

การประเมินความเสี่ยงการซ้ำซ้อนสำหรับการเฝ้าระวังผู้ซ้ำซ้อนโดยข้อมูลสัญญาณดาวเทียม



นายพีรพัศ ผลดีนานา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

DRIVING RISK RATING FOR DRIVER MONITORING BASED ON SATELLITE DATA

Mr. Peerapat Phondeenana



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

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

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประเมินความเสี่ยงการจับซื้อสำหรับการเฝ้าระวังผู้จับซื้อ
โดยข้อมูลสัญญาณดาวเทียม

โดย

นายพีรพัศ ผลดีนานา

สาขาวิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ ดร.นักรสิทธิ์ นุ่มวงษ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รัชทิน จันทระเจริญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.นักรสิทธิ์ นุ่มวงษ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อังคีร์ ศรีภคการ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันทศ จันทรานูวัฒน์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.ชินะ เพ็ญชาติ)

พีรพัศ ผลดีนานา : การประเมินความเสี่ยงการขับขี่สำหรับการเฝ้าระวังผู้ขับขี่โดยข้อมูล
สัญญาณดาวเทียม. (DRIVING RISK RATING FOR DRIVER MONITORING BASED
ON SATELLITE DATA) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.นักสิทธิ์ นุ่มวงษ์, 124
หน้า.

อุบัติเหตุบนท้องถนนเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตอันดับต้นๆของในประเทศไทย ซึ่ง
นับเป็นปัญหาที่ต้องจัดการอย่างเร่งด่วน จากการศึกษาทั้งในและนอกประเทศพบว่าปัจจัยที่
เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุบนท้องถนนได้แก่ ผู้ขับขี่ พาหนะ และ ถนน และอื่นๆ ซึ่งปัจจัยสำคัญคือ ผู้
ขับขี่ เนื่องจากบ่อยครั้งที่อุบัติเหตุเกิดจากพฤติกรรมกรรมการขับขี่ที่มีความเสี่ยง การเฝ้าระวังผู้ขับขี่จึง
เป็นแนวทางในการจัดการปัญหาที่นิยมใช้กันโดยเฉพาะกลุ่มรถให้บริการสาธารณะเพื่อลดความ
เสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์สร้างรูปแบบการประเมินความเสี่ยงของการ
ขับขี่สำหรับการเฝ้าระวังผู้ขับขี่ โดยพิจารณาจากปัจจัยความเร็วและความเร่ง โดยการให้ผู้ขับขี่ขับ
รถในเส้นทางพิเศษในกรุงเทพมหานครที่ผู้ขับขี่สามารถขับได้หลายช่วงความเร็ว และกำหนดให้
ขับในเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ได้แก่ เงื่อนไขเร่งรีบที่สุด เงื่อนไขปลอดภัยที่สุด และ เงื่อนไขปกติ การ
ขับในเงื่อนไขแต่ละรอบมีผู้สังเกตที่นั่งสังเกตและประเมินความเสี่ยงไปด้วยตลอดการขับ ผู้สังเกต
จะประเมินการขับขี่แต่ละรอบเป็นคะแนนความเสี่ยงของการขับขี่ โดยมีค่าระหว่าง 1 - 5 คะแนน
และมีการเก็บข้อมูลการขับขี่ด้วยเครื่องบันทึกการขับขี่จากสัญญาณดาวเทียม หลังจากนั้นข้อมูล
การขับขี่จะถูกนำมาใช้เพื่อประเมินด้วยอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นตามรูปแบบการประเมินความเสี่ยง
ผลของการประเมินจากด้วยอัลกอริทึมและผู้สังเกตมีความสอดคล้องกันมากโดยมีความสัมพันธ์กัน
ในลักษณะของสมการเส้นตรง ซึ่งค่า Correlation = 0.89 และได้ตรวจสอบด้วยการทำนาย
ย้อนกลับไปยังผลการประเมินความเสี่ยงจากผู้สังเกต จากผลของการทดสอบตัวแปรในสมการ
ด้วยสมมติฐานที่ระดับความมั่นใจ 95% ทำให้พบว่ารูปแบบของการประเมินความเสี่ยงการขับขี่
สามารถใช้แทนผู้สังเกตได้ และสามารถนำไปใช้ในกลุ่มรถให้บริการสาธารณะที่ติดเครื่องรับ
สัญญาณดาวเทียมไว้แล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2556

5670319721 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEYWORDS: RISK RATING / DRIVER MONITORING / SATELLITE DATA

PEERAPAT PHONDEENANA: DRIVING RISK RATING FOR DRIVER MONITORING
BASED ON SATELLITE DATA. ADVISOR: NUKSIT NOOMWONGS, Ph.D., 124 pp.

Road accident is the high rank cause of death in Thailand and should be solved hastily. Many studies and researches found that there are many involve factors such as driver, vehicle, road etc. The most important factor is driver because there are a lot of accidents occurred by a risk driving maneuver. The driver monitoring is one of the method to solve this problem in a public transport and fleet cars. This research is aimed to create a driving risk rating algorithm by velocity and acceleration factors for a driver monitoring. In experiment, the participants drive in Bangkok expressway which allow them to drive in the many ranges of velocity. Participants were informed to drive in different conditions such as hurry, safety and normal driving. There were observers who observed and rated the risk of driving in each condition. An observer was told to rate the driving in term of a driving risk score in 1-5 point pattern. The drive recorder was used to record a satellite and video data. The satellite data was used along with an adjusted algorithm for rating a driving. The linear regression shows that there is a trend of driving score evaluated by algorithm and observers in term of linear equation with high correlation ($r=.89$). Furthermore, the reverse-predicting process shows the random error of rating score. The linear equation was test with hypothesis at 95% confidence level, we found that the algorithm can replace the observers in driver monitoring method and can be used with satellite data.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Mechanical Engineering Student's Signature

Field of Study: Mechanical Engineering Advisor's Signature

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ผู้เขียนวิทยานิพนธ์รู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบคุณ อาจารย์ ดร.นักสิทธิ์ นุ่มวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาประจำวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางการวิจัยตลอดจนการทำงาน และความอนุเคราะห์ด้านอื่นๆเสมอมา

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.รัชทิน จันทระเจริญ รองศาสตราจารย์ ดร.อังคิรี ศรีภคภากร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันหพศ จันทรานูวัฒน์ และ ดร.ชินะ เพ็ญชาติ ที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ รวมไปถึง นายรัชชิต ฐิติพัฒน์พงศ์ ที่ช่วยแนะนำระหว่างการวิจัยด้วย

ขอขอบคุณผู้สนับสนุนการวิจัย ได้แก่ องค์การสำรวจอวกาศญี่ปุ่น (JAXA) ที่สนับสนุนเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม บริษัท อีซูซู มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่สนับสนุนรถกระบะในการทดลอง และ ศูนย์วิจัยยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Smart Mobility Research Center) ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณบิดา มารดา และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้อำนาจใจ และอำนวยความสะดวกระหว่างศึกษาต่อจนสำเร็จการศึกษาที่ตั้งใจ ผู้วิจัยจะนำความรู้ที่ได้ศึกษาไปใช้ประกอบอาชีพอย่างสุจริต และจะพยายามพัฒนาตนเองโดยสำนึกในความช่วยเหลือของทุกท่านสืบต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และตัวย่อ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ปริทรรศนัรณกรรม.....	4
2.1 นวัตกรรมจากอดีตสู่นาคตในการจัดการปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนน	4
2.2 การประเมินและเฝ้าระวังการขับขี่.....	9
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	21
3.1 การคำนวณระยะทางบนผิวโลกจากข้อมูลจุด GPS	21
3.2 การคำนวณความเร่งจากข้อมูลที่เก็บค่าด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	22
3.2.1 การเคลื่อนที่แนวตรง.....	23
3.2.2 การเคลื่อนที่ในแนววงกลม.....	23
3.3 การรวมเวกเตอร์ความเร่ง.....	25
3.4 ค่าสหสัมพันธ์ [18].....	26
3.5 การถดถอยเชิงเส้น [19]	26

3.5 การตรวจสอบสมมติฐาน [18]	31
3.6 Risk Assessment Matrix [20].....	33
บทที่ 4 อัลกอริทึมประเมินการขั้บซี่	35
บทที่ 5 การวิจัยเบื้องต้น.....	39
5.1 การออกแบบการวิจัยเบื้องต้น	39
5.2 ผลการวิจัยเบื้องต้น.....	40
5.3 การพัฒนาอัลกอริทึมประเมินการขั้บซี่.....	44
บทที่ 6 การออกแบบการวิจัย.....	50
6.1 อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูล	50
6.2 เงื่อนไขการขั้บซี่.....	51
6.3 ผู้ขั้บซี่ในขณะที่เก็บข้อมูล.....	51
6.4 พาหนะที่เลือกใช้เก็บข้อมูล.....	52
6.5 เวลาที่เลือกใช้เก็บข้อมูล.....	53
6.6 เส้นทางที่ใช้เก็บข้อมูล	53
6.7 ผู้สังเกตการขั้บซี่	53
บทที่ 7 ผลการวิจัย.....	56
บทที่ 8 วิเคราะห์ผลการวิจัย	60
8.1 สมการประเมินความเสี่ยงการขั้บซี่.....	60
8.2 การทดสอบสมมติฐาน	63
8.3 การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อน.....	64
บทที่ 9 สรุปการวิจัยและวิจารณ์การวิจัย	66
รายการอ้างอิง.....	69
ภาคผนวก ก. รายละเอียดเครื่องบันทึกข้อมูลการขั้บซี่ VideoVBOX.....	73
ภาคผนวก ข. การติดตั้งเครื่องบันทึกข้อมูลการขั้บซี่ VideoVBOX.....	77
ภาคผนวก ค. ขั้นตอนการแปลงข้อมูลจากเครื่องบันทึกเป็นข้อมูลที่สามารถใช้วิเคราะห์ได้	81

ภาคผนวก ง. Scoring Script.....	84
ภาคผนวก จ. แบบสอบถามข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลการเข้าช้.....	87
ภาคผนวก ฉ. ใบประเมินคะแนนความเสี่ยงในการเข้าช้โดยผู้สังเกต.....	89
ภาคผนวก ช. การคำนวณทางสถิติ.....	91
ภาคผนวก ซ. การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ.....	110
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	124



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	สรุปงานวิจัยที่ได้ค้นคว้า.....	18
ตารางที่ 2	ตัวอย่างการประยุกต์ Risk Assessment Matrix (RAM) กับการประเมินการขับขี่.....	34
ตารางที่ 3	ตารางคะแนนความเสี่ยงในการประเมินการขับขี่.....	36
ตารางที่ 4	ผลการประเมินการขับขี่ เจริญใจ ขับอย่างเร่งรีบที่สุด.....	41
ตารางที่ 5	ผลการประเมินการขับขี่ เจริญใจ ขับปลอดภัยที่สุด.....	42
ตารางที่ 6	ผลการประเมินการขับขี่ เจริญใจ ขับอย่างปกติ.....	43
ตารางที่ 7	ผลการประเมินการขับขี่หลังปรับปรุงอัลกอริทึม เจริญใจ ขับอย่างเร่งรีบที่สุด.....	47
ตารางที่ 8	ผลการประเมินการขับขี่หลังปรับปรุงอัลกอริทึม เจริญใจ ขับอย่างปลอดภัย.....	47
ตารางที่ 9	ผลการประเมินการขับขี่หลังปรับปรุงอัลกอริทึม เจริญใจ ขับอย่างปกติ.....	48
ตารางที่ 10	ผลการประเมินและรายละเอียดการขับขี่.....	57
ตารางที่ 11	ผลการประเมินจากผู้สังเกตที่ 1 และ 2.....	58
ตารางที่ 12	ลักษณะความสัมพันธ์และเงื่อนไขการปรับปรุงภาพแบบการประเมิน.....	61
ตารางที่ 13	ผลการประเมินและรายละเอียดการขับขี่ที่ 7.....	62
ตารางที่ 14	การวิเคราะห์สถิติ F.....	63
ตารางที่ 15	ผลการประเมินเพื่อตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน.....	64
ตารางที่ 16	รายละเอียด Input และ Output ของ VideoVBOX.....	74
ตารางที่ 17	ตารางแสดงข้อมูลที่ใช้คำนวณหาสัมประสิทธิ์ในสมการ $y = mx + c$	92
ตารางที่ 18	ตารางข้อมูลการทำนายผลการประเมินการขับขี่โดยสมการ $y = mx + c$	93
ตารางที่ 19	การวิเคราะห์สถิติ F สมการ $y = mx + c$	98
ตารางที่ 20	ตารางแสดงข้อมูลที่ใช้คำนวณหาสัมประสิทธิ์ในสมการ $y = mx$	98
ตารางที่ 21	ตารางข้อมูลการทำนายผลการประเมินการขับขี่ด้วยสมการ $y = mx$	100
ตารางที่ 22	การวิเคราะห์สถิติ F ของสมการ $y = mx$	105

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 ระบบ ABS ของบริษัท บ็อบ ในช่วงเวลาต่างๆ [4].....	5
ภาพที่ 2 ลำดับการพัฒนาาระบบป้องกันก่อนชนในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา [4]	7
ภาพที่ 3 ระบบ Night vision จาก Volvo Safety Concept Car บริษัท Volvo [4].....	8
ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบข้อมูลการประเมินระหว่างเงื่อนไขการขับขี่ต่างๆ [6]	10
ภาพที่ 5 การกระจายตัวของผลการประเมินการขับขี่ [7]	10
ภาพที่ 6 คะแนนการขับขี่เฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนของ ผลการประเมินแยกตามกลุ่มช่วงอายุ (ชาย) และ จำนวนความผิดพลาด ระหว่างขับขี่เฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนของผลการประเมินแยกตามกลุ่มช่วงอายุ (ขวา) [9].....	11
ภาพที่ 7 แผนภูมิแท่งแสดงระดับความเสี่ยงของการขับขี่ [10].....	12
ภาพที่ 8 ภาพรวมงานวิจัยโดยการใช้กล่องดำ [13].....	14
ภาพที่ 9 Threshold สำหรับ 4 ลักษณะการขับขี่ในช่วงความเร็วต่างๆ [13].....	14
ภาพที่ 10 บริเวณที่ได้จากการแบ่งกราฟความเร็วและความเร่งด้วยค่า Threshold [14].....	15
ภาพที่ 11 กราฟแท่งแสดงผลประเมินการขับขี่ ในช่วงที่1 (no feedback) และช่วงที่ 2 (feedback) [15].....	16
ภาพที่ 12 วิธีการละติจูดและลองจิจูด GPS [16].....	22
ภาพที่ 13 ระยะทางในภาพแนวตัด	22
ภาพที่ 14 ความเร่งในการเคลื่อนที่ในแนววงกลม	24
ภาพที่ 15 แกนที่กำหนดบนรถยนต์ [17]	25
ภาพที่ 16 การถอดรอยแบบเชิงเส้นโดยการประดิษฐ์ฟังก์ชันเส้นตรงจากชุดของข้อมูล	27
ภาพที่ 17 ตัวอย่าง Risk Assessment Matrix (RAM) [20]	33
ภาพที่ 18 บริเวณ 1-4 ในกราฟความเร็วและความเร่ง	36
ภาพที่ 19 อัลกอริทึมประเมินการขับขี่ที่ใช้สำหรับงานวิจัยขั้นต้น.....	37
ภาพที่ 20 ตำแหน่งเส้นทางที่เลือกใช้เก็บข้อมูลการวิจัยเบื้องต้น.....	40
ภาพที่ 21 สภาพจริงของเส้นทางที่เลือกใช้เก็บข้อมูลการวิจัยเบื้องต้น.....	40
ภาพที่ 22 การกระจายตัวของข้อมูลการขับขี่เงื่อนไขที่ 1 ขับอย่างเร่งรีบที่สุด	41
ภาพที่ 23 การกระจายตัวของข้อมูลการขับขี่เงื่อนไขที่ 2 ขับปลอดภัยที่สุด.....	42
ภาพที่ 24 การกระจายตัวของข้อมูลการขับขี่เงื่อนไขที่ 3 ขับปกติ.....	42
ภาพที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความเสี่ยงที่ประเมินด้วยอัลกอริทึมกับผู้สังเกต	44
ภาพที่ 26 แผนภาพลำดับการคำนวณ RDS.....	46
ภาพที่ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง คะแนนความเสี่ยงที่ประเมินด้วย อัลกอริทึมที่พัฒนาแล้ว กับผู้สังเกต.....	48
ภาพที่ 28 VideoVBOX [24]	50

ภาพที่ 29	รถกระบะรุ่น X-series	52
ภาพที่ 30	เส้นทางที่เลือกในการจับเก็บข้อมูลการวิจัย	54
ภาพที่ 31	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลประเมินจากอัลกอริทึมและผลประเมินจากผู้สังเกต .56	
ภาพที่ 32	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลประเมินจากผู้สังเกต 1 และผลประเมินจากผู้สังเกต 2	58
ภาพที่ 33	หลักการสำหรับพัฒนาอัลกอริทึม.....	61
ภาพที่ 34	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 7 และผลประเมินจากผู้สังเกต	62
ภาพที่ 35	กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนของการประเมินความเสี่ยงการขับขี่.....	64
ภาพที่ 36	ตัวอย่างข้อมูลสัญญาณดาวเทียมที่มีความผิดพลาด	67
ภาพที่ 37	แผนภาพ Input และ Output ของ VideoVBOX [24].....	74
ภาพที่ 38	ขนาดของเครื่องบันทึกข้อมูลการขับขี่ VideoVBOX [24].....	75
ภาพที่ 39	ภาพรวมของการติดตั้งอุปกรณ์เสริมเข้ากับรถกระบะ	78
ภาพที่ 40	การยืดเสารับสัญญาณ [27].....	79
ภาพที่ 41	การต่อสายเสารับสัญญาณ [27]	79
ภาพที่ 42	การต่อสายไฟเลี้ยงกับเครื่องเก็บข้อมูลการขับขี่ [27].....	79
ภาพที่ 43	การยึดกล่องกับกระจกด้วยที่ติดสัญญาณ [27].....	80
ภาพที่ 44	การต่อสายกล่องกับเครื่องบันทึกการขับขี่ [27]	80
ภาพที่ 45	แผนผังลำดับการแปลงชนิดไฟล์ข้อมูลการขับขี่.....	82
ภาพที่ 46	หน้าต่างแสดงตำแหน่งปุ่มรันสคริปเพื่อประเมินการขับขี่.....	82
ภาพที่ 47	ตำแหน่งหน้าต่างสำหรับประเมินการขับขี่โดยอัลกอริทึมใน matlab	83
ภาพที่ 48	แบบสอบถามข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลการขับขี่	88
ภาพที่ 49	ใบประเมินคะแนนความเสี่ยงในการขับขี่โดยผู้สังเกต.....	90
ภาพที่ 50	กราฟแสดงช่วงค่าเฉลี่ยประชากร μ สมการ $y = mx + c$	97
ภาพที่ 51	กราฟแสดงช่วงค่าเฉลี่ยประชากร μ สมการ $y = mx$	103
ภาพที่ 52	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 1 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต	105
ภาพที่ 53	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 2 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต	106
ภาพที่ 54	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 3 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต	106
ภาพที่ 55	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 4 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต	107

ภาพที่ 56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 5 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต	107
ภาพที่ 57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 6 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต	108
ภาพที่ 58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 7 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต	108
ภาพที่ 59 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 8 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต	109
ภาพที่ 60 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 9 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต	109



คำอธิบายสัญลักษณ์และตัวย่อ

s	คือ	ระยะทาง
θ	คือ	มุม
r_{world}	คือ	รัศมีโลก
\vec{a}	คือ	ความเร่ง , ความเร่งลัพธ์
$\Delta\vec{v}$	คือ	ความเร็วที่เปลี่ยนไป
$\Delta\vec{t}$	คือ	เวลาที่เปลี่ยนไป
\vec{v}	คือ	ความเร็วปลาย , ความเร็วรถยนต์
\vec{u}	คือ	ความเร็วต้น
t_1	คือ	เวลาเริ่มต้น
t_2	คือ	เวลาสิ้นสุด
a_c	คือ	ขนาดของความเร่งในแนวเข้าสู่ศูนย์กลางวงกลม
R	คือ	รัศมีวงกลม
ω	คือ	ขนาดของความเร็วเชิงมุม
a_t	คือ	ขนาดของความเร่งในแนวเส้นสัมผัสวงกลม
a_r	คือ	ขนาดของความเร่งลัพธ์
a_x	คือ	ขนาดของความเร่งในแนวแกนแน้ารถ
a_y	คือ	ขนาดของความเร่งในแนวแกนข้างรถ
r	คือ	ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
n	คือ	จำนวนข้อมูล
X	คือ	ค่าของตัวแปรตัวที่ 1
Y	คือ	ค่าของตัวแปรตัวที่ 2

a_0, a_1	คือ	สัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรง
E	คือ	ความคลาดเคลื่อน
H_o	คือ	สมมติฐานหลัก
H_a	คือ	สมมติฐานรอง
t_{cal}	คือ	ค่าทางสถิติที่คำนวณได้จากข้อมูล
t_{sig}	คือ	ค่าทางสถิติที่เปิดจากตาราง
S_m	คือ	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร
<i>distance</i>	คือ	ระยะทาง
a_{lat}	คือ	ความเร่งแนวแกนข้างรถ
a_{lon}	คือ	ความเร่งแนวแกนหน้ารถ
<i>Observer score</i>	คือ	ผลประเมินความเสี่ยงการขับขี่จากผู้สังเกต
<i>RDS</i>	คือ	ผลประเมินความเสี่ยงการขับขี่จากอัลกอริทึม

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัญหาจราจรนับเป็นหนึ่งในปัญหาที่สำคัญเนื่องจากปัญหาจราจรสามารถนำไปสู่การสูญเสียทั้งในรูปแบบของ เวลา ทรัพย์สิน และ ชีวิต จากข้อมูลทางสถิติของประเทศอังกฤษ รวบรวมโดย Taylor et al. (1999) [1] สาเหตุการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนนสูงเป็นอันดับ 8 และมีการคาดการณ์ว่าจะมากขึ้นเป็นอันดับ 3 ในปี ค.ศ.2020 ซึ่งในระยะต่อมาจากข้อมูลทางสถิติจาก Global status report on road safety 2009 รวบรวมโดยองค์การอนามัยโลก(WHO) [2] ได้สรุปว่าจำนวนผู้ที่เสียชีวิตบนท้องถนนอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุประมาณ 1,200,000 รายต่อปี และ จำนวนผู้ที่ได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุประมาณ 50,000,000 รายต่อปี และยังคงมีแนวโน้มมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งสอดคล้องกับการคาดการณ์ที่เคยมีมา ล่าสุด WHO เผยข้อมูลจาก Global status report on road safety 2013 [3] ซึ่งระบุว่าประเทศไทยมีอัตราการส่วนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนนต่อประชากร 100,000 คนมากเป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศเกาหลีเหนือ และ สาธารณรัฐโดมินิกัน ทำให้ส่งผลในแง่ลบต่อประเทศไทย ปัญหาการเสียชีวิตบนท้องถนนจึงถือเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือในการป้องกันและลดจำนวนอุบัติเหตุที่จะนำไปสู่การเสียชีวิต

หากพิจารณาถึงสาเหตุของปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนนแล้ว สามารถจำแนกปัจจัยต้นเหตุที่สำคัญได้เป็น 3 ส่วนหลักได้แก่ ผู้ขับ ถนน และ ยานพาหนะ จากแนวโน้มจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจากอุบัติเหตุบนท้องถนนที่นับวันจะมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้องค์กรทุกระดับ อาทิเช่น WHO, Society of Automotive Engineers (SAE), กระทรวงคมนาคมของแต่ละประเทศ ให้ความสำคัญและพยายามสร้างมาตรการของพาหนะและถนนเพื่อแก้ไขอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ในเวลาเดียวกันค่ายรถชั้นนำ เช่น Toyota, Honda, Volvo และ Mercedes-Benz ก็พยายามสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่เพื่อป้องกันปัญหาอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นอีกด้วย จากความพยายามที่ต้องการจะลดจำนวนอุบัติเหตุบนท้องถนนที่ผ่านมาทำให้เกิดเทคโนโลยีใหม่ๆ มากมายเช่น ถุงลมนิรภัย, ระบบเบรกอัตโนมัติ, ระบบควบคุมเสถียรภาพการทรงตัว เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นช่วยลดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนท้องถนนในวัตถุประสงค์ที่ต่างกันทั้งในด้านจำนวนและความรุนแรงของอุบัติเหตุ แต่ในความเป็นจริงแล้วจากบันทึกและการเก็บข้อมูลทางอุบัติเหตุที่ผ่านมาพบว่าปัจจัยหลักของการเกิดอุบัติเหตุมาจากพฤติกรรม การขับขี่ของคนขับ เช่น การขับขี่ที่ใช้ความเร็วเกินความเร็วกำหนด, การขับขี่ในขณะที่เกิดความล้าอันเนื่องมาจากการขับขี่เป็นเวลานาน, การขับขี่โดยขาดสมาธิในการขับขี่อันเนื่องมาจากสิ่งรบกวนการขับขี่ เป็นต้น ในระยะหลังของการแก้ปัญหาอุบัติเหตุจึงมีการมุ่งเน้นไปที่ผู้

ซับซ้อนมากขึ้น หนึ่งในวิธีการสำหรับแก้ไขปัญหาคือการปรับจูนเนื่องมาจากปัจจัยจากผู้ขับขี่คือการเฝ้าระวังผู้ขับขี่ทั้งขณะขับขี่และหลังจากการขับขี่ซึ่งถือเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยม ทั้งนี้กระบวนการเฝ้าระวังผู้ขับขี่จำเป็นต้องอาศัยการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลภายในพาหนะเช่น กล้อง, เครื่องวัดความเร็ว, เครื่องวัดอัตราหมุนของรถ เป็นต้น ควบคู่กับการประเมินการขับขี่เพื่อให้ผู้ขับขี่ทราบถึงลักษณะการขับขี่ของตนและสามารถปรับปรุงการขับขี่ให้ดียิ่งขึ้น

โดยปกติแล้วอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลระหว่างการขับขี่จะเป็นอุปกรณ์วัดข้อมูลการเคลื่อนที่สำเร็จรูป เช่น เครื่องวัดความเร็ว เป็นต้น ซึ่งต้องอาศัยการติดตั้งที่ดีเนื่องจากหากลักษณะการวางตัวของเครื่องวัดความเร็วไม่เหมาะสมจะทำให้ความถูกต้องของข้อมูลความเร็วลดน้อยลงและไม่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ได้ ในปัจจุบันเทคโนโลยีเกี่ยวกับระบบดาวเทียมได้รับการพัฒนาและใช้งานอย่างแพร่หลายในสายงานต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการนำทาง การติดตามค้นหา การสำรวจ เนื่องจากมีความสะดวกในการติดตั้งและลักษณะการวางตัวของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมไม่มีผลต่อความถูกต้องของข้อมูลสัญญาณดาวเทียม นอกจากนี้แล้วยังพบว่ามีการประยุกต์การใช้งานระบบดาวเทียมเพื่อจัดการการให้บริการในรถบางประเภท เช่น รถแท็กซี่ รถประจำทางระหว่างเมือง และ รถบรรทุกขนส่ง เป็นต้น ซึ่งนับวันระบบดาวเทียมจะถูกพัฒนาและใช้งานกันอย่างมากขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคตผู้เชี่ยวชาญจึงเลือกใช้ใช้อุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียมมาเป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูลเพื่อประยุกต์เข้ากับการเฝ้าระวังผู้ขับขี่โดยการสร้างรูปแบบหรือวิธีการประเมินการขับขี่สำหรับการเฝ้าระวังผู้ขับขี่โดยอาศัยข้อมูลสัญญาณดาวเทียม

1.2 วัตถุประสงค์

สร้างรูปแบบการประเมินความเสี่ยงการขับขี่และปรับปรุงโดยอาศัยความสอดคล้องระหว่างผลการประเมินด้วยอัลกอริทึม กับ ข้อมูลการขับขี่

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาการใช้งานอุปกรณ์เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม เลือกเส้นการขับขี่ภายในกรุงเทพฯ สร้างรูปแบบในการประเมินความเสี่ยงการขับขี่ของผู้ขับโดยใช้โปรแกรม Matlab เก็บข้อมูลการขับขี่จากกลุ่มตัวอย่าง ประเมินความเสี่ยงด้วยอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่เก็บได้ ปรับปรุงรูปแบบการประเมินเพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ของผลการประเมินจากอัลกอริทึมและข้อมูลการขับขี่ เช่น ผลการประเมินโดยผู้สังเกตระหว่างขับ หรือ ประวัติการขับขี่ เป็นต้น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาวิธีการใช้งานเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม
3. ติดตั้งและทดลองใช้งานเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม
4. ประดิษฐ์และพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการประเมินความเสี่ยงการขับขี
5. ออกแบบการวิจัย เช่น เส้นทาง เวลาในการขับขี คุณลักษณะของผู้ขับ เป็นต้น
6. เก็บข้อมูลการวิจัย
7. ประเมินความเสี่ยงด้วยอัลกอริทึมที่ประดิษฐ์ขึ้น
8. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการประเมินความเสี่ยงการขับขีด้วยอัลกอริทึมกับข้อมูลการขับขี
9. สรุปผลและเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รูปแบบการประเมินความเสี่ยงการขับขีที่ให้ผลการประเมินสอดคล้องกับข้อมูลการขับขี และสามารถใช้นำมาทำนายความเสี่ยงการขับขีสำหรับการเฝ้าระวังการขับขีได้
2. การประยุกต์ใช้ข้อมูลสัญญาณดาวเทียมเพื่อแปลงเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการประเมินความเสี่ยงได้ เป็นแนวทางเสริมในการใช้ข้อมูลสัญญาณดาวเทียมในด้านความปลอดภัยในการขับขี

บทที่ 2 ปริทรรศน์วรรณกรรม

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยคือการสร้างรูปแบบการประเมินการขับขี่สำหรับการเฝ้าระวังผู้ขับขี่ซึ่ง ซึ่งการเฝ้าระวังผู้ขับขี่ถือเป็นวิธีที่นิยมสำหรับลดอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากผู้ขับ ดังนั้นในบทนี้จะทำการอธิบายวิธีแก้ปัญหาเกี่ยวกับอุบัติเหตุที่ได้ศึกษาค้นคว้ามา เช่น การพัฒนาระบบภายในรถเพื่อความปลอดภัย, การเฝ้าระวังการขับขี่โดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการขับขี่, การประเมินการขับขี่จากการขับบนเครื่องจำลองการขับขี่, การประเมินการขับขี่จากพฤติกรรมกรรมการขับขี่, การประเมินการขับขี่ด้วยผู้สังเกต เป็นต้น และได้สรุปงานวิจัยแยกไว้เป็นตารางท้ายบทพร้อมสรุปแนวทางที่ได้จากการค้นคว้างานวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้กับการวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

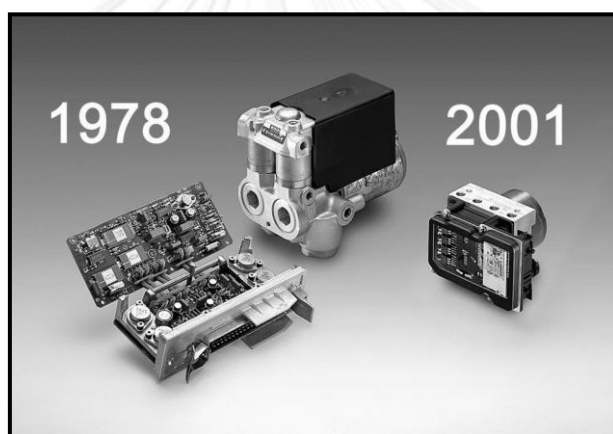
2.1 นวัตกรรมจากอดีตสู่อนาคตในการจัดการปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนน

เนื่องจากแนวโน้มของจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนนมีมากขึ้นเรื่อยๆทุกปี ทำให้หลายองค์กรให้ความสนใจและเข้ามาจัดการกับปัญหานี้อย่างจริงจัง ดังที่ Eidehall (2004) [4] ได้รวบรวมเทคโนโลยีต่างๆที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อลดปัญหาอุบัติเหตุ โดยเทคโนโลยีได้ถูกพัฒนาขึ้นให้ทำงานทั้งในช่วงก่อนและหลังเกิดอุบัติเหตุ แบ่งออกเป็น 2 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบความปลอดภัยแบบพาสซีฟ (Passive safety system) ที่จะทำงานหลังจากอุบัติเหตุเกิดขึ้น โดยจะมีผลทำให้ความรุนแรงของอุบัติเหตุลดลง เช่น ถุงลมนิรภัย, เข็มขัดนิรภัย เป็นต้น และ ระบบความปลอดภัยแบบแอคทีฟ (Active safety system) ที่จะทำงานก่อนอุบัติเหตุจะเกิดขึ้นเพื่อช่วยลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุ เช่น ระบบเอบีเอส (Anti-lock Braking System), ระบบป้องกันการหมุน (Anti-spin system) เป็นต้น

ในปัจจุบันพัฒนาการของระบบคอมพิวเตอร์มีศักยภาพและความสามารถสูงขึ้นเมื่อเทียบกับอดีต อีกทั้งเซนเซอร์ยังถูกพัฒนาเพื่อการใช้งานในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ Active safety system เป็นที่น่าสนใจและมีงานวิจัยเกี่ยวกับยานยนต์เฉพาะด้านมากขึ้น ซึ่งเห็นกันในรูปแบบของ ระบบป้องกันการชน, ระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวาง เป็นต้น ระบบป้องกันการชนถูกพัฒนาขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุโดยการเตือนผู้ขับขี่เมื่อการขับขี่มีความเสี่ยงสูง การเตือนของระบบจะต้องรวดเร็วพอที่จะให้ผู้ขับขี่สามารถลดความเร็วหรือบังคับรถได้ก่อนชน ในทางกลับกันระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวางถูกพัฒนาขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อบังคับรถให้เคลื่อนที่หลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยอัตโนมัติในสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งยังคงต้องมีการพัฒนาในด้านของความแม่นยำให้เกิดความน่าเชื่อถือต่อไป

จากการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดระบบที่สามารถช่วยแก้ไขปัญหาคับตันที่องถนนที่สำคัญหลายระบบในช่วงเวลาที่ 50 ปีที่ผ่านมา ในลำดับต่อไปจะยกตัวอย่างระบบที่สำคัญ

Anti-lock Braking System(ABS) (1978) หลักการทำงานของ ABS คือการป้องกันการล็อกของล้อทำให้ผู้ขับขี่สามารถควบคุมรถด้วยการหมุนพวงมาลัยในขณะที่เบรกได้ ระบบ ABS ยังช่วยลดระยะทางที่ใช้ในการเบรก หลักการทำงานของ ABS ระบบจะวัดความเร็วของล้อทั้งสี่ หากเซ็นเซอร์ตรวจพบความเร่งที่ผิดปกติหรือสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้ ระบบจะประมวลผลได้ว่าล้อกำลังจะถูกล็อก ระบบจะลดความดันในระบบเบรกล้อนั้นลง บริษัทบ๊อช (Bosch) บริษัทผลิตอุปกรณ์รถจากประเทศเยอรมันได้สร้างต้นแบบกลไลสำหรับป้องกันการล็อกของล้อในปี ค.ศ.1936 ในเวลาต่อมา ปี ค.ศ.1970 ระบบ ABS ต้นแบบถูกทดสอบ แต่ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ไฟฟ้ายังต่ำ หลังจากนั้นปี ค.ศ.1978 ระบบ ABS ถูกผลิตโดย Bosch และได้รับการพัฒนามาจนถึงปัจจุบัน ภาพที่ 1 แสดงขนาดของระบบ ABS ที่ถูกพัฒนาให้มีขนาดเล็กลงอย่างเห็นได้ชัด



ภาพที่ 1 ระบบ ABS ของบริษัท บ๊อช ในช่วงเวลาต่างๆ [4]

Traction control (1985) หลักการทำงานของระบบ Traction control มีความคล้ายกับระบบ ABS โดยระบบจะป้องกันการลื่นของล้อ (Wheel slip) ในขณะที่เกิดการเร่งโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความเร็วเดียวกับระบบ ABS หากรถเริ่มจะลื่น กำลังของเครื่องยนต์จะลดลงเพื่อการควบคุมการเคลื่อนที่ทิศทางด้านข้างของรถ ระบบ Traction control ถูกผลิตในปี ค.ศ.1985 ในนามของระบบจาก Bosch

Stability control (1995) Bosch ยังคงพัฒนาระบบที่ใช้ในยานยนต์อย่างต่อเนื่อง และได้พัฒนา stability control system ESP (Electronic Stability Program) ในปี ค.ศ.1995 หลักการทำงานของระบบจะทำการวัดอัตราการหมุนของรถและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ หากอัตราการหมุนของรถมากกว่าค่ามาตรฐาน ระบบจะทำการเบรกล้อข้างหนึ่งเพื่อแก้ไขการหมุนของรถ

Adaptive cruise control (ACC) (1998) ระบบ ACC จะใช้เซ็นเซอร์วัดระยะทาง ส่วนมากมักใช้ เลเซอร์ (Laser) และเรดาร์ (Radar) เพื่อคำนวณระยะห่างระหว่างรถสองคัน หากเวลาที่ใช้ใน

การเข้าถึงรถคันนำในความเร็วระดับต่างๆต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ระบบ ACC จะทำการลดความเร็วเพื่อรักษาระยะห่างระหว่างรถทั้ง 2 คัน ในระยะเวลาต่อมา ACC ถูกพัฒนาเข้ากับระบบป้องกันการชนหน้ารถ

Forward collision mitigation (2003) ระบบจะช่วยลดความรุนแรงของการชน โดยการลดความเร็วรถยนต์ขณะเกิดการชนท้ายรถยนต์คันหน้า ถึงแม้ว่าค่ายบริษัทรถยนต์จะพยายามพัฒนาระบบที่มีการทำงานดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น แต่มีเพียงบริษัท ฮอนด้า (Honda) ที่จำหน่าย Collision Mitigation System (CMS) ตั้งแต่ปี ค.ศ.2003 โดยหลักการทำงานของระบบสามารถแบ่งขั้นตอนก่อนการชนดังนี้

Primary warning ในขณะที่รถมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการปะทะกับรถคันหน้า หรือระยะห่างระหว่างคันน้อย ระบบจะส่งสัญญาณเสียงแจ้งเตือนผู้ขับ และปรากฏข้อความ "BREAK" บนแผงหน้าปัดความเร็ว เพื่อให้ผู้ขับรับทราบและควบคุมรถให้มีความเสี่ยงน้อยลงโดยการลดความเร็ว

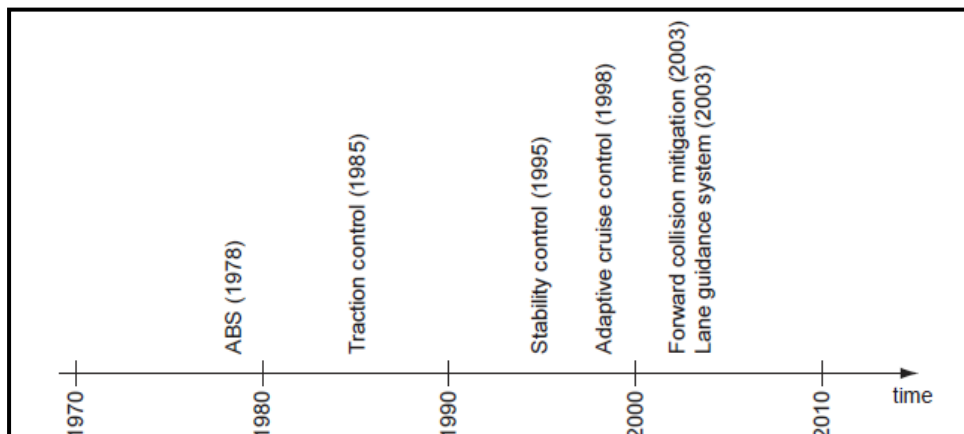
Secondary warning ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างคันยังคงลดน้อยลง ระบบจะทำงานเบรกอย่างเบาๆ และ ระบบจะแจ้งผู้ขับด้วยผ่านทางระบบสัมผัสโดยเข็มขัดนิรภัยจะทำการรัดแน่น 2 - 3 ครั้ง หลังจากการแจ้งเตือนระยะที่สอง ถ้าหากผู้ขับทำการเบรก ระบบจะพิจารณาเป็นการเบรกฉุกเฉิน และระบบช่วยเบรกจะทำงานเพื่อลดความเร็วรถทันที

Collision damage reduction หากการปะทะเกิดขึ้น เข็มขัดนิรภัยจะถูกดึงรัดให้แน่นขึ้นเพื่อชดเชยส่วนที่เข็มขัดนิรภัยที่ย่อนหลังการปะทะ ระบบเบรกจะทำงานเต็มกำลังประมาณ 6 m/s^2 เพื่อลดความรุนแรงของการปะทะ

ไม่มีรายงานรับรองถึงจำนวนยอดขาย CMS แต่เป็นที่น่าสนใจว่ากระแสตอบรับจากผู้บริโภคค่อนข้างน้อย ด้วยเหตุผลของความถูกต้องในการแจ้งเตือนเนื่องจากระยะห่างระหว่างคันที่ยอมรับได้สำหรับผู้ขับแต่ละคนนั้นไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพถนน ประสบการณ์การขับขี่ เป็นต้น

Lane guidance system (2003) ระบบช่วยรักษาตำแหน่งของรถภายในช่องจราจร การทำงานของระบบมีทั้งรูปแบบของการส่งเสียงและการเพิ่มแรงต้านการหมุนพวงมาลัยเพื่อแจ้งเตือนผู้ขับหากรถยนต์เคลื่อนที่สู่เส้นแบ่งช่องจราจร ระบบจะหมุนพวงมาลัยเพื่อรักษาตำแหน่งของรถให้อยู่ภายในช่องจราจรอัตโนมัติเหมือนการขับชီးอัตโนมัติที่ใช้กับการขับชီးเครื่องบิน Honda จำหน่ายระบบ Honda Intelligent Driver Support (HIDS) ที่ประกอบด้วย Lane keeping Assist System (LKAS) เป็นระบบย่อย เมื่อปี ค.ศ.2003 HIDS เป็นการรวมระบบแจ้งเตือนด้วยเสียงและระบบเพิ่มแรงต้านการหมุนพวงมาลัย ในการใช้งานระบบผู้ขับชီးควรมีสมาธิในการขับชီးเนื่องจากแรง

ด้านการหมุนที่เพิ่มขึ้นมีเพียง 80% ของแรงต้านที่รถต้องการ ดังนั้นผู้ขับต้องเป็นผู้เพิ่มแรงต้านอีก 20% ที่เหลือด้วยตนเอง



ภาพที่ 2 ลำดับการพัฒนา ระบบป้องกันก่อนชนในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา [4]

ลำดับของเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาจากค่ายบริษัทรถยนต์ชั้นนำแสดงในภาพที่ 2 การพัฒนาระบบที่ช่วยแก้ปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนนยังคงต่อเนื่องและมีการเสนอเทคโนโลยีต่างๆที่จะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาระบบในงานวิจัยในระยะเวลาต่อมา ดังนี้

Adaptive Cruise Control with GPS ในอนาคตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS จะถูกนำมาใช้กับระบบ ACC ที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ การประยุกต์ใช้จะนำระบบระบุตำแหน่งเข้ากับแผนที่อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ข้อมูลแก่ผู้ขับขี่ในการควบคุมรถสำหรับเส้นทางต่างๆ

Pedestrian detection การพัฒนาในอนาคตจะให้ความสนใจกับหัวข้อนี้ค่อนข้างมาก โดยการใช้กล้องหรืออินฟราเรด ในการตรวจจับคนเดินกีดขวางการจราจรที่อยู่ในบริเวณซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงในการปะทะและได้รับบาดเจ็บ หากระบบสามารถตรวจจับแนวโน้มที่จะเกิดการปะทะ ระบบเบรกจะทำการลดความเร็วรถเพื่อหลีกเลี่ยงการชน

Interior sensing เป็นที่ทราบกันว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ส่วนหนึ่งมีจากผู้ขับที่ขาดสมาธิในการขับขี่ เช่น อาการง่วงนอน, การคุยโทรศัพท์ เป็นต้น ด้วยการติดกล้องบันทึกภาพในห้องโดยสารเพื่อเฝ้าระวังผู้ขับ เช่น ลักษณะการกรอกลูกตา, ลักษณะการเคลื่อนไหวของใบหน้า เป็นต้น หากระบบเฝ้าระวังตรวจจับการขาดสมาธิในการขับขี่ได้ ระบบอื่นๆจะถูกสั่งการเพื่อช่วยควบคุมรถและแจ้งเตือนผู้ขับขี่ให้พักหรือเพิ่มสมาธิในการขับขี่

Pre-crash safety มีความพยายามอย่างมากในการทดลองในหัวข้อนี้ โดยการเตรียมความพร้อมให้รถและผู้โดยสารก่อนการชน บริษัท DaimlerChrysler ได้ประกาศถึงการทดลองเกี่ยวกับการชนเพื่อศึกษาบริเวณที่โครงสร้างรถไม่สูญเสียรูปร่าง และ เพิ่มอุปกรณ์เสริมภายในรถ เช่น ประตูที่จะผลักผู้โดยสารออกนอกรถก่อนเกิดการปะทะ

Night vision บริษัทผู้ผลิตรถหลายแห่ง เช่น Volvo Car Corporation ได้ศึกษาเกี่ยวกับการขับขี่ในช่วงเวลากลางคืน 3 โดยการติดกล้องอินฟราเรดเพื่อจับภาพมืดในช่วงเวลากลางคืนที่หน้ารถ และส่งภาพที่ชัดเจนกลับไปยังจอหน้าผู้ขับ แสดงดังภาพที่ 3 ระบบดังกล่าวช่วยลดระยะเวลาในการมองเส้นทางในความมืดได้ประมาณ 5 เท่า



ภาพที่ 3 ระบบ Night vision จาก Volvo Safety Concept Car บริษัท Volvo [4]

ภาพที่ 3 แสดงให้เห็นภาพของสิ่งแวดล้อมนอกตัวรถทางด้านหน้าของทิศการขับขี่ในเวลา กลางคืน ที่จะทำให้ผู้ขับขี่สามารถมองเพื่อประกอบในการตัดสินใจในการขับขี่เวลากลางคืน โดยภาพ ที่เห็นจะเกิดจากเซนเซอร์ของกล้องอินฟราเรดที่ติดบริเวณหน้ารถ

นอกจากระบบต่างๆที่ถูกพัฒนามาเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับอุบัติเหตุบนท้องถนนแล้ว หนึ่งใน ปัจจัยที่สำคัญเกี่ยวกับอุบัติเหตุคือผู้ขับขี่ ดังนั้นการลดความผิดพลาดหรือปัจจัยจากผู้ขับขี่จึงเป็นอีก ช่องทางหนึ่งในลดจำนวนอุบัติเหตุ การหมั่นเฝ้าระวังผู้ขับ ฝึกทักษะการขับขี่ และ คงความสามารถ การขับขี่ ล้วนเป็นวิธีการเพื่อลดความผิดพลาดของผู้ขับขี่ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญนิพนธ์ต้องการจะประเมิน การขับขี่ จึงได้ค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินการขับขี่ในรูปแบบต่างๆซึ่งจะอธิบายในหัวข้อ ถัดไป

2.2 การประเมินและเฝ้าระวังการขับขี่

จากการค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินการขับขี่ที่รวบรวมโดย Kowalski (2007) [5] ทำให้ทราบว่า ยังไม่มีข้อสรุปใดบ่งชี้ว่ามีวิธีการประเมินการขับขี่ใดถูกใช้เป็นวิธีมาตรฐาน เนื่องจากการประเมินการขับขี่จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยทั้งภายในและภายนอกเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำได้ลำบากในการทำงานวิจัยเพียงงานเดียวที่สามารถครอบคลุมปัจจัยได้หมด แต่ถึงอย่างนั้นงานวิจัยที่ได้ศึกษาค้นคว้ามาก็มีประโยชน์กับการวิจัยสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เนื่องจากข้อสังเกตที่ได้จากการค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินการขับขี่สามารถนำมาใช้สำหรับการออกแบบการวิจัยให้ครอบคลุมปัจจัยที่ใช้ในการประเมินการขับขี่

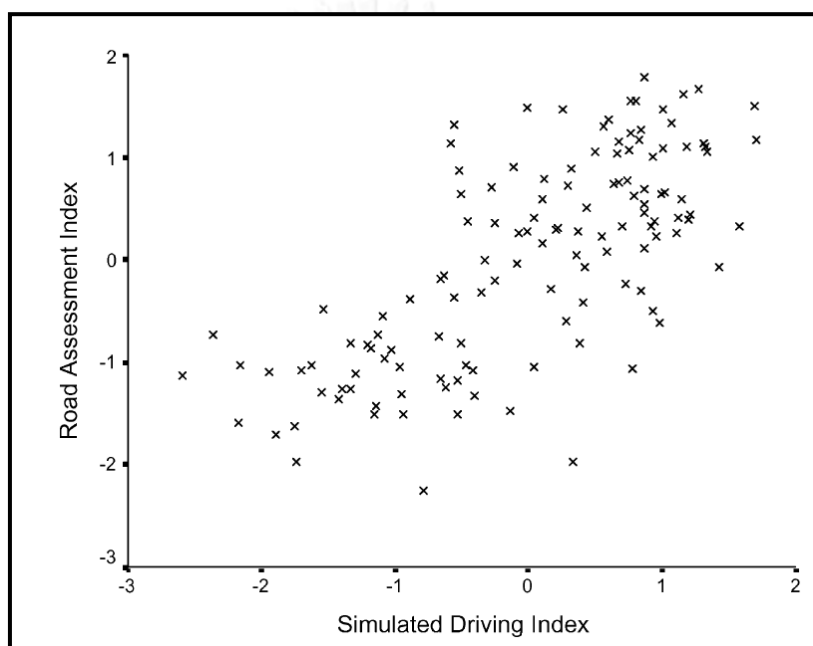
เมื่อปี ค.ศ.1994 Odenheimer et al. [6] พยายามประเมินความสามารถในการขับขี่ของผู้สูงอายุเนื่องจากอุบัติเหตุจำนวนมากมีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว ได้มีการวิจัยโดยทดลองให้ผู้สูงอายุขับรถ 3 เงื่อนไข ได้แก่ 1. ขับโดยถูกสั่งให้ขับและประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญการขับขี่ 2. ขับด้วยตนเองในถนนส่วนตัวไม่มีการจราจรและประเมินโดยผู้ประเมินที่นั่งสังเกตการขับขี่อยู่ในรถ และ 3. ขับด้วยตนเองในถนนที่มีการจราจรและประเมินโดยผู้ประเมินที่นั่งสังเกตการขับขี่อยู่ในรถ ซึ่งผลการวิเคราะห์การประเมินการขับขี่ทั้ง 3 เงื่อนไขให้ผลสรุปว่า ผลการประเมินการขับโดยถูกสั่งจากผู้เชี่ยวชาญการขับขี่(Instructor's Global Score) และ ผลการประเมินการขับด้วยตนเองในถนนที่มีการจราจรโดยผู้สังเกต(In-traffic Score) มีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 0.74 ($r=0.74$) แสดงดังภาพที่ 4 ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินทั้งสองมีความสอดคล้องกันมากโดยหาก Instructor's Global Score มีค่ามาก In-traffic Score ก็จะมีค่ามากเช่นกัน และได้ให้ข้อสังเกตว่า การขับขี่ในถนนส่วนตัวไม่สามารถให้สภาพแวดล้อมการขับขี่ได้ดีเท่าการขับขี่ในถนนที่มีการจราจรจริง แต่หากมองในแง่ความปลอดภัยการขับขี่ในถนนส่วนตัวก็สามารถใช้ได้สำหรับการจำลองการขับขี่ที่ค่อนข้างมีความเสี่ยง เช่น การขับขี่ผ่านสี่แยก เป็นต้น

Lee et al. (2003) [7,8] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินการขับขี่ด้วยเครื่องจำลองการขับขี่ โดยกลุ่มตัวอย่างจะถูกทดสอบการขับขึ้นบนเครื่องจำลองการขับขี่ซึ่งสามารถประเมินความสามารถในการขับขี่ได้ และทดสอบโดยการขับที่จริงอีกครั้งหนึ่งด้วยตนเองในสนามปิดที่มีผู้สังเกตการณ์เฝ้าสังเกตพร้อมประเมินความสามารถในการขับขี่ ผลการวิเคราะห์การขับขี่ชี้ให้เห็นว่าความสามารถในการขับขี่ลดลงเมื่อผู้ขับมีอายุสูงขึ้น และ ผลการประเมินการขับขี่ด้วยเครื่องจำลองการขับขี่และผลการประเมินการขับขี่ด้วยผู้สังเกตมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 0.716 ($r=0.716$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินการขับขี่ทั้งสองมีความสอดคล้องกันมาก แสดงดังภาพที่ 5 อีกทั้งผลการประเมินด้วยเครื่องจำลองการขับขี่ยังมีความสัมพันธ์กับประวัติการชนของผู้ขับด้วย

Measures	n	Instructor's Global Score	Closed Course Score	In-traffic Score
Instructor's global score	30	—	[.35*]	[.64**]
Closed course score	28	.44*	—	[.54**]
In-traffic score	26	.74**	.60**	—

n = number of subjects completing the task.
 The bracketed values have been age-adjusted.
 p* < .05; *p* < .01, Pearson *r* correlation coefficients (2-tailed).

ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบข้อมูลการประเมินระหว่างเงื่อนไขการขับขี่ต่างๆ [6]

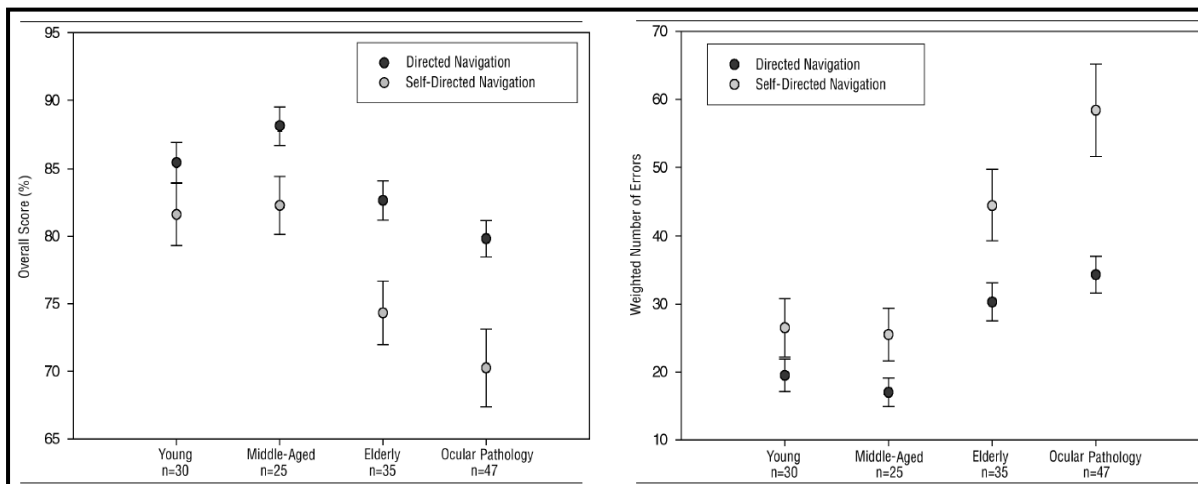


ภาพที่ 5 การกระจายตัวของผลการประเมินการขับขี่ [7]

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะการกระจายตัวของผลการประเมินจากเครื่องจำลองการขับขี่ (แกน x) และผู้สังเกต (แกน y) ซึ่งจะเห็นแนวโน้มของการกระจายตัวว่าหากผลการประเมินจากเครื่องจำลองการขับขี่มีค่าสูง ผลการประเมินจากผู้สังเกตจะมีค่าสูงเช่นกัน ถึงอย่างไรก็ตามจะเห็นว่าการประเมินด้วยเครื่องจำลองการขับขี่และผู้สังเกตยังมีความแตกต่างกัน

ในงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินความสามารถการขับขี่โดยนักกิจกรรมบำบัด (Occupational therapist) โดย Mallon et al. (2004) [9] กลุ่มตัวอย่างจะขับรถเพื่อทดสอบความสามารถในการขับขี่ ซึ่งการขับขี่แบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงแรกผู้ขับจะขับโดยมีผู้เชี่ยวชาญการขับขี่คอยแนะนำและช่วงสองผู้ขับจะขับด้วยความสามารถของตนเอง โดยตลอดการขับขี่จะมีการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญการขับขี่และนักกิจกรรมบำบัดที่นั่งอยู่ในรถ ผลการประเมินความสามารถการขับขี่แบ่งแยกตามกลุ่มช่วงอายุจากนักกิจกรรมบำบัดแสดงดังภาพที่ 6 และ ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญการขับขี่และผลการประเมินโดยนักกิจกรรมบำบัดมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 0.76 ($r=0.76$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินทั้งสองมีความสอดคล้องกันและได้ให้ข้อสังเกตว่าเนื่องจาก

ผลการประเมินมีความสอดคล้องกันมาก ดังนั้นในอนาคตกิจกรรมในลักษณะของการขับขี่ก็สามารถใช้ผลการประเมินจากนักกิจกรรมบำบัดเป็นตัวชี้วัดเพื่อบำบัดคนไข้ในคลินิกได้



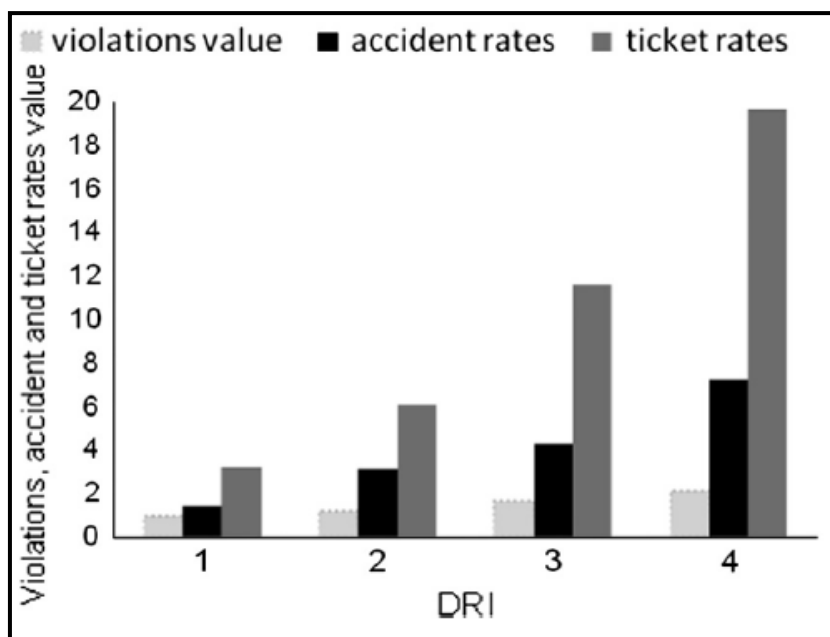
ภาพที่ 6 คะแนนการขับขี่เฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนของ

ผลการประเมินแยกตามกลุ่มช่วงอายุ (ซ้าย) และ จำนวนความผิดพลาด

ระหว่างขับขี่เฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนของผลการประเมินแยกตามกลุ่มช่วงอายุ (ขวา) [9]

ภาพที่ 6 สังเกตได้ว่าผลการขับขี่ทั้งคะแนนการขับขี่และจำนวนความผิดพลาดของแต่ละวัยมีความแตกต่างกัน โดย กลุ่มกลางคน(Middle-Aged) มีคะแนนการขับขี่เฉลี่ยมากที่สุดและจำนวนความผิดพลาดน้อยที่สุด ในขณะที่คนไข้ที่มีอาการเกี่ยวกับตาในคลินิก (Ocular pathology) มีคะแนนการขับขี่เฉลี่ยน้อยที่สุดและจำนวนความผิดพลาดในการขับขี่มากที่สุด

Moghaddam et al. (2014) [10] ได้วิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกระดับความเสี่ยงของการขับขี่โดยอาศัยคุณสมบัติของผู้ขับขี่ (Driver's risk index; DRI) โดยกลุ่มตัวอย่างได้ทำการตอบแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูล เช่น อายุ เพศ จำนวนอุบัติเหตุ จำนวนใบสั่ง เป็นต้น ข้อมูลดังกล่าวจะจำแนกกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 36 กลุ่ม ด้วยปัจจัย 4 ปัจจัย ได้แก่ ลักษณะบุคลิกภาพที่มีผลต่อการขับขี่ อายุ เพศ และ ระดับการศึกษา ซึ่งสามารถจำแนกเป็นระดับการขับขี่ออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ที่มีระดับความเสี่ยงของการขับขี่ไม่เท่ากันโดยจำแนกตาม ความรุนแรงในการขับขี่ จำนวนอุบัติเหตุ และจำนวนใบสั่ง ซึ่งสำรวจจากแบบสอบถาม ข้อมูลการแบ่งกลุ่มแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แผนภูมิแท่งแสดงระดับความเสี่ยงของการขับขี่ [10]

ภาพที่ 7 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผู้ขับขี่ที่มีความเสี่ยงในระดับต่างๆ โดยสะท้อนออกมาในรูปแบบของความรุนแรงการขับขี่ จำนวนใบสั่ง และ จำนวนอุบัติเหตุ จะสังเกตได้ว่า กลุ่ม DRI1 คือกลุ่มที่มีความเสี่ยงน้อยที่สุด และกลุ่ม DRI4 คือกลุ่มที่มีความเสี่ยงมากที่สุด สำหรับกลุ่ม DRI2 และ DRI3 ความแตกต่างของความรุนแรงการขับขี่และจำนวนอุบัติเหตุจะไม่แตกต่างกันมากนัก แต่จะพบความแตกต่างของจำนวนใบสั่งอย่างมาก

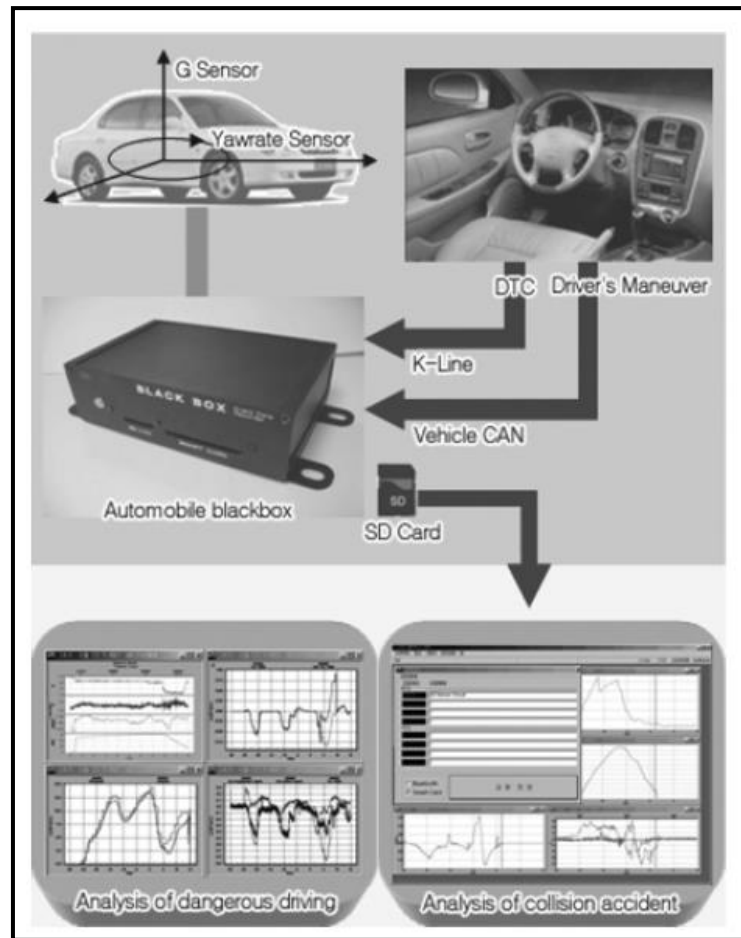
จากข้อมูลทางสถิติที่ชี้ให้เห็นว่า ประเทศไทยติดอันดับประเทศที่จำนวนอุบัติเหตุเกิดสูง โดยเฉพาะรถที่ให้บริการสาธารณะเช่น รถเมล์ประจำทาง รถตู้ รถทัวร์ระหว่างเมือง ทำให้ Saiprasert (2012) [11] ทำการวิจัยที่พยายามประเมินการขับขี่กับรถกลุ่มดังกล่าว โดยการเลือกใช้อุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียมและเซนเซอร์วัดความเร่งติดตั้งกับรถตู้สาธารณะ การประเมินการขับขี่มาจากสองช่องทาง ได้แก่ จากแบบประเมินโดยผู้โดยสาร และ อัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นโดยพิจารณาจากเงื่อนไขของความเร็ว ความเร่ง และการเปิด-ปิดของประตูรถ เมื่อนำผลการประเมินทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน และหาความสัมพันธ์แล้วทำการปรับปรุงอัลกอริทึมให้ได้อัลกอริทึมที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ซึ่งมีการนำทฤษฎีทางสถิติมาช่วยหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการขับขี่กับคะแนนความปลอดภัยที่ใช้ประเมิน (Safety Rating, SR) พบว่าคะแนนความปลอดภัยขึ้นกับความเร็วนั้น ความเร่งไม่มีผลต่อคะแนนความปลอดภัย

นอกจากนี้แล้ว Oh et al. (2013) [12] ยังได้ทำการวิจัยภายในประเทศเกาหลี ที่พยายามสร้างอัลกอริทึมเพื่อจำแนกลักษณะการขับขี่ และพยายามสร้างดัชนีสำหรับประเมินความปลอดภัยในการขับขี่ (Safety Monitoring Index, SMI) โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการขับขี่กับผล

การประเมินความปลอดภัยในการขับขี่ โดยอ้างอิงจากค่า Threshold ที่กำหนดขึ้น และพยายามทดลองใช้ดัชนีที่สร้างได้เข้ากับระบบสื่อสารที่ใช้ในท้องถนน เพื่อการเฝ้าระวังการขับขี่ขณะขับอีกด้วย

จากการค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินการขับขี่ ทำให้เห็นว่าโดยส่วนมากแล้วมักมีการเปรียบเทียบผลการประเมินจากสองช่องทางและดูแนวโน้มความสัมพันธ์ของผลการประเมินจากสองช่องทาง ซึ่งนับว่าตรงกับแนวทางในการสร้างรูปแบบการประเมินการขับขี่ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ในหัวข้อถัดไปจะอธิบายวิธีการเฝ้าระวังการขับขี่ในลักษณะอื่น ๆ นอกจากการประเมินการขับขี่ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ผลการขับขี่ด้วยข้อมูลการขับขี่ เช่น ตำแหน่ง, ความเร็ว, ความเร่ง, อัตราหมุนของรถ เป็นต้น เนื่องจากข้อมูลเหล่านี้สามารถคำนวณได้จากข้อมูลสัญญาณดาวเทียมที่ผู้เขียนวิทยานิพนธ์เลือกใช้เป็นข้อมูลสำหรับการประเมินการขับขี่ สำหรับการเฝ้าระวังการขับขี่ที่ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ได้ค้นคว้าศึกษา มา ส่วนใหญ่มีการเลือกใช้อุปกรณ์เพื่อเก็บข้อมูล หลังจากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปพิจารณาด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีการกำหนดขึ้น และสุดท้ายผลสรุปจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินการขับขี่ว่ามีความปลอดภัยหรือมีความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุมากน้อยอย่างไร

กล่องดำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องบินเพื่อเก็บข้อมูลการบิน I. Han และ K. S. Yang (2009) [13] ได้พัฒนากล่องดำสำหรับรถยนต์ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องวัดความเร่งและเครื่องวัดอัตราหมุนของรถ ติดตั้งบนรถทดลองเพื่อเก็บข้อมูลสำหรับใช้วิเคราะห์ลักษณะการขับขี่ ลักษณะการขับขี่ที่มีความเสี่ยงก่อให้เกิดอุบัติเหตุถูกจำแนกออกเป็น 4 แบบ คือการเร่งกะทันหัน การเบรกกะทันหัน การเปลี่ยนช่องจราจรกะทันหัน และการเลี้ยงโค้งกะทันหัน โดยการจำแนกจะใช้ความเร่งและอัตราหมุนของรถในการวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนที่ของรถ ภาพรวมของขั้นตอนการเฝ้าระวังการขับขี่โดยลักษณะการขับขี่ที่เสี่ยงแสดงดังภาพที่ 8 นอกจากนี้งานวิจัยดังกล่าวยังได้ทำการวัดค่าพิกัด (Threshold) สำหรับลักษณะการขับขี่ทั้ง 4 แบบ แสดงดังภาพที่ 9 และได้ชี้ให้เห็นว่าข้อมูลการขับขี่ที่ได้สามารถนำไปใช้ได้หลากหลายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ เช่น การคำนวณอัตราค่าประกันภัยรถยนต์, การแก้ปัญหาอุบัติเหตุ เป็นต้น



ภาพที่ 8 ภาพรวมงานวิจัยโดยการใช้กล่องดำ [13]

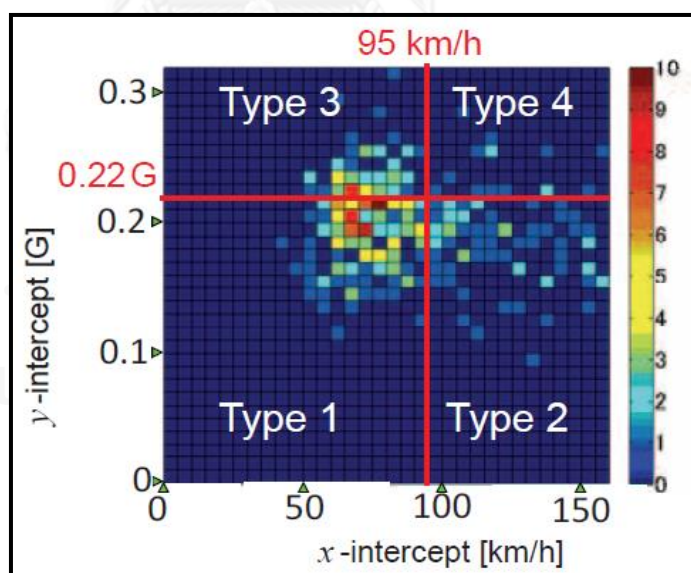
Vehicle speed (Km/h)	Rapid accl. (G)	Sudden braking (G)	Rapid turning (Deg)	Rapid lane change (Deg)
0~9	0.22	0.61	N/A	13.0
10~19	0.22	0.61	N/A	12.0
20~29	0.21	0.61	N/A	11.0
30~39	0.20	0.61	N/A	9.0
40~49	0.19	0.58	12.7	9.0
50~59	0.15	0.58	10.7	8.0
60~69	0.15	0.58	10.7	7.5
70~79	0.14	0.55	10.7	7.0
80~89	0.13	0.55	10.5	6.5
90~	0.12	0.54	10.5	6.5

ภาพที่ 9 Threshold สำหรับ 4 ลักษณะการขับขี่ในช่วงความเร็วต่างๆ [13]

ภาพที่ 8 แสดงภาพรวมของงานวิจัย[13] ที่ใช้กล่องดำในการเก็บข้อมูลเพื่อจำแนกพฤติกรรมการขับขี่ที่เสี่ยงจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุ จากภาพจะเห็นได้ลำดับการส่งข้อมูล โดยเมื่อมีการเคลื่อนที่ของรถ กล่องดำจะเก็บข้อมูลความเร็ว และ อัตราหมุนของรถ หลังจากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกพิจารณาผ่านอัลกอริทึมที่ถูกพัฒนาขึ้นและวิเคราะห์ออกมาเป็นลักษณะการขับขี่ต่างๆตลอดการขับขี่

ภาพที่ 9 แสดงค่า Threshold ที่ทางทีมวิจัย [13] เลือกใช้ซึ่งจะพบว่าค่าของ Threshold การเบรกจะสูงกว่า ค่า Threshold การเร่งมากกว่า 1 เท่าตลอดทุกช่วงความเร็ว และไม่มีการกำหนด Threshold การเลี้ยวในช่วงความเร็ว 0 – 39 กิโลเมตร/ชั่วโมง เนื่องจากเป็นช่วงความเร็วที่ต่ำและไม่ค่อยพบอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นเลยด้วยช่วงความเร็วดังกล่าว

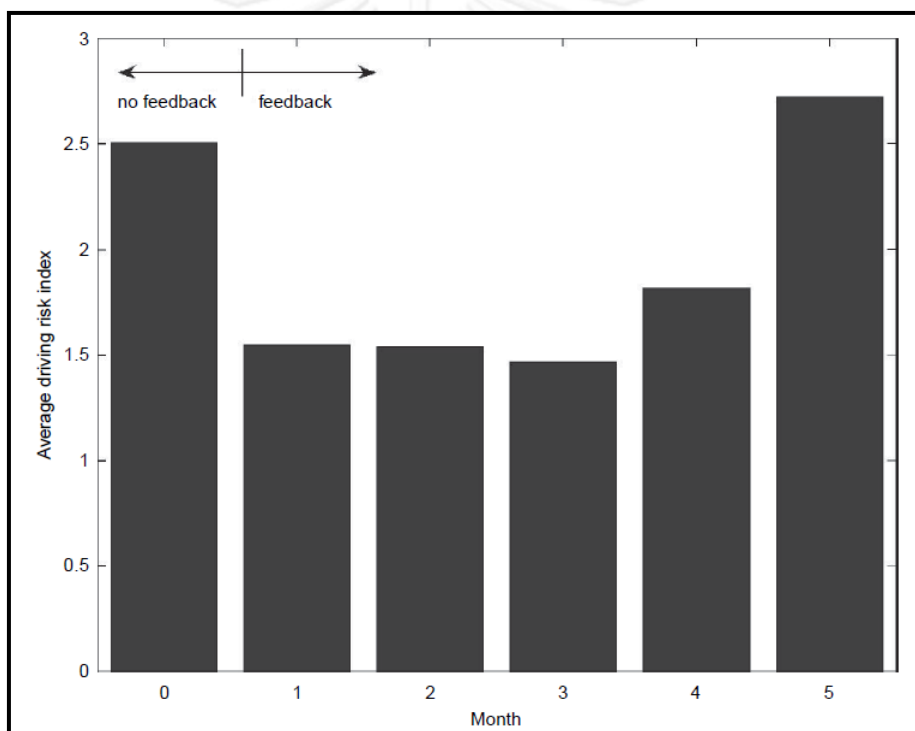
Miyajima et al. (2011) [14] ทำการวิจัยที่พยายามระบุระดับความปลอดภัยของผู้ขับ โดยอาศัยพฤติกรรมการขับขี่ ในกรณี เร่ง เบรก และ เลี้ยว หลักการระบุระดับความปลอดภัยสำหรับการเร่งใช้ ความเร่งสูงสุด และ ความเร็วขณะเกิดความเร่งสูงสุดเป็นปัจจัยในการระบุ งานวิจัยนี้เลือกค่า Threshold สำหรับความเร่งที่ 0.22 G และ ความเร็วที่ 95 km/hr แล้วทำการแบ่งบริเวณในกราฟความเร็ว ความเร่งออกเป็น 4 บริเวณดังแสดงในภาพที่ 10 จะได้บริเวณ 4 บริเวณที่เมื่อพล็อตข้อมูลการขับขี่ไปแล้วจะทำให้สามารถระบุระดับความปลอดภัยได้ 4 ระดับ โดย ระดับที่ 1 มีระดับความปลอดภัยในการเร่งมากที่สุด ตามด้วย 2 3 และ 4



ภาพที่ 10 บริเวณที่ได้จากการแบ่งกราฟความเร็วและความเร่งด้วยค่า Threshold [14]

ภาพที่ 10 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลบนพื้นที่ในกราฟความเร็วและความเร่งซึ่งแบ่งออกเป็นบริเวณต่างๆที่มีระดับความปลอดภัยแตกต่างกัน แทบสี่ทางด้านขวาแสดงถึงจำนวนของผู้ขับที่ร่วมการทดลอง พบว่าข้อมูลการขับของผู้เข้าร่วมการทดลองส่วนมากขับกระจายตัวอยู่ในบริเวณ Type 1 ที่เป็นบริเวณที่มีความปลอดภัยมากที่สุด

สำหรับกลุ่มรถให้บริการขนส่ง ความปลอดภัยในการขับขี่ถือเป็นเรื่องสำคัญมากเนื่องจากหากเกิดอุบัติเหตุขณะขนส่ง สิ่งของที่บรรทุกจะได้รับความเสียหายและผู้ให้บริการขนส่งจะต้องชดใช้ค่าเสียหายทั้งหมด Toledo และ Lotan (2006)[15] ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างผลการประเมินการขับขี่จากอุปกรณ์ติดตาม (Drive Diagnostics) กับจำนวนอุบัติเหตุของผู้ขับขี่ พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 0.873 ($r=0.873$) ซึ่งหมายความว่าความสอดคล้องกันมาก และได้ทดลองเฝ้าระวังการขับขี่โดยใช้ผลประเมินการขับขี่เพื่อศึกษาว่าการรับรู้ผลคะแนนมีผลต่อการขับขี่อย่างไร โดยแบ่งช่วงวิจัยเป็น 2 ช่วง ช่วงที่ 1 ผู้ขับจะไม่ได้รับผลการประเมิน และ ช่วงที่ 2 ผู้ขับจะได้รับผลการประเมิน ผลปรากฏว่าผลคะแนนของการขับขี่ในช่วงที่ 2 ดีกว่าช่วงที่ 1 หมายความว่า ผู้ขับพัฒนาการขับขี่ให้มีความปลอดภัยมากหลังจากทราบคะแนนการขับขี่ ลักษณะของคะแนนการขับขี่ในการวิจัยแสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 กราฟแท่งแสดงผลประเมินการขับขี่
ในช่วงที่ 1 (no feedback) และช่วงที่ 2 (feedback) [15]

ภาพที่ 11 แสดงผลการประเมินตามช่วงเวลาต่างๆ จะสังเกตเห็นได้ว่าผลการประเมินการขับขี่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงเดือนที่ 1 และคงที่จนถึงเดือนที่ 3 หลังจากนั้นผลการประเมินก็มีค่าสูงขึ้นอีกครั้ง ผู้เขียนวิทยานิพนธ์คาดว่าเหตุผลที่ผลการประเมินกลับมาสูงขึ้นอีกครั้งมีสาเหตุมาจากผู้ขับเริ่มละเลยและไม่ใส่ใจต่อผลการประเมิน ดังนั้นแล้วการเฝ้าระวังการขับขี่ก็ควรมีการสื่อสารกับผู้ขับอยู่เป็นระยะๆ เพื่อให้ผู้ขับปรับปรุงและคงลักษณะการขับขี่ให้เกิดความปลอดภัยในขณะขับขี่มากที่สุด

จากงานวิจัยที่ค้นคว้ามาสามารถสรุปงานวิจัยให้เข้าใจดังตารางที่ 1 ทำให้เห็นว่างานวิจัยหลายฉบับพยายามหาแนวทางในการประเมินการขับชี่เพื่อใช้ในจุดประสงค์ต่างๆ โดยพยายามเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างผลการประเมินจากแนวทางการประเมินต่างๆ เช่น ผู้เชี่ยวชาญ การขับชี่ เครื่องจำลองการขับชี่ ผู้สังเกต ผู้โดยสาร นักกิจกรรมบำบัด เป็นต้น ถึงอย่างไรก็ตามแม้ว่าการประเมินด้วยแนวทางต่างๆจะมีความสอดคล้องกันและสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นหนึ่งวิธีในการเฝ้าระวังการขับชี่ก็ตามแต่ก็ไม่มีหลักฐานบันทึกว่าวิธีใดเป็นวิธีมาตรฐาน

หลังจากที่ได้ค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินการขับชี่มาพอสมควรแล้ว ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ได้พบข้อสังเกตจากงานวิจัยบางงานว่ายังมีบางปัจจัยที่สามารถต่อยอดวิจัยได้ โดยข้อสังเกตที่น่าสนใจที่จะนำมาต่อยอดในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ ความเร่งน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งในการประเมินความเสี่ยงการขับชี่และช่วงความเร็วที่แตกต่างกันน่าจะมีความเสี่ยงไม่เท่ากัน ซึ่งการประยุกต์ข้อสังเกตดังกล่าวจะอธิบายในบทที่ 4 ทั้งนี้ผู้วิจัยจะสร้างวิธีการประเมินการขับชี่โดยใช้ปัจจัยความเร็วและความเร่งเป็นปัจจัยสำคัญโดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเป็นอุปกรณ์หลักสำหรับวิจัย

ตารางที่ 1 สรุปงานวิจัยที่ได้ค้นคว้า

งานวิจัย	คำอธิบาย และ ข้อสรุป	ข้อสังเกต
[6] Performance-based driving evaluation of the elderly driver: safety, reliability, and validity (1994)	<ul style="list-style-type: none"> -กลุ่มตัวอย่าง : ผู้สูงอายุ -การทดลอง : สร้างเงื่อนไขการขับขี่ มีการประเมินในระหว่างการขับ -ระยะทาง : 16 กิโลเมตร -ระยะเวลา : 45 นาที -ผลประเมินการขับขี่ของผู้สูงอายุโดยผู้เชี่ยวชาญการขับขี่และผู้มีความสอดคล้องกัน ($r = 0.74$) 	-เนื่องจากผลการประเมินมีความสอดคล้องกัน ดังนั้นผู้สังเกตสามารถประเมินแทนผู้เชี่ยวชาญการขับขี่ได้
[7] Assessing the driving performance of older adult drivers: on-road versus simulated driving. Accident; analysis and prevention (2003)	<ul style="list-style-type: none"> -กลุ่มตัวอย่าง : ผู้สูงอายุ -การทดลอง : ขับรถกับเครื่องจำลองการขับขี่และบนถนนปิด โดยมีผู้สังเกตคอยประเมินการขับขี่ -ระยะเวลา : 85 นาที -ผลประเมินการขับขี่ของผู้สูงอายุโดยผู้สังเกตและเครื่องจำลองการขับมีความสอดคล้องกัน ($r = 0.716$) และความสามารถในการขับขี่ลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น 	-เนื่องจากผลการประเมินมีความสอดคล้องกัน ดังนั้นเครื่องจำลองการขับขี่สามารถประเมินแทนผู้สังเกตได้
[8] Using a driving simulator to identify older drivers at inflated risk of motor vehicle crashes. (2003)	<ul style="list-style-type: none"> -กลุ่มตัวอย่าง : ผู้สูงอายุ -การทดลอง : ขับรถกับเครื่องจำลองการขับขี่และกรอกแบบสอบถามข้อมูลส่วนตัวและประวัติการขับขี่ -ผลการประเมินการขับขี่ด้วยเครื่องจำลองการขับที่มีความสอดคล้องกับประวัติการขับขี่ (จำนวนอุบัติเหตุ) และพฤติกรรมการขับขี่ 	-พฤติกรรมการขับที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการเกิดอุบัติเหตุ เช่น การตัดสินใจในช่วงเวลาสั้นๆ

<p>[9] Occupational therapy assessment of open-road driving performance: Validity of directed and self-directed navigational instructional components (2004)</p>	<p>-กลุ่มตัวอย่าง : ผู้ขับขี่ทั่วไป และผู้มีปัญหาทางด้านสายตา</p> <p>-การวิจัย : กลุ่มตัวอย่างจะขับรถโดยมีทั้งช่วงที่ขับตามคำแนะนำและตัดสินใจขับด้วยตนเอง ระหว่างการขับมีผู้เชี่ยวชาญการขับขี่และนักกิจกรรมบำบัดประเมินการขับขี่</p> <p>-ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญการขับขี่และนักกิจกรรมบำบัดมีความสอดคล้องกัน ($r=0.76$)</p>	<p>-นักกิจกรรมบำบัดสามารถประเมินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการขับขี่ภายในคลินิกได้</p> <p>-เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีปัญหาทางด้านสายตา กลุ่มผู้สูงอายุมีผลประเมินการขับที่น้อยที่สุดและเกิดความผิดพลาดในระหว่างขับมากกว่ากลุ่มอื่น</p>
<p>[15] In-vehicle data recorder for evaluation of driving behavior and safety (2006)</p>	<p>-กลุ่มตัวอย่าง : พนักงานขนส่ง</p> <p>-การทดลอง : ติดอุปกรณ์เข้ากับรถส่งของเพื่อเก็บข้อมูลแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ช่วงที่คนขับไม่รู้ผลการประเมิน และช่วงที่รู้ผลการประเมิน คนขับทุกคนถูกเก็บประวัติการขับขี่</p> <p>-ดัชนีชี้วัดความเสี่ยงการขับขี่จากอุปกรณ์เสริมมีความสอดคล้องกับประวัติการขับขี่ (จำนวนอุบัติเหตุและใบสั่ง) และผลการขับขี่ดีขึ้นหลังรู้ผลการประเมินการขับขี่</p>	<p>-อุปกรณ์เสริมสามารถใช้ทำนายจำนวนอุบัติเหตุในอนาคตได้</p> <p>-ผลการประเมินจากอุปกรณ์เสริมมีผลต่อการขับขี่เพียงระยะเวลาหนึ่ง</p>
<p>[13] Characteristic analysis for cognition of dangerous driving using automobile black boxes (2009)</p>	<p>-การวิจัย : สร้างอัลกอริทึมตรวจจับพฤติกรรมขับขี่ที่เสี่ยงต่ออุบัติเหตุ โดยใช้เครื่องวัดความเร่ง และเครื่องวัดอัตราหมุนของรถ</p>	<p>-อัลกอริทึมสามารถตรวจจับพฤติกรรมขับขี่ที่เสี่ยงต่ออุบัติเหตุได้และสามารถนำไปใช้ในการเฝ้าระวังการขับขี่ได้</p> <p>-มีการเลือกค่า Threshold สำหรับช่วงความเร็วต่างๆ แสดงว่าช่วงความเร็วต่างๆมีความเสี่ยงไม่เท่ากัน</p>

<p>[14] Driver risk evaluation based on acceleration, deceleration, and steering behavior (2011)</p>	<p>-การวิจัย : สร้างอัลกอริทึม จำแนกความปลอดภัยในการ ขับขี่ โดยประเมินจาก การเร่ง การเบรก และการหมุน พวงมาลัย และ สอบทวนด้วย การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเสี่ยง</p> <p>-ผลการจำแนกความปลอดภัย การขับขี่กับผลการประเมิน จากผู้เชี่ยวชาญด้านความเสี่ยง มีความสอดคล้องกัน</p>	<p>-อัลกอริทึมในการจำแนกมีการ เลือกใช้ค่า Threshold ซึ่ง ไม่ได้อธิบายว่าใช้หลักการอะไร ในการเลือก</p> <p>-ผลการประเมินมีความ สอดคล้องกันอย่างไร</p>
<p>[11] Computation of driver safety rating using in-vehicle data recorder: Case study of Bangkok public transportation (2012)</p>	<p>-กลุ่มตัวอย่าง : รถตู้สาธารณะ</p> <p>-การทดลอง : ประเมินการขับ ขี่ด้วยข้อมูลการเคลื่อนที่ของ รถและเปรียบเทียบกับผลการ ประเมินโดยผู้โดยสาร</p> <p>-ผลการเทียบการประเมิน พบว่า มีเพียง 15 จาก 100 รอบ ที่มีความสอดคล้องกัน</p> <p>-ความเร่งไม่มีผลต่อผลการ ประเมินอย่างมีนัยสำคัญ</p>	<p>-ความถูกต้องของผลการ ประเมินโดยผู้โดยสารอาจมี ความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก ผู้โดยสารไม่ได้ให้ความสนใจ กับการสังเกตการขับขี่เป็น สำคัญ</p> <p>- ความเร่งน่าจะมีผลต่อผลการ ประเมินการขับขี่</p>
<p>[12] Hazardous driving event detection and analysis system in vehicular networks : Methodology and field implementation (2013)</p>	<p>-การวิจัย : โครงการเฝ้าระวัง การขับขี่ของประเทศเกาหลีที่ แบ่งการเฝ้าระวังออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ดังนี้ การตรวจจับ พฤติกรรมการขับขี่ การสร้าง ดัชนีชี้วัดความปลอดภัยในการ ขับขี่ และ การทดลองใช้และ ปรับปรุง</p>	<p>-ดัชนีชี้วัดความปลอดภัยใน การขับขี่ เกิดจากผลรวมของ ค่าเฉลี่ยของคะแนนแต่ละ พฤติกรรมการขับขี่คูณด้วยค่า น้ำหนัก หลักจากนำไปทดลอง ใช้พบว่าอัลกอริทึมและดัชนี นี้มีประสิทธิภาพสามารถนำไป ใช้งานเพื่ออุบัติเหตุได้</p>
<p>[10] Introducing a risk estimation index for drivers: A case of Iran. (2014)</p>	<p>-กลุ่มตัวอย่าง : ผู้ขับขี่ทั่วไป</p> <p>-การวิจัย : สร้างวิธีจำแนกผู้ขับ ขี่ออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความ เสี่ยงการขับขี่แตกต่างกัน โดย อาศัยประวัติการขับขี่ เช่น จำนวนใบสั่งและจำนวน อุบัติเหตุ</p>	<p>-สามารถจำแนกคนขับ ออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ที่มีความ ปลอดภัยในการขับขี่ที่แตกต่าง กัน เพียงทราบข้อมูลส่วนตัว ก่อนจะให้ผู้ขับแต่ละคนเข้าสู่ กระบวนการเฝ้าระวังการขับขี่ ต่อไป</p>

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยทั่วไปส่วนมากมีความจำเป็นต้องอาศัยทฤษฎีในการคำนวณ เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ เนื่องจากข้อมูลที่เก็บค่ามาใช้วิเคราะห์มีจำนวนมาก ดังนั้นการเลือกวิธีการคำนวณและระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเป็นขั้นตอนสำคัญของงานวิจัย เพราะจะทำให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ มีความถูกต้อง และเพียงพอต่อการวิเคราะห์ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น การคำนวณ ความเร่ง, Risk Assessment Matrix (RAM), การทดสอบสมมติฐาน เป็นต้น

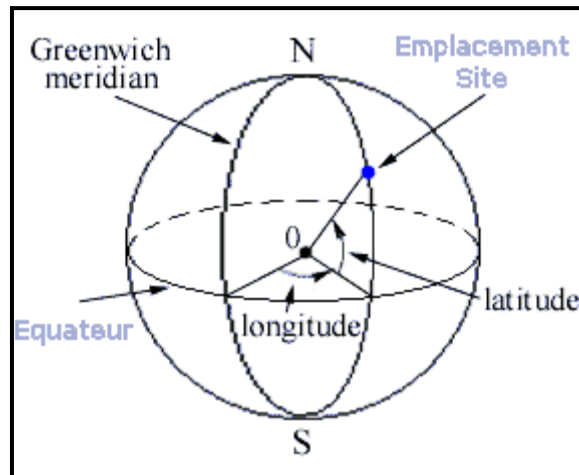
3.1 การคำนวณระยะทางบนผิวโลกจากข้อมูลจุด GPS

การกำหนดจุดของตำแหน่งบนพื้นโลกในปัจจุบันใช้การกำหนดละติจูด และลองจิจูด โดยหลักการของเครื่อง GPS คือ การคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับอุปกรณ์รับ GPS โดยจะต้องทราบตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง ประกอบกับได้ระยะทางจากดาวเทียม 3 ดวงขึ้นไปแล้ว อุปกรณ์ GPS ก็จะสามารถคำนวณหาจุดตัดกันของผิวทรงกลมของระยะทางของดาวเทียม GPS แต่ละดวงได้ จะได้ข้อมูลละติจูดและลองจิจูด โดยข้อมูลนี้นิยมใช้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ Decimal Degree ซึ่งจะอ่านค่าเป็นองศา และทศนิยมขององศา และ Degree Minute Second จะอ่านค่าเป็น องศา ลิปดา พิลิปดา และทศนิยมของลิปดา สามารถระบุตำแหน่งได้จากองศาละติจูด และลองจิจูด ดังภาพที่ 12

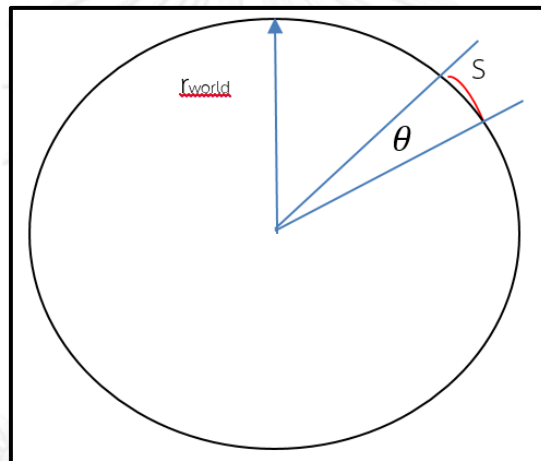
โดยเมื่อพิจารณาระยะทางระหว่างบนพื้นโลกระยะสั้นๆ จะพบว่าเป็นไปดังภาพที่ 13 และสมมติฐานได้ว่าระยะทางส่วนโค้งบนผิวโลกมีค่าดังสมการที่ 1

$$s = \theta \times \frac{\pi}{180} \times r_{world} \quad (1)$$

เมื่อ	s	คือ	ระยะทาง
	θ	คือ	มุม
	r_{world}	คือ	รัศมีโลก



ภาพที่ 12 วิธีการละติจูดและลองจิจูด GPS [16]



ภาพที่ 13 ระยะทางในภาพแนวตัด

3.2 การคำนวณความเร่งจากข้อมูลที่เก็บค่าด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

การขับเคลื่อนในลักษณะต่างๆ หากพิจารณาที่การเคลื่อนที่ของรถยนต์สามารถจำแนกได้เป็นการเคลื่อนที่แนวตรง และการเคลื่อนที่แนววงกลม การเคลื่อนที่ทั้งสองแนวสามารถจำแนกลักษณะการขับเคลื่อนได้ 4 กรณี ได้แก่ การเร่ง การเบรก สำหรับการเคลื่อนที่แนวตรง และ การเลี้ยวโค้ง การเปลี่ยนช่องจราจร สำหรับการเคลื่อนที่แนววงกลม ข้อมูลที่สามารถใช้เพื่อจำแนกลักษณะการขับเคลื่อนทั้ง 4 คือ ความเร่ง ทิศของหน้ารถ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถคำนวณได้จากข้อมูลที่เก็บด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม โดยข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมสามารถเก็บค่าได้โดยคือ พิกัดตำแหน่ง ความเร็ว เวลา และบางเครื่องสามารถเก็บทิศของหน้ารถได้

3.2.1 การเคลื่อนที่แนวตรง

สำหรับการเคลื่อนที่แนวตรง ความเร่งส่วนใหญ่จะอยู่ในแนวการเคลื่อนที่ของรถ หรือ ขนานกับทิศของหน้ารถ ความเร่ง (Acceleration) คือ ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ อัตราการเปลี่ยนความเร็ว ความเร่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ สูตรการคำนวณความเร่งแสดงดังสมการที่ 2

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

เมื่อ	\vec{a}	คือ	ความเร่ง , ความเร่งลัพธ์
	$\Delta \vec{v}$	คือ	ความเร็วที่เปลี่ยนไป
	Δt	คือ	เวลาที่เปลี่ยนไป
	\vec{v}	คือ	ความเร็วปลาย , ความเร็วรถยนต์
	\vec{u}	คือ	ความเร็วต้น
	t_1	คือ	เวลาเริ่มต้น
	t_2	คือ	เวลาสิ้นสุด

3.2.2 การเคลื่อนที่ในแนววงกลม

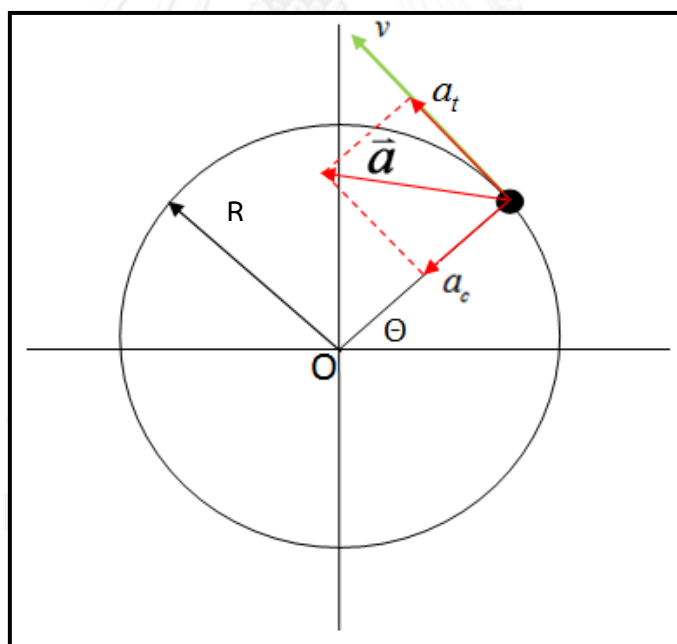
สำหรับการเคลื่อนที่ในแนววงกลม ความเร่งจะแบ่งเป็น 2 แนวคือ ความเร่งในแนวเส้นสัมผัสวงกลมหรือความเร่งเชิงมุม (Angular acceleration, A_t) และ ความเร่งในแนวเข้าสู่ศูนย์กลางวงกลม (Centripetal Acceleration, A_c) แสดงดังภาพที่ 14 ซึ่งหากพิจารณาตามแกนที่เคลื่อนที่ไปกับรถยนต์จะได้ว่า ความเร่งในแนวเส้นสัมผัสวงกลมจะอยู่ในแนวเดียวกับทิศของหน้ารถ และ ความเร่งในแนวเข้าสู่ศูนย์กลางวงกลมจะอยู่ในแนวเดียวกับทิศของด้านข้างรถ

สมการสำหรับการคำนวณความเร่งในแนวเข้าสู่ศูนย์กลางวงกลมและความเร่งในแนวเส้นสัมผัสวงกลม แสดงดังสมการที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

$$a_c = \frac{v^2}{R} = v\omega \quad (3)$$

$$a_t = \sqrt{a^2 - a_c^2} \quad (4)$$

เมื่อ a_c คือ ขนาดของความเร่งในแนวเข้าสู่ศูนย์กลางวงกลม
 R คือ รัศมีวงกลม
 ω คือ ขนาดของความเร็วเชิงมุม
 a_t คือ ขนาดของความเร่งในแนวเส้นสัมผัสวงกลม



ภาพที่ 14 ความเร่งในการเคลื่อนที่ในแนววงกลม

3.3 การรวมเวกเตอร์ความเร่ง

เนื่องจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมสามารถดึงข้อมูลจากโปรแกรมที่สามารถคำนวณความเร่งในแต่ละแนวแกนของการเคลื่อนที่ได้ ดังนั้นในการคำนวณหาความเร่งที่ต้องใช้ความเร่งรถยนต์จำเป็นต้องมีการรวมเวกเตอร์ความเร่งจากแนวแกนต่างๆเพื่อให้ได้ขนาดของความเร่งลัพธ์ แสดงดังภาพที่ 15 ซึ่งแนวแกนที่กล่าวมา คือ แกนหน้ารถ (x) และแกนด้านข้างรถ (y) แกนทั้ง 2 ทำมุมกัน 90 องศาตลอดเวลา

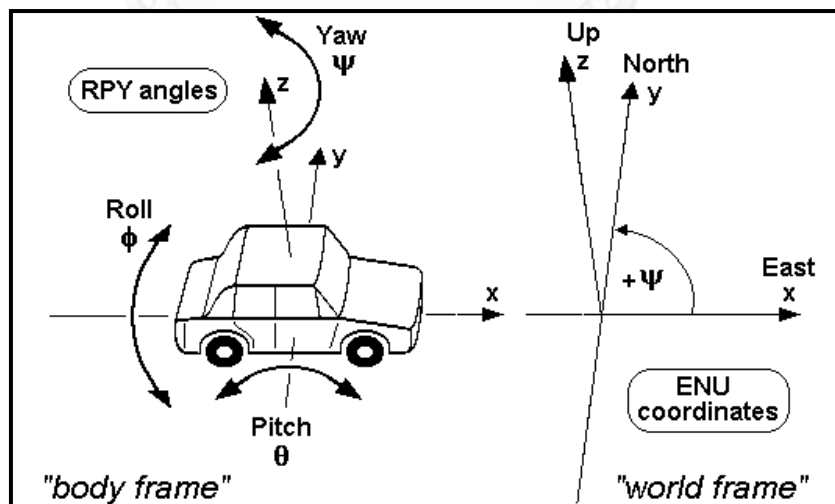
สมการรวมเวกเตอร์แสดงดังสมการที่ 5

$$a_r = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad (5)$$

เมื่อ a_r คือ ขนาดของความเร่งลัพธ์

a_x คือ ขนาดของความเร่งในแนวแกนหน้ารถ

a_y คือ ขนาดของความเร่งในแนวแกนข้างรถ



ภาพที่ 15 แกนที่กำหนดบนรถยนต์ [17]

ภาพที่ 15 แสดงการตั้งแกนบนรถยนต์ที่ใช้กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นแกนอ้างอิงในการคำนวณ โดยแกน x ชี้ไปในทิศทางเดียวกับทิศหน้ารถ แกน y ชี้ไปในทิศทางเดียวกับด้านซ้ายของรถ และแกน z ชี้ไปในทิศทางเดียวกับหลังคารถ

3.4 ค่าสหสัมพันธ์ [18]

ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) หมายถึง ดัชนีชี้วัดความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวหรือมากกว่า ว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยอย่างไร มีขนาดตั้งแต่ -1.0 ถึง 1.0 โดยหากค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษามีค่าใกล้ 1.0 หมายความว่า ขนาดของความสัมพันธ์มีมากและมีลักษณะแปรตามกัน หากค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษามีค่าใกล้ 0.0 หมายความว่า ขนาดของความสัมพันธ์มีน้อยมาก แต่หากค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษามีค่าใกล้ -1.0 หมายความว่า ขนาดของความสัมพันธ์มีมากและมีลักษณะแปรผกผันกัน สูตรการคำนวณค่าประมาณของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แสดงดังสมการที่ 6

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2) \cdot (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (6)$$

เมื่อ r คือ ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

n คือ จำนวนข้อมูล

X คือ ค่าของตัวแปรตัวที่ 1

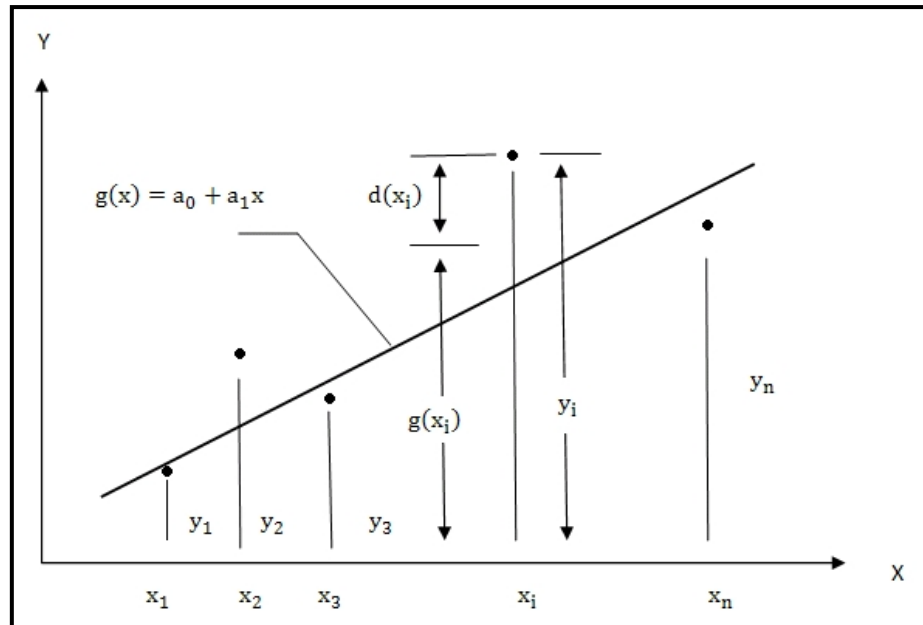
Y คือ ค่าของตัวแปรตัวที่ 2

3.5 การถดถอยเชิงเส้น [19]

การถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear regression) เป็นวิธีที่ใช้ในการประดิษฐ์ฟังก์ชันเส้นตรงสำหรับชุดของข้อมูล ภาพที่ 16 แสดงชุดของข้อมูลอันประกอบด้วย $x_i, y_i, i = 1, 2, \dots, n$ มีจำนวนข้อมูล n ข้อมูล ซึ่งการถดถอยเชิงเส้นจะประดิษฐ์สมการเส้นตรงในภาพแบบของฟังก์ชัน

$$g(x) = a_0 + a_1x \quad (7)$$

เมื่อ a_0 และ a_1 เป็นค่าคงตัวซึ่งไม่ทราบค่าและต้องคำนวณหาจากเงื่อนไขที่ว่า สมการเส้นตรงที่ประดิษฐ์มาทำให้เกิดค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด



ภาพที่ 16 การถดถอยแบบเชิงเส้นโดยการประดิษฐ์ฟังก์ชันเส้นตรงจากชุดของข้อมูล

จากภาพที่ 16 เห็นว่า ณ ตำแหน่ง x_i ของข้อมูล i ใดๆ ค่า $g(x)$ มีค่าต่างไปจากค่าของข้อมูล y_i เท่ากับ $d(x_i)$ หมายความว่า ค่าความผิดพลาด E ทั้งหมดของข้อมูลทั้งหมด n ข้อมูล เขียนได้ ดังนี้

$$E = \sum_{i=1}^n [d(x_i)]^2 \quad (8)$$

ค่าความแตกต่าง $d(x_i)$ สามารถแปลงเป็นผลต่างของ y_i และ $g(x)$ ทำให้สมการที่ 8 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$E = \sum_{i=1}^n [y_i - g(x_i)]^2 \quad (9)$$

หากแทนสมการ 7 ที่ $x = x_i$ ลงในสมการ 9 นี้จะได้

$$E = \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + a_1x_i)]^2 \quad (10)$$

จากสมการที่ 10 สามารถหาค่าตัวไม่รู้ค่า a_0 และ a_1 ได้ โดยวิธีกำลังสองน้อยสุด (least-squares) ซึ่งทำจากวิธีการหาค่าต่ำสุด (minimization) ของค่าความผิดพลาด ดังแสดงในสมการที่ 11 และ 12

$$\frac{\partial E}{\partial a_0} = 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial E}{\partial a_1} = 0 \quad (12)$$

เงื่อนไขตามสมการ 11 ให้ผลดังนี้

$$\begin{aligned} 2 \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + a_1 x_i)](-1) &= 0 \\ \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n a_0 - \sum_{i=1}^n a_1 x_i &= 0 \\ n a_0 + \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) a_1 &= \sum_{i=1}^n y_i \end{aligned} \quad (13)$$

และเงื่อนไขตามสมการ 12 ให้ผลดังนี้

$$\begin{aligned} 2 \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + a_1 x_i)](-x_i) &= 0 \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n a_0 x_i - \sum_{i=1}^n a_1 x_i^2 &= 0 \\ \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) a_0 + \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) a_1 &= \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{aligned} \quad (14)$$

สองสมการ 13 และ 14 เขียนให้อยู่ในภาพแบบของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{Bmatrix} \quad (15)$$

ซึ่งสามารถใช้กฎของคราเมอร์ในการแก้ระบบสมการ เพื่อหาค่าคงตัว และ ได้ดังนี้

$$a_0 = \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i y_i)(\sum_{i=1}^n x_i)}{n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (16)$$

$$a_1 = \frac{n(\sum_{i=1}^n x_i y_i) - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (17)$$

ค่าคงตัว a_0 และ a_1 ที่หาได้ หากแทนลงในสมการที่ 7 ก่อให้เกิดสมการเส้นตรงที่แสดงการถดถอยแบบเชิงเส้น

การถดถอยเชิงเส้นที่ได้อธิบายก่อนหน้านี้ อธิบายการสร้างสมการเชิงเส้นโดยตัวแปรตามนั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรต้นตัวแปรเดียว แต่ในกรณีทั่วไปแล้ว ตัวแปรตามอาจขึ้นอยู่กับตัวแปรต้นมากกว่า 1 ตัว เขียนในได้ดังนี้

$$y = y(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k) \quad (18)$$

เมื่อ k คือ จำนวนตัวแปรต้นทั้งหมด

จากข้อมูลตัวแปรตาม y ที่เปลี่ยนไปตามตัวแปรต้น $x_j, j = 1, 2, \dots, k$ จำนวน k ตัว นำข้อมูลดังกล่าวมาพล็อตเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร y กับตัวแปร x_j ที่ละตัว หากความสัมพันธ์ดังกล่าวเกิดขึ้นในระบบของเชิงเส้น ทำการสร้างฟังก์ชัน g ที่แปรผันกับ x_j ได้ เริ่มจากสมการในภาพแบบของเชิงเส้นดังนี้

$$g = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_k x_k \quad (19)$$

โดย $a_j, j = 0, 1, 2, \dots, k$ เป็นตัวคงที่ที่ไม่ทราบค่า สามารถหาได้โดยวิธีกำลังสองน้อยสุด เริ่มจากเขียนสมการของความผิดพลาด E ของข้อมูลทั้งหมด n ข้อมูลที่เบี่ยงเบนไปจากฟังก์ชัน g ดังนี้

$$E = \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + a_1 x_{1i} + a_2 x_{2i} + \dots + a_k x_{ki})]^2 \quad (20)$$

หลังจากนั้นทำการหาค่าต่ำสุดของความผิดพลาด E ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรไม่ทราบค่า ทำให้เกิดระบบสมการที่ประกอบด้วย $k+1$ สมการย่อย ดังนี้

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial a_0} &= 0 \\ \frac{\partial E}{\partial a_1} &= 0 \\ \frac{\partial E}{\partial a_2} &= 0 \\ \frac{\partial E}{\partial a_k} &= 0 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} k+1 \text{ สมการ} \end{array} \quad (21)$$

ขั้นตอนการประดิษฐ์สมการเหล่านี้คล้ายคลึงกับขั้นตอนที่ได้กล่าวมาก่อนหน้า ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ประกอบด้วย $k+1$ สมการย่อยซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในภาพแบบของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_{1i} & \sum_{i=1}^n x_{2i} & \cdots & \sum_{i=1}^n x_{ki} \\ \sum_{i=1}^n x_{1i} & \sum_{i=1}^n x_{1i}x_{1i} & \sum_{i=1}^n x_{1i}x_{2i} & \cdots & \sum_{i=1}^n x_{1i}x_{ki} \\ \sum_{i=1}^n x_{2i} & \sum_{i=1}^n x_{1i}x_{2i} & \sum_{i=1}^n x_{2i}x_{2i} & \cdots & \sum_{i=1}^n x_{2i}x_{ki} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_{ki} & \sum_{i=1}^n x_{1i}x_{ki} & \sum_{i=1}^n x_{2i}x_{ki} & \cdots & \sum_{i=1}^n x_{ki}x_{ki} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_k \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_{1i}y_i \\ \sum_{i=1}^n x_{2i}y_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_{ki}y_i \end{Bmatrix} \quad (22)$$

เมทริกซ์จัตุรัสขนาด $(k+1) \times (k+1)$ ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของระบบสมการเป็นเมทริกซ์สมมาตรที่รู้ค่าและเวกเตอร์ขนาด $(k+1) \times 1$ ทางด้านขวาของระบบสมการก็รู้ค่าเช่นกัน ดังนั้นตัวไม่ทราบค่า $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$ ทั้งหมดจำนวน $k+1$ ค่านี้ สามารถคำนวณได้จากระบบสมการ 10 โดยใช้ระเบียบวิธีการแก้ระบบสมการวิธีใดวิธีหนึ่ง

ในทางสถิติการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น โดยปกติแล้วความสัมพันธ์ดังกล่าวจะอยู่ในภาพแบบของสมการเส้นตรง สมการดังกล่าวสามารถนำไปทำนายข้อมูลในอนาคตได้ ทั้งนี้ก่อนที่สมการดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ จำเป็นต้องมีการทดสอบความถูกต้องของสมการเสียก่อน ในศาสตร์วิชาสถิติเรียกการทดสอบนี้ว่าการทดสอบสมมติฐานซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

3.5 การตรวจสอบสมมติฐาน [18]

สำหรับการทดสอบสมมติฐานของสมการเส้นตรง นิยมตรวจสอบโดยการตั้งสมมติฐานว่าตัวแปรในสมการมีค่าเท่ากับ 0 หลังจากนั้นก็ใช้การคำนวณเปรียบเทียบค่าทางสถิติ (t_{cal}, F_{cal}) กับค่าวิกฤต (t_{sig}, F_{sig}) ที่เปิดจากตาราง T-test หรือ F-test โดยหากค่าทางสถิติมีค่ามากกว่าค่าวิกฤตก็จะปฏิเสธสมมติฐาน ทั้งนี้การทดสอบสมมติฐานอาจทำโดยพิจารณาทั้งสมการ(F-test) หรือพิจารณาตัวแปรทีละตัว(t-test) ก็ได้ซึ่งจะให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกัน หลักการคำนวณแสดงดังต่อไปนี้

การพิจารณาที่ละตัวแปร

$$\text{สมมติสมการเส้นตรง} \quad y = mx + c \quad (24)$$

$$\text{สมมติฐานหลัก} \quad H_o : \mu_m = 0 \quad (25)$$

$$\text{สมมติฐานรอง} \quad H_a : \mu_m \neq 0 \quad (26)$$

$$\text{ค่าทางสถิติ} \quad t_{cal} = \frac{m - \mu_m}{S_m} \quad (27)$$

$$\text{ค่าวิกฤตสามารถเปิดได้จากตาราง t-test} \quad t_{sig} = t_{(df, \alpha)} \quad (28)$$

การพิจารณา หาก $t_{cal} > t_{sig}$ แล้วปฏิเสธ H_o หมายความว่า $m \neq 0$

หาก $t_{cal} < t_{sig}$ แล้วไม่ปฏิเสธ H_o หมายความว่า $m = 0$

เมื่อ H_o คือ สมมติฐานหลักซึ่งต้องการทดสอบ

μ_m คือ ตัวแปรแทนค่าของตัวแปร m

H_a คือ สมมติฐานรอง

t_{cal} คือ ค่าสถิติ t ที่คำนวณได้จากข้อมูล

S_m คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร m

$t_{sig}, t_{(df, \alpha)}$ คือ ค่าสถิติ t ที่เปิดจากตาราง

การพิจารณาทั้งโมเดล

$$\text{สมมติสมการเส้นตรง} \quad y = mx + c \quad (29)$$

$$\text{สมมติฐานหลัก} \quad H_o : \mu_m = 0, \mu_c = 0 \quad (30)$$

$$\text{สมมติฐานรอง} \quad H_a : \mu_m \neq 0, \mu_c \neq 0 \quad (31)$$

$$\text{ค่าทางสถิติ} \quad F_{cal} = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2)(N - k - 1)} \quad (32)$$

เมื่อ k คือจำนวนสัมประสิทธิ์ของ x ในโมเดล (ไม่รวมค่าคงที่ c)

$$\text{ค่าวิกฤติสามารถเปิดได้จากตาราง t-test} \quad F_{sig} = F_{(df, \alpha)} \quad (33)$$

การพิจารณา หาก $F_{cal} > F_{sig}$ แล้วปฏิเสธ H_o หมายความว่า $m \neq 0, c \neq 0$

 หาก $F_{cal} < F_{sig}$ แล้วไม่ปฏิเสธ H_o หมายความว่า $m = 0, c = 0$

เมื่อ H_o คือ สมมติฐานหลักซึ่งต้องการทดสอบ

μ_m คือ ตัวแปรแทนค่าของตัวแปร m

H_a คือ สมมติฐานรอง

t_{cal} คือ ค่าสถิติ t ที่คำนวณได้จากข้อมูล

S_m คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร m

$t_{sig}, t_{(df, \alpha)}$ คือ ค่าสถิติ t ที่เปิดจากตาราง

ในการประเมินการขับซีเพื่อให้ผู้ขับซีรับรู้ถึงระดับความปลอดภัยของการขับซี หรือ อีกทางหนึ่งคือการประเมินความเสี่ยงของการขับซีที่อาจจะเกิดอุบัติเหตุ การประเมินดังกล่าวมีภาพแบบในการประเมินทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ Risk Assessment Matrix เป็นหนึ่งในภาพแบบที่นิยมให้เพื่อประเมินและบริหารความเสี่ยง ดังนั้นในหัวข้อถัดไปนำเสนอ Risk Assessment Matrix เพื่อให้เข้าใจและเห็นภาพในการนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับการประเมินการขับซี

3.6 Risk Assessment Matrix [20]

การประเมินความเสี่ยงในภาพแบบ Risk Assessment Matrix (RAM) ที่นิยมใช้กันในการบริหารความเสี่ยงขององค์กรต่างๆ ให้ความสำคัญกับความเสี่ยงของปัญหาในสองปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ ความรุนแรงของผลกระทบที่จะเกิดหากเกิดปัญหา และ โอกาสเกิดของปัญหา ภาพที่ 17 แสดงตัวอย่าง RAM โดยจะแบ่งระดับความรุนแรงเป็นระดับต่างๆ และโอกาสเกิดของปัญหา มากน้อยขึ้นอยู่กับองค์กร จากตัวอย่างที่ยกขึ้นมา มีการแบ่งระดับความรุนแรงและโอกาสเกิดของปัญหาดังนี้

Likelihood	Consequences				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Severe
Almost certain	M	H	H	E	E
Likely	M	M	H	H	E
Possible	L	M	M	H	E
Unlikely	L	M	M	M	H
Rare	L	L	M	M	H

ภาพที่ 17 ตัวอย่าง Risk Assessment Matrix (RAM) [20]

ผลกระทบ (Impact): Level 1 = insignificant (ต่ำมาก ไม่มีนัยสำคัญ)

Level 2 = minor (ต่ำ ค่าความเสียหายเล็กน้อย)

Level 3 = moderate (ปานกลาง),

Level 4 = major (วิกฤติ ค่าความเสียหายสูง)

Level 5 = severe หรือ catastrophic (หายนะ เสียหายสูงมาก ระบบหยุดชะงักนาน มีผู้เสียชีวิต)

โอกาสเกิด (Likelihood): Level 1 = rare (แทบไม่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้น เกิด 1 ครั้งในรอบหลายปี)

Level 2 = unlikely (เกิดขึ้นนานๆ ครั้ง เกิดขึ้นในรอบ 1-2 ปี)

Level 3 = possible (เกิดขึ้นปานกลาง เกิดในรอบ 6-12 เดือน)

Level 4 = likely (เกิดขึ้นหลายครั้ง เกิดในรอบ 3-6 เดือน),

Level 5 = almost certain (เกิดขึ้นเป็นประจำ)

ในขั้นตอนการประเมินจะมีคะแนนในระดับต่างๆเพื่อประเมินและตีความหมายผลการประเมินตามข้อตกลงที่กำหนดขึ้น และ นำผลการประเมินไปใช้จัดการกับปัญหาขององค์กรต่างๆ ซึ่งในตัวอย่างที่แสดงมีข้อกำหนดของการประเมินเป็นระดับของความเสี่ยง ที่ได้จากการประเมินแต่ละปัจจัยเสี่ยง มี 4 ระดับคือ low, moderate, high, extreme risk หลังจากการประเมินได้มีการกำหนดการตอบสนองความเสี่ยงดังนี้

การตอบสนองความเสี่ยง (Risk response) หรือการจัดการความเสี่ยง มี 4 วิธีคือ

1. ยอมรับความเสี่ยง
2. ลด/ควบคุมความเสี่ยง
3. หลีกเลี่ยงความเสี่ยง
4. ร่วมจัดการความเสี่ยง (กระจาย ถ่ายโอน แบ่งความรับผิดชอบความเสี่ยงกับคนอื่นหรือองค์กรอื่น)

แนวทางการจัดการความเสี่ยง โดยดูจาก RAM

- high impact, high likelihood -> ลดความเสี่ยง / หลีกเลี่ยงความเสี่ยง
- low impact, high likelihood -> ลดความเสี่ยง / ยอมรับความเสี่ยง
- high impact, low likelihood -> ร่วมจัดการความเสี่ยง กระจายความเสี่ยง
- low impact, low likelihood -> ยอมรับความเสี่ยง

ในการประยุกต์ใช้งาน RAM เข้ากับการประเมินการขั้บซี ผู้วิจัยจะประเมินโดยดูจาก ช่วงความเร่ง และ สัดส่วนจำนวนครั้งของการขั้บซีในแต่ละช่วง ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยช่วงความเร่ง จะทำการแบ่งช่วงย่อยจากค่า Threshold ของงานวิจัยที่ได้ศึกษามา

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการประยุกต์ Risk Assessment Matrix (RAM) กับการประเมินการขั้บซี

สัดส่วนจำนวนครั้งของการขั้บซี

	0-20 %	20-40 %	40-60 %	60-80 %	80-100 %	
ช่วงความเร่ง	0-0.1 g	1	2	3	4	5
	0.1-0.2 g	2	3	4	5	4
	0.2-0.3 g	3	4	5	4	3
	0.3-0.4g	4	5	4	3	2
	>0.4 g	5	4	3	2	1

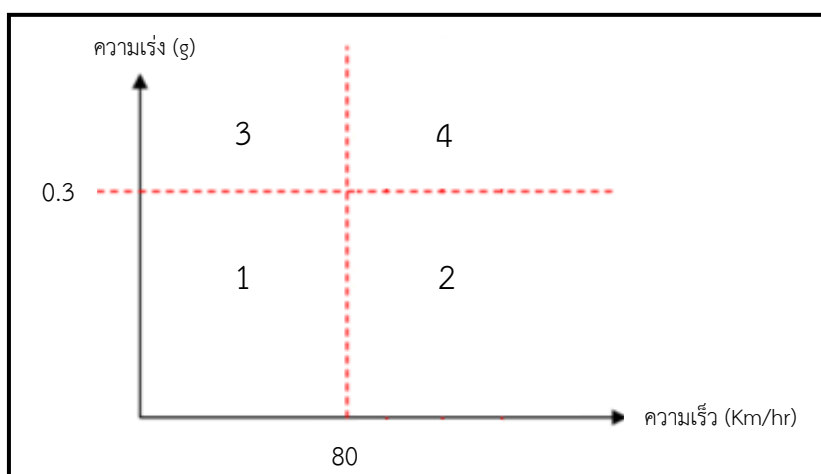
บทที่ 4 อัลกอริทึมประเมินการขับซี้

ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ถึงปัจจัยที่จะนำมาใช้ประเมินการขับซี้ อันได้แก่ความเร็วและความเร่ง ในบทนี้จะอธิบายหลักการและเหตุผลในการวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งซึ่งได้อ้างอิงมาจากการทดลองของต่างประเทศ อีกทั้งยังอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์อย่างละเอียดทีละขั้นตอนจากข้อมูลดิบไปจนถึงคะแนนความเสี่ยงของการขับซี้

สำหรับอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงอัลกอริทึมจากงานวิจัยที่ได้ค้นคว้ามา ซึ่ง งานวิจัย [12,13,14] ที่มีการตรวจจับและจำแนกลักษณะการขับซี้ที่มีความเสี่ยง ได้แก่ การเร่งกะทันหัน การเบรกกะทันหัน การเลี้ยวกะทันหัน และการเปลี่ยนช่องจราจรกะทันหัน อีกทั้งงานวิจัยดังกล่าวได้มีการวัดและกำหนด Threshold ในการพิจารณาเงื่อนไขไว้แล้ว จากการพิจารณาอัลกอริทึมดังกล่าวแล้ว ถึงแม้ว่างานวิจัยต่างๆจะมีการกำหนด Threshold ก็ตาม แต่ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าค่าที่กำหนดขึ้นมีหลักการในการกำหนดอย่างไร ซึ่งผู้เขียนวิทยานิพนธ์คิดว่าการนำค่า Threshold ดังกล่าวมาใช้เพื่อประเมินความเสี่ยงการขับซี้ในงานวิจัยนี้อาจทำให้เกิดความผิดพลาด ทั้งนี้เนื่องจาก เงื่อนไขของค่า Threshold กับการขับซี้ในสภาพการจราจรอาจไม่สอดคล้องกัน จากการค้นคว้างานวิจัยของ Klauer et al.(2009) [21] เพื่อหาความเร่งที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนได้ ในงานวิจัยดังกล่าวได้เก็บสถิติความเร่งในการขับซี้ประกอบกับจำนวนอุบัติเหตุของกลุ่มตัวอย่าง และได้ข้อสังเกตว่า ผู้ที่ขับซี้ไม่ปลอดภัยซึ่งเป็นผู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุจะขับซี้ด้วยความเร่งมากกว่า 0.3 g บ่อยกว่าผู้ที่ขับซี้ปลอดภัย ทั้งในกรณี เบรก เปลี่ยนช่องจราจร และ เลี้ยวโค้ง ซึ่งผู้วิจัยมีแนวคิดที่ว่าค่าความเร่งจากงานวิจัยดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นค่า Threshold สำหรับงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

การประเมินการขับซี้ในงานวิจัยนี้จะอาศัยข้อมูล ความเร็ว และความเร่งตลอดการขับซี้ โดยกำหนด Threshold สำหรับความเร็วเท่ากับ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อ้างอิงตามอัตราความเร็วของยานพาหนะตามพระราชบัญญัติจราจรทางบก [22] และ Threshold สำหรับความเร่งเท่ากับ 0.3 g การประเมินจะมีลักษณะคล้ายการหาจำนวนของข้อมูลที่ถูกพล็อตจุดลงบนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความเร่ง ดังแสดงในภาพที่ 18 การลากเส้นค่า Threshold ทั้งสองเส้นจะทำให้เกิดพื้นที่บนกราฟ 4 บริเวณ ได้แก่ บริเวณ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งบริเวณทั้งสี่มีความหมายของการขับซี้ดังนี้ บริเวณที่ 1 หมายถึงการขับซี้ที่ความเร็วและความเร่งมีความเสี่ยงค่อนข้างน้อยที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุ บริเวณที่ 2 หมายถึงการขับซี้ที่ความเร็วมีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุ บริเวณที่ 3 หมายถึงการขับซี้ที่ความเร่งมีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุ และ บริเวณที่ 4 หมายถึงการขับซี้ที่ความเร็วและความเร่งมีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุ หลังจากพล็อตข้อมูลการขับซี้ลงบนกราฟแล้ว จะหาสัดส่วนของจำนวนจุดในแต่ละบริเวณต่อจำนวนจุดทั้งหมด เพื่อนำไปใช้ประเมินความเสี่ยง

การขับขี่ขั้นต่อไป หลังจากทราบสัดส่วนของการขับขี่ทั้ง 4 ลักษณะความเสี่ยงแล้ว อัลกอริทึมจะทำการประเมินการขับขี่ในลักษณะของคะแนนโดยใช้ RAM ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งคะแนนในตารางกำหนดโดยพิจารณาให้คะแนนสูงสุดของแต่ละบริเวณมีค่าเท่ากับลำดับความเสี่ยงของบริเวณความเสี่ยงนั้นๆ และใช้อัตราส่วนร้อยละในการกำหนดคะแนนของแต่ละบริเวณ ความเสี่ยง อัลกอริทึมในการประเมินการขับขี่แสดงดังภาพที่ 19 อัลกอริทึมประเมินการขับขี่ สามารถดูโปรแกรมให้คะแนนการขับขี่เพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ง.

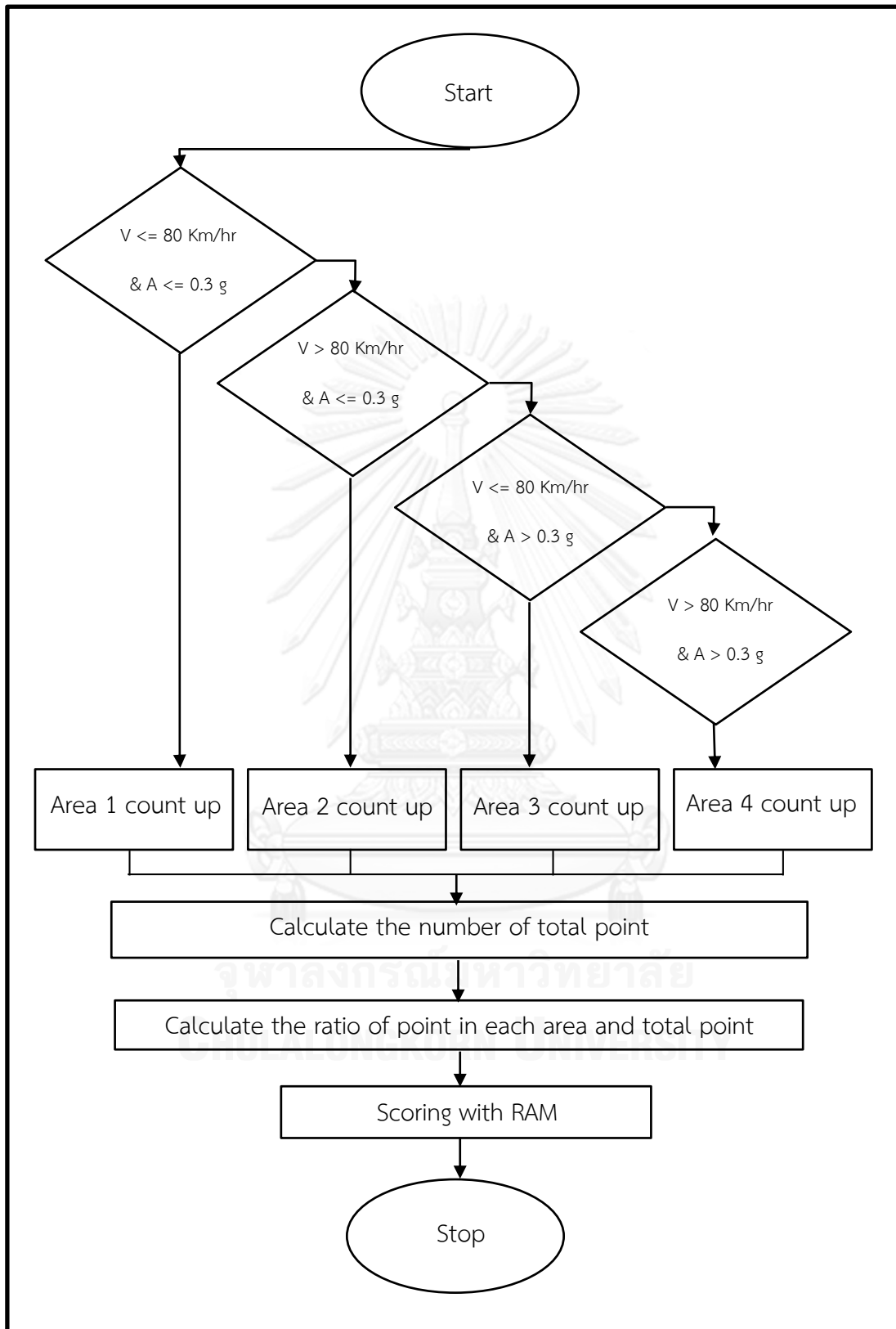


ภาพที่ 18 บริเวณ 1-4 ในกราฟความเร็วและความเร่ง

ภาพที่ 18 แสดงการแบ่งพื้นที่กราฟความเร็วและความเร่งออกเป็น 4 บริเวณที่มีความเสี่ยงไม่เท่ากัน โดยอาศัย Threshold ความเร็ว และ ความเร่งในการแบ่งพื้นที่ ทั้งนี้บริเวณที่ 2 ความเสี่ยงน้อยกว่าบริเวณที่ 3 เนื่องจากในบางเส้นทางที่มีการอนุญาตให้ใช้ความเร็วสูงได้ เพราะการขับรถด้วยความเร็วสูงมีแนวโน้มในการเกิดอุบัติเหตุน้อยกว่าการขับรถด้วยความเร่งที่สูง

ตารางที่ 3 ตารางคะแนนความเสี่ยงในการประเมินการขับขี่

บริเวณของจุดข้อมูล	สัดส่วนการขับขี่			
	น้อยกว่า 25%	25 ถึง 50%	50 ถึง 70%	มากกว่า 75%
บริเวณที่ 1	0.25	0.50	0.75	1.00
บริเวณที่ 2	0.50	1.00	1.50	2.00
บริเวณที่ 3	0.75	1.50	2.25	3.00
บริเวณที่ 4	1.00	2.00	3.00	4.00



ภาพที่ 19 อัลกอริทึมประเมินการเข้บซีที่ใช้สำหรับงานวิจัยขั้นต้น

ภาพที่ 19 แสดงอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำการประเมินความเสี่ยงของการขับขี่โดยอาศัยข้อมูลความเร็วและความเร่งเป็นข้อมูลดิบ อัลกอริทึมจะทำการจัดกลุ่มข้อมูลในช่วงเวลาต่างๆ ออกเป็น 4 กลุ่มตามบริเวณที่ข้อมูลนั้นๆตกอยู่ หลังจากนั้นจะทำการหาอัตราส่วนของจุดข้อมูลของบริเวณต่างๆต่อจำนวนจุดข้อมูลทั้งหมดและนำประเมินความเสี่ยงตามตารางที่ 3 ตารางคะแนนความเสี่ยงในการประเมินการขับขี่ เมื่อได้ตัวแทนคะแนนความเสี่ยงสำหรับบริเวณความเสี่ยงต่างๆแล้ว คะแนนดังกล่าวจะถูกรวมเข้าด้วยกันเพื่อคำนวณความเสี่ยงในการขับขี่ ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการหาค่าเฉลี่ยระหว่างคะแนนความเสี่ยงการขับขี่ของแกนนำรถและข้างรถเพื่อให้ได้คะแนนความเสี่ยงของการขับขี่รวม



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

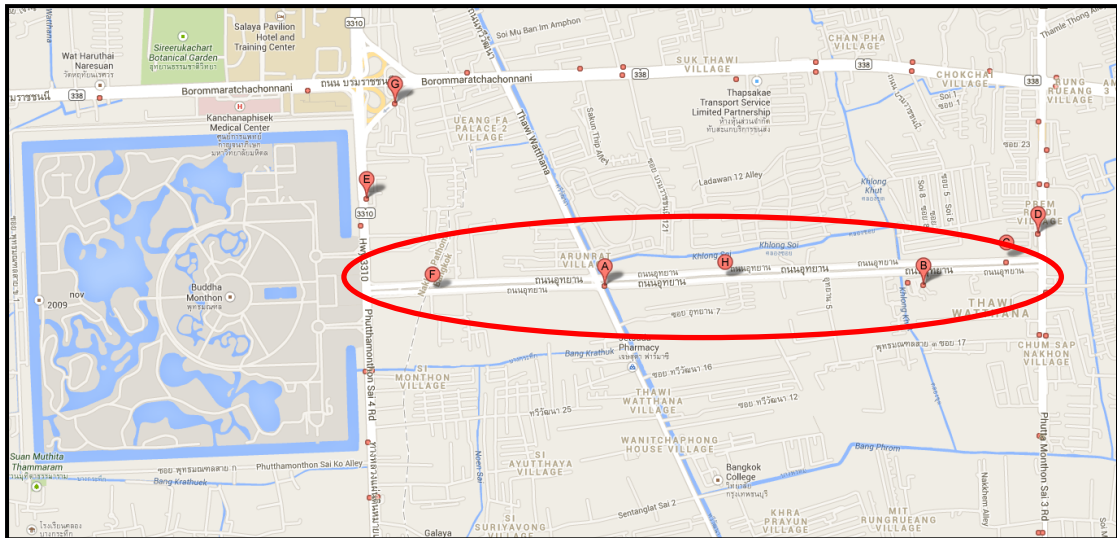
บทที่ 5 การวิจัยเบื้องต้น

เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงกระบวนการวิจัยซึ่งใช้หลักการของ Plan Do Check Act มากยิ่งขึ้น ผู้เขียนวิทยานิพนธ์จึงได้ทำการวิจัยเบื้องต้น ซึ่งหลังจากออกแบบแล้วก็ได้เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งนี้ในส่วนของ การวิจัยเบื้องต้นนี้ จำนวนของข้อมูลนั้นน้อย เนื่องจากผู้วิจัยไม่ได้ต้องการผลวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ แต่ต้องการเพียงการเข้าใจถึงกระบวนการวิจัยเสียก่อน ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึง การวิจัยเบื้องต้น

5.1 การออกแบบการวิจัยเบื้องต้น

เนื่องจากการวิจัยต้องการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินความเสี่ยงของการขับขี่ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ โดยอุปกรณ์ที่เลือกใช้เก็บข้อมูลคือเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ดังนั้นเส้นทางที่เลือกสำหรับการวิจัยเบื้องต้นจึงต้องการเส้นทางที่กว้าง และไม่มีสิ่งกีดขวางรบกวนสัญญาณ หลังจากที่ได้พิจารณาข้อกำหนดในการเลือกเส้นทางแล้ว ผู้วิจัยได้เลือกถนนอุทยานเป็นเส้นทางเก็บข้อมูลมีความสอดคล้องกับขอบเขตของการวิจัยเบื้องต้น และได้เลือกผู้ขับขี่ที่มีความคุ้นชินกับเส้นทางและถนนดังกล่าว เส้นทางที่เลือกแสดงดังภาพที่ 20 (วงกลมสีแดง) และสภาพถนนจริงแสดงดังภาพที่ 21 รถที่ใช้เก็บข้อมูลคือรถกระบะรุ่น X-series เนื่องจากเป็นรถที่ศูนย์วิจัยได้รับความสนับสนุนจากบริษัท อีซูซุ มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด พร้อมใช้งานได้ทันทีและผู้ขับขี่เป็นนิสิตในศูนย์วิจัยที่มีความชำนาญในการขับขี่บนเส้นทางที่เลือก

การขับขี่แต่ละรอบจะประกอบด้วยผู้ขับขี่ 1 คนและผู้สังเกตที่คอยสังเกตการขับขี่อยู่ภายในรถ 2 คน รวมทั้งสิ้น 3 ท่าน ในการขับรถผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขในการขับแต่ละครั้ง ได้แก่ ขับอย่างเร่งรีบที่สุด ขับอย่างปลอดภัยที่สุด และ ขับปกติ โดยก่อนเริ่มขับในแต่ละครั้ง ผู้ขับจะทำการจับสลากเพื่อทราบเงื่อนไขในการขับครั้งนั้นๆ ซึ่งผู้สังเกตจะไม่ทราบเงื่อนไขดังกล่าว หลังจากนั้นผู้ขับจะขับรถตามเงื่อนไขเป็นจำนวน 2 รอบ ในระหว่างนั้นผู้สังเกตจะประเมินความเสี่ยงการขับขี่ไปด้วย เมื่อการเก็บข้อมูลเสร็จสิ้นจึงนำผลการประเมินและข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเก็บได้ไปวิเคราะห์ผล โดยในการวิจัยเบื้องต้นมีผู้ขับขี่เพียง 1 คนเท่านั้น



ภาพที่ 20 ตำแหน่งเส้นทางที่เลือกใช้เก็บข้อมูลการวิจัยเบื้องต้น

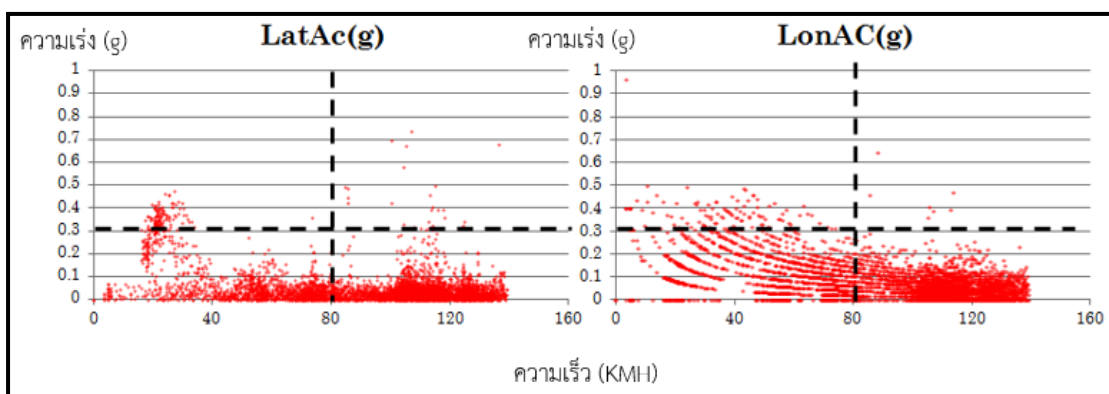


ภาพที่ 21 สภาพจริงของเส้นทางที่เลือกใช้เก็บข้อมูลการวิจัยเบื้องต้น

5.2 ผลการวิจัยเบื้องต้น

หลังจากที่ได้คำนวณความเร่งตลอดการขับขี่แล้ว ได้พล็อตจุดข้อมูลลงบนกราฟความเร็วและความเร่ง เพื่อแสดงการกระจายตัวของข้อมูล พร้อมทั้งนำอัลกอริทึมประเมินการขับขี่ และได้เปรียบเทียบผลการประเมินความเสี่ยงการขับขี่ด้วยอัลกอริทึมเปรียบเทียบกับผลการประเมินจากผู้สังเกต สำหรับผลการประเมินความเสี่ยงในการขับขี่จะมีค่าตั้งแต่ 0 – 5 โดยคะแนนแปรผันตรงกับความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุที่สังเกตได้ด้วยผู้สังเกต ซึ่งได้ผลแยกตามเงื่อนไขการขับขี่ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 ขั้อย่างเร่งรีบที่สุด การขับขี่ใช้เวลาประมาณ 9 นาที จุดข้อมูลแสดงดังภาพที่ 22 การกระจายตัวของข้อมูลการขับขี่เงื่อนไขขั้อย่างเร่งรีบที่สุดและผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 4 ผลการประเมินการขับขี่ เงื่อนไข ขั้อย่างเร่งรีบที่สุด

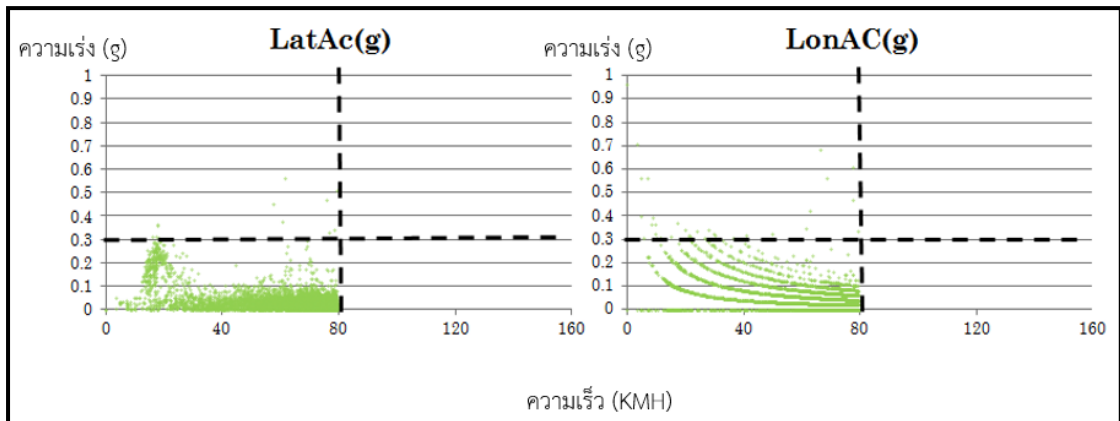


ภาพที่ 22 การกระจายตัวของข้อมูลการขับขี่เงื่อนไขที่ 1 ขั้อย่างเร่งรีบที่สุด

ตารางที่ 4 ผลการประเมินการขับขี่ เงื่อนไข ขั้อย่างเร่งรีบที่สุด

หัวข้อประเมิน	อัลกอริทึม	ผู้สังเกตคนที่ 1	ผู้สังเกตคนที่ 2
การเร่ง	3.75	4.0	4.0
การเบรก		3.0	3.0
การเปลี่ยนช่องจราจร	3.75	3.0	4.0
การเลี้ยงโค้ง		3.0	4.0
การขับขี่โดยรวม	3.75	3.0	4.0

เงื่อนไขที่ 2 ขั้อย่างปลอดภัยที่สุด การขับขี่ใช้เวลาประมาณ 13 นาที 30 วินาที จุดข้อมูลแสดงดังภาพที่ 23 การกระจายตัวของข้อมูลการขับขี่เงื่อนไขขั้อย่างปลอดภัยที่สุด และผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 5 ผลการประเมินการขับขี่ เงื่อนไข ขั้อย่างปลอดภัยที่สุด

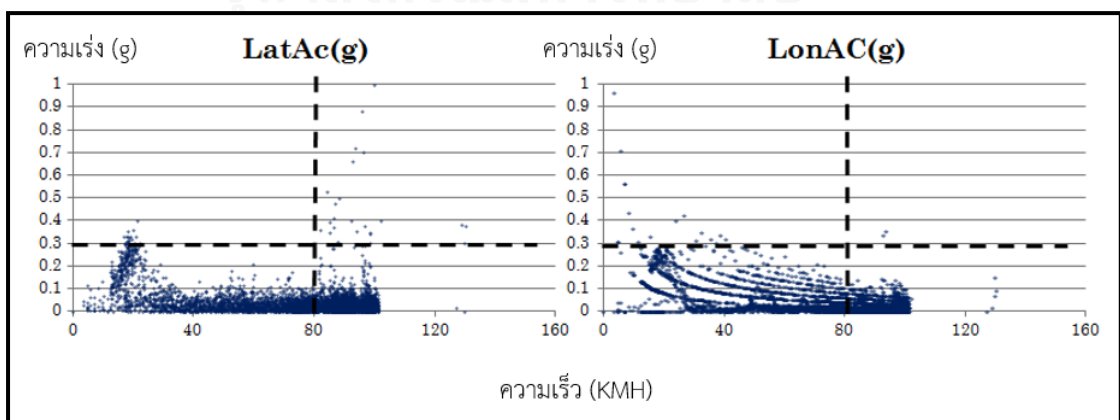


ภาพที่ 23 การกระจายตัวของข้อมูลการขับขี่เงื่อนไขที่ 2 ขับปลอดภัยที่สุด

ตารางที่ 5 ผลการประเมินการขับขี่ เงื่อนไข ขับปลอดภัยที่สุด

หัวข้อประเมิน	อัลกอริทึม	ผู้สังเกตคนที่ 1	ผู้สังเกตคนที่ 2
การเร่ง	1.75	1.0	0.0
การเบรก		0.0	0.0
การเปลี่ยนช่องจราจร	1.75	0.0	0.0
การเลี้ยงโค้ง		1.0	0.0
การขับขี่โดยรวม	1.75	1.0	0.0

เงื่อนไขที่ 3 ขับปกติ สำหรับเงื่อนไขที่ 3 การขับขี่ใช้เวลาประมาณ 11 นาที 30 วินาที จุดข้อมูลแสดงดังภาพที่ 24 การกระจายตัวของข้อมูลการขับขี่เงื่อนไขขับปกติ และผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 6 ผลการประเมินการขับขี่ เงื่อนไข ขับอย่างปกติ



ภาพที่ 24 การกระจายตัวของข้อมูลการขับขี่เงื่อนไขที่ 3 ขับปกติ

ตารางที่ 6 ผลการประเมินการขับขี่ เงื่อนไข ขับอย่างปกติ

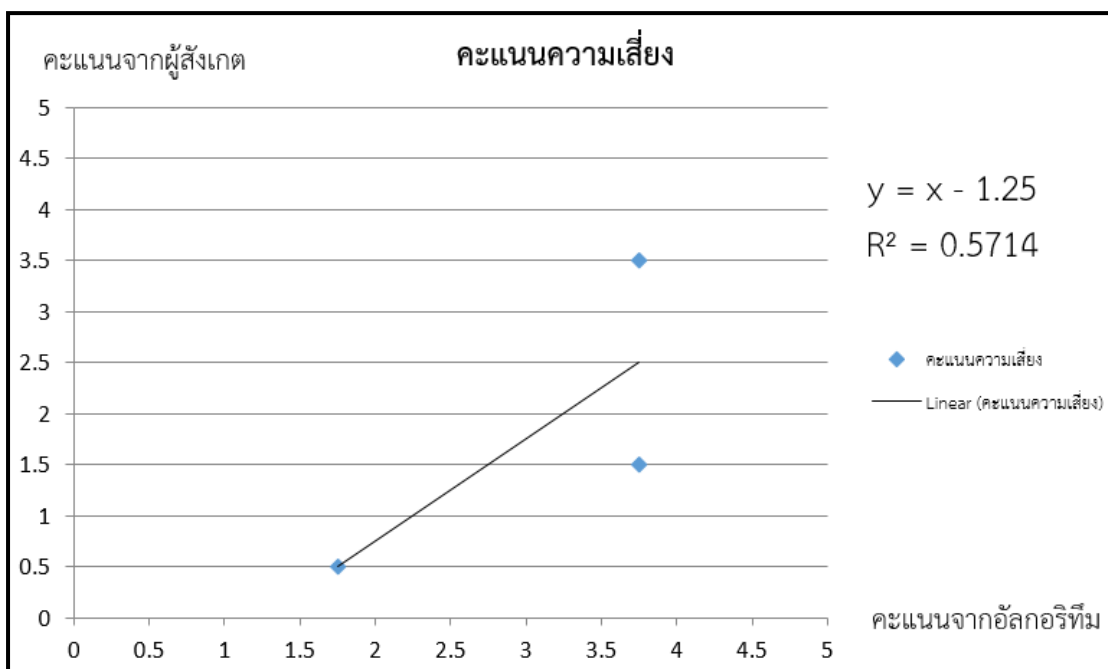
หัวข้อประเมิน	อัลกอริทึม	ผู้สังเกตคนที่ 1	ผู้สังเกตคนที่ 2
การเร่ง	3.75	2	1
การเบรก		1	3
การเปลี่ยนช่องจราจร	3.75	1	0
การเลี้ยงโค้ง		1	2
การขับขี่โดยรวม	3.75	1	2

จากภาพที่ 22-24 และผลการประเมินของการขับขี่ทั้ง 3 เงื่อนไข จะสังเกตว่าในกราฟ LonAC(g) จะพบแนวโน้มของความเร่งที่ลดลงในขณะที่ความเร็วเพิ่มขึ้น ทั้งนี้แนวโน้มดังกล่าวเกิดจากประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ หรืออธิบายอีกนัยหนึ่งว่า ในช่วงที่ความเร็วสูง เครื่องยนต์ไม่สามารถเพิ่มความเร็วให้สูงขึ้นได้มาก แต่ในช่วงความเร็วต่ำ เครื่องยนต์สามารถเพิ่มความเร็วให้สูงขึ้นได้มาก สำหรับการขับขี่เงื่อนไข ขับอย่างเร่งรีบที่สุด ใช้เวลาในการขับน้อยที่สุด ความเร็วสูงสุด 140 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลกระจายตัวในบริเวณที่ 2 หนาแน่นที่สุด และคะแนนความเสี่ยงการขับขี่ 3.75 สำหรับการขับขี่เงื่อนไข ขับอย่างปลอดภัยที่สุด ใช้เวลามากที่สุด ความเร็วสูงสุด 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลกระจายตัวในบริเวณที่ 1 หนาแน่นที่สุด และคะแนนความเสี่ยงการขับขี่ 1.75 สำหรับการขับขี่เงื่อนไข ขับปกติ ความเร็วสูงสุด 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อมูลกระจายตัวในบริเวณที่ 2 หนาแน่นที่สุด และคะแนนความเสี่ยงการขับขี่ 3.75

หลังจากนั้นจึงได้พล็อตเพื่อดูความสัมพันธ์ของคะแนนความเสี่ยงที่ประเมินด้วยอัลกอริทึมกับผู้สังเกตเพื่อหา Correlation แสดงดังภาพที่ 25 ซึ่งพบความสัมพันธ์ของคะแนนความเสี่ยงที่ประเมินด้วยอัลกอริทึมกับผู้สังเกตในลักษณะของสมการเส้นตรงดังนี้

$$\text{คะแนนจากผู้สังเกต} = \text{คะแนนจากอัลกอริทึม} - 1.25$$

มี Correlation ของข้อมูลมีค่า 0.75 ซึ่งหมายความว่า ข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์แปรผันกันมาก และค่ามีค่า R-Square = 0.57 ซึ่งหมายความว่า เส้นตรงผ่านจุดข้อมูลพอสมควร ดูตัวอย่างการคำนวณได้ในภาคผนวก ข.



ภาพที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความเสี่ยงที่ประเมินด้วยอัลกอริทึมกับผู้สังเกต

จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลการขับขี่และผลการประเมินสำหรับแต่ละเงื่อนไขการขับขี่สามารถสรุปได้ว่า คะแนนความเสี่ยงการขับขี่ที่ประเมินด้วยอัลกอริทึมกับผู้สังเกตมีความสัมพันธ์กันแต่ความสอดคล้องกันปานกลางเท่านั้น ผู้วิจัยเห็นสมควรว่าอัลกอริทึมควรได้รับการพัฒนาให้ดีขึ้นเพื่อให้คะแนนความเสี่ยงการขับขี่ที่ประเมินด้วยอัลกอริทึมกับผู้สังเกตมีความสัมพันธ์กันและมีความสอดคล้องกันมากยิ่งขึ้น

5.3 การพัฒนาอัลกอริทึมประเมินการขับขี่

จากผลการวิจัยเบื้องต้นจะเห็นถึงแนวโน้มของคะแนนความเสี่ยงการขับขี่ที่ได้แสดงในหัวข้อ 5.2 และทำให้ทราบว่าแนวโน้มของคะแนนยังชัดเจนไม่มากพอ สังเกตได้จากคะแนนความเสี่ยงของการขับขี่เงื่อนไขที่ 1 และ เงื่อนไขที่ 3 มีค่าเท่ากัน ในขณะที่ความเร็วสูงสุดไม่เท่ากัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงตัดสินใจเพิ่มเงื่อนไขในการประเมินเพื่อให้เห็นถึงแนวโน้มของคะแนนชัดเจนมากยิ่งขึ้น

เนื่องจากผลการประเมินโดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 พื้นที่ตามที่ได้กล่าวในบทที่ 4 ให้ผลการประเมินไม่ค่อยเหมาะสม ทั้งนี้สังเกตได้จากผลการประเมินการขับขี่ในเงื่อนไขที่ 1 ขับอย่างเร่งรีบที่สุด เปรียบเทียบกับเงื่อนไขที่ 3 ขับปกติ ผลการประเมินการขับขี่ทั้ง 2 เงื่อนไข ได้ผลเหมือนกันที่ 3.75 แต่หากดูจากการกระจายตัวของข้อมูลในหัวข้อ 5.2 จะสังเกตได้ว่า ความเร็วสูงสุดของการขับขี่

มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยสำหรับ เงื่อนไขที่ 1 ความเร็วสูงสุด 140 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ สำหรับเงื่อนไขที่ 2 ความเร็วสูงสุด 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากการค้นคว้างานวิจัยเพิ่มเติม การศึกษาในประเทศสวีเดนปี ค.ศ.2009 พบว่าทุกๆ ความเร็วที่เพิ่มขึ้น 10% จะเพิ่มแรงในการปะทะ 21% [23] ผู้เขียนวิทยานิพนธ์จึงตัดสินใจที่จะแบ่งพื้นที่ออกเป็นบริเวณเล็กๆทั่วกราฟความเร็วและความเร่งให้ละเอียดมากขึ้นทำให้ลักษณะการคำนวณเปลี่ยนไปจากเดิม โดยสามารถอธิบายได้โดย สมการที่ 34

$$RDS = \frac{\sum_{i=1,2,3,\dots}^n (v_i \times a_i)}{\text{distance}} \quad (34)$$

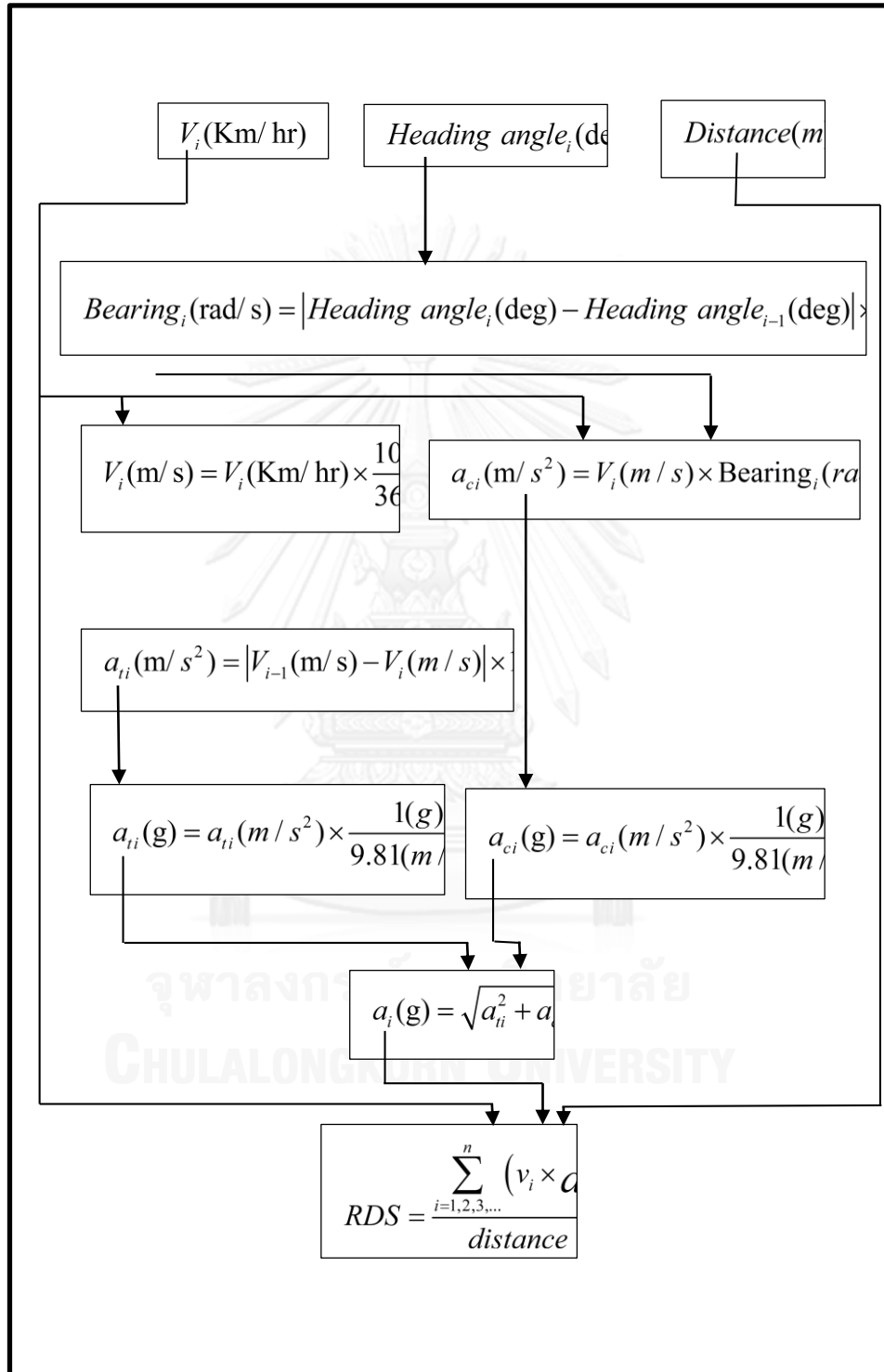
เมื่อ	<i>RDS</i>	คือ	Risk Driving Score
	v_i	คือ	ความเร็ว ณ ความถี่ใดๆ
	a_i	คือ	ความเร่งลัพท์ ณ ความถี่ใดๆ
	<i>distance</i>	คือ	ระยะทางทั้งหมดของการขับขี่

สมการที่ 34 อธิบายได้ว่าผลการประเมินความเสี่ยงการขับขี่ (Risk Driving Score) เกิดจาก ผลรวมของขนาดความเร็วคูณกับขนาดความเร่งลัพท์หารด้วยระยะทางของการขับขี่ทั้งหมด นั้น หมายความว่าผลการประเมินคำนวณจากผลรวมค่าความเสี่ยงของจุดข้อมูลทุกจุดหารด้วยระยะทางของการเคลื่อนที่ทั้งหมด โดยค่าความเสี่ยงของการเคลื่อนที่แต่ละเวลาจะขึ้นกับขนาดของความเร็ว และขนาดความเร่งของการเคลื่อนที่เวลานั้นๆ

ในการปรับปรุงรูปแบบการประเมินความเสี่ยงหลังการวิจัยเบื้องต้น ไม่ได้ให้คะแนนโดยใช้ RAM แต่อย่างใด แต่ใช้ข้อสังเกตที่ว่า การขับขี่ด้วยความเร็วที่ต่างกัน น่าจะมีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุไม่เท่ากันและเหตุผลทั่วไปที่ว่า การขับขี่ด้วยความเร็วและความเร่งสูงย่อมมีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุสูงเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบเป็นการขับขี่หลายๆรอบที่มีระยะทางไม่เท่ากันแล้ว ความเสี่ยงของการขับขี่โดยรวมย่อมเกิดจากผลรวมของความเสี่ยงตลอดการขับขี่ซึ่งจำเป็นต้องหาอัตราส่วน เทียบกับระยะทางการขับขี่ทั้งหมดเพื่อเทียบเป็นความเสี่ยงของการขับขี่โดยรวมต่อระยะทาง เนื่องจากถ้าพิจารณาการขับขี่ที่ผลรวมความเสี่ยงทั้งหมดเท่ากันแต่ระยะทางไม่เท่ากันแล้ว การขับขี่ที่มีระยะทางมากกว่าย่อมมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุน้อยกว่าการขับขี่ที่มีระยะทางน้อย สามารถดูแผนภาพ แสดงลำดับการคำนวณข้อมูลได้ดังภาพที่ 26

ภาพที่ 26 แสดงการคำนวณ RDS โดยลำดับการคำนวณเริ่มจากข้อมูลความเร็วและมุมทิศ ของรถที่เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมสามารถเก็บค่าได้แปลงเป็นความเร่งลัพท์และระยะทางโดยสมมติ

ให้ความสำคัญในการรับสัญญาณดาวเทียมที่ 10 เฮอร์ต ซึ่งการคำนวณจะประกอบไปด้วยการแปลงข้อมูล และ การแปลงหน่วย



ภาพที่ 26 แผนภาพลำดับการคำนวณ RDS

ผลการประเมินความเสี่ยงในการขับขี่ทั้ง 3 เงื่อนไขหลังจากพัฒนาอัลกอริทึมตามรูปแบบการประเมินการขับขี่แล้ว แสดงดังตารางที่ 7-9 ซึ่งจะสังเกตถึงความแตกต่างของคะแนนความเสี่ยงการขับขี่ในแต่ละเงื่อนไขมากขึ้น โดยเงื่อนไขที่ 1 ขับอย่างเร่งรีบที่สุด คะแนนความเสี่ยง 2.5 เงื่อนไขที่ 2 ขับอย่างปลอดภัยที่สุด คะแนนความเสี่ยง 1.0 และ เงื่อนไขที่ 3 ขับปกติ คะแนนความเสี่ยง 1.6 หลังจากนั้นจึงได้พล็อตเพื่อดูหาความสัมพันธ์ของคะแนนความเสี่ยงที่ประเมินด้วยอัลกอริทึมกับผู้สังเกตเพื่อหา Correlation แสดงดังภาพที่ 27 ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{คะแนนจากผู้สังเกต} = (2.09 * \text{คะแนนอัลกอริทึม}) - 1.68$$

มี Correlation ของข้อมูลมีค่า 0.99 ซึ่งหมายความว่า ข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์แปรผันกันมาก และมีค่า R-Square = 0.99 ซึ่งหมายความว่า เส้นตรงผ่านจุดข้อมูลมาก

ตารางที่ 7 ผลการประเมินการขับขี่หลังปรับปรุงอัลกอริทึม เงื่อนไข ขับอย่างเร่งรีบที่สุด

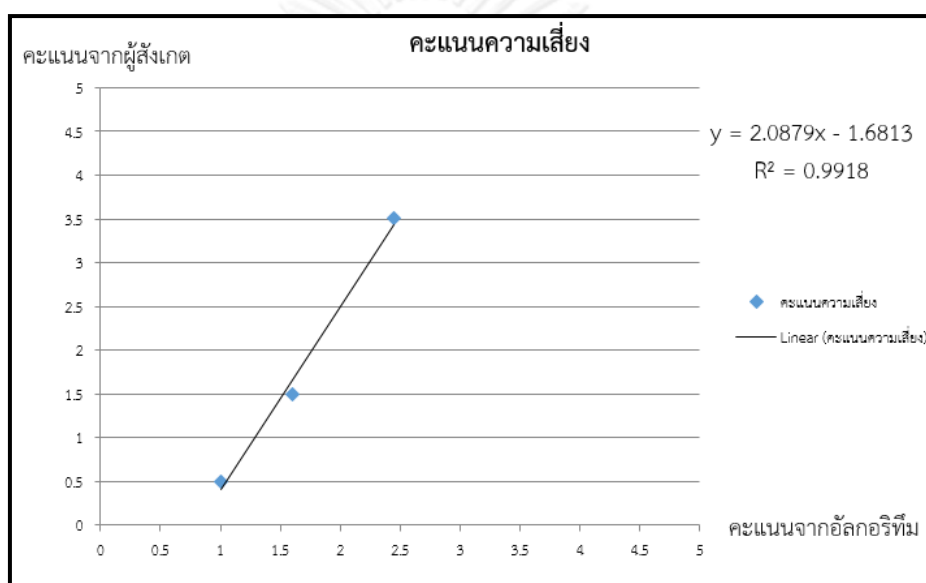
หัวข้อประเมิน	อัลกอริทึม	ผู้สังเกตคนที่ 1	ผู้สังเกตคนที่ 2
การเร่ง	2.7	4.0	4.0
การเบรก		3.0	3.0
การเปลี่ยนช่องจราจร	2.2	3.0	4.0
การเลี้ยงโค้ง		3.0	4.0
การขับขี่โดยรวม	2.45	3.0	4.0

ตารางที่ 8 ผลการประเมินการขับขี่หลังปรับปรุงอัลกอริทึม เงื่อนไข ขับอย่างปลอดภัย

หัวข้อประเมิน	อัลกอริทึม	ผู้สังเกตคนที่ 1	ผู้สังเกตคนที่ 2
การเร่ง	1.0	1.0	0.0
การเบรก		0.0	0.0
การเปลี่ยนช่องจราจร	1.0	0.0	0.0
การเลี้ยงโค้ง		1.0	0.0
การขับขี่โดยรวม	1.0	1.0	0.0

ตารางที่ 9 ผลการประเมินการขับชี่หลังปรับปรุงอัลกอริทึม เงื่อนไข ขับอย่างปกติ

หัวข้อประเมิน	อัลกอริทึม	ผู้สังเกตคนที่ 1	ผู้สังเกตคนที่ 2
การเร่ง	1.6	2	1
การเบรก		1	3
การเปลี่ยนช่องจราจร	1.6	1	0
การเลี้ยงโค้ง		1	2
การขับชี่โดยรวม	1.6	1	2



ภาพที่ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
คะแนนความเสี่ยงที่ประเมินด้วย อัลกอริทึมที่พัฒนาแล้วกับผู้สังเกต

จากภาพที่ 27 จะเห็นได้ว่าค่าประมาณค่า Correlation ของการประเมินคะแนนความเสี่ยงด้วยอัลกอริทึมและผู้สังเกตหลังการพัฒนาอัลกอริทึมมีมากขึ้น แสดงว่าคะแนนความเสี่ยงดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น แต่ถึงอย่างไรก็ดีผู้เชี่ยวชาญนิพนธ์ต้องการสร้างภาพแบบการประเมินความเสี่ยงการขับชี่ที่สามารถประเมินได้สอดคล้องกับการประเมินจากผู้สังเกต หากสามารถพัฒนาให้ความสัมพันธ์ของผลประเมินจากอัลกอริทึมมีค่าใกล้เคียงผลประเมินจากผู้สังเกตในลักษณะของความสัมพัทธ์สมการที่ 35

$$\text{Observer score} = \text{RDS} \quad (35)$$

จะทำให้รูปแบบการประเมินความเสี่ยงสามารถนำไปประยุกต์เพื่อประเมินการขับชี่ได้โดยตรงไม่ต้องผ่านขั้นตอนคำนวณเพื่อแปลงค่าแต่อย่างใด

จากการวิจัยเบื้องต้นทำให้เห็นกระบวนการวิจัยที่สอดคล้องกับหลักการ Plan Do Check Act โดยในการวิจัยเบื้องต้นผู้เขียนวิทยานิพนธ์ได้วางแผนการเก็บข้อมูลตามเส้นทางและเงื่อนไข หลังจากที่ได้เก็บข้อมูลมาแล้ว มีการตรวจสอบความสอดคล้องของผลการประเมินโดยอัลกอริทึมและผู้สังเกต อีกทั้งยังได้พัฒนาอัลกอริทึมให้ผลของการประเมินมีความสอดคล้องกันมากขึ้น ในบทถัดไป จะอธิบายถึงการออกแบบวิจัยของวิทยานิพนธ์เล่มนี้



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 6

การออกแบบการวิจัย

การเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิจัยเป็นหนึ่งในกระบวนการวิจัยที่สำคัญ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขการทดลองซึ่งจำเป็นต้องมีจำนวนมากพอเพื่อให้เห็นแนวโน้มของข้อมูลที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์ได้ ทั้งนี้การเก็บข้อมูลมีหลายปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง เช่น เครื่องมือ เวลา สถานที่ สภาพแวดล้อมต่างๆ ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการวิจัยทั้งในเรื่องของ อุปกรณ์ พาหนะ เส้นทางที่เลือกใช้ เป็นต้น

6.1 อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูล

ตามที่ได้กล่าวในบทที่ 2 ถึงแนวโน้มการใช้สัญญาณดาวเทียมในการเฝ้าระวังการขับขี่มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับรถให้บริการ เช่น รถแท็กซี่ รถประจำทาง และ รถขนส่ง เป็นต้น อุปกรณ์ที่เลือกใช้จึงเป็นเครื่องเก็บข้อมูลการขับขี่ที่ใช้สัญญาณดาวเทียม ยี่ห้อ VBOX ความถี่ในการรับข้อมูล 10 เฮิร์ต ประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญ 3 ส่วนได้แก่ เครื่องบันทึกข้อมูล เสาร์ับสัญญาณดาวเทียม และ กล้องบันทึกภาพการขับขี่ แสดงดังภาพที่ 28 สามารถดูวิธีการใช้งาน ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ และ ขั้นตอนการดึงข้อมูลเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ก.-ค.



ภาพที่ 28 VideoVBOX [24]

6.2 เงื่อนไขการขับขี่

เนื่องจากจุดประสงค์ของงานวิจัยต้องการสร้างภาพแบบประเมินความเสี่ยงในการขับขี่โดยพิจารณาจากปัจจัยความเร็วและความเร่ง โดยนิยามได้ให้ ความเสี่ยงในการขับขี่ คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในระหว่างการขับขี่ให้ถึงที่หมายอันทำให้เกิดอุบัติเหตุ หรือ เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ระหว่างเดินทางส่งผลอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ดังนั้นจึงเลือกให้ผู้ขับขี่ปรกติภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดขึ้น ได้แก่ เงื่อนไขเร่งรีบที่สุด เงื่อนไขปลอดภัยที่สุด และ เงื่อนไขปกติ โดยนิยามเงื่อนไขต่างๆดังนี้

การขับเงื่อนไขเร่งรีบที่สุด	หมายถึง การขับที่ผู้ขับพยายามขับให้ถึงที่หมายให้เร็วที่สุดด้วยความเร็วและความเสี่ยงที่ผู้ขับยอมรับได้ตามประสบการณ์และทักษะการขับ
การขับเงื่อนไขปลอดภัยที่สุด	หมายถึง การขับที่ผู้ขับพยายามขับให้เกิดความเสี่ยงน้อยที่สุดตามประสบการณ์และทักษะการขับ
การขับเงื่อนไขปกติ	หมายถึง การขับที่ผู้ขับขับปกติตามความสามารถและวินัยทางการจราจรของผู้ขับซึ่งเกิดจากการสั่งสมประสบการณ์การขับ

สาเหตุที่เลือกเงื่อนไขการขับเนื่องจากการขับในเงื่อนไขที่แตกต่างกันจะทำให้ลักษณะการขับขี่แตกต่างกันออกไป และส่งผลให้ความเสี่ยงของการขับแต่ละเงื่อนไขแตกต่างกันด้วย ซึ่งจะทำให้ได้ผลการประเมินที่มีความแตกต่างกัน ครอบคลุมตั้งแต่ความเสี่ยงน้อยไปจนความเสี่ยงมาก นอกจากนี้แล้วผู้ขับจะต้องตอบแบบสอบถามข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลการขับขี่เพื่อเก็บข้อมูลไว้วิเคราะห์ด้วย สามารถดูแบบสอบถามได้ในภาคผนวก จ. เงื่อนไขการขับขี่ที่กำหนดขึ้นทำให้ต้องพิจารณาเลือกผู้ขับขี่ รถที่ใช้ขับ เวลาที่ขับ และ เส้นทางเพื่อให้ได้ข้อมูลตามต้องการ

6.3 ผู้ขับขี่ในขณะเก็บข้อมูล

จากเงื่อนไขการขับขี่ที่กำหนดขึ้นทำให้ผู้เขียนวิทยานิพนธ์จำเป็นต้องเลือกผู้ขับที่สามารถขับขี่ด้วยความเร็วและความเร่งได้หลายช่วง จากการพิจารณาแล้วกลุ่มผู้ขับขี่ในช่วงอายุ 18-25 ปี ผู้ขับกลุ่มนี้มีความเกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบ่อยทั้งทางตรงและทางอ้อม เนื่องจากผู้ขับกลุ่มดังกล่าวบางรายยังมีประสบการณ์ขับขี่ไม่มากนัก อีกทั้งยังเป็นช่วงที่อารมณ์มีผลต่อการตัดสินใจมากกว่าผู้ขับในวัยอื่น ผู้เขียนวิทยานิพนธ์จึงตัดสินใจเลือกผู้ขับในช่วงอายุ 18-25 ปี จำนวน 10 คน โดยคาดหวัง

ว่าการขับขี่ของผู้ขับขี่ที่เลือกจะมีความแตกต่างกันชัดเจนสำหรับการขับตามเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นซึ่งจะทำให้ผลการประเมินมีความแตกต่างกัน

6.4 พาหนะที่เลือกใช้เก็บข้อมูล

ชนิดพาหนะที่เลือกใช้เป็นอีกหนึ่งข้อกำหนดที่สำคัญ เนื่องจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนท้องถนนเกิดจากพาหนะหลายประเภททั้ง รถจักรยานยนต์ รถยนต์ รถบรรทุก รวมไปถึง รถโดยสารสาธารณะ จากการศึกษาข้อมูลเชิงสถิติของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นรวบรวมโดยศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย [25] พบว่าอุบัติเหตุอันตรายข้างทางมีแนวโน้มที่จะเกิดกับรถเก๋ง รถกระบะ และรถโดยสารมากกว่ารถบรรทุก และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างรถทั้ง 3 ประเภท พบว่ารถกระบะมีโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางสูงสุด ดังนั้นพาหนะที่เลือกใช้เก็บข้อมูลเพื่อประเมินจึงเป็นรถกระบะ ซึ่งได้รับการสนับสนุนรถกระบะรุ่น X-series จาก บริษัท อีซูซุ มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด แสดงดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 รถกระบะรุ่น X-series

6.5 เวลาที่เลือกใช้เก็บข้อมูล

ปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุนั้นมีมาก เนื่องจากรูปแบบประเพณีการขับขี่ให้ความสนใจความเร็วและความเร่ง หากพิจารณาถึงสภาพการใช้นถนนในแต่ละช่วงเวลาแล้ว การเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเร่งด่วนที่มีผู้ใช้ถนนค่อนข้างมากทำให้การจราจรติดขัดจะทำให้ผู้ขับไม่สามารถขับขี่ด้วยความเร็วสูงได้ เนื่องจากการขับขี่ถูกกำหนดด้วยสภาพการจราจรที่หนาแน่น ดังนั้นผู้วิจัยจึงไปค้นคว้าข้อมูลการใช้ถนนจากสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร [26] และพบว่าช่วงเวลา 6.00 - 9.00 น. และ 16.00 - 17.00 น. เป็นช่วงเวลาเร่งด่วนซึ่งความเร็วในการขับขี่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล ระหว่าง 9.00 - 15.00 น. ในความเป็นจริงช่วงเวลา 20.00 - 5.00 น. ก็เป็นช่วงเวลาที่มีการใช้ถนนน้อยเช่นกัน ผู้วิจัยเลือกช่วงเวลาที่ไม่วุ่นวายของการพักผ่อนของผู้ขับเพื่อลดปัจจัยในด้านของความพร้อมในการขับขี่ และ ความสว่างของถนน สภาพอากาศก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการขับขี่ เนื่องจากอัลกอริทึมไม่ได้พิจารณาปัจจัยจากความสิ้นของถนนในการขับขี่ซึ่งมีผลมากในช่วงฤดูฝน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกช่วง เดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม เพื่อหลีกเลี่ยงปัจจัยดังกล่าว

6.6 เส้นทางที่ใช้เก็บข้อมูล

เส้นทางที่เลือกใช้เก็บข้อมูล เป็นเส้นทางบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร ตัด ทางพิเศษศรีรัช ระยะทางประมาณ 11 กิโลเมตร โดยขึ้นด่านพระรามที่ 2 และลงด่านหัวลำโพง แสดงดังภาพที่ 30 การขับจะขับในลักษณะทวนเข็มซึ่งไม่ผ่านทางพิเศษแยกไปทางบางนา(เส้นประแดง) เนื่องจากต้องการหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีการจราจรค่อนข้างหนาแน่น

6.7 ผู้สังเกตการขับขี่

เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ต้องการสร้างรูปแบบการประเมินการขับขี่ ดังนั้นผู้เขียนวิทยานิพนธ์จึงตรวจสอบความถูกต้องของผลการประเมินด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้นกับผลการประเมินด้วยผู้สังเกต ทั้งนี้รถยนต์ที่เลือกใช้เป็นรถกระบะที่มีที่นั่งในท้องโดยสารจำกัด จึงกำหนดจำนวนผู้สังเกตในแต่ละรอบการขับขี่ 2 ท่านเป็นกลุ่มผู้สังเกตช่วงอายุ 18-25 ปีเช่นเดียวกับกลุ่มผู้ขับขี่ซึ่งจะทำให้มีระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ระดับเดียวกัน ผู้สังเกตที่ 1 นั่งในที่นั่งข้างคนขับ และผู้สังเกตที่ 2 นั่งในที่นั่งด้านหลังคนขับ โดยผู้สังเกตจะประเมินการขับขี่จากคะแนนความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุ ตั้งแต่ 1 - 5 1 คะแนน หมายถึงเสี่ยงน้อยที่สุด และ 5 คะแนน หมายถึงเสี่ยงมากที่สุด สามารถดูใบประเมินการขับขี่เพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ฉ. โดยความเสี่ยงของการเร่ง ความเสี่ยงของการเบรก ความ

เสี่ยงของการเลี้ยวโค้ง ความเสี่ยงของการเปลี่ยนช่องจราจร และ ความเสี่ยงของระยะห่างระหว่างคัน จะเป็นผลเนื่องมาจากการเลือกใช้ความเร็วและความเร่งในการขับขี่ตามเงื่อนไขที่ผู้สังเกตไม่ทราบ



ภาพที่ 30 เส้นทางที่เลือกในการขับขี่เก็บข้อมูลการวิจัย

ภาพที่ 30 แสดงเส้นทางที่เลือกในการขับ เส้นทางถูกเลือกโดยพยายามหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีการจราจรหนาแน่นซึ่งเป็นเส้นทางที่แยกไปทางบางนา-ตราด (เส้นประสีแดง) ทั้งนี้ได้มีการสำรวจเส้นทางแล้ว เส้นทางที่เลือกประกอบด้วยทางตรงและทางโค้งใหญ่ 3 โค้งที่สามารถใช้ความเร็วได้หลากหลาย

กล่าวโดยสรุป เพื่อให้ได้การขับขี่ที่มีเงื่อนไขสอดคล้องกับปัจจัยที่อัลกอริทึมประเมินการขับขี่ ข้อมูลการวิจัยจะเก็บภายในเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม ในช่วงเวลา 9.00 – 15.00 น. เส้นทางพิเศษ ระยะทางประมาณ 11 กิโลเมตร อุปกรณ์ที่เลือกใช้คือ เครื่องบันทึกข้อมูลการขับขี่ ยี่ห้อ VBOX โดยผู้ขับขี่ช่วงอายุ 18–25 ปี ผู้ขับ 1 คนจะขับในเส้นทางที่เลือก 3 เงื่อนไข เงื่อนไขละ 1 รอบ ระหว่างการขับแต่ละรอบผู้สังเกตจะคอยสังเกตการขับขี่และประเมินการขับที่ออกมาเป็นคะแนนการขับขี่เพื่อใช้สอบเทียบผลประเมินด้วยอัลกอริทึม รถที่ใช้ทดลองเป็นรถกระบะจาก บริษัท อีซูซุ มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด



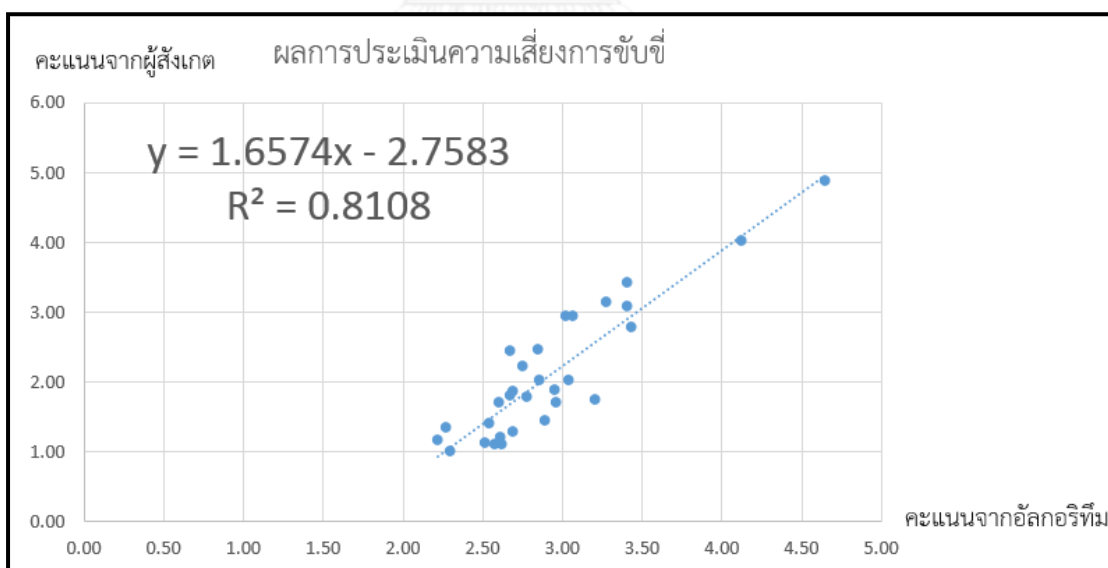
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 7 ผลการวิจัย

จากการจับชี้ด้วยกลุ่มตัวอย่างซึ่งจับรถ 3 รอบ รอบละเงื่อนไขได้แก่ จับอย่างเร่งรีบที่สุด จับอย่างปลอดภัยที่สุด และ จับปกติ ข้อมูลการจับชี้ทั้งจากแบบสอบถามประวัติการจับชี้ และผลการประเมินสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้สอบทวนการประเมินความเสี่ยงการจับชี้ด้วยอัลกอริทึมและพัฒนาให้สามารถประเมินได้อย่างแม่นยำมากขึ้น

หลังจากได้นำข้อมูลการจับชี้มาประเมินด้วยอัลกอริทึมและนำมาเปรียบเทียบกับคะแนนประเมินจากผู้สังเกต พล็อตลงบนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์แสดงดังภาพที่ 31 และตารางที่ 10 ผลการประเมินจากผู้สังเกตที่ตำแหน่งการนั่งแตกต่างกันแสดงดังภาพที่ 32 และ ตารางที่ 11

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการประเมินความเสี่ยงการจับชี้โดยอาศัยปัจจัยความเร็วและความเร่งสามารถประเมินความเสี่ยงการจับชี้และให้ผลที่สอดคล้องกับผลการประเมินจากผู้สังเกตถึงอย่างไรนั้นภาพแบบการประเมินดังอธิบายไว้ในบทที่ 5 สมการที่เกิดจากการคำนวณด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นจำเป็นต้องวิเคราะห์และทดสอบด้วยศาสตร์ทางสถิติดังที่ได้เกริ่นไว้ในบทที่ 3 ในบทถัดไปจะอธิบายการวิเคราะห์สมการที่ใช้ประเมินความเสี่ยงการจับชี้



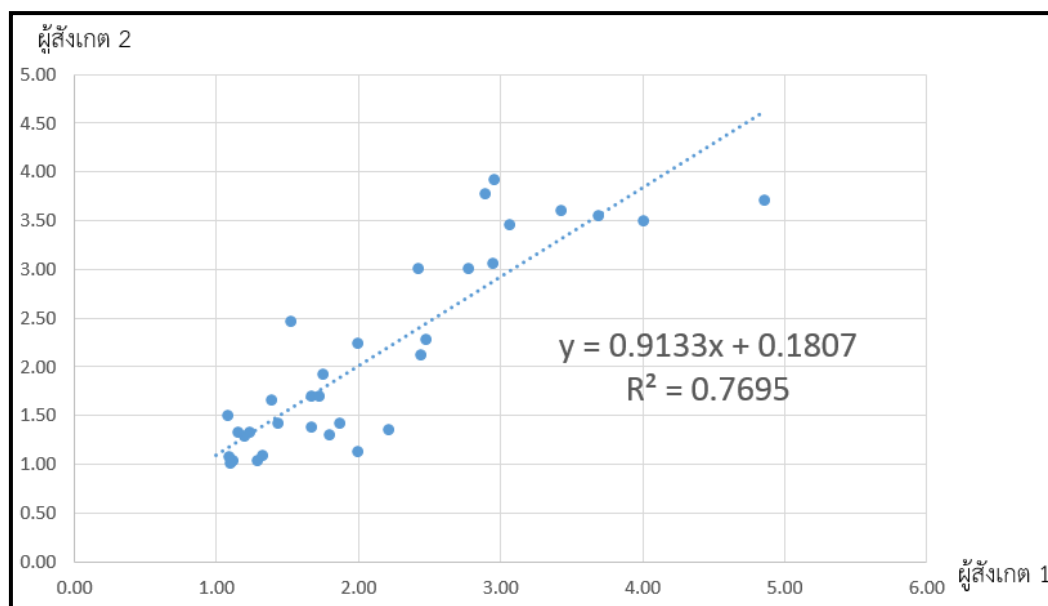
ภาพที่ 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลประเมินจากอัลกอริทึมและผลประเมินจากผู้สังเกต

ตารางที่ 10 ผลการประเมินและรายละเอียดการขับชี่

รอบ	เวลาการขับ (นาที: วินาที)	ผลประเมิน จากอังกอริ ทีม (คะแนน)	ผล ประเมิน จากผู้ สังเกต (คะแนน)	รอบ	เวลาการขับ (นาที: วินาที)	ผลประเมิน จากอังกอริ ทีม (คะแนน)	ผล ประเมิน จากผู้ สังเกต (คะแนน)
1	10:10	2.86	2.00	16	13:54	2.77	1.75
2	11:26	2.68	1.80	17	13:36	3.07	2.94
3	13:53	3.41	3.43	18	13:45	2.28	1.33
4	10:10	2.30	1.00	19	13:00	2.55	1.38
5	9:13	3.28	3.13	20	12:24	2.22	1.15
6	9:10	2.69	1.85	21	11:02	3.03	2.95
7	10:22	2.70	1.29	22	11:36	2.85	2.47
8	9:36	2.95	1.87	23	10:33	2.90	1.43
9	11:04	2.52	1.11	24	10:17	3.41	3.06
10	9:09	3.04	2.00	25	9:31	3.43	2.78
11	10:41	2.75	2.21	26	8:05	4.13	4.00
12	10:21	2.61	1.20	27	9:00	2.96	1.67
13	11:56	2.60	1.67	28	9:41	3.21	1.73
14	11:50	2.58	1.09	29	8:52	4.64	4.85
15	13:46	2.67	2.43	30	10:14	2.62	1.10

ภาพที่ 31 แสดงการกระจายตัวของผลการประเมินจากอังกอริทีมและผลประเมินจากผู้สังเกต จะเห็นได้ว่า แนวโน้มของผลการประเมินจากอังกอริทีมและผู้สังเกตมีความสอดคล้องกัน และผลประเมินความเสี่ยงการขับชี่ส่วนมากจากกลุ่มผู้ขับชี่มีค่า 1-3 คะแนน มีเพียงผลประเมินจากการขับ 2 รอบเท่านั้นที่มีความเสี่ยงมากกว่า 4 คะแนน

ตารางที่ 10 แสดงเวลาการขับและผลการประเมินของแต่ละรอบ จากข้อมูลในตารางจะสังเกตว่า รอบการขับที่มีผลประเมินน้อยที่สุด (สีเขียว) คือรอบการขับที่ 4 และ 10 ใช้เวลาประมาณ 10 และ 14 นาทีตามลำดับ และรอบการขับที่มีผลประเมินมากที่สุด (สีแดง) คือรอบการขับที่ 29 ใช้เวลาประมาณ 9 นาที ผลการประเมินจากอังกอริทีม 4.98 คะแนน ผลการประเมินจากผู้สังเกต 4.85 คะแนน



ภาพที่ 32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลประเมินจากผู้สังเกต 1 และผลประเมินจากผู้สังเกต 2

ตารางที่ 11 ผลการประเมินจากผู้สังเกตที่ 1 และ 2

รอบ	เวลาการ ขับ (นาที: วินาที)	ผลประเมิน จากผู้สังเกต 1 (คะแนน)	ผล ประเมิน จากผู้ สังเกต 2 (คะแนน)	รอบ	เวลาการ ขับ (นาที: วินาที)	ผลประเมิน จากผู้สังเกต 1 (คะแนน)	ผล ประเมิน จากผู้ สังเกต 2 (คะแนน)
1	10:10	2.00	2.25	16	13:54	1.75	1.92
2	11:26	1.80	1.30	17	13:36	2.94	3.06
3	13:53	3.43	3.61	18	13:45	1.33	1.10
4	10:10	1.00	-	19	13:00	1.38	1.67
5	9:13	3.13	-	20	12:24	1.15	1.33
6	9:10	1.85	-	21	11:02	2.95	3.92
7	10:22	1.29	1.04	22	11:36	2.47	2.29
8	9:36	1.87	1.42	23	10:33	1.43	1.43
9	11:04	1.11	1.05	24	10:17	3.06	3.46
10	9:09	2.00	1.13	25	9:31	2.78	1.69
11	10:41	2.21	1.35	26	8:05	4.00	3.71
12	10:21	1.11	1.29	27	9:00	1.67	1.00
13	11:56	1.67	1.70	28	9:41	1.73	3.00
14	11:50	1.09	1.07	29	8:52	4.85	3.56
15	13:46	2.43	2.13	30	10:14	1.10	1.00

ภาพที่ 32 แสดงการกระจายตัวของผลประเมินจากผู้สังเกต 1 และผลประเมินจากผู้สังเกต 2 จะสังเกตได้ว่าผู้สังเกตทั้งสองประเมินการขับชี่ได้สอดคล้องกันพอสมควร ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งการนั่งสังเกตมีผลต่อการประเมิน ทำให้ผลการประเมินระหว่างผู้สังเกตทั้งสองมีความแตกต่างกันบ้าง

ตารางที่ 11 แสดงผลการประเมินจากผู้สังเกต 1 และ 2 จะเห็นว่าโดยส่วนมากแล้วผลการประเมินจากผู้สังเกต 1 มากกว่าผลการประเมินจากผู้สังเกต 2 โดยผู้สังเกต 1 นั่งในตำแหน่งที่นั่งข้างคนขับ และผู้สังเกต 2 นั่งในตำแหน่งที่นั่งด้านหลังซึ่งตำแหน่งมีผลต่อการสังเกต หากลองพิจารณาการเบรกแล้ว ระยะห่างระหว่างคันที่ผู้ขับเลือกถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่คุณสังเกตใช้พิจารณา ผู้สังเกต 1 จะสามารถสังเกตระยะห่างและรับรู้ถึงความเสี่ยงได้มากกว่าผู้สังเกตที่ 2 จึงเป็นผลให้ผลประเมินจากผู้สังเกตที่ 1 มีมากกว่าผลประเมินจากผู้สังเกตที่ 2 และในการขับรอบที่ 4-6 ไม่มีผู้สังเกตที่ 2

ในบทถัดไปจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งต้องอาศัยทฤษฎีทางสถิติในการทดสอบสมมติฐาน รวมถึงแนวทางการพัฒนารูปแบบการประเมินเพื่อให้ได้รูปแบบการประเมินที่สามารถนำไปประเมินความเสี่ยงการขับชี่ได้จริง พร้อมทั้งการนำรูปแบบการประเมินดังกล่าวไปทดลองใช้กับข้อมูลอีกกลุ่มหนึ่ง

บทที่ 8 วิเคราะห์ผลการวิจัย

8.1 สมการประเมินความเสี่ยงการขับขี่

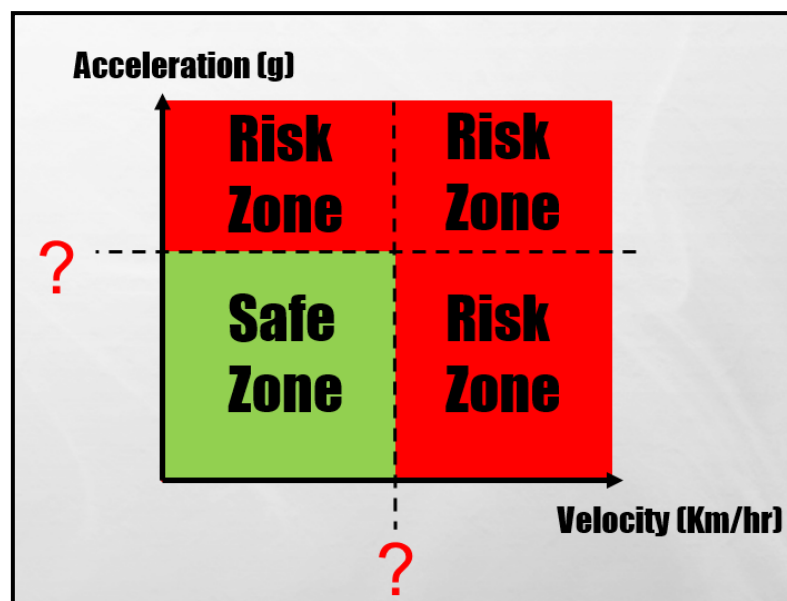
จากภาพที่ 31 ทำให้เห็นว่าผลการประเมินด้วยอัลกอริทึมมีความเป็นเส้นตรงและให้ผลสอดคล้องกับผลการประเมินจากผู้สังเกต โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{Observer score} = 1.6574RDS - 2.7583$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.8108$ และ $R = 0.90$ หมายความว่า ผลประเมินจากอัลกอริทึมและผลการประเมินจากผู้สังเกตมีความสอดคล้องกันอย่างมากและแปรตามกันเนื่องจากค่า R มีค่าใกล้เคียงหนึ่งมากและเครื่องหมายบวกแต่สมการที่ได้ยังไม่สามารถนำไปใช้ประเมินความเสี่ยงได้เนื่องจากลักษณะของสมการยังไม่ใกล้เคียงกับสมการที่ 35 ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงสมการใหม่

จากการนั่งสังเกตไฟลัวิตีโอบันที่การขับขี่พบว่า มีบางช่วงของการขับขี่ที่ถูกบังคับด้วยการจราจรซึ่งเป็นช่วงที่มีความเร็วและความเร่งไม่สูงมากนักหรืออาจตีความได้ว่าเป็นช่วงการขับขี่ที่มีความเสี่ยงน้อยมากจนไม่มีนัยสำคัญต่อการประเมินความเสี่ยงการขับขี่หรืออาจไม่มีความเสี่ยงก็เป็นได้ ดังนั้นผู้เชี่ยวชาญนิพนธ์จึงตั้งข้อสังเกตว่า การนำข้อมูลทุกจุดบนกราฟความเร็วและความเร่งมาคำนวณความเสี่ยงการขับขี่ไม่ใช่รูปแบบการประเมินความเสี่ยงที่สอดคล้องกับการประเมินจากผู้สังเกตมากที่สุด จำเป็นต้องมีการเลือกข้อมูลที่ค่อนข้างมีความเสี่ยงซึ่งอาจต้องใช้ความเร็วและความเร่งเป็นตัวกำหนดว่าข้อมูลจุดใดที่เหมาะสมจะนำมาใช้คำนวณในสมการที่ 34 หรืออธิบายอีกนัยหนึ่งว่า จะต้องมิตัดข้อมูลช่วงที่รถมีการเคลื่อนที่ที่มีความเสี่ยงน้อยมากๆ (Safe zone) และจะอาศัยเฉพาะข้อมูลช่วงที่รถมีการเคลื่อนที่ที่มีความเสี่ยง (Risk zone) ดังแสดงในรูปที่ 33 ดังนั้นผู้เชี่ยวชาญนิพนธ์จึงได้ทดลองกำหนดความเร็วและความเร่งหลายๆคู่เพื่อคัดกรองข้อมูลสำหรับประเมินการขับขี่ เงื่อนไขความเร็วและความเร่งที่กำหนดและลักษณะของผลการประเมินความเสี่ยงด้วยเงื่อนไขที่กำหนดกับผลประเมินจากผู้สังเกตแสดงดังตารางที่ 12 สามารถดูภาพแบบสมการของเงื่อนไขทั้งหมดได้ในภาคผนวก ข.

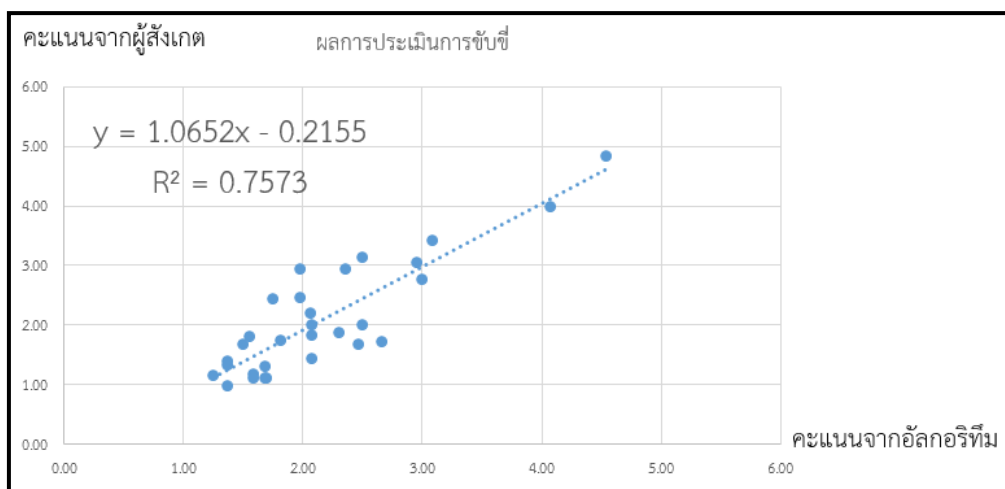
จากตารางที่ 12 พบว่าเงื่อนไขที่ 7 (แถวที่เน้นแถบสี) ที่นำเฉพาะจุดข้อมูลที่มีความเร็วตั้งแต่ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ มีความเร่งตั้งแต่ 0.1g ขึ้นไปมาคำนวณในสมการที่ 34 มีค่า และมีลักษณะของสมการคล้ายสมการที่ 35 มากที่สุดเนื่องจากสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร มีค่าใกล้เคียง 1 และ ค่าคงที่มีค่าใกล้เคียง 0 มากที่สุดเมื่อเทียบกับเงื่อนไขอื่นๆ ดังนั้นผู้เชี่ยวชาญนิพนธ์จึงเลือกเงื่อนไขที่ 7 เป็นเงื่อนไขปรับปรุงสำหรับภาพแบบการประเมินความเสี่ยงการขับขี่ ผลการประเมินการขับขี่ด้วยเงื่อนไขที่ 7 แสดงดังภาพที่ 34 และตารางที่ 13



ภาพที่ 33 หลักการสำหรับพัฒนาอัลกอริทึม

ตารางที่ 12 ลักษณะความสัมพันธ์และเงื่อนไขการปรับปรุงภาพแบบการประเมิน

เงื่อนไข	ความเร็ว (Km/Hr)	ความเร่ง (g)	R^2	R	สมการ
1	≥ 40	≥ 0.1	0.7383	0.8592	Observer score = 1.413RDS - 2.235
2	≥ 40	≥ 0.2	0.6776	0.8232	Observer score = 1.321RDS - 1.869
3	≥ 40	≥ 0.3	0.6540	0.8087	Observer score = 1.294RDS - 1.767
4	≥ 60	≥ 0.1	0.6992	0.8362	Observer score = 1.191RDS - 1.280
5	≥ 60	≥ 0.2	0.5830	0.7635	Observer score = 0.998RDS - 0.436
6	≥ 60	≥ 0.3	0.5703	0.7552	Observer score = 0.961RDS - 0.105
7	≥ 80	≥ 0.1	0.7573	0.8702	Observer score = 1.065RDS - 0.216
8	≥ 80	≥ 0.2	0.6343	0.7964	Observer score = 1.023RDS + 0.705
9	≥ 80	≥ 0.3	0.6419	0.8012	Observer score = 1.084RDS + 1.072



ภาพที่ 34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง

ผลประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 7 และผลประเมินจากผู้สังเกต

ภาพที่ 34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 7 และผลประเมินจากผู้สังเกต จากภาพจะเห็นว่า การกระจายตัวของผลคะแนนค่อนข้างเรียงตัวเป็นเส้นตรง

ตารางที่ 13 ผลการประเมินและรายละเอียดการขับขี่เงื่อนไขที่ 7

รอบ	เวลาการขับ (นาท.:วินาที)	ผลประเมิน จากอัลกอริทึม (คะแนน)	ผลประเมิน จากผู้สังเกต (คะแนน)	รอบ	เวลาการขับ (นาท.:วินาที)	ผลประเมิน จากอัลกอริทึม (คะแนน)	ผลประเมิน จากผู้สังเกต (คะแนน)
1	13:54	2.08	2.00	16	13:54	1.81	1.75
2	13:36	1.55	1.80	17	13:36	2.36	2.94
3	13:45	3.09	3.43	18	13:45	1.37	1.33
4	13:00	1.37	1.00	19	13:00	1.37	1.38
5	12:24	2.50	3.13	20	12:24	1.25	1.15
6	11:02	2.07	1.85	21	11:02	1.98	2.95
7	11:36	1.69	1.29	22	11:36	1.98	2.47
8	10:33	2.30	1.87	23	10:33	2.08	1.43
9	10:17	1.70	1.11	24	10:17	2.96	3.06
10	9:31	2.50	2.00	25	9:31	3.00	2.78
11	8:05	2.06	2.21	26	8:05	4.07	4.00
12	9:00	1.58	1.20	27	9:00	2.47	1.67
13	9:41	1.50	1.67	28	9:41	2.66	1.73
14	8:52	1.68	1.09	29	8:52	4.54	4.85
15	10:14	1.75	2.43	30	10:14	1.58	1.10

8.2 การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานในวิทยานิพนธ์กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% องศาเสรี 29 จากข้อมูล 30 ค่า สามารถดูการคำนวณเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ข.

สมมติให้ y คือผลประเมินจากผู้โดยสาร และ x คือผลการประเมินจากอัลกอริทึม

จากสมการเส้นตรง $y = x$

ตั้งสมมติฐานหลัก $H_o : \mu_m = 0$

และสมมติฐานรอง $H_a : \mu_m \neq 0$

ค่าทางสถิติ $t_{cal} = \frac{1-0}{0.0385} = 25.945$

ค่าวิกฤตที่เปิดจากตาราง t-test $t_{sig} = t_{(29,0.05)} = 2.045$

การพิจารณา หาก $t_{cal} > t_{sig}$ แล้วปฏิเสธ H_o หมายความว่า $m \neq 0$

รายละเอียดการวิเคราะห์ทั้งโมเดลแสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์สถิติ F

Source	Degree of Freedom	Sum Square	Mean Square	F_{cal}
Total	29	26.06		72.29
Regression	1	16.73	16.73	
Residual	28	6.48	0.2314	

ค่าวิกฤตที่เปิดจากตาราง F-test $F_{sig} = F_{(29,0.05)} = 4.196$

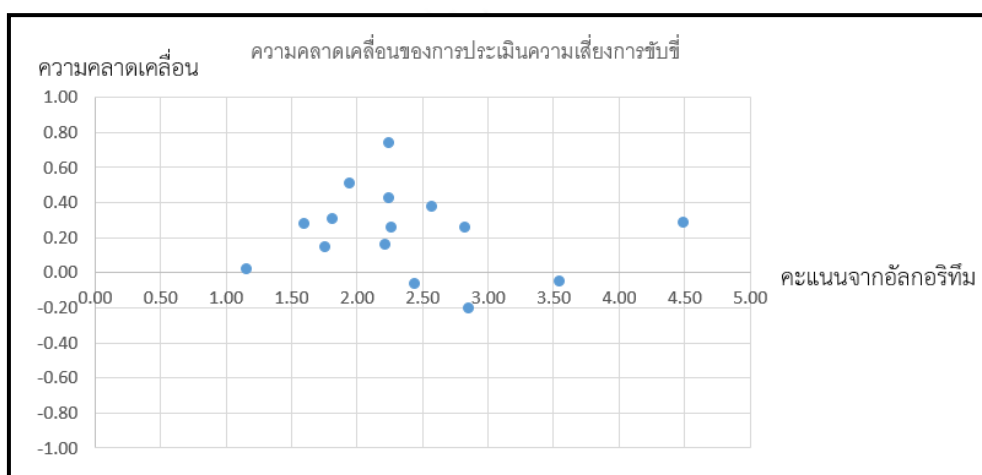
การพิจารณา หาก $F_{cal} > F_{sig}$ แล้วปฏิเสธ H_o หมายความว่า $m \neq 0$

จึงสรุปได้ว่าการตรวจสอบสมมติฐานทั้งสถิติ t-test และ สถิติ F-test สำหรับโมเดล

$y = 0.98x$ นั้น โมเดลดังกล่าวสามารถใช้เป็นสมการทำนายได้ โดยผู้เขียนวิทยานิพนธ์กำหนดให้ประมาณโมเดลเป็น $y = x$ เพื่อความสะดวกในการนำไปทำนายความเสี่ยง

8.3 การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อน

หลังจากได้ทดสอบสมมติฐานเรียบร้อยแล้ว ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ได้ทดลองประเมินความเสี่ยงการซ้ำชีเพิ่มเติมและได้เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างผลประเมินความเสี่ยงการซ้ำชีจากอัลกอริทึมกับผลประเมินความเสี่ยงการซ้ำชีจากผู้สังเกต ผลการเปรียบเทียบแสดงดังภาพที่ 35 และตารางที่ 15



ภาพที่ 35 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนของการประเมินความเสี่ยงการซ้ำชี

ตารางที่ 15 ผลการประเมินเพื่อตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน

รอบที่	ผลประเมินจากอัลกอริทึม	ผลประเมินจากผู้สังเกต	ค่าความคลาดเคลื่อน
1	2.21	2.05	0.16
2	2.44	2.50	-0.06
3	2.24	1.50	0.74
4	2.24	1.81	0.43
5	1.94	1.43	0.51
6	2.26	2.00	0.26
7	1.59	1.31	0.28
8	1.75	1.60	0.15
9	2.57	2.19	0.38
10	2.82	2.56	0.26
11	3.54	3.59	-0.05
12	4.49	4.20	0.29
13	1.81	1.50	0.31

รอบที่	ผลประเมินจาก อัลกอริทึม	ผลประเมินจาก ผู้สังเกต	ค่าความคลาดเคลื่อน
14	1.15	1.13	0.02
15	2.85	3.05	-0.20

การนำโมเดลที่ผ่านการทดสอบสมมติฐานแล้วไปประเมินแล้วดูแนวโน้มความคลาดเคลื่อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับค่านิยมในการทดสอบ โดยสมการทำนายที่ดีจะต้องทำนายโดยค่าความคลาดเคลื่อนอย่างอิสระ(Random error) จากภาพที่ 35 จะสังเกตได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างผลประเมินความเสี่ยงการขับขี่จากอัลกอริทึมกับผลประเมินความเสี่ยงการขับขี่จากผู้สังเกตมีทั้งค่าบวกและลบ อีกทั้งความคลาดเคลื่อนนั้นไม่ขึ้นกับผลประเมินความเสี่ยงการขับขี่จากอัลกอริทึม จากตารางที่ 15 จะพบว่าการประเมินความเสี่ยงการขับขี่มีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 0.74 คะแนน จึงสรุปได้ว่า รูปแบบการประเมินความเสี่ยงการขับขี่โดยพิจารณาความเสี่ยงการขับขี่จากความเร็วและความเร่งเทียบกับระยะทาง โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาที่รถมีความเร็วตั้งแต่ 80 Km/hr หรือ มีความเร่งตั้งแต่ 0.1g สามารถใช้ประเมินการขับขี่ซึ่งให้ผลความคลาดเคลื่อนอย่างอิสระ

จากการวิเคราะห์การวิจัยทำให้ได้ผลการวิเคราะห์เป็นไปตามที่คาดไว้ รูปแบบการประเมินความเสี่ยงการขับขี่โดยพิจารณาจากปัจจัยความเร็วและความเร่งสามารถใช้ประเมินการขับขี่ได้ ในบทถัดไปจะเป็นการสรุปการวิจัยทั้งหมดเพื่อให้เห็นภาพรวมทั้งหมดของการวิจัย

บทที่ 9 สรุปการวิจัยและวิจารณ์การวิจัย

งานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดประสงค์ คือ การสร้างรูปแบบการประเมินการขับขี่โดยพิจารณาปัจจัยความเร็วและความเร่ง โดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูลการขับขี่ที่รับสัญญาณดาวเทียมเป็นอุปกรณ์หลัก ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ได้ทดลองประเมินการขับขี่และปรับปรุงรูปแบบการประเมินในช่วงของการทดลองเบื้องต้น ก่อนจะเก็บข้อมูลวิจัยอีกครั้งในปริมาณข้อมูลที่มากขึ้น บนเส้นทาง และเวลาที่อยู่ในแผนการทดลอง หลังจากที่ได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในเส้นทางเดียวกัน แล้วนำผลการขับขี่มาประเมินด้วยอัลกอริทึมเปรียบเทียบกับผลการประเมินจากผู้สังเกต ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการประเมินการขับขี่ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ประเมินการขับขี่ได้ เนื่องจากผลการประเมินการขับขี่ด้วยอัลกอริทึมและผลการประเมินการขับขี่จากผู้สังเกตมีความสัมพันธ์กันในเชิง ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลการประเมินทั้งสองมีค่า $r=0.89$ อีกทั้งยังได้ทำการสอบทวนตามวิธีทางสถิติศาสตร์ที่ความมั่นใจ 95 % ทั้งนี้ได้ทำการหาข้อบกพร่องของการวิจัยและเสนอแนะไว้ด้วย

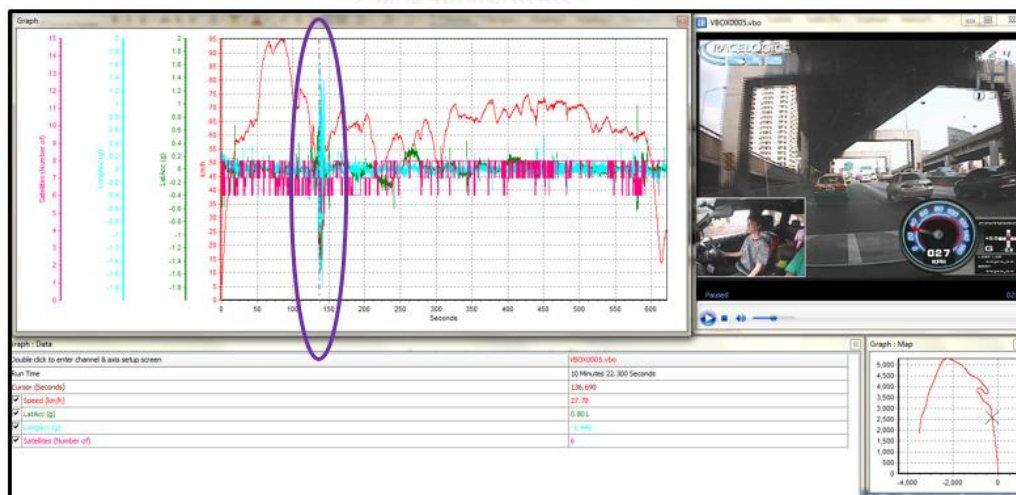
จากการค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับการเฝ้าระวังการขับขี่ ยังไม่พบวิธีที่เป็นมาตรฐานเนื่องจากการแก้ปัญหาขับขี่จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยให้ครอบคลุมถึงแม้ว่าปัจจัยจากผู้ขับขี่จะเป็นปัจจัยสำคัญก็ตาม แต่ในความเป็นจริงแล้ว บางครั้งอุบัติเหตุไม่ได้เกิดขึ้นจากความผิดพลาดของผู้ขับ แต่เกิดจากปัจจัยอื่นแทน อย่างไรก็ตามการเฝ้าระวังการขับขี่ก็เป็นอีกช่องทางหนึ่งในการลดจำนวนอุบัติเหตุ วิธีการวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้เป็น การสร้างภาพแบบการประเมินการขับขี่ด้วยอัลกอริทึมโดยใช้ข้อมูลสัญญาณดาวเทียม ในบทนี้จะทำการวิจารณ์การวิจัยถึงข้อบกพร่องและเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลการขับขี่ นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีราคาไม่สูงนักเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ เช่น เครื่องวัดความเร็ว เครื่องวัดอัตราหมุนของรถ เป็นต้น อีกทั้งยังมีความแม่นยำในการเก็บข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ ความถูกต้องของสัญญาณดาวเทียมนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนดาวเทียมที่เสารับสัญญาณสามารถตรวจจับได้ บ่อยครั้งที่สัญญาณถูกรบกวนขณะที่ขับรถผ่านบริเวณที่มีตึกสูงหรือสะพานที่สามารถรบกวนสัญญาณ ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนซึ่งอาจนำไปสู่ผลการประเมินการขับขี่ที่คลาดเคลื่อนก็เป็นได้ ถึงแม้ว่าเส้นทางที่เลือกวิจัยเป็นเส้นทางพิเศษที่ไม่ค่อยมีตึกหรือสะพานบังสัญญาณก็ตาม ผู้วิจัยได้ลองเปิดดูข้อมูลจากสัญญาณดาวเทียมแสดงดังภาพที่ 36 ตัวอย่างข้อมูลสัญญาณดาวเทียมที่มีความผิดพลาด พบว่ายังมีข้อมูลบางช่วงที่มีความคลาดเคลื่อนสังเกตได้จากความไม่ต่อเนื่องของข้อมูล และหลังจากได้เปิดไฟล์วิดีโอในช่วงเวลาดังกล่าวก็ทำให้ทราบถึงสาเหตุความคลาดเคลื่อนของข้อมูล เช่น ป้ายบอกทางจราจรบนทางพิเศษสามารถรบกวนการรับ-ส่งสัญญาณได้เช่นกัน

รูปแบบการประเมินความเสี่ยงการขับขี่ที่ผ่านการวิเคราะห์ทางสถิติแล้วสามารถนำไปใช้ทำนายความเสี่ยงการขับขี่ได้ทันทีสำหรับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่มีความถี่ในการรับข้อมูล 10 เฮิร์ต สำหรับงานวิจัยที่ต้องการรูปแบบการประเมินไปใช้จะต้องดูความเหมาะสมของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเสียก่อนว่ามีความถี่เป็นเช่นไร หากมีค่าไม่เท่ากับ 10 เฮิร์ตจำเป็นต้องมีการปรับลักษณะของความสัมพันธ์ของสมการที่ 35 อาจจะมีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์เพื่อปรับให้รูปแบบการประเมินความเสี่ยงสามารถใช้ได้กับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมความถี่อื่นๆ

เนื่องจากข้อบังคับของการใช้เครื่องมือที่จำเป็นต้องเลือกเส้นทางที่ไม่มีสิ่งกีดขวางรบกวนการรับส่งสัญญาณดาวเทียม เส้นทางที่เลือกใช้จึงเป็นเส้นทางพิเศษในกรุงเทพมหานคร ซึ่งผู้ขับแต่ละคนมีความคุ้นเคยกับเส้นทางดังกล่าวแตกต่างกัน อาจทำให้ความมั่นใจในการขับขี่ของผู้ขับแต่ละคนน้อย หากเปรียบเทียบกับเส้นทางที่ผู้ขับคุ้นเคยถึงแม้ว่าผู้ขับจะได้ขับในเส้นทางเดิมถึง 3 ครั้งก็ตาม แต่การขับในเส้นทางที่ไม่คุ้นชินก็เป็นผลให้ข้อมูลการขับขี่ที่ได้ไม่ใช่ข้อมูลที่แสดงลักษณะการขับขี่จริงของผู้ขับ

อีกปัจจัยหนึ่งที่งานวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงก็คือความคุ้นเคยระหว่างคนขับกับรถกระบะ ถึงแม้ว่าผู้ขับ 1 คนจะได้ขับรถกระบะ 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 11 กิโลเมตรก็ตาม แต่เนื่องจากรถกระบะไม่ใช่รถของผู้ขับ ผู้ขับอาจเกิดความไม่คุ้นชินซึ่งมีผลต่อลักษณะการขับขี่ที่ผิดไปจากการขับขี่โดยรถส่วนตัว ทำให้ไม่ได้ข้อมูลการวิจัยที่ดีเท่าที่ควร ผู้วิจัยมีความคิดว่าหากสามารถนำอุปกรณ์ไปติดตั้งกับรถของผู้ขับแล้วให้ผู้ขับขับในเส้นทางที่เลือก จะทำให้ได้ข้อมูลที่ดียิ่งขึ้น



ภาพที่ 36 ตัวอย่างข้อมูลสัญญาณดาวเทียมที่มีความผิดพลาด

ภาพที่ 36 ตัวอย่างข้อมูลสัญญาณดาวเทียมที่มีความผิดพลาดแสดงวิดีโอบันทึกการขับขี่ในขณะที่รถเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางการรับส่งสัญญาณ จากภาพในวงกลมสีม่วง จะสังเกตเห็นว่าข้อมูลดังกล่าวมีความผิดพลาดสูงเนื่องจากความเร่งในแนวแกนหน้ารถ(กราฟเส้นสีฟ้า) มีค่าสูงเกิน

ความจริงและมีความแปรปรวนมากขณะเคลื่อนที่ลอดใต้สะพาน ซึ่งในความเป็นจริงตัวรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่สูงนักและไม่ได้ขับอย่างเร่งรีบมาก

อีกปัจจัยหนึ่งที่งานวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงก็คือความคั่นเคาะระหว่างคนขับกับรถกระบะ ถึงแม้ว่าผู้ขับ 1 คนจะได้ขับรถกระบะ 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 11 กิโลเมตรก็ตาม แต่เนื่องจากรถกระบะไม่ใช่รถของผู้ขับ ผู้ขับอาจเกิดความไม่คุ้นชินซึ่งมีผลต่อลักษณะการขับขี่ที่ผิดไปจากการขับขี่โดยรถส่วนตัว ทำให้ไม่ได้ข้อมูลการวิจัยที่ดีเท่าที่ควร ผู้วิจัยมีความคิดว่าหากสามารถนำอุปกรณ์ไปติดตั้งกับรถของผู้ขับแล้วให้ผู้ขับขับในเส้นทางที่เลือก จะทำให้ได้ข้อมูลที่ดียิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างภาพแบบการประเมินการขับขี่โดยอาศัยความเร็วและความเร่ง พร้อมสอบเทียบด้วย ผลการประเมินจากผู้สังเกตที่คอยสังเกตการขับอยู่ระหว่างการขับ ทั้งนี้แล้วความถูกต้องของผู้สังเกตกับลักษณะการขับขี่อาจมีความผิดพลาดเนื่องจากผู้สังเกตแต่ละคนมีทักษะการสังเกตและการประเมินไม่เท่ากัน ปัจจัยนี้สามารถลดได้ด้วยการเพิ่มจำนวนผู้สังเกตให้มากขึ้น เนื่องจากงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้มีข้อจำกัดในด้านจำนวนผู้สังเกตที่ถูกจำกัดด้วยรถกระบะซึ่งสามารถรองรับผู้โดยสารเพียง 4 คน จึงทำให้มีที่ว่างสำหรับผู้สังเกตเพียง 2 คนเท่านั้น ผู้วิจัยแนะนำให้ใช้รถตู้ในการเก็บข้อมูลเนื่องจากมีที่นั่งมากพอสำหรับผู้สังเกตและอุปกรณ์ ตำแหน่งของการผู้สังเกตบนรถก็มีผลต่อการประเมินเช่นกัน ดังที่ได้แสดงผลการประเมินจากผู้สังเกต 1 และ 2 ไว้ในบทที่ 8 ผู้สังเกตที่นั่งข้างผู้ขับจะสามารถสังเกตระยะห่างระหว่างคันได้มากกว่าซึ่งมีผลต่อการประเมินความเสี่ยงการชนที่มากกว่าผู้สังเกตที่นั่งด้านหลัง

จากบทที่ 8 เวลาการขับแต่ละรอบนั้นไม่แตกต่างกันมากถึงแม้ว่าเงื่อนไขการขับขี่จะแตกต่างกัน โดยปกติหากขับด้วยเงื่อนไขที่เร่งรีบจะใช้เวลาน้อย และหากขับด้วยเงื่อนไขที่ปลอดภัยจะใช้เวลามากกว่า แต่เนื่องจากระยะทางของการขับแต่ละรอบนั้นประมาณ 11 กิโลเมตร ดังนั้นแล้วเวลาในการขับแต่ละรอบจึงไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้แล้วการขับเงื่อนไขเร่งรีบบางรอบถูกจำกัดความเร็วด้วยการจราจร ทำให้ไม่สามารถขับด้วยเงื่อนไขตลอดเส้นทาง

รายการอ้างอิง

- [1] Taylor, M. C., Lynam, D. A., & Baruya, A. (2000). The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents (D. o. E. Road Safety Division, Transport and the Regions, Trans.): TRANSPORT RESEARCH LABORATORY [2] Global status report on road safety: time for action (V. I. P. D. (VIP), Trans.). (2009): World Health Organization.
- [2] Global status report on road safety: supporting a decade of action. (2009): World Health Organization.
- [3] Global status report on road safety: supporting a decade of action. (2013): World Health Organization.
- [4] Eidehall, A. (2004). An Automotive Lane Guidance System. Linkopings. (1122)
- [5] Kowalski K, Tuokko H. On-road driving assessment of older adults: a review of the literature. Victoria, BC: Justice Institute of British Columbia; 2007. Available from: www.coag.uvic.ca/resources/publications/reports/On-RoadDrivingOlderAdults%20_LiteratureReview.pdf. Accessed 2011 Jul 29.
- [6] Odenheimer, G. L., Beaudet, M., Jette, A. M., Albert, M. S., Grande, L., & Minaker, K. L. (1994). Performance-Based Driving Evaluation of the Elderly Driver: Safety, Reliability, and Validity. *Journal of Gerontology*, 49(MEDICAL SCIENCES), M153–159.
- [7] Lee, H. C., Cameron, D., & Lee, A. H. (2003). Assessing the driving performance of older adult drivers: on-road versus simulated driving. *Accident Analysis and Prevention* 35, 797-803.
- [8] Lee, H. C., Lee, A. H., Cameron, D., & Li-Tsang, C. (2003). Using a driving simulator to identify older drivers at inflated risk of motor vehicle crashes. *Journal of Safety Research* 34, 453-459. doi: 10.1016/j.jsr.2003.09.007
- [9] Mallon, K., & Wood, J. M. (2004). Occupational therapy assessment of open-road driving performance: Validity of directed and self-directed navigational instructional components *The American Journal of Occupational Therapy*, 58, 279-286.
- [10] Moghaddam, A. M., & Ayati, E. (2014). Introducing a risk estimation index for drivers: A case of Iran. *Safety Science* 62, 90-97. doi: 10.1016/j.ssci.2013.08.004

- [11] Saiprasert, C., & Pattara-Atikom, W. (2012). Computation of Driver Safety Rating using In-Vehicle Data Recorder: Case Study of Bangkok Public Transportation. Paper presented at the 2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Anchorage, Alaska, USA.
- [12] Oh, C., Jeong, E., Kang, K., & Kang, Y. (2013). Hazardous Driving Event Detection and Analysis System in Vehicular Networks (HEAVEN): Methodology and Field Implementation Journal of the Transportation Research Board, 1-18.
- [13] Han, I., & YANG, K. S. (2009). CHARACTERISTIC ANALYSIS FOR COGNITION OF DANGEROUS DRIVING USING AUTOMOBILE BLACK BOXES. International Journal of Automotive Technology, 10(5), 597-605. doi: 10.1007/s12239-009-0070-9
- [14] Miyajima, C., Ukai, H., Naito, A., Amata, H., Kitaoka, N., & Takeda, K. (2011). DRIVER RISK EVALUATION BASED ON ACCELERATION, DECELERATION, AND STEERING BEHAVIOR. 2011 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 1829-1832. doi: 10.1109/ICASSP.2011.5946860
- [15] Toledo, T., & Lotan, T. (2006). In-Vehicle Data Recorder for Evaluation of Driving Behavior and Safety. Journal of the Transportation Research Board, 1953(1), 112-119. doi: 10.3141/1953-13
- [16] latitude longitude GPS global greenish Nord. Google. Available from: http://www.thermexcel.com/french/ressourc/calcul_bilan_thermique.htm Accessed 2014 May 7.
- [17] Axis in body frame car world frame RPY angle. Google. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Axes_conventions. Accessed 2014 Jan 25.
- [18] คณาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2544). ความน่าจะเป็นและสถิติ. (พิมพ์ครั้งที่ 9) กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัดพิทักษ์การพิมพ์
- [19] ปราโมทย์ เดชะอำไพ และ นิพนธ์ วรรณโสภากย์. (2553). ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพมหานคร: ทศนิยมี ฌิวขำ
- [20] Risk Assessment Matrix. Google. Available from: <http://ruchareka.wordpress.com/2012/03/07/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%84/>/. Accessed 2014 May 12.

- [21] Klauer, S. G., Dingus, T. A., Neale, V. L., Sudweeks, J. D., & Ramsey, D. J. (2009). Comparing Real-World Behaviors of Drivers With High versus Low Rates of Crashes and Near-Crashes (pp. 204). National Technical Information Service, Springfield, Virginia 22161: National Highway Traffic Safety Administration.
- [22] ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย (TARC), ศ. (2551). โครงการการวิจัยการใช้ความเร็วเพื่อการขับขี่ที่ปลอดภัย (pp. 195).
- [23] Vagverket. (2009). The Swedish Road Administration 2008. Retrieved from http://publikationswebbutik.vv.se/upload/4783/2009_33_the_swedish_road_administration_2008.pdf.
- [24] VideoVBOX Pro. Google. Available from: <http://www.vboxmotorsport.co.uk/index.php/en/products/video-loggers/video-vbox-pro>. Accessed 2014 May 7.
- [25] ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย (TARC) , ศ. (2555). รายงานฉบับย่อสำหรับผู้บริหาร โครงการศึกษาอันตรายข้างทาง เพื่อยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ทาง.
- [26] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, ส. ความเร็วรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักในกรุงเทพมหานคร ปี2552-2556 Google. Available from: http://www.otp.go.th/th/pdf/Statistic/information/travel/2_1_mainroad.pdf. Accessed 2014 Jan 25.
- [27] VideoVBOX Pro Manual. Google. Available from: http://www.racelogic.co.uk/_downloads/vbox/Manuals/Data_Loggers/RLVBVD_Hardware_Manual.pdf. Accessed 2014 May 7.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

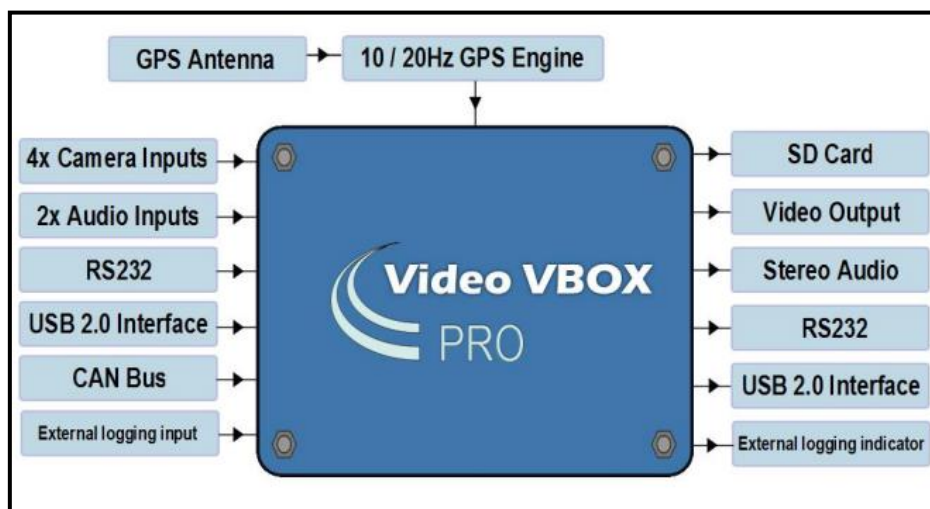


ภาคผนวก ก.

รายละเอียดเครื่องบันทึกข้อมูลการขับขี่ VideoVBOX

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

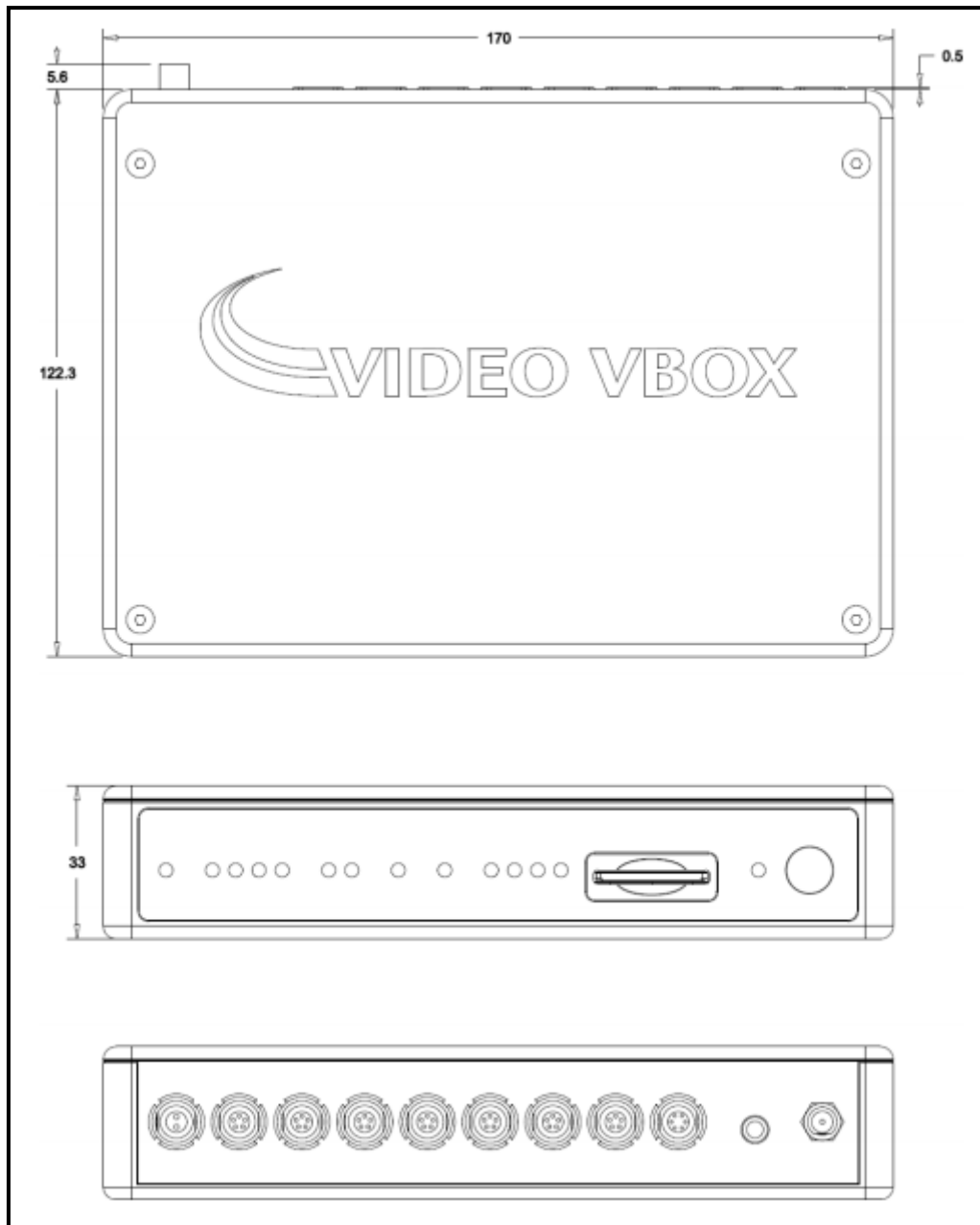
ก รายละเอียดเครื่องบันทึกข้อมูลการขับขี่.VideoVBOX



ภาพที่ 37 แผนภาพ Input และ Output ของ VideoVBOX [24]

ตารางที่ 16 รายละเอียด Input และ Output ของ VideoVBOX

Inputs	Outputs
4x Camera Inputs Integrated 12v power. Picture-in-picture automatically selected when additional camera is detected.	SD Card 4Gb card supplied with device
2x Audio Inputs	Video Output
RS232 Custom streams can be accommodated (send enquiries to support@racelogic.co.uk)	Stereo Audio
USB Video streaming for camera set-up & preview. SD card reading and setting parameters via a PC	RS232
CAN Bus Allows user to log vehicle CAN data: 8 Channels. Upgradeable to 32 CAN Channels.	USB 2.0 Interface Video streaming for camera set-up & preview. SD card reading and setting parameters via a PC
External Logging Input	External Logging Indicator



ภาพที่ 38 ขนาดของเครื่องบันทึกข้อมูลการขับขี่ VideoVBOX [24]

GPS Specifications

10Hz system (All data recorded at 10Hz)

Velocity		Distance	
Accuracy	0.2 Km/h (averaged) over 4 samples	Accuracy	0.05 % (<50cm per Km)
Units	Km/h or Mph	Units	Metres / Feet
Update rate	10 Hz	Resolution	1 cm
Maximum velocity	1600 km/h		
Minimum velocity	0.1 Km/h		
Resolution	0.01 Km/h		
Latency	<160ms		

Position		Acceleration	
2D Position	±5m 95% CEP *	Accuracy	1 %
Height	10 Metres 95% CEP *	Maximum	4 G
		Resolution	0.01 G
Heading		Lap Time(OLED/ Circuit Tools)	
Resolution	0.01°	Resolution	0.01 s
Accuracy	0.2°	Accuracy	0.01 s **

Definitions

* CEP = Circle of Error Probable - 95% CEP means 95% of the time the position readings will fall within a circle of the stated radius

** Not using DGPS and crossing the start/finish line at 100km/h



ภาคผนวก ข.

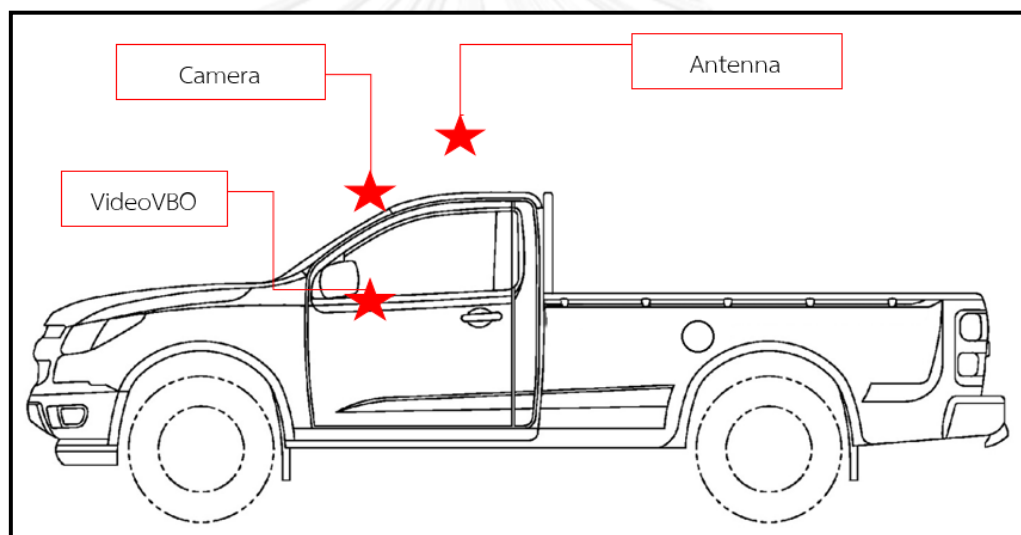
การติดตั้งเครื่องบันทึกข้อมูลการขับขี่ VideoVBOX

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข. การติดตั้งเครื่องบันทึกข้อมูลการขับขี่ VideoVBOX

ในงานวิจัยต่างๆ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์นั้นมีความสำคัญทั้งในด้านของความถูกต้องและจำนวนของข้อมูลที่เป็นต่อขอบเขตของงานวิจัย สำหรับงานวิจัยทางสายยานยนต์ ข้อมูลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ความเร็ว ความเร่ง อัตราหมุนของรถ และ วิดีโอบันทึกการขับขี่ ถือว่าเป็นข้อมูลที่จำเป็นต้องเก็บในช่วงเวลาของการขับขี่ หรือ ช่วงเวลาที่สนใจ เช่น ช่วงเวลาเลี้ยงโค้ง เป็นต้น ซึ่งข้อมูลที่ได้กล่าวไปในข้างต้นนั้นได้มาจากการติดอุปกรณ์เสริมเข้าไปกับรถยนต์ เช่น Drive recorder Accelerometer Gyrometer เป็นต้น การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆจำเป็นต้องคำนึงถึงความถูกต้องของการติดตั้งและความสะดวกต่อการใช้ซึ่งต้องไม่รบกวนการขับขี่

สำหรับการติดตั้งเครื่องบันทึกข้อมูลการขับขี่เข้ากับรถยนต์ในงานวิจัย ตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ แสดงดังภาพที่ 39



ภาพที่ 39 ภาพรวมของการติดตั้งอุปกรณ์เสริมเข้ากับรถกระบะ

ขั้นตอนการติดตั้งและใช้งาน

1. ยึดเสารับสัญญาณบริเวณ กึ่งกลางของหลังคารถ



ภาพที่ 40 การยึดเสารับสัญญาณ [27]

2. ต่อสายเสารับสัญญาณกับเครื่องบันทึกข้อมูลการขับขี่ ในช่อง GPS



ภาพที่ 41 การต่อสายเสารับสัญญาณ [27]

3. ต่อสายไฟเลี้ยง จากช่อง PWR ไปสู่ที่จุดบุหรี่ และ รอ 35 วินาที เครื่องจะเริ่มทำงาน



ภาพที่ 42 การต่อสายไฟเลี้ยงกับเครื่องเก็บข้อมูลการขับขี่ [27]

4. ยึดที่ติดสัญญาณอากาศกับกระจก แล้วประกอบกล่องเข้ากับที่ติด โดยสังเกตสัญลักษณ์บนตัวกล่อง ปรับระดับและมุมกล้องตามต้องการ



ภาพที่ 43 การยึดกล้องกับกระจกด้วยที่ติดสัญญาณอากาศ [27]

5. ต่อสายจากกล่องเข้าเครื่องบันทึกการขับขี่ของ CAM1-4 (CAM1 กล้องหลัก)



ภาพที่ 44 การต่อสายกล้องกับเครื่องบันทึกการขับขี่ [27]

6. ขับรถไปยังบริเวณนอกอาคารเพื่อให้เสารับสัญญาณตรวจจับสัญญาณ และรอจนไฟสถานะ GPS บนเครื่องบันทึกการขับขี่ แสดงสีเขียว

7. ใส่ SD card เครื่องจะทำการบันทึกข้อมูลอัตโนมัติเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว มากกว่า 2.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

หมายเหตุ

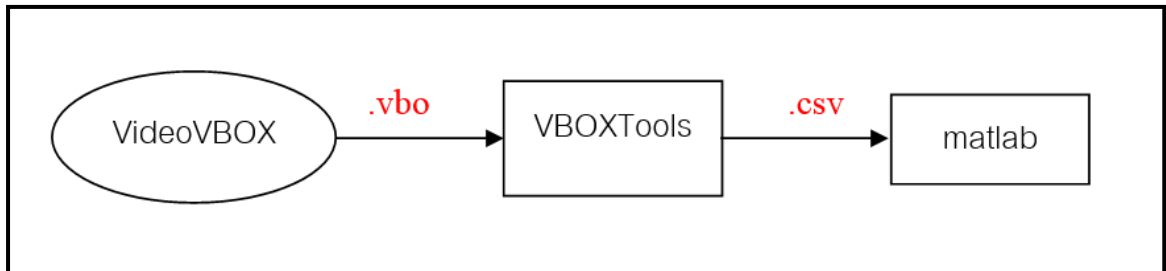
ไฟแสดงสถานะการบันทึก REC จะแสดงสีในขณะบันทึกข้อมูล และจะกระพริบเมื่อหยุดการบันทึกข้อมูล ห้ามดึงแผ่น SD card ในขณะที่กำลังบันทึกข้อมูล ใ้กดปุ่มหยุดการบันทึกก่อนแล้วจึงดึงแผ่น SD card ไม่เช่นนั้นข้อมูลอาจเสียหายได้

ภาคผนวก ค.
ขั้นตอนการแปลงข้อมูลจากเครื่องบันทึกเป็นข้อมูลที่สามารถใช้วิเคราะห์ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค. ขั้นตอนการนำข้อมูลดิบจากเครื่องบันทึกข้อมูลการขับขี่มาสู่ข้อมูลที่สามารถใช้วิเคราะห์ได้

สำหรับอุปกรณ์ที่งานวิจัยเลือกใช้คือ เครื่องบันทึกการขับขี่ VideoVBOX ซึ่งต้องใช้โปรแกรม VBOXTools ในการแปลงข้อมูลให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง โดยแผนผังของข้อมูลแสดงดังภาพที่ 45



ภาพที่ 45 แผนผังลำดับการแปลงชนิดไฟล์ข้อมูลการขับขี่

ขั้นที่ 1 แปลงข้อมูลดิบเป็นข้อมูลที่ใช้ประเมิน

1.1 เปิดโปรแกรม VBOXTools แล้วให้กด File > Load > เลือกไฟล์ .vbo ที่ต้องการวิเคราะห์

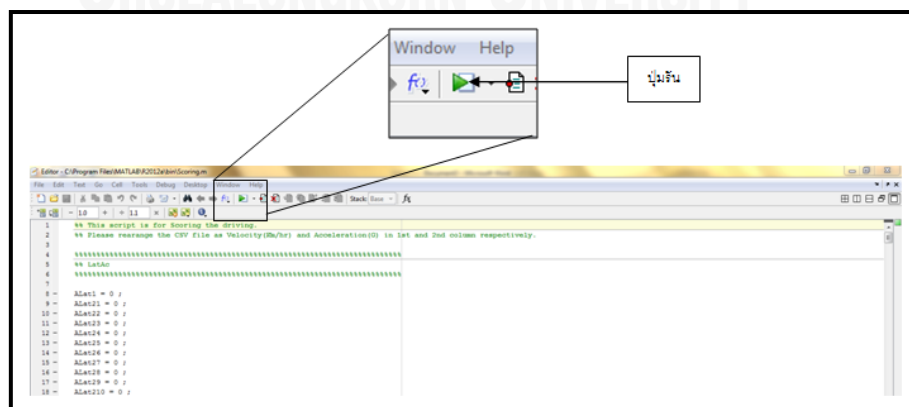
1.2 กด File > Save as > เลือก Tab Calculated > เลือก (x,y) in metres , Longitudinal g และ Lateral g > Save > เลือกพื้นที่ที่ต้องการ save (Save in)> ตั้งชื่อไฟล์ (File name)> เลือกชนิดไฟล์เป็น .csv (Save as type)

ขั้นที่ 2 ประเมินข้อมูลการขับขี่

2.1 เปิดโปรแกรม matlab แล้วกด File > Import Data > เลือกไฟล์จากขั้นที่ 1

2.2 เปิด script ที่ชื่อว่า Scoring.m สามารถดูรายละเอียดได้ใน ภาคผนวก ง.

2.3 กดปุ่ม Run (สามเหลี่ยมสีเขียว) แสดงดังภาพที่ 46 หลังจากนั้นกลับมาอ่านผลการประเมิน ที่ Command Window แสดงภาพที่ 47 โดย sALont หมายถึง ผลการประเมินการขับขี่ในแนวแกนหน้ารถ sALatt หมายถึง ผลการประเมินการขับขี่ในแนวแกนข้างรถ



ภาพที่ 46 หน้าต่างแสดงตำแหน่งปุ่มรันสคริปเพื่อประเมินการขับขี่

The screenshot displays the MATLAB R2012a environment. At the top, the 'Import' wizard is active, showing a table of data with columns A through L. The 'Current Folder' on the left shows a file named 'testbed.csv'. The 'Command Window' at the bottom center contains the following code:

```
>> data = untabled ;  
>> Scoring
```

The 'Workspace' on the right lists variables: 'data' (untabled), 'Scoring' (untabled), 'class' (untabled), 'Scoring' (untabled), 'data' (untabled), 'Scoring' (untabled), 'data' (untabled), 'Scoring' (untabled), 'k' (11/22/2018 11:19 AM --k), 'k' (11/24/2018 9:11 AM --k), 'data' (untabled), and 'Scoring' (untabled). A red box highlights the 'Current Folder' area, a blue box highlights the 'Command Window', and an orange box highlights the 'Workspace'. A green box labeled 'Import' points to the 'Import' button in the wizard.

ภาพที่ 47 ตำแหน่งหน้าต่างสำหรับประเมินการซับซ้อนโดยอัลกอริทึมใน matlab



ภาคผนวก ง.
Scoring Script

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ง.Scoring Script

โค้ดในอัลกอริทึมประเมินการขับขีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

```
%% Copy data from untitled (Imported VDOVBOX file type .csv )
```

```
%% Cut off error data (No. satellite < 6)
```

```
i = 36 ;
```

```
while i <= size(untitled,1)
```

```
if untitled(i,1) < 6
```

```
    untitled(i,:) = [] ;
```

```
    i = i ;
```

```
else
```

```
    i = i + 1 ;
```

```
end
```

```
end
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%% Distance
```

```
distance = [] ;
```

```
for i = 1:1:size(untitled,1)-1
```

```
    dx = abs(untitled(i,11)-untitled(i+1,11)) ;
```

```
    dy = abs(untitled(i,12)-untitled(i+1,12)) ;
```

```
    ddistance = sqrt((dx*dx)+(dy*dy)) ;
```

```
    distance = [distance ; ddistance] ;
```

```
end
```

```
distancet = sum(distance) ;
```

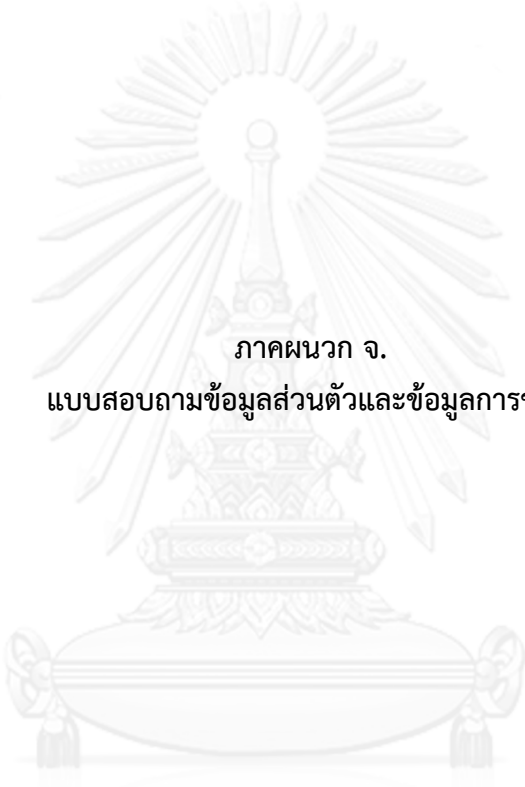
```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%% Calculating part
```

```
rawdata = [] ;
```

```
rawdata = [untitled( :,5) , untitled( :,10) , untitled( :,9)] ;
```


ภาคผนวก จ.
แบบสอบถามข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลการขับขี่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จ.แบบสอบถามข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลการขับขี่

แบบสอบถามข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลการขับขี่

กรุณาตอบแบบสอบถามและทำเครื่องหมายในช่องว่าง


MART MOBILITY
RESEARCH CENTER
FACULTY OF ENGINEERING, CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ข้อมูลส่วนตัว

เพศ : ชาย หญิง อายุ: _____ ปี

ระดับการศึกษาสูงสุด : ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ปริญญาตรี หรือ สูงกว่า อื่นๆ

อาชีพ : _____ ใบขับขี่: มี ไม่มี

2. ข้อมูลด้านสุขภาพ

สายตาไม่ปกติ (สั้น/ยาว/เอียง) ตามจดสี หูหนวก/ได้ยินไม่ชัด

โรคประจำตัว : โรคความดันโลหิต โรคหัวใจ โรคความจำสั้น อื่นๆ โปรดระบุ _____

3. ข้อมูลด้านการขับขี่

ประเภทพาหนะที่สามารถขับขี่ได้ : รถจักรยานยนต์ รถเก๋ง รถกระบะ

รถตู้ รถบรรทุก-รถพ่วง อื่นๆ โปรดระบุ _____

จุดประสงค์ในการขับขี่หลัก : เดินทาง รับ-ส่งผู้โดยสาร ขนส่งสิ่งของ

ประสบการณ์การขับขี่ _____ ปี จำนวนชั่วโมงการขับขี่ต่อสัปดาห์: _____ ชั่วโมง/สัปดาห์

จำนวนใบสั่งจากเจ้าหน้าที่ตำรวจ : _____ ใบ/ปี

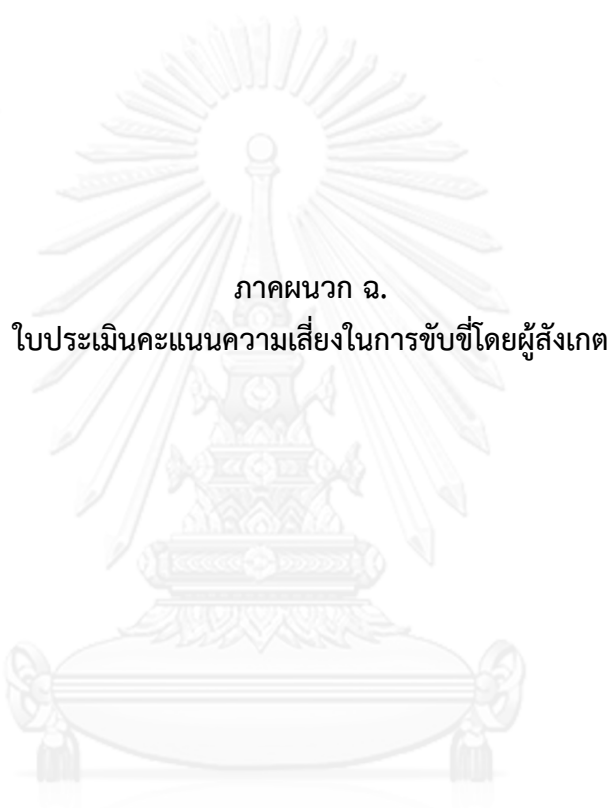
จำนวนอุบัติเหตุบนท้องถนนที่เคยประสบในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา : _____ ครั้ง

อุบัติเหตุครั้งล่าสุดเมื่อ _____ เดือน _____ ปี

ความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เคยเกิดขึ้น : บาดเจ็บเล็กน้อย บาดแผลเย็บ อื่น

สูญเสียอวัยวะ อื่นๆ โปรดระบุ _____

ภาพที่ 48 แบบสอบถามข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลการขับขี่



ภาคผนวก ฉ.

ใบประเมินคะแนนความเสี่ยงในการจับซื้อโดยผู้สังเกต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY


ฉ. ใบประเมินคะแนนความเสี่ยงในการขับขี่โดยผู้สังเกต

ใบประเมินคะแนนความเสี่ยงในการขับขี่โดยผู้สังเกต

กรุณาประเมินคะแนนความเสี่ยงการขับขี่ตามหัวข้อด้านล่าง สูงสุดไม่เกิน 5 ครั้งต่อหัวข้อ

ตั้งแต่ 1-5 คะแนน โดย 1 คะแนน หมายถึง เสี่ยงน้อยที่สุด และ 5 คะแนน หมายถึง เสี่ยงมากที่สุด

การขับขี่ครั้งที่ 1 เวลาเริ่ม _____ เวลาสิ้นสุด _____



MART MOBILITY
RESEARCH CENTER
FACULTY OF ENGINEERING, CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลักษณะการขับขี่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
การเร่ง					
การเบรก					
การเปลี่ยนเลน					
การเลี้ยวโค้ง					
ระยะห่างระหว่างคัน					


การขับขี่ครั้งที่ 2 เวลาเริ่ม _____ เวลาสิ้นสุด _____

ลักษณะการขับขี่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
การเร่ง					
การเบรก					
การเปลี่ยนเลน					
การเลี้ยวโค้ง					
ระยะห่างระหว่างคัน					

การขับขี่ครั้งที่ 3 เวลาเริ่ม _____ เวลาสิ้นสุด _____

ลักษณะการขับขี่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
การเร่ง					
การเบรก					
การเปลี่ยนเลน					
การเลี้ยวโค้ง					
ระยะห่างระหว่างคัน					

ภาพที่ 49 ใบประเมินคะแนนความเสี่ยงในการขับขี่โดยผู้สังเกต



ภาคผนวก ช.
การคำนวณทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข. การคำนวณทางสถิติ

ขั้นตอนการคำนวณหาสมการด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นแสดงดังต่อไปนี้

$$\text{กำหนดสมการที่เลือก } y = mx + c$$

เมื่อ y คือ *Observer score*

x คือ *RDS*

m, c คือ ค่าสัมประสิทธิ์และค่าคงที่

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ตารางแสดงข้อมูลที่ใช้คำนวณหาสัมประสิทธิ์ในสมการ $y = mx + c$

X	Y	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$	$(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})$	X^2
2.08	2.00	-0.08	0.01	-0.09	0.01	0.01	4.34
1.55	1.80	-0.61	0.37	-0.29	0.08	0.18	2.42
3.09	3.43	0.93	0.86	1.34	1.80	1.24	9.53
1.37	1.00	-0.79	0.62	-1.09	1.19	0.86	1.88
2.50	3.13	0.34	0.12	1.04	1.08	0.35	6.26
2.07	1.85	-0.09	0.01	-0.24	0.06	0.02	4.30
1.69	1.29	-0.47	0.22	-0.80	0.64	0.38	2.84
2.30	1.87	0.14	0.02	-0.22	0.05	-0.03	5.30
1.70	1.11	-0.46	0.21	-0.98	0.96	0.45	2.89
2.50	2.00	0.34	0.12	-0.09	0.01	-0.03	6.25
2.06	2.21	-0.10	0.01	0.12	0.01	-0.01	4.26
1.58	1.20	-0.58	0.34	-0.89	0.79	0.52	2.49
1.50	1.67	-0.66	0.43	-0.42	0.18	0.28	2.25
1.68	1.09	-0.48	0.23	-1.00	1.00	0.48	2.83
1.75	2.43	-0.41	0.17	0.34	0.12	-0.14	3.07
1.81	1.75	-0.35	0.12	-0.34	0.12	0.12	3.29
2.36	2.94	0.20	0.04	0.85	0.72	0.17	5.57
1.37	1.33	-0.79	0.63	-0.76	0.58	0.60	1.87
1.37	1.38	-0.79	0.6	-0.71	0.50	0.56	1.87
1.25	1.15	-0.91	0.84	-0.94	0.88	0.86	1.55
1.98	2.95	-0.18	0.03	0.86	0.74	-0.16	3.91
1.98	2.47	-0.18	0.03	0.38	0.14	-0.07	3.91
2.08	1.43	-0.08	0.01	-0.66	0.44	0.05	4.34
2.96	3.06	0.80	0.63	0.97	0.94	0.77	8.74
3.00	2.78	0.84	0.71	0.69	0.47	0.58	9.02
4.07	4.00	1.91	3.63	1.91	3.65	3.64	16.53

X	Y	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$	$(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})$	X^2
2.47	1.67	0.31	0.09	-0.42	0.18	-0.13	6.08
2.66	1.73	0.50	0.25	-0.36	0.13	-0.18	7.07
4.54	4.85	2.38	5.68	2.76	7.62	6.58	20.64
1.58	1.10	-0.58	0.34	-0.99	0.98	0.58	2.48

	X	Y	$(X - \bar{X})^2$	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$	$(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})$	X^2
N	30	30	17.39	-0.03	26.06	18.53	157.79
SUM	64.90	62.67					
MEAN	2.16	2.09					

หาค่าสัมประสิทธิ์ m

$$m = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2} = \frac{18.53}{17.39} = 1.07$$

และ $c = \bar{Y} - m\bar{X} = 2.09 - (1.07)2.16 = -0.22$

จะได้สมการ $\hat{y} = mx + c = 1.07X - 0.22$

นำสมการไปทำนาย \hat{y} ด้วยค่า X_i ใดๆ ผลการทำนายแสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ตารางข้อมูลการทำนายผลการประเมินการขับขี่โดยสมการ $y = mx + c$

X	\hat{Y}	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$	$(\hat{Y} - \bar{\hat{Y}})$	$(\hat{Y} - \bar{\hat{Y}})^2$
2.08	2.01	-0.01	0.00	-0.08	0.01
1.55	1.44	0.36	0.13	-0.65	0.42
3.09	3.08	0.35	0.12	0.99	0.99
1.37	1.25	-0.25	0.06	-0.84	0.71
2.50	2.46	0.67	0.45	0.37	0.13
2.07	2.00	-0.15	0.02	-0.09	0.01
1.69	1.58	-0.29	0.09	-0.51	0.26
2.30	2.24	-0.37	0.14	0.15	0.02
1.70	1.58	-0.49	0.24	-0.49	0.24
2.50	2.24	-0.46	0.21	0.37	0.13
2.06	1.99	0.22	0.05	-0.10	0.01
1.58	1.47	-0.27	0.07	-0.62	0.39
1.50	1.39	0.28	0.08	-0.70	0.50
X	\hat{Y}	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$	$(\hat{Y} - \bar{\hat{Y}})$	$(\hat{Y} - \bar{\hat{Y}})^2$

1.68	1.58	-0.49	0.24	-0.51	0.26
1.75	1.66	0.77	0.60	-0.43	0.19
1.81	1.72	0.03	0.00	-0.37	0.14
2.36	2.31	0.63	0.40	0.22	0.05
1.37	1.24	0.09	0.01	-0.85	0.72
1.37	1.24	0.14	0.02	-0.85	0.72
1.25	1.11	0.04	0.00	-0.98	0.95
1.98	1.89	1.06	1.11	-0.20	0.04
1.98	1.90	0.57	0.33	-0.19	0.04
2.08	2.01	-0.58	0.33	-0.08	0.01
2.96	2.94	0.12	0.01	0.85	0.73
3.00	2.99	-0.22	0.05	0.90	0.82
4.07	4.13	-0.13	0.02	2.04	4.16
2.47	2.42	-0.75	0.56	0.33	0.11
2.66	2.62	-0.89	0.80	0.53	0.29
4.54	4.64	0.21	0.04	2.55	6.51
1.58	1.47	-0.37	0.13	-0.62	0.39

	X	\hat{Y}	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$	$(\hat{Y} - \bar{Y})$	$(\hat{Y} - \bar{Y})^2$
SUM	64.90	62.84	-0.18	6.32	0.14	19.91

หาค่า R^2

$$R^2 = \frac{[\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{18.53^2}{(17.39)(26.06)} = 0.76$$

หาค่าสหสัมพันธ์ R

$$R = \sqrt{R^2} = \sqrt{0.76} = 0.87$$

หาค่า $S_{Y.X}^2$

$$S_{Y.X}^2 = \sum (Y_i - \hat{Y})^2 / N - 2 = 6.32 / (30 - 2) = 0.23$$

หาค่า S_m^2

$$S_m^2 = S_{Y.X}^2 / \sum (X_i - \bar{X})^2 = 0.23 / 17.39 = 0.01$$

หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S_m

$$S_m = \sqrt{S_m^2} = \sqrt{0.01} = 0.11$$

หาค่า S_c^2

$$S_c^2 = S_{YX}^2 \left[\frac{\sum X_i^2}{N \sum (X_i - \bar{X})^2} \right] = \frac{(0.23)(157.79)}{(30)(17.39)} = 0.07$$

หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S_c

$$S_c = \sqrt{S_c^2} = \sqrt{0.07} = 0.26$$

หาช่วงค่าเฉลี่ยประชากร μ สำหรับที่ X ต่างๆ

$$\text{จาก } S_{\hat{Y}_j, X_j}^2 = S_{YX}^2 \left[\frac{1}{N} + \frac{(X_j - \bar{X})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \right]$$

$$S_{\hat{Y}_j, 1}^2 = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{(1 - 2.16)^2}{17.39} \right] = 0.03$$

$$S_{\hat{Y}_j, 1.5}^2 = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{(1.5 - 2.16)^2}{17.39} \right] = 0.01$$

$$S_{\hat{Y}_j, 2}^2 = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{(2 - 2.16)^2}{17.39} \right] = 0.01$$

$$S_{\hat{Y}_j, 2.5}^2 = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{(2.5 - 2.16)^2}{17.39} \right] = 0.01$$

$$S_{\hat{Y}_j, 3}^2 = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{(3 - 2.16)^2}{17.39} \right] = 0.02$$

$$S_{\hat{Y}_j, 3.5}^2 = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{(3.5 - 2.16)^2}{17.39} \right] = 0.03$$

$$S_{\hat{Y}_j, 4}^2 = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{(4 - 2.16)^2}{17.39} \right] = 0.05$$

$$S_{\hat{Y}_j, 4.5}^2 = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{(4.5 - 2.16)^2}{17.39} \right] = 0.08$$

$$S_{\hat{Y}_j, 5}^2 = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{(5 - 2.16)^2}{17.39} \right] = 0.11$$

$$S_{\hat{Y}_j,1} = \sqrt{S_{\hat{Y}_j,1}^2} = \sqrt{0.03} = 0.16$$

$$S_{\hat{Y}_j,1.5} = \sqrt{S_{\hat{Y}_j,1.5}^2} = \sqrt{0.01} = 0.12$$

$$S_{\hat{Y}_j,2} = \sqrt{S_{\hat{Y}_j,2}^2} = \sqrt{0.01} = 0.09$$

$$S_{\hat{Y}_j,2.5} = \sqrt{S_{\hat{Y}_j,2.5}^2} = \sqrt{0.01} = 0.10$$

$$S_{\hat{Y}_j,3} = \sqrt{S_{\hat{Y}_j,3}^2} = \sqrt{0.02} = 0.13$$

$$S_{\hat{Y}_j,3.5} = \sqrt{S_{\hat{Y}_j,3.5}^2} = \sqrt{0.03} = 0.18$$

$$S_{\hat{Y}_j,4} = \sqrt{S_{\hat{Y}_j,4}^2} = \sqrt{0.05} = 0.23$$

$$S_{\hat{Y}_j,4.5} = \sqrt{S_{\hat{Y}_j,4.5}^2} = \sqrt{0.08} = 0.28$$

$$S_{\hat{Y}_j,5} = \sqrt{S_{\hat{Y}_j,5}^2} = \sqrt{0.11} = 0.34$$

จากการเปิดตารางตัวแปรสถิติ t $t_{(29,.05)} = 2.045$

จาก $\hat{Y}_j = \hat{Y}_j \pm t_{(df,\alpha)} S_{\hat{Y}_j,X}$

$$\hat{Y}_1 = \hat{Y}_1 \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_1,X} = 0.85 \pm (2.045 \times 0.16) = 0.85 \pm 0.33$$

$$\hat{Y}_{1.5} = \hat{Y}_{1.5} \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_{1.5},X} = 1.39 \pm (2.045 \times 0.12) = 1.39 \pm 0.24$$

$$\hat{Y}_2 = \hat{Y}_2 \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_2,X} = 1.92 \pm (2.045 \times 0.09) = 1.92 \pm 0.18$$

$$\hat{Y}_{2.5} = \hat{Y}_{2.5} \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_{2.5},X} = 2.46 \pm (2.045 \times 0.10) = 2.46 \pm 0.20$$

$$\hat{Y}_3 = \hat{Y}_3 \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_3,X} = 2.99 \pm (2.045 \times 0.13) = 2.99 \pm 0.27$$

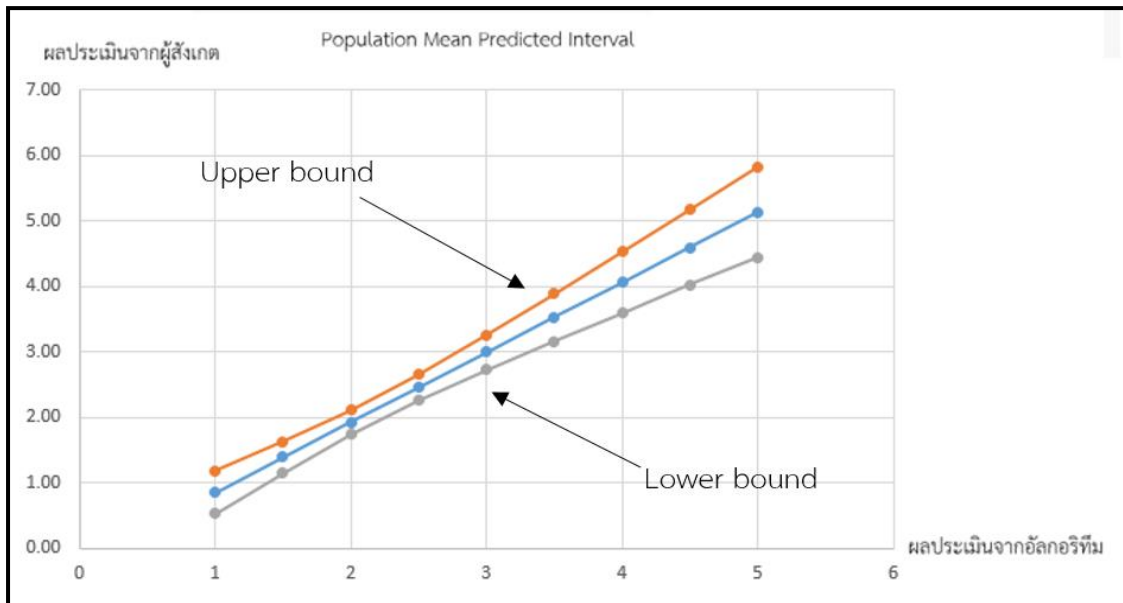
$$\hat{Y}_{3.5} = \hat{Y}_{3.5} \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_{3.5},X} = 3.53 \pm (2.045 \times 0.18) = 3.53 \pm 0.36$$

$$\hat{Y}_4 = \hat{Y}_4 \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_4,X} = 4.06 \pm (2.045 \times 0.23) = 4.06 \pm 0.47$$

$$\hat{Y}_{4.5} = \hat{Y}_{4.5} \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_{4.5},X} = 4.60 \pm (2.045 \times 0.28) = 4.60 \pm 0.58$$

$$\hat{Y}_5 = \hat{Y}_5 \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_5,X} = 5.13 \pm (2.045 \times 0.34) = 5.13 \pm 0.69$$

นำช่วงค่าเฉลี่ยของประชากร μ ที่ความเชื่อมั่น 95% ไปพล็อตได้ดังภาพที่ 50



ภาพที่ 50 กราฟแสดงช่วงค่าเฉลี่ยประชากร μ สมการ $y = mx + c$

ภาพที่ 50 จะสังเกตเห็นได้ว่าช่วงของ Upper bound และ Lower bound จะแคบที่สุด ณ ตำแหน่งค่าเฉลี่ยของผลประเมินจากอัลกอริทึมคือ 2.16 และจะกว้างขึ้นเรื่อยๆ ณ ตำแหน่งที่ห่างจากค่าเฉลี่ยของผลประเมินจากอัลกอริทึม

การทดสอบสมมติฐาน t-test ค่าสัมประสิทธิ์

สมมติฐานหลัก $H_o : \mu_m = 0$

สมมติฐานรอง $H_a : \mu_m \neq 0$

จากค่าทางสถิติ $t_{cal} = \frac{m - \mu_m}{S_m} = \frac{1.07 - 0}{0.11} = 9.73$

เปิดตารางตัวแปรสถิติ t $t_{(28, .05)} = 2.048$

เนื่องจาก $t_{cal} > t_{sig}$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_o หมายความว่า $m \neq 0$

การทดสอบสมมติฐาน t-test ค่าสัมประสิทธิ์

สมมติฐานหลัก $H_o : \mu_c = 0$

สมมติฐานรอง $H_a : \mu_c \neq 0$

จากค่าทางสถิติ $t_{cal} = \frac{m - \mu_m}{S_m} = \frac{-0.22 - 0}{0.26} = -0.85$

เปิดตารางตัวแปรสถิติ t $t_{(28,.05)} = 2.048$

เนื่องจาก $|t_{cal}| < |t_{sig}|$ ดังนั้นจึงไม่ปฏิเสธ H_o หมายความว่า $c = 0$

การทดสอบสมมติฐาน F-test

สมมติฐานหลัก $H_o : \mu_c = 0, \mu_m = 0$

สมมติฐานรอง $H_a : \mu_c \neq 0, \mu_m \neq 0$

รายละเอียดการวิเคราะห์ทั้งโมเดลแสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์สถิติ F สมการ $y = mx + c$

Source	Degree of Freedom	Sum Square	Mean Square	F _{cal}
Total	29	26.06		88.21
Regression	1	19.91	19.91	
Residual	28	6.32	0.2257	

ค่าวิกฤตที่เปิดจากตาราง F-test $F_{sig} = F_{(29,0.05)} = 4.196$

การพิจารณา หาก $F_{cal} > F_{sig}$ แล้วปฏิเสธ H_o หมายความว่า $c \neq 0, m \neq 0$

จึงสรุปได้ว่าการตรวจสอบสมมติฐานทั้งสถิติ t-test และ สถิติ F-test สำหรับโมเดลสมการ $y = mx + c$ ไม่สามารถใช้เป็นสมการทำนายความเสี่ยงการขับขี่ได้ จึงต้องมีการเลือก โมเดลสมการใหม่

เลือกลักษณะสมการใหม่

กำหนดสมการที่เลือก $y = mx$

เมื่อ y คือ *Observer score*

x คือ *RDS*

m, c คือ ค่าสัมประสิทธิ์และค่าคงที่

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ตารางแสดงข้อมูลที่ใช้คำนวณหาสัมประสิทธิ์ในสมการ $y = mx$

X	Y	X^2	XY	Y^2	$(Y - \bar{Y})^2$
2.08	2.00	4.34	4.17	4.00	0.01
1.55	1.80	2.42	2.80	3.24	0.08
3.09	3.43	9.53	10.59	11.76	1.80
1.37	1.00	1.88	1.37	1.00	1.19
2.50	3.13	6.26	7.83	9.80	1.08
2.07	1.85	4.30	3.84	3.42	0.06
1.69	1.29	2.84	2.18	1.66	0.64
2.30	1.87	5.30	4.31	3.50	0.05
1.70	1.11	2.89	1.89	1.23	0.96
2.50	2.00	6.25	5.00	4.00	0.01
2.06	2.21	4.26	4.56	4.88	0.01
1.58	1.20	2.49	1.89	1.44	0.79
1.50	1.67	2.25	2.51	2.79	0.18
1.68	1.09	2.83	1.83	1.19	1.00
1.75	2.43	3.07	4.26	5.90	0.12
1.81	1.75	3.29	3.18	3.06	0.12
2.36	2.94	5.57	6.94	8.64	0.72
1.37	1.33	1.87	1.82	1.77	0.58
1.37	1.38	1.87	1.89	1.90	0.50
1.25	1.15	1.55	1.43	1.32	0.88
X	Y	X^2	XY	Y^2	$(Y - \bar{Y})^2$
1.98	2.95	3.91	5.83	8.70	0.74
1.98	2.47	3.91	4.89	6.10	0.14
2.08	1.43	4.34	2.98	2.04	0.44
2.96	3.06	8.74	9.04	9.36	0.94
3.00	2.78	9.02	8.34	7.71	0.47
4.07	4.00	16.53	16.26	16.00	3.65
2.47	1.67	6.08	4.12	2.79	0.18
2.66	1.73	7.07	4.60	2.99	0.13
4.54	4.85	20.64	22.03	23.52	7.62
1.58	1.10	2.48	1.73	1.21	0.98

	X	Y	X^2	XY	Y^2	$(Y - \bar{Y})^2$
N	30	30	157.81	154.10	156.96	26.06
SUM	64.90	62.67				

MEAN	2.16	2.09				
------	------	------	--	--	--	--

หาค่าสัมประสิทธิ์ m

$$m = \sum XY / \sum X^2 = 154.10 / 157.79 = 0.98 \approx 1.00$$

หลังจากหาค่าสัมประสิทธิ์ m ได้แล้วจะได้สมการ $y = mx$

นำสมการไปทำนาย \hat{y} ด้วยค่า X_i ใดๆ ผลการทำนายแสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ตารางข้อมูลการทำนายผลการประเมินการขับชี่ด้วยสมการ $y = mx$

X	\hat{Y}	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
2.08	2.04	-0.04	0.00
1.55	1.52	0.28	0.08
3.09	3.03	0.40	0.16
1.37	1.34	-0.34	0.12
2.50	2.45	0.68	0.46
2.07	2.03	-0.18	0.03
1.69	1.65	-0.36	0.13
2.30	2.26	-0.39	0.15
X	\hat{Y}	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
1.70	1.67	-0.56	0.31
2.50	2.45	-0.45	0.20
2.06	2.02	0.19	0.03
1.58	1.55	-0.35	0.12
1.50	1.47	0.20	0.04
1.68	1.65	-0.56	0.31
1.75	1.72	0.71	0.51
1.81	1.78	-0.03	0.01
2.36	2.31	0.63	0.39
1.37	1.34	-0.01	0.00
1.37	1.34	0.04	0.00
1.25	1.22	-0.07	0.01
1.98	1.94	1.01	1.03
1.98	1.94	0.53	0.28

2.08	2.04	-0.61	0.37
2.96	2.90	0.16	0.03
3.00	2.94	-0.17	0.03
4.07	3.98	0.02	0.00
2.47	2.42	-0.75	0.56
2.66	2.61	-0.88	0.77
4.54	4.45	0.40	0.16
1.58	1.55	-0.45	0.20

	\hat{Y}	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
SUM	63.61	-0.94	6.48

หาค่า $S_{Y.X}^2$

$$S_{Y.X}^2 = \sum (Y_i - \hat{Y})^2 / df = 6.48 / (30 - 1) = 0.23$$

หาค่า S_m^2

$$S_m^2 = S_{Y.X}^2 / \sum X^2 = 0.23 / 157.79 = 0.001$$

หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S_m

$$S_m = \sqrt{S_m^2} = \sqrt{0.001} = 0.038$$

หาค่า R^2

$$R^2 = (m^2 \sum X^2 - N\bar{Y}^2) / \sum (Y - \bar{Y})^2 = ((0.98^2 \times 157.81) - (30 \times 2.09^2)) / 26.06 = 0.79$$

หาค่าสหสัมพันธ์ R

$$R = \sqrt{R^2} = \sqrt{0.79} = 0.89$$

หาช่วงค่าเฉลี่ยประชากร μ สำหรับที่ X ต่างๆ

$$S_{\hat{Y}_{j,1}}^2 = S_{Y.X}^2 \left[\frac{1}{N} + \frac{X_j^2}{\sum X_i^2} \right] = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{1^2}{157.81} \right] = 0.009$$

$$S_{\hat{Y}_{j,1.5}}^2 = S_{Y.X}^2 \left[\frac{1}{N} + \frac{X_j^2}{\sum X_i^2} \right] = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{1.5^2}{157.81} \right] = 0.011$$

$$S_{\hat{Y}_{j,2}}^2 = S_{Y.X}^2 \left[\frac{1}{N} + \frac{X_j^2}{\sum X_i^2} \right] = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{2^2}{157.81} \right] = 0.014$$

$$S_{\hat{Y}_{j,2.5}}^2 = S_{Y.X}^2 \left[\frac{1}{N} + \frac{X_j^2}{\sum X_i^2} \right] = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{2.5^2}{157.81} \right] = 0.017$$

$$S_{\hat{Y}_{j,3}}^2 = S_{Y.X}^2 \left[\frac{1}{N} + \frac{X_j^2}{\sum X_i^2} \right] = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{3^2}{157.81} \right] = 0.021$$

$$S_{\hat{Y}_{j,3.5}}^2 = S_{Y.X}^2 \left[\frac{1}{N} + \frac{X_j^2}{\sum X_i^2} \right] = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{3.5^2}{157.81} \right] = 0.026$$

$$S_{\hat{Y}_{j,4}}^2 = S_{Y.X}^2 \left[\frac{1}{N} + \frac{X_j^2}{\sum X_i^2} \right] = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{4^2}{157.81} \right] = 0.031$$

$$S_{\hat{Y}_{j,4.5}}^2 = S_{Y.X}^2 \left[\frac{1}{N} + \frac{X_j^2}{\sum X_i^2} \right] = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{4.5^2}{157.81} \right] = 0.037$$

$$S_{\hat{Y}_{j,5}}^2 = S_{Y.X}^2 \left[\frac{1}{N} + \frac{X_j^2}{\sum X_i^2} \right] = 0.23 \left[\frac{1}{30} + \frac{5^2}{157.81} \right] = 0.044$$

$$S_{\hat{Y}_{j,1}} = \sqrt{S_{\hat{Y}_{j,1}}^2} = \sqrt{0.009} = 0.10$$

$$S_{\hat{Y}_{j,1.5}} = \sqrt{S_{\hat{Y}_{j,1.5}}^2} = \sqrt{0.011} = 0.10$$

$$S_{\hat{Y}_{j,2}} = \sqrt{S_{\hat{Y}_{j,2}}^2} = \sqrt{0.014} = 0.12$$

$$S_{\hat{Y}_{j,2.5}} = \sqrt{S_{\hat{Y}_{j,2.5}}^2} = \sqrt{0.017} = 0.13$$

$$S_{\hat{Y}_{j,3}} = \sqrt{S_{\hat{Y}_{j,3}}^2} = \sqrt{0.021} = 0.14$$

$$S_{\hat{Y}_{j,3.5}} = \sqrt{S_{\hat{Y}_{j,3.5}}^2} = \sqrt{0.026} = 0.16$$

$$S_{\hat{Y}_{j,4}} = \sqrt{S_{\hat{Y}_{j,4}}^2} = \sqrt{0.031} = 0.18$$

$$S_{\hat{Y}_{j,4.5}} = \sqrt{S_{\hat{Y}_{j,4.5}}^2} = \sqrt{0.037} = 0.19$$

$$S_{\hat{Y}_{j,5}} = \sqrt{S_{\hat{Y}_{j,5}}^2} = \sqrt{0.044} = 0.21$$

จากการเปิดตารางตัวแปรสถิติ t

$$t_{(29,0.05)} = 2.045$$

จาก

$$\hat{Y}_j = \hat{Y}_j \pm t_{(df,\alpha)} S_{\hat{Y}_j.X}$$

$$\hat{Y}_1 = \hat{Y}_1 \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_1.X} = 0.98 \pm (2.045 \times 0.09) = 1 \pm 0.20$$

$$\hat{Y}_{1.5} = \hat{Y}_{1.5} \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_{1.5}.X} = 1.47 \pm (2.045 \times 0.10) = 1.5 \pm 0.21$$

$$\hat{Y}_2 = \hat{Y}_2 \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_2.X} = 1.96 \pm (2.045 \times 0.09) = 2 \pm 0.24$$

$$\hat{Y}_{2.5} = \hat{Y}_{2.5} \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_{2.5}.X} = 2.45 \pm (2.045 \times 0.09) = 2.5 \pm 0.27$$

$$\hat{Y}_3 = \hat{Y}_3 \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_3.X} = 2.94 \pm (2.045 \times 0.09) = 3 \pm 0.30$$

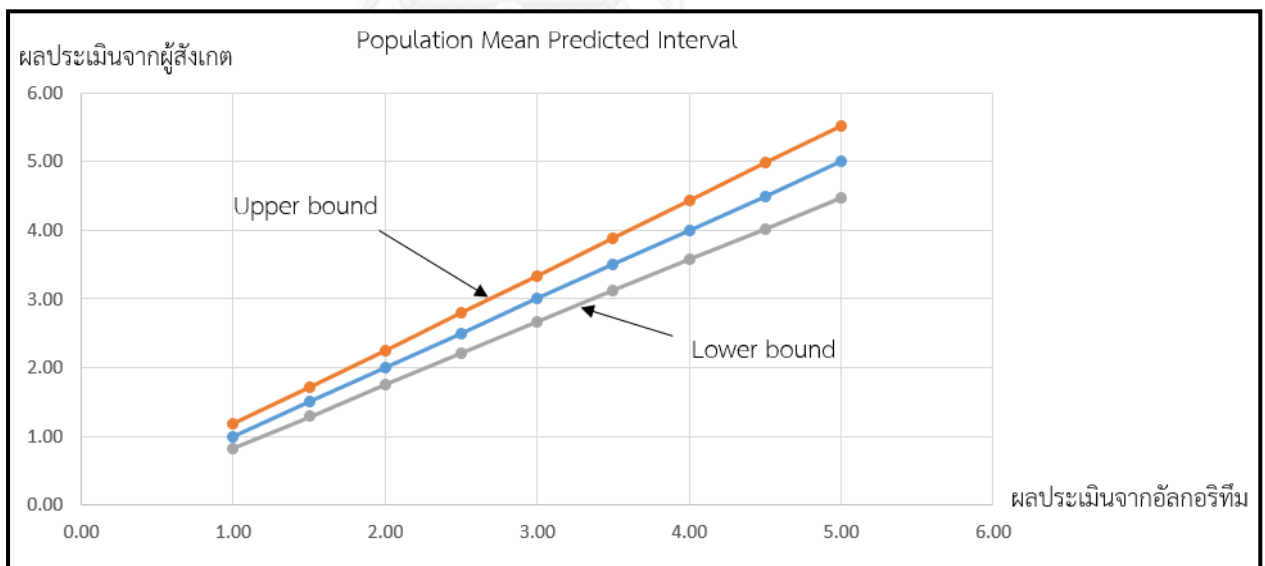
$$\hat{Y}_{3.5} = \hat{Y}_{3.5} \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_{3.5}.X} = 3.43 \pm (2.045 \times 0.09) = 3.5 \pm 0.33$$

$$\hat{Y}_4 = \hat{Y}_4 \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_4.X} = 3.92 \pm (2.045 \times 0.09) = 4 \pm 0.36$$

$$\hat{Y}_{4.5} = \hat{Y}_{4.5} \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_{4.5}.X} = 4.41 \pm (2.045 \times 0.09) = 4.5 \pm 0.40$$

$$\hat{Y}_5 = \hat{Y}_5 \pm t_{(29,.05)} S_{\hat{Y}_5.X} = 4.90 \pm (2.045 \times 0.09) = 5 \pm 0.43$$

นำช่วงค่าเฉลี่ยของประชากร μ ที่ความเชื่อมั่น 95% ไปพล็อตได้ดังภาพที่ 51



ภาพที่ 51 กราฟแสดงช่วงค่าเฉลี่ยประชากร μ สมการ $y = mx$

ภาพที่ 51 จะสังเกตเห็นได้ว่าช่วงของ Upper bound และ Lower bound จะแคบที่สุด ณ ตำแหน่งค่าน้อยที่สุดของผลประเมินจากอัลกอริทึมคือ 1.00 และจะกว้างขึ้นเรื่อยๆ ณ ตำแหน่งที่ห่างจากค่าเฉลี่ยของผลประเมินจากอัลกอริทึมการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานหลัก

$$H_o : \mu_m = 0$$

สมมติฐานรอง

$$H_a : \mu_m \neq 0$$

จากค่าทางสถิติ

$$t_{cal} = \frac{m - \mu_m}{S_m} = \frac{0.98 - 0}{0.038} = 25.59$$

เปิดตารางตัวแปรสถิติ t

$$t_{(29,.05)} = 2.045$$

เนื่องจาก $t_{cal} > t_{sig}$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_o หมายความว่า $m \neq 0$

จึงได้สมการทำนายเป็น

$$\hat{Y} = 0.98X \approx X$$

หรือ

$$Observer \ score = RDS$$

รายละเอียดการวิเคราะห์ทั้งโมเดลแสดงดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์สถิติ F ของสมการ $y = mx$

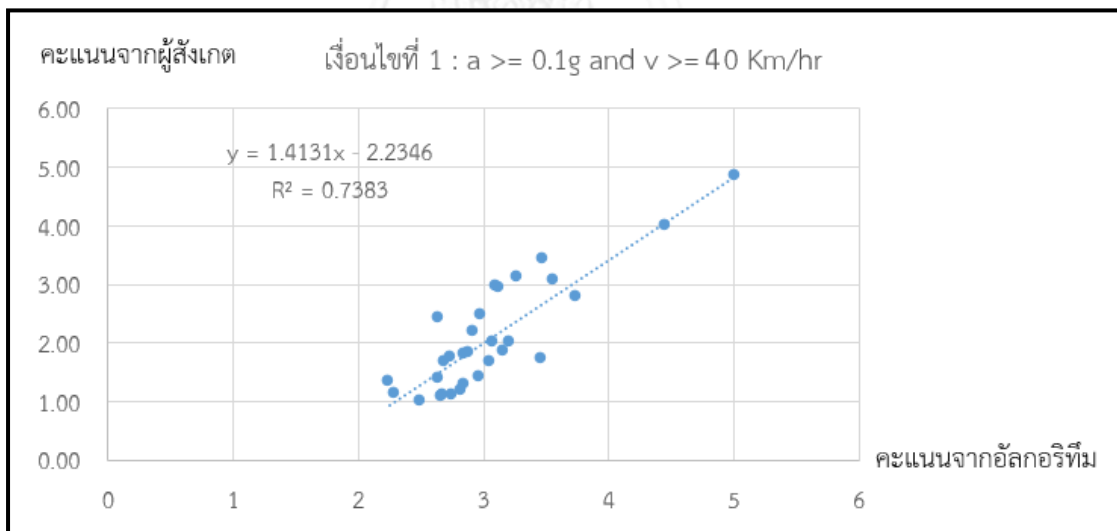
Source	Degree of Freedom	Sum Square	Mean Square	F_{cal}
Total	29	26.06		72.29
Regression	1	16.73	16.73	
Residual	28	6.48	0.2314	

ค่าวิกฤตที่เปิดจากตาราง F-test $F_{sig} = F_{(29,0.05)} = 4.196$

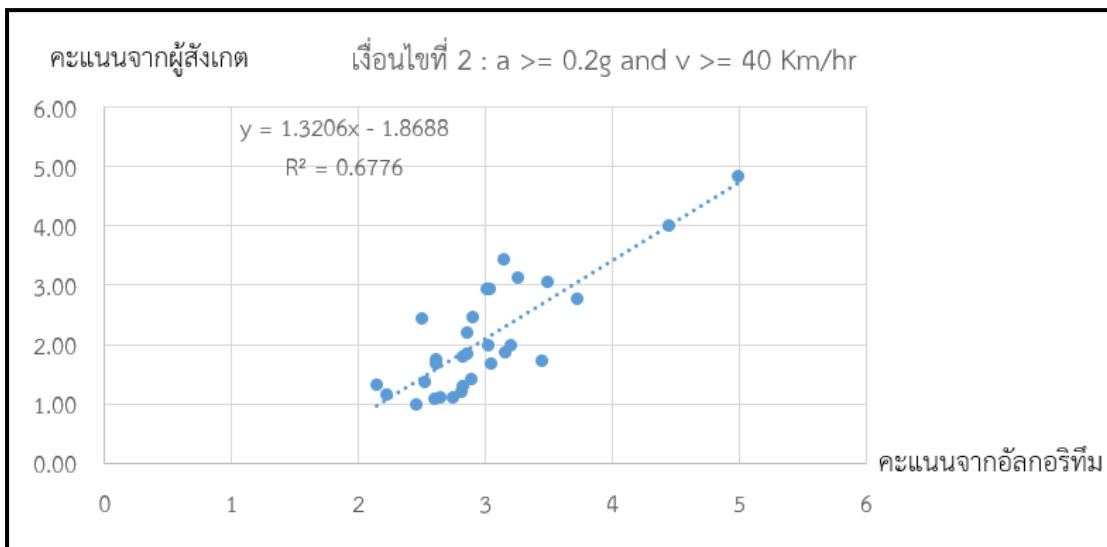
การพิจารณา หาก $F_{cal} > F_{sig}$ แล้วปฏิเสธ H_0 หมายความว่า $m \neq 0$

จึงสรุปได้ว่าการตรวจสอบสมมติฐานทั้งสถิติ t-test และ สถิติ F-test สำหรับโมเดลสมการ $y = mx$ ไม่สามารถใช้เป็นสมการทำนายความเสี่ยงการขับขี่ได้ จึงต้องมีการเลือก โมเดลสมการใหม่

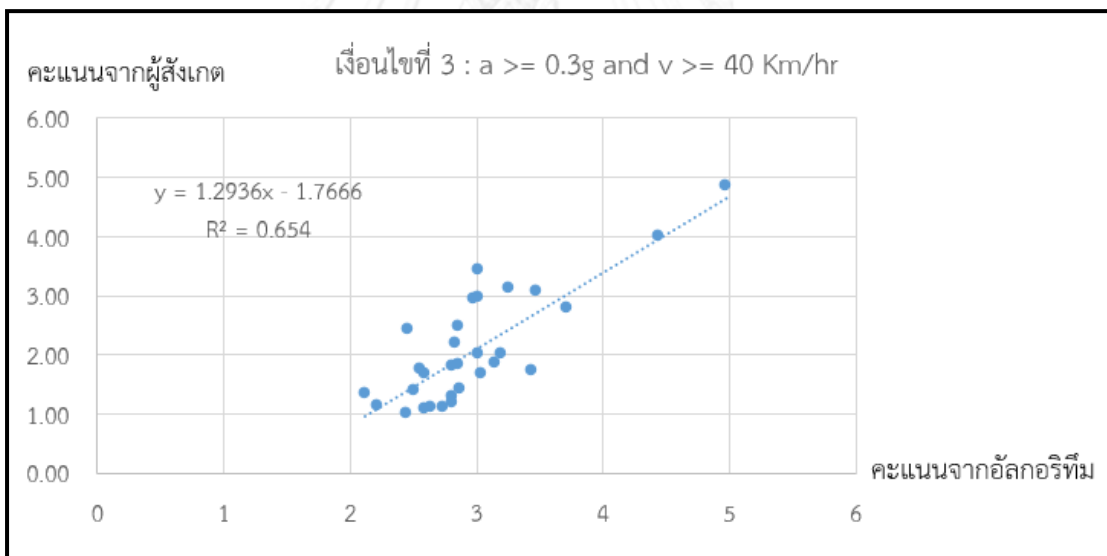
ภาพที่ 52 – 60 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขต่างๆ กับผลประเมินจากผู้สังเกต



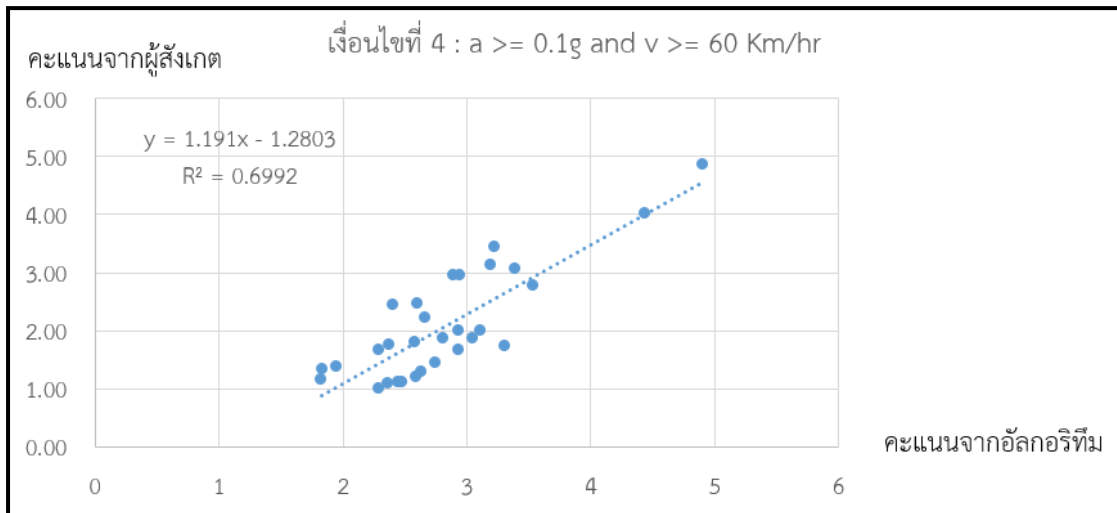
ภาพที่ 52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 1 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต



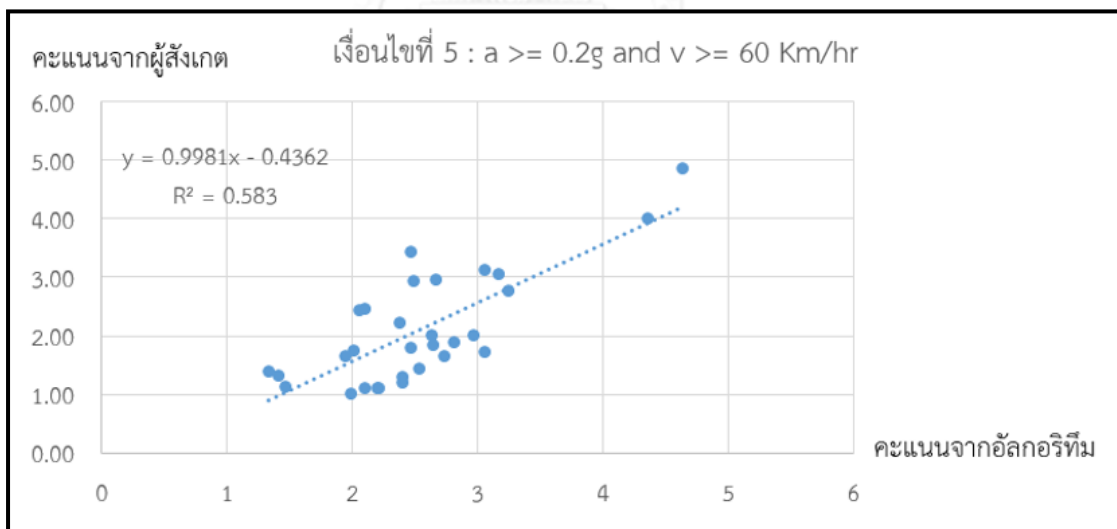
ภาพที่ 53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 2 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต



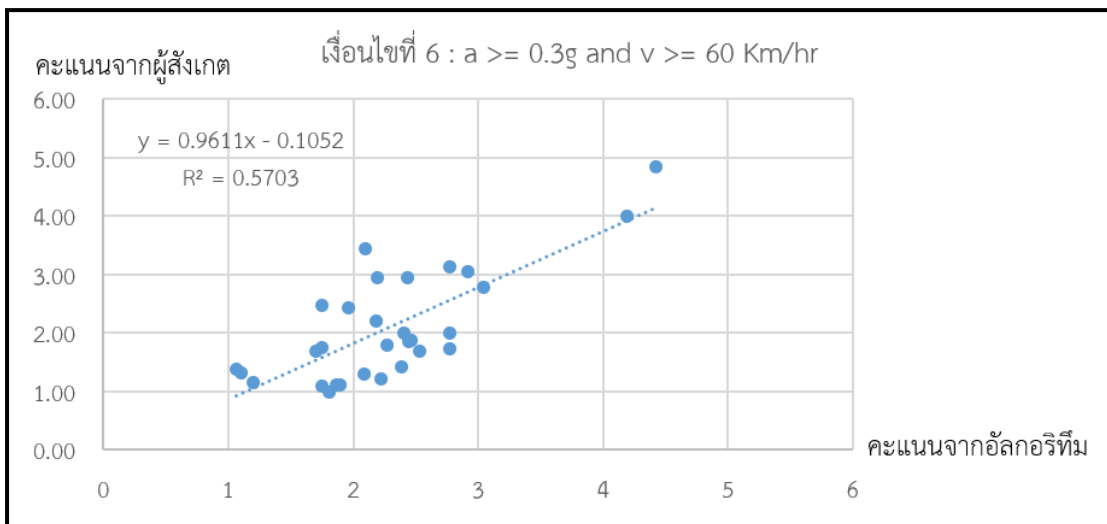
ภาพที่ 54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 3 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต



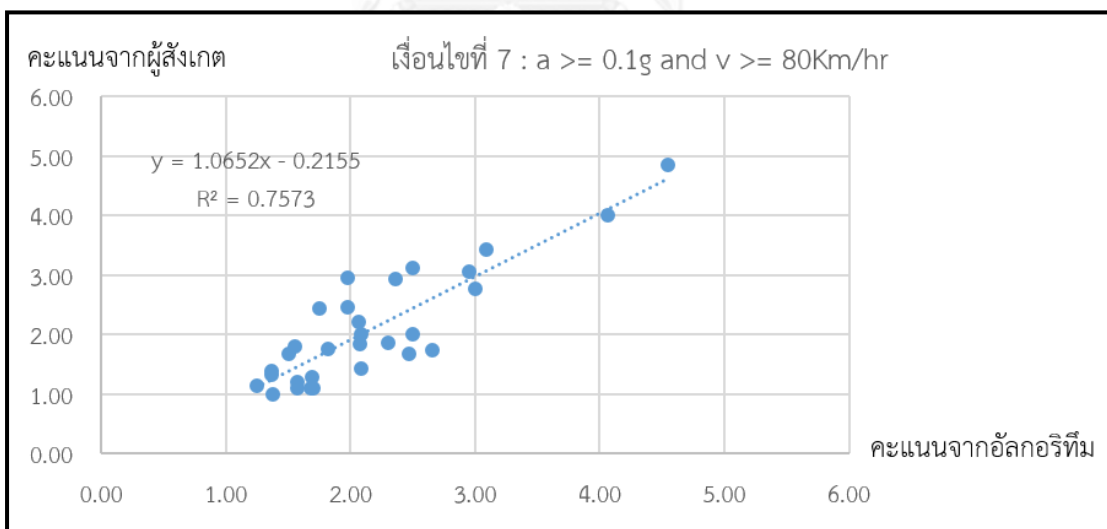
ภาพที่ 55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 4 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต



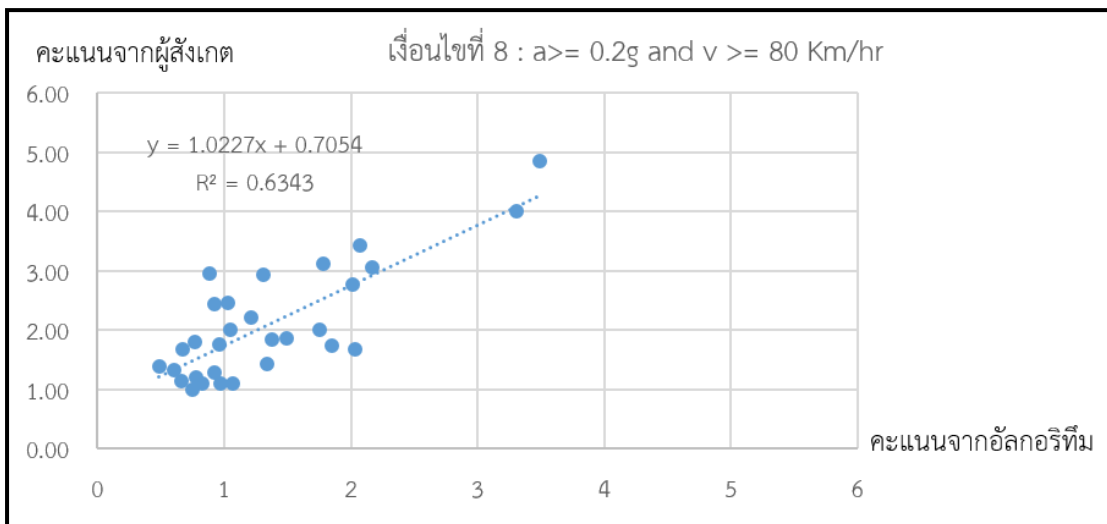
ภาพที่ 56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 5 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต



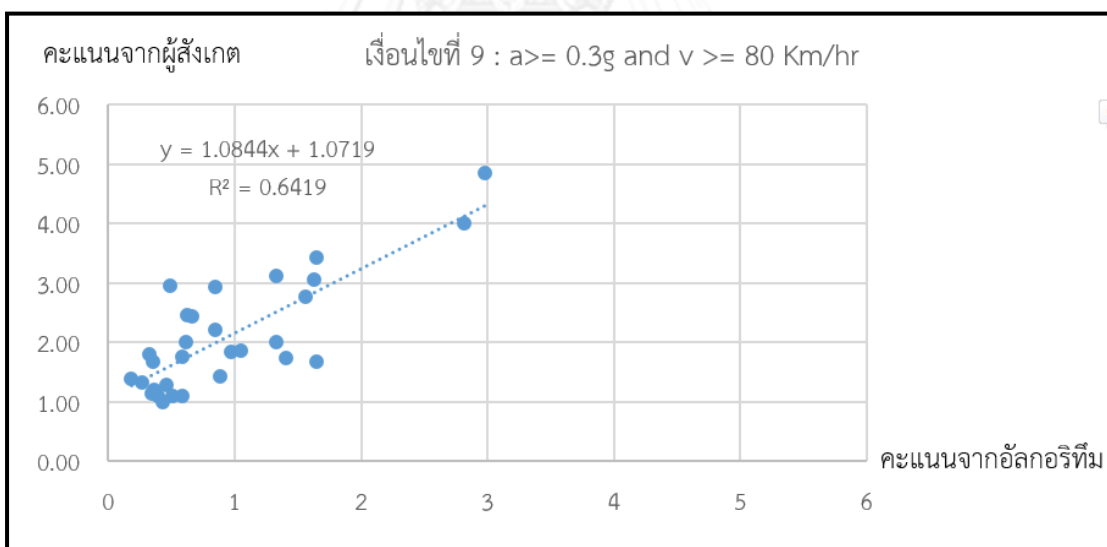
ภาพที่ 57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 6 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต



ภาพที่ 58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 7 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต



ภาพที่ 59 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 8 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต



ภาพที่ 60 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ผลการประเมินจากอัลกอริทึมเงื่อนไขที่ 9 กับผลการประเมินจากผู้สังเกต



ภาคผนวก ซ.
การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



Driver Behavior Detection based On PPP-GNSS Technology

2014-01-2006
 TSAE-14IC-2006
 Published 03/24/2014

Peerapat Phondeenana

Chulalongkorn University

Raksit Thitipatanapong and Sanya Klongnaivai

NAT Electronic & Computer Tech Center

Nuksit Noomwongs and Sunhapos Chantranuwathana

Chulalongkorn University

CITATION: Phondeenana, P., Thitipatanapong, R., Klongnaivai, S., Noomwongs, N. et al., "Driver Behavior Detection based On PPP-GNSS Technology," SAE Technical Paper 2014-01-2006, 2014, doi:10.4271/2014-01-2006.

Copyright © 2014 SAE International and Copyright © 2014 TSAE

Abstract

Driver behavior is one of the most important factors in safe mobility. In general, various driver maneuvers can be determined from acceleration of the vehicle. Physically, the acceleration and brake can be detected with longitudinal acceleration while turning and lane change can be detected with lateral acceleration. Normally, IMU (inertia measurement unit) has been designated to get these data. However, the IMU is not convenience to install in the vehicles especially as aftermarket parts. Nowadays, navigation system technologies have been much improved, both on availability and accuracy with combination of multiple navigation satellite systems. Normally, it's called Multi-GNSS (multiple global navigation satellite system). In particular, the satellite navigation systems available in this work are GPS, GLONASS, and QZSS. With decimeter precision and the update rate scale up to 10-Hz, the GNSS can be a viable alternative for driver behavior detection. In previous studies, it was found that dangerous behaviors such as aggressive lane change required decimeter accuracy from GNSS. Consequently, in this article, the PPP (Precise Point Positioning) technique was applied to develop a behavior detection system. Vehicle maneuvers such as cornering and lane change detected by IMU and Multi-GNSS were collected and compared. The JAVAD Delta TRE_G3TH experimental Multi-GNSS receiver installed on a utility vehicle was used in this work. The navigation data were post-processed with the open source RTKLIB software. On the other hand, the

reference vehicle dynamic measurement system was VBOX 3LSi with integrated IMU. A simple curvature model was proposed and applied to estimate the lateral acceleration. In conclusion, experimental results show that driver behavior detection is feasible with the Multi-GNSS PPP. The results revealed that with PPP solution the estimated lateral acceleration could be manipulated within 10% deviation.

Introduction

The transportation is a key factor in modern lifestyle and vital to economic development especially in developing countries. Mostly, transport activities depend on land vehicles. Safety of these vehicles still relies heavily on the ability of the drivers. In Thailand, the number of death from road related accident was ranked 3rd in the world in 2013.

Root causes of accidents can be categorized into 3 main parts: (1) people, (2) vehicle and (3) road. Many times, the people are key factors in preventing major accidents. With correct precautions, habits and driver experiences, the number of major accidents could be reduced or mitigated. Consequently, it is believed that a driver monitoring system, which sometime called 'vehicle black box,' is a direct and effective way to improve driving behaviors.

Generally, the black box must include a sophisticated inertia measurement unit (IMU) for detecting and monitor the lateral and longitudinal acceleration of the vehicle. However, nowadays, navigation system technologies have been improved significantly. In particular, the Multi-GNSS (global navigation satellite system) improves the availability and accuracy of the positioning data used to evaluate the driver behavior.

Dangerous Driver Behavior

To monitor unsafe driving, the driving maneuvers are broken down into 4 categories which are (1) rapid acceleration, (2) sudden brake, (3) rapid turning and (4) fast lane change [1]. Furthermore, the acceleration and brake can be determined from longitudinal acceleration while the turning and lane change can be measured from lateral acceleration. In addition, the lateral acceleration is vital parameter to monitor the vehicle's tendency to roll-over.

Normally, IMU has been designated to get those data. However, by experiences, the IMU is not convenience to install in the vehicles especially as aftermarket parts. Furthermore, GNSS positioning information can also be used for other purposes such as navigation and monitoring of location based speed limits.

Multi-GNSS

Currently, the navigation system technology has been much improved in both availability and accuracy with combination of multiple navigation satellite systems. Normally, this is called Multi-GNSS. In this work, available satellite navigation systems in the test area were GPS, GLONASS, and QZSS. With precision less than a meter and the update rate up to 10 Hz, the GNSS can be a viable alternative for driver behavior detection.

Detection with Navigation System

Phondeenana, et. al. [2] proposed a way to use the GPS for maneuver detection. The idea was to detect (1) the acceleration and deceleration from velocity and (2) turning and lane-change from heading, with single solution 10-Hz GPS. The maneuver detection tested shown that the accuracy of the detected maneuver was about 75% for (i) acceleration, (ii) deceleration and (iii) turning while only 33% of (iv) lane change was detected.

An advance Multi-GNSS was evaluated [3], the experimental results were divided into (i) cornering and (ii) lane changing, although, the information used was the lateral acceleration but the test results were not accurate. For cornering, the maximum lateral acceleration from SGS (single point solution) deviated just about 2% from the reference IMU while the RTK (real time kinematic solution with reference base) estimated was 5% deviated from the reference IMU. For the lane change, the estimated maximum lateral acceleration from SGS technique

was around 19% deviated from the reference IMU while the RTK technique was about 5% deviation from the reference IMU. The different could be explained that the cornering motion can produce more than 10 meter in displacement which is larger than the accuracy with the single solution (SGS, less than 2 meters). On the other hand, the lane change occurred within a few meters of lateral displacements which required RTK solution accuracy (less than 0.2 meters).

The key to successful lane-change maneuver detection with navigation system is the sub-meter accuracy for estimating the lateral acceleration. In addition, the precise point positioning technique (PPP) might be applied for vehicle detection without needing a base station.

Objectives

To study feasibility of using the Multi-GNSS system to estimate lateral acceleration for lane change detection by using the precise point position (PPP) technique.

Methodologies

Simple Lateral Acceleration Estimation Model

Normally, if the vehicle is considered as a particle, the lateral acceleration (a_c) occurs during cornering as shown as

$$a_{c,GNSS} = \frac{v^2}{r} = v \cdot \omega \quad (1)$$

Where v is the velocity, r is the radius of curvature and ω is the rotational velocity. In general, the cornering vehicle always slip making ω differs from the vehicle's yaw rate. With limitation of GNSS information, in this study the cornering vehicle with no side-slip was assumed. Velocity and rotational velocity can be estimated from the GNSS position data. The estimation procedure was shown in Figure 2.

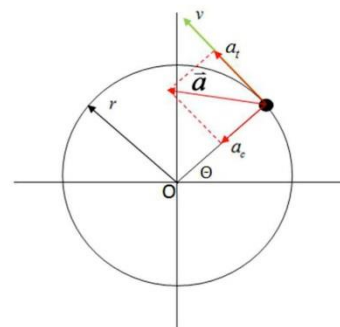


Figure 1. Lateral Acceleration from Cornering Vehicle

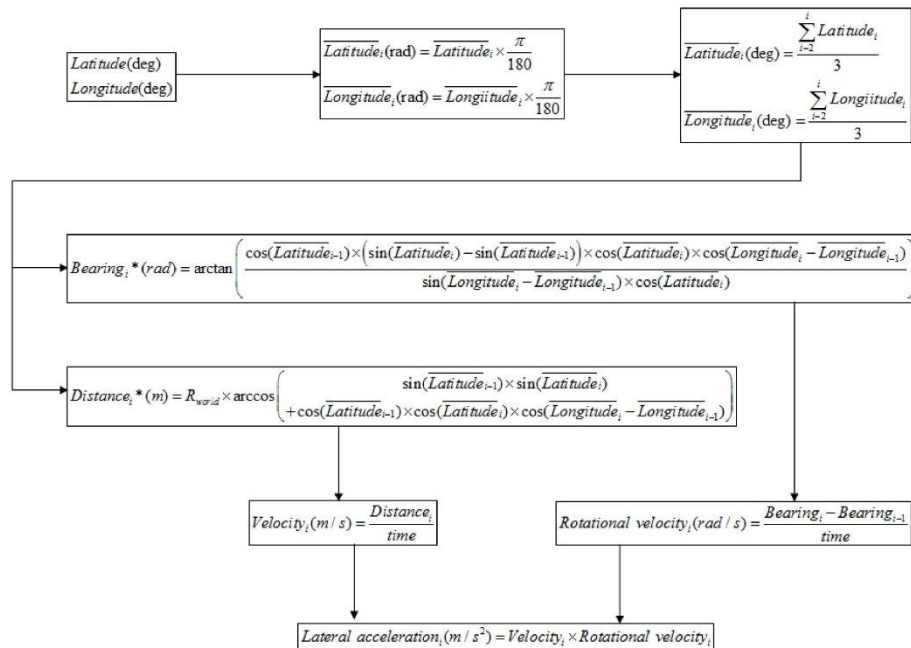


Figure 2. Lateral Acceleration Estimation Flow Chart

Equipment

GNSS Receivers

In this experiment, a GNSS receiver used was a JAVAD DELTA TRE-G3TH [4] shown in Figure 3 and 4. This GNSS receiver can receive multiple satellite signals which are GPS, GLONASS, and QZSS. Detail specifications are shown in Table 1.

Table 1. GNSS receiver specification

JAVAD DELTA-G3T	FW: TRE-G3TH Dual-Frequency, Carrier Phase
Signal Tracked	GPS: C/A, P1, P2, L2C, L5 GLONASS: C/A, L2C, P1, P2, L3 QZSS: C/A, L1C, L2C, L5 SBAS:
Raw Data Recording	10-Hz

Furthermore, the satellite raw data were manipulated with the RTKLIB 2.4.2 software [5]. The software processed the raw navigation messages into positions in both single position mode (SGS) and precise point positioning mode (PPP) with the configurations shown in Table 2. For the PPP solution, dual-frequency navigation messages were processed in real-time without requiring an additional correction data from a base

station as RTK solution in previous study [3]. The static position of SGS and PPP solutions were shown in Figure 5 which illustrated the precision accuracy within submeter.

IMU

VBOX 3iSL was used in this project as a reference as it provides accurate velocity and 3 axis accelerations with integration of IMU (Inertial Measurement Unit) [6].



Figure 3. Vehicle Mount Antenna

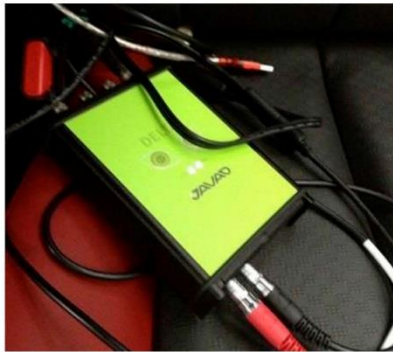


Figure 4. Rover Receiver Unit

Table 2. Navigation Configurations

Setting	SGS	PPP
Positioning Mode	Single	PPP Kinematic
Frequencies/Filter Type	L1/Forward	L1/Forward
Elevations Mask	5°	5°
Ionosphere Correction	Broadcast	Iono-Free LC
Troposphere Correction	Saastamoinen	Estimate ZTD
Satellite Clock	Broadcast	Broadcast
Navigation System	GPS	GPS, GLONASS, QZSS

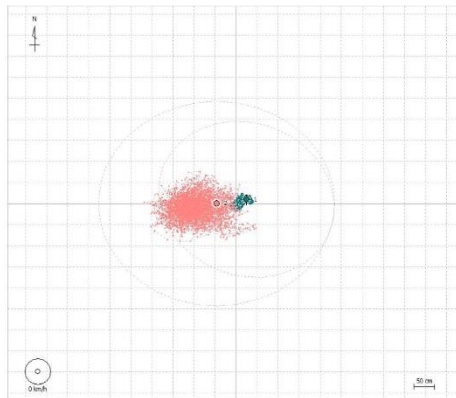


Figure 5. Static Position of SGS (Pink) and PPP (Green)

On-Board Camera

Two on-board cameras [Z] were installed to record all event associated with the test maneuvers, one for the forward view of the vehicle and another for the driver.

Tested Vehicle

The test was performed using a utility vehicle (Figure 6) with the specifications listed in Table 3



Figure 6. Tested Vehicle

Table 3. Test Vehicle Specifications

Specifications	Isuzu Hi-Lander 4-door
Engine	4JK1-TCX, Front Engine, Rear Wheel Drive
Power (kW@rpm)	100@3,600
Torque (N.m@rpm)	320@1,800-2,800
Transmission	5 Speed Automatic
Active Safety	ABS, EBD, ESP, TCS
Front Suspension	Independent double wish-bone with coil springs
Rear Suspension	Solid axle long span leaf-springs
Net Weight (kg)	1,720

Results & Discussions

The tests consisted of 6 cases. The lateral acceleration comparisons between the reference from the IMU and the estimates from conventional single solution (SGS) and proposed PPP solution are shown in Figure 7, Figure 8, Figure 9, Figure 10, Figure 11, Figure 12. In all cases, the PPP solutions further improved the lateral acceleration estimates. To make the comparison simple, the maximum accelerations in each case are shown in Table 4 and plotted in Figure 13. Note that, the Multi-GNSS systems was operated at 10-Hz while the IMU was operated at 100-Hz. To compare the data, both were normalized with a 1-second moving average filter.

It is obvious from [Figure 13](#) that the PPP solution is better with the average error around 10% while it is more than 100% for the SGS. The precision level was relatively same level as the results from RTK solution in previous study [3] without reference base station. It can be concluded that for detection of lane change maneuver the PPP solution is possible.

Conclusions

In this study, the global navigation satellite system (Multi-GNSS) with PPP solution was applied to estimate lateral acceleration needed to detect lane change maneuver. The experiment was performed in the northern area of Bangkok, Thailand with a full range of carrier-phase dual frequency satellite systems including: GPS, GLONASS and QZSS. Precise point positioning solution (PPP) with 10-Hz sampling rate shows that the lateral acceleration estimates were accurate compared to a sophisticated inertia measurement unit (VBOX3Lsi with IMU). In addition, PPP technique did not require the correction data from GNSS base station, it would suitable for vehicle application than RTK technique and single receiver could be operated.

Future Work

Evaluation of PPP solution from the code phase, single frequency receiver with SAIF (Submeter-class Augmentation with Integrity Function, L1S) which is a low cost receiver would be carried out.

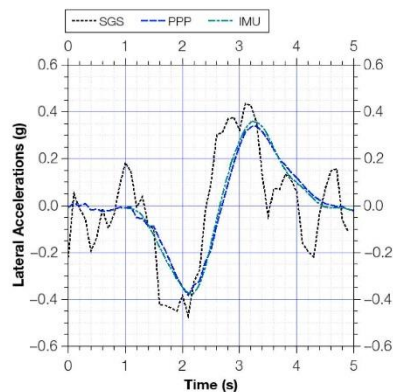


Figure 7. Test Case LC1

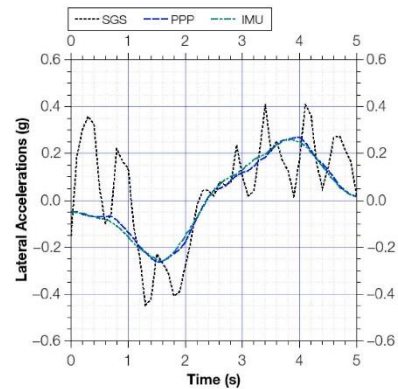


Figure 8. Test Case LC2

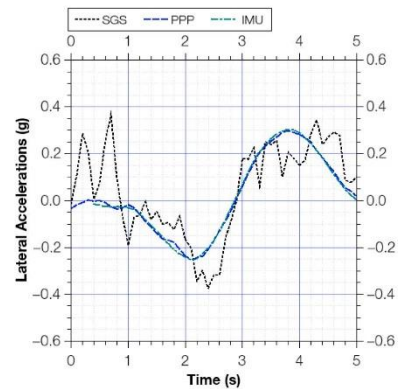


Figure 9. Test Case LC3

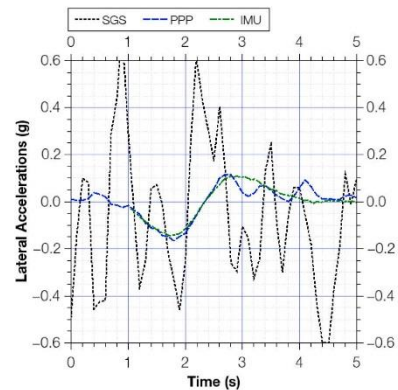


Figure 10. Test Case LC4

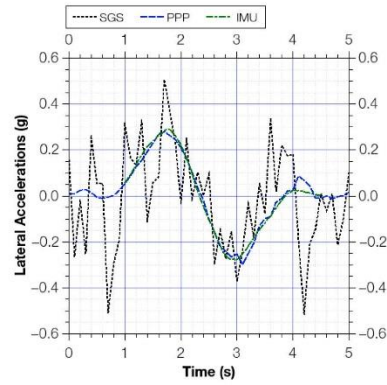


Figure 11. Test Case LC5

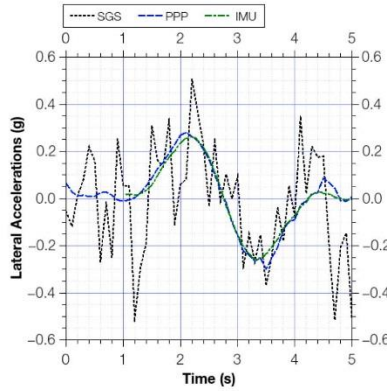


Figure 12. Test Case LC6

Table 4. Maximum Lateral Acceleration Comparison.

Case	IMU(g_{max})	PPP(g_{max})	SGS(g_{max})	%error (PPP)	%error (SGS)
LC1	0.3758	0.3823	0.4708	2%	25%
	0.3589	0.3408	0.4347	-5%	21%
LC2	0.2574	0.2649	0.4455	3%	73%
	0.2608	0.2693	0.4093	3%	57%
LC3	0.2526	0.2541	0.3752	1%	49%
	0.3032	0.2979	0.3713	-2%	22%
LC4	0.1439	0.1661	0.6669	15%	363%
	0.1085	0.1153	0.7101	6%	555%
LC5	0.2904	0.2990	0.5158	3%	78%
	0.2788	0.2800	0.5070	0%	82%
LC6	0.2589	0.2990	0.5158	15%	99%
	0.2615	0.2800	0.5070	7%	94%

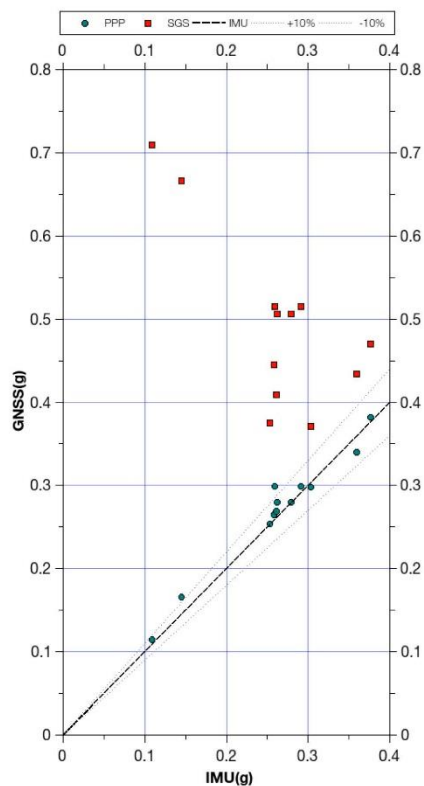


Figure 13. $a_{c,max}$ estimated from PPP and SGS with reference IMU.

References

1. HAN I. and YANG K., "Characteristic Analysis for Cognition of Dangerous Driving Using Automobile Black Boxes," *International Journal of Automotive Technology*, vol. 10, no. 5, pp. 597-605, 2009.
2. Phondeenana P., NOOMWONGS N., CHATRANUWATHANA S. and THITIPATANAPONG R., "Driving Maneuver Detection System Based on GPS Data," in *Future Active Safety Technology Toward Zero Traffic Accidents*, Nagoya, 2013.
3. THITIPATANAPONG R., KLONGNAIVAI S., NOOMWONGS N. and CHATRANUWATHANA S., "Study of Driver Behavior Detection on Vehicle with Satellite Navigation System (in Thai)," in *GEOINFOTECH, GISTDA*, Nonthaburi, Thailand, 2013.
4. "JAVAD DELTA G3T," 2012. [Online]. Available: http://javad.com/downloads/javadgnss/sheets/Delta-G3T_Datasheet.pdf. [Accessed June 2013].
5. TAKASU T., "RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning," 2007. [Online]. Available: <http://www.rtklib.com/>. [Accessed June 2013].
6. "VBOX3i - Dual Antenna," 2013. [Online]. Available: <http://goo.gl/UsT4Z>. [Accessed June 2013].
7. "Video VBOX Pro," 2012. [Online]. Available: <http://goo.gl/klBGR>. [Accessed June 2013].

Contact Information

Raksit Thitipatanapong, M.Sc., B.Eng
 Information Communication & Computing Research Unit
 National Electronic & Computer Technology Center
 112 Thailand Science Park, Pathumtani, 12120, Thailand
raksit.th@nectec.or.th

Acknowledgments

This study was partially supported financially from the National Science & Technology Development Agency's NECTEC-director initiative (Project Grant No. P1202223) and Special Task Force for Activating Research (STAR), Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund, Chulalongkorn University. Also, the GNSS receivers were support from Japan Aerospace Exportation Agency (JAXA) via Multi-GNSS ASIA (MGA) joint experiment program FY2011. Furthermore, The tested vehicle was supported by Smart Mobility Research Center, Chulalongkorn University through a research grant by Tri-Petch Isuzu Sale Co., Ltd..

The Engineering Meetings Board has approved this paper for publication. It has successfully completed SAE's peer review process under the supervision of the session organizer. This process requires a minimum of three (3) reviews by industry experts.

This is a work of a Government and is not subject to copyright protection. Foreign copyrights may apply. The Government under which this paper was written assumes no liability or responsibility for the contents of this paper or the use of this paper, nor is it endorsing any manufacturers, products, or services cited herein and any trade name that may appear in the paper has been included only because it is essential to the contents of the paper.

Positions and opinions advanced in this paper are those of the author(s) and not necessarily those of SAE International. The author is solely responsible for the content of the paper.

ISSN 0148-7191

<http://papers.sae.org/2014-01-2006>



FAST-zero '13

Second International Symposium on
**Future Active Safety Technology
 toward zero-traffic-accident**
 September 22-26, 2013, Nagoya, JAPAN

JSAE 2013

Driving Maneuver Detection System based on GPS Data

Mr. Peerapat Phondeenana, Dr. Nuksit Noomwong*, Asst. Prof. Dr. Sunhapos Chantranuwathana
 Smart Mobility Research Center, Department of Mechanical Engineering, Chulalongkorn University, Thailand

Mr. Raksit Thitipatanapong
 The National Electronics and Computer Technology Center, Thailand

Smart Mobility Research Center, Department of Mechanical Engineering,
 Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,
 Phaya Thai Road, Wang Mai, Pathum Wan,
 Bangkok, Thailand 10330
 (E-mail: Nuksit.N@eng.chula.ac.th)

ABSTRACT: Driving behavior rating is an interesting subject relating to improving road safety. The rating may be used to monitor driver behavior or giving feedback to the driver. To give ratings, it is believed that driving maneuvers must first be identified then the rating is given for each maneuver. In this work, a method for classify the driving maneuvers automatically using GPS data are presented along with an experimental data. The driving maneuver considered in this work are acceleration, deceleration, turning, and lane changing. Each driving behavior is defined by the characteristic data such as velocity and heading angle. The algorithm for classification was created and was checked for reliability.

KEY WORDS: Driving Maneuver Classification, Driving behavior

1. Introduction

The number of traffic accident in Thailand in 2011 from the Royal Thai Police shows that there were 9,060 deaths, 21,170 injuries and the total economic loss was about 610 million baht. Although the rate of accident is decreasing but it is still one of the leading cause of death in Thailand. In any accident, driving behavior usually play an important role so understanding of driving behavior and proposing systems to influent the driver behavior are important for decreasing traffic accident. The system can be in the form of inspection or monitoring of inappropriate driving behavior. From [1], it is concluded that there are 4 cases of driving maneuver which are the most influenced factor for traffic accident. Those factors are sudden acceleration, sudden deceleration, sudden turning, and sudden lane change. Furthermore, by analyzing acceleration and yaw rate of a vehicle from sensors, driving maneuver can be distinguished and dangerous driving maneuver can be identified. In this research GPS data will be used to identify the maneuvers. In the future, these maneuvers will be rated and the driver rating will be calculated. It is our believe that this rating can be used for monitoring of driving behavior and give driver feedback of their driving behavior which will help to decrease the number of accident.

2. The driver monitoring system

The driver monitoring system can be divided into 3 parts, which are collecting, classification, and rating. This section explains the methodology for each part.

2.1. Collecting of data

In recent year, usages of satellite GNSS receiver have increased in many ways [2]. GNSS is widely used for navigation system in car and mobile phone. GNSS raw data can be calculated for speed and acceleration which has potential to use in driver monitoring system. Currently, there are a number of GNSS systems such as the GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, and SBAS. Using multiple systems (so-called multi-GNSS system) can improve the availability of the position data.

In terms of improving accuracy of the system for our driver monitor system, we have found that using only the GPS data has only a small loss of accuracy compared to the multi-GNSS system. As such, this work will be based on the GPS data. In particular, our recent studies [3] have shown that the acceleration calculated from the GPS data and from the multi-GNSS data has only a smaller difference as shown in Figure 1. In Figure 1, four acceleration data were plotted. The first one is the acceleration data calculated from the GPS+GLONASS data using the Vbox3LSi hardware. The second and third lines are recorded with the multi-GNSS data of GPS, GLONASS, QZSS, and SBAS using JAVAD, GrAnt receiver with Delta G3T. However, the Sigma ground station was used for the second line. The fourth line was from Venus 638 FL Px-L device. Furthermore, the last three line were post-processed using the open source RTKLIB package. The first line was measured with 100Hz and 100 points moving average is used while the other three lines are measured at 10Hz and 10 points moving average is used.



FAST-zero '13

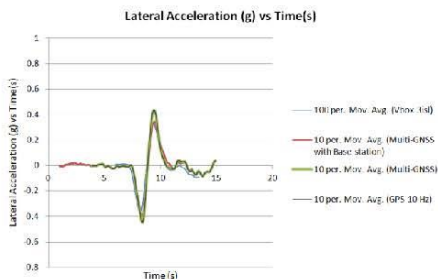


Figure 1 Comparison of acceleration calculated from various hardware

2.2. Classification of data

In one trip driving, there are many consecutively execute driving maneuver. It is desirable that various maneuver be identified for further analysis or rating. For example the driver drives across the intersection that has a stop sign. The driver has to decrease the velocity to stop, wait for a while and then increase the velocity to pass the intersection. From this example there are three driving maneuver which are deceleration, stopping, and acceleration respectively. In this case, frequent high level of deceleration and acceleration may be considered as inappropriate behavior. In this work, the position data is used to calculate velocity and heading angle of vehicle with equation (1) and (2) for classification that will be explained in a more detail in the subsequence section.

$$velocity(m / s) = \frac{position2 - position1}{time2(s) - time1(s)} \quad (1)$$

$$Heading \ angle \ (deg) = \arctan\left(\frac{V_y}{V_x}\right) \quad (2)$$

Where V_x means Velocity in x-axis

V_y means Velocity in y-axis

In this research, velocity and heading angle is used to classify the driving behavior as acceleration, deceleration, turning and lane changing.

2.3. Rating of data

To adjust driving behavior, the driver has to know how good or bad he or she drives. Rating data in the form of score is an interesting method that can show how the driving is. The parameter that used to rate is velocity and acceleration based on what kind of driving maneuver. There should also be some threshold of each driving behavior as a reference criteria [5][6].

The rating method, however, will be conducted in the future for the driver monitoring system.

3. Classification driving maneuver

This research classifies and defines the driving maneuver by velocity and heading angle. There are acceleration, deceleration, turning, and lane change. After that the definition of driving maneuver was evaluated by detection program which has algorithm related to velocity and heading angle of vehicle.

3.1. Acceleration

This research defines that acceleration as an event that the car is moving while the velocity of the car is increasing. Heading angle is rather constant. The 10Hz data of acceleration according to the definition are shown in the Figure 2. The top curve (red line) is 10 points moving average for 10 Hz velocity data and the bottom blue line is 10 points moving average for 10 Hz heading angle data.

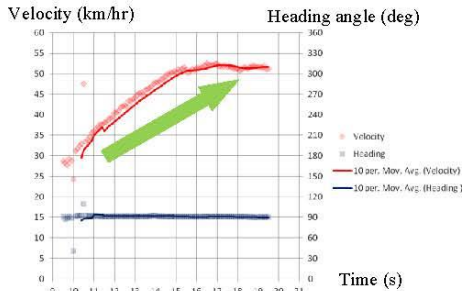


Figure 2 10Hz acceleration data

3.2. Deceleration

This research defines that deceleration as an event that the car is moving while the velocity of the car is decreasing. Heading angle is rather constant. The 10Hz data of deceleration according to the definition are shown in the figure 3. The top curve (red line) is 10 point moving average for 10 Hz velocity data and the bottom curve (blue line) is 10 point moving average for 10 Hz heading angle data.

3.3. Turning

This research is interested in turning in a few kind of curve by using heading and time to define characteristic of curve. This research defines that turning is an event that the car is moving while heading of the car is changing significantly.



3.3.1. J-turn

This research classifies the J-turn as one type of turning. This research defines that a J-turn is a turn that the different of heading angle at the beginning and the end of the curve is approximately equal to 90 degree. The 10Hz data of J-turn according to the definition are shown in the Figure 4. The top curve (red line) is 10 points moving average for 10 Hz velocity data and the bottom blue line is 10 points moving average for 10 Hz heading angle data of J-turn. The top (yellow) circle of the Figure 6 shows the position data of the J-turn.

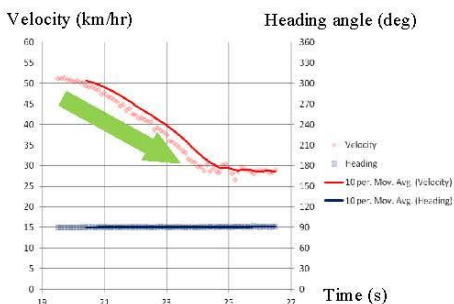


Figure 3 10Hz deceleration data

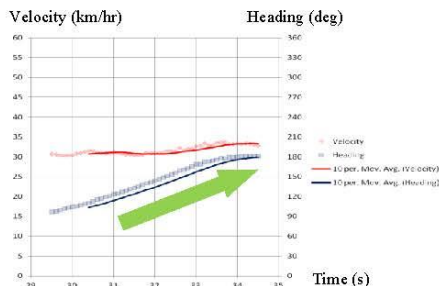


Figure 4 10Hz J-turn data

3.3.2. U-turn

This research classified a U-turn as one type of turning. This research defines that U-turning is a turn that the different of heading angle at the beginning and the end of the curve is approximately equal to 180 degree. The 10Hz data of U-turn according to the definition are shown in the Figure 6. The bottom red line is 10 point moving average for velocity 10 Hz data and the top blue curve is 10 point moving average for the U-turn. There are some swings of 10Hz data for a duration of second so

the trend line is not according to the definition. The bottom circle of the Figure 7 shows the position data of the U-turn.

3.4. Lane changing

This research defines that lane changing is an event that the car is moving while the heading of the car is also changing. However, when the change in heading stop, the maneuver is defined as lane change if the different between heading angle at the beginning and at the end is small. The 10Hz data of lane changing are shown in the Figure 7. The characteristic of velocity and heading of the car is according to the definition. The 10Hz data of lane changing according to the definition are shown in the Figure 8. The top red line is 10 point moving average

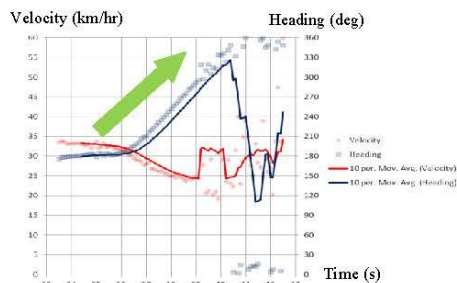


Figure 5 10Hz U-turn data



Figure 6 J-turn and U-turn plotted position data



of velocity 10 Hz data and the bottom blue curve is 10 points moving average of heading angle for Lane changing. The orange circle of the Figure 8 shows the position data of the Lane changing.

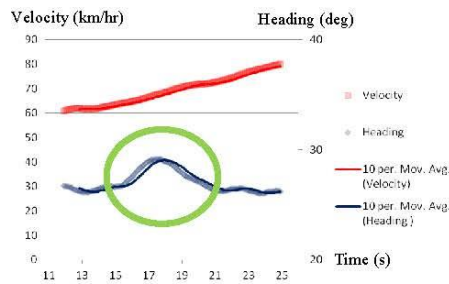


Figure 7 10Hz lane changing data



Figure 8 Lane changing plotted position data

From the individual definition and characteristic of velocity, heading angle of each driving maneuver, the relation between each maneuver and parameter can be rewritten as Table 1.

Table 1 Relation between driving behavior and parameter

	Velocity	Heading angle	Different of Heading at start and stop
Acceleration	Increase	constant	0
Deceleration	Decrease	constant	0
Lane changing	Not identified	change	small
Turning	Not identified	change	Not small

4. Algorithm for maneuver classification

This research create a command code in MatLab. Although the parameter that used to classify driving behavior are velocity and heading angle, there are some other parameters such as the number of satellite which should not be neglected because the number of satellite relates to reliability of GPS data.

4.1. Driving maneuver classification algorithm

For more understanding of the driving behavior classification. The flow chart of algorithm is shown in figure 9

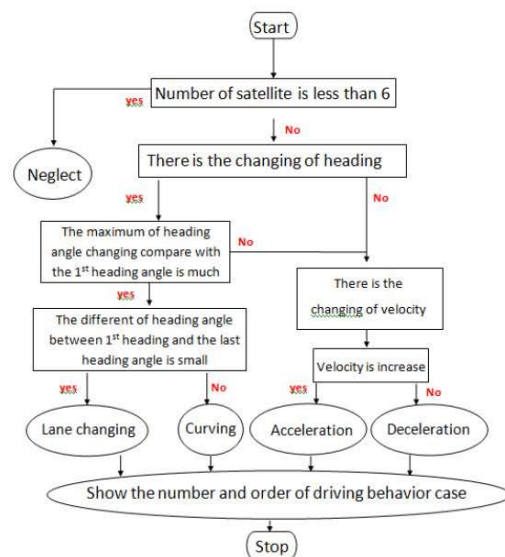


Figure 9 Flow chart of algorithm

The algorithm will neglect the data if that data was corrected when the time that there is the number satellite is less than 6.

5. The algorithm evaluation

This research develops the algorithm that can detect driving maneuver. First, The data of the car was recorded by Racelogic VBOX GPS data loggers, IMU, VBOX video data loggers. The number of real driving maneuver that occurred should be investigated. The number of driving maneuver was counted while the video was playing and the data is shown in the same time. Then, 100Hz raw data from Race logic device was detected by algorithm for driving maneuver. The result of evaluation is shown as table 2. The method this research use to comparing the real occurred and detected driving maneuver is to match a



FAST-zero '13

detected driving maneuver in the time that driving maneuver occurred. The duration of the reliable of a detected driving maneuver must be 80-120% of the duration of real occurred driving maneuver.

Table 2 Evaluation results

	No. of Occurred event	No. of reliable detected	Sensitivity%	False Detecting Rate%
Acceleration	32	28	87.5	0.00
Deceleration	31	27	87.1	3.2
Lane changing	1	1	100 ¹	0.00
Turning	3	2	66.7	123.3 ²

¹ the number of lane changing occurred is too low so there is not false detecting rate.

² the false detecting rate are too high because of sensitivity of the algorithm. The algorithm detected some acceleration and deceleration in the duration of some big curve.

6. Discussion

The error of driving maneuver detection is occurred because of many reasons. This topic explains the reason with some example

6.1. Satellite signal

The velocity and heading angle of the car is converted from position data by the dynamic formula with no slip condition as shown in Eq.1 and 2. The position data is obtained from the GPS receiver which convert GPS signal into position data. But the signal quality depends on atmosphere and environment. Signal blocking can occur from the atmosphere, high building, bridge and tree etc. The multi GNSS device that this research use to receive the signal from satellite is mounted on the top of the car with a magnetic. This research find the problem of the signal in sometime like the car drive pass a high building or high bridge. The poor quality signal affect to the calculating that get the unreal velocity and heading angle. Although algorithm solve this problem by detecting a number of satellite. If a number of available satellite is below 6 the data in that period will not be considered in the algorithm. However, there are still some error occur. Figure 10 shows example of inaccurate position data due to poor GPS signal

6.2. Algorithm

The algorithm was created with many conditions to detect the driving maneuver. Each condition was decided by comparing the data of car with threshold that should be adjust for more reliable of algorithm.

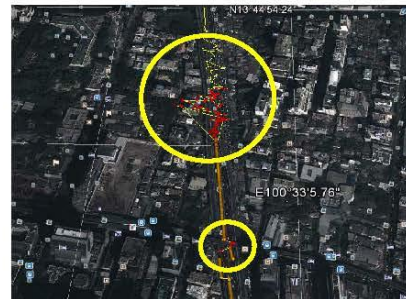


Figure 10 Example of inaccurate position data due to poor GPS signal

6.2.1 Acceleration and Deceleration

In the duration that the velocity of the car is increasing or this research defines acceleration, trend of velocity is also increase but because of high frequency so there is a swing of data. That means there are many little deceleration while the velocity of the car seem increase. The algorithm can detect not only little deceleration but also little acceleration but the driver or observer can not detect. The swinging of velocity data is shown in Figure 11. So the velocity data should be smoothed before detection. Because of there is no constant acceleration or deceleration, so the group of consecutively acceleration or deceleration is detected as one acceleration or one deceleration that has constant velocity change with the assumption of the car is moving with a constant acceleration and deceleration. The detection error is occurred because the algorithm is sensitive to velocity changing. The method to reduce this kind of error is to develop the condition that can classify the change pattern of velocity.

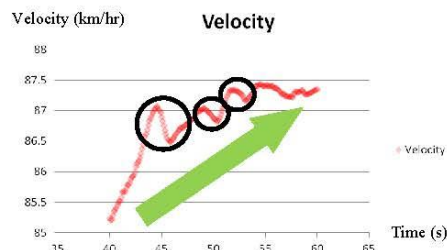


Figure 11 Example of swinging velocity data

6.2.2 Lane changing

Different drivers may has many different driving habit. Some of them has the habit that occurred because of slow decision. Imagine that the driver want to change a lane. A driver steers a steering wheel while there is a car in another lane that has high



FAST-zero '13

velocity in the same time. Immediately, a driver steers a steering wheel to change the heading of the car back into the old lane. And the lane changing is not complete. From this example, it is plausibly to believe that the error of lane changing will appear. That wrong detected lane changing is the event that can lead or not lead to an accident. From Figure 12, the car NO.3 can not change lane because the car NO.2 in the middle lane drive with high velocity. In another hand, the car No.1 driver usually steers a steering wheel although the driver do not want to change the lane. The two detected small curving that has acceleration or deceleration in the middle is detected as lane changing because of sensitivity of algorithm.

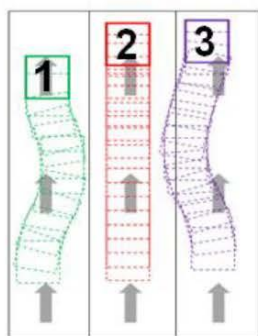


Figure 13 Example of Lane changing driving habit

6.2.3 Turning

The path of road has a significant effect to the algorithm. When a car passes a short bent with high radius of curvature, the driver and passenger will feel that the road is rather straight but not for algorithm, Figure 13. So that the error of turning detection occur. However, from the test result, the wrong detected turning is not a turning that is dangerous driving maneuver.



Figure 13 A short bent with high radius of curvature

7. CONCLUSION

Algorithm for driving maneuver detection is developed and evaluated based on usage of parameter such as velocity and heading angle. The result of algorithm evaluation showed that algorithm can detect the driving maneuver with some error that should be decrease by more algorithm developing. In the next step, the part for score rating each detected driving maneuver will be added to algorithm. Using of monitoring driving behavior will improve driving skill and decrease the risk of unsafe driving

References

- (1) I. Han and K. S. Yang : Characteristic Analysis for Cognition of Dangerous Driving using Automotive Black Boxes, Volume: 10, Issue, p. 597-605 (2009)
- (2) Google. Understanding the Global Positioning System (GPS) [Online] Available from : <http://www.montana.edu/gps/understd.html>. [2012, Nov 13]
- (3) P. Chayvidh , T. Tanat and W. Natt : "Development of Vehicle Safety Driving Evaluation System by using Multi-GNSS Satellites", ME Chulalongkorn university seni or project 2012, Bangkok Thailand (pdf in Thai)
- (4) Wikipedia. World Geodetic System [Online] Available from : https://en.wikipedia.org/wiki/World_Geodetic_System [2013, May 8]
- (5) Thomas D.Gillespie : Fundamentals of Vehicle Dynamics .400 Commonwealth Drive Warrendale, PA 15096-0001 : Society of Automotive Engineers, Inc. , (1992)
- (6) Zhaohui Wu, Yanfei Liu, and Gang Pan : A Smart Car Control Model for Brake Comfort Based on Car Following. Tue 9 Apr 2013

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพีรพัศ ผลดีนานา นิสิตภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เกิดวันที่ 2 มกราคม พ.ศ.2535 เกิดที่กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาระดับอุดมศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2555 ประสบการณ์การทำงาน อาชีพพบริกร ร้านอาหาร Siam garden และ Thai town เมืองฟอร์ท วอลตัน บีช รัฐฟลอริดา ประเทศอเมริกา ขณะเรียนปี 3 ได้ฝึกงานกับ บริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน)

ผลงานทางวิชาการ

สัมมนาวิชาการระดับนานาชาติในประเทศ

The 10th International Conference on Automotive Engineering (ICAE-10) Challenger, Impact Muang Thong Thani, Bangkok

Driver Behavior Detection based On PPP-GNSS Technology

Peerapat Phondeenana, Chulalongkorn University; Raksit Thitipatanapong, Sanya Klongnaivai, NAT Electronic & Computer Tech Center;

Dr.Nuksit Noomwongs, Asst.Prof. Dr. Sunhapos Chantranuwathana, Chulalongkorn University

สัมมนาวิชาการระดับนานาชาติต่างประเทศ

The second international symposium on Future Active Safety Technology toward zero traffic accidents (FAST-zero '13) Nagoya University, Japan, September 22-26, 2013.

Driving Maneuver Detection System based on GPS Data

Mr.Peerapat Phondeenana, Dr.Nuksit Noomwong, Asst.Prof. Dr. Sunhapos Chantranuwathana, Chulalongkorn University, Thailand

Mr.Raksit Thitipatanapong, The National Electronics and Computer Technology Center, Thailand



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY