การสื่อสารภายนอกระหว่างรถโดยสารรับ-ส่งอัตโนมัติกับคนเดินข้ามถนน ในสถานการณ์การข้ามถนนตรงทางม้าลาย

นายณัฐชนน กิจประมงศรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

External Human-Machine interfaces between Autonomous Shuttle Bus and Pedestrian in Zebra Crossing scenario.

Mr. Natchanon Kitpramongsri

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering
Department of Mechanical Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสื่อสารภายนอกระหว่างรถโดยสารรับ-ส่งอัตโนมัติกับคนเดินข้ามถนน ในสถานการณ์การข้ามถนนตรงทางม้าลาย
โดย	นายณัฐชนน กิจประมงศรี
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นักสิทธ์ นุ่มวงษ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัณหพศ จันทรานุวัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นักสิทธ์ นุ่มวงษ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.รัชทิน จันทร์เจริญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ปาษาณ กุลวานิช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฐชนน กิจประมงศรี : การสื่อสารภายนอกระหว่างรถโดยสารรับ-ส่งอัตโนมัติกับคนเดินข้ามถนน ในสถานการณ์การข้ามถนนตรงทางม้าลาย. (External Human-Machine interfaces between Autonomous Shuttle Bus and Pedestrian in Zebra Crossing scenario.) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.นักสิทธ์ นุ่มวงษ์

ในสถานการณ์ปกติ การข้ามถนนของคนเดินเท้ามักจะใช้สัญญาณมือหรือการสบตากับผู้ขับขี่เพื่อช่วยให้เข้าใจตรงกันว่าผู้ขับขี่จะหยุดให้คนเดินเท้าข้ามถนน แต่หากในอนาคตเมื่อรถอัตโนมัติมีบทบาทบนท้องถนนมากขึ้น ทำให้การสื่อสารระหว่างคนเดินเท้ากับรถอัตโนมัตินั้นจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากไม่สามารถใช้การสื่อสารรูปแบบเดิมได้ จึงจำเป็นต้องมีการสื่อสารที่เรียกว่า eHMI (External human machine interfaces) เพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้คนเดินเท้าสามารถเข้าใจเจตนารมณ์ของรถอัตโนมัติได้ โดย eHMI มีการพัฒนาอย่างแพร่หลายผ่านการแสดงผลรูปแบบต่างๆ เช่นการใช้สีในการบ่งบอกสถานะของรถอัตโนมัติ การใช้ข้อความในการสื่อสาร แต่ยังคงไม่มีมารตราฐานใดที่ยืนยันว่าควรใช้รูปแบบใดในการสื่อสาร ทำให้ปัจจุบันยังคงต้องการการพัฒนาเพื่อหารูปแบบที่ดีที่สุด ในงานวิจัยนี้พัฒนารูปแบบของ eHMI ที่ช่วยให้คนเดินเท้าเข้าใจเจตนาของรถโดยสารรับ-ส่งอัตโนมัติ ผ่านทาง รูปแบบข้อความ (WALK, CROSS), รูปแบบสัญลักษณ์ (คนเดินข้ามถนน, ลูกศร), รูปแบบสี (สีขาว, สีเขียว) และการผสมรูปแบบ ผ่านการดูวิดีโอทั้งหมด 20 เหตุการณ์(ที่แสดง eHMI 16 เหตุการณ์, ไม่แสดง eHMI 1 เหตุการณ์ และเหตุการณ์ที่รถไม่หยุด 3 เหตุการณ์) ที่ใช้ CARLA (open-source simulator for autonomous driving research) ในการสร้างวิดีโอ โดยให้ผู้ทดสอบจำลองสถานการณ์ที่กำลังจะข้ามถนนตรงทางม้าลาย และมีรถโดยสารรับ-ส่งอัตโนมัติขับตรงมาพร้อมแสดง eHMI เมื่อผู้ทดสอบเข้าใจเจตนาของรถให้กดปุ่ม และนำค่ามาวิเคราะห์เพื่อนำเสนอผลลัพธ์พบว่าสีเขียวใช้เวลาในการเข้าใจเร็วกว่าสีขาว แต่ไม่มีความแตกต่างกันที่มีความสำคัญทางสถิติ และรูปแบบข้อความ “WALK” ผู้ทดสอบเข้าใจเร็วกว่า “CROSS” ในขณะที่สัญลักษณ์คนเดินข้ามถนนใช้เวลาในการเข้าใจเร็วกว่าลูกศร และการผสมของสัญลักษณ์คนข้ามถนน กับ ข้อความ “WALK” ใช้เวลาในการเข้าใจน้อยที่สุดจากทุกเหตุการณ์

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6372036021 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEYWORD: Autonomous vehicle, External human-machine interfaces, Interaction pedestrian-vehicle, Vulnerable Road users

Natchanon Kitpramongsri : External Human-Machine interfaces between Autonomous Shuttle Bus and Pedestrian in Zebra Crossing scenario.. Advisor: Asst. Prof. NUKSIT NOOMWONGS

As autonomous vehicles (AVs) are increasingly developed to address traffic accidents and heavy traffic, communication between pedestrians and AVs at crossings becomes paramount. Traditional communication methods such as hand signals and eye contact may not be effective with AVs as they lack human drivers. External human-machine interfaces (eHMIs) are being researched and developed to facilitate this communication. However, a clear standard for the best eHMI is still undefined. This study aims to develop an eHMI concept focused on helping pedestrians understand the intentions of AVs. Our concept includes messages such as "WALK" and "CROSS", pedestrian and arrow symbols, and the colors white and green. We crafted scenarios involving a pedestrian about to cross a crosswalk while an autonomous shuttle bus displaying the eHMI approaches. Using CARLA, an open-source simulator for autonomous driving research, we created 20 scenes. In each scene, the tester pressed a button to indicate their understanding of the AV's intentions. The results show that the color green was understood faster than white. Furthermore, the text "WALK" was comprehended faster than "CROSS", and the pedestrian symbol was recognized more quickly than the arrow symbol. Notably, the combination of the pedestrian symbol and "WALK" was understood in the shortest time among all scenarios.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Mechanical Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2022 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นักสิทธ์ นุ่มวงษ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่มีคุณค่าต่อการทำวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบคุณที่สละเวลาอันมีคุณค่าของท่าน เพื่อให้ความรู้และข้อคิดที่มีประโยชน์ในการดำเนินงานวิทยานิพนธ์ รวมทั้งการช่วยในการจัดหาทุน อุปกรณ์ การติดต่อหาผู้สนับสนุน และสถานที่ที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงานวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัณหพศ จันทรานุวัฒน์ ท่านกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. รัชทิน จันทร์เจริญ และท่านกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย ดร. ปาษาณ กุลวานิช ที่ให้เกียรติและกรุณารับเป็นคณะกรรมการสอบและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องที่ให้กำลังใจ คำแนะนำ และความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จอย่างดี

ที่สำคัญขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่เป็นกำลังใจ สนับสนุนทั้งด้านทุนการศึกษาและให้คำแนะนำ ในการทำวิทยานิพนธ์ ที่ทำให้ผู้จัดทำได้ทำวิทยานิพนธ์สำเร็จมา ณ โอกาศนี้ด้วย

ณัฐชนน กิจประมงศรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ระเบียบวิธีการวิจัย 2

1.5 แผนการดำเนินงาน 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ปริทรรศน์วรรณกรรม 4

2.1 การสื่อสารของคนเดินท้าและยานพาหนะ 4

2.1.1 การสื่อสารระหว่างคนเดินเท้ากับยานพาหนะที่มีผู้ขับขี่ (Human vehicle) 4

2.1.2 การสื่อสารระหว่างคนเดินเท้ากับรถอัตโนมัติ 5

2.2 งานวิจัยเรื่อง External Human Machine interfaces 5

2.3 ทฤษฎีการหากลุ่มตัวอย่าง 13

2.3.1 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size) 13

2.3.1.1 Taro Yamane Formula 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.1.2 Cochran Formula 13
2.3.2 การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) 14
2.3.2.1 การสุ่มแบบง่าย 14
2.3.2.2 การสุ่มแบบจั่ว 14
2.3.2.3 การสุ่มแบบกลุ่ม 14
2.3.2.4 การสุ่มแบบสัดส่วน 14
2.3.2.5 การสุ่มแบบหลายชั้น 14
2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์ข้อมูล 15
2.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ 15
2.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ 15
2.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา 16
2.5 ทฤษฎีการจำลองการมองเห็น 16
2.5.1 การจำลองการมองเห็น (Simulation) 16
2.5.1.1 การจำลองสภาพแวดล้อม 2 มิติ 17
2.5.1.2 การจำลองสภาพแวดล้อม 3 มิติ 17
2.6 โปรแกรมสำหรับสร้างเหตุการณ์จำลองเหตุการณ์ 17
2.6.1 โปรแกรมสำหรับการสร้างเหตุการณ์จำลอง 17
2.6.1.1 SUMO 17
2.6.1.2 CARLA 17
บทที่ 3 แนวคิดและการทดลอง 19
3.1 การออกแบบการทดลอง Simulation 19
3.2.1 การจำลองการมองเห็นเสมือนจริง 19
3.2.2 การสร้างเหตุการณ์จำลอง 20
3.2.3 การออกแบบเหตุการณ์ในงานวิจัย 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.4 การออกแบบ eHMI 22
3.2.5 การเก็บข้อมูลในการทดลอง Simulation 24
3.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากผล Simulation 24
3.3 การหากลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย (Sampling) 25
3.3.1 การหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย 25
3.3.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย 25
3.4 ขั้นตอนการทำการทดลอง Simulation 26
3.4.1 ก่อนทำการทดลอง 27
3.4.2 ขณะทำการทดลอง 27
3.4.3 หลังทำการทดลอง 28
3.4 การออกแบบการทดลองภาคสนาม 28
บทที่ 4 ผลการทดลอง 35
4.1 ผลจากการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง Simulation 35
4.2 ผลจากการทดลอง Simulation 35
4.2.1 การไม่มีการแสดง eHMI กับการมีการแสดง eHMI 36
4.2.1.1 กลุ่มอายุ 18-30 ปี 36
4.2.1.2 กลุ่มอายุ 31-45 ปี 37
4.2.1.3 กลุ่มอายุ 46-60 ปี 37
4.2.1.4 กลุ่มอายุมากกว่า 60 ปี 38
4.2.2 เปรียบเทียบสี 39
4.2.2.1 กลุ่มอายุ 18-30 ปี 39
4.2.2.2 กลุ่มอายุ 31-45 ปี 41
4.2.2.3 กลุ่มอายุ 46-60 ปี 42
4.2.2.4 กลุ่มอายุมากกว่า 60 ปี 44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2.5 ทุกกลุ่มอายุ 45
4.2.3 เปรียบเทียบรูปแบบเดี่ยวของข้อความ (Text) และ สัญลักษณ์ (Symbol) 46
4.2.3.1 กลุ่มอายุ 18-30 ปี 46
4.2.3.2 กลุ่มอายุ 31-45 ปี 48
4.2.3.3 กลุ่มอายุ 46-60 ปี 50
4.2.3.4 กลุ่มอายุมากกว่า 60 ปี 52
4.2.3.5 ทุกกลุ่มอายุ 54
4.2.4 เปรียบเทียบรูปแบบผสม (Combine) 56
4.2.4.1 กลุ่มอายุ 18-30 ปี 56
4.2.4.2 กลุ่มอายุ 31-45 ปี 58
4.2.4.3 กลุ่มอายุ 46-60 ปี 60
4.2.4.4 กลุ่มอายุมากกว่า 60 ปี 62
4.2.4.5 ทุกกลุ่มอายุ 64
4.3 รูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุดและใช้เวลาเข้าใจช้าที่สุด 66
4.3.1 กลุ่มอายุ 18-30 66
4.3.2 กลุ่มอายุ 31-45 68
4.3.3 กลุ่มอายุ 46-60 69
4.3.4 กลุ่มอายุมากกว่า 60 71
4.3.5 ทุกกลุ่มอายุ 72
4.4 ผลจากการทดลองภาคสนาม (Experiment) 73
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 75
5.1 สรุปผลการทดลองในงานวิจัย 75
5.2 ข้อเสนอแนะ 76
บรรณานุกรม 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน 97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ ของสูตร Taro Yamane และ Cochran 14

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบระหว่าง 2D และ 3D Simulation 16

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของโปรแกรม SUMO และ CARLA 18

ตารางที่ 4 เหตุการณ์ในการทดลอง 19

ตารางที่ 5 Vehicle Specification ของ Fuso Rosa buses 21

ตารางที่ 6 Vehicle Specification ของ Turing OPAL T2 28

ตารางที่ 7 จำนวนผู้ทดสอบ โดยแบ่งตามเงื่อนไขบุคคล 35

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบสีของกลุ่มอายุ 18-30 โดย $p<0.05$ ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 40

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบสีของกลุ่มอายุ 31-45 โดย $p<0.05$ ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 42

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบสีของกลุ่มอายุ 46-60 โดย $p<0.05$ ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 43

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบสีของกลุ่มอายุมากกว่า 60 โดย $p<0.05$ ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 44

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบสีของทุกกลุ่มอายุโดย $p<0.05$ ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 46

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 18-30 โดย $p<0.05$ ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 48

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 18-30 โดย $p<0.05$ ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 48

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 31-45 โดย $p<0.05$ ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 31-45 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 50

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 46-60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 52

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 46-60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 52

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 54

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 54

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของทุกกลุ่มอายุ โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 56

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของทุกกลุ่มอายุ โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 56

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 18-30 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 58

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 18-30 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 58

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 31-45 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 60

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 31-45 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 60

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 46-60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 62

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 46-60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 64

ตารางที่ 30 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 64

ตารางที่ 31 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของทุกกลุ่มอายุ โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 66

ตารางที่ 32 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของทุกกลุ่มอายุ โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 66

ตารางที่ 33 อันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุด ของกลุ่มอายุ 18-30 67

ตารางที่ 34 อันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุด ของกลุ่มอายุ31-45 69

ตารางที่ 35 อันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุด ของกลุ่มอายุ 46-60 70

ตารางที่ 36 อันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุด ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 71

ตารางที่ 37 อันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุด ของทุกกลุ่มอายุ 72

ตารางที่ 38 อันดับรูปแบบ eHMI ในการทดลองภาคสนาม 74

ตารางที่ 39 คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดลอง Simulation 83

ตารางที่ 40 คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดลองภาคสนาม 84

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 เจตนาของคนเดินเท้าก่อนที่จะข้ามถนน [5] 4

รูปที่ 2 รูปแบบ eHMI ของบทความวิจัยเรื่อง “Taming the eHMI jungle: A classification taxonomy to guide, compare, and assess the design principles of automated vehicles' external human-machine interfaces” [10] 6

รูปที่ 3 รูปแบบ eHMI ของบทความวิจัยเรื่อง “Color and Animation Preferences for a Light Band eHMI in Interactions Between Automated Vehicles and Pedestrians” [11] 7

รูปที่ 4 รูปแบบสัญลักษณ์ eHMI และขนาดของกลุ่มคน ของบทความวิจัยเรื่อง “Communication of Automated Vehicles and Pedestrian Groups: An Intercultural Study on Pedestrians’ Street Crossing Decisions” [12] 8

รูปที่ 5 ตำแหน่งการติดตั้ง eHMI ของบทความวิจัยเรื่อง“External Human–Machine Interfaces: The Effect of Display Location on Crossing Intentions and Eye Movements” [13] 9

รูปที่ 6 รูปแบบ eHMI ของบทความวิจัยเรื่อง “How should external human-machine interfaces behave? Examining the effects of colour, position, message, activation distance, vehicle yielding, and visual distraction among 1,434 participants” [14] 11

รูปที่ 7 รูปแบบ eHMI ของบทความวิจัยเรื่อง“External Human–Machine Interfaces for Autonomous Vehicles from Pedestrians’ Perspective: A Survey Study” [15] 12

รูปที่ 8 ตัวอย่างการทำการทดลองบนจอขนาด 24 นิ้ว ที่ระยะห่าง 90 cm 20

รูปที่ 9 สถานที่ใช้ในการทดลอง Simulation จากโปรแกรม CARLA 21

รูปที่ 10 รูปภาพมุมสูงของเหตุการณ์ที่จะพบเจอในการทดลอง 22

รูปที่ 11 รูปแบบ eHMI ที่ใช้ในงานวิจัย 23

รูปที่ 12 ตัวอย่าง Box plot ที่นำเสนอผลการทดลองในงานวิจัย 25

รูปที่ 13 การสุ่มแบบหลายชั้นในงานวิจัย 26

รูปที่ 14 กระบวนการทดลอง Simulation ในงานวิจัย 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 15 เหตุการณ์ตัวอย่างก่อนทำการทดลอง 27
รูปที่ 16 หน้าจอแสดง eHMI ของรถ Turing OPAL T2 29
รูปที่ 17 อุปกรณ์สื่อสารระบบ 5G ยี่ห้อ Quanta 29
รูปที่ 18 การตรวจสอบค่า Ping ใน Command Prompt 30
รูปที่ 19 Waypoint จากศูนย์วิจัยฯ ที่จำลองแผนที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 31
รูปที่ 20 Waypoint ที่ทำการแก้ไขเพื่อใช้ทดลองภาคสนาม 31
รูปที่ 21 แผนภาพจำลองเหตุการณ์การทดลองภาคสนาม 32
รูปที่ 22 ตัวอย่างการทำการทดลองภาคสนาม 33
รูปที่ 23 ข้อมูลที่เก็บใน ROS 34
รูปที่ 24 ภาพส่วนหนึ่งของการทำการทดลอง Simulation 36
รูปที่ 25 Box plot การไม่มี eHMI กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุ 18-30 36
รูปที่ 26 Box plot การไม่มี eHMI กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุ 31-45 37
รูปที่ 27 Box plot การไม่มี eHMI กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุ 46-60 38
รูปที่ 28 Box plot การไม่มี eHMI กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 39
รูปที่ 29 Box plot สีของกลุ่มอายุ 18-30 40
รูปที่ 30 Box plot สีของกลุ่มอายุ 31-45 41
รูปที่ 31 Box plot สีของกลุ่มอายุ 46-60 43
รูปที่ 32 Box plot สีของกลุ่มอายุมากกว่า 60 44
รูปที่ 33 Box plot สีของทุกกลุ่มอายุ 45
รูปที่ 34 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 18-30 47
รูปที่ 35 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 18-30 47
รูปที่ 36 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 31-45 49
รูปที่ 37 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 31-45 49
รูปที่ 38 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 46-60 51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 39 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 46-60 51
รูปที่ 40 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 53
รูปที่ 41 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 53
รูปที่ 42 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของทุกกลุ่มอายุ 55
รูปที่ 43 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของทุกกลุ่มอายุ 55
รูปที่ 44 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 18-30 57
รูปที่ 45 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 18-30 57
รูปที่ 46 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 31-45 59
รูปที่ 47 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 31-45 59
รูปที่ 48 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 46-60 61
รูปที่ 49 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 46-60 61
รูปที่ 50 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 63
รูปที่ 51 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 63
รูปที่ 52 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของทุกกลุ่มอายุ 65
รูปที่ 53 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของทุกกลุ่มอายุ 65
รูปที่ 54 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของ กลุ่มอายุ 18-30 67
รูปที่ 55 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของ กลุ่มอายุ 31-45 68
รูปที่ 56 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของ กลุ่มอายุ 46-60 70
รูปที่ 57 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของ กลุ่มอายุมากกว่า 60 71
รูปที่ 58 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของ ทุกกลุ่มอายุ 72
รูปที่ 59 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของการทดลองภาคสนาม 73
รูปที่ 60 คอมพิวเตอร์สำหรับทดลอง Simulation 83
รูปที่ 61 คอมพิวเตอร์ทดลองภาคสนาม 84
รูปที่ 62 CODE ควบคุมรถอัตโนมัติใน CARLA 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 63 กราฟความเร็ว อัตราหน่วง และระยะทาง ของรถอัตโนมัติในการทดลอง Simulation 87
รูปที่ 64 CODE สั่งการให้รถอัตโนมัติเคลื่อนที่ 88
รูปที่ 65 CODE การทดลอง Simulation..... 90
รูปที่ 66 CODE เชื่อมต่อเครือข่ายของคอมพิวเตอร์ 91
รูปที่ 67 CODE กดปุ่มเมื่อเข้าใจของการทดลองภาคสนาม 92
รูปที่ 68 CODE บนรถอัตโนมัติที่ใช้แสดง eHMI..... 94
รูปที่ 69 ใบรับรองโครงการวิจัย 96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันรถอัตโนมัติเข้ามามีบทบาทมากขึ้นทั้งในเรื่องของการช่วยลดอุบัติเหตุบนท้องถนน การลดข้อผิดพลาดจากมนุษย์ โดยสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ หรือ SAE (Society of Automotive engineering) [1] ได้จัดระดับความสามารถในการขับขี่ไว้ 6 ระดับ ระดับที่ 0-3 ยานพาหนะจำเป็นต้องมีมนุษย์เป็นผู้ขับขี่แต่จะมีระบบช่วยขับในระดับที่ 3 ส่วนระดับที่ 4 ยานพาหนะสามารถขับขี่เองได้ แต่ยังจำเป็นต้องมีมนุษย์คอยควบคุมในบางสถานการณ์ที่ยานพาหนะไม่สามารถตัดสินใจเองได้ และระดับที่ 5 ยานพาหนะสามารถขับขี่ได้เองโดยไม่ต้องมีมนุษย์ควบคุมอยู่เลยและสามารถตัดสินใจได้เองในทุกๆ สถานการณ์ ซึ่งเมื่อยานพาหนะหรือรถอัตโนมัติระดับที่ 5 ถูกนำมาใช้ในท้องถนนการสื่อสารกับผู้ใช้รถใช้ถนนรายอื่นจึงเป็นปัจจัยที่ควรพิจารณา เนื่องจากการที่ยานพาหนะไม่มีผู้ขับขี่ทำให้ผู้ใช้รถใช้ถนนรายอื่นไม่มีความมั่นใจในเจตนารมของรถอัตโนมัติที่แน่ชัด เช่น คนเดินเท้าอาจไม่กล้าข้ามถนนเนื่องจากไม่มั่นใจว่ารถอัตโนมัติจะหยุดให้คนเดินเท้าข้าม ดังนั้นการสื่อสารของรถอัตโนมัติต่อผู้ใช้รถใช้ถนนรายอื่นจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ

สถิติจากปีค.ศ. 2018 ขององค์การอนามัยโลก (WHO) พบว่าคนเดินเท้าเสียชีวิต 32.7 คนต่อประชากร 1 แสนคน และการเสียชีวิตบนท้องถนนในประเทศไทยเป็นคนเดินเท้าซึ่งสูงเป็นอันดับ 3 รองจากจักรยานยนต์และรถยนต์[2] โดยข้อมูลจากสภาองกรณ์ผู้บริโภค [3] ในปีพ.ศ. 2556-2560 พบว่าอุบัติเหตุระหว่างยานพาหนะกับคนเดินเท้าในประเทศไทยจัดเป็นอุบัติเหตุที่มีดัชนีความรุนแรงสูงสุด ซึ่งมีผู้เสียชีวิตเฉลี่ย 55 รายต่ออุบัติเหตุ 100 ครั้ง จากสถิติดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยตะหนักถึงปัญหาของคนเดินเท้ามากยิ่งขึ้น และงานวิจัยของ [4] ได้ทำการศึกษาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุระหว่างคนเดินเท้ากับยานพาหนะ พบว่าสถานการณ์การชนที่แม้ว่าคนเดินเท้าข้ามถนนในทางม้าลายเกิดการชนมากเป็นลำดับที่ 2 รองจาก Jaywalk (การข้ามถนนโดยไม่ใช้ทางเท้า) และพบว่าสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุในทางม้าลายนี้เกิดจากการที่ผู้ขับขี่และคนเดินเท้าเข้าใจเจตนารมไม่ตรงกัน ดังนั้นการสื่อสารระหว่างยานพาหนะและคนเดินเท้าให้เข้าใจเจตนารมที่ตรงกันจะช่วยลดความเป็นไปได้ที่จะเกิดอุบัติเหตุได้

ในช่วงปีค.ศ. 2011 – 2022 มีการค้นหาเกี่ยวกับ “autonomous vehicle pedestrian communication” มากขึ้นจาก 3,000 การค้นหาเป็นมากกว่า 10,000 คำค้นหาใน Google Scholar ทำให้ทราบว่ามีผู้คนสนใจในการสื่อสารระหว่างคนเดินเท้ากับรถอัตโนมัติมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะพัฒนาระบบการสื่อสารโดยใช้ External Human Machine interfaces (eHMI) กับรถอัตโนมัติ เพื่อช่วยให้คนเดินเท้าสามารถเข้าใจเจตนารมของรถอัตโนมัติได้ดีที่สุดเมื่ออยู่ในสถานการณ์การข้ามถนนบนทางม้าลาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของการมีและไม่มีการสื่อสารรูปแบบ eHMI ในรถโดยสารรับ-ส่งอัตโนมัติ ว่ามีผลต่อเวลาในการเข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติ

2. เพื่อพัฒนา eHMI ในรูปแบบข้อความและสัญลักษณ์และเพื่อเพิ่มความเข้าใจในการสื่อสารระหว่างรถโดยสารรับ-ส่งอัตโนมัติกับคนเดินเท้า

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้รถโดยสารรับ-ส่งอัตโนมัติ Turing เป็นต้นแบบในการทดลองภาคสนามโดยเป็นรถอัตโนมัติที่จะพัฒนาในด้านการสื่อสารเท่านั้น

2. งานวิจัยนี้สนใจเฉพาะการสื่อสารระหว่างรถอัตโนมัติกับคนเดินเท้าเท่านั้น ไม่พิจารณาระบบการตรวจจับวัตถุ และการตัดสินใจบนรถอัตโนมัติ

3. ทำการทดลองเฉพาะที่ที่มีแสงเพียงพอ

4. งานวิจัยนี้สนใจการมองเห็นและความเข้าใจในการสื่อสารของรถอัตโนมัติกับผู้ทดสอบเท่านั้น ไม่นำพฤติกรรมการเดินของผู้ทดสอบมาพิจารณา

5. งานวิจัยนี้จะทำการทดลองในโปรแกรมจำลอง (Simulation) โดยในการทดลองกำหนดให้รถอัตโนมัติมีความเร็วสูงสุด 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง และหลังจากนั้นจึงทำการทดลองภาคสนามที่เป็นพื้นที่ควบคุมในถนนทางตรง กำหนดให้รถอัตโนมัติวิ่งในถนนเลนที่ติดกับผู้ทดสอบและมีความเร็วสูงสุด 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง เนื่องด้วยความปลอดภัยในการให้บริการของรถอัตโนมัติ

1.4 ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

2. ออกแบบเหตุการณ์จำลองในการ Simulation เหตุการณ์คนเดินข้ามถนนใน CARLA

3. ออกแบบ eHMI ที่ใช้เพื่อสื่อสารกับคนเดินข้ามถนน

4. ทำการทดลองใน Simulation ให้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด

5. สรุปรูปแบบที่ผู้ทดสอบเข้าใจเร็วที่สุดที่ได้จากการทดลอง Simulation เพื่อไปติดตั้งบนตัวรถจริง

6. ทดลองภาคสนามกับรถจริงในสถานที่ปิด

7. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 แผนการดำเนินงาน

รายการดำเนินงาน	เดือน									
	ก.ย. 65	ต.ค. 65	พ.ย. 65	ธ.ค. 65	ม.ค. 66	ก.พ. 66	มี.ค. 66	เม.ย. 66	พ.ค. 66	มิ.ย. 66
รวบรวมข้อมูล และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	■	■	■	■						
ศึกษาวิธีใช้ CARLA			■	■						
ออกแบบเหตุการณ์ในการทดสอบ simulation			■	■						
ออกแบบรูปแบบการสื่อสาร (eHMI)			■	■						
ทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อเก็บค่าจากผู้ทดลองมาวิเคราะห์และปรับปรุงก่อนทำการทดลองจริง				■	■	■	■			
ขอใบรับรองจริยธรรมในการวิจัย							■	■		
ทำการทดลอง Simulation และเก็บข้อมูลหลังได้รับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยฯ แล้ว จากนั้นนำeHMIจากการทดลองมาติดตั้งในตัวรถจริง							■	■		
ทำการทดลองในภาคสนามกับผู้ทดสอบ							■	■	■	
วิเคราะห์ผลการทดลอง								■	■	
สรุปผลและทำรายงาน									■	■

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. คนเดินเท้าเข้าใจเจตนารมของรถอัตโนมัติได้เร็วขึ้น เมื่อเทียบกับการดู Dynamic ของรถเพียงอย่างเดียว
2. ลดความสับสนที่อาจเป็นความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุกับคนเดินเท้าที่จะข้ามถนน
3. รูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาในการเข้าใจเร็วที่สุดสำหรับคนเดินเท้าที่จะข้ามถนน

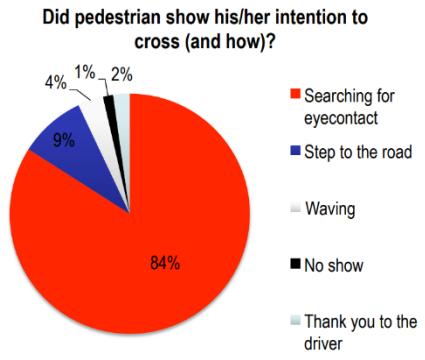
บทที่ 2 ปริทรรศน์วรรณกรรม

2.1 การสื่อสารของคนเดินท้าและยานพาหนะ

การสื่อสารระหว่างคนเดินเท้ากับยานพาหนะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในเรื่องของความปลอดภัยและการใช้พื้นที่ในท้องถนนร่วมกัน การสื่อสารที่ชัดเจนจะช่วยให้คนเดินเท้าและผู้ขับขี่ยานพาหนะมีการรับรู้เจตนาและการกระทำของกันและกันที่ชัดเจน ซึ่งสามารถป้องกันอุบัติเหตุและควบคุมการจราจรให้ราบรื่น นอกจากนี้ยังสร้างความมั่นใจในการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพสำหรับทุกฝ่าย การสื่อสารดังกล่าวอาจรวมถึงสัญญาณจราจร, การใช้มือสื่อสาร, และความตั้งใจในการให้สิทธิ์ทางในการเคลื่อนไหวแก่กันและกัน ซึ่งทำให้สังคมมีความปลอดภัยและสามารถดำเนินชีวิตได้อย่างมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น โดยการสื่อสารของคนเดินเท้ากับยานพาหนะ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การสื่อสารกับยานพาหนะที่มีผู้ขับขี่ (Human vehicle) และการสื่อสารกับยานพาหนะอัตโนมัติ มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 การสื่อสารระหว่างคนเดินเท้ากับยานพาหนะที่มีผู้ขับขี่ (Human vehicle)

การสื่อสารระหว่างคนเดินเท้าและคนขับรถเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้เกิดความเข้าใจและปฏิสัมพันธ์กันในทางถนน ผ่านการสื่อสารรูปแบบ การใช้สายตาสื่อสาร การใช้ท่าทาง และการใช้เสียงเพื่อแสดงเจตนารมย์ระหว่างกัน โดยในงานวิจัย [5] ได้ทำการสำรวจการกระทำขณะที่คนเดินเท้ากำลังจะข้ามถนน ที่มักแสดงเจตนาในรูปแบบต่างๆ โดย 84% คนเดินเท้าจะพยายามใช้สายตาเพื่อทำการสื่อสารกับคนขับรถ แสดงในรูปที่ 1



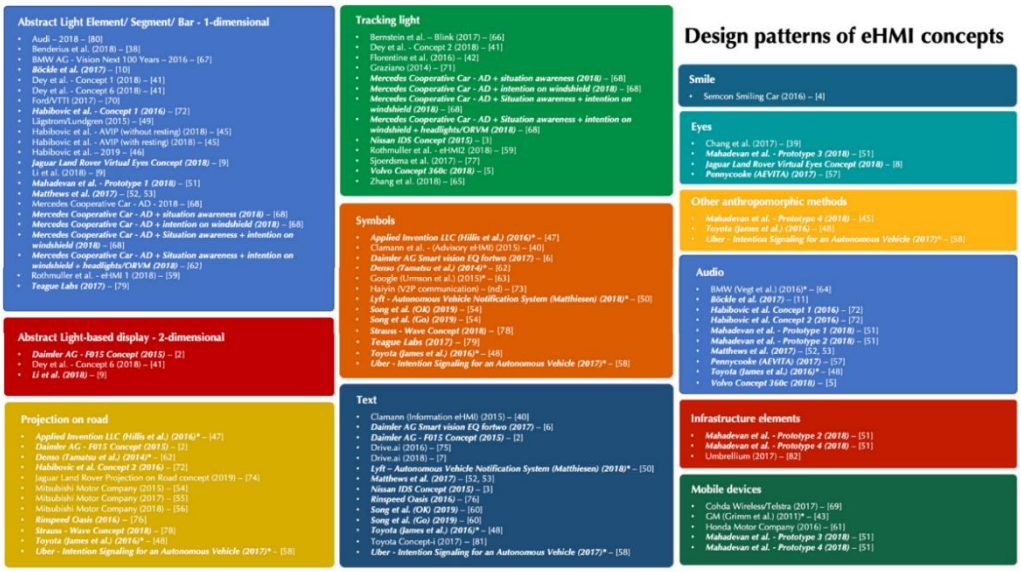
รูปที่ 1 เจตนาของคนเดินเท้าก่อนที่จะข้ามถนน [5]

2.1.2 การสื่อสารระหว่างคนเดินเท้ากับรถอัตโนมัติ

การสื่อสารระหว่างคนเดินเท้ากับรถอัตโนมัติเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความเข้าใจและปฏิสัมพันธ์กันในสถานการณ์การใช้ถนน ซึ่งในทางปฏิบัติมักมีรูปแบบการสื่อสารที่แตกต่างกันโดยใช้การสื่อสารผ่านการใช้ External Human Machine interfaces (eHMI) ที่เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้มนุษย์สามารถสื่อสารและปฏิสัมพันธ์กับเครื่องจักรหรือระบบอัตโนมัติได้ ซึ่งมักใช้ในระบบและอุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น รถยนต์อัตโนมัติ หุ่นยนต์ ในงานวิจัยนี้จะพิจารณา eHMI ที่ใช้สำหรับรถอัตโนมัติ โดยที่มีหน้าที่เป็นตัวแทนของผู้ขับขี่ โดยจากการศึกษา ในปีค.ศ. 2010-2015 นิยมใช้การแสดงผล eHMI ในรูปแบบการ ฉายแสงลงบนพื้นถนน (Projection) [6],[7] ถัดมาในปีค.ศ. 2016-2020 ได้มีการพัฒนามาเป็นการใช้สัญลักษณ์ที่มีลักษณะคล้ายมนุษย์ เช่น การใช้ลูกตา การใช้หน้ายิ้ม [8],[9] และสุดท้ายในช่วงปัจจุบันรูปแบบ eHMI ที่นิยมใช้กันคือ การใช้ข้อความ การใช้สัญลักษณ์ทางการจราจร และการใช้แถบสี แต่จากที่ผ่านมาในอดีตยังไม่มีมาตรฐานที่ชัดเจนเกี่ยวกับรูปแบบ eHMI ที่ดีที่สุด เพราะเนื่องจากความแตกต่างกันในแต่ละภูมิประเทศหรือวัฒนธรรม จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับ eHMI อย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยจึงได้เริ่มศึกษา eHMI ตามประเภทของการแสดงผล แบ่งได้เป็น งานวิจัยเกี่ยวกับสี งานวิจัยที่เกี่ยวกับรูปแบบข้อความ งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้สัญลักษณ์ และงานวิจัยเกี่ยวกับตำแหน่งการติดตั้ง ดังต่อไปนี้

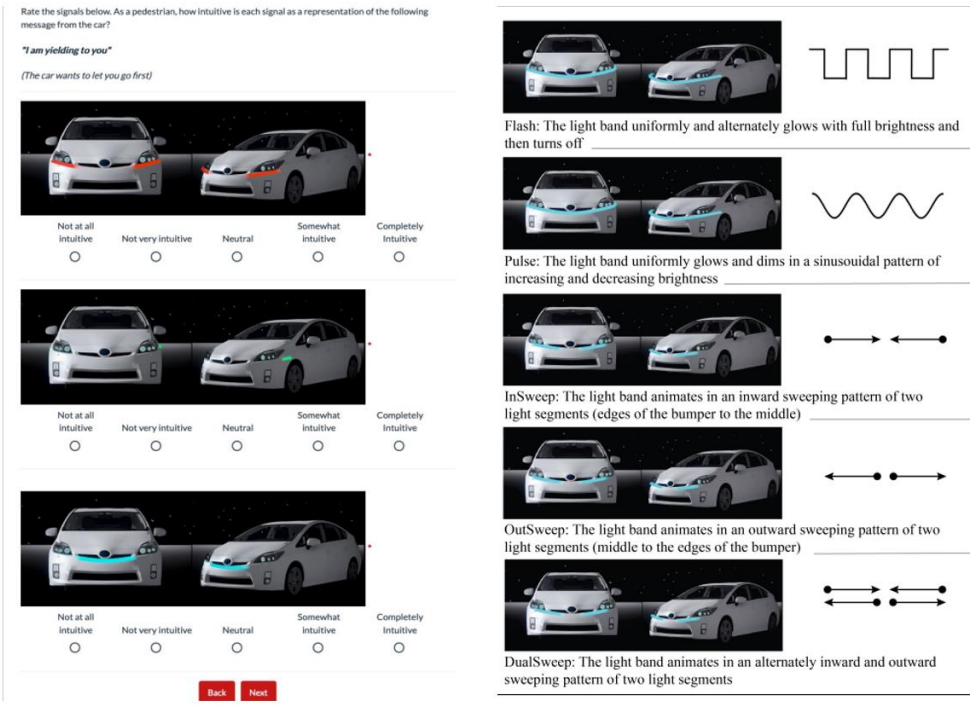
2.2 งานวิจัยเรื่อง External Human Machine interfaces

บทความวิจัยเรื่อง “Taming the eHMI jungle: A classification taxonomy to guide, compare, and assess the design principles of automated vehicles' external human-machine interfaces” [10] เป็นงานวิจัยที่รวบรวมข้อมูลการพัฒนา eHMI ในช่วงปีค.ศ. 2011-2020 ทั้งหมดกว่า 70 รูปแบบ ผ่านการแสดงผลลัพธ์ต่างๆ ในเรื่องรูปแบบรถที่นำมาใช้เป็นต้นแบบในการติดตั้ง eHMIที่ ติดตั้งบนรถโดยสารขนาดเล็ก 56 รูปแบบ ติดตั้งบนรถโดยสารขนาดใหญ่ 9 รูปแบบ ติดตั้งบนรถบรรทุกขนาดใหญ่ (Heavy Car) 3 รูปแบบ และติดตั้งบนรถแบบอื่นๆ 4 รูปแบบ ในเรื่องสีที่ใช้มากที่สุดคือสีขาว 37% สีเขียว 30% สีฟ้าหรือสีเขียวอมน้ำเงิน 29% สีแดง 27% สีน้ำเงิน 25% และสีเหลือง 17% ในเรื่องรูปแบบการแสดง ผลลัพธ์คือการแสดงรูปแบบแสงและจอแสดงผลเป็นวิธีที่ใช้บ่อยที่สุด 48 แนวคิด 69% สัญลักษณ์ 20 แนวคิด 29% ข้อความ 16 แนวคิด 23% และลักษณะคล้ายมนุษย์ 10 แนวคิด 14% และสุดท้ายได้สรุปหัวข้อรูปแบบ eHMI ทั้งหมดที่ผ่านมาในอดีตทั้งหมด 12 รูปแบบ ที่ได้รับการพัฒนาจากงานวิจัยต่างๆในอดีต แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปแบบ eHMI ของบทความวิจัยเรื่อง "Taming the eHMI jungle: A classification taxonomy to guide, compare, and assess the design principles of automated vehicles' external human-machine interfaces" [10]

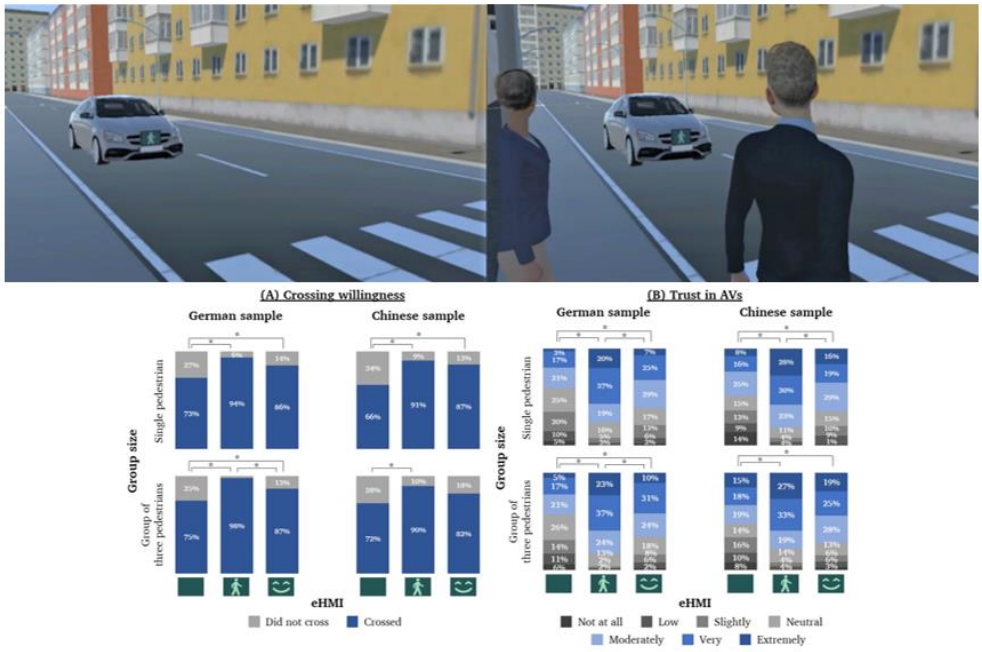
บทความวิจัยเรื่อง "Color and Animation Preferences for a Light Band eHMI in Interactions Between Automated Vehicles and Pedestrians" [11] เป็นงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาสีที่ใช้ใน eHMI คือ สีเขียว สีแดง และสีฟ้า (Cyan) ผ่านการแสดง eHMI ในรูปแบบสี Light Band หรือการเคลื่อนไหว (Animation patterns) ในรูปแบบต่างๆทั้งสิ้น 3 สีกับ 5 รูปแบบ ดังรูปที่ 3 โดยศึกษาว่า สีและรูปแบบไหนที่ช่วยให้คนรู้สึกว่ารถยินยอมให้คนข้ามถนนได้ เป็นการทำการทดลองจากการทำแบบสอบถามทั้งหมด 400 คน โดยผู้ทดสอบจะต้องทำการดูวิดีโอทั้งหมดคนละ 15 เหตุการณ์ จากผลการวิจัยพบว่าสีแดงสื่อความหมายว่า "หยุด อย่าข้ามถนน" และสีเขียวสื่อความหมายว่า "เชิญชวนให้ข้ามถนนได้" ส่วนสีฟ้า(Cyan) ไม่มีความสัมพันธ์กับความหมายในบริบทใดๆ ทำให้ผู้คนมีความไม่แน่ใจเมื่อพบเห็น แต่บางคนสังเกตว่าสีนี้มีความคล้ายคลึงกับสีเขียวที่พอจะใช้เป็นสัญญาณให้คนเดินเท้าข้ามถนนได้ ในขณะที่บางคนไม่รู้ว่าสีนี้แสดงความหมายอะไรและทำให้เกิดความสับสน โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอสีเขียวเป็นตัวเลือกเมื่อต้องการจะสื่อให้คนเดินข้ามถนนได้เป็นตัวเลือกที่ชัดเจน และนอกจากนี้การศึกษาพบว่ารูปแบบการเคลื่อนไหวไม่มีผลกระทบมากเท่ากับสีในเรื่องการสื่อสารโดยรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เป็นแบบสม่ำเสมออาจเป็นที่เข้าใจมากกว่ารูปแบบการเคลื่อนไหวอื่นๆ



รูปที่ 3 รูปแบบ eHMI ของบทความวิจัยเรื่อง "Color and Animation Preferences for a Light Band eHMI in Interactions Between Automated Vehicles and Pedestrians" [11]

บทความวิจัยเรื่อง "Communication of Automated Vehicles and Pedestrian Groups: An Intercultural Study on Pedestrians' Street Crossing Decisions"[12] เป็นงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาแนวคิดของ eHMI และขนาดของกลุ่มคนในการข้ามถนน ว่ามีผลต่อการตัดสินใจของคนเดินเท้าในการข้ามถนน และ ความเชื่อมั่นในตัวรถอัตโนมัติ โดยแนวคิดการออกแบบ eHMI ของงานวิจัยนี้ได้เสนอทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ สัญลักษณ์คนเดินถนน สัญลักษณ์หน้ายิ้ม และไม่มี eHMI อีกทั้งขนาดของกลุ่มคนเดินข้ามถนนคือ ข้ามถนนคนเดียว กับข้ามถนน 3 คน แสดงในรูปที่ 4 โดยได้ทำการทดลองกับผู้ทดสอบทั้งหมดจำนวน 205 คน จากกลุ่มผู้ทดลองของ 2 ประเทศ (126 คน จากเยอรมัน 79 คนจากจีน) ผ่านการทำการทดลองออนไลน์ที่ใช้วิดีโอและเก็บค่าจากการทำแบบสอบถาม โดยผู้ทดสอบแต่ละคนจะได้พบเจอวิดีโอคนละ 6 เหตุการณ์ โดยผลลัพธ์ในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือในสถานการณ์ที่มีคนเดินเท้าคนเดียวทดสอบกับ eHMI สัญลักษณ์คนเดินถนนและ สัญลักษณ์หน้ายิ้ม ช่วยในการตัดสินใจของคนในการข้ามถนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่มี eHMI แต่ไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสองสัญลักษณ์นี้ และในส่วนที่สอง ในสถานการณ์ที่มีกลุ่มคนเดินเท้า 3 คน ทดสอบกับ eHMI สัญลักษณ์คนเดินถนนและ สัญลักษณ์หน้ายิ้ม ช่วยในการตัดสินใจของคนในการข้ามถนนอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติสำหรับกลุ่มตัวอย่างเยอรมันเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่มี eHMI และสำหรับกลุ่มตัวอย่างจีน สัญลักษณ์คนกำลังเดิน ช่วยในการตัดสินใจของคนในการข้ามถนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่มี eHMI โดยผลการศึกษาแสดงว่า eHMI ในรูปแบบสัญลักษณ์คนกำลังเดิน มีผลมากขึ้นเมื่อเทียบกับ eHMI ที่มีสัญลักษณ์หน้ายิ้ม ของผู้ทดสอบทั้งสองประเทศ และไม่พบผลสำคัญของขนาดกลุ่มคนเดินข้ามถนนต่อการตัดสินใจของคนเดินเท้าในการข้ามถนน และความเชื่อมั่นในตัวรถอัตโนมัติคนเดินเท้า



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4 รูปแบบสัญลักษณ์ eHMI และขนาดของกลุ่มคน ของบทความวิจัยเรื่อง "Communication of Automated Vehicles and Pedestrian Groups: An Intercultural Study on Pedestrians' Street Crossing Decisions" [12]

บทความวิจัยเรื่อง “External Human–Machine Interfaces: The Effect of Display Location on Crossing Intentions and Eye Movements”[13] เป็นงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาตำแหน่งที่ติดตั้ง eHMI ที่ช่วยให้คนเห็นได้ดีที่สุด แสดงในรูปที่ 5 โดยตำแหน่งในการติดตั้งได้แก่ กระจกหน้ารถ ด้านหน้าของรถ (Grill) หลังคาของรถ ใกล้ล้อ และ การฉายแสงลงบนถนน จากผู้ทดสอบทั้งหมด 61 คน ผ่านการดูวิดีโอที่มีการแสดง eHMI ในตำแหน่งที่ต่างกัน โดยจะแสดงสถานะ Waiting เพื่อให้คนข้ามถนน หลังจากนั้นทำการเก็บข้อมูลผ่านการทำแบบสอบถามเกี่ยวกับความชัดเจนในการมองเห็น และการเก็บค่าผ่านการกดปุ่มหลังจากที่มีการแสดง eHMI เมื่อรู้สึกว่าปลอดภัย (กดปุ่มค้างรู้สึกปลอดภัย) ผลลัพธ์ที่ได้คือ การแสดง eHMI ที่ตำแหน่งด้านหน้าของรถ กระจกหน้ารถยนต์ และหลังคาของรถ ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าชัดเจนที่สุดตามความรู้สึก และควรหลีกเลี่ยงการใช้การฉายแสงลงบนถนนเพราะจะกระจายความสนใจของผู้ทดสอบ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5 ตำแหน่งการติดตั้ง eHMI ของบทความวิจัยเรื่อง“External Human–Machine Interfaces: The Effect of Display Location on Crossing Intentions and Eye Movements” [13]

บทความวิจัยเรื่อง “How should external human-machine interfaces behave? Examining the effects of colour, position, message, activation distance, vehicle yielding, and visual distraction among 1,434 participants” [14] เป็นงานวิจัยที่ได้ศึกษาผลของ eHMI ในรูปแบบ สี (แดง, เขียว, ฟ้า) ตำแหน่ง (หลังคา, กันชน, กระจกรถ) ข้อความ (WALK, DON’T WALK, WILL STOP, WON’T STOP, Light Bar) ระยะเวลาเริ่มต้นแสดง eHMI (35, 50 เมตร) และการมีสิ่งเร้าในสิ่งแวดล้อม แสดงในรูปที่ 6 ต่อความรู้สึกของคนเดินเท้าที่รู้สึกปลอดภัยในการข้ามถนนขณะที่รถจะหยุดหรือไม่หยุด โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 1,434 คน ผ่านการทำการทดลองดูวิดีโอแบบออนไลน์ ความยาว 12 วินาที คนละ 40 เหตุการณ์จาก 276 เหตุการณ์ และมีขั้นตอนในการทำการทดลองคือ ให้ผู้ทดสอบกดปุ่มตอบสนองผ่านการกดปุ่ม Space bar เมื่อรู้สึกปลอดภัยที่จะข้ามถนน(สามารถกดค้างเมื่อรู้สึกปลอดภัย และเลิกกดเมื่อรู้สึกไม่ปลอดภัยได้) โดยจะนำผลเวลาในแต่ละเหตุการณ์มาทำการหาค่าเฉลี่ยและนำเสนอในรูปของเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ทดสอบกดปุ่มตอบสนองเทียบกับเวลาวิดีโอที่ผ่านไป และมีการทำการวิเคราะห์สถิติ Pair Sample T-Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างรูปแบบ eHMI โดยผลการทดสอบพบว่า eHMIs สีเขียว และสีฟ้าให้ความรู้สึกปลอดภัยในการข้ามถนนมากกว่าสีแดง แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสีเขียว และสีฟ้า eHMIs ที่ติดตั้งที่กันชนและหลังคามีประสิทธิภาพมากกว่าที่ติดตั้งที่กระจกหน้า สำหรับรถอัตโนมัติที่มีการหยุดให้คนเดินข้าม ข้อความ “WALK” ให้ความรู้สึกปลอดภัยมากกว่า “WILL STOP” รองลงมาคือแถบสี สำหรับรถอัตโนมัติที่ไม่มีการหยุดให้คนเดินข้าม การใช้แถบสีแดงให้ผลลัพธ์คล้ายการใช้ข้อความสีแดง และสำหรับสำหรับรถอัตโนมัติที่หยุดการใช้แถบสีแดงส่งผลให้รู้สึกปลอดภัยต่ำเมื่อเริ่มต้นแสดง eHMI ที่ระยะ 50 เมตร เมื่อเทียบกับการแสดง eHMI ที่ระยะ 35 เมตร ในขณะที่การใช้ข้อความของสีเขียวและสีฟ้าคำว่า “WALK” ให้ค่าความรู้สึกปลอดภัยสูงสุดเมื่อแสดง eHMI ที่ระยะ 35 เมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 6 รูปแบบ eHMI ของบทความวิจัยเรื่อง "How should external human-machine interfaces behave? Examining the effects of colour, position, message, activation distance, vehicle yielding, and visual distraction among 1,434 participants" [14]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทความวิจัยเรื่อง “External Human–Machine Interfaces for Autonomous Vehicles from Pedestrians’ Perspective: A Survey Study” [15] เป็นงานวิจัยที่ศึกษาความชอบของกลุ่มประชากรที่แตกต่างกันในรูปแบบ eHMI ทั้ง 6 รูปแบบ ดังรูปที่... โดยเป็นการทดลองผ่านดูวิดีโอเหตุการณ์จำลอง หลังจากนั้นเก็บค่าจากการทำแบบสอบถามโดยการให้คะแนนคือ “ไม่ชอบเลย” ให้ 1 คะแนน “ชอบมาก” ให้ 5 คะแนน ผ่านการทำการทดลองจากผู้ทดสอบทั้งหมด 90 คน ผลลัพธ์พบว่า รูปแบบข้อความ และรูปแบบข้อความผสมสัญลักษณ์ ได้รับคะแนนมากที่สุด นอกจากนี้ รูปแบบข้อความ รูปแบบข้อความผสมสัญลักษณ์ และรูปแบบสัญลักษณ์ สามารถสื่อสารกับคนสูงอายุ (มากกว่า 60) ได้มากกว่ากับคนที่อายุน้อย อีกทั้งรูปแบบข้อความ และรูปแบบข้อความผสมสัญลักษณ์ เหมาะสำหรับคนที่ไม่คุ้นเคยกับกฎจราจรมากกว่ารูปแบบอื่น แต่สำหรับรูปแบบลูกศร รูปแบบถูกผิด และรูปแบบสัญญาณจราจร ถูกพิจารณาว่าไม่ชัดเจนเนื่องจากทำให้ผู้ทดสอบสับสน

รูปที่ 7 รูปแบบ eHMI ของบทความวิจัยเรื่อง“External Human–Machine Interfaces for Autonomous Vehicles from Pedestrians’ Perspective: A Survey Study” [15]

2.3 ทฤษฎีการหากลุ่มตัวอย่าง

2.3.1 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size) หมายถึงกลุ่มหรือชุดข้อมูลที่ถูกเลือกมาจากประชากรเพื่อใช้ในการวิจัยหรือการสำรวจ[16] เป็นส่วนหนึ่งของประชากร โดยทั่วไปแล้วการเลือกกลุ่มตัวอย่างจะใช้เทคนิคการสุ่มหรือการเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อให้ผลการวิจัยมีความเป็นมาตรฐานและสามารถนำไปใช้กับประชากรโดยรวมได้ โดยสูตรการเลือกกลุ่มตัวอย่างมีดังนี้

2.3.1.1 Taro Yamane Formula

เป็นสูตรทางสถิติที่ใช้ในการกำหนดขนาดตัวอย่างที่จำเป็นสำหรับการสำรวจหรือการวิจัยทางสถิติ สูตร Taro Yamane สามารถแสดงดังสมการที่ 1

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

โดยที่ n คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง, N คือขนาดประชากร และ e คือค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในงานวิจัย

2.3.1.2 Cochran Formula

เป็นสูตรที่ใช้ในการคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการวิจัยที่ใช้วิธีสำรวจ (survey) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือในระดับที่กำหนด เป็นที่นิยมใช้เมื่อไม่ทราบจำนวนประชากรแต่มีจำนวนประชากรที่มาก สามารถแสดงดังสมการที่ 2

$$n = \frac{P(1-P)Z^2}{d^2} \qquad (2)$$

โดยที่ n คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง, N คือ ขนาดประชากร P คือสัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องสุ่ม (โดยทั่วไปนิยมใช้สัดส่วน 30% หรือ 0.30) Z คือระดับความมั่นใจที่กำหนด หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติ และ d คือสัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นไป (จะต้องสอดคล้องกับค่า Z ที่ระดับความเชื่อมั่นนั้นๆ)

โดยสูตรของ Taro Yamane ใช้การคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมโดยพิจารณาขนาดประชากรทั้งหมดและค่าความคลาดเคลื่อนที่ต้องการจากการสุ่มเลือกง่าย โดยสมมุติว่าประชากรเป็นเหมือนกันและไม่คำนึงถึงเทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบแยกชั้นหรือการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม ทำให้ไม่เหมาะสำหรับงานวิจัยที่มีความแตกต่างกันในประชากร สำหรับสูตรของ Cochran สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนและได้รับข้อมูลที่น่าเชื่อถือในกรอบงบประมาณที่เหมาะสม แต่ข้อเสียคือ สูตรนี้เน้นไปที่ความแม่นยำของข้อมูลมากกว่าความหลากหลายของประชากร ซึ่งอาจส่งผลให้ข้อมูลบางอย่างไม่ถูกสะท้อนในตัวอย่างที่เก็บมา นอกจากนี้ยังไม่เหมาะกับการสำรวจประชากรที่มีความหลากหลายหรือไม่แน่นอน และในท้ายที่สุดผู้วิจัยได้ทำการยกตัวอย่างจำนวนขนาดตัวอย่างที่ใช้สูตร

การคำนวนข้างต้นนี้ จากจำนวนประชากร ตั้งแต่ 1,000 คน ถึง 1,000,000 คน โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ 95% แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ ของสูตร Taro Yamane และ Cochran

Population (N)	Taro Yamane (e=0.05)	Cochran (d=0.05)
1,000	286	244
10,000	385	312
100,000	398	321
1,000,000	400	322

2.3.2 การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)

คือวิธีการได้มาของกลุ่มตัวอย่างจากตัวแทนประชากร โดยในการดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจะมีวิธีการสุ่มที่หลากหลายที่นำมาใช้ให้สอดคล้องกับคุณลักษณะของประชากร

2.3.2.1 การสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling) เป็นการสุ่มที่ทำให้ทุกหน่วยในประชากรมีโอกาสถูกเลือกเท่ากัน

2.3.2.2 การสุ่มแบบจั่ว (Systematic Sampling) ในการสุ่มแบบหน่วยแรกจะถูกเลือกอย่างสุ่ม แล้วหน่วยต่อไปจะถูกเลือกอย่างสม่ำเสมอตามระยะที่กำหนด เช่น ทุก 5 หน่วย

2.3.2.3 การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) คือการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่ม แล้วทำการสุ่มเพื่อเลือกบางส่วน วิธีนี้เหมาะสำหรับการสุ่มตัวอย่างในพื้นที่ที่ห่างไกลกันหรือมีขนาดประชากรที่ใหญ่

2.3.2.4 การสุ่มแบบสัดส่วน (Stratified Sampling) คือการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มย่อย โดยที่แต่ละกลุ่มมีลักษณะเฉพาะที่คล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ

2.3.2.5 การสุ่มแบบหลายชั้น (Multi-stage sampling) เป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการสุ่มแบบกลุ่มและการสุ่มแบบสัดส่วน โดยเริ่มจากการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มในชั้นแรก จากนั้นทำการสุ่มเพื่อเลือกบางส่วน หลังจากนั้นในกลุ่มที่ถูกเลือกจะแบ่งเป็นกลุ่มย่อยอีกครั้งและทำการสุ่มตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย วิธีนี้มักใช้ในกรณีที่ประชากรมีโครงสร้างที่ซับซ้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์หมายถึงการจำแนกสิ่งที่ต้องการศึกษาออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อศึกษาลักษณะของแต่ละส่วน และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อย ๆ เหล่านั้น การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นวิธีการหาความหมายจากข้อมูล ประกอบด้วยการจัดประเภท การจัดระเบียบ การจัดกระทำ และการสรุป เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาการวิจัย [17] การวิเคราะห์ข้อมูลนั้นมีหลายวิธีการ ซึ่งแต่ละวิธีจะเลือกใช้ตามลักษณะของข้อมูลและวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ อาจมีการใช้เทคนิคทางสถิติเช่น การหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การหาความสัมพันธ์ การทดสอบสมมติฐาน

2.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data Analysis) เป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อเข้าใจและอธิบายคุณลักษณะพิเศษของข้อมูลที่ไม่สามารถวัดหรือนับได้เป็นจำนวนจริง ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับข้อมูลที่เป็นคำพูด หรือข้อคิดเห็นของเหตุการณ์ที่สนใ

2.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data Analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่สามารถวัดและนับเป็นตัวเลข เช่น อัตราส่วน, จำนวน, หรือข้อมูลทางสถิติ โดยจะประกอบด้วยตัวแปรอิสระ (Independent variable) เป็นตัวแปรที่ใช้เพื่ออธิบายหรือทำนายค่าตัวแปรตาม โดยไม่ต้องขึ้นกับตัวแปรอื่น, ตัวแปรตาม (Dependent variable) เป็นตัวแปรที่เราต้องการทราบค่าหรือวัดผล ซึ่งค่าของตัวแปรนี้อาจจะเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระ และตัวแปรควบคุม (Control variable) คือตัวแปรที่ต้องควบคุมเพื่อลดความผันผวนของตัวแปรตาม และช่วยให้เราสามารถศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้อย่างดี ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ มีค่าทางสถิติที่สำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ

- ค่าเฉลี่ย (Mean) ผลรวมของข้อมูลทั้งหมดในกลุ่มแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลที่มีอยู่ในกลุ่ม คำนวณจากสมการที่ 3
- ค่ามัธยฐาน (Median) เป็นค่าที่อยู่ตรงกลางของชุดข้อมูล คำนวณจากสมการที่ 4
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูล หากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงนั่นคือข้อมูลกระจายกันมาก กลับกันหากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำนั่นคือข้อมูลมีการเกาะกลุ่มกันมาก คำนวณได้จากสมการที่ 5

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N} \qquad (3)$$

โดยที่ $\bar{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูล, x_i คือข้อมูลแต่ละตัว และ N คือจำนวนทั้งหมดของชุดข้อมูลนั้นๆ

$$Mdn = \frac{N+1}{2} \qquad (4)$$

โดยที่ Mdn คือค่ามัธยฐาน และ N คือจำนวนทั้งหมดของชุดข้อมูลนั้นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$S.D. = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N} \qquad (5)$$

โดยที่ $S.D.$ คือค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน $\bar{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูล, x_i คือข้อมูลแต่ละตัว และ N คือจำนวนทั้งหมดของชุดข้อมูลนั้น

2.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) เป็นกระบวนการในการศึกษาและตีความหมายของข้อมูลที่ซับซ้อนอย่างละเอียด โดยเน้นที่คุณภาพและลักษณะเฉพาะของข้อมูล การวิเคราะห์นี้ช่วยให้เราสามารถเข้าใจเรื่องราว, มุมมอง, และประสบการณ์ของผู้เข้าร่วมในการวิจัยได้ และมักใช้ในการวิจัยด้านสังคมและมนุษย์ศาสตร์ เพื่อการแก้ไขปัญหาและสนับสนุนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนได้

2.5 ทฤษฎีการจำลองการมองเห็น

2.5.1 การจำลองการมองเห็น (Simulation) คือการนำเสนอหรือการจำลองลักษณะของระบบตลอดช่วงเวลาที่สนใจ ที่เกี่ยวกับกระบวนการทางสมองและการรับรู้ทางสายตา การจำลองการมองเห็นมีวัตถุประสงค์ในการอธิบายหรือระบุหลักการที่ใช้ในการสร้างความรู้เกี่ยวกับวิธีการทำงานของระบบการมองเห็นในมนุษย์ โดยสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ จำลองสภาพแวดล้อม 2 มิติ และ จำลองสภาพแวดล้อม 3 มิติ โดยทางผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบรายละเอียดการอุปกรณ์ที่ใช้ ข้อดีและข้อเสียสำหรับการจำลอง 2D และ 3D ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบระหว่าง 2D และ 3D Simulation

ประเภท	อุปกรณ์	ราคา	ข้อดี	ข้อเสีย
2D Simulation	-คอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพต่ำ -หน้าจอแสดงผลขนาด 24 นิ้ว	≈2,500 บาท (ราคาเฉพาะหน้าจอแสดงผล)	- ราคาย่อมเยา - เหมาะกับงานที่ใช้การมอง - ความสะดวกในการใช้งาน	- ขาดประสบการณ์ที่สมจริง - ควบคุมการทดลองยาก
3D Simulation	-คอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง -เครื่องเล่น VR	≈10,000 บาท (ราคาเฉพาะเครื่องเล่น VR)	- ง่ายต่อการควบคุมการทดลอง - ได้ประสบการณ์ที่สมจริง	- ราคาสูง - การใช้งานเกินความจำเป็นสำหรับบางงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.1.1 การจำลองสภาพแวดล้อม 2 มิติ จะใช้ในการสร้างเหตุการณ์ในระนาบสองมิติ ซึ่งประกอบด้วยความกว้างและความสูงเท่านั้น ในการจำลองแบบ 2D มีความสามารถในการแสดงผลที่รวดเร็วและต้องการทรัพยากรของคอมพิวเตอร์ที่น้อย ซึ่งเป็นเหตุผลที่เป็นที่นิยมในการวิเคราะห์ที่ไม่ต้องการความซับซ้อนของข้อมูล

2.5.1.2 การจำลองสภาพแวดล้อม 3 มิติ จะใช้ในการสร้างเหตุการณ์ภาพที่มีความสัมผัสทางสามมิติ ซึ่งเพิ่มความสมจริงและความลึกซึ้งในการมองเห็นที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสำรวจและทดสอบภาพในสภาวะแวดล้อมที่ควบคุมได้

2.6 โปรแกรมสำหรับสร้างเหตุการณ์จำลองเหตุการณ์

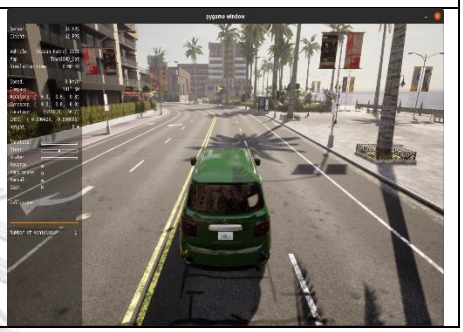
2.6.1 โปรแกรมสำหรับการสร้างเหตุการณ์จำลอง สามารถสร้างได้ทั้งการทดลอง 2D และ 3D ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผล โดยในงานวิจัยนี้จะยกตัวอย่างโปรแกรมที่เป็นโปรแกรม Open Source ที่ได้รับความนิยม แสดงในตารางที่ 3

2.6.1.1 SUMO (Simulation of Urban Mobility) เป็นโปรแกรมจำลองการจราจร [18] ที่เป็น Open Source สามารถสร้างเหตุการณ์จำลองที่ซับซ้อนเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของยานพาหนะและคนเดินเท้าในเขตเมือง

2.6.1.2 CARLA (Car Learning to Act) เป็นโปรแกรมจำลองการขับขี่ยานพาหนะที่เป็น Open Source ถูกออกแบบมาเพื่อสนับสนุนการวิจัยและการพัฒนาในด้านของระบบการขับขี่อัตโนมัติ [19] โดย มีความยืดหยุ่นสูง สามารถจำลองสภาพแวดล้อมได้หลากหลาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของโปรแกรม SUMO และ CARLA

โปรแกรม	คุณสมบัติ	ภาพตัวอย่างในโปรแกรม
SUMO	• โอเพนซอร์ส • จำลองการเคลื่อนไหวของยานพาหนะหลายประเภท • สามารถสร้างสถานการณ์การจราจรที่แตกต่างกันได้	
CARLA	• โอเพนซอร์ส • มีกราฟิกที่สมจริง • สามารถควบคุมพฤติกรรมของยานพาหนะและสภาพแวดล้อม	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3 แนวคิดและการทดลอง

3.1 การออกแบบการทดลอง Simulation

3.2.1 การจำลองการมองเห็นเสมือนจริง

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้การจำลองการมองเห็นเป็นแบบ 2 มิติ โดยเป็นการบันทึกวิดีโอเหตุการณ์จำลองทั้งหมด และทำการแสดงการเล่นผ่านคำสั่งในโปรแกรม Python ที่สามารถแสดงการเล่นวิดีโอและสามารถบันทึกค่าการทดลองได้ เนื่องจากการมีความสะดวกในขั้นตอนการสร้างและการประมวลผลภาพ ซึ่งเหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่มีข้อจำกัด นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถนำเสนอข้อมูลให้เข้าใจได้ง่าย อีกทั้งยังนี้ยังสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้ผู้ทดสอบได้ โดยใช้การทดลองผ่านการแสดงวิดีโอด้วยหน้าจอ LG Full HD IPS ขนาด 24 นิ้ว และกำหนดตำแหน่งของผู้ทดสอบจะนั่งทำการทดลองที่ทำมุมตรงกับหน้าจอคอมพิวเตอร์ มีระยะห่างระหว่างจอกับสายตาผู้ทดสอบในระยะ 90 เซนติเมตร ดังรูปที่ 8 กรณีที่ผู้ทดสอบมีปัญหาเกี่ยวกับสายตา เช่นสายตาสั้น หรือสายตายาว อาจมีการปรับเปลี่ยนระยะห่างระหว่างหน้าจอเพื่อให้ผู้ทดสอบมองเห็นได้ชัดที่สุด โดยผู้ทดสอบทั้งหมดจะพบกับเหตุการณ์จำนวน 20 เหตุการณ์ ดังตารางที่ 4 เหตุการณ์ที่รถไม่หยุดไม่ได้นำผลเวลาในการเข้าใจมาวิเคราะห์แต่ใช้เพื่อป้องกันความคุ้นชินของผู้ทดสอบ

ตารางที่ 4 เหตุการณ์ในการทดลอง

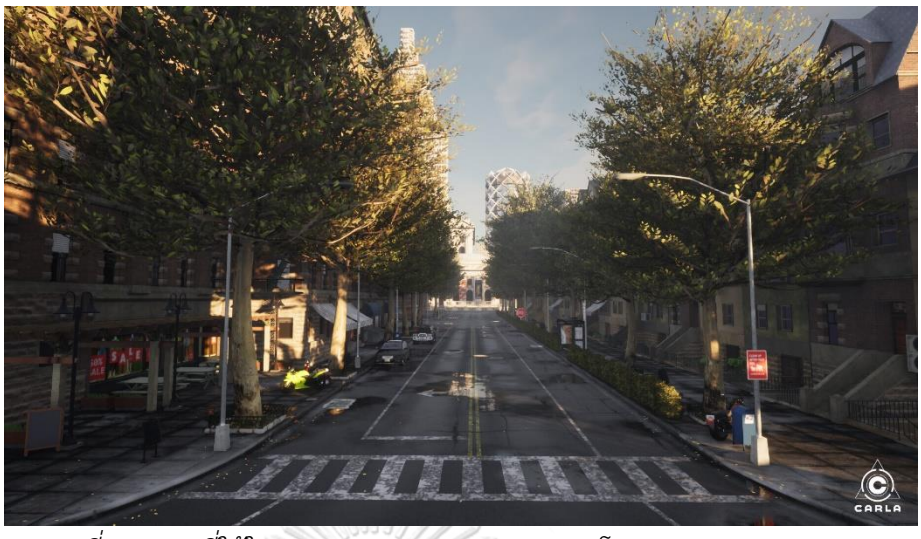
เหตุการณ์	จำนวน
ไม่มีการแสดง eHMI	1
eHMI รูปแบบข้อความ	4
eHMI รูปแบบสัญลักษณ์	4
eHMI รูปแบบสัญลักษณ์ผสมข้อความ	8
ไม่มีการแสดง eHMI และรถไม่หยุด	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 8 ตัวอย่างการทำการทดลองบนจอขนาด 24 นิ้ว ที่ระยะห่าง 90 cm

3.2.2 การสร้างเหตุการณ์จำลอง

ในการสร้างเหตุการณ์จำลองของงานวิจัยนี้ ได้ทำการใช้โปรแกรมจำลอง CARLA เนื่องมีความสามารถในการสร้างสภาพแวดล้อมที่สมจริงเสมือนอยู่ในเหตุการณ์ รวมถึงสามารถปรับแต่งพารามิเตอร์ของสภาพอากาศ, การจราจร, และสภาพถนนได้ ผ่านการสร้างบนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผล (CPU) คือ Intel core i9-10900K 3.70GHz และมีหน่วยประมวลผลกราฟฟิก (GPU) คือ GeForce RTX 3080 มีหน่วยความจุ SSD ที่ 512 GB และ Ram 32 โดยจะเป็นการสร้างเหตุการณ์จำลอง ภายในสถานทีตัวเมืองที่มีถนน 2 เลน และมีทางม้าลาย ดังรูปที่ 9 และจะมีรถโดยสารขนาดใหญ่ Mitsubishi Fuso Rosa buses ที่มีรายละเอียด แสดงในตางรางที่ 5 ที่เป็นตัวแทนของรถอัตโนมัติในการทดลองเสมือนจริงนี้ จากนั้นจะทำการบันทึกเหตุการณ์จำลองด้วยโปรแกรม OBS (Open Broadcaster Software) ที่กำหนดความละเอียดของวิดีโอที่ 1920x1080 pixel และมีความเร็วในการเล่นวิดีโอที่ 60 เฟรม/วินาที และหลังจากที่ได้เหตุการณ์ต้นแบบแล้ว ทางผู้วิจัยทำการติดตั้ง eHMI ผ่านการตัดต่อวิดีโอบนโปรแกรม AfterEffect ทำให้แน่ใจว่าทุกเหตุการณ์มีความเหมือนกัน



รูปที่ 9 สถานที่ใช้ในการทดลอง Simulation จากโปรแกรม CARLA

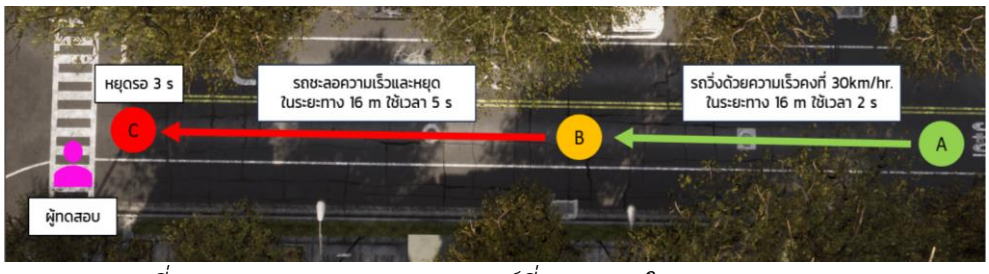
ตารางที่ 5 Vehicle Specification ของ Fuso Rosa buses

Fuso Rosa buses	Dimension	Unit	Scale
	Length	mm	6990
	Width	mm	2070
	Height	mm	2755
	Wheelbase	mm	3995

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.3 การออกแบบเหตุการณ์ในงานวิจัย

ในทุกๆเหตุการณ์ จะกำหนดให้ที่จุด A รถอัตโนมัติจะเคลื่อนที่มาด้วยความเร็วคงที่ 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง ด้วยระยะทาง 16 เมตร ใช้เวลา 2 วินาที หลังจากนั้นเมื่อถึงจุด B จะทำการชะลอความเร็วเพื่อเตรียมที่จะหยุด เมื่อเริ่มมีการชะลอตัวรถอัตโนมัติจะมีการสื่อสาร eHMI ขึ้นมาในรูปแบบต่างๆ และในระยะทาง 16 เมตร ต่อมารถอัตโนมัติใช้เวลา 5 วินาที และหยุดนิ่งที่จุด C ที่ห่างจากทางม้าลาย 1 เมตร เป็นเวลา 3 วินาที และรอจนจบเหตุการณ์ โดยทุกเหตุการณ์มีความเร็ว และการชะลอความเร็วเท่ากัน และใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 10 วินาที แสดงภาพถ่ายมุมสูงของเหตุการณ์ ในรูปที่ 10



รูปที่ 10 รูปภาพมุมสูงของเหตุการณ์ที่จะพบเจอในการทดลอง

3.2.4 การออกแบบ eHMI

การออกแบบ eHMI ในงานวิจัยนี้ เพื่อต้องการตอบวัตถุประสงค์ข้อแรกกล่าวคือการมีระบบการสื่อสาร eHMI ช่วยให้คนเดินเท้าเข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติได้ดีกว่าการที่ไม่มีระบบสื่อสาร eHMI ผู้วิจัยจึงได้กำหนดให้มีเหตุการณ์ที่ไม่มีการแสดง eHMI เพื่อเปรียบเทียบเวลาในการเข้าใจการสื่อสารกับทุกเหตุการณ์ที่มีการแสดง eHMI และเพื่อตอบคำถามสำหรับวัตถุประสงค์ที่สอง กล่าวคือ พัฒนาการสื่อสารในรูปแบบสัญลักษณ์ผสมกับข้อความ ที่ช่วยให้คนเดินเท้าเข้าใจการสื่อสารได้ดีที่สุด ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบรูปแบบ eHMI ที่มีการใช้รูปแบบข้อความและสัญลักษณ์เพียงอย่างเดียว และในรูปแบบผสมได้นำข้อความและสัญลักษณ์มาผสมกัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกันรูปแบบ eHMI ที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในรูปที่ 11 โดยในงานวิจัยนี้จะทำการสร้างเหตุการณ์ทั้งหมดจำนวน 20 เหตุการณ์

3.2.4.1 รูปแบบสี

ในการออกแบบรูปแบบสีในงานวิจัยนี้ได้ใช้สีเขียวและสีขาว มาทำการเปรียบเทียบกัน เนื่องจากการศึกษางานในอดีตพบว่าสีที่ช่วยให้คนรู้สึกปลอดภัยที่จะข้ามถนนคือสีเขียว แต่สีขาวแสดงถึงความเป็นกลาง อีกทั้งสีที่มีการใช้กับการแสดง eHMI ที่พบบ่อยที่สุดคือสีเขียวและสีขาว แต่ไม่เคยพบงานวิจัยที่นำ 2 สีนี้มาเปรียบเทียบกัน ผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะทำการเปรียบเทียบ 2 สีนี้

3.2.4.2 รูปแบบข้อความ

ในการออกรูปแบบข้อความในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อความ “WALK” และ “CROSS” มาทำการเปรียบเทียบกัน เนื่องจากการศึกษางานในอดีตพบว่า การใช้ข้อความ “WALK” ช่วยให้คนเข้าใจเจตนาในการสื่อสารของรถอัตโนมัติได้ดีที่สุด และข้อความ “CROSS” ช่วยให้คนเข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติได้ดีกว่าการแสดง eHMI ในรูปแบบอื่นๆ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำรูปแบบข้อความที่ดีของงานวิจัยในอดีตมาเปรียบเทียบกันเพื่อหารูปแบบข้อความที่ดีที่สุดในงานวิจัยนี้

3.2.4.3 รูปแบบสัญลักษณ์

ในการออกรูปแบบสัญลักษณ์ในงานวิจัยนี้ได้ใช้สัญลักษณ์คนเดินถนน และสัญลักษณ์ลูกศร มาทำการเปรียบเทียบกัน เนื่องจากการศึกษางานในอดีตพบว่าสัญลักษณ์คนเดินถนนช่วยให้คนเดินเท้าเข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติได้ดีกว่าสัญลักษณ์อื่น อีกทั้งสัญลักษณ์คนเดินถนนยังเป็น

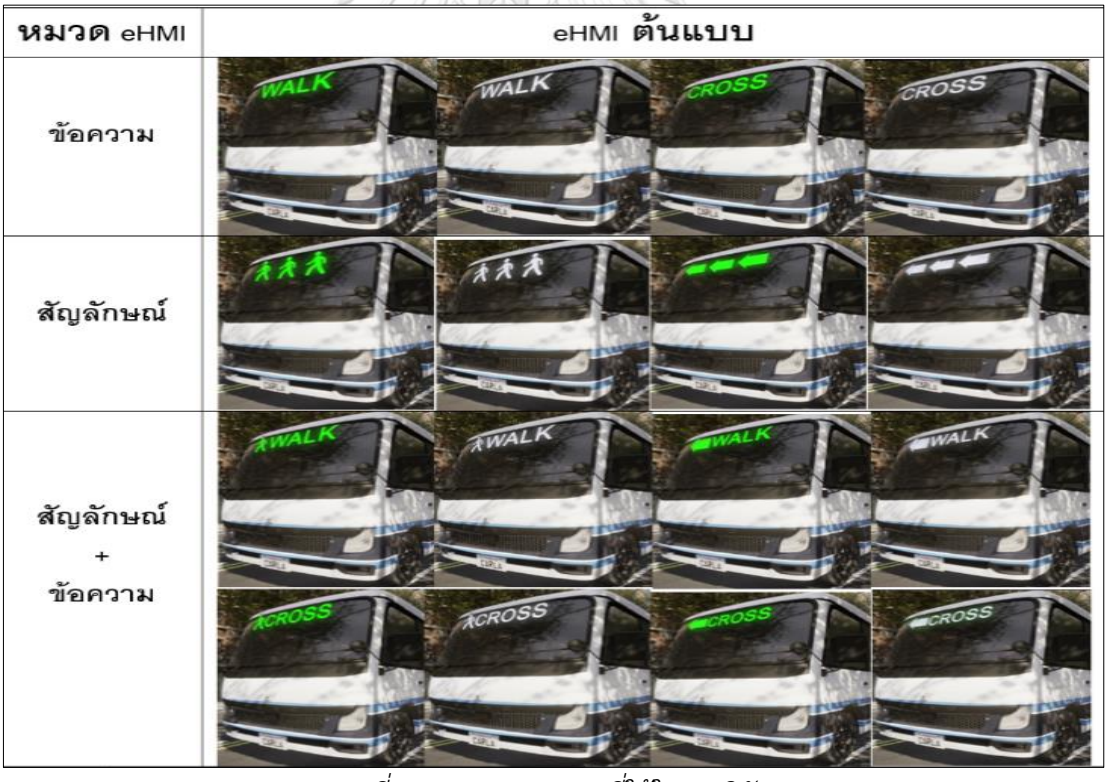
สัญลักษณ์ที่ใช้ในด้านการจราจรที่คุ้นชินสำหรับคนเดินเท้า และการใช้สัญลักษณ์ลูกศรเนื่องจากเป็นสัญลักษณ์ที่สื่อความหมายอย่างตรงตัว คือบอกตัวแหน่งว่าให้ไป ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำรูปแบบสัญลักษณ์ 2 รูปแบบนี้มาทำการเปรียบเทียบกันเพื่อหารูปแบบที่ดีที่สุดในงานวิจัยนี้

3.2.4.4 รูปแบบผสม (สัญลักษณ์ผสมข้อความ)

ในงานวิจัยนี้ได้นำรูปแบบที่ใช้ในรูปแบบข้อความและรูปแบบสัญลักษณ์มาผสมกัน เนื่องจากต้องการทราบว่าเมื่อมีการใช้การผสมกันของ 2 รูปแบบ จะช่วยเพิ่มความเข้าใจให้คนเดินเท้าในเรื่องการสื่อสารของรถอัตโนมัติได้ดีกว่าการแสดงรูปแบบ eHMI เพียงอย่างเดียว

3.2.4.5 ตำแหน่งที่ติดตั้ง eHMI

ตำแหน่งที่แสดง eHMI ควรจะติดตั้งในตำแหน่งที่ผู้คนจะมองเห็นได้ชัดเจนที่สุด และการที่ติดสูงกว่าตำแหน่งอื่นนั้นดีกว่าเนื่องจากไม่บดบังสายตาคนเดินถนน แต่เนื่องจากรถที่ใช้ในการทดลองเป็นรถโดยสารขนาดใหญ่จึงมีตำแหน่งติดตั้งที่สูงที่สุดคือกระจกหน้าด้านบนของรถ



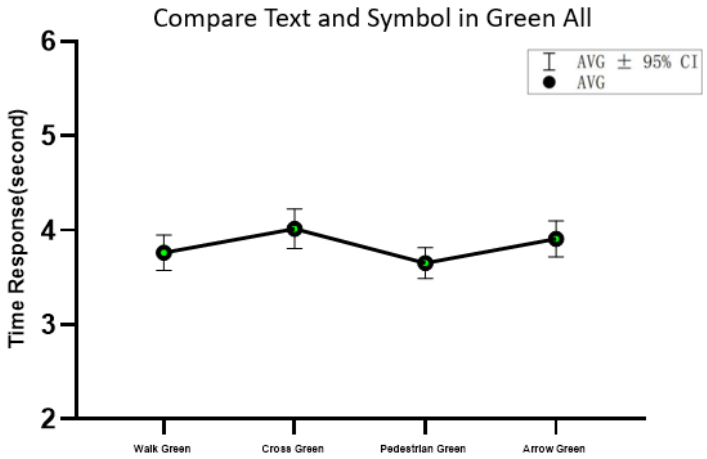
รูปที่ 11 รูปแบบ eHMI ที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.5 การเก็บข้อมูลในการทดลอง Simulation

ในการเก็บข้อมูลของผู้ทดสอบ ผู้วิจัยได้ใช้การแสดงเหตุการณ์(การเริ่มการทดลอง) ผ่านคำสั่งในโปรแกรม Python ให้มีการรองรับการแสดงวิดีโอ และรองรับการกดปุ่ม โดยเมื่อมีการกดปุ่ม Space bar ในการทดลอง ระบบจะทำการเก็บค่าเวลาที่ผู้ทดสอบกดปุ่มเมื่อเข้าใจในช่วงเวลานั้นๆ ของเหตุการณ์จำลอง โดยกำหนดเวลาที่ทำเครื่องหมาย (Timestamp) ในระดับมิลลิวินาที (เช่น 3.12 วินาที) และจะทำการบันทึกข้อมูลเวลาของทั้งเหตุการณ์อยู่ในรูปของไฟล์ CSV (Comma-Separated Values)

3.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากผล Simulation

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดตัวแปรต้น (Independent Variables) คือ รูปแบบการแสดง eHMI ที่ต่างกัน เช่น รูปแบบสี รูปแบบข้อความ รูปแบบสัญลักษณ์ รูปแบบผสม และมีการกำหนดตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเข้าใจโดยได้มาจากเวลาในการเข้าใจ โดยวิธีการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากการเก็บรวบรวมค่าเวลาในการเข้าใจของผู้ทดสอบสำหรับแต่ละเหตุการณ์เพื่อนำมาหาค่าเวลาในการเข้าใจเฉลี่ยของแต่ละเหตุการณ์ เพื่อตรวจสอบว่าเหตุการณ์ eHMI รูปแบบใด ที่ผู้ทดสอบใช้เวลาในการเข้าใจเร็วที่สุด และนำเสนอผ่านการแสดงในรูปแบบ Box plot ที่มีข้อมูลค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจของแต่ละเหตุการณ์ (ค่าเฉลี่ยน้อยหมายความว่าเข้าใจได้เร็ว) และได้กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ 95% ดังรูปที่ 12 จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการนำเสนอตารางข้อมูลค่าเฉลี่ย (M) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (C.V.) เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์เชิงสถิติ Pair Sample T-Test เพื่อทดสอบสมุติฐานคือ ของ 2 รูปแบบ eHMI ที่มาจากผู้ทดลองคนเดียวกัน โดยมีสมมุตติฐาน คือรูปแบบ eHMI ที่ 1 ช่วยให้เข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติเร็วกว่ารูปแบบ eHMI ที่ 2 โดยกำหนดค่า Alpha (ระดับนัยสำคัญ) ที่ 0.05 หรือระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และใช้ค่า P value (ความน่าจะเป็น) ตรวจสอบ โดยถ้าค่า P value น้อยกว่าค่า Alpha ($P < 0.05$) จะถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หรือก็คือรูปแบบที่ 1 ช่วยให้ผู้ทดสอบเข้าใจเร็วกว่ารูปแบบที่ 2



รูปที่ 12 ตัวอย่าง Box plot ที่นำเสนอผลการทดลองในงานวิจัย

3.3 การหากลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย (Sampling)

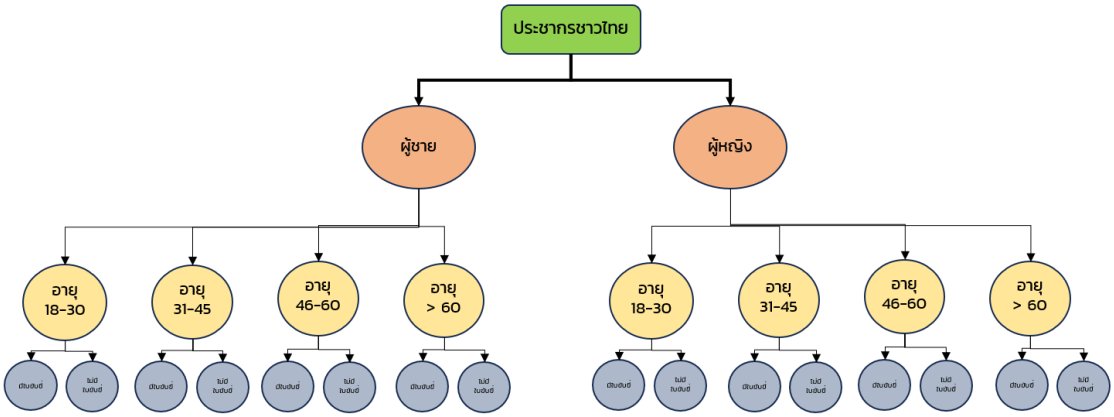
3.3.1 การหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย

เนื่องจากการศึกษางานวิจัยในอดีต ไม่มีวิธีการหากลุ่มตัวอย่างที่แน่ชัด เช่น มาจากผู้ทดสอบที่สนใจตัวรถอัตโนมัติ ผู้ทดสอบที่สมัครใจ ผู้ทดสอบที่อยู่ในการเรียน ทำให้ไม่มีการใช้ทฤษฎีการกำหนดขนาดตัวอย่างใดที่สามารถนำมาอ้างอิงและประกอบการตัดสินใจเบื้องต้นได้ อีกทั้งในงานวิจัยนี้เป็นการทำการทดลองที่ต้องควบคุมสภาพแวดล้อมขณะทำการทดลอง ทำให้ต้องมีการเชิญผู้ทดสอบมาทำการทดลองในสถานที่ปิด หรือผู้วิจัยต้องเดินทางไปหาผู้ทดสอบเพื่อทำการทดสอบนอกสถานที่ จึงมีปัจจัยด้านค่าตอบแทนและระยะเวลาในการทำงานวิจัยที่มีจำกัด จึงทำให้ไม่สามารถกำหนดจำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างได้ตามทฤษฎีที่ได้ศึกษามา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ซึ่งเห็นว่าเป็นจำนวนที่เหมาะสมทั้งในแง่ของค่าตอบแทนและระยะเวลาการดำเนินงาน

3.3.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย

ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างของงานวิจัย ได้ใช้การสุ่มแบบหลายชั้นที่กำหนดให้ในแต่ละชั้นย่อยมีจำนวนผู้ทดสอบเท่ากัน โดยมีเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ถูกควบคุมด้วยตัวแปรบุคคล คือ เพศ,กลุ่มอายุ และการมีใบอนุญาตขับขี่ แสดงในรูปที่ 13 โดยกลุ่มช่วงอายุ 18-30 จะเป็นการเลือกสุ่มจากทางสถานศึกษา หรือหอพักนักศึกษาเป็นหลัก กลุ่มอายุ 31-45 จะเป็นการเลือกสุ่มจากโรงงานอุตสหกรรม กลุ่มอายุ 46-60 จะเป็นการสุ่มจากสถานที่ราชการ คือสถานีตำรวจ และสำหรับกลุ่มอายุมากกว่า 60 จะเป็นการสุ่มจากสถานพักคนชรา หรือตามบ้านที่มีผู้สูงอายุ เนื่องจากกลุ่มช่วงอายุมีผลต่อความเข้าใจการสื่อสาร eHMI ในรูปแบบที่ต่างกัน และการมีความรู้เกี่ยวกับกฎจราจรมีผลต่อความเข้าใจ eHMI ไม่เหมือนกัน อีกทั้งในงานวิจัยนี้มีเงื่อนไขว่าผู้ที่สามารถเข้าทำการทดลองได้นั้นจะต้อง

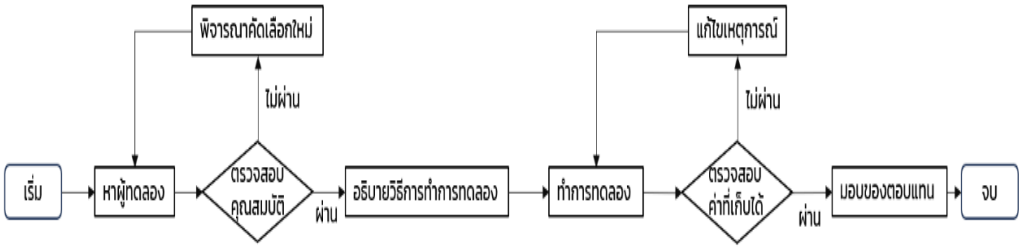
เข้าใจภาษาอังกฤษ “WALK” “Cross” ต้องไม่มีปัญหาเกี่ยวกับตาบอดสี และต้องไม่มีความรู้เกี่ยวกับระบบการทำงานของรถอัตโนมัติ



รูปที่ 13 การสุ่มแบบหลายชั้นในงานวิจัย

3.4 ขั้นตอนการทำการทดลอง Simulation

เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่เราเลือกมาทำการทดลองมีเงื่อนไขว่าทุกคนต้องเข้าใจภาษาอังกฤษเบื้องต้น และต้องไม่ตาบอดสี ก่อนเข้ารับการทดลองจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติก่อน และหลังที่ผู้ทดสอบเข้ารับการทดลองแล้วจะมีแบบทดสอบหลังการทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลองว่าผู้ทดลองเข้าใจตรงกับที่เราต้องการ โดยมีกระบวนการทดลองดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 กระบวนการทดลอง Simulation ในงานวิจัย

3.4.1 ก่อนทำการทดลอง

ก่อนทำการทดลองผู้เข้าทดลองต้องทำแบบทดสอบก่อนการทดลอง ในส่วนของหัวข้อ การคัดกรองอายุ มีหรือไม่มีใบขับขี่ ความรู้ทางภาษาอังกฤษ แบบตรวจสอบตาบอดสี [20] และตรวจสอบความรู้เกี่ยวกับระบบการทำงานของรถอัตโนมัติ โดยงานวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน จากคณะสังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หลังจากคัดกรองเสร็จทางผู้วิจัยจะอธิบายวิธีการทำการทดลอง คือให้ผู้ทดสอบจำลองเหตุการณ์เมื่อกำลังจะข้ามถนนตรงทางม้าลายและมีรถอัตโนมัติกำลังขับมา และรถจะมีการสื่อสารบางอย่าง หากผู้ทดลองเข้าใจว่ารถจะสื่อสารอะไรให้กดปุ่ม Space bar ค้างไว้รอจนจบเหตุการณ์ โดยได้มีการณ์แสดงเหตุการณ์ตัวอย่าง ดังรูปที่ 15 ที่ใช้รถอัตโนมัติต่างชนิดกันและต่างสถานที่กันแต่มีเหตุการณ์คล้ายกัน เพื่อให้ผู้ทดสอบเข้าใจวิธีการทำการทดลอง ก่อนที่จะทำการทดลองจริง

Chulalongkorn University

รูปที่ 15 เหตุการณ์ตัวอย่างก่อนทำการทดลอง

3.4.2 ขณะทำการทดลอง

ในขณะทำการทดลองจะมีผู้วิจัยคอยควบคุมการทดลอง โดยผู้วิจัยจะเป็นคนคอยเช็คความพร้อมของผู้ทดสอบก่อนทุกครั้งที่จะเริ่มเหตุการณ์ถัดไป เช่น จะมีการสอบถามว่า “พร้อมไหมครับ, เตรียมตัวนะครับ” และผู้วิจัยจะเป็นคนกดเริ่มการทดลองให้ในทุกเหตุการณ์ เพื่อช่วยหลีกเลี่ยงการขาดความสนใจของผู้ทดสอบและเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการเจอเหตุการณ์ต่อไป อีกทั้งเมื่อจบแต่ละเหตุการณ์ ผู้วิจัยจะทำการสอบถามผู้ทดสอบว่าเหตุการณ์ที่แสดงไปล่าสุด รถได้มีการสื่อสารอะไร เช่นข้อความ หรือสัญลักษณ์ เพื่อป้องกันกรณีที่ผู้ทดสอบอาจจะไม่เห็นการสื่อสารแต่กดปุ่มการทดลองเพราะความคุ้นชินการทดลองหรือการไม่ใส่ใจการทำการทดลอง

3.4.3 หลังทำการทดลอง

เมื่อผู้ทดสอบได้ทำการทดลองครบทั้งหมด 20 เหตุการณ์ หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบข้อมูลที่เก็บได้ว่าครบถ้วนสมบูรณ์ และเสร็จสิ้นการทดลองทางผู้วิจัยจะมอบของตอบแทนให้กับผู้ทดสอบ คือ เจลล้างมือแอลกอฮอล์ จำนวน 1 ขวด

3.4 การออกแบบการทดลองภาคสนาม

ในการทดลองภาคสนามมีจุดประสงค์คือ ต้องการตรวจสอบความแม่นยำของผลการทดลอง Simulation โดยจะนำรูปแบบ eHMI จากผลการทดลอง Simulation ที่ใช้เวลาในการเข้าใจเร็วที่สุดกับใช้เวลาในการเข้าใจนานที่สุด และการไม่มี eHMI มาทดลองภาคสนาม

3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองภาคสนาม

ในการทดลองภาคสนามได้ใช้รถอัตโนมัติระดับ 3 คือโมเดล Turing OPAL T2 มาใช้ในการทดลอง โดยมีรายละเอียดของรถ แสดงในตารางที่ 6 และได้ทำการใช้จอแสดงผลด้านหน้าของรถอัตโนมัติเพื่อใช้สำหรับการแสดงการสื่อสาร eHMI ดังรูปที่ 16 ภายในรถได้ติดตั้งอุปกรณ์สื่อสารระบบ 5G คือ 5G CPE ยี่ห้อ Quanta ดังรูปที่ 17 และสำหรับภายนอกรถได้ใช้คอมพิวเตอร์พกพาสำหรับการกดปุ่มเพื่อบันทึกค่าเวลาในการเข้าใจของผู้ทดสอบ

ตารางที่ 6 Vehicle Specification ของ Turing OPAL T2

Turing OPAL T2 Blue	Dimension	Unit	Scale
	Length	mm	4300
	Width	mm	1500
	Height	mm	1965
	Wheelbase	mm	2580

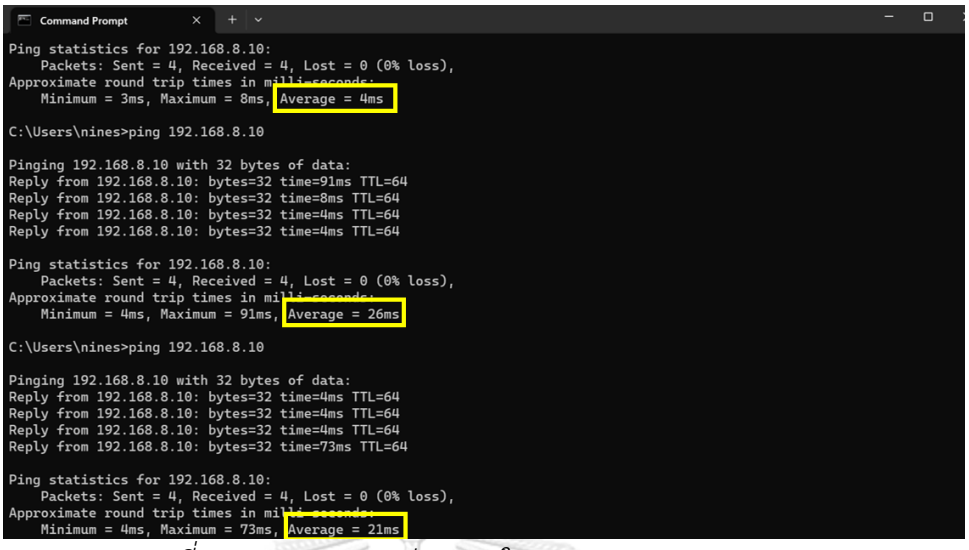
รูปที่ 16 หน้าจอแสดง eHMI ของรถ Turing OPAL T2

รูปที่ 17 อุปกรณ์สื่อสารระบบ 5G ยี่ห้อ Quanta

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.2 การรับส่งข้อมูลในการทดลองภาคสนาม

ในงานวิจัยนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความล่าช้าในการบันทึกข้อมูลเวลาในการเข้าใจที่จะส่งผลต่อการเก็บข้อมูลของคนจากการทดลองภาคสนาม ผู้วิจัยได้ใช้โครงข่ายคอมพิวเตอร์ TCP (Transmission Control Protocol) สำหรับสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์พกพานอกรถอัตโนมัติ และคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมรถอัตโนมัติที่เชื่อมต่อกันด้วยเน็ตเวิร์กผ่านการกำหนด IP (Internet Protocol) และการกำหนดค่าเครือข่าย (network configuration) โดยได้มีการการทดสอบ Network Protocol จากการตรวจสอบค่า Ping ในคำสั่งบน Comamand Prompt โดยเป็นการส่งข้อมูลไปยัง IP เพื่อตรวจสอบค่า Latency จากเครือค่ายเดียวกัน โดยผลลัพธ์ค่า Latency ที่วัดได้คือ น้อยกว่า 30 มิลิวินาที แสดงในรูปที่ 18 ซึ่งค่าที่ได้ยังคงต่ำเพียงพอสำหรับการส่งข้อมูลในงานวิจัยนี้

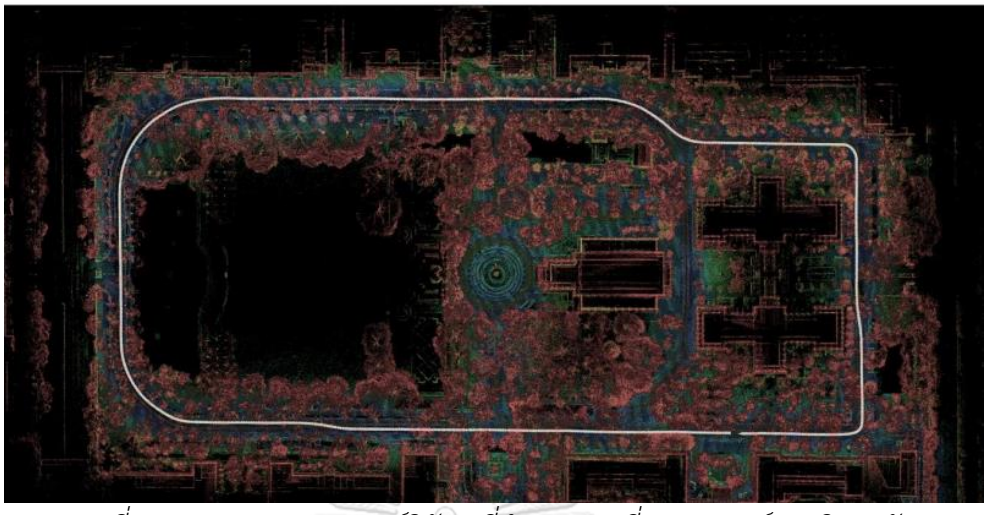


รูปที่ 18 การตรวจสอบค่า Ping ใน Command Prompt

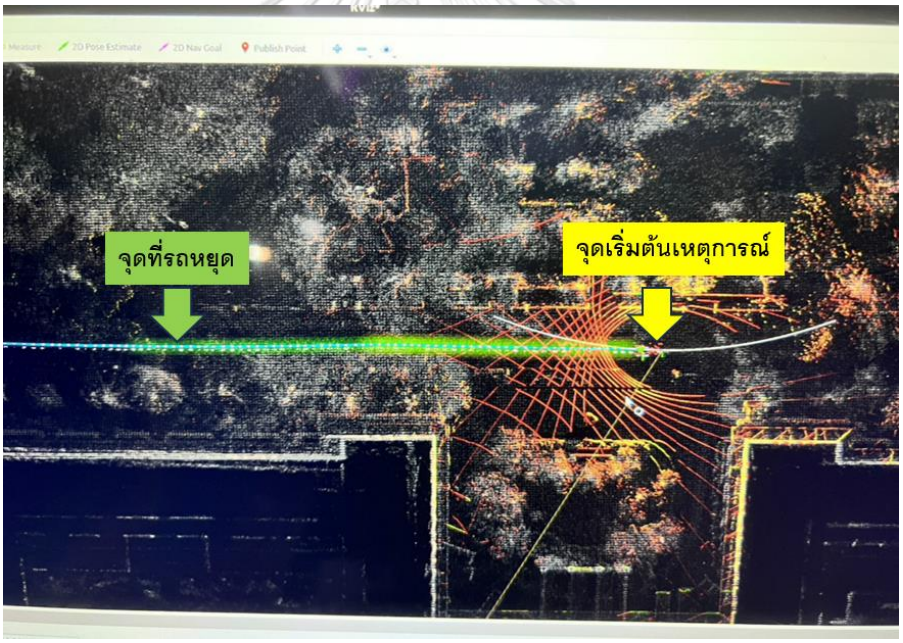
3.4.2 การออกแบบเหตุการณ์ในการทดลอง

การออกแบบการทดลองภาคสนามผู้วิจัยเตรียม Software ที่ใช้ระบบ ROS บน Autoware [21, 22]เพื่อใช้สำหรับควบคุมการทำงานของรถอัตโนมัติ โดยได้นำ Waypoint จุดเส้นทางการวิ่งของรถอัตโนมัติจากงานวิจัยของทางศูนย์วิจัยฯ โดยเป็นแผนที่ของมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ ดังรูปที่ 19 และทำการแก้ไขเส้นทางโดยทำการตัดเส้นทางออกเพื่อให้ตรงจุดประสงค์ ดังรูปที่ 20 ทางผู้วิจัยได้กำหนดเส้นทางในการวิ่งให้มีระยะทางทั้งหมดในการวิ่งที่ 50 เมตร (เนื่องจากรถต้องทำความเร็วในช่วงแรก) และได้กำหนดความเร็วของรถอัตโนมัติใน Autoware ที่จะใช้ความเร็วในการทดลองทุกเหตุการณ์คือ 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง (เนื่องจากความปลอดภัยในมหาวิทยาลัย) โดยกำหนดตำแหน่งให้ผู้ทดสอบอยู่ที่ทางม้าลายและห่างจากตำแหน่งที่รถจะมาจอด 1 เมตร ก่อนการเริ่มการทดลองรถจะทำการออกตัวจากจุดเริ่มต้นที่ความเร็ว 0 กิโลเมตร/ชั่วโมง ไปถึง 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง หลังจากนั้นเมื่อเริ่มการทดลองรถอัตมัติจะทำการวิ่งด้วยความเร็วคงที่ 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง ภายในระยะทาง 16 เมตร ใช้เวลาประมาณ 4 วินาที จากนั้นเมื่อระยะทางในการวิ่งของรถอัตโนมัติเหลือ 16 เมตร รถจะทำการชะลอความเร็ว ด้วยอัตราหน่วง -1 เมตร/วินาที^{2} พร้อมทั้งแสดงการสื่อสาร eHMI ใช้เวลาประมาณ 5 วินาที (ทำการกำหนดระยะทางที่เหลือของรถอัตโนมัติเนื่องจากการเก็บข้อมูลสามารถใช้ตำแหน่งระยะทางนี้เป็นจุดอ้างอิงเวลาในการทดลอง) และสุดท้ายรถจะทำการมาหยุดที่หน้าทางม้าลาย ดังรูปที่ 21 ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างทางม้าลายเทียมขึ้นมา เพื่อจำลองให้คล้ายกับสถานการณ์การข้ามถนน และในการทดลองภาคสนามจะเป็นการทำการทดลองช่วงกลางคืน เนื่องจากทางผู้วิจัยมีความเห็นว่าเป็นช่วงเวลาที่มีความปลอดภัยทั้งต่อตัวรถอัตโนมัติและผู้ใช้ถนนรายอื่น อีกทั้งยังสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้ผู้ทดลองสนใจเพียงรถอัตโนมัติเพียงอย่างเดียวได้

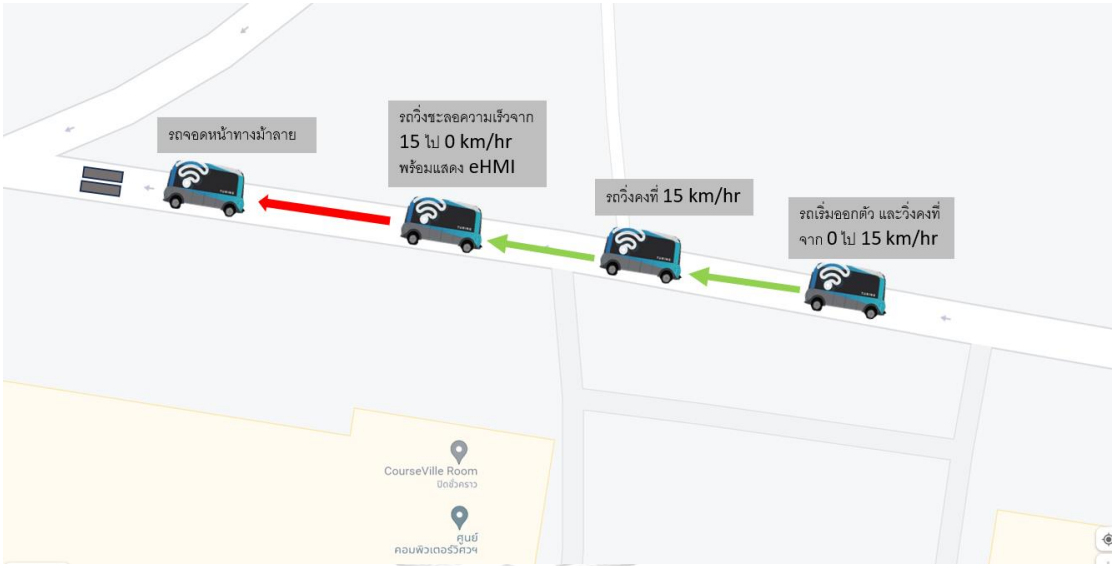
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 19 Waypoint จากศูนย์วิจัยฯ ที่จำลองแผนที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 20 Waypoint ที่ทำการแก้ไขเพื่อใช้ทดลองภาคสนาม



รูปที่ 21 แผนภาพจำลองเหตุการณ์การทดลองภาคสนาม

3.4.3 ขั้นตอนในการทำการทดลองภาคสนาม

ในการทดลองภาคสนามจะถูกควบคุมโดยผู้วิจัย และผู้ช่วย 2 ท่าน โดยผู้วิจัยจะเป็นคนคอยควบคุมผู้ทดสอบให้ประจำอยู่ในตำแหน่งที่วางไว้ และเป็นคนคอยบอกผู้ทดสอบให้เริ่มทำการทดลอง ในขั้นตอนแรกจะให้ผู้ทดสอบหันหน้าตรงไปยังถนนในขณะที่รถอัตโนมัติกำลังเริ่มเคลื่อนที่ (ผู้ทดสอบจะยังไม่เห็นรถอัตโนมัติ) และเมื่อระยะทางของรถอัตโนมัติอยู่ที่ 32 เมตร ห่างจากจุดหยุดที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจะเป็นคนบอกให้ผู้ทดสอบเริ่มทำการทดลอง พร้อมทั้งให้ผู้ทดสอบหันหน้าไปทางที่รถอัตโนมัติกำลังวิ่งมา และเมื่อการทดลองจบลงในแต่ละเหตุการณ์ ผู้ช่วยจะเป็นคนควบคุมรถกลับไปที่จุดเริ่มต้นอีกครั้ง และทำการทดลองจนครบทุกเหตุการณ์ ตัวอย่างการทำการทดลองภาคสนามดังรูปที่ 22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 22 ตัวอย่างการทำการทดลองภาคสนาม

3.4.4 การเก็บค่าจากการทดลองภาคสนาม

ในการทดลองภาคสนามจะทดลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ 2 เครื่องที่เชื่อมต่อกันผ่านเครือข่าย TCP โดยคอมพิวเตอร์ที่ 1 อยู่ภายในรถอัตโนมัติใช้สำหรับสั่งการควบคุมการทำงานของรถและบันทึกเวลาในระบบ ระยะทางที่รถวิ่ง ความเข้าใจของผู้ทดสอบ ส่วนคอมพิวเตอร์ที่ 2 จะเป็นคอมพิวเตอร์ที่อยู่กับผู้ทดสอบ โดยจะเป็นตัวคอยรับคำสั่งการกดปุ่มเมื่อเข้าใจการสื่อสารจากผู้ทดสอบแล้วส่งข้อมูลเข้าไปในคอมพิวเตอร์ที่ 1 ที่ช่วงเวลาๆนั้นว่ามีการรับค่าความเข้าใจของผู้ทดสอบ โดยกำหนดให้เมื่อไม่มีการกดปุ่ม (ยังไม่เข้าใจการสื่อสาร) จะบันทึกข้อมูลค่า 0 และเมื่อมีการกดปุ่ม(เข้าใจการสื่อสาร) จะบันทึกข้อมูลค่า 1 ใน Action State โดยเวลาที่บันทึกในระบบ ROS จะอยู่ในรูปของ Unix Timestamp ตัวอย่างข้อมูลที่เก็บจาก ROS เป็นดังรูปที่ 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Time	vehicle_state	Action_state
1688060357	50.3499	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.96	0
1688060357	49.56894	0
1688060357	49.56894	0
1688060357	49.56894	0
1688060357	49.56894	0
1688060357	49.56894	0
1688060357	49.56894	0
1688060357	49.56894	0

รูปที่ 23 ข้อมูลที่เก็บใน ROS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4 ผลการทดลอง

ผลจากการทดลองของงานวิจัยนี้ จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ผลจากการทดลอง Simulation ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อหารูปแบบการสื่อสาร eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุดและใช้เวลาเข้าใจช้าที่สุด เพื่อนำไปติดตั้งบนตัวรถอัตโนมัติในการทดลองภาคสนาม และนำผลจากการทดลองภาคสนามมาตรวจสอบความแม่นยำของผลการทดลอง Simulation

4.1 ผลจากการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง Simulation

จากการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ในการทดลอง Simulation ของงานวิจัยนี้ ได้จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 100 คน ซึ่งมีการแบ่งตามเงื่อนไขบุคคลได้แก่ เพศ กลุ่มอายุ การมีใบอนุญาตขับขี่ และได้ทำการสรุปจำนวนผู้ทดสอบที่แบ่งตามเงื่อนไขบุคคลได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 จำนวนผู้ทดสอบ โดยแบ่งตามเงื่อนไขบุคคล

อายุ	มีใบอนุญาตขับขี่		ไม่มีใบอนุญาตขับขี่	
	เพศหญิง	เพศชาย	เพศหญิง	เพศชาย
18-30	7	7	6	6
31-45	7	7	6	6
46-60	6	6	6	6
> 60	6	6	6	6

4.2 ผลจากการทดลอง Simulation

จากการทำการทดลอง Simulation ดังรูปที่ 24 ทางผู้วิจัยได้เสนอผลการทดลองโดยเปรียบเทียบการไม่มี eHMI กับการมี eHMI ของทุกรูปแบบ หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบในแต่ละรูปแบบ คือเปรียบเทียบสี เปรียบเทียบรูปแบบเดี่ยว (ข้อความกับสัญลักษณ์) และเปรียบเทียบรูปแบบผสม (ข้อความผสมสัญลักษณ์) เพื่อหารูปแบบที่ดีที่สุด ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

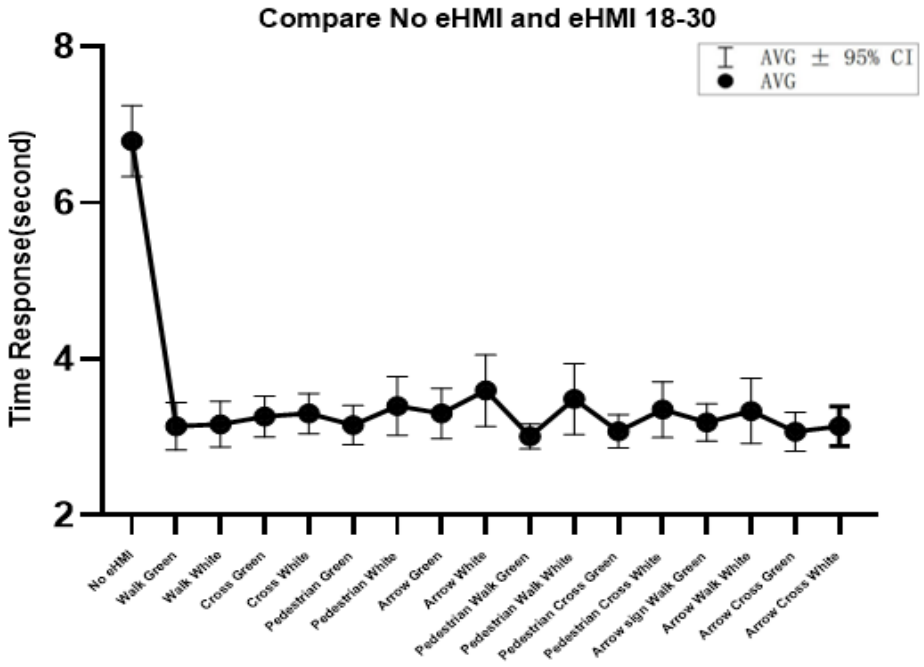
รูปที่ 24 ภาพส่วนหนึ่งของการทำการทดลอง Simulation

4.2.1 การไม่มีการแสดง eHMI กับการมีการแสดง eHMI

จากการเปรียบเทียบการไม่มีการแสดง eHMI 1 รูปแบบ กับการมี eHMI ทุกรูปแบบในงานวิจัยนี้ทั้งหมด 16 รูปแบบ จะอธิบายผลลัพธ์ตามกลุ่มอายุดังนี้

4.2.1.1 กลุ่มอายุ 18-30 ปี

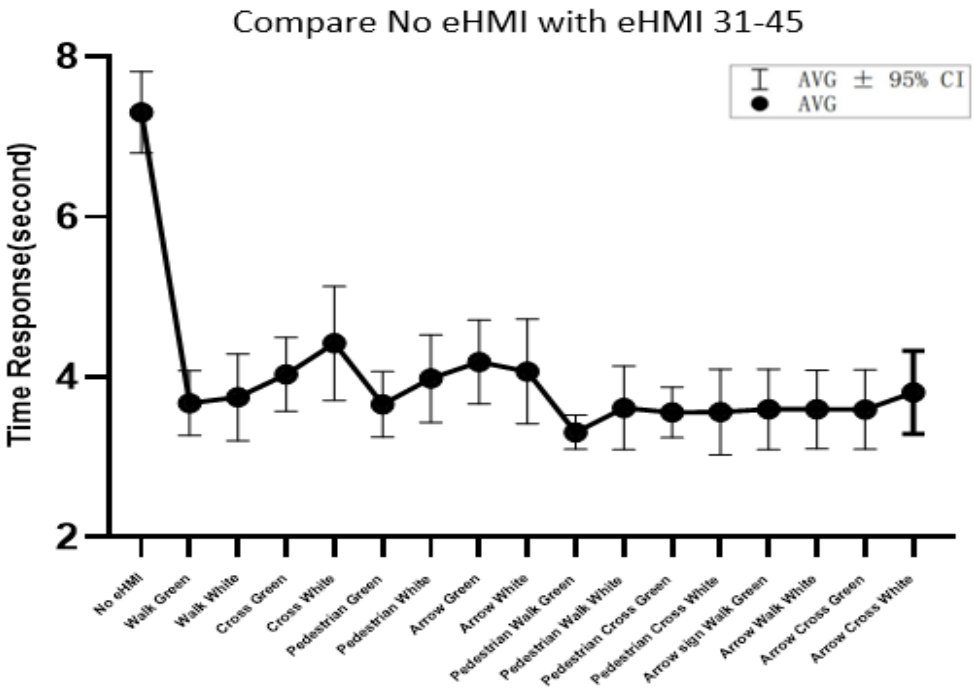
จากการเปรียบเทียบการไม่มี กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุ 18-30 ผลการวิเคราะห์ค่าการกดปุ่มเมื่อเข้าใจเปรียบเทียบกับช่วงเวลา แสดงในรูปที่ 25 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทุกเหตุการณ์ของการที่มีการแสดง eHMI ใช้เวลาในการเข้าใจการสื่อสารได้เร็วกว่าการไม่มีการแสดง eHMI กล่าวคือการมี eHMI ในทุกรูปแบบช่วยให้กลุ่มอายุ 18-30 เข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติได้ดีกว่าการไม่มี eHMI



รูปที่ 25 Box plot การไม่มี eHMI กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุ 18-30

4.2.1.2 กลุ่มอายุ 31-45 ปี

จากการเปรียบเทียบการไม่มี กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุ 31-45 ผลการวิเคราะห์ค่าการกดปุ่มเมื่อเข้าใจเปรียบเทียบกับช่วงเวลา แสดงในรูปที่ 26 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทุกเหตุการณ์ของการที่มีการแสดงใช้เวลาในการเข้าใจการสื่อสารได้เร็วกว่าการไม่มีการแสดง eHMI ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการมี eHMI ในทุกรูปแบบช่วยให้กลุ่มอายุ 31-45 เข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติได้ดีกว่าการไม่มี eHMI

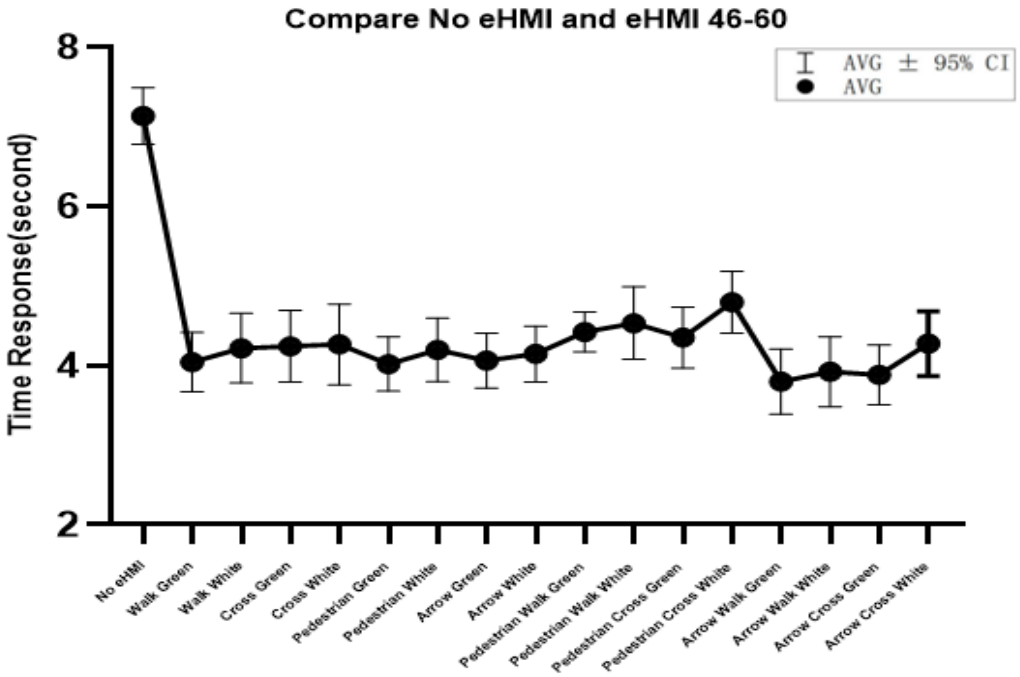


รูปที่ 26 Box plot การไม่มี eHMI กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุ 31-45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.1.3 กลุ่มอายุ 46-60 ปี

จากการเปรียบเทียบการไม่มี กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุ 46-60 ผลการวิเคราะห์ค่าการกดปุ่มเมื่อเข้าใจเปรียบเทียบกับช่วงเวลา แสดงในรูปที่ 27 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทุกเหตุการณ์ของการที่มีการแสดง eHMI ใช้เวลาในการเข้าใจการสื่อสารได้เร็วกว่าการไม่มีการแสดง eHMI ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการมี eHMI ในทุกรูปแบบช่วยให้กลุ่มอายุ 46-60 เข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติได้ดีกว่าการไม่มี eHMI

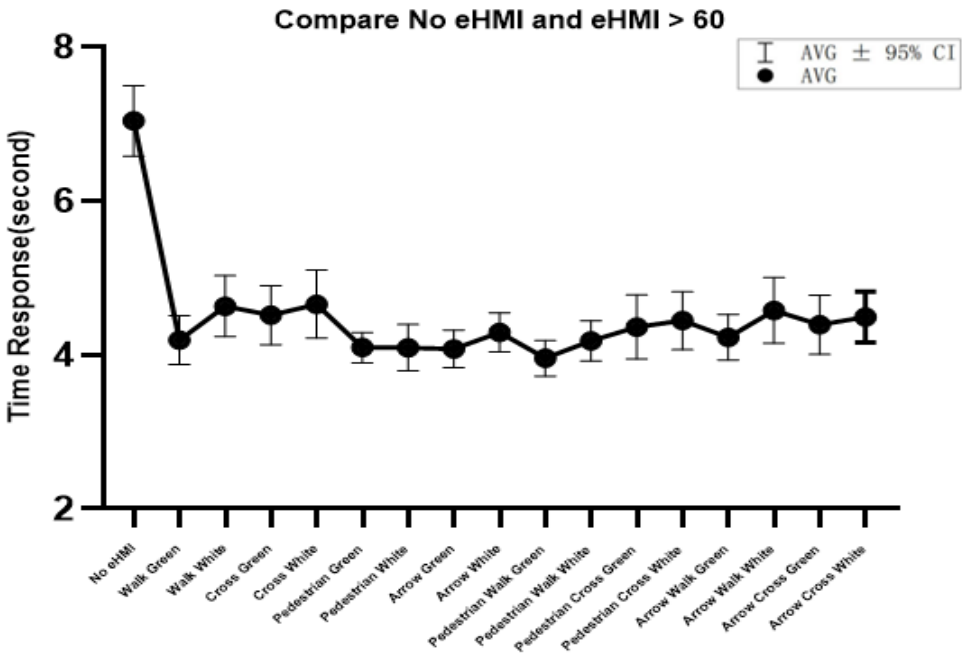


รูปที่ 27 Box plot การไม่มี eHMI กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุ 46-60

4.2.1.4 กลุ่มอายุมากกว่า 60 ปี

จากการเปรียบเทียบการไม่มี กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 ผลการวิเคราะห์ค่าการกดปุ่มเมื่อเข้าใจเปรียบเทียบกับช่วงเวลา แสดงในรูปที่ 28 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทุกเหตุการณ์ของการที่มีการแสดง eHMI ใช้เวลาในการเข้าใจการสื่อสารได้เร็วกว่าการไม่มีการแสดง eHMI ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการมี eHMI ในทุกรูปแบบช่วยให้กลุ่มอายุมากกว่า 60 เข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติได้ดีกว่าการไม่มี eHMI

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 28 Box plot การไม่มี eHMI กับการมี eHMI ของกลุ่มอายุมากกว่า 60

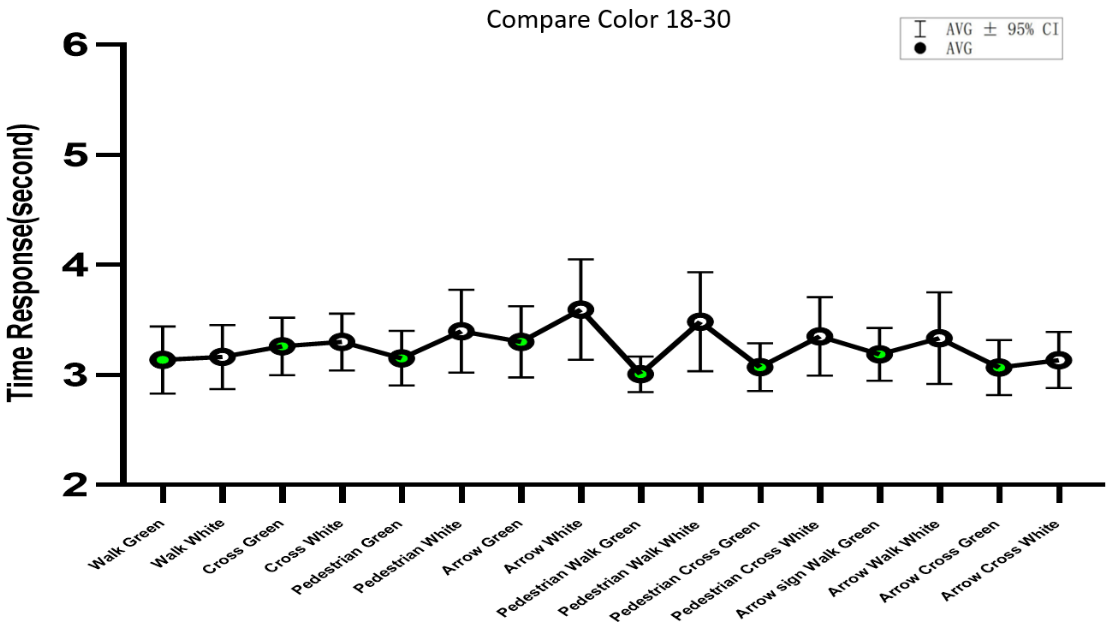
4.2.2 เปรียบเทียบสี

จากการเปรียบเทียบ eHMI ที่มีการแสดงรูปแบบที่เหมือนกัน แต่มีการใช้สีที่แตกต่าง (สีเขียวและสีขาว) ทั้งหมดในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 8 คู่ (16 รูปแบบ) ที่มีการแสดงรูปแบบที่เหมือนกันแต่ใช้สีต่างกัน โดยจะอธิบายผลลัพธ์ตามกลุ่มอายุดังนี้

4.2.2.1 กลุ่มอายุ 18-30 ปี

จากการเปรียบเทียบในทุกเหตุการณ์ที่มีการแสดงรูปแบบ eHMI แบบเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่สีที่ใช้ในการแสดง จากการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาในการเข้าใจจากผู้ทดลองให้ความรู้สึกว่าสีเขียวเข้าใจได้เร็วกว่ากว่าสีขาว ในทุกๆเหตุการณ์ โดยแสดง Box plot ในรูปที่ 29 และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test ในตารางที่ 8 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่าสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม “WALK” สีเขียว และสีขาวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p value = 0.0416) กล่าวคือสำหรับผู้ทดสอบในช่วงอายุ 18-30 เมื่อพบเจอสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม “WALK” สีเขียว นั้นช่วยให้เข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติเร็วกว่าสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม “WALK” สีขาว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 29 Box plot สีของกลุ่มอายุ 18-30

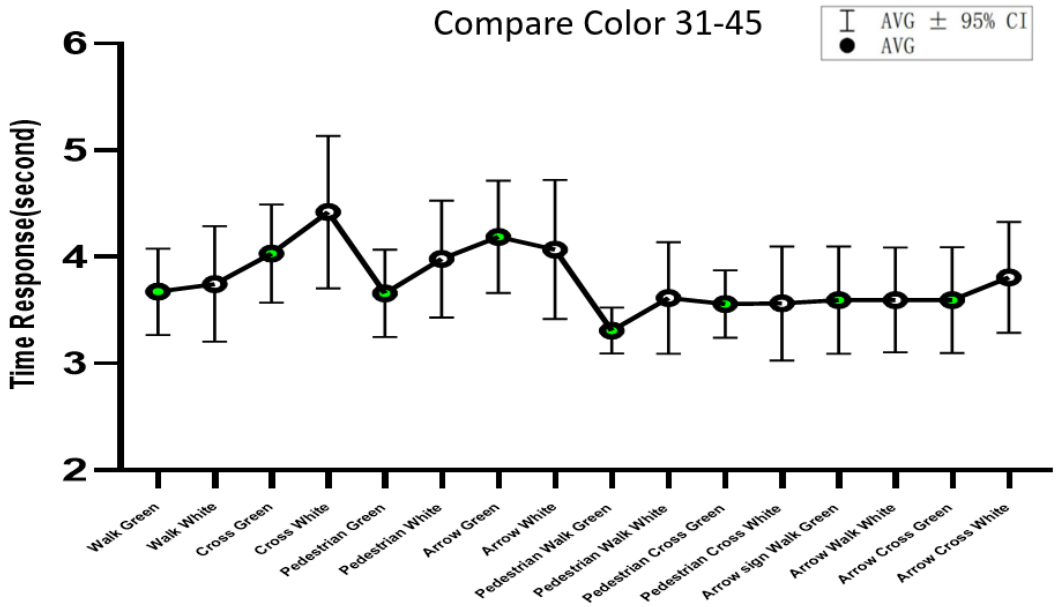
ตารางที่ 8 เปรียบเทียบสีของกลุ่มอายุ 18-30 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk Green	3.14	0.74	24	0.13	0.8978
Walk White	3.16	0.71	22		
Cross Green	3.26	0.63	19	0.22	0.8248
Cross White	3.30	0.62	19		
Pedestrian Green	3.15	0.60	19	1.13	0.2639
Pedestrian White	3.40	0.91	27		
Arrow Green	3.30	0.78	24	1.08	0.2843
Arrow White	3.59	1.11	31		
Ped Walk Green	3.01	0.39	13	2.06	0.0416
Ped Walk White	3.48	1.09	31		
Ped Cross Green	3.07	0.52	17	1.38	0.1745
Ped Cross White	3.35	0.86	26		
Arrow Walk Green	3.19	0.58	18	0.63	0.5335
Arrow Walk White	3.33	1.01	30		
Arrow Cross Green	3.07	0.61	20	0.40	0.6942
Arrow Cross White	3.14	0.61	20		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.2.2 กลุ่มอายุ 31-45 ปี

จากการเปรียบเทียบในทุกเหตุการณ์ที่มีการแสดงรูปแบบ eHMI แบบเดียวกันแต่แตกต่างกันที่สีที่ใช้ในการแสดง จากการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาในการเข้าใจจากผู้ทดลองให้ความรู้สึกว่าสีเขียวเข้าใจได้เร็วกว่ากว่าสีขาวในรูปแบบ “WALK” “CROSS” สัญลักษณ์คนเดินถนน สัญลักษณ์คนเดินถนนผสม”WALK” สัญลักษณ์คนเดินถนนผสม“CROSS” และสัญลักษณ์ลูกศรผสม“CROSS” และพบว่าผู้ทดสอบเข้าใจสีขาวเร็วกว่าสีเขียวในรูปแบบสัญลักษณ์ลูกศร และสัญลักษณ์ลูกศรผสม “WALK” โดยแสดง Box plot ในรูปที่ 30 และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับกลุ่มอายุ 31-45 ในตารางที่ 9 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



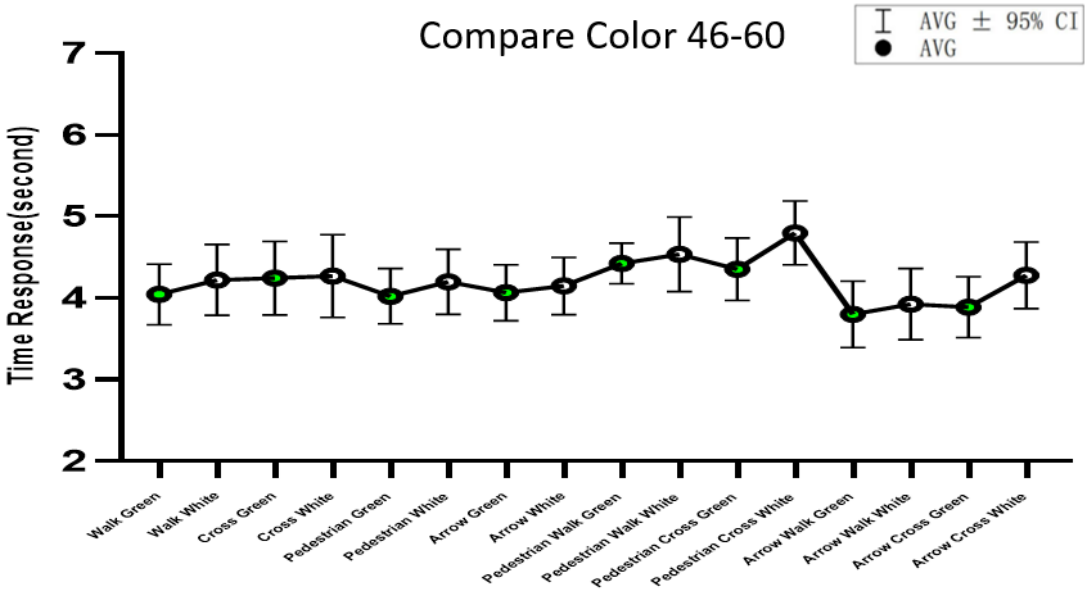
รูปที่ 30 Box plot สีของกลุ่มอายุ 31-45

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบสีของกลุ่มอายุ 31-45 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk Green	3.67	0.98	27	0.22	0.8260
Walk White	3.74	1.31	35		
Cross Green	4.03	1.12	28	0.94	0.3504
Cross White	4.42	1.73	39		
Pedestrian Green	3.66	0.99	27	0.97	0.3377
Pedestrian White	3.98	1.33	33		
Arrow Green	4.18	1.27	30	0.29	0.7724
Arrow White	4.07	1.58	39		
Ped Walk Green	3.47	0.90	26	0.47	0.6426
Ped Walk White	3.61	1.26	35		
Ped Cross Green	3.56	0.76	22	0.02	0.9863
Ped Cross White	3.56	1.30	36		
Arrow Walk Green	3.60	1.22	34	0.01	0.9991
Arrow Walk White	3.60	1.19	33		
Arrow Cross Green	3.59	1.20	33	0.62	0.5399
Arrow Cross White	3.82	1.26	33		

4.2.2.3 กลุ่มอายุ 46-60 ปี

จากการเปรียบเทียบในทุกเหตุการณ์ที่มีการแสดงรูปแบบ eHMI แบบเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่สีที่ใช้ในการแสดง จากการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาในการเข้าใจจากผู้ทดลองให้ความรู้สึกว่าสีเขียวเข้าใจได้เร็วกว่ากว่าสีขาว ในทุกๆเหตุการณ์ โดยแสดง Box plot ในรูปที่ 31 และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับกลุ่มอายุ 46-60 ในตารางที่ 10 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 31 Box plot สีของกลุ่มอายุ 46-60

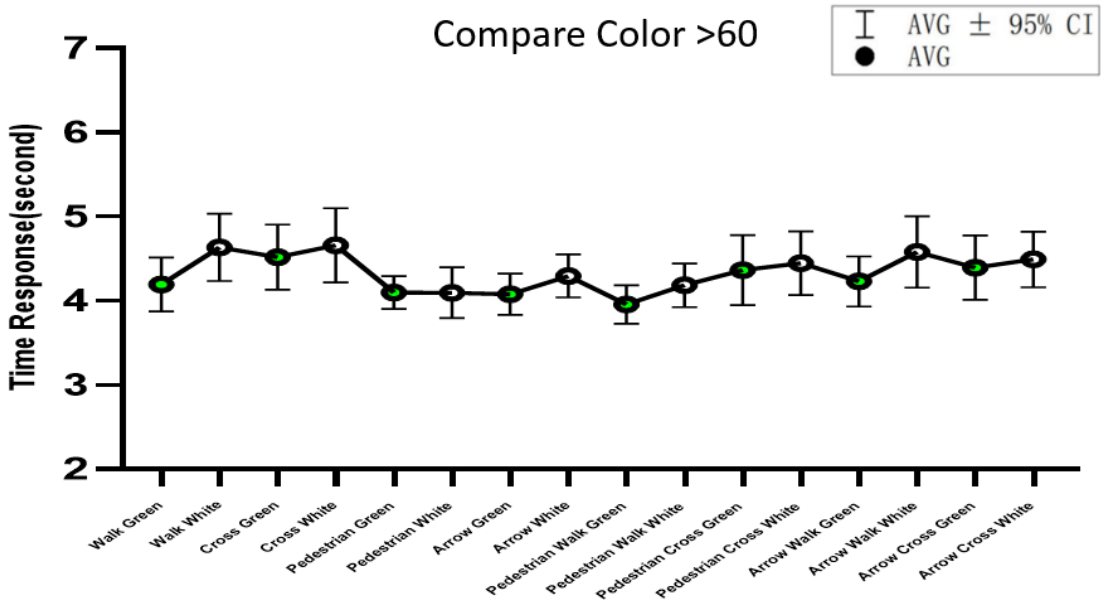
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบสีของกลุ่มอายุ 46-60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk Green	4.02	0.91	22	0.64	0.5243
Walk White	4.22	1.05	25		
Cross Green	4.24	1.09	26	0.07	0.9421
Cross White	4.27	1.23	29		
Pedestrian Green	4.02	0.82	20	0.70	0.4893
Pedestrian White	4.20	0.97	23		
Arrow Green	4.06	0.83	20	0.35	0.7295
Arrow White	4.15	0.85	21		
Ped Walk Green	4.42	0.60	14	0.45	0.6560
Ped Walk White	4.53	1.10	24		
Ped Cross Green	4.35	0.92	21	1.68	0.0991
Ped Cross White	4.80	0.94	20		
Arrow Walk Green	3.80	0.99	26	0.43	0.6674
Arrow Walk White	3.92	1.06	27		
Arrow Cross Green	3.88	0.91	23	1.47	0.1489
Arrow Cross White	4.28	0.92	23		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2.4 กลุ่มอายุมากกว่า 60 ปี

จากการเปรียบเทียบในทุกเหตุการณ์ที่มีการแสดงรูปแบบ eHMI แบบเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่สีที่ใช้ในการแสดง จากการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาในการเข้าใจจากผู้ทดลองให้ความรู้สึกว่าสีเขียวเข้าใจได้เร็วกว่ากว่าสีขาว ในทุกๆเหตุการณ์ โดยแสดง Box plot ในรูปที่ 32 และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับกลุ่มอายุ มากกว่า 60 ในตารางที่ 11 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 32 Box plot สีของกลุ่มอายุมากกว่า 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

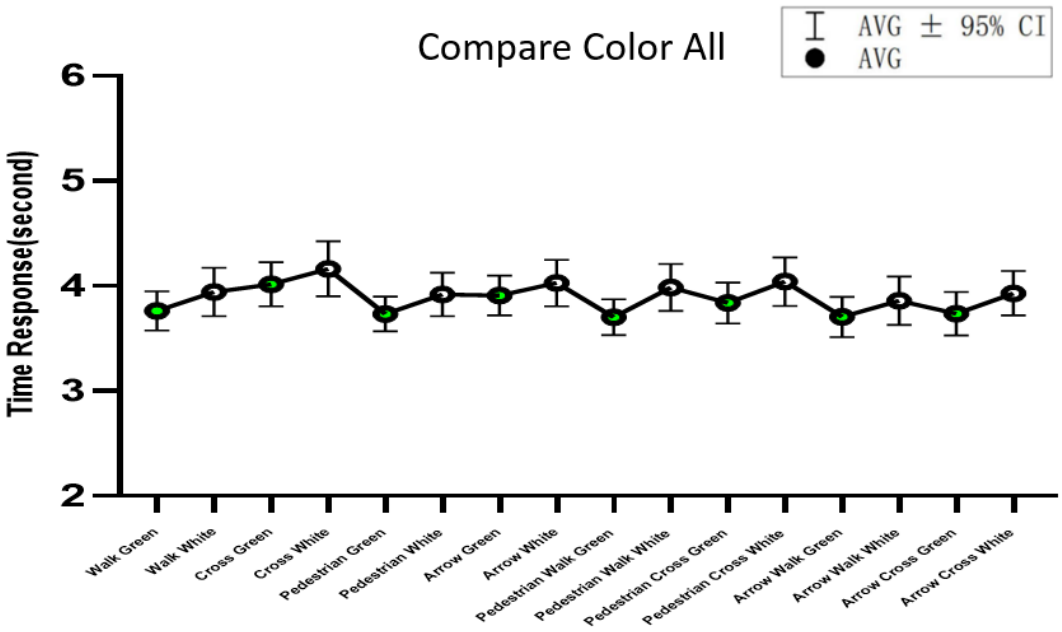
ตารางที่ 11 เปรียบเทียบสีของกลุ่มอายุมากกว่า 60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk Green	4.19	0.78	19	1.78	0.0815
Walk White	4.63	0.96	21		
Cross Green	4.52	0.93	21	0.5	0.6205
Cross White	4.66	1.07	23		
Pedestrian Green	4.09	0.47	12	0.01	0.9946
Pedestrian White	4.10	0.73	18		
Arrow Green	4.08	0.59	15	1.26	0.2123
Arrow White	4.29	0.62	14		
Ped Walk Green	3.96	0.56	14	1.35	0.1831
Ped Walk White	4.18	0.63	15		
Ped Cross Green	4.36	1.01	23	0.3	0.7644

Ped Cross White	4.44	0.92	21		
Arrow Walk Green	4.23	0.72	17	1.39	0.1704
Arrow Walk White	4.58	1.03	22		
Arrow Cross Green	4.39	0.93	21	0.41	0.6868
Arrow Cross White	4.49	0.8	18		

4.2.2.5 ทุกกลุ่มอายุ

จากการเปรียบเทียบในทุกเหตุการณ์ที่มีการแสดงรูปแบบ eHMI แบบเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่สีที่ใช้ในการแสดง จากการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาในการเข้าใจจากผู้ทดลองให้ความรู้สึกว่าสีเขียวเข้าใจได้เร็วกว่ากว่าสีขาว ในทุกๆเหตุการณ์ โดยแสดง Box plot ในรูปที่ 33 และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับทุกกลุ่มอายุ ในตารางที่ 12 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 33 Box plot สีของทุกกลุ่มอายุ

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบสีของทุกกลุ่มอายุโดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk Green	3.76	0.94	25	1.21	0.2294
Walk White	3.94	1.15	30		
Cross Green	4.01	1.06	27	0.88	0.3809
Cross White	4.16	1.32	32		
Pedestrian Green	3.73	0.84	23	1.4	0.1638
Pedestrian White	3.92	1.04	27		
Arrow Green	3.91	0.96	25	0.81	0.4205
Arrow White	4.03	1.12	28		
Ped Walk Green	3.61	0.72	20	1.69	0.0927
Ped Walk White	3.89	1.06	27		
Ped Cross Green	3.84	0.98	26	1.33	0.1866
Ped Cross White	4.04	1.17	29		
Arrow Walk Green	3.71	0.97	26	1.03	0.3054
Arrow Walk White	3.86	1.16	30		
Arrow Cross Green	3.73	1.04	28	1.3	0.1947
Arrow Cross White	3.93	1.07	27		

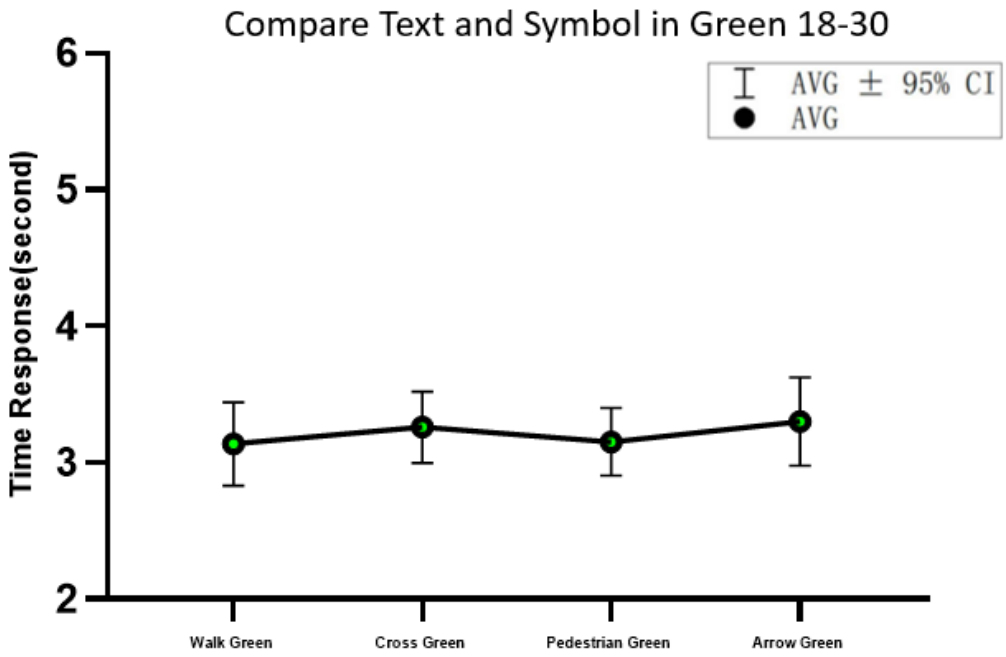
4.2.3 เปรียบเทียบรูปแบบเดี่ยวของข้อความ (Text) และ สัญลักษณ์ (Symbol)

โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้คำว่า “WALK” กับ “CROSS” มาใช้ในการเปรียบเทียบกันในรูปแบบข้อความที่มีการใช้สีเดียวกัน และเลือกสัญลักษณ์คนเดินถนน กับสัญลักษณ์ลูกศร มาใช้ในการเปรียบเทียบในรูปแบบสัญลักษณ์ที่มีการใช้สีเดียวกัน (เปรียบเทียบข้อความด้วยกันเอง และเปรียบเทียบสัญลักษณ์ด้วยกันเอง) โดยจะอธิบายผลลัพธ์ตามกลุ่มอายุดังนี้

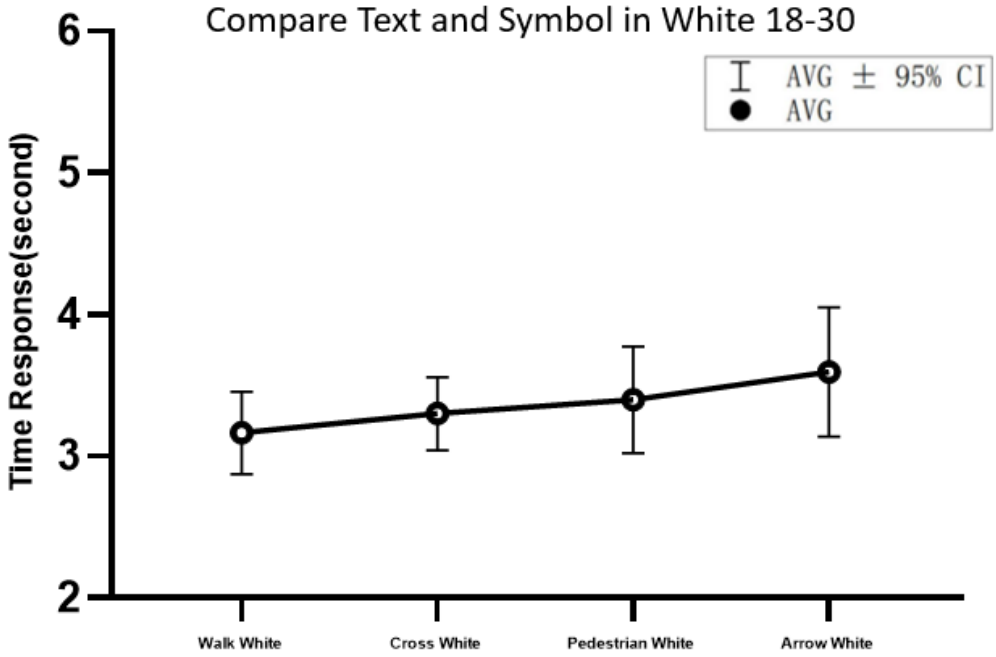
4.2.3.1 กลุ่มอายุ 18-30 ปี

จากการเปรียบเทียบเวลาในความเข้าใจของกลุ่มอายุ 18-30 ที่เจอรูปแบบเดี่ยวของข้อความ “WALK” กับ “CROSS” และรูปแบบเดี่ยวของสัญลักษณ์คนเดินเท้ากับสัญลักษณ์ลูกศร ที่ใช้สีเขียวแสดงใน Box plot รูปที่ 34 และที่ใช้สีขาวแสดงใน Box plot รูปที่ 35 ผลลัพธ์พบว่า รูปแบบข้อความที่ผู้ทดสอบเข้าใจเร็วที่สุด คือ “WALK” ทั้งสีเขียวและสีขาว เมื่อเปรียบเทียบกับ “CROSS” สีเขียวและสีขาว ส่วนรูปแบบสัญลักษณ์ที่เข้าใจเร็วที่สุดคือ สัญลักษณ์คนเดินเท้า ทั้งสีเขียวและสีขาว เมื่อเปรียบเทียบกับสัญลักษณ์ลูกศร ทั้งสีเขียวและสีขาว และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับกลุ่มอายุ 18-30 รูปแบบเดี่ยวที่มีการใช้สีเขียว ในตารางที่ 13 และรูปแบบเดี่ยวที่มีการใช้สีขาว ในตารางที่ 14 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Chulalongkorn University



รูปที่ 34 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 18-30



รูปที่ 35 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 18-30

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 18-30 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

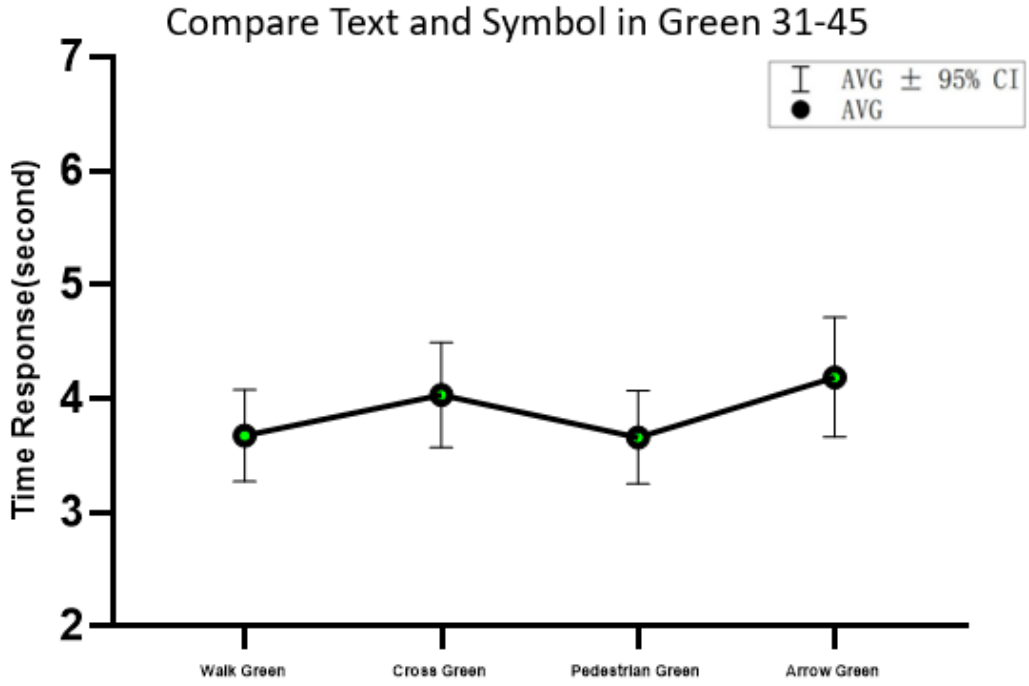
รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk Green	3.14	0.74	24	0.64	0.5279
Cross Green	3.26	0.63	19		
Pedestrian Green	3.15	0.60	19	0.76	0.4502
Arrow Green	3.30	0.78	24		

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 18-30 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

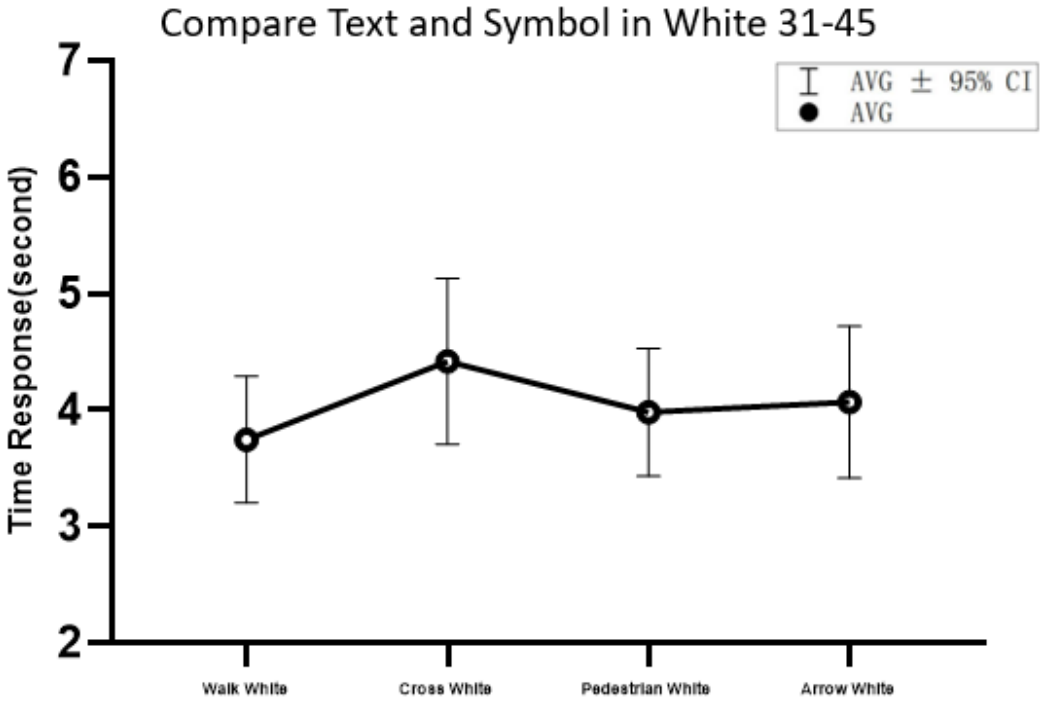
รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk White	3.16	0.71	22	0.73	0.4722
Cross White	3.30	0.62	19		
Pedestrian White	3.40	0.91	27	0.69	0.4952
Arrow White	3.59	1.11	31		

4.2.3.2 กลุ่มอายุ 31-45 ปี

จากการเปรียบเทียบเวลาในความเข้าใจของกลุ่มอายุ 31-45 ที่เจอรูปแบบเดี่ยวของข้อความ “WALK”กับ“CROSS” และรูปแบบเดี่ยวของสัญลักษณ์คนเดินเท้ากับสัญลักษณ์ลูกศร ที่ใช้สีเขียวแสดงใน Box plot รูปที่ 36 และที่ใช้สีขาวแสดงใน Box plot รูปที่ 37 ผลลัพธ์พบว่า รูปแบบข้อความที่ผู้ทดสอบเข้าใจเร็วที่สุด คือ “WALK” ทั้งสีเขียวและสีขาว เมื่อเปรียบเทียบกับ “CROSS” สีเขียวและสีขาว ส่วนรูปแบบสัญลักษณ์ที่เข้าใจเร็วที่สุดคือสัญลักษณ์คนเดินเท้าทั้งสีเขียวและสีขาว เมื่อเปรียบเทียบกับสัญลักษณ์ลูกศรทั้งสีเขียวและสีขาว และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับกลุ่มอายุ 31-45 รูปแบบเดี่ยวที่มีการใช้สีเขียว ในตารางที่ 15 และรูปแบบเดี่ยวที่มีการใช้สีขาว ในตารางที่ 16 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 36 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 31-45



รูปที่ 37 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 31-45

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 31-45 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk Green	3.67	0.98	27	1.20	0.2345
Cross Green	4.03	1.12	28		
Pedestrian Green	3.66	0.99	27	1.63	0.1092
Arrow Green	4.18	1.27	30		

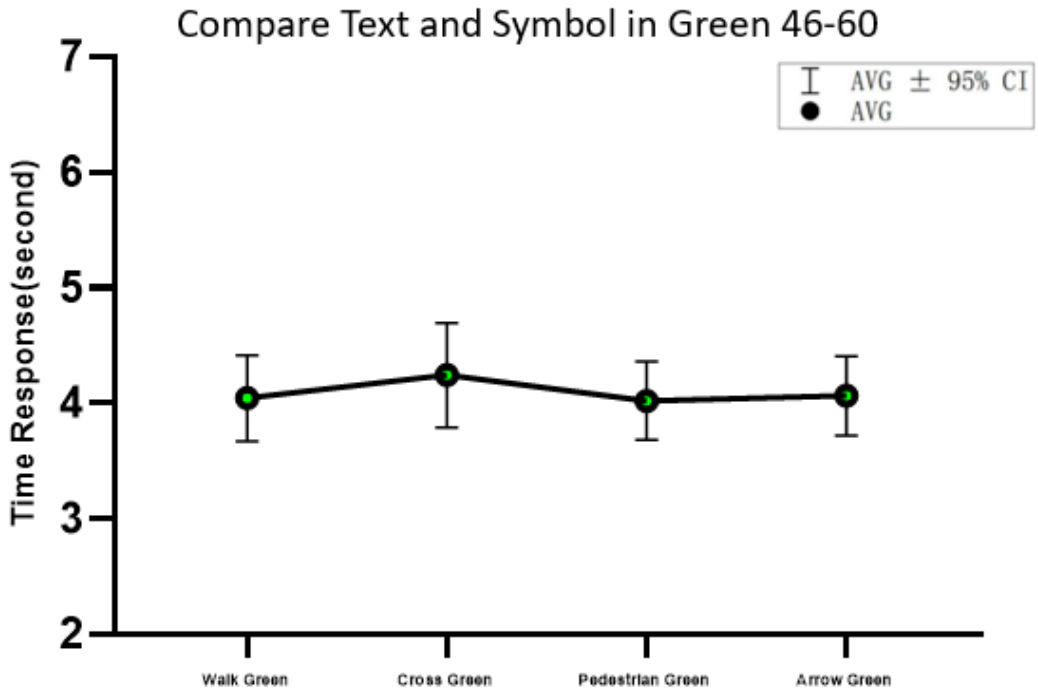
ตารางที่ 16 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 31-45 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk White	3.74	1.31	35	1.55	0.1274
Cross White	4.42	1.73	39		
Pedestrian White	3.98	1.33	33	0.21	0.8320
Arrow White	4.07	1.58	39		

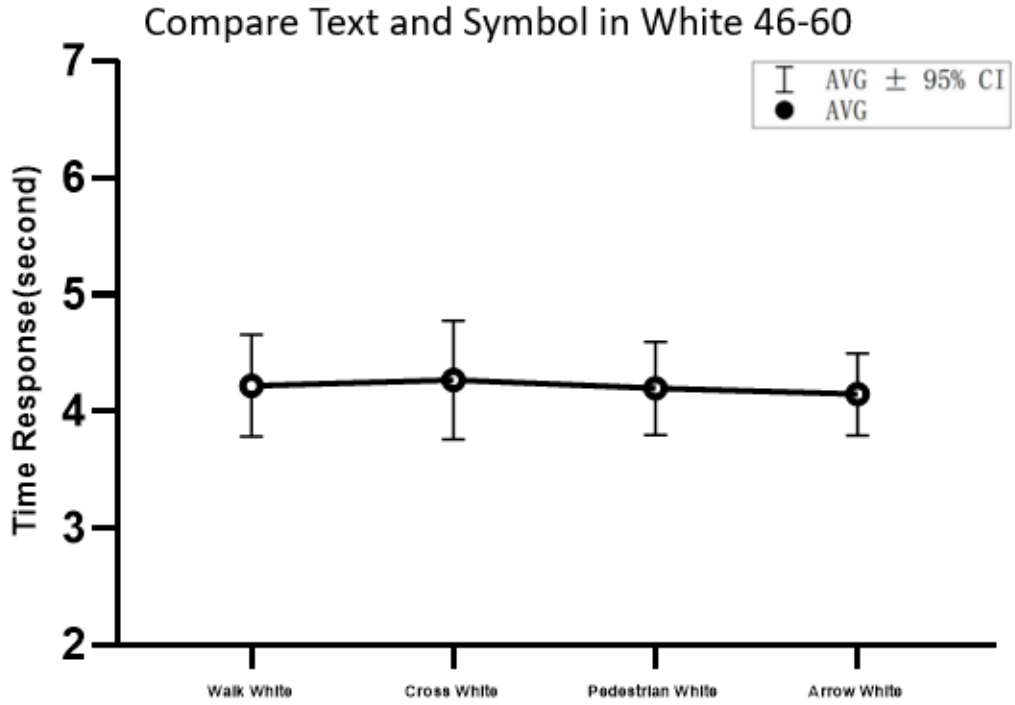
4.2.3.3 กลุ่มอายุ 46-60 ปี

จากการเปรียบเทียบเวลาในความเข้าใจของกลุ่มอายุ 46-60 ที่เจอรูปแบบเดี่ยวของข้อความ “WALK”กับ“Cross” และรูปแบบเดี่ยวของสัญลักษณ์คนเดินเท้ากับสัญลักษณ์ลูกศร ที่ใช้สีเขียวแสดงใน Box plot รูปที่ 38 และที่ใช้สีขาวแสดงใน Box plot รูปที่ 39 และผลลัพธ์พบว่า รูปแบบข้อความที่ผู้ทดสอบเข้าใจเร็วที่สุด คือ “WALK” ทั้งสีเขียวและสีขาว เมื่อเปรียบเทียบกับ “CROSS” สีเขียวและสีขาว ส่วนรูปแบบสัญลักษณ์ที่เข้าใจเร็วที่สุดคือ สัญลักษณ์คนเดินเท้า ในการแสดงสีเขียวและสัญลักษณ์ลูกศร ในการแสดงสีขาว และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับกลุ่มอายุ 46-60 รูปแบบเดี่ยวที่มีการใช้สีเขียว ในตารางที่ 17 และรูปแบบเดี่ยวที่มีการใช้สีขาว ในตารางที่ 18 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 38 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 46-60



รูปที่ 39 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 46-60

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 46-60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk Green	4.02	0.91	22	0.71	0.4823
Cross Green	4.24	1.09	26		
Pedestrian Green	4.02	0.82	20	0.18	0.8557
Arrow Green	4.06	0.83	20		

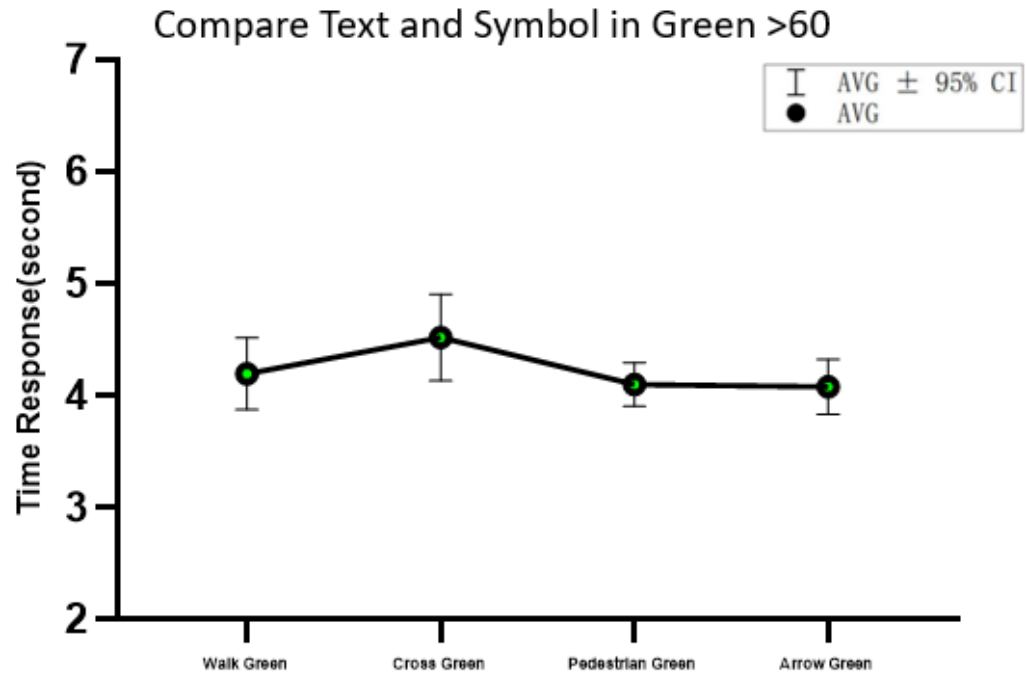
ตารางที่ 18 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 46-60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk White	4.22	1.05	25	0.14	0.8865
Cross White	4.27	1.23	29		
Pedestrian White	4.20	0.97	23	0.20	0.8423
Arrow White	4.15	0.85	21		

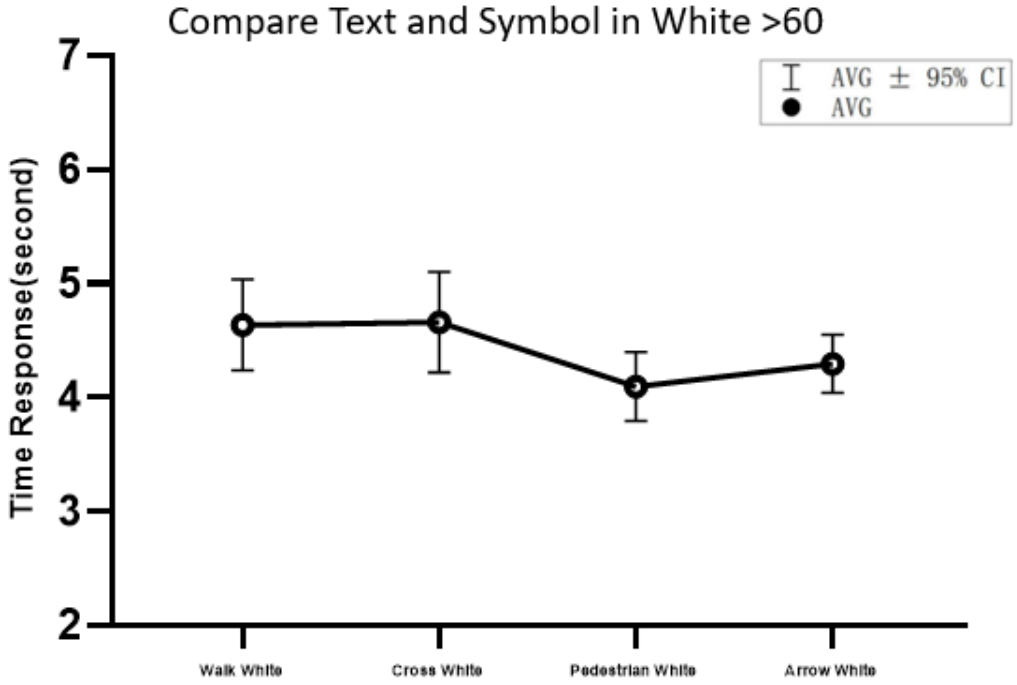
4.2.3.4 กลุ่มอายุมากกว่า 60 ปี

จากการเปรียบเทียบเวลาในความเข้าใจของกลุ่มอายุมากกว่า 60 ที่เจอรูปแบบเดี่ยวของข้อความ “WALK”กับ“Cross” และรูปแบบเดี่ยวของสัญลักษณ์คนเดินเท้ากับสัญลักษณ์ลูกศร ที่ใช้สีเขียว แสดงใน Box plot รูปที่ 40 และที่ใช้สีขาวแสดงใน Box plot รูปที่ 41 ผลลัพธ์พบว่า รูปแบบข้อความที่ผู้ทดสอบเข้าใจเร็วที่สุด คือ “WALK” ทั้งสีเขียวและสีขาว เมื่อเปรียบเทียบกับ “CROSS” สีเขียวและสีขาว ส่วนรูปแบบสัญลักษณ์ที่เข้าใจเร็วที่สุดคือสัญลักษณ์คนเดินเท้า ทั้งสีเขียวและสีขาว เมื่อเปรียบเทียบกับสัญลักษณ์ลูกศร ทั้งสีเขียวและสีขาว และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับกลุ่มอายุมากกว่า 60 รูปแบบเดี่ยวที่มีการใช้สีเขียว ในตารางที่ 19 และรูปแบบเดี่ยวที่มีการใช้สีขาว ในตารางที่ 20 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 40 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60



รูปที่ 41 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	T	Significant
Walk Green	4.19	0.78	19	1.33	0.1889
Cross Green	4.52	0.93	21		
Pedestrian Green	4.09	0.47	12	1.83	0.0731
Arrow Green	4.08	0.59	15		

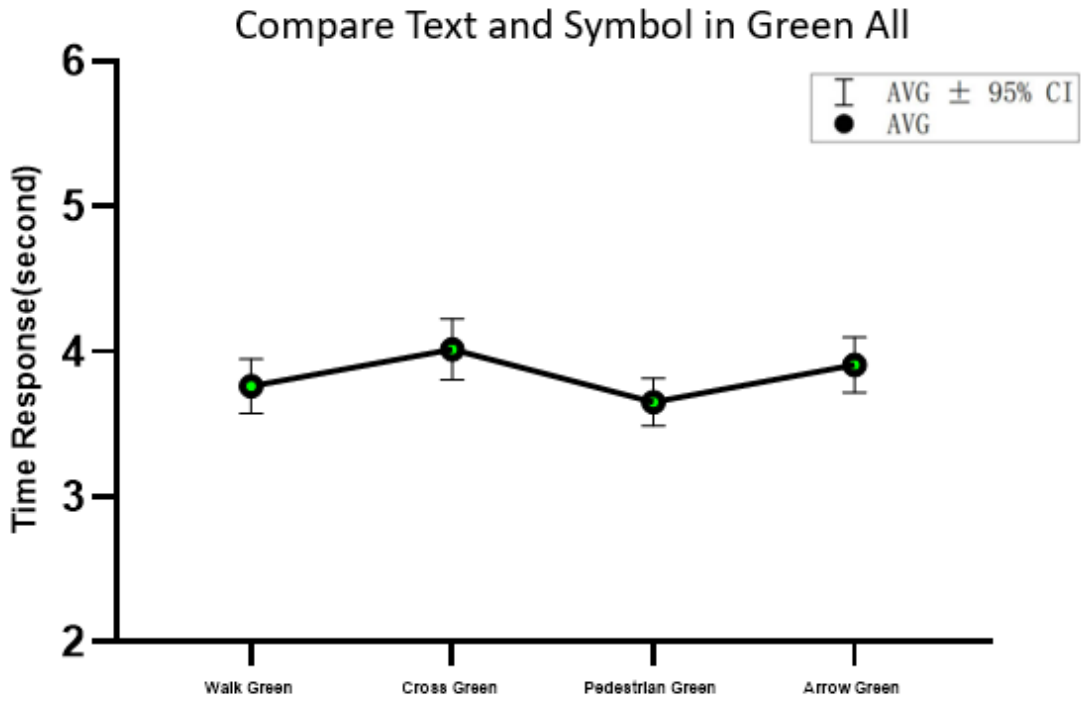
ตารางที่ 20 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk White	4.63	0.96	21	0.09	0.9306
Cross White	4.66	1.07	23		
Pedestrian White	4.10	0.73	18	1.04	0.3042
Arrow White	4.29	0.62	14		

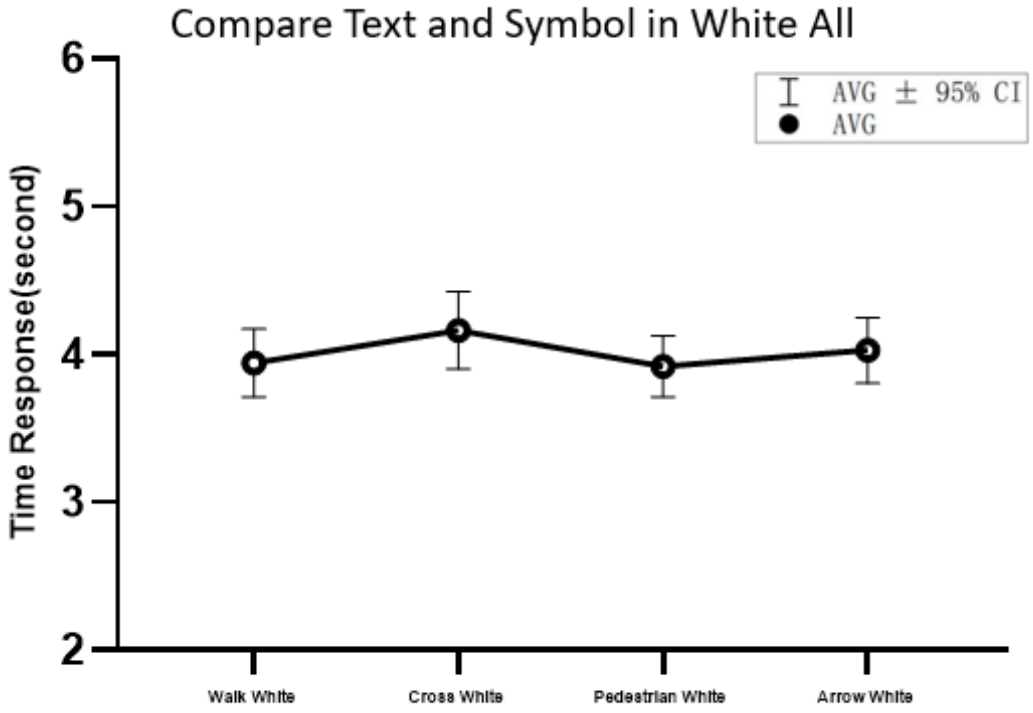
4.2.3.5 ทุกกลุ่มอายุ

จากการเปรียบเทียบเวลาในความเข้าใจของกลุ่มอายุมากกว่า 60 ที่เจอรูปแบบเดี่ยวของข้อความ “WALK”กับ“CROSS” และรูปแบบเดี่ยวของสัญลักษณ์คนเดินเท้ากับสัญลักษณ์ลูกศร ที่ใช้สีเขียว แสดงใน Box plot รูปที่ 42 และที่ใช้สีขาวแสดงใน Box plot รูปที่ 43 ผลลัพธ์พบว่ารูปแบบข้อความที่ผู้ทดสอบเข้าใจเร็วที่สุดคือ “WALK” ทั้งสีเขียวและสีขาว เมื่อเปรียบเทียบกับ “CROSS” สีเขียวและสีขาว ส่วนรูปแบบสัญลักษณ์ที่เข้าใจเร็วที่สุดคือสัญลักษณ์คนเดินเท้า ทั้งสีเขียวและสีขาว เมื่อเปรียบเทียบกับสัญลักษณ์ลูกศร ทั้งสีเขียวและสีขาว และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับทุกกลุ่มอายุ รูปแบบเดี่ยวที่มีการใช้สีเขียว ในตารางที่ 21 และรูปแบบเดี่ยวที่มีการใช้สีขาว ในตารางที่ 22 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 42 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของทุกกลุ่มอายุ



รูปที่ 43 Box plot ข้อความและสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของทุกกลุ่มอายุ

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของทุกกลุ่มอายุ โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk Green	3.76	0.94	25	1.78	0.0768
Cross Green	4.01	1.06	27		
Pedestrian Green	3.73	0.84	23	1.38	0.1679
Arrow Green	3.91	0.96	25		

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของทุกกลุ่มอายุ โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Walk White	3.94	1.15	30	1.26	0.2097
Cross White	4.16	1.31	32		
Pedestrian White	3.92	1.04	27	0.71	0.4788
Arrow White	4.03	1.11	28		

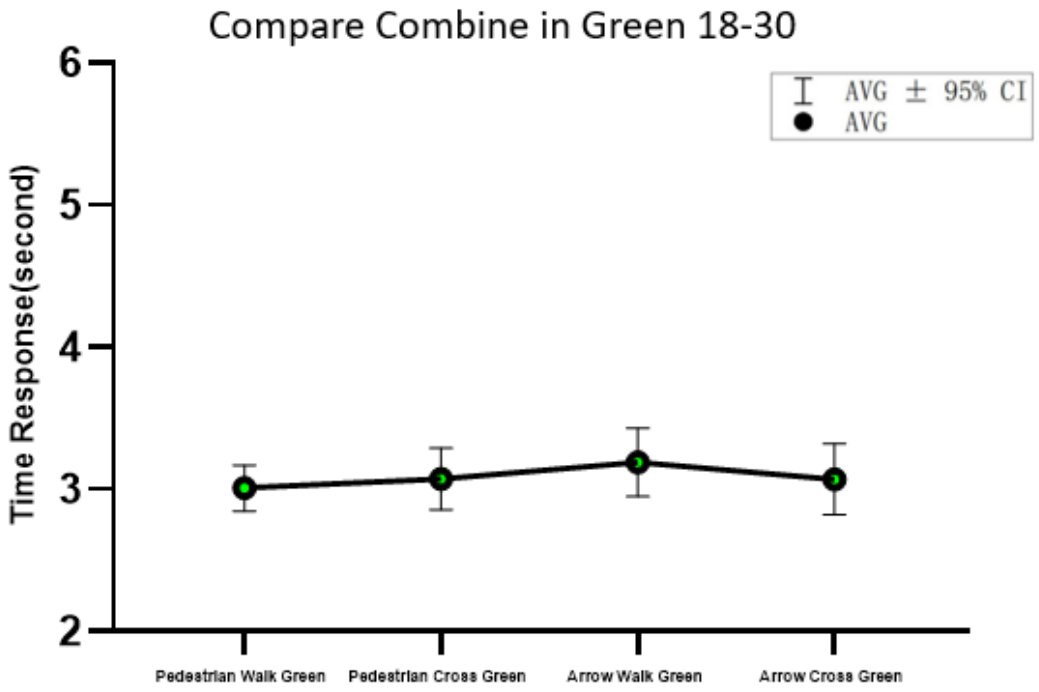
4.2.4 เปรียบเทียบรูปแบบผสม (Combine)

โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ข้อความ “WALK” และ“Cross” มาใช้ผสมกับสัญลักษณ์คนเดินถนนและสัญลักษณ์ลูกศร เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบในรูปแบบผสม โดยจะเปรียบเทียบกันเมื่อมีการแสดงข้อความหรือสัญลักษณ์แบบเดียวกัน และมีการใช้สีเดียวกัน (เช่น มีการใช้ข้อความ Walk เหมือนกัน หรือ มีการใช้สัญลักษณ์คนเดินถนนเหมือนกัน) โดยจะอธิบายผลลัพธ์ตามกลุ่มอายุดังนี้

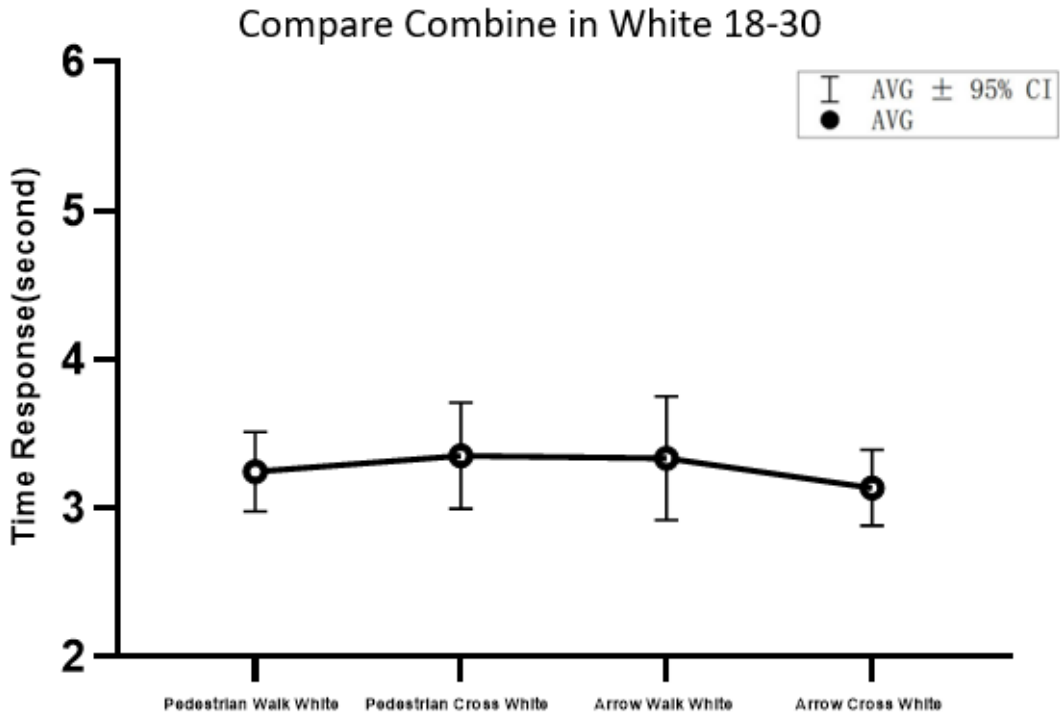
4.2.4.1 กลุ่มอายุ 18-30 ปี

จากการเปรียบเทียบเวลาในความเข้าใจของกลุ่มอายุ 18-30 ที่เจอรูปแบบผสมของข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว แสดงใน Box plot รูปที่ 44 และที่ใช้สีขาวแสดงใน Box plot รูปที่ 45 ผลลัพธ์พบว่า รูปแบบผสมที่มีการใช้สีเขียว ผู้ทดสอบใช้เวลาเข้าใจสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม “WALK” ได้เร็วที่สุด และรูปแบบผสมที่มีการใช้สีขาว ผู้ทดสอบใช้เวลาเข้าใจสัญลักษณ์ลูกศรผสม “CROSS” เร็วที่สุด และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับกลุ่มอายุ 18-30 ในรูปแบบผสมที่มีการใช้สีเขียว ในตารางที่ 23 และรูปแบบผสมที่มีการใช้สีขาว ในตารางที่ 24 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 44 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 18-30



รูปที่ 45 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 18-30

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 18-30 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Ped Walk Green	3.01	0.39	13	0.49	0.6268
Ped Cross Green	3.07	0.52	17		
Arrow Walk Green	3.19	0.58	18	0.71	0.4799
Arrow Cross Green	3.07	0.61	20		
Ped Walk Green	3.01	0.39	13	1.28	0.2058
Arrow Walk Green	3.19	0.58	18		
Ped Cross Green	3.07	0.52	17	0.02	0.9822
Arrow Cross Green	3.07	0.61	20		

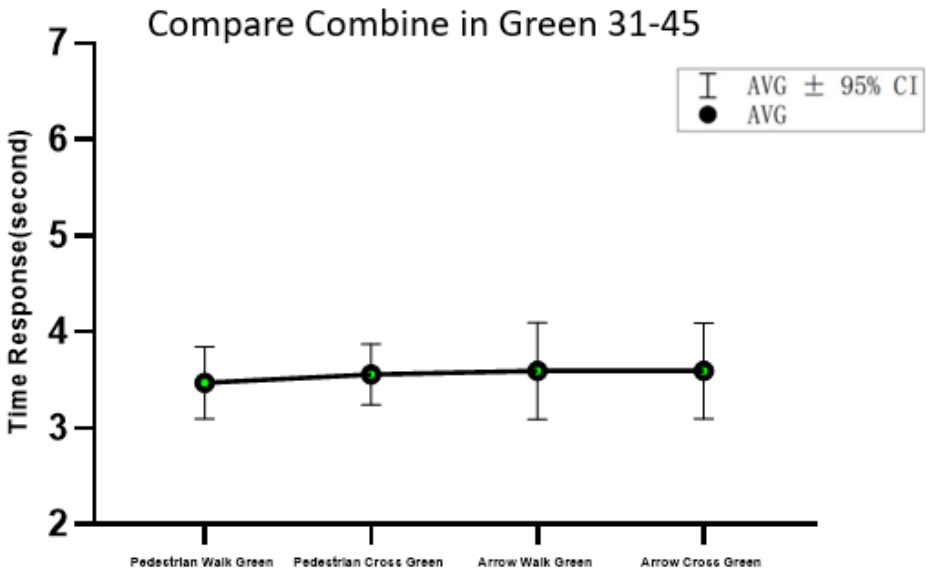
ตารางที่ 24 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 18-30 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Ped Walk White	3.31	0.52	34	0.38	0.7081
Ped Cross White	3.56	0.76	36		
Arrow Walk White	3.60	1.22	33	0.01	0.9954
Arrow Cross White	3.59	1.20	33		
Ped Walk White	3.31	0.52	34	0.41	0.6788
Arrow Walk White	3.60	1.22	33		
Ped Cross White	3.56	0.76	36	0.12	0.9022
Arrow Cross White	3.59	1.20	33		

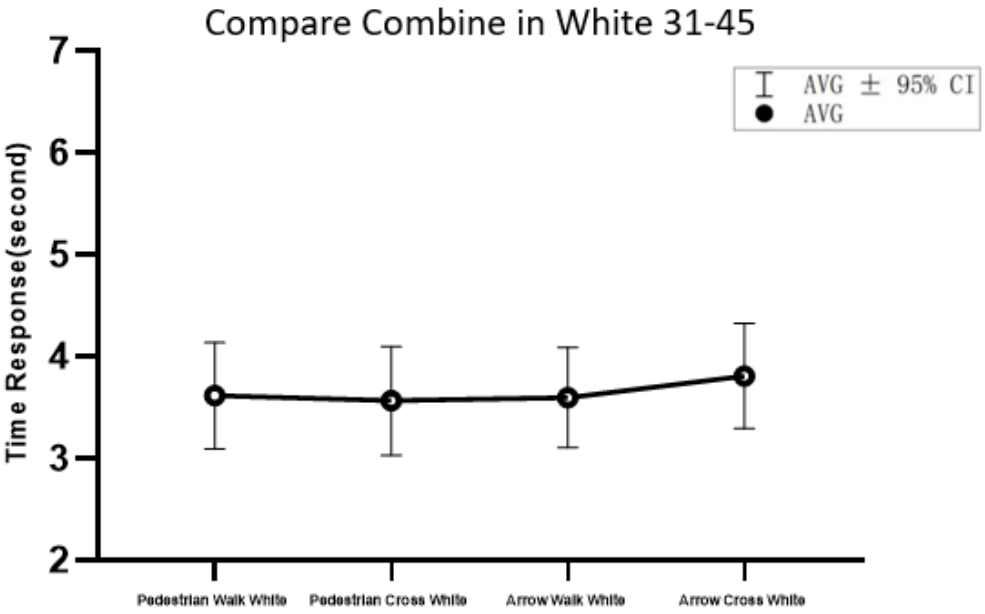
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.4.2 กลุ่มอายุ 31-45 ปี

จากการเปรียบเทียบเวลาในความเข้าใจของกลุ่มอายุ 31-45 ที่เจอรูปแบบผสมของข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว แสดงใน Box plot รูปที่ 46 และที่ใช้สีขาวแสดงใน Box plot รูปที่ 47 และผลลัพธ์พบว่า รูปแบบผสมที่มีการใช้สีเขียว ผู้ทดสอบใช้เวลาเข้าใจสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม “WALK” ได้เร็วที่สุด และรูปแบบผสมที่มีการใช้สีขาว ผู้ทดสอบใช้เวลาเข้าใจสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม “CROSS” เร็วที่สุด และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับกลุ่มอายุ 36-45 ในรูปแบบผสมที่มีการใช้สีเขียว ในตารางที่ 25 และรูปแบบผสมที่มีการใช้สีขาว ในตารางที่ 26 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 46 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 31-45



รูปที่ 47 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 31-45

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 31-45 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Ped Walk Green	3.31	0.52	34	0.38	0.7081
Ped Cross Green	3.56	0.76	36		
Arrow Walk Green	3.60	1.22	33	0.01	0.9954
Arrow Cross Green	3.59	1.20	33		
Ped Walk Green	3.31	0.52	34	0.41	0.6788
Arrow Walk Green	3.60	1.22	33		
Ped Cross Green	3.56	0.76	36	0.12	0.9022
Arrow Cross Green	3.59	1.20	33		

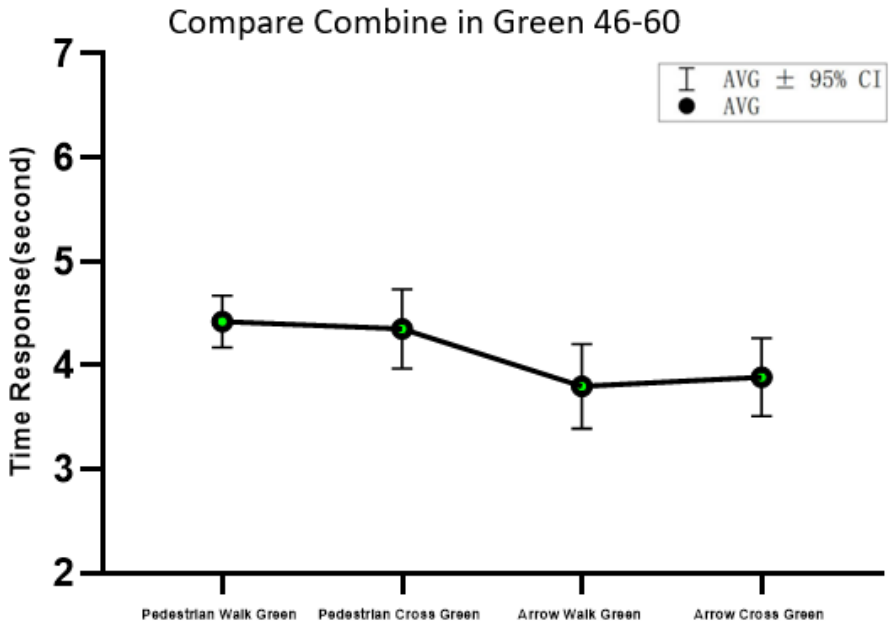
ตารางที่ 26 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 31-45 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Ped Walk White	3.61	1.26	35	0.14	0.8890
Ped Cross White	3.56	1.30	36		
Arrow Walk White	3.60	1.19	33	0.61	0.5429
Arrow Cross White	3.81	1.26	33		
Ped Walk White	3.61	1.26	35	0.05	0.9580
Arrow Walk White	3.60	1.19	33		
Ped Cross White	3.56	1.30	36	0.68	0.5012
Arrow Cross White	3.81	1.26	33		

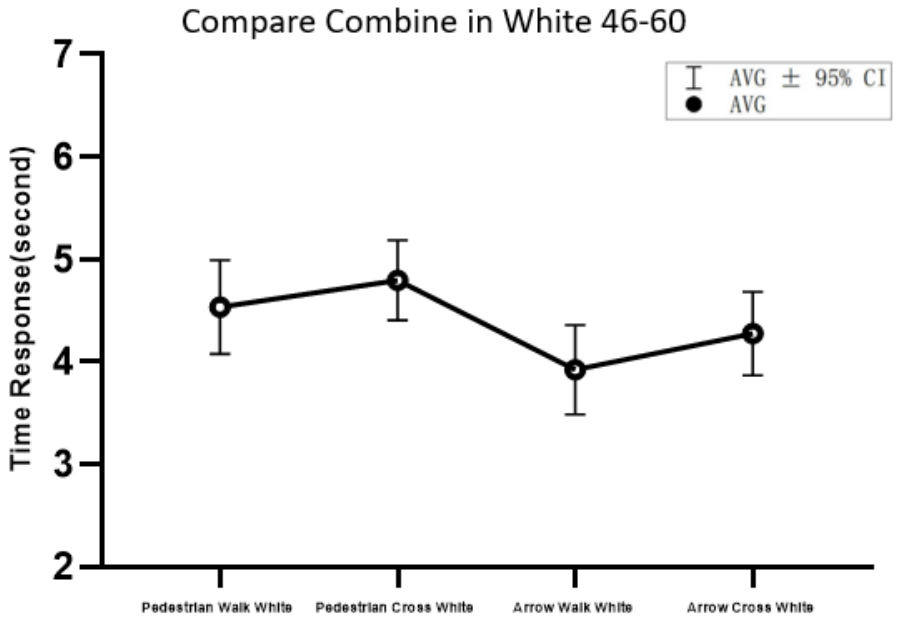
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.4.3 กลุ่มอายุ 46-60 ปี

จากการเปรียบเทียบเวลาในความเข้าใจของกลุ่มอายุ 46-60 ที่เจอรูปแบบผสมของข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว แสดงใน Box plot รูปที่ 48 และที่ใช้สีขาวแสดงใน Box plot รูปที่ 49 ผลลัพธ์พบว่า รูปแบบผสมที่มีการใช้สีเขียว ผู้ทดสอบใช้เวลาเข้าใจสัญลักษณ์คนเดินถนน “CROSS” ได้เร็วที่สุด และรูปแบบผสมที่มีการใช้สีขาว ผู้ทดสอบใช้เวลาเข้าใจสัญลักษณ์ลูกศรผสม “WALK” เร็วที่สุด และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับกลุ่มอายุ 46-60 ในรูปแบบผสมที่มีการใช้สีเขียวในตารางที่ 27 และรูปแบบผสมที่มีการใช้สีขาว ในตารางที่ 28 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์ในรูปแบบที่มีการใช้สีเขียว สัญลักษณ์คนเดินถนนผสม “WALK” กับสัญลักษณ์ลูกศรผสม “WALK” พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p value = 0.0001) กล่าวคือสำหรับผู้ทดสอบในช่วงอายุ 46-60 เมื่อพบเจอสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม “WALK” สีเขียวนั้นช่วยให้เข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติเร็วกว่าสัญลักษณ์ลูกศรผสม “WALK” สีเขียว



รูปที่ 48 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุ 46-60



รูปที่ 49 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุ 46-60

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุ 46-60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Ped Walk Green	4.42	0.60	14	0.31	0.7554
Ped Cross Green	4.35	0.92	21		
Arrow Walk Green	3.80	0.99	26	0.32	0.7486
Arrow Cross Green	3.88	0.91	23		
Ped Walk Green	4.42	0.60	14	2.69	0.0001
Arrow Walk Green	3.80	0.99	26		
Ped Cross Green	4.35	0.92	21	1.80	0.0770
Arrow Cross Green	3.88	0.91	23		

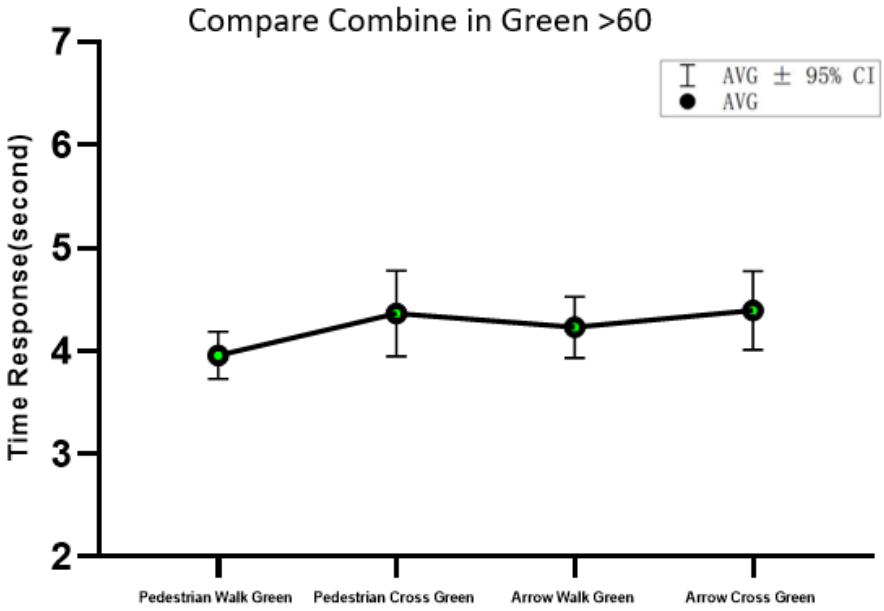
ตารางที่ 28 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุ 46-60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Ped Walk White	4.53	1.10	24	0.90	0.3705
Ped Cross White	4.80	0.94	20		
Arrow Walk White	3.92	1.06	27	1.22	0.2272
Arrow Cross White	4.28	0.92	23		
Ped Walk White	4.53	1.10	24	1.99	0.0514
Arrow Walk White	3.92	1.06	27		
Ped Cross White	4.80	0.94	20	1.90	0.0625
Arrow Cross White	4.28	0.92	23		

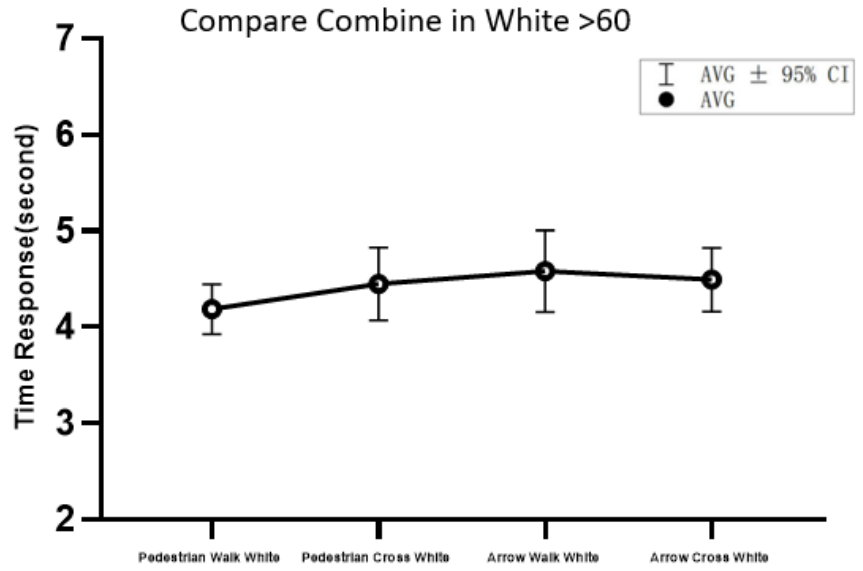
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.4.4 กลุ่มอายุมากกว่า 60 ปี

จากการเปรียบเทียบเวลาในความเข้าใจของกลุ่มอายุมากกว่า 60 ที่เจอรูปแบบผสมของข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว แสดงใน Box plot รูปที่ 50 และที่ใช้สีขาวแสดงใน Box plot รูปที่ 51 ผลลัพธ์พบว่า รูปแบบผสมที่มีการใช้สีเขียว ผู้ทดสอบใช้เวลาเข้าใจสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม “Walk” ได้เร็วที่สุด และรูปแบบผสมที่มีการใช้สีขาว ผู้ทดสอบใช้เวลาเข้าใจสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม“Walk” เร็วที่สุด และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับกลุ่มอายุมากกว่า 60 ในรูปแบบผสมที่มีการใช้สีเขียว ในตารางที่ 29 และรูปแบบผสมที่มีการใช้สีขาว ในตารางที่ 30 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 50 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60



รูปที่ 51 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Ped Walk Green	3.96	0.56	14	1.77	0.0825
Ped Cross Green	4.36	1.01	23		
Arrow Walk Green	4.23	0.72	17	0.69	0.4924
Arrow Cross Green	4.39	0.93	21		
Ped Walk Green	3.96	0.56	14	1.50	0.1396
Arrow Walk Green	4.23	0.72	17		
Ped Cross Green	4.36	1.01	23	0.10	0.9189
Arrow Cross Green	4.39	0.93	21		

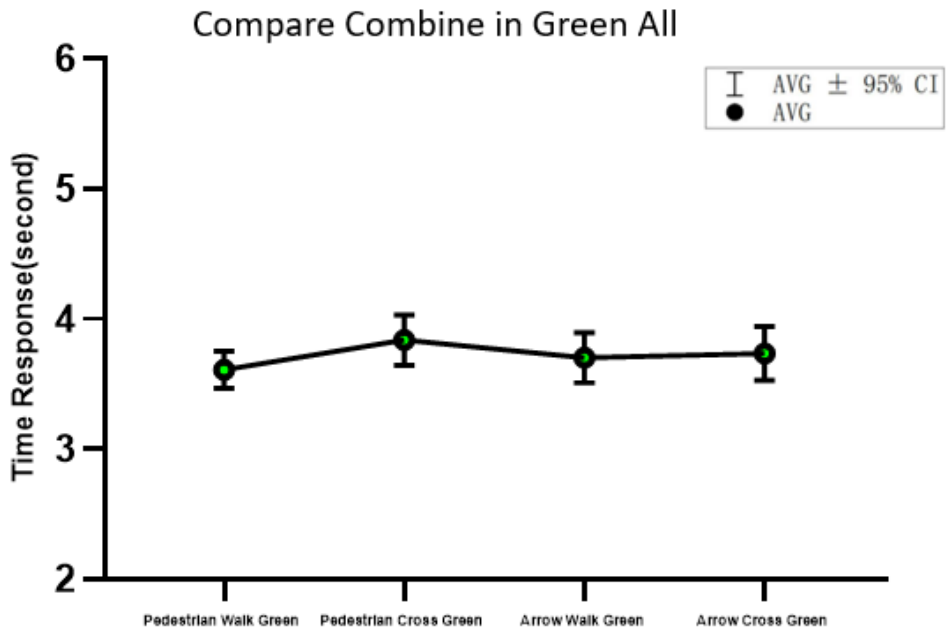
ตารางที่ 30 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของกลุ่มอายุมากกว่า 60 โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Ped Walk White	4.18	0.63	15	1.18	0.2437
Ped Cross White	4.44	0.92	21		
Arrow Walk White	4.58	103	22	0.34	0.7368
Arrow Cross White	4.49	0.80	18		
Ped Walk White	4.18	0.63	15	1.64	0.1079
Arrow Walk White	4.58	1.03	22		
Ped Cross White	4.44	0.92	21	0.19	0.8531
Arrow Cross White	4.49	0.80	18		

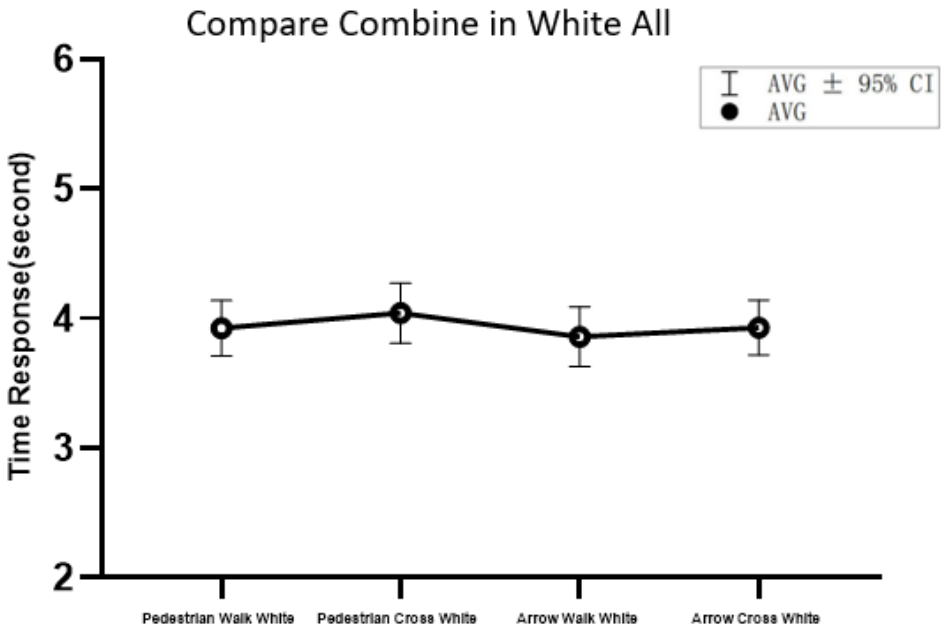
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.4.5 ทุกกลุ่มอายุ

จากการเปรียบเทียบเวลาในความเข้าใจของทุกกลุ่มอายุที่เจอรูปแบบผสมของข้อความและสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว แสดงใน Box plot รูปที่ 52 และที่ใช้สีขาวแสดงใน Box plot รูปที่ 53 ผลลัพธ์พบว่า รูปแบบผสมที่มีการใช้สีเขียว ผู้ทดสอบใช้เวลาเข้าใจสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม“WALK” ได้เร็วที่สุด และรูปแบบผสมที่มีการใช้สีขาวผู้ทดสอบใช้เวลาเข้าใจสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม “WALK” เร็วที่สุด และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Pair t-test สำหรับทุกกลุ่มอายุ ในรูปแบบผสมที่มีการใช้สีเขียว ในตารางที่ 31 และรูปแบบผสมที่มีการใช้สีขาว ในตารางที่ 32 โดยกำหนดระดับค่าความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากผลลัพธ์พบว่า ไม่พบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 52 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีเขียว ของทุกกลุ่มอายุ



รูปที่ 53 Box plot ข้อความผสมสัญลักษณ์ที่แสดงสีขาว ของทุกกลุ่มอายุ

ตารางที่ 31 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีเขียว ของทุกกลุ่มอายุ โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Ped Walk Green	3.61	0.72	20	1.41	0.1617
Ped Cross Green	3.84	0.98	26		
Arrow Walk Green	3.71	0.97	26	0.22	0.8240
Arrow Cross Green	3.73	1.04	28		
Ped Walk Green	3.61	0.72	20	0.79	0.4334
Arrow Walk Green	3.71	0.97	26		
Ped Cross Green	3.84	0.98	26	0.71	0.4761
Arrow Cross Green	3.73	1.04	28		

ตารางที่ 32 เปรียบเทียบข้อความผสมสัญลักษณ์ที่ใช้สีขาว ของทุกกลุ่มอายุ โดย p<0.05 ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

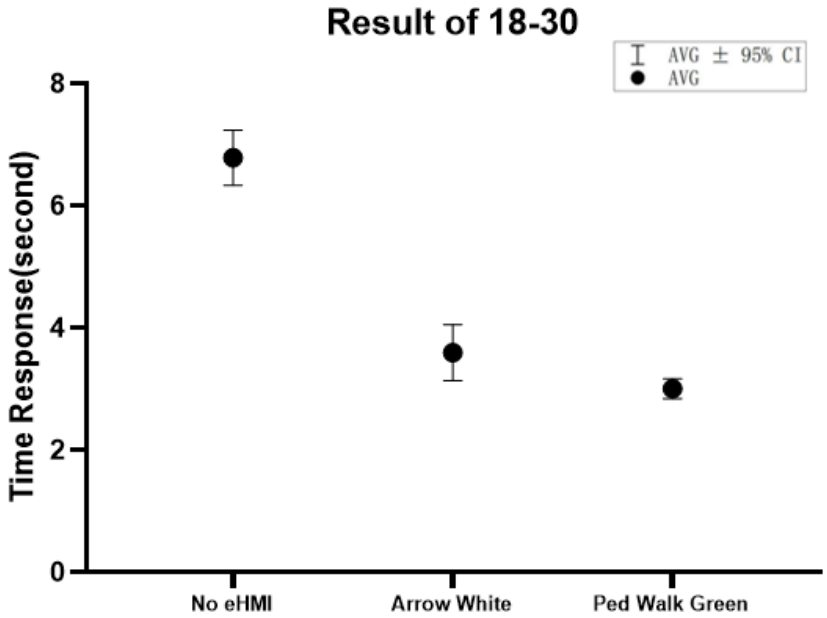
รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	t	Significant
Ped Walk White	3.89	1.06	27	0.72	0.4709
Ped Cross White	4.04	1.17	29		
Arrow Walk White	3.86	1.16	30	0.44	0.6569
Arrow Cross White	3.93	1.07	27		
Ped Walk White	3.89	1.06	27	0.23	0.8187
Arrow Walk White	3.86	1.16	30		
Ped Cross White	4.04	1.17	29	0.70	0.4842
Arrow Cross White	3.93	1.07	27		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3 รูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุดและใช้เวลาเข้าใจช้าที่สุด

4.3.1 กลุ่มอายุ 18-30

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มอายุ 18-30 ผู้จัยได้นำเสนออันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาในการเข้าใจเร็วที่สุดและช้าที่สุด แสดงในรูปที่ 54 โดยผลลัพธ์ของกลุ่มอายุนี้จะเห็นว่า รูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเร็วที่สุดคือ สัญลักษณ์คนเดินถนนผสม“WALK” สีเขียว และรูปแบบ eHMI ใช้เวลาเข้าใจช้าที่สุดคือ สัญลักษณ์ลูกศรสีขาว โดยจะแสดงอันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุดตามลำดับ ดังตารางที่ 33



รูปที่ 54 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของ กลุ่มอายุ 18-30

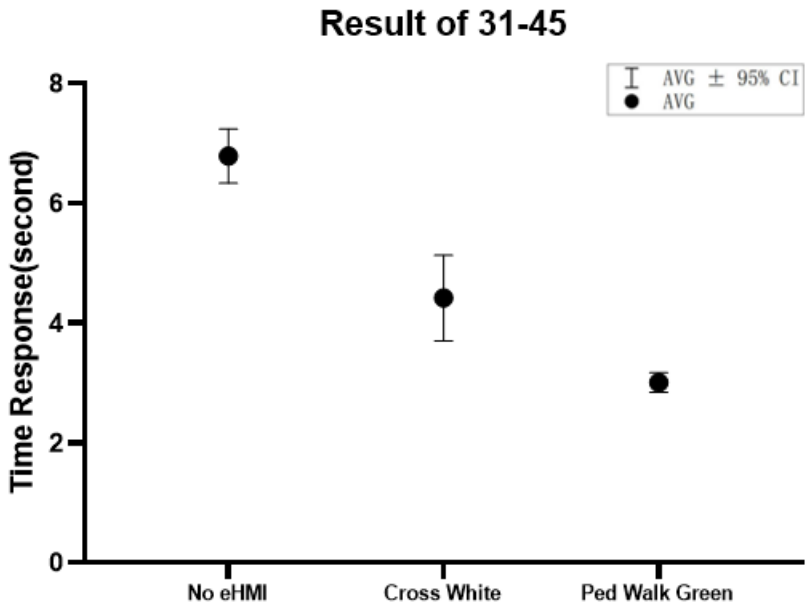
ตารางที่ 33 อันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุด ของกลุ่มอายุ 18-30

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน
Ped Walk Green	3.01	0.39	13
Ped Cross Green	3.07	0.52	17
Arrow Cross Green	3.07	0.61	20
Arrow Cross White	3.14	0.61	20
Walk Green	3.14	0.74	24
Pedestrian Green	3.15	0.60	19
Walk White	3.16	0.71	22
Arrow Walk Green	3.19	0.58	18
Cross Green	3.26	0.63	19
Cross White	3.30	0.62	19
Arrow Green	3.30	0.78	25
Arrow Walk White	3.33	1.01	30
Ped Cross White	3.35	0.86	26
Pedestrian White	3.40	0.91	27
Ped Walk White	3.48	1.09	31
Arrow White	3.59	1.11	31
No eHMI	6.67	1.10	16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.2 กลุ่มอายุ 31-45

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มอายุ 31-45 ผู้วิจัยได้นำเสนออันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาในการเข้าใจเร็วที่สุดและช้าที่สุด แสดงในรูปที่ 55 โดยผลลัพธ์ของกลุ่มอายุนี้จะเห็นว่า รูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเร็วที่สุดคือ สัญลักษณ์คนเดินถนนผสม“WALK” สีเขียว และรูปแบบ eHMI ใช้เวลาเข้าใจช้าที่สุดคือ “CROSS” สีขาว โดยจะแสดงอันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุดตามลำดับ ดังตารางที่ 34



รูปที่ 55 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของ กลุ่มอายุ 31-45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

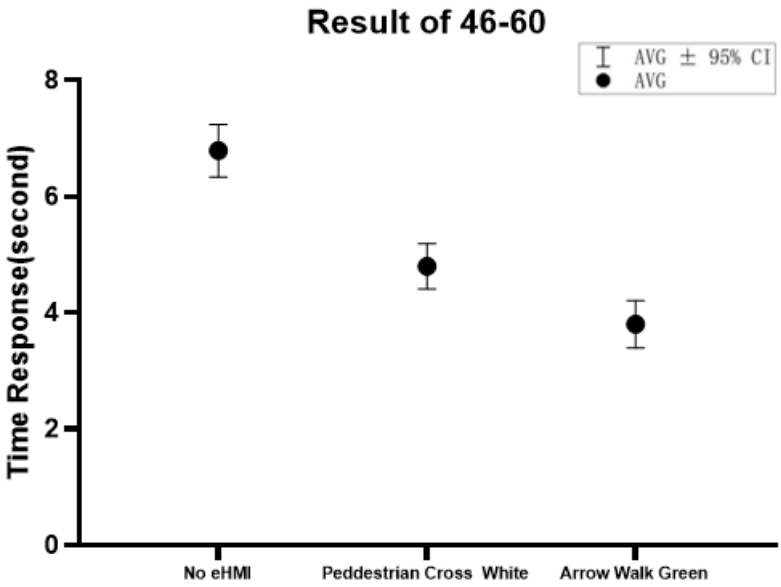
ตารางที่ 34 อันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุด ของกลุ่มอายุ31-45

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน
Ped Walk Green	3.31	0.52	34
Ped Cross Green	3.56	0.76	36
Ped Cross White	3.56	1.30	36
Arrow Cross Green	3.59	1.20	33
Arrow Walk White	3.60	1.19	33
Arrow Walk Green	3.60	1.22	33
Ped Walk White	3.61	1.26	35
Pedestrian Green	3.66	0.99	27
Walk Green	3.67	0.98	27
Walk White	3.74	1.31	35
Arrow Cross White	3.81	1.26	33
Pedestrian White	3.98	1.33	33
Cross Green	4.03	1.73	39
Arrow White	4.07	1.58	39
Arrow Green	4.18	1.27	30
Cross White	4.42	1.73	39
No eHMI	7.31	1.23	16

4.3.3 กลุ่มอายุ 46-60

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มอายุ 46-60 ผู้จัยได้นำเสนออันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาในการเข้าใจเร็วที่สุดและช้าที่สุด แสดงในรูปที่ 56 โดยผลลัพธ์ของกลุ่มอายุนี้จะเห็นว่า รูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเร็วที่สุดคือ สัญลักษณ์ลูกศรผสม“WALK” สีเขียว และรูปแบบ eHMI ใช้เวลาเข้าใจช้าที่สุดคือ สัญลักษณ์คนเดินถนนผสม “CROSS” สีขาว โดยจะแสดงอันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุดตามลำดับ ดังตารางที่ 35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 56 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของ กลุ่มอายุ 46-60

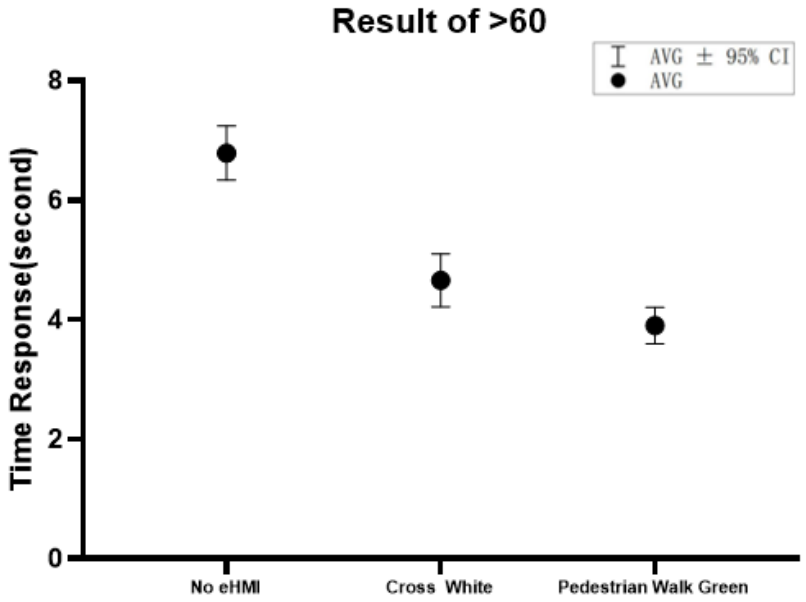
ตารางที่ 35 อันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุด ของกลุ่มอายุ 46-60

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน
Arrow Walk Green	3.80	0.99	26
Arrow Cross Green	3.88	0.91	23
Arrow Walk White	3.92	1.06	27
Pedestrian Green	4.02	0.82	20
Walk Green	4.02	0.91	22
Arrow Green	4.06	0.83	20
Arrow White	4.15	0.85	21
Pedestrian White	4.20	0.97	23
Walk White	4.22	1.05	25
Cross Green	4.24	1.09	26
Cross White	4.27	1.23	29
Arrow Cross White	4.28	0.92	23
Ped Cross Green	4.35	0.92	21
Ped Walk Green	4.42	0.60	14
Ped Walk White	4.53	1.10	24
Ped Cross White	4.80	0.94	20
No eHMI	7.14	0.86	12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.4 กลุ่มอายุมากกว่า 60

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มอายุมากกว่า 60 ผู้จัยได้นำเสนออันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาในการเข้าใจเร็วที่สุดและช้าที่สุด แสดงในรูปที่ 57 โดยผลลัพธ์ของกลุ่มอายุนี้จะเห็นว่า รูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเร็วที่สุดคือ สัญลักษณ์คนเดินถนนผสม“WALK” สีเขียว และรูปแบบ eHMI ใช้เวลาเข้าใจช้าที่สุดคือ “CROSS” สีขาว โดยจะแสดงอันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุดตามลำดับ ดังตารางที่ 36



รูปที่ 57 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของ กลุ่มอายุมากกว่า 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

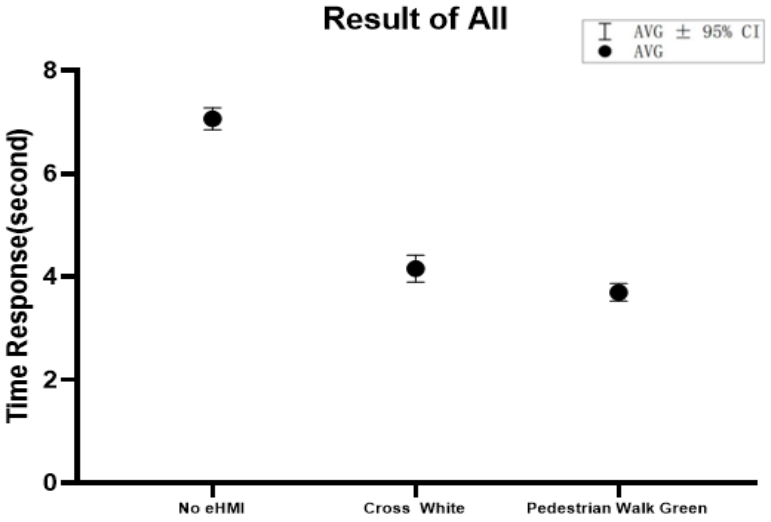
ตารางที่ 36 อันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุด ของกลุ่มอายุมากกว่า 60

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน
Ped Walk Green	3.96	0.56	14
Arrow Green	4.08	0.59	15
Pedestrian Green	4.09	0.47	12
Pedestrian White	4.10	0.73	18
Ped Walk White	4.18	0.63	15
Walk Green	4.19	0.78	19
Arrow Walk Green	4.23	0.72	17
Arrow White	4.29	0.62	14
Ped Cross Green	4.36	1.01	23
Arrow Cross Green	4.39	0.93	21
Ped Cross White	4.44	0.92	21
Arrow Cross White	4.49	0.80	18
Cross Green	4.52	0.93	21

Arrow Walk White	4.58	1.03	22
Walk White	4.63	1.07	23
Cross White	4.66	1.07	23
No eHMI	7.04	1.11	16

4.3.5 ทุกกลุ่มอายุ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของทุกกลุ่มอายุ ผู้จัยได้นำเสนออันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาในการเข้าใจเร็วที่สุดและช้าที่สุด แสดงในรูปที่ 58 โดยผลลัพธ์ของกลุ่มอายุนี้จะเห็นว่า รูปแบบeHMI ที่ใช้เวลาเร็วที่สุดคือ สัญลักษณ์คนเดินถนนผสม“Walk” สีเขียว และรูปแบบ eHMI ใช้เวลาเข้าใจช้าที่สุดคือ “CROSS” สีขาว จะแสดงอันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุดตามลำดับในตารางที่ 37



รูปที่ 58 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของ ทุกกลุ่มอายุ

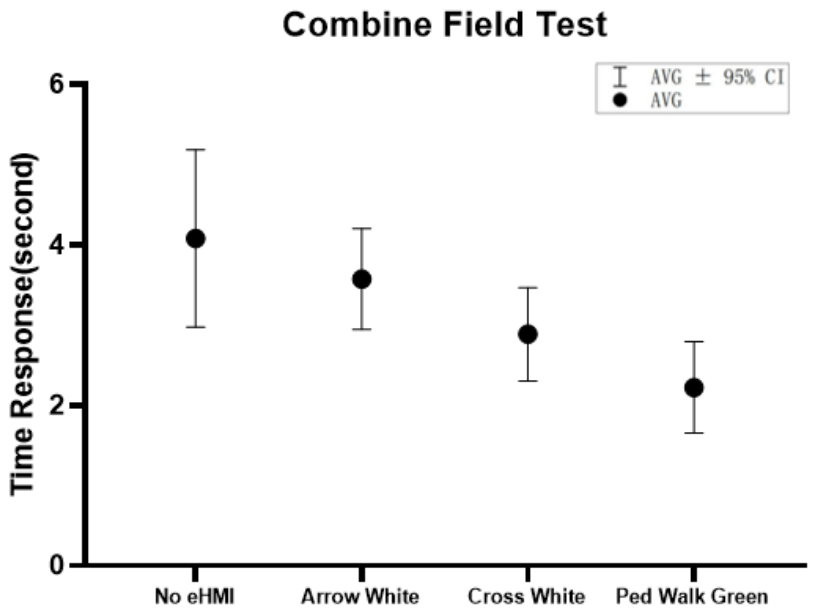
ตารางที่ 37 อันดับรูปแบบ eHMI ที่ใช้เวลาเข้าใจเร็วที่สุด ของทุกกลุ่มอายุ

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน
Ped Walk Green	3.61	0.72	20
Arrow Walk Green	3.71	0.97	26
Pedestrian Green	3.73	0.84	23
Arrow Cross Green	3.73	1.04	28
Walk Green	3.76	0.94	25
Ped Cross Green	3.84	0.98	26
Arrow Walk White	3.86	1.16	30
Ped Walk White	3.89	1.06	27
Arrow Green	3.91	0.96	25
Pedestrian White	3.92	1.04	27
Arrow Cross White	3.93	1.07	27
Walk White	3.94	1.15	30
Cross Green	4.01	1.06	27

Arrow White	4.03	1.12	28
Ped Cross White	4.04	1.17	29
Cross White	4.16	1.32	32
No eHMI	7.07	1.08	15

4.4 ผลจากการทดลองภาคสนาม (Experiment)

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง Simulation ของทุกกลุ่มอายุ โดยผู้วิจัยได้นำรูปแบบ eHMI ที่ได้ผลลัพธ์ว่าช่วยให้ผู้ทดสอบเข้าใจเร็วที่สุดคือ สัญลักษณ์คนเดินถนนผสม“WALK” สีเขียว และรูปแบบที่ให้ผลเวลาในการเข้าใจช้าที่สุดคือ “CROSS” สีขาว รวมถึงการไม่มีการแสดง eHMI มาใช้ในการทดสอบภาคสนามแสดงในรูปที 59 กับผู้ทดลองจำนวน 8 คน ที่อยู่ในกลุ่มช่วงอายุ 18-30 และในการทดลองภาคสนาม เนื่องจากกลุ่มผู้ทดสอบอยู่ในกลุ่มช่วงอายุเพียงกลุ่มเดียว ทางผู้วิจัยจึงได้เพิ่มเหตุการณ์การแสดง eHMI ที่ใช้เวลาในการเข้าใจการสื่อสารที่ช้าที่สุดของกลุ่มช่วงอายุนี้เพิ่มเติม คือ สัญลักษณ์ลูกศร สีขาว ผลการเปรียบเทียบทั้งหมด 4 เหตุการณ์ แสดงในรูปที่ 60 จากผลลัพธ์จะเห็นว่าอันดับของผลการทดลองภาคสนามมีแนวโน้มที่ไปในทางเดียวกับผลการทดลอง Simulation ดังตารางที่ 37



รูปที 59 Box plot รูปแบบที่เข้าใจเร็วและช้าที่สุดของการทดลองภาคสนาม

ตารางที่ 38 อันดับรูปแบบ eHMI ในการทดลองภาคสนาม

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลาในการเข้าใจ	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน
Ped Walk Green	2.22	0.68	30
Cross White	2.89	0.70	24
Arrow White	3.57	0.75	21
No eHMI	4.08	1.32	32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลองในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการทดลองเพื่อศึกษาว่าการมีการแสดง External Human Machine Interfaces (eHMI) สามารถช่วยให้คนเดินถนนเข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติได้เร็วกว่าการไม่มี โดยผลลัพธ์จากการทดลองพบว่า ในทุกกลุ่มอายุของผู้ทดสอบ โดยเมื่อเจอเหตุการณ์ที่มีการแสดง eHMI ผู้ทดสอบจะเข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติผ่านการมองเห็นรูปแบบต่างๆของ eHMI ซึ่งเร็วกว่าการที่เจอเหตุการณ์ไม่มีมีการแสดง eHMI ที่จะต้องเข้าใจการสื่อสารผ่าน Dynamic ของตัวรถอัตโนมัติเพียงอย่างเดียว จึงสรุปได้ว่าการมีการแสดง eHMI จะช่วยเพิ่มความเข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติกับคนเดินถนน

อีกทั้งงานวิจัยนี้ทำการทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการสื่อสารที่แสดงผ่าน External Human Machine Interfaces (eHMI) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา eHMI ในรูปแบบข้อความและสัญลักษณ์และเพื่อเพิ่มความเข้าใจในการสื่อสาร จากการพิจารณารูปแบบ eHMI คือ สี ข้อความ สัญลักษณ์ และ สัญลักษณ์ผสมข้อความ โดยจะทำการสรุปในแต่ละรูปแบบดังต่อไปนี้

เมื่อพิจารณาในรูปแบบสี ระหว่างสีเขียวและสีขาว พบว่ากลุ่มผู้ทดสอบในทุกช่วงอายุเข้าใจสีเขียวเร็วกว่า เนื่องจากว่าสีเขียวแสดงถึงความยินยอมและยังเป็นสีที่คุ้นเคยในการกฎการจราจรบนท้องถนน ส่วนสีขาวแสดงถึงความเป็นกลางที่ไม่มีเจตนาชัดเจน ซึ่งอาจจะทำให้สับสนใจครั้งแรกเมื่อพบเห็น แต่อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองของทั้ง 2 สีนี้ไม่พบถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ทั้งสีเขียวและสีขาวช่วยให้ผู้ทดสอบเข้าใจถึงเจตนาของรถอัตโนมัติว่ายินยอมให้คนข้ามถนนได้ทั้งคู่

เมื่อพิจารณาในรูปแบบข้อความ ระหว่าง “WALK” กับ “CROSS” พบว่ากลุ่มผู้ทดสอบที่อายุมากกว่า 30 ปี จะเข้าใจข้อความ “WALK” ได้เร็วกว่า “CROSS” แต่สำหรับกลุ่มอายุ 18-30 สามารถใช้เวลาเข้าใจ 2 รูปแบบนี้ในระดับใกล้เคียงกัน แต่ยังคงใช้เวลาในการเข้าใจ Walk เร็วกว่าอยู่ดี

เมื่อพิจารณาในรูปแบบสัญลักษณ์ ระหว่างสัญลักษณ์คนเดินถนนกับสัญลักษณ์ลูกศร สำหรับกลุ่มอายุที่น้อยกว่า 60 พบว่าผู้ทดสอบเข้าใจสัญลักษณ์คนเดินถนนเร็วกว่าสัญลักษณ์ลูกศร เนื่องจากเป็นสัญลักษณ์ที่คุ้นเคยในการจราจร โดยเมื่อพบเจอสัญลักษณ์ลูกศรผู้ทดสอบอาจจะสับสนในการสื่อสารว่ารถอัตโนมัติอนุญาตให้คนข้ามถนนหรือรถต้องการที่จะเลี้ยว ทำให้ผู้ทดสอบต้องใช้เวลาในการเข้าใจที่นานกว่า แต่สำหรับกลุ่มอายุมากกว่า 60 พบว่าผู้ทดสอบเข้าใจสัญลักษณ์ลูกศรเร็วกว่าสัญลักษณ์คนข้ามถนน เนื่องจากกลุ่มอายุ 60 สามารถเข้าความหมายของสัญลักษร์ได้ไม่ซ้ำซ้อนเท่ากลุ่มอายุอื่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาในรูปแบบสัญลักษณ์ผสมข้อความ พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่เข้าใจ สัญลักษณ์คนข้ามถนนผสม“WALK” สีเขียว เร็วที่สุดในรูปแบบสัญลักษณ์ผสมข้อความ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ eHMI ในรูปแบบเดี่ยวตรงกับที่กล่าวไปข้างต้น แต่สำหรับกลุ่มอายุ 46-60 นั้นใช้เวลาในการเข้าใจรูปแบบ สัญลักษณ์ลูกศรผสม “Walk” สีเขียวได้เร็วที่สุด จึงสรุปได้ว่าสำหรับกลุ่มอายุ 46-60 หากจำเป็นต้องใช้รูปแบบสัญลักษณ์ผสมข้อความ ควรจะต้องทำการพิจารณาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจ และสุดท้ายจากการเปรียบเทียบรูปแบบทั้งหมดเมื่อต้องการรูปแบบ eHMI ที่คนเดินถนนสามารถเข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติได้เร็ว ผลลัพธ์คือรูปแบบสัญลักษณ์คนข้ามถนน Walk สีเขียว

อีกทั้งในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบผลการทดลอง Simulation โดยการนำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดและแย่ที่สุด รวมถึงการไม่มีการแสดง eHMI มาทำการทดสอบภาคสนามโดยรถอัตโนมัติ ระดับ3 ในสถานที่ทดลองที่มีสภาวะแบบปิด ที่ความเร็ว 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง และมีอัตราหน่วงคงที่ไม่เกิน -1 เมตร/วินาที^{2} ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบที่พบเห็นรถอัตโนมัติในการทดลองภาคสนามใช้เวลาในการเข้าใจการสื่อสารของรถอัตโนมัติในรูปแบบสัญลักษณ์คนเดินถนนผสม“WALK” สีเขียว ได้เร็วที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง Simulation ทำให้มั่นใจว่าผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือ

โดยสรุปผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ สามารถนำไปเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาการออกแบบ eHMI ที่ใช้กับรถโดยสารขนาดใหญ่ ให้กับผู้ผลิตยานยนต์และผู้วิจัยท่านอื่นได้ โดยในการเลือกใช้สีเขียวและสีขาวสามารถช่วยให้คนเดินเท้ามีความเข้าใจในการสื่อสารของรถอัตโนมัติในระดับใกล้เคียงกัน แต่งานวิจัยนี้แนะนำสีเขียวเป็นตัวเลือกแรกเพราะมีค่าเวลาในการเข้าใจที่เร็วกว่าสีขาว การเลือกใช้ข้อความ “WALK” และ “CROSS” ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในเรื่องความเข้าใจ ดังนั้นเมื่อต้องการใช้รูปแบบนี้ควรมีแบบสอบถามเกี่ยวกับความเข้าใจให้กับคนเดินเท้าในพื้นที่เกี่ยวกับการเข้าใจความหมายของ 2 คำนี้ก่อนที่จะนำไปใช้ แต่จากผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้แนะนำให้ใช้ข้อความ “WALK” มากกว่า “CROSS” การเลือกใช้สัญลักษณ์งานวิจัยนี้แนะนำให้ใช้สัญลักษณ์คนเดินถนนมากกว่าสัญลักษณ์ลูกศร และควรหลีกเลี่ยงการใช้สัญลักษณ์ลูกศรเพียงอย่างเดียว เพราะอาจทำให้คนเดินเท้าสับสนในการทำงานของรถอัตโนมัติ สุดท้ายในงานวิจัยนี้ขอเสนอ eHMI ในรูปแบบ สัญลักษณ์ผสมข้อความ คือ สัญลักษณ์คนเดินถนนผสม“WALK” สีเขียว เพราะจะช่วยยืนยันความมั่นใจและเพิ่มความเข้าใจในการสื่อสาร เมื่อเทียบกับการเจอการสื่อสารรูปแบบเดี่ยว และ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในอนาคตเมื่อมีการนำรถอัตโนมัติมาทำงานบนถนน หากต้องการนำผลลัพธ์จากการทดลองนี้ไปใช้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ควรกำหนดกลุ่มตัวอย่างให้เป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด และสามารถใช้กระบวนการทดลอง วิธีการวิเคราะห์ และการออกแบบรูปแบบ eHMI ในงานวิจัยนี้กับงานในอนาคตได้ และสำหรับการทดลองภาคสนามเพื่อให้ผลลัพธ์มีประสิทธิภาพมากที่สุด ควรทำการเพิ่มจำนวนผู้ทดสอบให้สอดคล้องกับการทำการทดลอง Simulation อีกทั้งควรทำการทดลองในทุก

สภาพแวดล้อมเพื่อยืนยันผลลัพธ์ เช่น มีทำการทดลองในตอนกลางวันเพิ่มเติม และสุดท้ายสำหรับการออกแบบ eHMI ในอนาคตควรมีการแสดง eHMI ในรูปแบบเคลื่อนไหว (Dynamic) เพราะอาจจะช่วยให้คนเดินเท้ามีความเข้าใจในการสื่อสารมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

1. International, S. *SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience*. 2021; Available from: https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update.
2. Organization, W.H. *Global status report on road safety 2018*. 2018; Available from: https://extranet.who.int/roadsafety/death-on-the-roads/.
3. Counsil, T.C. *How safe are 'those people' in Thailand crossing the road?* 2022; Available from: https://www.tcc.or.th/tcc_media/info-crosswalk/.
4. Yue, L., et al., *In-depth approach for identifying crash causation patterns and its implications for pedestrian crash prevention.* J Safety Res, 2020. **73**: p. 119-132.
5. Sucha, M., *Pedestrians and drivers: their encounters at zebra crossings.* 8TH International Traffic Expert Congress, 2014.
6. Corporation, M.E., *Mitsubishi Electric Introduces Road-illuminating Directional Indicators.* 2015.
7. Daimler, A.G. *The Mercedes-Benz F 015 luxury in motion.* 2015; Available from: https://www.mercedesbenz.com/en/mercedes-benz/innovation/research-vehicle-f-015-luxury-in-motion/.
8. Chang, C.-M., et al., *Eyes on a Car*, in *Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. 2017. p. 65-73.
9. Rover, J.L. *The virtual eyes have it*. 2018; Available from: https://www.jaguarlandrover.com/2018/virtual-eyes-have-it.
10. Dey, D., et al., *Taming the eHMI jungle: A classification taxonomy to guide, compare, and assess the design principles of automated vehicles' external human-machine interfaces.* Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 2020. **7**: p. 100174.
11. Dey, D., et al. *Color and animation preferences for a light band eHMI in interactions between automated vehicles and pedestrians*. in *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems*. 2020.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

12. Joisten, P., et al., *Communication of automated vehicles and pedestrian groups: An intercultural study on pedestrians' street crossing decisions*, in *Proceedings of Mensch und Computer 2021*. 2021. p. 49-53.
13. Eisma, Y.B., et al., *External human–machine interfaces: The effect of display location on crossing intentions and eye movements.* Information, 2019. **11**(1): p. 13.
14. Bazilinskyy, P., et al., *How should external Human-Machine Interfaces behave? Examining the effects of colour, position, message, activation distance, vehicle yielding, and visual distraction among 1,434 participants.* Applied ergonomics, 2021. **95**: p. 103450.
15. Guo, J., et al., *External human–machine interfaces for autonomous vehicles from pedestrians' perspective: a survey study.* Sensors, 2022. **22**(9): p. 3339.
16. Chaokromthong, K. and N. Sintao, *Sample size estimation using Yamane and Cochran and Krejcie and Morgan and green formulas and Cohen statistical power analysis by G* Power and comparisions.* Apheit International Journal, 2021. **10**(2): p. 76-86.
17. เจริญ, เ.พ.ห., เทคนิค การ วิเคราะห์ ข้อมูล เชิง คุณภาพ. Journal of Educational Measurement Mahasarakham University, 2011. **17**(1): p. 17-29.
18. Krajzewicz, D., et al., *Recent development and applications of SUMO-Simulation of Urban MObility.* International journal on advances in systems and measurements, 2012. **5**(3&4).
19. Dosovitskiy, A., et al. *CARLA: An open urban driving simulator*. in *Conference on robot learning*. 2017. PMLR.
20. Ishihara, S., *Ishihara's Test Chart Book: 38 Plates Original Edition*. 2014: The memory Guru of India, 123 D, Pardevanpur, Kanpur-208007 India.
21. Kato, S., et al., *An Open Approach to Autonomous Vehicles.* IEEE Micro, 2015. **35**(6): p. 60-68.
22. Kato, S., et al. *Autoware on Board: Enabling Autonomous Vehicles with Embedded Systems*. in *2018 ACM/IEEE 9th International Conference on Cyber-Physical Systems (ICCPS)*. 2018.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

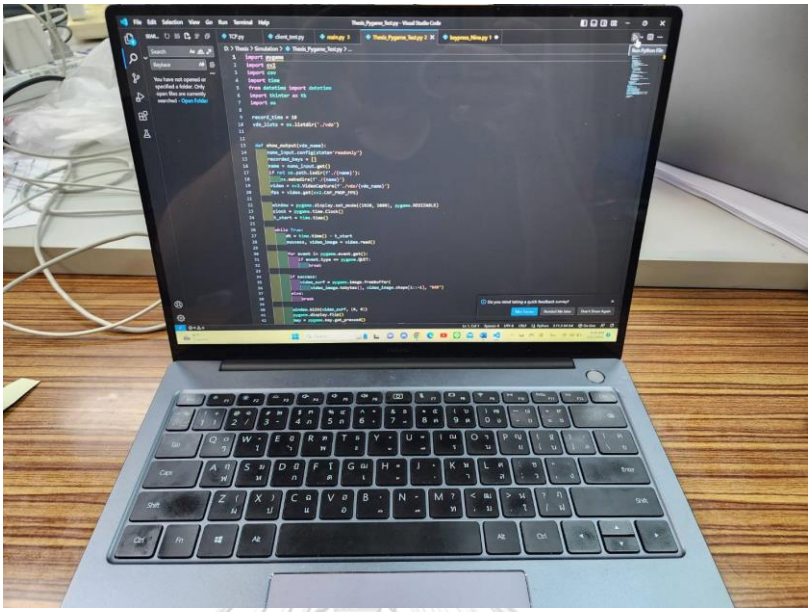
ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. คอมพิวเตอร์ (รูปที่ 60) ใช้สำหรับการทำการทดลอง Simulation



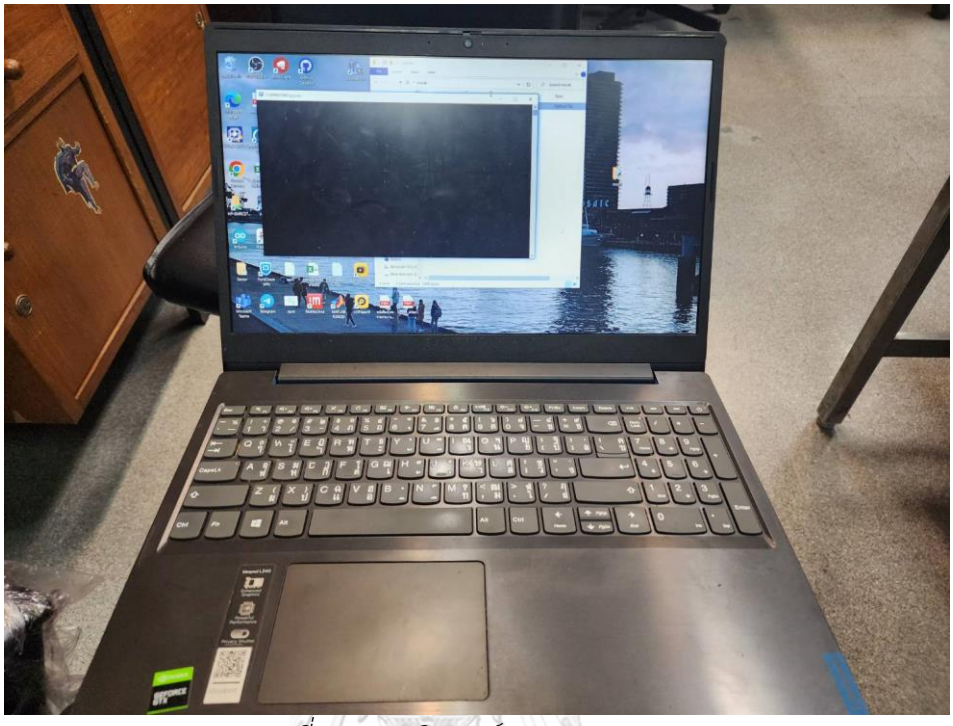
รูปที่ 60 คอมพิวเตอร์สำหรับทดลอง Simulation

ตารางที่ 39 *คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดลอง Simulation*

Specification	Detail
Manufacturer	Huawei
Model	Matebook 14
CPU	AMD Ryzen 5 4600H (3.00 GHz up to 4.00 GHz)
Ram	16 Gb
Display Resolution	(2160x1440) 2k
SSD	M.2 PCIe 512GB
VGA	AMD Radeon RX Vega 6 (Ryzen 4000)
Operation System	Window 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. คอมพิวเตอร์ (รูปที่ 61) ใช้สำหรับการทดลองภาคสนาม



รูปที่ 61 คอมพิวเตอร์ทดลองภาคสนาม

ตารางที่ 40 *คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดลองภาคสนาม*

Specification	Detail
Manufacturer	Lenovo
Model	Ideapad L340
CPU	Intel Core i7 9750H
Ram	8 GB DDR4 2400 MHz
Display Resolution	1920x1080
SSD	M.2 PCIe 512GB
VGA	NVDIA GeForce GTX 1050
Operation System	Windows 10 Home

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
โปรแกรมสำหรับการทำการทดลอง

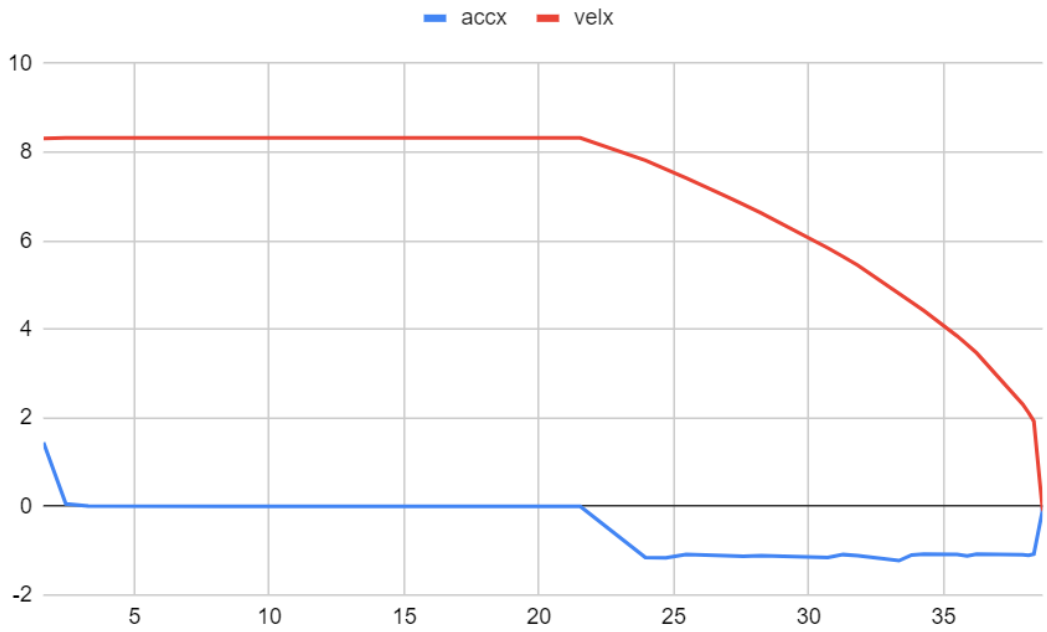
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โปรแกรมสำหรับการควบคุมรถอัตโนมัติในการทดลอง Simulation ถูกสร้างขึ้นด้วยภาษา Python ที่ทำการพัฒนาบน Microsoft Visual Studio โดยใช้คำสั่งจากในโปรแกรมจำลอง CARLA

```
import carla
import time
from math import sqrt

def spawn_vehicle(world, vehicle_location, vehicle_yaw):
    blueprint = world.get_blueprint_library()
    vehicle_blueprint = blueprint.filter("vehicle.volkswagen.t2")[0]
    vehicle_transfrom = carla.Transform(vehicle_location, vehicle_yaw)
    vehicle = world.try_spawn_actor(vehicle_blueprint, vehicle_transfrom)
    vehicle id = vehicle.id
     return vehicle, vehicle_id

def veh_throttle_control(vehicle, brake):
    vehicle.apply_control(carla.VehicleControl(throttle=0, steer=0, brake=brake))

def distance(vehicle, initial location x, initial location y):
    current_location_x = vehicle.get_location().x
    current_location_y = vehicle.get_location().y
    delta_x = abs((initial_location_x - current_location_x))
    delta_y = abs(initial_location_y - current_location_y)
    distance = sqrt(((delta_x * delta_x) + (delta_y * delta_y)))
    return distance

def final_veh_control(vehicle, initial_location_x, initial_location_y, brake):
    veh_distance = distance(
        vehicle=vehicle,
        initial location x=initial location x,
        initial_location_y=initial_location_y,
    )
    vehicle.enable_constant_velocity(carla.Vector3D(x=8.33, y=0.0, z=0.0))
    while veh_distance < 16.0:
        veh_distance = distance(
            vehicle=vehicle,
            initial_location_x=initial_location_x,
            initial_location_y=initial_location_y,
        )
        print("Do Nothing")
    vehicle.disable_constant_velocity()
    veh_throttle_control(vehicle=vehicle, brake=brake)
    return

def destroy(actor):
    lastest_actor = actor[0]
    lastest_actor.destroy()
    return print(f"Actor is destroyed")
```

รูปที่ 62 CODE ควบคุมรถอัตโนมัติใน CARLA

โดยควบคุมให้รถวิ่งคงที่ด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง มีอัตราหน่วงไม่เกิน -2 เมตร/วินาที^{2} และได้กำหนดเส้นทางการวิ่งให้ตรงกับเงื่อนไขคือ เมื่อระยะทางน้อยกว่า 16 เมตร จะทำการชะลอความเร็ว ดังรูปที่ 62



รูปที่ 63 กราฟความเร็ว อัตราหน่วง และระยะทาง ของรถอัตโนมัติในการทดลอง Simulation

```
import time
import carla
from vehicle_control import spawn_vehicle, destroy, final_veh_control

_HOST_ = "172.17.0.1"
_PORT_ = 2000
client = carla.Client(_HOST_, _PORT_)
client.set_timeout(2.0)
world = client.get_world()
actors = world.get_actors()

spectator_rotation = carla.Rotation(pitch=-1.6855, yaw=-2.4305, roll=0.0000)
spectator_location = carla.Location(
    x=-34.7425,
    y=72.3679,
    z=2.9535,
)

spectator_transform = carla.Transform(spectator_location)

stp_location = -28.1
travel distance = 40
start_x = stp_location + travel_distance

vehicle_yaw = carla.Rotation(yaw=180)
vehicle_location = carla.Location(x=start_x, y=69.43, z=2.10)
initial_location_x = start_x
initial location y = 69.43

command = str(input("input:"))
```

```
def run(command):
    if command == "v":
        vehicle, vehicle_id = spawn_vehicle(
            world=world, vehicle_location=vehicle_location, vehicle_yaw=vehicle_yaw
        )
        y = str(input(f"What you wanno do with the ego vehicle: "))

        if y == "a":
            final_veh_control(
                vehicle=vehicle,
                initial_location_x=initial_location_x,
                initial_location_y=initial_location_y,
                brake=-0.48,
            )
            print(f"DONE")

        else:
            print(f"Duh, you did nothing")

    elif command == "s":
        spectator = world.get_spectator()
        spectator.set_transform(spectator_transform)
    elif command == "d":
        destroy(world.get_actors())
    else:
        print("Nothing")
    return

run(command=command)
```

รูปที่ 64 CODE สั่งการให้รถอัตโนมัติเคลื่อนที่

สำหรับการเล่นเหตุการณ์การทดลอง Simulation ถูกสร้างขึ้นด้วยภาษา Python ที่ทำการพัฒนาบน Microsoft Visual Studio โดยใช้ Module ที่เป็น Open Source

```
import pygame
import cv2
import csv
import time
from datetime import datetime
import tkinter as tk
import os

record_time = 10
vdo_lists = os.listdir('./vdo')

def show_output(vdo_name):
    name_input.config(state='readonly')
    recorded_keys = []
    name = name_input.get()
    if not os.path.isdir(f'./{name}'):
        os.makedirs(f'./{name}')
    video = cv2.VideoCapture(f'./vdo/{vdo_name}')
```

```
    fps = video.get(cv2.CAP_PROP_FPS)

    window = pygame.display.set_mode((1920, 1080), pygame.RESIZABLE)
    clock = pygame.time.Clock()
    t_start = time.time()

    while True:
        dt = time.time() - t_start
        success, video_image = video.read()

        for event in pygame.event.get():
            if event.type == pygame.QUIT:
                break

        if success:
            video_surf = pygame.image.frombuffer(
                video_image.tobytes(), video_image.shape[1::-1], "BGR")
        else:
            break

        window.blit(video_surf, (0, 0))
        pygame.display.flip()
        key = pygame.key.get_pressed()
        recorded_keys.append([dt, key[pygame.K_SPACE]])
        clock.tick_busy_loop(fps)
    pygame.quit()

    with open(f'./{name}/{name}_{vdo_name}.csv', mode='w', newline='') as file:
        writer = csv.writer(file)
        writer.writerow(["dt", "action"])
        writer.writerows(recorded_keys)


def button(name_button, VDO_show):
    row = (name_button+5) // 5
    col = name_button % 5
    go_button = tk.Button(
        master=window, text=name_button, command=lambda: show_output(VDO_show),
width=10)
    go_button.grid(row=row, column=col, padx=10, pady=15)


window = tk.Tk()
window.title('Tester')
window.minsize(width=400, height=300)
```

```
title_label = tk.Label(
    master=window, text='ใส่ชื่อของคุณ')
title_label.grid(row=0, column=0, padx=10, pady=10)

name_input = tk.Entry(master=window, width=15)
name_input.grid(row=0, column=1, padx=10, pady=10)

edit_button = tk.Button(master=window, text='Ok!',
                        command=lambda: name_input.config(state='readonly'), width=10)
edit_button.grid(row=0, column=2, padx=10, pady=10)
edit_button = tk.Button(master=window, text='Edit Name',
                        command=lambda: name_input.config(state='normal'), width=10)
edit_button.grid(row=0, column=3, padx=10, pady=10)


for i in range(1, 23):
    button(i, vdo_lists[i-1])

window.mainloop()
```

รูปที่ 65 CODE การทดลอง Simulation

โปรแกรมสำหรับการควบคุมรถอัตโนมัติในการทดลองภาคสนาม ถูกสร้างขึ้นด้วยภาษา Python ที่ทำการพัฒนาบน Microsoft Visual Studio โดยมีการเชื่อมต่อข้อมูลกันผ่าน Network Protocol TCP

```
from __future__ import barry_as_FLUFL
import rospy
import socket
from std_msgs.msg import String


class tcp_server:
    def __init__(self, ip, port) -> None:

        rospy.init_node('tcp_server')
        rospy.Subscriber('/launch_cmd', String, self.cmd_callback)
        self.ip = ip
        self.port = port
        self.server_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
        self.server_socket.bind((self.ip, self.port))
        self.server_socket.listen(1)

        rospy.loginfo("TCP server is listening for incoming connections...")
```

```
        self.pub = rospy.Publisher('tcp_out', String, queue_size=10)
        self.payload = None

    def cmd_callback(self, msg):
        self.payload = msg.data

    def main(self):
        client_socket, client_address = self.server_socket.accept()
        while not rospy.is_shutdown():

            if self.payload:

                client_socket.sendall(self.payload.encode())
            else:

                client_socket.sendall("F,0.0,0".encode())
            data = client_socket.recv(3).decode()

            if data != "0.0":
                print(data)
                self.pub.publish(data)

        client_socket.close()
        print("disconnected")


if __name__ == '__main__':
    node = tcp_server('localhost', 6823)
    node.main()
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 66 CODE เชื่อมต่อเครือข่ายของคอมพิวเตอร์

สำหรับการทดลองภาคสนาม คอมพิวเตอร์นอกรถอัตโนมัติมีหน้าที่คอยรับค่าเวลาในการเข้าใจของผู้ทดสอบเมื่อกดปุ่ม โดยใช้ CODE ที่ให้ส่งค่าตลอดเวลา โดยเมื่อไม่มีการกดปุ่มจะทำการบันทึก 0 และเมื่อกดปุ่มเข้าใจจะบันทึก 1

```
import keyboard
import time
import socket


def main():
    HOST = '192.168.1.35'
    PORT = 6823
    payload = 0
    client_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
    client_socket.connect((HOST, PORT))
    while True:
        if keyboard.is_pressed('space'):
            payload = "1"
        else:
            payload = "0"
        client_socket.sendall(payload.encode())
        print(payload, end='', flush=True)
        time.sleep(0.01)


if   name   == "  main  ":
    main()
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 67 CODE กดปุ่มเมื่อเข้าใจของการทดลองภาคสนาม

สำหรับคอมพิวเตอร์บนรถอัตโนมัติได้มีการสั่งการจาก Python ให้ทำการแสดง eHMI เมื่อระยะของรถน้อยกว่า 16 เมตร นับจากจุดจอด

```
from cmath import inf
from ctypes import resize
from hashlib import new
import pygame
import rospy
import math
from geometry_msgs.msg import PoseStamped


class Display:
    def __init__(self) -> None:

        self.width = 1920
        self.height = 540
        self.black = (0, 0, 0)
        self.window = pygame.display.set_mode((self.width, self.height))
        self.image = pygame.image.load('Cross.png')
        self.new_size_image = (1400, 1000)
        self.image = pygame.transform.scale(self.image, self.new_size_image)
        self.dist = inf
        self.running = True
        pygame.init()
        self.goal_x = 108.5697
        self.goal_y = 4.6813
        rospy.init_node('display_node')
        rospy.Subscriber('/current_pose', PoseStamped, self.cur_pose_callback)

    def cur_pose_callback(self, msg):
        cur_x = msg.pose.position.x
        cur_y = msg.pose.position.y
        self.dist = math.hypot((cur_x-self.goal_x), (cur_y-self.goal_y))

    def main(self) -> None:

        while not rospy.is_shutdown() and self.running:
            self.window.fill(self.black)

            for event in pygame.event.get():
                if event.type == pygame.QUIT:
                    self.running = False
            print(self.dist)
            if self.dist < 16:
```

```
                self.window.blit(self.image, (300, -175))

            pygame.display.update()

        pygame.quit()


if __name__ == '__main__':
    display_node = Display()
    display_node.main()
```

รูปที่ 68 CODE บนรถอัตโนมัติที่ใช้แสดง eHMI

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค
จริยธรรมการวิจัยในคน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิทยานิพนธ์นี้ได้รับใบรับรองโครงการจาก คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาคารจามจุรี 1 ชั้น 1 ห้อง 114 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์: 02-218-3210 Email: curec2.ch1@chula.ac.th

COA No. 163/66

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 660112 การสื่อสารภายนอกระหว่างรถโดยสารรับ - ส่งอัตโนมัติกับคนเดินข้ามถนน ในสถานการณ์การข้ามถนนตรงทางม้าลาย

ผู้วิจัยหลัก นาย ณัฐชนน กิจประมงศรี

หน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิจารณาจริยธรรมการวิจัยโดยยึดหลัก ของ Declaration of Helsinki, the Belmont report, CIOMS guidelines และ The international conference on harmonization – Good clinical practice (ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม (รองศาสตราจารย์ ดร. นวลน้อย ตรีรัตน์)
ประธานคณะกรรมการ

ลงนาม (อาจารย์ ดร. ศยามล เจริญรัตน์)
กรรมการและเลขานุการ

รูปแบบการพิจารณาทบทวน: แบบลดขั้นตอน

วันที่รับรอง: 28 เมษายน 2566 **วันหมดอายุ:** 27 เมษายน 2567

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1. เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่างผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
2. หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย
3. ประวัติผู้วิจัย (CV)
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เงื่อนไข

1. ผู้วิจัยรับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-13) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นหลักฐานในการปิดโครงการ
8. โครงการวิจัยที่ได้รับการอนุมัติโครงการโดยการพิจารณาทบทวนแบบกรณียกเว้น (Exemption review) ปฏิบัติตามเงื่อนไข ข้อ 1,6 และ 7 เท่านั้น

เลขที่โครงการวิจัย 660112
วันที่รับรอง 28 เม.ย. 2566
วันที่หมดอายุ 27 เม.ย. 2567

Digital Certificate

This application was created using the trial version of the XtraReports.

รูปที่ 69 ใบรับรองโครงการวิจัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	Natchanon Kitpramongsri
วัน เดือน ปี เกิด	08 December 1997
สถานที่เกิด	Rayong
วุฒิการศึกษา	Chulalongkorn University
ที่อยู่ปัจจุบัน	17/2 Chonprathan Rd. 2 Choeng Noen Subdistrict Mueang Rayong District, Rayong Province 21000
ผลงานตีพิมพ์	-
รางวัลที่ได้รับ	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY