau of Transportation. (2018). *2018 E-Scooter Findings Report*. Retrieved

from <https://www.portlandoregon.gov/transportation/article/709719>

STATA. (2014). xtologit — Random-effects ordered logistic models. 7. Retrieved from

<https://www.stata.com/manuals/xtxtologit.pdf>

The Austin Public Health Department. (2018). *DOCKLESS Electric SCOOTER-RELATED INJURIES STUDY*. Retrieved from

[https://www.austintexas.gov/sites/default/files/files/Health/Epidemiology/APH\\_Dockless\\_Electric\\_Scooter\\_Study\\_5-2-19.pdf](https://www.austintexas.gov/sites/default/files/files/Health/Epidemiology/APH_Dockless_Electric_Scooter_Study_5-2-19.pdf)

The Royal Society for the Prevention of Accidents. (2019). *Road Safety Factsheet Electric Scooters (E-Scooters)*. Retrieved from

<https://www.rospa.com/rospaweb/media/Documents/Road%20Safety/road-safety-factsheet-e-scooters.pdf>

Wiles, E. (2019). WHICH ELECTRIC SCOOTERS DO BIRD USE? . Retrieved from

<https://www.scootered.co.uk/blog/what-scooter-model-does-bird-use.html>

World Health Organization. (2018). *GLOBAL STATUS REPORT ON ROAD SAFETY 2018*

Retrieved from

[https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2018/English-Summary-GSRRS2018.pdf](https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/English-Summary-GSRRS2018.pdf)

กรมทางหลวง. (2558). คู่มือแนะนำการจัดการจัดทำทางจักรยาน. Retrieved from

<http://km.doh.go.th/doh/uploads/Knowledge/17188>

กรมทางหลวงชนบท. (2558). คู่มือมาตรฐานการออกแบบการก่อสร้างทางจักรยานสำหรับประเทศไทย.

Retrieved from [http://www.otp.go.th/uploads/tiny\\_uploads/PolicyPlan/2-SafetyPlan/25590912-StandardBicycle.pdf](http://www.otp.go.th/uploads/tiny_uploads/PolicyPlan/2-SafetyPlan/25590912-StandardBicycle.pdf)

กรมทางหลวงและสถาบันการขนส่ง. (2558). โครงการพัฒนาระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนนสำหรับกรมทางหลวง (ระยะที่ 1). Retrieved from

[http://bhs.doh.go.th/files/Project/HSMS1/HSMS1\\_finalreport.pdf](http://bhs.doh.go.th/files/Project/HSMS1/HSMS1_finalreport.pdf)

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2549). เกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ. 2549. Retrieved from

[http://subsites.dpt.go.th/edocument/images/pdf/sd\\_urban/std\\_plan.pdf](http://subsites.dpt.go.th/edocument/images/pdf/sd_urban/std_plan.pdf)

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (2548). มาตรฐานถนน ทางเดิน และทางเท้า. Retrieved from

[http://www.dla.go.th/servlet/EbookServlet?\\_mode=detail&ebookId=563&random=1362642349951](http://www.dla.go.th/servlet/EbookServlet?_mode=detail&ebookId=563&random=1362642349951)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2563, 2563, พฤศจิกายน 1). ข้อมูลและสถิติ. Retrieved from

<https://www.chula.ac.th/about/overview/facts-and-stats>

ประสพชัย พสุนนท์. (2557). การกำหนดขนาดตัวอย่างตามแนวทาง Krejcie and Morgan (1970) ในการวิจัยเชิงปริมาณ. Retrieved from

[http://arts.kmutnb.ac.th/file\\_article/1442473417.pdf](http://arts.kmutnb.ac.th/file_article/1442473417.pdf)

สรศักดิ์ ชิตชลธาร. (2553). การพัฒนาโครงข่ายทางจักรยานในเทศบาลนครตรัง. จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย,

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2559). แนวทาง/คู่มือในการพิจารณาความเหมาะสมในการจัดทำทางจักรยานในเขตเมือง. โครงการจัดทำแผนพัฒนามาตรฐานด้านการจัดระบบการจราจรในเมืองภูมิภาค. Retrieved from

<http://www.phetchaburi.go.th/traffic/traffic4.pdf>

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2562). สรุปอัตราความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ส่วนบุคคลในเขตกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2562. Retrieved from

<http://www.otp.go.th/index.php/post/view?id=3915>

สำนักอำนวยการความปลอดภัย กรมทางหลวง. (2562). รายงานปริมาณการเดินทางบนทางหลวงปี 2562.

Retrieved from <http://bhs.doh.go.th/download/report>

เอกรักษ์ ลิ้มสังกาศ. (2562). รู้ไว้! "รถสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า" ต้องจดทะเบียนก่อน ฝ่าฝืนขึ้นถนนหลวงผิดฐานเดียวกับรถจักรยาน. Retrieved from <https://www.thaiquote.org/content/228709>





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ปรัตถกร กษิรวัฒน์
วัน เดือน ปี เกิด	3 มกราคม 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดตรัง
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ที่อยู่ปัจจุบัน	ตำบลศาลาด่าน อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่
ผลงานตีพิมพ์	การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY