ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246932

การวิเคราะห์การหลอมปั๊มฉีดที่ส่งผลกระทบต่อการหดตัวในผลิตภัณฑ์ยาง

นายพัชราบุทธ์ ดันทน์หอม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246932

การวิเคราะห์การทดลองปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืน

นายพัชรายุทธ์ จันทน์หอม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5270622421

AN EXPERIMENTAL ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING NIGHTTIME VISIBILITY OF TRAFFIC SIGN

Mr. Patcharayut Chanhom

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์การทดลองปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืน
โดย	นาย พัชรายุทธ์ จันทน์หอม
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม ชูจารุกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้เป็นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร. บุญชัย แสงเพชรงาม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. เกษม ชูจารุกุล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. กิตติ มโนคุ้น)

พัชรายุทธ์ จันทน์หอม: การวิเคราะห์การทดลองปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืน. (AN EXPERIMENTAL ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING NIGHTTIME VISIBILITY OF TRAFFIC SIGN) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ ดร. เกษม ชูจารุกุล, 230 หน้า.

246932

การศึกษาการวิเคราะห์การทดลองปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืนตั้งอยู่บนการศึกษาปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อการมองเห็นป้ายจราจรโดยสามารถตรวจวัดได้จากระยะทางที่ผู้ขับขี่บนถนนตรวจพบและมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืน ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ปัจจัยด้านกายภาพของป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และลักษณะของผู้ขับขี่ โดยพิจารณาบนพื้นฐานการศึกษาเงื่อนไขการติดตั้งและสายทางในประเทศไทยเพื่อนำไปสู่แนวทางมาตรฐานที่เหมาะสมในการติดตั้งป้ายจราจรเพื่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระดับของปัจจัยประกอบด้วยประเภทยานพาหนะ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายจราจร ความเร็วขับขี่ ระดับความสูงป้าย และกลุ่มอายุผู้ขับขี่ ซึ่งจากงานวิจัยในอดีตมีแนวโน้มว่าปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลต่อการมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืน งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลองทดสอบหาค่าระยะการมองเห็นป้ายจราจรจากผู้ขับขี่แต่ละช่วงอายุ นอกจากนี้ในงานวิจัยได้มีการควบคุมปัจจัยควบคุมต่างๆเพื่อให้ผลการทดสอบถูกต้อง ได้แก่ ประเภทถนน ลักษณะเรขาคณิตของถนน ปริมาณการจราจร และช่วงเวลาในการทดสอบ นอกจากนี้ยังเป็นการจำกัดตัวแปรหรือปัจจัยที่ไม่สนใจในการศึกษาและอาจส่งผลต่อปัจจัยที่ศึกษาอื่นๆในงานวิจัย ผลลัพธ์จากการทดลองพบว่าค่าระยะการมองเห็นและระยะการตรวจพบป้ายจราจรของรถยนต์ส่วนบุคคลมีค่าสูงกว่ารถจักรยานยนต์อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง และระดับความสูงป้ายจราจรส่งผลต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นอย่างมีนัยสำคัญสำหรับป้ายทางแยกรูปตัวที ป้ายหยุด และป้ายจำกัดความเร็ว ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางในการพัฒนาป้ายจราจรโดยให้มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานการสะท้อนแสงขั้นต่ำ หรือปรับเพิ่มระยะการติดตั้งป้ายจราจรให้ห่างจากจุดเตือนหรือจุดอันตรายเพื่อให้ผู้ขับขี่มีระยะการมองเห็นป้ายจราจรได้ไกลมากขึ้นในเวลากลางคืน

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต นายพัชรายุทธ์ จันทน์หอม

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2553

5270622421: MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS: NIGHTTIME VISIBILITY / LEGIBILITY DISTANCE / DETECTION DISTANCE / EXPERIMENTAL DESIGN / TRAFFIC SIGN

PATCHARAYUT CHANHOM: AN EXPERIMENTAL ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING NIGHTTIME VISIBILITY OF TRAFFIC SIGN. ADVISOR: ASSOC. PROF. KASEM CHOOCHARUKUL, Ph.D., 230 pp.

246932

This study attempts to investigate underlying factors that could affect traffic sign visibility, which can be measured by road user's detection distance when driving at night. Such factors may be due to physical characteristics of traffic signs, types of vehicle, and characteristics of road users. Significant factors under prevailing road conditions in Thailand are identified. The findings would help developing a more appropriate guideline for installation of traffic signs so that such road furniture can guarantee the maximum safety of road users, particularly on the visibility at night. In terms of study design, several factors are investigated, i.e., types of vehicles, coefficient of retroreflectivity, driving speed, height of traffic signs, and characteristics of road users. Systematic experimental deign is applied to study these effects on legibility distance. Subjects were recruited from road users with different age groups. The controlled variables in the experiment consist of road condition, road geometry, traffic volume, and time of the day during the experiment. Findings indicate that the passenger car provided statistically longer legibility distances and detection distances than the motorcycle. Coefficient of Retroreflection and Sign height was significant for T-junction sign stop sign and speed limit sign. The researcher also recommends that Department of Rural Roads (DRR) installs and maintains traffic sign to be higher than minimum retroreflectivity levels or increase the advance placement of traffic signs.

Department: Civil Engineering

Field of Study: Civil Engineering

Academic Year: 2010

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. เกษม ชูจารุกุล อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเสร็จสิ้น นอกจากนี้ข้าพเจ้ายังได้เรียนรู้หลักการทำงานวิจัยต่างๆนอกเหนือจากวิทยานิพนธ์ และการให้โอกาสด้านการศึกษารวมถึงความอนุเคราะห์ช่วยเหลือข้าพเจ้าในด้านต่างๆเสมอมา จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.บุญชัย แสงเพชรงาม และ ดร.กิตติ มโนคุ้น ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งแนวคิดและวิสัยทัศน์ที่ข้าพเจ้าได้รับในการทำวิทยานิพนธ์ และความรู้ทางด้านวิศวกรรมการขนส่ง ข้าพเจ้าขอขอบคุณท่านคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งและจราจร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งคณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความรู้พื้นฐานในระดับปริญญาบัณฑิตทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันเป็นประโยชน์ทั้งในการทำวิจัยและประกอบอาชีพแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ นายเกริกฤทธิ์ ศรีรุ่งวิกรัย และนายสมชาย วิกิจไพศาล ที่เป็นผู้คอยช่วยเหลือในการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย และช่วยเหลือด้านต่างๆเสมือนพี่น้อง สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ย่า และครอบครัวทุกคน ที่คอยอบรมสั่งสอนให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้ามาโดยตลอด ขอขอบคุณแรงผลักดันต่างๆที่ทำให้ข้าพเจ้ามีเส้นทางที่ดีมาจนถึงทุกวันนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบั๋ญภาพ ..... ฑ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 8
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 9
1.5 แนวทางการดำเนินการวิจัย 10
1.6 องค์ประกอบของรายงานการวิจัย 10
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
2.1 ป้ายจราจร 12
2.1.1 การติดตั้งป้ายจราจร 16
2.1.2 เสาป้ายจราจร 16
2.1.3 ความสูงของการติดตั้งป้ายจราจร 17
2.1.4 ระยะการติดตั้งทางขวางของป้ายจราจร 17
2.1.5 ตำแหน่งการติดตั้งป้ายจราจร 18
2.1.6 ระยะการติดตั้งป้ายจราจร 21
2.2 ทฤษฎีการสะท้อนแสงของป้ายจราจร 24
2.3 วัสดุและประเภทป้ายจราจรสะท้อนแสง 31
2.4 การประเมินการสะท้อนแสงของป้ายจราจร 36
2.4.1 การวัดค่าโดยเครื่องมือพกพา 37
2.4.2 สรุปงานวิจัยวิธีการวัดค่าการสะท้อนแสงของป้ายจราจร 39
2.4.3 แนวทางการวัดค่าการสะท้อนแสงของป้ายจราจรโดยเครื่องมือพกพา 40

หน้า

2.5 งานวิจัยปัจจัยที่มีผลต่อการสะท้อนแสงของป้ายจราจร 43
2.6 งานวิจัยการกำหนดวิธีและเกณฑ์การวัดค่าการสะท้อนแสงของป้ายจราจร 57
2.7 สรุปผลการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....69
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 71
3.1 ปัจจัยที่ทำการศึกษา.....71
3.2 วิธีการศึกษา 73
3.3 ปัจจัยที่ทดสอบ.....80
3.4 พื้นที่ศึกษา.....82
3.5 ป้ายจราจรที่ศึกษา.....88
3.6 ยานพาหนะ 97
3.7 ผู้เข้าร่วมทดสอบ 101
3.8 การทดสอบขับขี่บนสนามทดลองควบคุมเวลากลางคืน 103
3.9 แนวทางในการวิเคราะห์ 106
3.9.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน 106
3.9.2 การวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอย.....111
บทที่ 4 ผลการศึกษาการทดลองปัจจัย.....113
4.1 ข้อมูลคุณลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม และข้อมูลการเดินทางของผู้ขับขี่ 113
4.2 ข้อมูลทัศนคติและความคิดเห็นของผู้ขับขี่ทดสอบ 116
4.3 ข้อมูลการตอบสนองของผู้ขับขี่จากการทดลอง 122
4.3.1 ค่าระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามกลุ่มอายุและประเภทป้ายจราจร 123
4.3.2 ค่าระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจรและยานพาหนะ.....128
4.3.3 ค่าระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็น ของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และระดับความสูงของป้าย 132
4.3.4 ค่าระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และค่าการสะท้อนแสง 136
4.3.5 ค่าระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะและความเร็วขับขี่.....141

หน้า

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองเชิงความแตกต่างแต่ละปัจจัยหลัก.....146
4.5 สรุปผลการศึกษาการทดลองปัจจัย.....154
บทที่ 5 ผลลัพธ์จากแบบจำลองและการประยุกต์.....156
5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืน.....156
5.1.1.ป้ายทางแยกรูปตัวที กรณีการทดสอบรถยนต์ส่วนบุคคล.....157
5.1.2 ป้ายหยุด กรณีการทดสอบรถยนต์ส่วนบุคคล.....161
5.1.3 ป้ายจำกัดความเร็ว กรณีการทดสอบรถยนต์ส่วนบุคคล.....166
5.1.4. ป้ายทางแยกรูปตัวที กรณีการทดสอบรถจักรยานยนต์.....171
5.1.5 ป้ายหยุด กรณีการทดสอบรถจักรยานยนต์.....174
5.1.6 ป้ายจำกัดความเร็ว กรณีการทดสอบรถจักรยานยนต์.....177
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็น.....184
5.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะตรวจพบและระยะมองเห็นป้ายจราจรของรถยนต์ส่วนบุคคล.....184
5.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะตรวจพบและระยะมองเห็นป้ายจราจรของรถจักรยานยนต์.....185
5.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะตรวจพบและระยะมองเห็นป้ายจราจรโดยพิจารณารถยนต์ส่วนบุคคลรวมกับรถจักรยานยนต์.....187
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา.....189
6.1 สรุปผลการศึกษา.....189
6.1.1 สรุปผลของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการมองเห็นป้ายจราจรของผู้ขับขี่ในเวลากลางคืน.....189
6.1.2 อายุผู้ขับขี่.....192
6.1.3 ยานพาหนะ.....192
6.1.4 ป้ายจราจร.....192
6.1.5 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง.....193
6.1.6 ระดับความสูง.....193
6.1.7 ความเร็วขับขี่.....194
6.2 ความเหมาะสมของเกณฑ์มาตรฐานการติดตั้งป้ายจราจร.....194

หน้า

6.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต 200
รายการอ้างอิง.....202
ภาคผนวก.....205
ภาคผนวก ก.....206
ภาคผนวก ข.....209
ภาคผนวก ค.....222
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....230

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 จำนวนข้อมูลผู้ป่วยและอุบัติเหตุข้างทางในปี พ.ศ. 2544-2550 4
1.2 ปัจจัยควบคุมแต่ละองค์ประกอบหลักของการขับขี่บนถนน 9
2.1 รูปร่างและลักษณะแต่ละประเภทป้ายจราจร 14
2.2 ระยะสำหรับติดตั้งป้ายจราจรเพื่อเตือนผู้ขับขี่ 18
2.3 ขนาดป้ายและเงื่อนไขการใช้ป้ายจราจร 19
2.4 วิธีการคำนวณระยะเวลาการอ่านพื้นฐาน 3 ขั้นตอน 22
2.5 ระยะของผู้ขับขี่ในการตัดสอนใจเปลี่ยนช่องจราจร 23
2.6 เกณฑ์ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงขั้นต่ำและองค์ประกอบของค่ามุม 29
2.7 ประเภทป้ายจราจรสะท้อนแสงตามมาตรฐาน ASTM 34
2.8 วิธีการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและข้อจำกัดต่างๆ 36
2.9 ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการทดสอบเครื่องมือวัดแสง กับการทดสอบในห้องปฏิบัติการมืดและการทดสอบโดยผู้สำรวจ 37
2.10 ตารางสรุปวิธีการวัดจากงานวิจัยต่างๆ 39
2.11 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการมองเห็นของป้ายจราจร 44
2.12 ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของ R_A แบ่งตามสีป้ายจราจร 47
2.13 ตัวแปรทดสอบและตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติ 56
2.14 ผลสำรวจการประเมินป้ายจราจรสะท้อนแสงโดยผู้สำรวจ 60
2.15 เกณฑ์ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงขั้นต่ำของป้ายจราจร 61
2.16 ค่าการสะท้อนแสงที่แนะนำสำหรับป้ายเตือน อักษรดำบนพื้นเหลืองหรือส้ม 62
2.17 ค่าการสะท้อนแสงที่แนะนำ อักษรขาวบนพื้นแดง 62
2.18 ค่าการสะท้อนแสงที่แนะนำสำหรับป้ายบังคับ อักษรดำหรือดำและแดงบนพื้นขาว 63
2.19 ค่าการสะท้อนแสงที่แนะนำสำหรับป้ายแนะนำ อักษรขาวบนพื้นเขียว 63
2.20 เกณฑ์การสะท้อนแสงขั้นต่ำของป้ายแนะนำและป้ายชื่อถนน 64
2.21 เกณฑ์การสะท้อนแสงขั้นต่ำของทุกสีป้ายจราจร 65
3.1 ปัจจัยทดสอบแบบ 3 ปัจจัย 3 ระดับ 73
3.2 การทดสอบปัจจัยทั้งหมด 27 สถานการณ์ 80
3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายจราจรในการทดสอบภาคสนาม 92

ตารางที่ หน้า

3.4 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะที่ต้องทำการวัดค่า 98
3.5 สูตรคำนวณหามุมสังเกต และมุมตกกระทบ 100
3.6 คุณลักษณะผู้ขับขี่ที่เข้าร่วมทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการมองเห็นป้ายจราจรเวลากลางคืน 101
3.7 สูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแบบจำลอง 3 ปัจจัย แบบผลกระทบคงที่ 110
4.1 ข้อมูลคุณลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมแบ่งตามกลุ่มอายุผู้เข้าร่วมทดสอบ 114
4.2 ข้อมูลการเดินทางแบ่งตามกลุ่มอายุผู้เข้าร่วมทดสอบ 115
4.3 ร้อยละของความคิดเห็นด้านทัศนคติเกี่ยวกับความสำคัญของปัจจัยด้านอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยบนสายทางเวลากลางคืนของผู้เข้าร่วมทดสอบ 118
4.4 ร้อยละของความคิดเห็นด้านทัศนคติเกี่ยวกับความพึงพอใจของปัจจัยด้านอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยบนสายทางเวลากลางคืนของผู้เข้าร่วมทดสอบ 120
4.5 ผลการทดสอบค่าระยะการตรวจพบของป้ายจราจร จำแนกตามกลุ่มอายุและประเภทป้ายจราจร 125
4.6 ผลการทดสอบค่าระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามกลุ่มอายุและประเภทป้ายจราจร 126
4.7 ผลการทดสอบค่าระยะการตรวจพบของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจรและประเภทยานพาหนะ 129
4.8 ผลการทดสอบค่าระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจรและประเภทยานพาหนะ 130
4.9 ผลการทดสอบค่าระยะการตรวจพบของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และระดับความสูงของป้าย 133
4.10 ผลการทดสอบค่าระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และระดับความสูงของป้าย 134
4.11 ผลการทดสอบค่าระยะการตรวจพบของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และระดับการสะท้อนแสง 138
4.12 ผลการทดสอบค่าระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และระดับการสะท้อนแสง 139
4.13 ผลการทดสอบค่าระยะการตรวจพบของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และระดับความเร็วขับขี่ 143

ตารางที่ หน้า

4.14 ผลการทดสอบค่าระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และระดับความเร็วขับขี่ 144
5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายทางแยกรูปตัวที โดยรถยนต์ส่วนบุคคล 159
5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายหยุด โดยรถยนต์ส่วนบุคคล 162
5.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจำกัดความเร็ว โดยรถยนต์ส่วนบุคคล 167
5.4 สรุปปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นของรถยนต์ส่วนบุคคลจำแนกตามประเภทป้ายจราจร 170
5.5 สมการแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นของปัจจัยที่มีนัยสำคัญ....171
5.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายทางแยกรูปตัวที โดยรถจักรยานยนต์ 172
5.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายหยุด โดยรถจักรยานยนต์ 175
5.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจำกัดความเร็ว โดยรถจักรยานยนต์....178
5.9 สรุปปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นของรถจักรยานยนต์จำแนกตามประเภทป้ายจราจร 182
5.10 สมการแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นของปัจจัยที่มีนัยสำคัญ....183
5.11 สรุปความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างระยะการมองเห็นและระยะการตรวจพบป้ายจราจร 188
6.1 สรุปปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบและมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืน....190
6.2 สถิติค่าระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงระดับกลางและระดับความสูงป้ายจราจร 0 เมตร โดยรถยนต์ส่วนบุคคล และรถจักรยานยนต์ 195
6.3 สถิติค่าระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงระดับกลางและระดับความสูงป้ายจราจร 1.5 เมตร โดยรถยนต์ส่วนบุคคล และรถจักรยานยนต์....196
6.4 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะจากงานวิจัยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืน....199

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 จำนวนผู้เสียชีวิตที่ลดลงจากการเพิ่มความปลอดภัยในประเทศออสเตรเลีย.....2
1.2 สัดส่วนอุบัติเหตุต่อระยะการเดินทางในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน 4
1.3 ร้อยละจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุข้างทางแยกตามประเภทยานพาหนะแต่ละช่วงเวลา.....5
1.4 ร้อยละจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุข้างทางแยกตามช่วงเวลากลางคืนและกลางวัน.....5
1.5 ปริมาณความต้องการความสว่างในการมองเห็นกลางคืนของผู้ขับขี่ที่แปรเปลี่ยนตามอายุ.....6
1.6 ความแตกต่างของป้ายจราจรต่อการมองเห็นในสภาพกลางวันและกลางคืนของผู้ขับขี่ 7
1.7 ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย 11
2.1 ประเภทป้ายจราจร 13
2.2 ระยะการติดตั้งป้ายบริเวณข้างทาง 20
2.3 องค์ประกอบของระยะการมองเห็นและอ่านได้ในการออกแบบติดตั้งป้ายจราจร 21
2.4 ประเภทการสะท้อนแสง 25
2.5 กระบวนการสะท้อนแสงกลับของป้ายจราจรจากไฟรถของผู้ขับขี่.....26
2.6 ความสว่างของการสะท้อนแสงกลับตามแนวรัศมี.....27
2.7 มุมที่เกี่ยวข้องกับการวัดค่าการสะท้อนแสงของยานยนต์ 2-headlamp.....28
2.8 มุมที่เกี่ยวข้องกับการวัดค่าการสะท้อนแสงของยานยนต์ 1-headlamp.....28
2.9 ค่าการสะท้อนแสงที่มุมสังเกตต่างๆแต่ละประเภทป้ายจราจร 29
2.10 ค่าการสะท้อนแสงที่มุมสังเกตและมุมตกกระทบ ของป้ายจราจร Type III.....30
2.11 หลักการของวัสดุสะท้อนแสงโดยทั่วไป.....31
2.12 ประเภทวัสดุสะท้อนแสงและหลักการทำงาน.....33
2.13 อุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงแบบพกพา.....40
2.14 อุปกรณ์วัดค่าการสะท้อนแสงที่ไม่ต้องสัมผัสกับป้าย.....41
2.15 เครื่องมือการทดสอบค่าการสะท้อนแสงแบบจุดและแบบวงแหวน 42
2.16 การวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายจราจรในภาคสนาม 43
2.17 สัมประสิทธิ์ความแปรผันของ R_A เทียบอายุป้ายจราจร.....48
2.18 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงแยกประเภทสีเทียบอายุป้ายจราจร 48
2.19 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสของป้ายแต่ละสีแบ่งตามทิศทาง.....49
2.20 สัมประสิทธิ์ความแปรผันของ R_A ของป้ายแต่ละสีแบ่งตามทิศทาง 49

ภาพที่ หน้า

2.21 สติกเกอร์บันทึก เดือน ปี การติดตั้งป้ายจราจรและเครื่องมือ GPS แบบพกพา 52
2.22 ART Sign Master 920 SEL วัดค่าการสะท้อนแสงแบบพกพาและจุดวัดค่าของป้ายหยุด 52
2.23 ความสัมพันธ์ค่า R_A และอายุของป้ายจราจรสีแดง 53
2.24 ความสัมพันธ์ค่า R_A และ Azimuth ของป้ายจราจรสีแดงอายุ 0-5 ปี 53
2.25 ความสัมพันธ์สัดส่วนค่า R_A สีขาว/แดง และอายุป้ายจราจร 54
2.26 การกระจายค่า R_A ตามช่วงอายุของป้ายจราจรสีเหลือง 54
2.27 การประเมินค่าอันดับการสะท้อนแสงในห้องปฏิบัติการ 58
2.28 การประเมินค่าอันดับการสะท้อนแสงบนถนนที่มีการควบคุม 59
2.29 การประเมินค่าอันดับการสะท้อนแสงบนถนนของรัฐวอชิงตัน 59
2.30 การทดสอบวัดค่าความสว่างของป้ายจราจรสูง และป้ายชื่อถนน 64
2.31 ประเภทป้ายจราจรที่ใช้ในการทดสอบ (ก) Guide Sign (ข) Destination Sign (ค) Daytime Speed Limit Sign (ง) Nighttime Speed Limit Sign 66
2.32 การทดสอบระยะการมองเห็นในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 67
2.33 รูปแบบอักษรและระยะมองเห็น 68
3.1 การทดสอบปัจจัยต่อระยะการมองเห็นป้ายจราจรในสนามทดสอบ 75
3.2 พารามิเตอร์ในการวัดระยะทาง 77
3.3 แนวการขับขี่ยานพาหนะของผู้ทดสอบในสนามทดลอง 78
3.4 แผนภาพระยะต่างๆในการดำเนินการทดสอบภาคสนาม 79
3.5 ลักษณะถนน 2 ช่องจราจรของกรมทางหลวงชนบทในการทดสอบภาคสนาม 82
3.6 ลักษณะถนน 2 ช่องจราจรของกรมทางหลวงชนบทในการทดสอบภาคสนาม 83
3.7 ลักษณะป้ายจราจรที่ติดตั้งบนสายทางก่อนการทดสอบภาคสนาม 83
3.8 ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางของสายทางทดสอบ 84
3.9 เสาป้ายจราจรที่ทำการติดตั้งใหม่เพื่อการทดสอบงานวิจัย 85
3.10 การติดตั้งป้ายบอกระยะทางทุกๆ 25 เมตร 86
3.11 ป้ายบอกระยะทางทุกๆ 25 เมตร และกรวยระยะ 200 เมตร ด้านข้างสนามทดสอบ 86
3.12 เสาและตำแหน่งติดตั้งป้ายจราจรที่ระดับต่างๆ (ก) ป้ายหยุด (ข) ป้ายทางแยกรูปตัวที (ค) ป้ายจำกัดความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 87
3.13 การสุ่มจุดการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายจราจร 4 จุดในแต่ละประเภทสี 88
3.14 เครื่องมือใช้วัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายจราจรในภาคสนาม 89

ภาพที่ หน้า

3.15 องค์ประกอบมุมการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายจราจร 90
3.16 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายจราจรแต่ละประเภท 90
3.17 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายจราจรเก่า 91
3.18 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายจราจรบนเส้นทาง 91
3.19 กราฟระดับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายจราจรแต่ละประเภทในการทดสอบ 93
3.20 ลักษณะป้ายหยุด ป้ายทางแยกรูปตัวที ป้ายจำกัดความเร็ว 30 กม.ต่อชม. แต่ละระดับการสะท้อนแสงที่ใช้ทดสอบ 95
3.21 ประเภทป้ายจราจรในการทดสอบ 97
3.22 ประเภทยานพาหนะที่ใช้การทดสอบในงานวิจัย 98
3.23 กราฟฟิกจำลองเพื่อหามุมสังเกต และมุมตกกระทบ 99
3.24 แผ่นวัดระดับสายตา Snellen's chart 102
3.25 การทดสอบวัดระดับสายตาผู้ขับขี่ทดสอบ 102
3.26 การทดสอบขับขี่ของผู้เข้าร่วมเพื่อประเมินระยะพบและมองเห็นป้ายจราจร 103
3.27 การทดสอบขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมเพื่อประเมินระยะพบและมองเห็นป้าย 104
3.28 การทดสอบขับขี่รถจักรยานยนต์ของผู้เข้าร่วมเพื่อประเมินระยะพบและมองเห็นป้าย 104
3.29 การเปลี่ยนปัจจัยทางกายภาพของป้ายจราจรแต่ละชุดทดสอบ 105
4.1 ทัศนคติความสำคัญที่มีต่ออุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยบนสายทางเวลากลางคืน 118
4.2 ทัศนคติความพึงพอใจที่มีต่ออุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยบนสายทางเวลากลางคืน 120
4.3 การวิเคราะห์คุณภาพการให้บริการด้านอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยบนสายทางเวลากลางคืน. 122
4.4 ผลการทดสอบค่าระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็น จำแนกตามกลุ่มอายุ และประเภทป้ายจราจร 127
4.5 ผลการทดสอบค่าระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็น จำแนกตามประเภทป้ายจราจร และประเภทยานพาหนะ 131
4.6 ผลการทดสอบค่าระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และระดับความ สูงของป้าย 135
4.7 ผลการทดสอบค่าระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และระดับการสะท้อนแสง 140
4.8 ผลการทดสอบค่าระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจราจร จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ประเภทยานพาหนะ และระดับความเร็วขับขี่ 145

ภาพที่ หน้า

4.9 ผลของปัจจัยหลักประเภทป้ายที่มีต่อระยะการตรวจพบป้ายจราจร 146
4.10 ผลของปัจจัยหลักประเภทป้ายที่มีต่อระยะการมองเห็นป้ายจราจร 147
4.11 ผลของปัจจัยหลักประเภทยานพาหนะที่มีต่อระยะการตรวจพบป้ายจราจร 148
4.12 ผลของปัจจัยหลักประเภทยานพาหนะที่มีต่อระยะการมองเห็นป้ายจราจร 148
4.13 ผลของปัจจัยหลักประเภทกลุ่มอายุผู้ขับขี่ที่มีต่อระยะการตรวจพบป้ายจราจร 149
4.14 ผลของปัจจัยหลักประเภทกลุ่มอายุผู้ขับขี่ที่มีต่อระยะการมองเห็นป้ายจราจร 150
4.15 ผลของปัจจัยหลักระดับความเร็วขับขี่ที่มีต่อระยะการตรวจพบป้ายจราจร 150
4.16 ผลของปัจจัยหลักระดับความเร็วขับขี่ที่มีต่อระยะการมองเห็นป้ายจราจร 151
4.17 ผลของปัจจัยหลักระดับความสูงที่มีต่อระยะการตรวจพบป้ายจราจร 152
4.18 ผลของปัจจัยหลักระดับความสูงที่มีต่อระยะการมองเห็นป้ายจราจร 152
4.19 ผลของปัจจัยหลักระดับการสะท้อนแสงที่มีต่อระยะการตรวจพบป้ายจราจร 153
4.20 ผลของปัจจัยหลักระดับการสะท้อนแสงที่มีต่อระยะการมองเห็นป้ายจราจร 154
5.1 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการตรวจพบป้ายทางแยกรูปตัวที 160
5.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและระดับความสูงต่อระยะการตรวจพบป้ายทางแยกรูปตัวที 160
5.3 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายทางแยกรูปตัวที 161
5.4 ปัจจัยค่าระดับความสูงต่อระยะการตรวจพบป้ายหยุด 163
5.5 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการตรวจพบป้ายหยุด 163
5.6 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายหยุด 164
5.7 ปัจจัยค่าระดับความสูงต่อระยะการตรวจพบป้ายหยุด 165
5.8 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและระดับความเร็วขับขี่ต่อระยะการมองเห็นป้ายหยุด 165
5.9 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการตรวจพบป้ายจำกัดความเร็ว 168
5.10 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายจำกัดความเร็ว 168
5.11 ปัจจัยค่าระดับความสูงต่อระยะการตรวจพบป้ายทางแยกรูปตัวที 173
5.12 ปัจจัยค่าระดับความสูงต่อระยะการมองเห็นป้ายทางแยกรูปตัวที 173
5.13 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายทางแยกรูปตัวที 174
5.14 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการตรวจพบป้ายทางหยุด 176
5.15 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายหยุด 176

ภาพที่ หน้า

5.16 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการตรวจพบป้ายจำกัดความเร็ว 179
5.17 ปัจจัยค่าระดับความสูงต่อระยะการตรวจพบป้ายจำกัดความเร็ว 179
5.18 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายจำกัดความเร็ว 180
5.19 ปัจจัยค่าระดับความเร็วต่อระยะการมองเห็นป้ายจำกัดความเร็ว 180
5.20 กราฟความสัมพันธ์ของระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของรถยนต์ส่วนบุคคล จำแนกตามประเภทป้ายจราจร 185
5.21 กราฟความสัมพันธ์ของระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของรถจักรยานยนต์ จำแนกตามประเภทป้ายจราจร 186
5.22 กราฟความสัมพันธ์ของระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของรถยนต์ส่วนบุคคลรวมกับรถจักรยานยนต์ จำแนกตามประเภทป้ายจราจร 187
6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและระยะทางหยุดรถอย่างปลอดภัย 197
6.2 ระยะลดความเร็วก่อนเข้าโค้งของผู้ขับขี่ 198