

ผลลัพธ์จากแบบจำลองและการประยุกต์

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางสถิติ ตลอดจนผลลัพธ์จากแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์ทั้งสิ้น 2 ประเภท คือแบบจำลองการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และแบบจำลองการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) โดยแบบจำลองการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะใช้พิจารณาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืน ในขณะที่แบบจำลองการวิเคราะห์ความถดถอยจะใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆที่ศึกษาที่มีต่อตัวแปรตอบสนองอันได้แก่ ระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นป้ายจราจร

5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืน

การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองได้ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบ่งการพิจารณาเป็น 6 ประเภท โดยจำแนกตามประเภทยานพาหนะรถยนต์ ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล และรถจักรยานยนต์ ประเภทป้ายจราจร ได้แก่ ป้ายทางแยกรูปตัวที ป้ายหยุด และป้ายจำกัดความเร็ว ผู้วิจัยพิจารณาวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะปัจจัยแบบคงที่ 3 ทิศทาง (Three-way fixed-effect ANOVA) ที่มีต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นป้ายจราจรในเวลากลางคืน โดยปัจจัยที่ทำการวิเคราะห์ประกอบไปด้วย ความเร็วขยับขึ้น ความสูงป้ายจราจร และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง โดยพิจารณาแต่ละช่วงอายุที่เท่าๆกันเป็นเสมือนจำนวนการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (3 Replications)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็น ตัวแปรหรือปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการแสดงผลในรูปของกราฟ Box Plot ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มการกระจายของข้อมูล ค่าเฉลี่ย และค่ามัธยฐาน ของข้อมูล เพื่อให้เห็นถึงแนวโน้มของผลของตัวแปรดังกล่าวที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองชัดเจนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลซึ่งกันและกันอย่างมีนัยสำคัญจะแสดงในลักษณะแผนภาพปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ 2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง ได้แก่ ระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นป้ายจราจร

5.1.1 ป้ายทางแยกรูปตัวที กรณีการทดสอบรถยนต์ส่วนบุคคล

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบ (Detection Distance) และระยะการมองเห็น (Legibility Distance) ของป้ายทางแยกรูปตัวที โดยพิจารณารถยนต์ส่วนบุคคล ตารางที่ 5.1 (ก) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้าย (Retroreflectivity) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงและค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้าย (Height * Retroreflectivity) มีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบป้ายที่ระดับความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 99 เนื่องจากในการขับขี่เวลากลางคืนการพบป้ายจราจรจะขึ้นกับว่าป้ายจราจรนั้นสามารถสังเกตเห็นได้ง่ายกว่าและมีประสิทธิภาพให้ผู้ขับขี่มองเห็นได้ไกลเพียงใด ความสามารถในการสะท้อนแสงของป้ายจราจรจึงเป็นส่วนที่ทำให้ผู้ขับขี่สามารถตรวจพบป้ายได้จากการสะท้อนแสงของไฟรถยนต์ไปยังป้ายจราจร นอกจากนี้ปัจจัยด้านระดับความสูงป้าย (Height) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความเร็วขับขี่และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้าย (Speed * Retroreflectivity) มีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบป้ายที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 นั่นหมายความว่าระดับความสูงและความเร็วส่งผลต่อการพบป้ายเช่นเดียวกันแต่ในระดับที่น้อยกว่า

รูปที่ 5.1 แสดงกราฟ Box Plot ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายต่อระยะการตรวจพบ โดยพบว่าที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูงขึ้นทำให้ค่าระยะการตรวจพบเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของป้ายสูงขึ้นตามลำดับ ในส่วนของระดับความสูงและค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายเป็นส่วนหนึ่งในการทำให้ผู้ขับขี่สังเกตเห็นป้ายได้ที่ระยะทางไกลที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.2 โดยพบว่าที่ระดับการสะท้อนสูงขึ้นไปในแต่ละระดับความสูงค่าระยะการตรวจพบมีแนวโน้มสูงขึ้นยกเว้นที่ระดับความสูงของป้าย 1.5 เมตร ซึ่งที่ระดับการสะท้อนแสงระดับกลางให้ค่าระยะการตรวจพบค่อนข้างสูง อาจเนื่องจากเป็นระดับความสูงและค่าการสะท้อนแสงป้ายที่ทำให้ผู้ขับขี่คุ้นเคย และยังเป็นมาตรฐานที่กำหนดในปัจจุบัน เมื่อพิจารณาด้านระดับความสูงที่การสะท้อนค่าหนึ่งๆพบว่าที่ระดับการสะท้อนแสงค่าป้ายที่ติดตั้งที่ระดับสูงจะสามารถตรวจพบได้ไกลแต่ที่ระดับ 0 เมตรหรือระดับพื้นที่การสะท้อนระดับกลางและสูงจะมีระยะการตรวจพบที่มากกว่าบางระดับอันเนื่องจากระดับป้ายที่พื้นทำให้สะท้อนไฟรถยนต์ได้ดี

เมื่อพิจารณาตารางที่ 5.1 (ข) จะพบได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการมองเห็นป้ายจราจรอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้าย (Retroreflectivity) เพียงปัจจัยเดียวเนื่องจากระยะที่ผู้ขับขี่มองเห็นป้ายเป็นช่วงเวลาที่สามารถอ่าน

และเข้าใจข้อความบนป้ายได้จึงมีความจำเป็นที่สัญลักษณ์บนป้ายต้องมีความชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ซึ่งพบว่าที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูงขึ้นค่าระยะการมองเห็นเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของป้ายจะสูงขึ้นตามลำดับ การสะท้อนแสงบนป้ายทำให้มองเห็นสัญลักษณ์ได้ดีขึ้นผู้ขับขี่จึงเข้าใจข้อความบนป้ายจราจรได้อย่างชัดเจนและตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงและค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้าย ($\text{Height} * \text{Retroreflectivity}$) ส่งผลต่อระยะการมองเห็นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 90 อาจเนื่องจากผลของความสูงป้ายรวมกับความสว่างของป้ายจากการสะท้อนแสงส่งผลร่วมกันต่อระยะการมองเห็นที่ระดับหนึ่งของทั้ง 2 ปัจจัย แต่ผลรวมทั้งสองปัจจัยค่อนข้างมีผลในระดับความเชื่อมั่นที่ต่ำ

ตารางที่ 5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายทางแยกรูปตัวที โดยรถยนต์ส่วนบุคคล

(ก) ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)

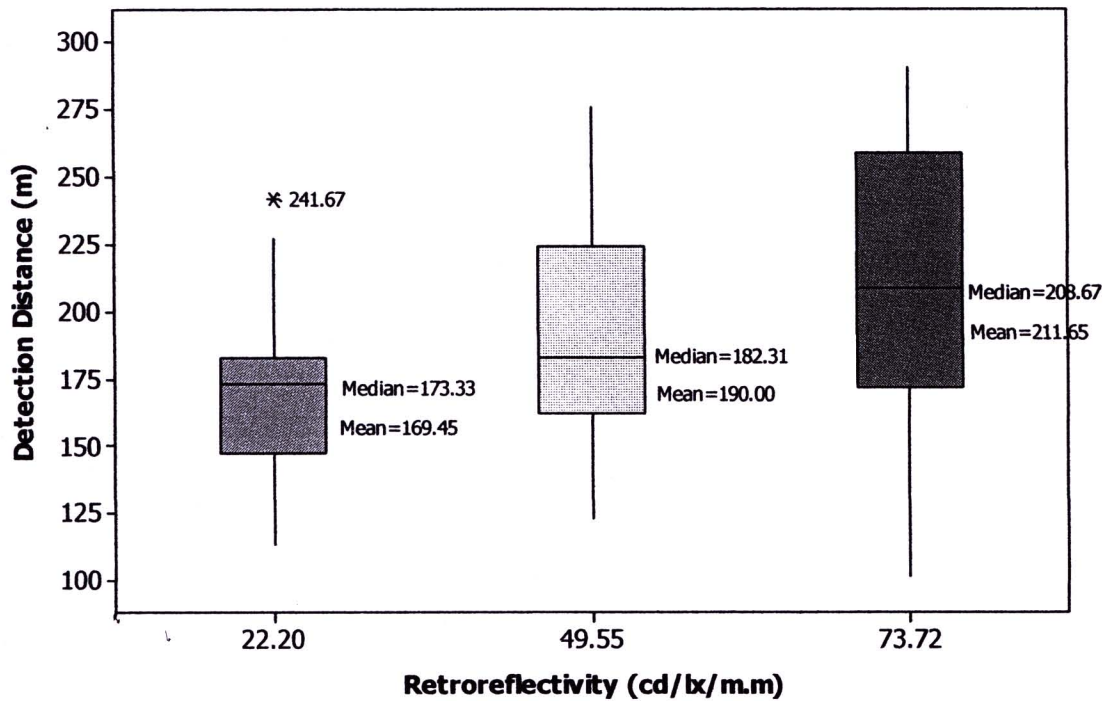
Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	5073.325	2	2536.662	2.230	0.117
Height	6677.515	2	3338.758	2.935	<0.062*
Retroreflectivity	24046.566	2	12023.283	10.571	<0.000***
Speed * Height	1133.727	4	283.432	0.249	0.909
Speed * Retroreflectivity	10065.056	4	2516.264	2.212	<0.080*
Height * Retroreflectivity	35133.584	4	8783.396	7.722	<0.000***
Speed * Height * Retroreflectivity	5727.655	8	715.957	0.629	0.749
Error	61419.189	54	1137.392		
Total	3084610.308	81			
Corrected Total	149276.619	80			

*** p < 0.01., ** p < 0.05., * p < 0.10.

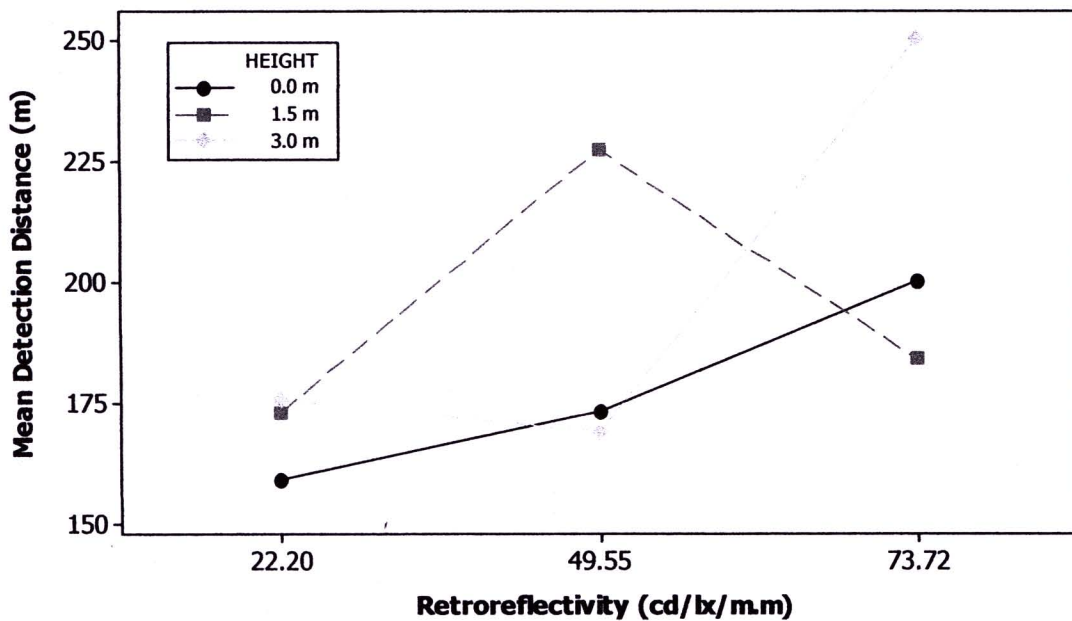
(ข) ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)

Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	5869.103	2	2934.551	2.246	0.116
Height	6076.701	2	3038.350	2.326	0.107
Retroreflectivity	14676.352	2	7338.176	5.618	<0.006***
Speed * Height	4182.118	4	1045.530	0.800	0.530
Speed * Retroreflectivity	5640.022	4	1410.005	1.079	0.376
Height * Retroreflectivity	11334.665	4	2833.666	2.169	<0.085*
Speed * Height * Retroreflectivity	7737.773	8	967.222	0.740	0.656
Error	70539.107	54	1306.280		
Total	1429669.200	81			
Corrected Total	126055.839	80			

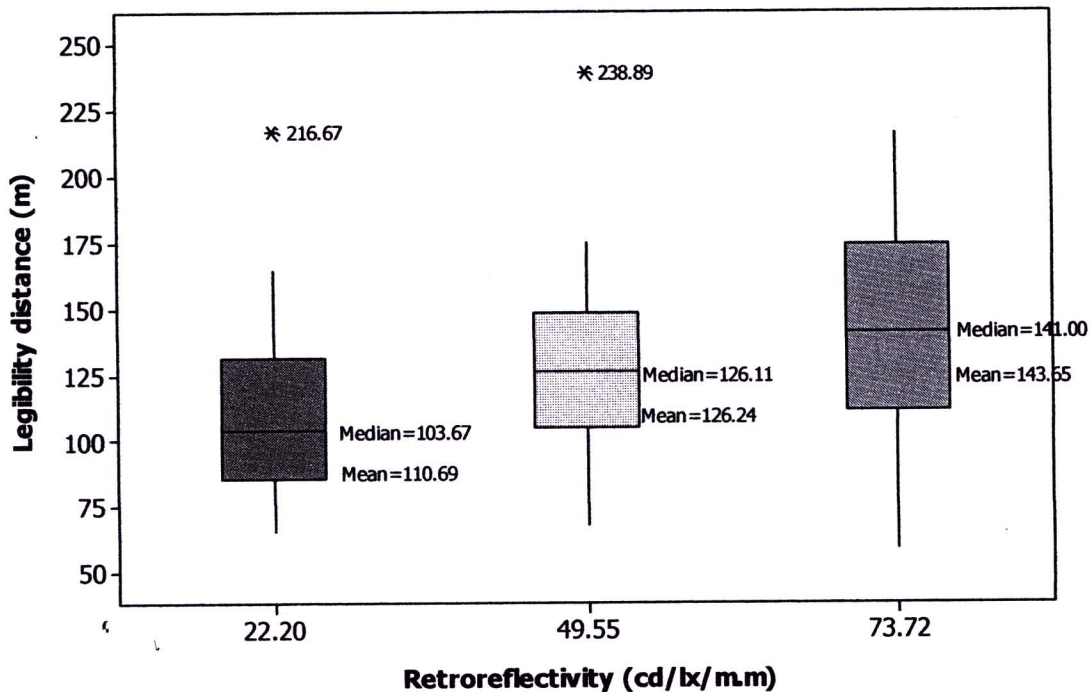
*** p < 0.01., ** p < 0.05., * p < 0.10.



รูปที่ 5.1 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการตรวจพบป้ายทางแยกรูปตัวที



รูปที่ 5.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและระดับความสูงต่อระยะการตรวจพบป้ายทางแยกรูปตัวที



รูปที่ 5.3 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายทางแยกรูปตัวที

5.1.2 ป้ายหยุด กรณีการทดสอบรถยนต์ส่วนบุคคล

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายหยุด โดยพิจารณาจากรถยนต์ส่วนบุคคล ดังตารางที่ 5.2 (ก) พบว่าปัจจัยด้านค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (Retroreflectivity) และระดับความสูงป้าย (Height) ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบอย่างมีนัยสำคัญซึ่งสอดคล้องกับกรณีของป้ายทางแยกรูปตัวที

รูปที่ 5.4 แสดงผลของระดับความสูงต่อระยะการตรวจพบป้าย พบว่าที่ระดับความสูง 0 เมตร และ 3 เมตร จะให้ค่าระยะการตรวจพบที่สูงกว่าระดับ 1.5 เมตร ในส่วนของค่าการสะท้อนแสงที่สูงขึ้นส่งผลต่อค่าระยะการตรวจพบเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของป้ายสูงขึ้นตามลำดับ ดังรูปที่ 5.5 แต่เมื่อพิจารณาช่วงระดับค่าการสะท้อนแสงถึงแม้ค่าความแตกต่างของแต่ละระดับการสะท้อนแสงจะสูงมากในป้ายหยุดแต่ระยะการตรวจพบเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากตามช่วงค่าสะท้อนแสงที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลจะเห็นว่าที่ระดับการสะท้อนแสงสูงค่าระยะการตรวจพบของผู้ทดสอบมีการกระจายที่สูง แต่อย่างไรก็ตามค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยยังคงยืนยันว่าปัจจัยทดสอบที่ค่าระดับการสะท้อนแสงสูงให้ค่าระยะการตรวจพบที่สูงกว่าระดับต่ำ และกลาง

ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายหยุด โดยรถยนต์ส่วนบุคคล

(ก) ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)

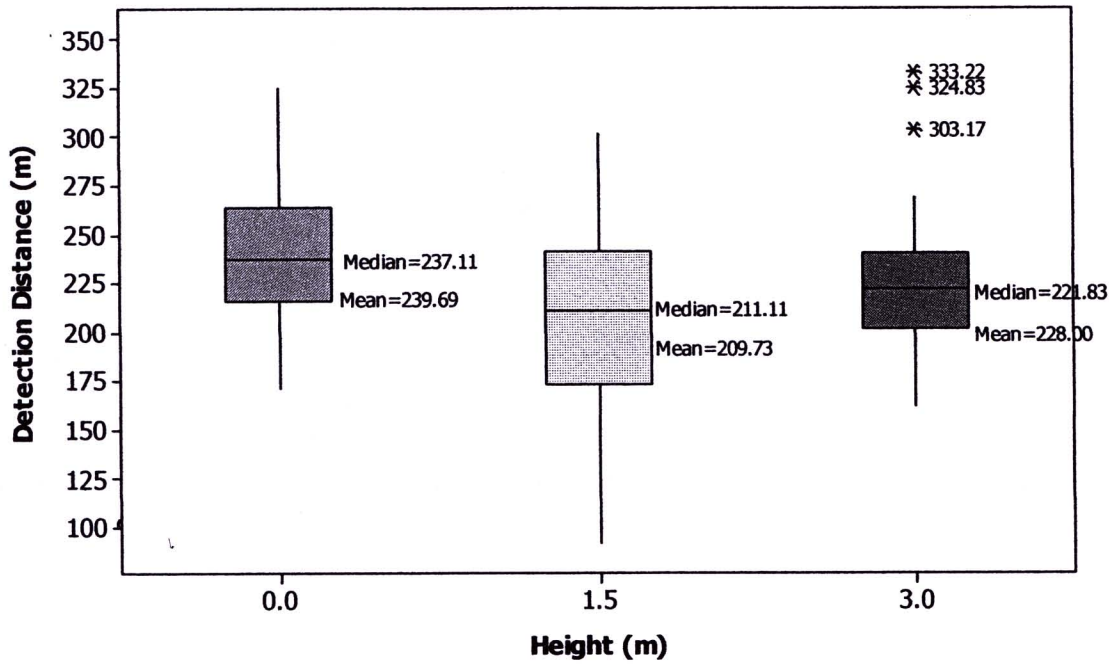
Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	4189.698	2	2094.849	1.335	0.272
Height	12305.310	2	6152.655	3.921	<0.026**
Retroreflectivity	28585.493	2	14292.746	9.107	<0.000***
Speed * Height	1104.319	4	276.080	0.176	0.950
Speed * Retroreflectivity	3723.545	4	930.886	0.593	0.669
Height * Retroreflectivity	12853.638	4	3213.409	2.048	0.101
Speed * Height * Retroreflectivity	10239.661	8	1279.958	0.816	0.592
Error	84744.642	54	1569.345		
Total	4287831.530	81			
Corrected Total	157746.306	80			

*** $p < 0.01$., ** $p < 0.05$., * $p < 0.10$.

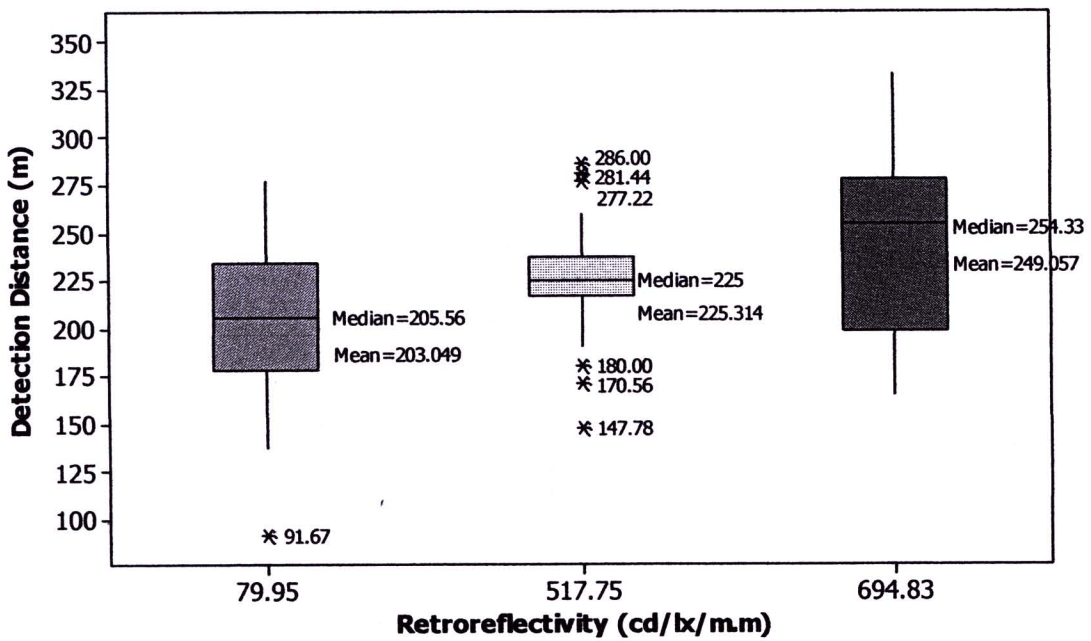
(ข) ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)

Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	3572.765	2	1786.382	1.201	0.309
Height	15916.937	2	7958.468	5.352	<0.008***
Retroreflectivity	15987.569	2	7993.785	5.375	<0.007***
Speed * Height	2102.941	4	525.735	.354	0.840
Speed * Retroreflectivity	25690.474	4	6422.619	4.319	<0.004***
Height * Retroreflectivity	4302.555	4	1075.639	0.723	0.580
Speed * Height * Retroreflectivity	4095.822	8	511.978	0.344	0.944
Error	80305.525	54	1487.139		
Total	1968435.500	81			
Corrected Total	151974.589	80			

*** $p < 0.01$., ** $p < 0.05$., * $p < 0.10$.

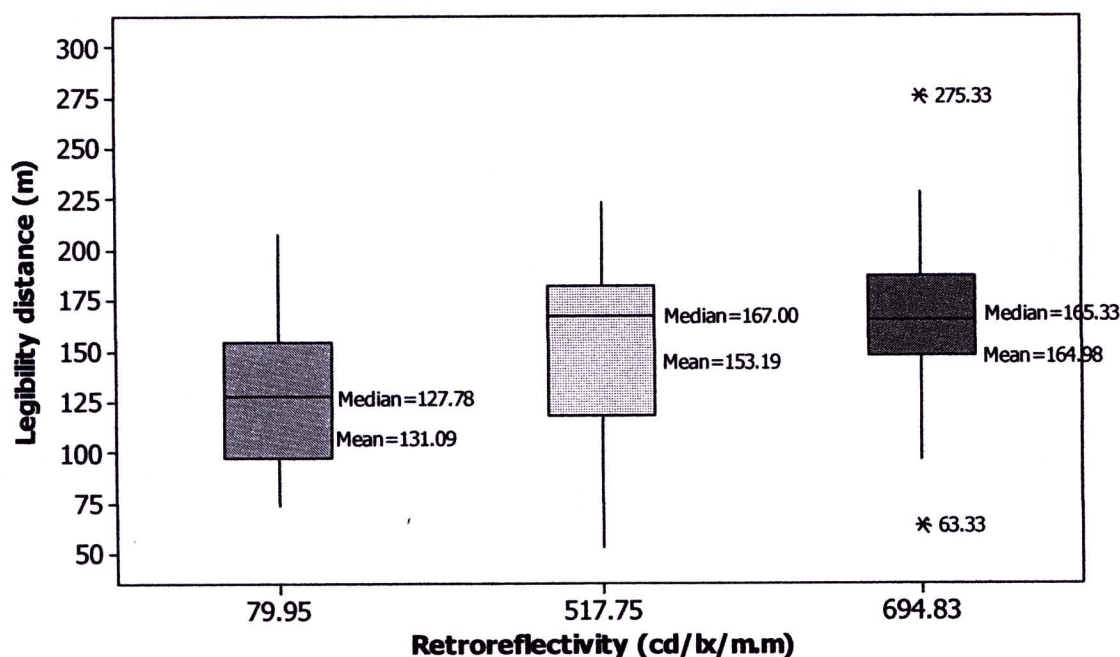


รูปที่ 5.4 ปัจจัยค่าระดับความสูงต่อระยะการตรวจพบป้ายหยุด

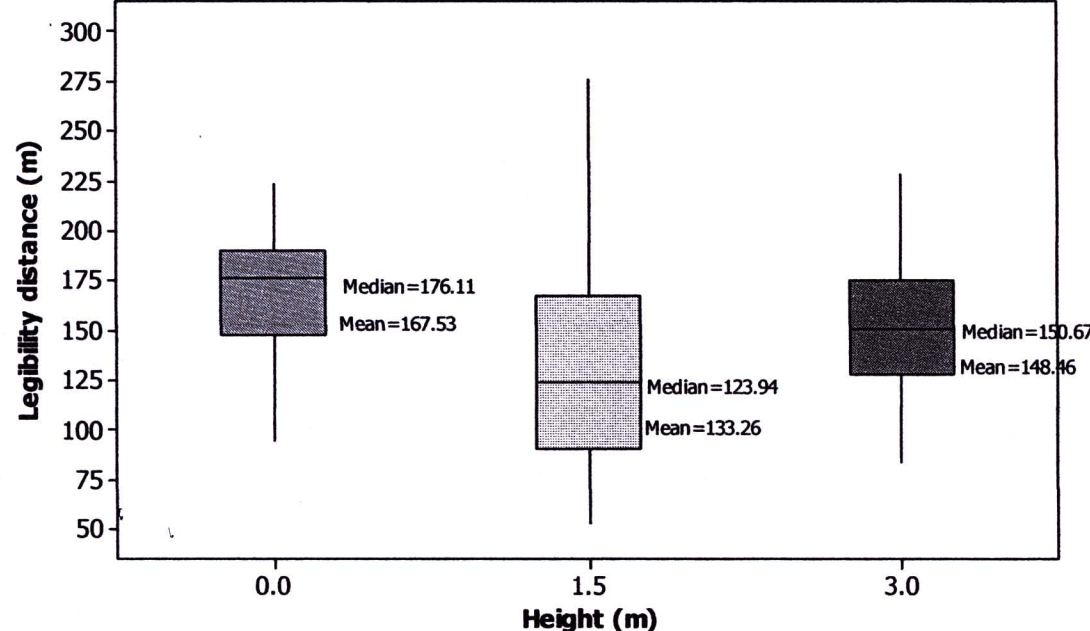


รูปที่ 5.5 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการตรวจพบป้ายหยุด

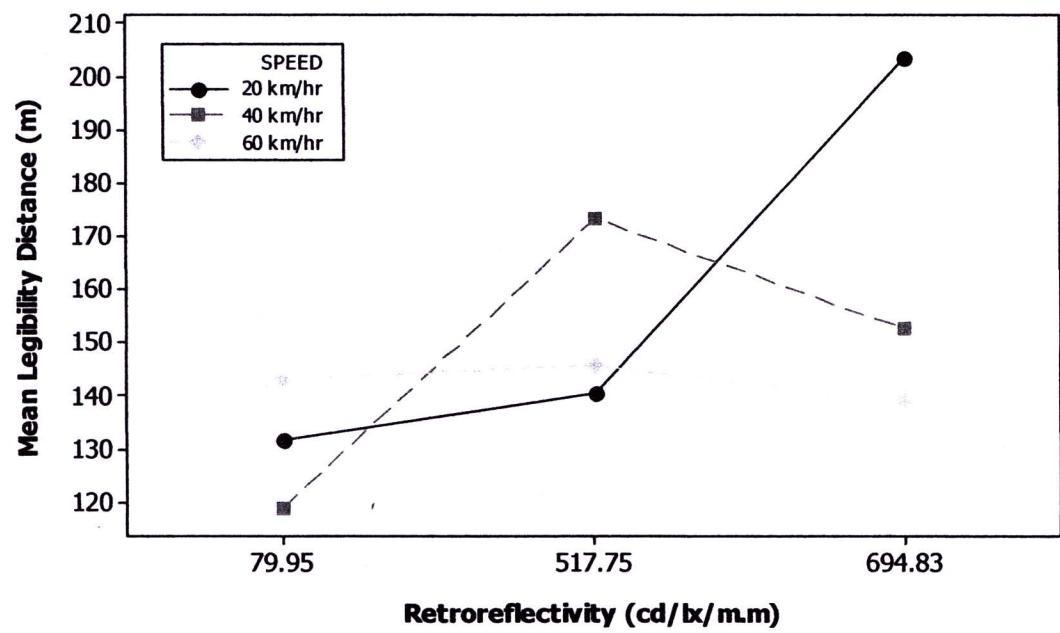
จากตารางที่ 5.2 (ข) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการมองเห็นป้ายจราจรอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้าย (Retroreflectivity) ระดับความสูงป้าย (Height) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขั้วชี้และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ($\text{Speed} * \text{Retroreflectivity}$) โดยเมื่อพิจารณารูปที่ 5.6 ซึ่งแสดงผลของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นพบว่าเมื่อค่าเฉลี่ยค่าการสะท้อนแสงสูงขึ้นระยะการมองเห็นป้ายจะสูงขึ้นตาม แต่เมื่อพิจารณาที่ระดับ 517.75 และ 694.83 cd/lx/m^2 พบว่าค่าระยะการมองเห็นเฉลี่ยรวมทั้งค่ามัธยฐานไม่แตกต่างกันมาก เมื่อพิจารณาผลของความสูงป้ายดังรูปที่ 5.7 พบว่าระดับความสูงที่ 0 และ 3 เมตร ให้ค่าระยะการมองเห็นที่สูงกว่าระดับ 1.5 เมตร อาจเนื่องจากไฟรถจะสะท้อนป้ายที่ระดับต่ำก่อนระดับสูง แต่ในส่วนป้ายที่ระดับสูงจะมีผลให้ผู้ขับขี่มองเห็นได้ไกลถึงแม้ปริมาณแสงสะท้อนจะต่ำว่าแต่ผู้ขับขี่ก็สามารถที่จะอ่านและเข้าใจข้อความบนป้ายได้ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขั้วชี้และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงในรูปที่ 5.8 พบว่าที่ความเร็วต่ำ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผู้ขับขี่มองเห็นป้ายได้ดีขึ้นเมื่อค่าการสะท้อนแสงเพิ่ม แต่ที่ระดับความเร็วเพิ่มขึ้นระยะการมองเห็นจะคงที่หรือลดลงเมื่อค่าการสะท้อนแสงเพิ่มซึ่งอาจสืบเนื่องจากผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วสูงขึ้นในการขับขี่จะมีเวลาในการอ่านและเข้าใจป้ายเท่าเดิมแต่ระยะทางจะใกล้ป้ายมากกว่าเดิมจึงมีผลต่อระยะการมองเห็นถึงแม้ป้ายจะสะท้อนแสงได้ดีก็ตาม



รูปที่ 5.6 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายหยุด



รูปที่ 5.7 ปัจจัยค่าระดับความสูงต่อระยะการตรวจพบป้ายหยุด



รูปที่ 5.8 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและระดับความเร็วขั้วชี้ต่อระยะการมองเห็นป้ายหยุด

5.1.3 ป้ายจำกัดความเร็ว กรณีการทดสอบรถยนต์ส่วนบุคคล

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจำกัดความเร็ว จากตารางที่ 5.3 (ก) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้าย (Retroreflectivity) มีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบป้าย ทั้งนี้เนื่องจากการขับขีเวลากลางคืนการพบป้ายจราจรจะขึ้นกับว่าป้ายจราจรนั้นมีประสิทธิภาพให้ผู้ขับขีมองเห็นได้ไกลเพียงใด ความสามารถในการการสะท้อนแสงของป้ายจราจรจึงเป็นส่วนที่ทำให้ผู้ขับขีสามารถตรวจพบป้ายได้จากการสะท้อนของไฟรถยนต์ไปยังป้าย โดยจากรูปที่ 5.9 ซึ่งแสดงกราฟ Box Plot ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายต่อระยะการตรวจพบ พบว่าที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายสูงขึ้นทำให้ค่าระยะการตรวจพบสูงขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะป้ายที่ระดับการสะท้อนแสงต่ำสุดจนเกือบเป็นศูนย์ผู้ขับขีจะมีระยะการตรวจพบป้ายที่ต่ำกว่าระดับอื่นๆมาก ดังนั้นระยะการตรวจพบป้ายจึงขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้าย ซึ่งนอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขับขีและค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ($Speed * Retroreflectivity$) ยังมีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบป้ายที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90

เมื่อพิจารณาตารางที่ 5.3 (ข) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการมองเห็นอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้าย (Retroreflectivity) เนื่องจากระยะที่ผู้ขับขีมองเห็นป้ายเป็นช่วงขณะที่สามารถอ่านและเข้าใจข้อความบนป้ายได้จึงมีความจำเป็นอย่างที่สัญลักษณ์บนป้ายต้องมีความชัดเจน จากรูปที่ 5.10 จะพบได้ว่าที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูงขึ้นค่าระยะการมองเห็นจะสูงขึ้นตาม โดยพิจารณาที่ระดับการสะท้อนแสงต่ำสุดผู้ขับขีจะมีระยะการมองเห็นป้ายที่ต่ำมากเฉลี่ยไม่เกิน 57 เมตร แต่เมื่อระดับการสะท้อนแสงสูงขึ้นที่ระดับกลางและสูง ผู้ขับขีให้ระยะการมองเห็นที่สูงขึ้นแต่พิจารณาค่าเฉลี่ยจะไม่แตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับค่าการสะท้อนแสงที่สูงขึ้นจากเดิมของระดับกลางและสูง ข้อสังเกตนี้อาจบ่งชี้ได้ว่าที่ระดับความสว่างของป้ายระดับหนึ่งเพียงพอต่อการมองเห็นและอ่านข้อความผู้ขับขีจะทำให้ผู้ขับขีมีความสามารถที่จะอ่านทำความเข้าใจได้ ดังนั้นการเพิ่มค่าการสะท้อนแสงของป้ายให้มากกว่านี้จะมีผลต่อระยะการมองเห็นป้ายค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความเร็วและค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ($Speed * Retroreflectivity$) ยังมีนัยสำคัญต่อระยะการมองเห็นป้ายที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90

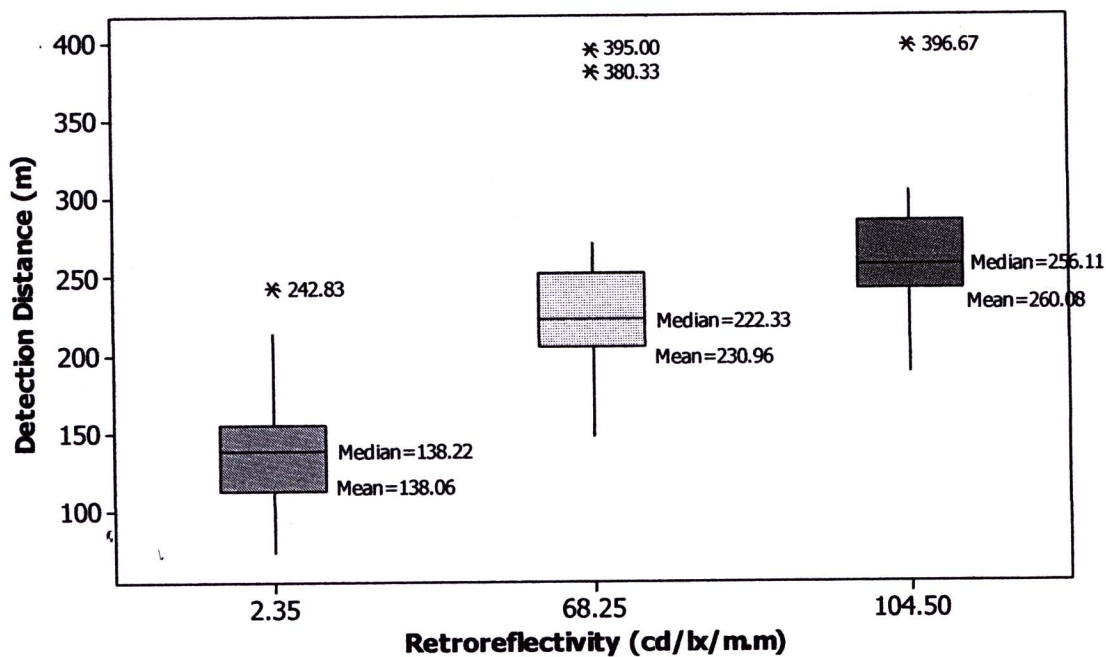
ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจำกัดความเร็ว โดยรถยนต์ส่วนบุคคล

(ก) ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)					
Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	4423.314	2	2211.657	1.190	0.312
Height	5804.470	2	2902.235	1.561	0.219
Retroreflectivity	219307.149	2	109653.575	58.976	<0.000 ^{***}
Speed * Height	8618.266	4	2154.567	1.159	0.339
Speed * Retroreflectivity	15965.035	4	3991.259	2.147	<0.088 [*]
Height * Retroreflectivity	12233.532	4	3058.383	1.645	0.176
Speed * Height * Retroreflectivity	8631.684	8	1078.961	0.580	0.790
Error	100402.456	54	1859.305		
Total	3937270.421	81			
Corrected Total	375385.907	80			

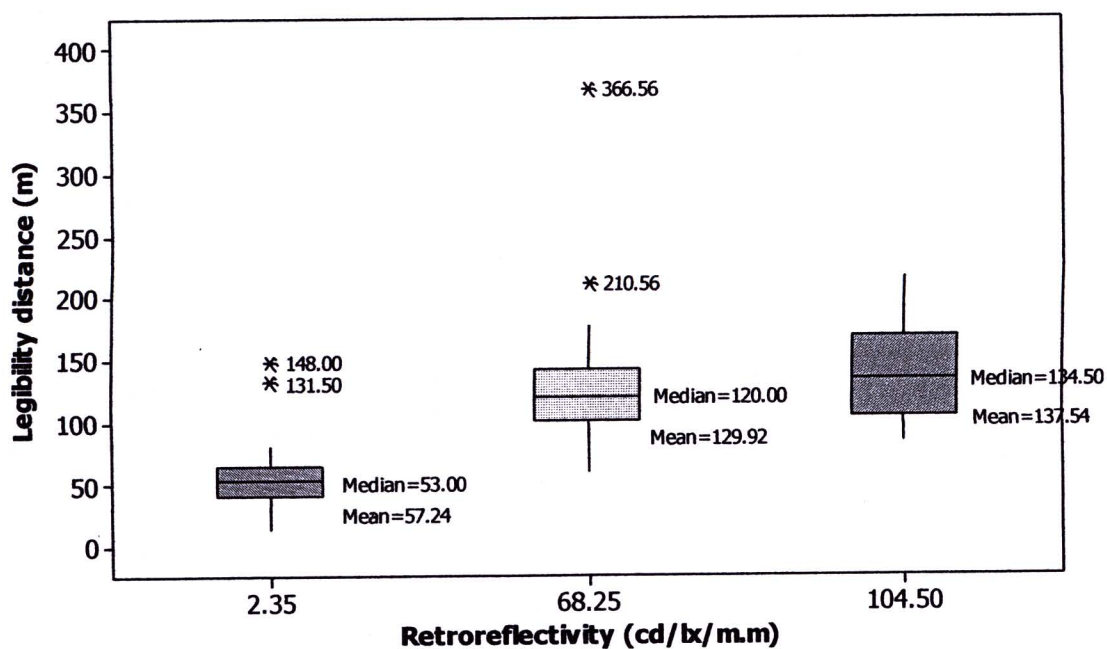
^{***} p < 0.01., ^{**} p < 0.05., ^{*} p < 0.10.

(ข) ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)					
Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	3497.853	2	1748.927	0.880	0.421
Height	548.182	2	274.091	0.138	0.872
Retroreflectivity	106091.017	2	53045.508	26.685	<0.000 ^{***}
Speed * Height	1558.522	4	389.631	0.196	0.939
Speed * Retroreflectivity	18831.916	4	4707.979	2.368	<0.064 [*]
Height * Retroreflectivity	3446.968	4	861.742	0.434	0.784
Speed * Height * Retroreflectivity	8531.489	8	1066.436	0.536	0.824
Error	107344.150	54	1987.855		
Total	1198675.449	81			
Corrected Total	249850.097	80			

^{***} p < 0.01., ^{**} p < 0.05., ^{*} p < 0.10.



รูปที่ 5.9 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการตรวจพบป้ายจำกัดความเร็ว



รูปที่ 5.10 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายจำกัดความเร็ว

ตารางที่ 5.4 สรุปผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จากการทดลองปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นป้ายจราจรของรถยนต์ส่วนบุคคล โดยเมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบที่ระดับความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 พบว่าป้ายจราจรแต่ละประเภทจะให้ระยะการตรวจพบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับผลของปัจจัยด้านค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง และระดับความสูงป้ายจราจรเป็นหลักเนื่องจากป้ายที่มีการสะท้อนที่สูงจะทำให้ผู้ขับขี่พบป้ายในระยะทางที่ไกล รวมทั้งระดับการติดตั้งที่สูงขึ้นทำให้ผู้ขับขี่สามารถพบป้ายได้ไกลเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาระยะการมองเห็นป้ายพบว่าปัจจัยด้านค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมีผลกระทบสำหรับทุกป้ายจราจรเนื่องจากความสว่างของป้ายทำให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นเข้าใจลักษณะสัญลักษณ์และอักษรข้อความบนป้ายได้ชัดเจนมากขึ้นจึงทำให้มองเห็นและเข้าใจข้อความบนป้ายได้ที่ระยะไกล

จากปัจจัยแต่ละปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นป้ายจราจรข้างต้นเมื่อพิจารณาในรูปแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ดังตารางที่ 5.5 ซึ่งเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นเพื่อสามารถคาดการณ์ระยะต่างๆ จากปัจจัยได้ โดยจากสมการจะจำลองปัจจัยโดยใช้ค่าจริงและได้ผลของปัจจัยที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 จากสมการแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและระดับความสูงของการติดตั้งป้ายสามารถนำไปใช้คาดการณ์ระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นได้

จากสมการพบว่าป้ายทางแยกรูปตัวทีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง และค่าระดับความสูงสามารถประมาณระยะการตรวจพบ ส่วนระยะการมองเห็นมีเพียงสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ผลของสัญลักษณ์ตัวหนาและเข้าใจง่ายของรูปตัวทีทำให้ความสูงมีผล ในส่วนของป้ายหยุดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง และค่าระดับความสูงสามารถประมาณระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นได้ ส่วนป้ายจำกัดความเร็วใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงในการประมาณระยะทั้งสองได้ แต่จากสมการมีค่า R^2 ในช่วง 0.12-0.58 แสดงถึงความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างต่ำซึ่งนับเป็นข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้งาน

ตารางที่ 5.4 สรุปปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นของรถยนต์ส่วนบุคคลจำแนกตามประเภทป้ายจราจร

(ก) ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)

ปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์	ป้ายทางแยกรูปตัวที	ป้ายหยุด	ป้ายจำกัดความเร็ว
ความเร็ว			
ความสูง	0.062 [*]	0.026 ^{**}	
ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	0.000 ^{***}	0.000 ^{***}	0.000 ^{***}
ความเร็ว * ความสูง			
ความเร็ว * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	0.080 [*]		0.064 [*]
ความสูง * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	0.000 ^{***}		
ความเร็ว * ความสูง * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง			

***p < 0.01., **p < 0.05., *p < 0.10.

(ข) ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)

ปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์	ป้ายทางแยกรูปตัวที	ป้ายหยุด	ป้ายจำกัดความเร็ว
ความเร็ว			
ความสูง		0.008 ^{***}	
ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	0.006 ^{***}	0.007 ^{***}	0.000 ^{***}
ความเร็ว * ความสูง			
ความเร็ว * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง		0.004 ^{***}	0.064 [*]
ความสูง * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	0.085 [*]		
ความเร็ว * ความสูง * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง			

***p < 0.01., **p < 0.05., *p < 0.10.

ตารางที่ 5.5 สมการแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นของปัจจัยที่มีนัยสำคัญ กรณีรถยนต์ส่วนบุคคล

(ก) ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)		
ป้ายจราจร	ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)	R ²
ป้ายทางแยกรูปตัวที	Detection Distance = 140 + 0.818 Retroreflectivity + 6.94 Height	0.20
ป้ายหยุด	Detection Distance = 201 + 0.0703 Retroreflectivity - 3.90 Height	0.18
ป้ายจำกัดความเร็ว	Detection Distance = 138 + 1.22 Retroreflectivity	0.58

(ข) ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)		
ป้ายจราจร	ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)	R ²
ป้ายทางแยกรูปตัวที	Legibility Distance = 95.9 + 0.638 Retroreflectivity	0.12
ป้ายหยุด	Legibility Distance = 136 + 0.0542 Retroreflectivity - 6.36 Height	0.14
ป้ายจำกัดความเร็ว	Legibility Distance = 60.1 + 0.825 Retroreflectivity	0.40

5.1.4. ป้ายทางแยกรูปตัวที กรณีการทดสอบรถจักรยานยนต์

ตารางที่ 5.6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายทางแยกรูปตัวที โดยพิจารณาจากจักรยานยนต์ ตารางที่ 5.6 (ก) พบว่าปัจจัยค่าระดับความสูง (Height) และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (Retroreflectivity) มีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบป้าย เนื่องจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ในเวลากลางคืนไฟหน้ารถค่อนข้างให้ปริมาณความเข้มแสงไฟที่ส่องต่ำทำให้ผลของระดับความสูงป้ายที่สูงขึ้นทำให้ผู้ขับขี่พบป้ายที่ระยะไกล นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่สูงขึ้นก็ยิ่งทำให้ผู้ขับขี่พบป้ายที่ระยะไกลเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 5.11 โดยพบว่าหากติดตั้งป้ายในระดับที่สูงขึ้นก็จะทำให้ค่าระยะการตรวจพบสูงขึ้นตามลำดับ ในส่วนระยะการมองเห็นพิจารณา ตารางที่ 5.6 (ข) พบว่าปัจจัยด้านความสูง (Height) และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (Retroreflectivity) รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสูงและค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (Height * Retroreflectivity) ส่งผลต่อระยะการมองเห็น ดังรูปที่ 5.12 และ 5.13

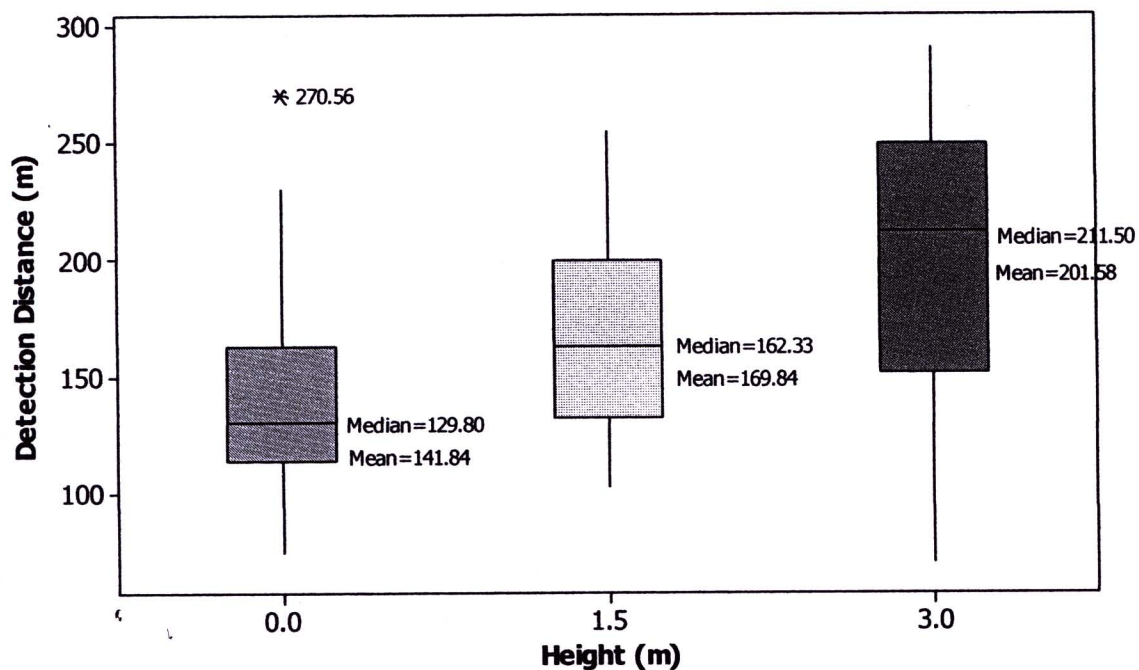
ตารางที่ 5.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายทางแยกรูปตัวที โดยรถจักรยานยนต์

(ก) ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)					
Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	381.231	2	190.615	0.066	0.936
Height	48253.996	2	24126.998	8.361	<0.001 ^{***}
Retroreflectivity	20574.453	2	10287.226	3.565	<0.035 ^{**}
Speed * Height	9243.613	4	2310.903	0.801	0.530
Speed * Retroreflectivity	1144.693	4	286.173	0.099	0.982
Height * Retroreflectivity	12947.362	4	3236.841	1.122	0.356
Speed * Height * Retroreflectivity	6464.047	8	808.006	0.280	0.970
Error	155818.626	54	2885.530		
Total	2625726.517	81			
Corrected Total	254828.021	80			

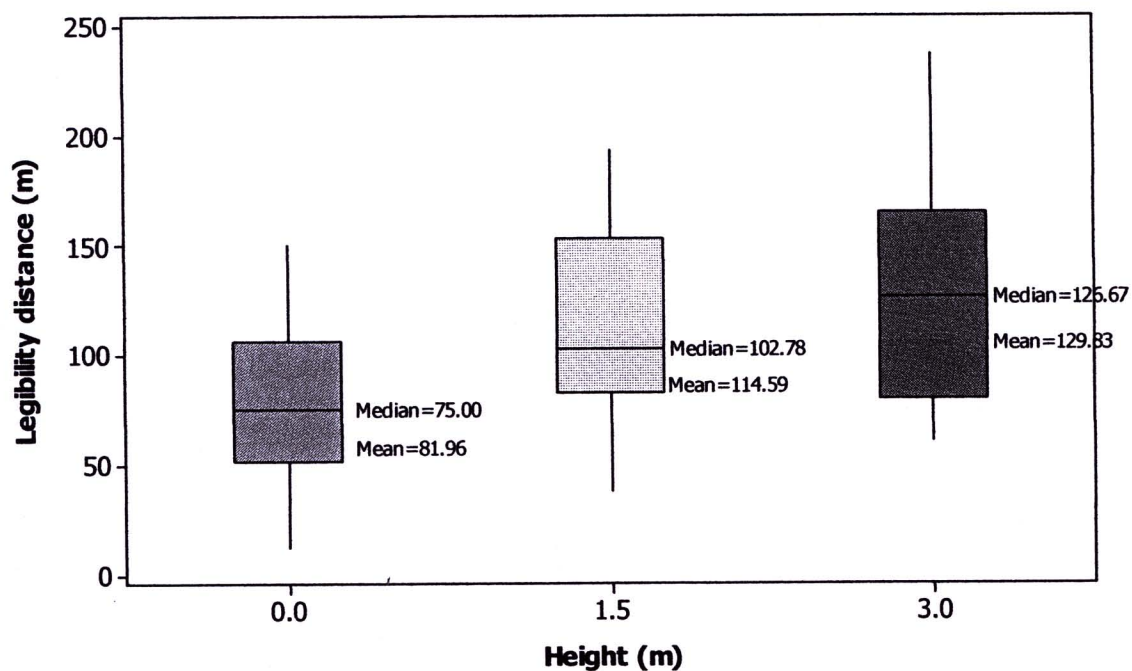
^{***} p < 0.01., ^{**} p < 0.05., ^{*} p < 0.10.

(ข) ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)					
Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	2507.741	2	1253.871	0.848	0.434
Height	32303.494	2	16151.747	10.918	<0.000 ^{***}
Retroreflectivity	19577.054	2	9788.527	6.617	<0.003 ^{***}
Speed * Height	11132.039	4	2783.010	1.881	0.127
Speed * Retroreflectivity	4457.907	4	1114.477	0.753	0.560
Height * Retroreflectivity	20675.290	4	5168.822	3.494	<0.013 ^{**}
Speed * Height * Retroreflectivity	10588.191	8	1323.524	0.895	0.527
Error	79883.613	54	1479.326		
Total	1139818.710	81			
Corrected Total	181125.329	80			

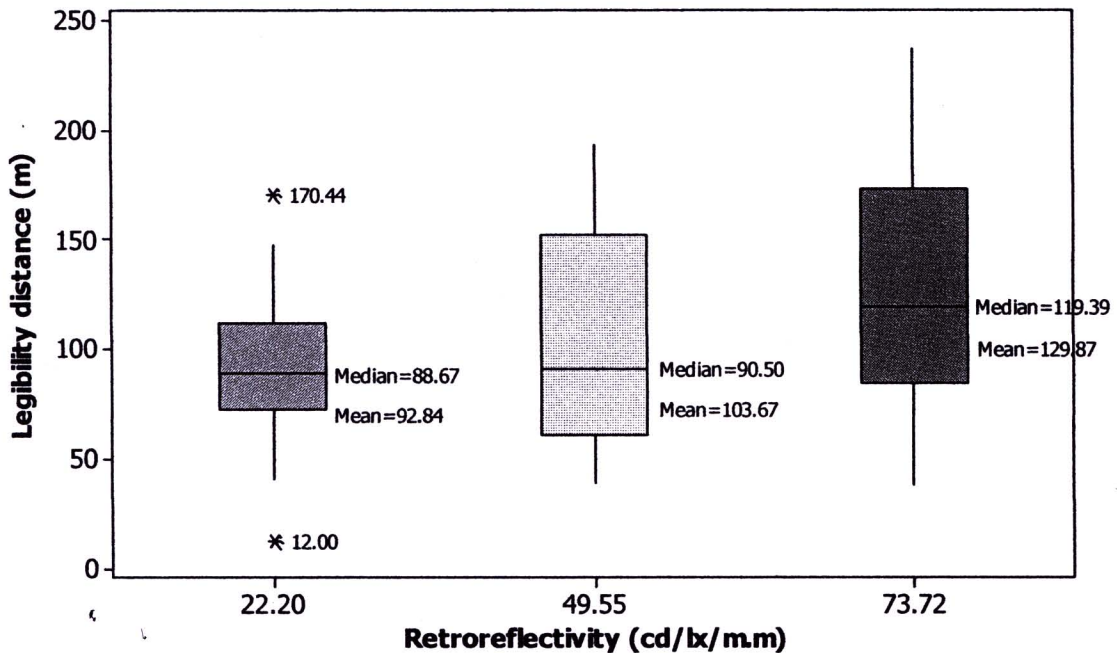
^{***} p < 0.01., ^{**} p < 0.05., ^{*} p < 0.10.



รูปที่ 5.11 ปัจจัยค่าระดับความสูงต่อระยะการตรวจพบป้ายทางแยกรูปตัวที



รูปที่ 5.12 ปัจจัยค่าระดับความสูงต่อระยะการมองเห็นป้ายทางแยกรูปตัวที



รูปที่ 5.13 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายทางแยกรูปตัวที

5.1.5 ป้ายหยุด กรณีการทดสอบรถจักรยานยนต์

ตารางที่ 5.7 (ก) แสดงผลการทดสอบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจพบป้ายหยุด พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (Retroreflectivity) เป็นปัจจัยเดียวที่มีผลต่อระยะการตรวจพบของป้ายหยุดอย่างมีนัยสำคัญ รูปที่ 5.14 แสดงผลของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการตรวจพบป้าย โดยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่สูงขึ้นส่งผลต่อค่าระยะการตรวจพบของป้ายสูงขึ้นตามลำดับ

ตารางที่ 5.7 (ข) แสดงผลการทดสอบปัจจัยต่อระยะการตรวจพบป้ายหยุด พบว่าปัจจัยด้านค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (Retroreflectivity) มีผลต่อระยะการตรวจพบของป้ายหยุดอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ดังแสดงในรูปที่ 5.15 โดยระยะการมองเห็นจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายสูงขึ้นตามลำดับ นอกจากนี้ปัจจัยด้านความเร็วขาขี่ (Speed) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (Speed * Retroreflectivity) ยังส่งผลกระทบต่อระยะการมองเห็นป้ายหยุดที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นั่นเป็นเพราะทั่วไปแล้วการขับขี่ที่ระดับความเร็วการขับขี่สูงจะทำให้ระยะทางที่ใช้ในช่วงเวลาที่ตัดสินใจว่าเห็นข้อความบนป้ายมากขึ้น นั่นทำให้ระยะที่ผู้ขับขี่มองเห็นป้ายไปยังป้ายลดลง

ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายหยุด โดยรถจักรยานยนต์

(ก) ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)

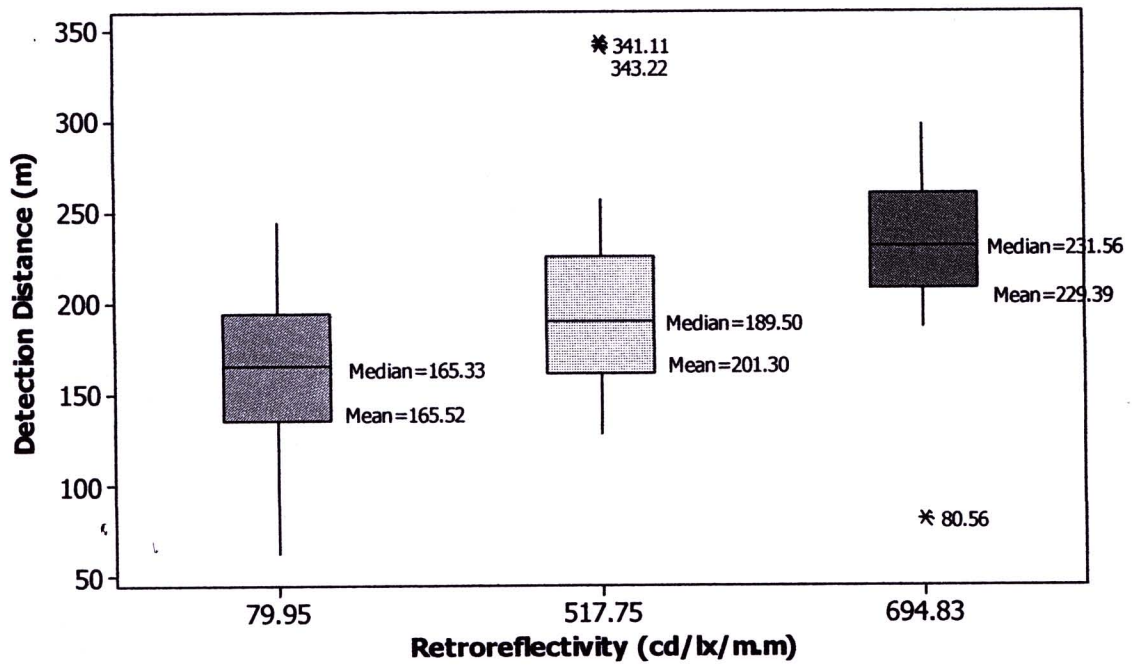
Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	11275.396	2	5637.698	2.346	0.105
Height	2680.985	2	1340.493	0.558	0.576
Retroreflectivity	55346.386	2	27673.193	11.516	<0.000***
Speed * Height	9268.266	4	2317.066	0.964	0.435
Speed * Retroreflectivity	3737.948	4	934.487	0.389	0.816
Height * Retroreflectivity	7972.586	4	1993.147	0.829	0.512
Speed * Height * Retroreflectivity	8032.675	8	1004.084	0.418	0.905
Error	129764.905	54	2403.054		
Total	3427185.007	81			
Corrected Total	228079.148	80			

*** $p < 0.01$., ** $p < 0.05$., * $p < 0.10$.

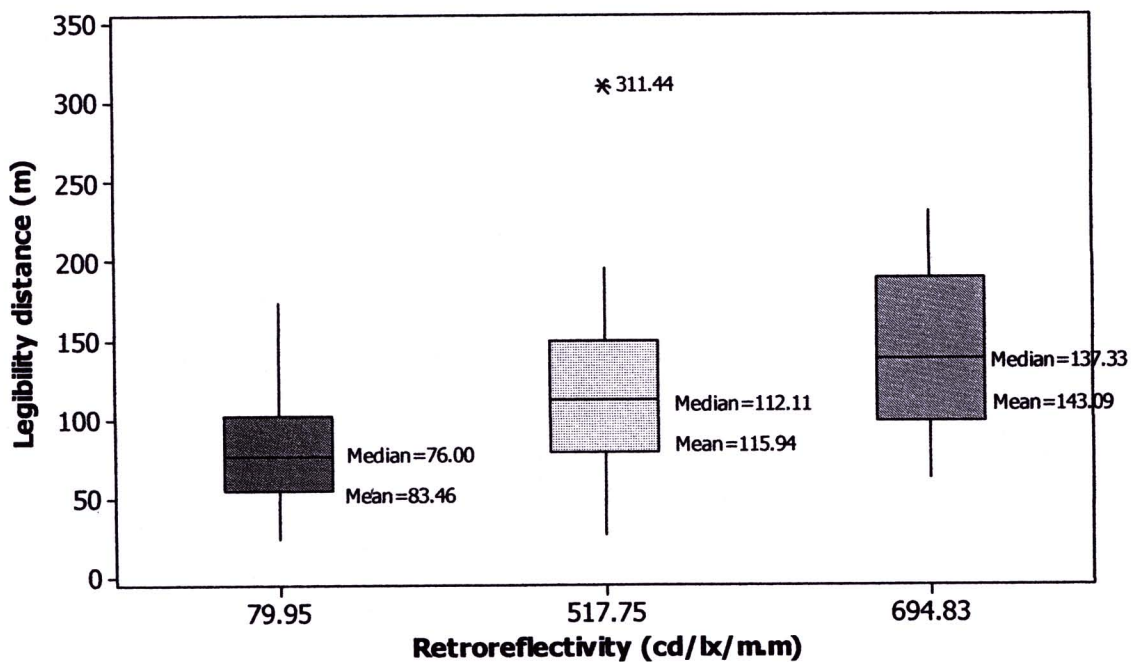
(ข) ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)

Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	16064.070	2	8032.035	3.464	<0.038**
Height	1818.307	2	909.154	0.392	0.678
Retroreflectivity	48131.329	2	24065.665	10.380	<0.000***
Speed * Height	11342.237	4	2835.559	1.223	0.312
Speed * Retroreflectivity	27659.111	4	6914.778	2.982	<0.027**
Height * Retroreflectivity	2713.203	4	678.301	0.293	0.882
Speed * Height * Retroreflectivity	9582.633	8	1197.829	0.517	0.839
Error	125203.034	54	2318.575		
Total	1298247.340	81			
Corrected Total	242513.923	80			

*** $p < 0.01$., ** $p < 0.05$., * $p < 0.10$.



รูปที่ 5.14 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการตรวจพบป้ายทางหยุด



รูปที่ 5.15 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายหยุด

5.1.6 ป้ายจำกัดความเร็ว กรณีการทดสอบรถจักรยานยนต์

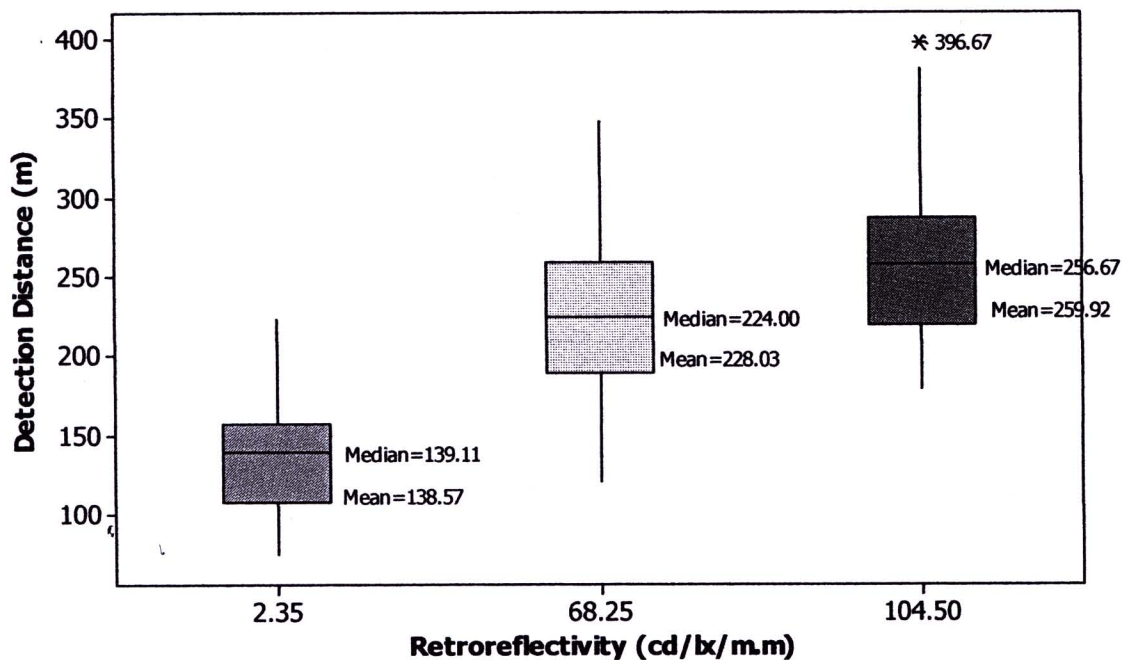
ตารางที่ 5.8 (ก) แสดงผลการทดสอบปัจจัยต่อระยะการตรวจพบป้ายจำกัดความเร็ว พบว่าปัจจัยด้านค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและระดับความสูงของป้ายมีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบป้าย โดยจากรูปที่ 5.16 พบว่าที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูงขึ้นทำให้ค่าระยะการตรวจพบของป้ายสูงขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะป้ายที่ระดับการสะท้อนแสงต่ำสุดจนเกือบเป็นศูนย์ผู้ขับขี่จะมีระยะการตรวจพบป้ายที่ต่ำกว่าระดับอื่นๆมาก ดังนั้นระยะการตรวจพบป้ายจึงขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้าย ในส่วนของระดับความสูงป้ายพบว่าป้ายจำกัดความเร็วที่ติดตั้งตำแหน่งที่สูงขึ้นมีผลให้ผู้ขับขี่ตรวจพบป้ายจราจรได้ในระยะไกลขึ้นตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.17

ตารางที่ 5.8 (ข) แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยต่อระยะการมองเห็น ของป้ายจำกัดความเร็วพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะการมองเห็นป้ายจราจรอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายและระดับความเร็วขับขี่เนื่องจากระยะที่ผู้ขับขี่มองเห็นป้ายเป็นช่วงเวลาที่สามารถอ่านและเข้าใจข้อความบนป้ายได้จึงมีความจำเป็นที่สัญลักษณ์บนป้ายต้องมีความชัดเจนจากความสว่างของป้าย ดังแสดงในรูปที่ 5.18 ซึ่งพบว่าที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูงขึ้นค่าระยะการมองเห็นของป้ายจะสูงขึ้นตาม โดยพิจารณาที่ระดับการสะท้อนแสงต่ำสุดผู้ขับขี่จะมีระยะการมองเห็นป้ายที่ต่ำมากเฉลี่ยไม่เกิน 36 เมตร แต่เมื่อระดับการสะท้อนแสงสูงขึ้นที่ระดับกลางและสูงผู้ขับขี่ให้ระยะการมองเห็นที่สูงขึ้นแต่พิจารณาค่าเฉลี่ยจะไม่แตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับค่าการสะท้อนแสงที่สูงขึ้นมากกว่า 30 cd/lx/m^2

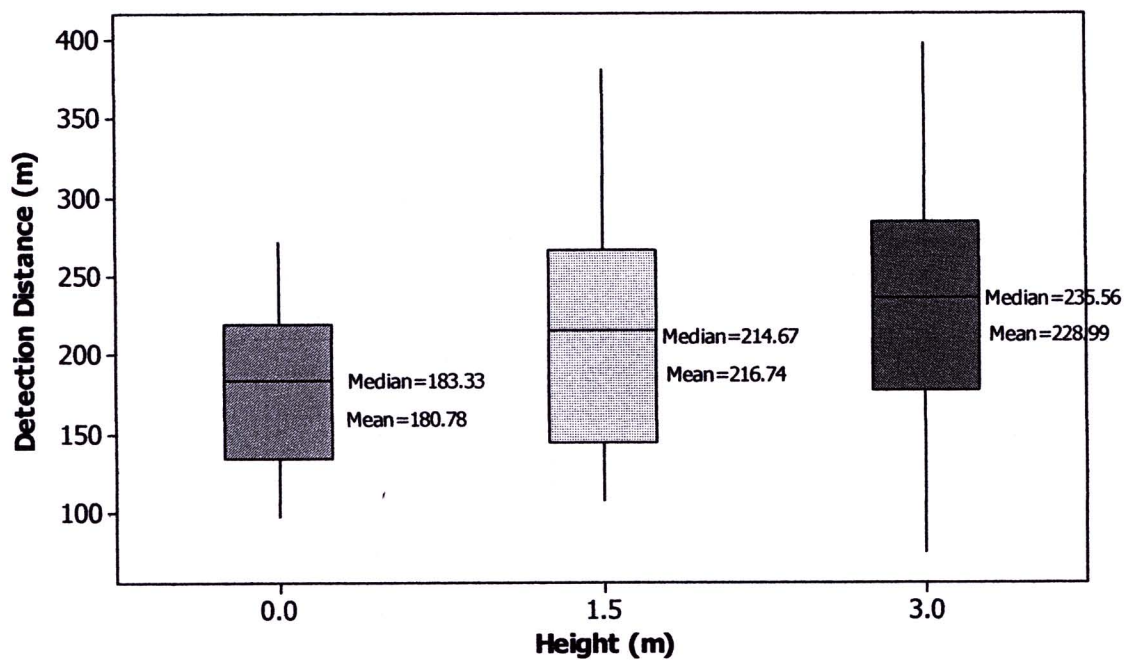
เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านระดับความเร็วดังรูปที่ 5.19 พบว่าที่ระดับความเร็วของการขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สูงขึ้นมีผลทำให้ระยะการมองเห็นป้ายจำกัดความเร็วลดลงเนื่องมาจากการขับขี่ที่ความเร็วสูงระยะเวลาที่ผู้ขับขี่ใช้ในการเข้าใจหรืออ่านข้อความบนป้ายจราจรเท่าเดิมแต่ด้วยความเร็วทำให้ระยะทางจากตำแหน่งที่มองเห็นป้ายไปยังตัวป้ายจราจรลดลง เมื่อพิจารณาที่ระดับความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผู้ขับขี่จะมีความสามารถในการระบุตำแหน่งระยะการมองเห็นที่สูงและมีความถูกต้องมากกว่าเนื่องจากไม่ต้องวิตกกังวลในผลของความเร็วที่ขับขี่ อาทิ การรักษาระดับความเร็ว รวมทั้งความปลอดภัยในการขับขี่

ตารางที่ 5.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่อระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของป้ายจำกัดความเร็ว โดยรถจักรยานยนต์

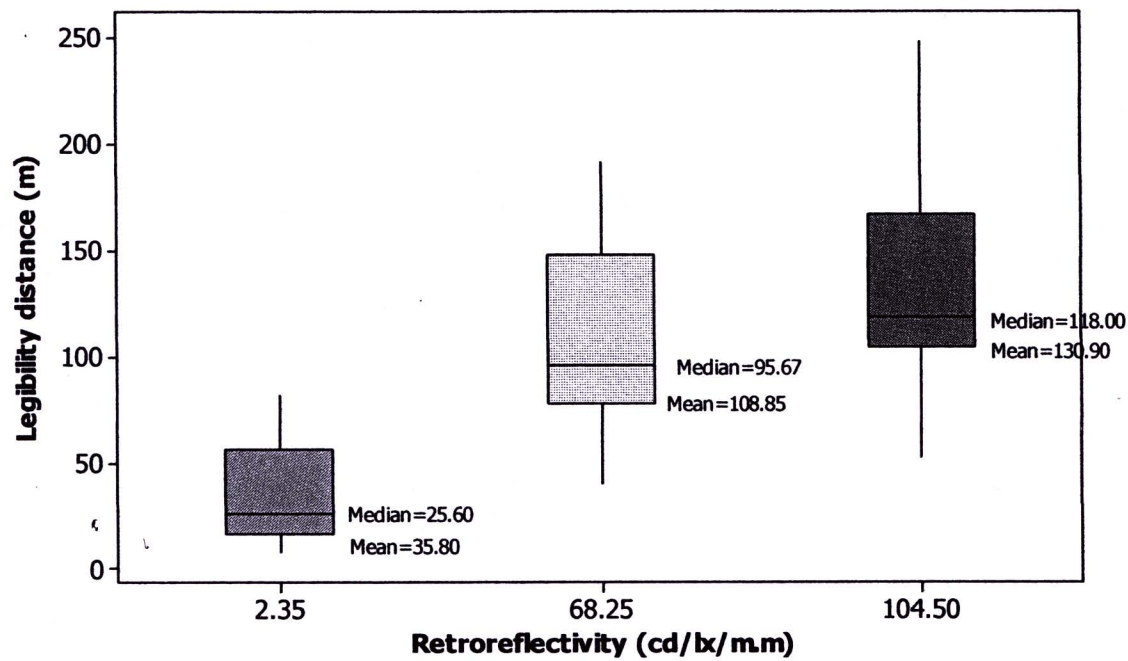
(ก) ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)					
Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	1557.165	2	778.583	0.359	0.700
Height	33909.173	2	16954.587	7.820	<0.001 ^{***}
Retroreflectivity	213714.517	2	106857.259	49.285	<0.000 ^{***}
Speed * Height	5388.005	4	1347.001	0.621	0.649
Speed * Retroreflectivity	10433.821	4	2608.455	1.203	0.320
Height * Retroreflectivity	4605.176	4	1151.294	0.531	0.713
Speed * Height * Retroreflectivity	14976.635	8	1872.079	0.863	0.553
Error	117079.614	54	2168.141		
Total	3934334.718	81			
Corrected Total	401664.106	80			
*** p < 0.01., ** p < 0.05., * p < 0.10.					
(ข) ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)					
Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	P-value
Speed	24262.685	2	12131.343	8.843	<0.000 ^{***}
Height	4668.895	2	2334.447	1.702	0.192
Retroreflectivity	133777.916	2	66888.958	48.760	<0.000 ^{***}
Speed * Height	1667.157	4	416.789	0.304	0.874
Speed * Retroreflectivity	7112.162	4	1778.040	1.296	0.283
Height * Retroreflectivity	520.020	4	130.005	0.095	0.984
Speed * Height * Retroreflectivity	4676.980	8	584.622	0.426	0.900
Error	74076.469	54	1371.786		
Total	934081.276	81			
Corrected Total	250762.282	80			
*** p < 0.01., ** p < 0.05., * p < 0.10.					



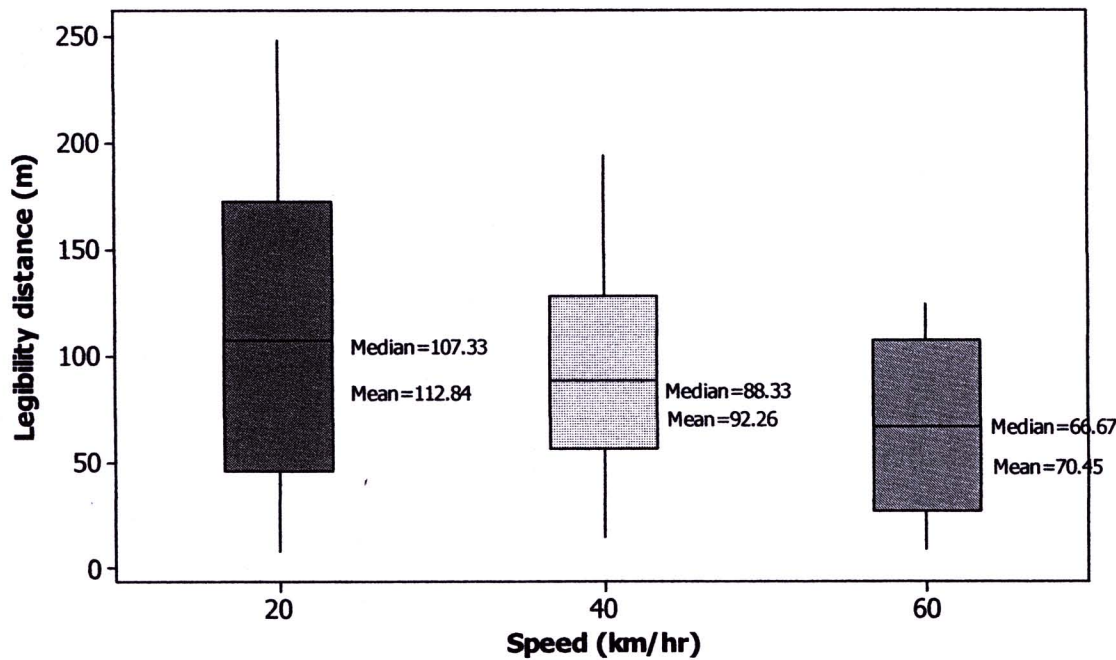
รูปที่ 5.16 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการตรวจพบป้ายจำกัดความเร็ว



รูปที่ 5.17 ปัจจัยค่าระดับความสูงต่อระยะการตรวจพบป้ายจำกัดความเร็ว



รูปที่ 5.18 ปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่อระยะการมองเห็นป้ายจำกัดความเร็ว



รูปที่ 5.19 ปัจจัยค่าระดับความเร็วต่อระยะการมองเห็นป้ายจำกัดความเร็ว

ตารางที่ 5.9 สรุปผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จากการทดลองปัจจัยต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นป้ายจราจรของรถจักรยานยนต์ เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นป้ายที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 พบว่าป้ายจราจรแต่ละประเภทให้ระยะการตรวจพบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับผลของปัจจัยด้านค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง และระดับความสูงป้ายจราจรเป็นหลัก ไม่แตกต่างจากรถยนต์ส่วนบุคคล แต่จะมีผลของความเร็วในบางป้ายจราจรที่ส่งผลกระทบต่อระยะการมองเห็นป้าย

ตารางที่ 5.10 แสดงแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ซึ่งเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นโดยจำลองปัจจัยโดยใช้ค่าจริงและได้ผลของปัจจัยที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 จากสมการแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ระดับความสูงป้าย และความเร็วขบขี่ สามารถนำไปใช้คาดการณ์ระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นได้สำหรับรถจักรยานยนต์

จากสมการพบว่าป้ายทางแยกรูปตัวทีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสามารถประมาณระยะการตรวจพบ ในส่วนระยะการมองเห็นค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง และระดับความสูงป้ายสามารถใช้ในการคาดการณ์ระยะการมองเห็นได้โดยค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรความสูงมีค่ามากกว่าตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงความสูงจึงมีผลต่อระยะการมองเห็นมากกว่า ในส่วนของป้ายหยุดมีเพียงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง สามารถประมาณระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นได้โดยไม่มีผลของระดับความสูงป้ายอาจเป็นเพราะรถจักรยานยนต์ที่ใช้ทดสอบมีปริมาณพลังงานแสงไฟหน้ารถที่ระดับต่ำกว่าทำให้ระดับป้ายที่แตกต่างกันไม่ส่งผลอย่างชัดเจน ส่วนป้ายจำกัดความเร็วใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและระดับความสูงในการประมาณระยะการตรวจพบ โดยระดับความสูงมีผลมากกว่า แต่การประมาณระยะการมองเห็นนอกจากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงแล้วปัจจัยด้านความเร็วยังส่งผลในทิศทางตรงข้าม กล่าวคือความเร็วสูงขึ้นระยะการมองเห็นจะลดลงแต่จากค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรมีผลน้อยกว่าตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง โดยจากสมการที่ได้มีค่า R^2 ในช่วง 0.19-0.62 แสดงถึงความสัมพันธ์ที่

ค่อนข้างต่ำในการคาดการณ์ แต่เมื่อพิจารณาป้ายจำกัดความเร็วมีค่า R^2 ค่อนข้างสูงนั้นแสดงถึงมี
นัยสำคัญและมีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่สูงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่อไป

ตารางที่ 5.9 สรุปปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นของรถจักรยานยนต์
จำแนกตามประเภทป้ายจราจร

(ก) ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)

ปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์	ป้ายทางแยกรูปตัวที	ป้ายหยุด	ป้ายจำกัดความเร็ว
ความเร็ว			
ความสูง	0.001 ^{***}		0.001 ^{***}
ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	0.035 ^{**}	0.000 ^{***}	0.000 ^{***}
ความเร็ว * ความสูง			
ความเร็ว * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง			
ความสูง * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง			
ความเร็ว * ความสูง * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง			

^{***} $p < 0.01$., ^{**} $p < 0.05$., ^{*} $p < 0.10$.

(ข) ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)

ปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์	ป้ายทางแยกรูปตัวที	ป้ายหยุด	ป้ายจำกัดความเร็ว
ความเร็ว		0.038 ^{**}	0.000 ^{***}
ความสูง	0.000 ^{***}		
ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	0.003 ^{***}	0.000 ^{***}	0.000 ^{***}
ความเร็ว * ความสูง			
ความเร็ว * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง			
ความสูง * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	0.013 ^{**}		
ความเร็ว * ความสูง * ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง			

^{***} $p < 0.01$., ^{**} $p < 0.05$., ^{*} $p < 0.10$.

ตารางที่ 5.10 สมการแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นของปัจจัยที่มีนัยสำคัญ กรณีรถจักรยานยนต์

(ก) ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)		
ป้ายจราจร	ระยะการตรวจพบ (Detection Distance)	R ²
ป้ายทางแยกรูปตัวที	Detection Distance = 141 + 19.9 Height	0.19
ป้ายหยุด	Detection Distance = 156 + 0.0997 Retroreflectivity	0.24
ป้ายจำกัดความเร็ว	Detection Distance 114 + 1.21 Retroreflectivity + 16.1 Height	0.61

(ข) ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)		
ป้ายจราจร	ระยะการมองเห็น (Legibility Distance)	R ²
ป้ายทางแยกรูปตัวที	Legibility Distance = 50.3 + 0.712 Retroreflectivity + 16.0 Height	0.27
ป้ายหยุด	Legibility Distance = 74.2 + 0.0927 Retroreflectivity	0.19
ป้ายจำกัดความเร็ว	Legibility Distance = 78.6 + 0.952 Retroreflectivity - 1.06 Speed	0.62

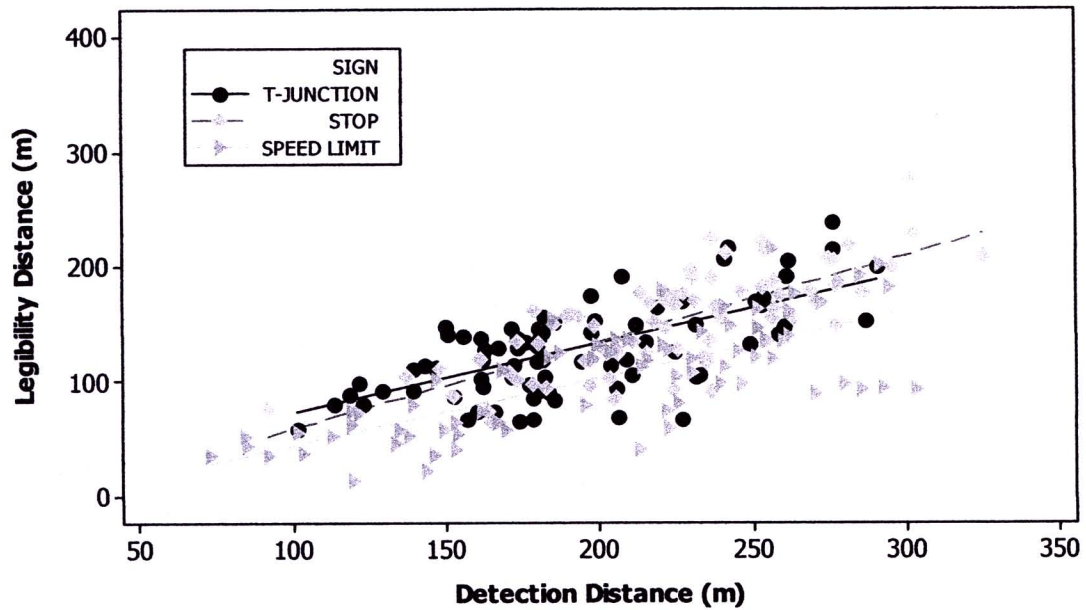
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็น

เนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะการตรวจพบ (Detection Distance, DD) และระยะการมองเห็น (Legibility Distance, LD) ของป้ายจราจรจากกลุ่มตัวอย่างผู้ขับขี่ ระยะดังกล่าวทั้งสองเป็นระยะที่ผู้ขับขี่สามารถที่จะตรวจพบป้ายจราจรและสามารถมองเห็นป้ายจราจรซึ่งระยะทางดังกล่าวอาจมีความสัมพันธ์ในรูปแบบหนึ่งแบบใดที่จะสามารถนำไปใช้คาดการณ์ความสัมพันธ์ของระยะทางทั้งสองได้ โดยจากการวิเคราะห์เบื้องต้นก่อนหน้านี้พบว่าระยะการตรวจพบย่อมมีค่ามากกว่าระยะการมองเห็นอย่างเด่นชัดจากผลการทดสอบขับขึ้นมองป้ายจราจรในสนามทดลองเวลากลางคืน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นป้ายจราจร ได้จำแนกผลการวิเคราะห์ตามประเภทป้ายจราจรและประเภทยานพาหนะเนื่องจากให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันรวมทั้งเพื่อตัดผลของรูปแบบของป้ายจราจร อันได้แก่ ลักษณะอักขระและสัญลักษณ์ สีบนป้าย และขนาดป้าย ที่แตกต่างกันออกไปเพื่อการวิเคราะห์และการนำไปใช้งานที่เหมาะสม

5.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะตรวจพบและระยะมองเห็นป้ายจราจรของรถยนต์ส่วนบุคคล

รูปที่ 5.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นป้ายจราจรของรถยนต์ส่วนบุคคลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามประเภทป้ายจราจร ได้แก่ ป้ายทางแยกรูปตัวที ป้ายหยุด และป้ายจำกัดความเร็ว โดยพิจารณาใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นเพื่อระบุความสัมพันธ์เชิงเส้นของข้อมูลระยะทางทั้งสองดังในสมการที่ (1) – (3) พบว่าแนวโน้มระยะการมองเห็นของป้ายทางแยกรูปตัวที และป้ายหยุด มีค่าสูงกว่าระยะการมองเห็นของป้ายจำกัดความเร็วถึง 27 เมตร จากสมการเชิงเส้นความสัมพันธ์ของระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นของป้ายทางแยกรูปตัวที และป้ายหยุด มีค่าไม่แตกต่างกัน นั่นหมายถึงป้ายหยุดถึงแม้ให้ค่าการสะท้อนแสงที่สูงของป้ายที่ใช้ในปัจจุบันแต่ผลของรูปสัญลักษณ์ที่หนาของป้ายทางแยกรูปตัวทีให้ผลระยะมองเห็นที่สูงกว่าเช่นกันจึงทำให้แนวโน้มสมการใกล้เคียงกัน



รูปที่ 5.20 กราฟความสัมพันธ์ของระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของรถยนต์ส่วนบุคคล
จำแนกตามประเภทป้ายจราจร

ป้ายทางแยกรูปตัวที

$$LD = 0.6192DD + 11.60 \quad (t=7.82) \quad (R^2 = 0.53) \quad (1)$$

ป้ายหยุด

$$LD = 0.6776DD - 2.20 \quad (t=7.10) \quad (R^2 = 0.44) \quad (2)$$

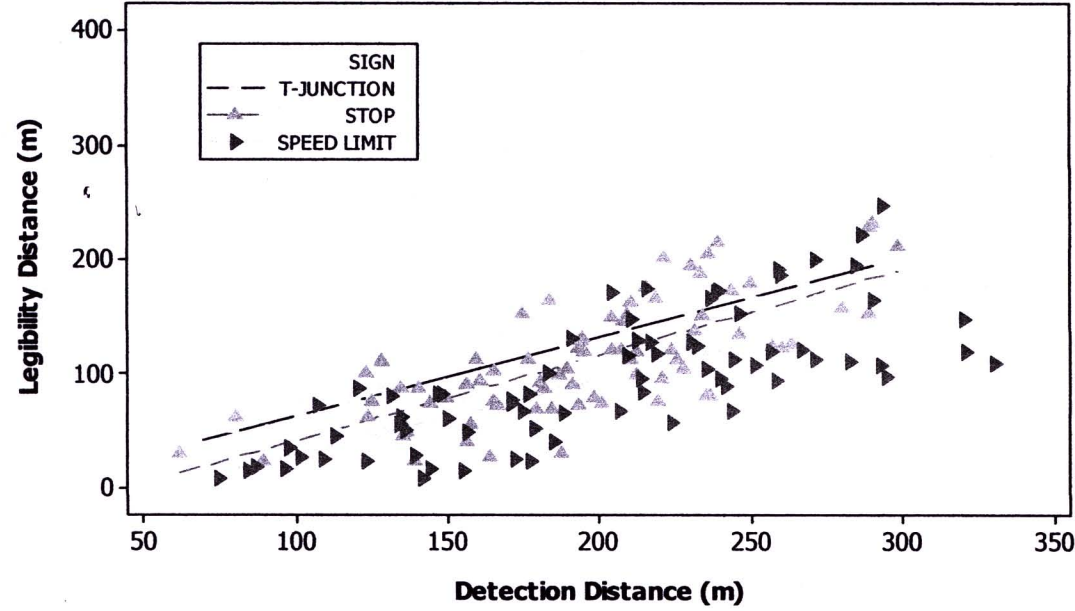
ป้ายจำกัดความเร็ว

$$LD = 0.5863DD - 14.90 \quad (t=9.26) \quad (R^2 = 0.55) \quad (3)$$

5.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะตรวจพบและระยะมองเห็นป้ายจราจรของรถจักรยานยนต์

รูปที่ 5.21 แสดงข้อมูลจุดคู่อันดับระหว่างระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นแต่ละประเภทป้ายจราจร ในกรณีรถจักรยานยนต์ โดยพิจารณาใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นเพื่อระบุความสัมพันธ์เชิงเส้นดังแสดงในสมการที่ (4)-(6) โดยพบว่าแนวโน้มระยะการมองเห็นของป้ายทางแยกรูปตัวที มีค่าสูงกว่าระยะการมองเห็นของป้ายหยุด และป้ายจำกัดความเร็ว เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 สมการ พบว่าที่ระยะการตรวจพบเดียวกัน ป้ายทางแยกรูปตัวที ให้ค่าระยะการตรวจพบมากกว่าป้ายหยุด และป้ายจำกัดความเร็วตามลำดับ เมื่อพิจารณาความชันของสมการเส้นตรงแต่ละป้าย

พบว่าป้ายหยุดให้อัตราการเพิ่มของระยะการมองเห็นสูงสุด รองลงมาได้แก่ป้ายทางแยกรูปตัวที และป้ายจำกัดความเร็วน้อยที่สุด นั่นคือที่ระยะการตรวจพบเดียวกันป้ายหยุดยิ่งให้ระยะการตรวจพบที่สูงขึ้นจะให้ระยะการมองเห็นที่มากขึ้นตามโดยมากกว่าป้ายจราจรประเภทอื่นๆ เมื่อพิจารณาป้ายจำกัดความเร็วจะพบว่ามีค่าของข้อมูลค่อนข้างกระจายทั้งนี้อาจเป็นผลจากป้ายมีลักษณะค่าการสะท้อนแสงต่ำรวมทั้งเป็นป้ายที่ค่อนข้างเก่าในการทดสอบจึงอาจทำให้กลุ่มตัวอย่างให้ผลการมองเห็นที่ยากและมีความแตกต่างกัน



รูปที่ 5.21 กราฟความสัมพันธ์ของระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของรถจักรยานยนต์
จำแนกตามประเภทป้ายจราจร

ป้ายทางแยกรูปตัวที

$$LD = 0.6249DD + 2.60 \quad (t=10.44) \quad (R^2 = 0.64) \quad (4)$$

ป้ายหยุด

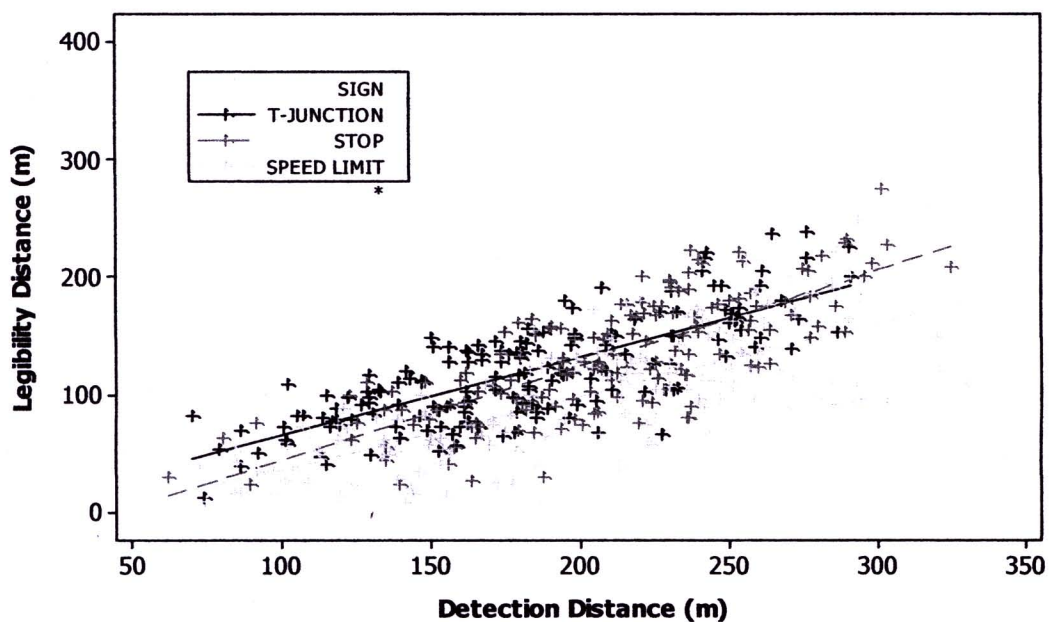
$$LD = 0.7488DD - 32.40 \quad (t=9.14) \quad (R^2 = 0.55) \quad (5)$$

ป้ายจำกัดความเร็ว

$$LD = 0.5697DD - 22.90 \quad (t=7.15) \quad (R^2 = 0.53) \quad (6)$$

5.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะตรวจพบและระยะมองเห็นป้ายจราจรโดยพิจารณารถยนต์ส่วนบุคคลรวมกับรถจักรยานยนต์

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นป้ายจราจรเมื่อพิจารณาการขับขี่โดยรถยนต์ส่วนบุคคลและรถจักรยานยนต์รวมกันเพื่อให้ทราบผลของยานพาหนะทั้ง 2 ประเภท บนถนนเวลากลางคืนอาจนำมาซึ่งการออกแบบระยะการมองเห็นป้ายโดยจำแนกตามประเภทป้ายจราจร รูปที่ 5.22 แสดงข้อมูลจุดคู่อันดับระหว่างระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นแต่ละประเภทป้ายจราจร ได้แก่ ป้ายทางแยกรูปตัวที ป้ายหยุด และป้ายจำกัดความเร็ว โดยพิจารณาใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นเพื่อระบุความสัมพันธ์เชิงเส้นของข้อมูลระยะทางทั้งสองดังแสดงในสมการที่ (7)-(9) จากผลลัพธ์ของสมการแสดงให้เห็นว่าป้ายทางแยกรูปตัวทีให้ค่าระดับของระยะการมองเห็นที่สูงกว่าป้ายหยุด และป้ายจำกัดความเร็ว ตามลำดับ โดยที่ค่าระยะการตรวจพบที่เท่ากันนั้นคือป้ายให้ค่าระยะการมองเห็นที่มากกว่าเพราะผลของสัญลักษณ์ที่ผู้ขับขี่สามารถเข้าใจได้ง่าย เมื่อพิจารณาผลของความชันของสมการพบว่า ป้ายหยุดให้ความชันที่สูงสุด นั่นคือที่ระยะการตรวจพบที่สูงขึ้นป้ายจะให้ค่าระยะการมองเห็นต่อผู้ขับขี่ที่ใกล้เคียงกว่าป้ายอื่นๆ ป้ายจำกัดความเร็วจะให้ค่าระยะการมองเห็นที่ต่ำซึ่งอาจเป็นเพราะผลของขนาดตัวเลขบนป้าย และระดับค่าการสะท้อนแสงที่ทำให้ผู้ขับขี่มองเห็นในระดับที่ใกล้ป้ายกว่าปกติ



รูปที่ 5.22 กราฟความสัมพันธ์ของระยะการตรวจพบ และระยะการมองเห็นของรถยนต์ส่วนบุคคลรวมกับรถจักรยานยนต์ จำแนกตามประเภทป้ายจราจร

ป้ายทางแยกรูปตัวที

$LD = 0.6269DD + 5.10 \quad (t=13.60) \quad (R^2 = 0.60) \quad (7)$

ป้ายหยุด

$LD = 0.7643DD - 26.80 \quad (t=16.64) \quad (R^2 = 0.57) \quad (8)$

ป้ายจำกัดความเร็ว

$LD = 0.5425DD - 12.4 \quad (t=11.32) \quad (R^2 = 0.50) \quad (9)$

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นป้ายจราจรข้างต้นทำให้ทราบแนวโน้มของระยะทางการตอบสนองของผู้ขับขี่ต่อป้ายจราจรในเวลากลางคืนซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคาดการณ์ระยะการมองเห็นป้ายจราจรแต่ละประเภทในเวลากลางคืนได้ โดยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อระยะการตรวจพบประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง และระดับความสูง การเพิ่มประสิทธิภาพปัจจัยเหล่านี้จะมีผลทำให้ระยะการตรวจพบป้ายจราจรสูงขึ้น จึงส่งผลให้ระยะการมองเห็นหรือเข้าใจข้อความบนป้ายจราจรมีค่าสูงขึ้นตามซึ่งทำให้ผู้ขับขี่มีระยะเวลาในการดำเนินการขับขี่ตามข้อมูลที่สื่อสารบนป้ายได้ นอกจากนี้การพบป้ายที่ระยะไกลจะส่งผลให้ผู้ขับขี่สามารถที่จะเตรียมรับข้อมูลที่สื่อสารจากป้ายได้ดียิ่งขึ้นหรือแม้กระทั่งการหลีกเลี่ยงการชนหรือเสียหลักของรถกับอุปกรณ์ข้างทางเช่นเสาป้ายจราจรได้อย่างทันทั่วทั้งที่ ตารางที่ 5.11 แสดงความสัมพันธ์ของระยะการตรวจพบและระยะการมองเห็นป้ายจราจร

ตารางที่ 5.11 สรุปความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างระยะการมองเห็นและระยะการตรวจพบป้ายจราจร

Traffic Signs	Vehicle ^a	Linear Equation	R ²	Linear Equation	R ²
T-Junction (60x60)	PC	LD = 0.6192DD + 11.60	0.53	LD = 0.6269DD + 5.10	0.60
	MC	LD = 0.6249DD + 2.60	0.64		
Stop (75x75)	PC	LD = 0.6776DD - 2.20	0.44	LD = 0.7643DD - 26.80	0.57
	MC	LD = 0.7488DD - 32.40	0.55		
Speed-Limit (φ60)	PC	LD = 0.5863DD - 14.90	0.55	LD = 0.5425DD - 12.40	0.50
	MC	LD = 0.5697DD - 22.90	0.53		

^aPC = รถยนต์ส่วนบุคคล, MC = รถจักรยานยนต์