# ระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถควบคุมพฤติกรรมการขับขี่ให้เป็นไปตามกฎจราจร

# A CAR NAVIGATOR WITH INTEGRITY ENFORCEMENT OF TRAFFIC REGULATIONS ON THE CAR DRIVING BEHAVIORS


สรานุพงศ์ หนูยิ้มซ้าย

SARANPONG NOOYIMSAI


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถคุมพฤติกรรมการขับขี่ให้เป็นไปตามกฎจราจร

# A CAR NAVIGATOR WITH INTEGRITY ENFORCEMENT OF TRAFFIC REGULATIONS ON THE CAR DRIVING BEHAVIORS

สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย

SARANPONG NOOYIMSAI

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 74852
วัน,เดือน,ปี 11 ต.ค. 2550

.b 11829862
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2550

# A CAR NAVIGATOR WITH INTEGRITY ENFORCEMENT OF TRAFFIC REGULATIONS ON THE CAR DRIVING BEHAVIORS

SARANPONG NOOYIMSAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN COMPUTER ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

**บัณฑิตวิทยาลัย**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**

---

**หัวข้อวิทยานิพนธ์** ระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถคุมพฤติกรรมการขับขี่ให้เป็นไปตามกฎจราจร
A Car Navigator with Integrity Enforcement of Traffic Regulations on the Car Driving Behaviors

**นักศึกษา** นายสราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย

**รหัสประจำตัว** 45061221

**ปริญญา** วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

**สาขาวิชา** วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** ผศ.ดร.วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ

| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ | | ลายมือชื่อ |
|---|---|---|
| รศ.ดร.เอื้อน | ปิ่นเงิน | |
| ผศ.เกียรติกูล | เจียรนัยธนะกิจ | |
| ดร.ศุภกร | สิทธิไชย | |
| รศ.ดร.ศุภมิตร | จิตตะยโศธร | |
| ผศ.ดร.วิศิษฏ์ | หิรัญกิตติ | |

**วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ** 30 พฤษภาคม 2550 เวลา 10.30-12.30 น.

**สถานที่สอบ** ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-403)

**บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว**

**(รศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข)**

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

**วันที่**....28.....**เดือน**....สิงหาคม....**พ.ศ**....2550....

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | ระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถคุมพฤติกรรมการขับขี่ให้เป็นไปตามกฎจราจร |
| **นักศึกษา** | นายสราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย |
| **รหัสนักศึกษา** | 45061221 |
| **ปริญญา** | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ |
| **พ.ศ.** | 2550 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** | ผศ.ดร.วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ |

# บทคัดย่อ


วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการคิดค้นระบบนำร่องรถยนต์แบบใหม่ที่สามารถคุมพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับให้เป็นไปตามกฎจราจร โดยระบบสามารถเตือนหรือกระทั่งลงโทษผู้ขับเมื่อมีพฤติกรรมขับรถที่ฝ่าฝืนกฎจราจร ซึ่งกำหนดโดยเครื่องหมายจราจรที่อยู่ตามจุดต่างๆ บนท้องถนน การทำงานของระบบเริ่มจากส่วนนำร่องคอยเฝ้าติดตามรู้ตำแหน่งรถด้วยเครื่องรับ GPS ซึ่งทำหน้าที่บอกพิกัดตำแหน่งปัจจุบันของรถ แล้วนำพิกัดดังกล่าวมาแปลความหมายเป็นพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับส่งให้ส่วนคุมเข้มกฎจราจรทำการตรวจสอบการกระทำผิดกฎจราจรและทำการลงโทษหากทราบว่าผู้ขับขี่ได้ฝ่าฝืนกฎจราจร ซึ่งในการแปลความหมายเป็นพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับนั้น เราใช้หลักวิเคราะห์โครงสร้างเส้นทางและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้รหัสลูกโซ่ 16 ทิศ ซึ่งทำให้ทราบว่ารถมีการเคลื่อนที่ในลักษณะเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา หรือกำลังกลับรถ ฯลฯ

นอกจากนี้ในการวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรและลงโทษนั้น เราได้ประยุกต์ใช้หลักการวินิจฉัยกฎในรูป If-Then ซึ่งเป็นการตรวจสอบ Integrity Constraint ที่รู้จักกันในสาขา Deductive Databases

ระบบนำร่องที่พัฒนาขึ้นเราได้นำไปทดสอบโดยให้รถที่ติดตั้งระบบ วิ่งทดสอบในพื้นที่กรุงเทพมหานคร บริเวณเขตลาดกระบัง สะพานสูง ประเวศ คลองสามวา และมีนบุรี ระบบสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมรถ ตรวจสอบการกระทำผิดกฎจราจรของผู้ขับขี่รวมทั้งมีการลงโทษผู้ขับขี่ในลักษณะต่างๆ กันได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพ

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | A Car Navigator with Integrity Enforcement of Traffic Regulations on the Car Driving Behaviors |
| **Student** | Mr. Saranpong Nooyimsai |
| **Student ID.** | 45061221 |
| **Degree** | Master of Engineering |
| **Program** | Computer Engineering |
| **Year** | 2007 |
| **Thesis Advisor** | Asst. Prof. Dr. Visit Hirankitti |

## ABSTRACT

This thesis proposes a new approach for car navigation with traffic regulation enforcement and punishment on driver's driving behaviors. The navigator can warn the driver when he is going to violate a traffic regulation, usually referred to by a traffic sign on the roads, or even punish him if he has done so. The navigator operates by: first the navigation part continuously observes the car positions supplied by a GPS receiver; the positions are then interpreted as car behaviors which are later passed to the regulation enforcement and punishment part to check against the traffic regulations spatially relevant to the current car position. This part would issue a warning when the driver is going to violate some regulations, or even punish him when he has done so. This system is based on an agent architecture, If-Then rule inference, and integrity constraint checking borrowed from deductive databases.

The car driving behaviors of driver was interpreted using the principle of route and direction structure of car movement with 16 direction of chain code. This result indicates movement behaviors of car, such as turn left, turn right and u-turn the car. The principle of If-Then rule inference and integrity constraint in deductive databases is employed for investigating a violation of a traffic regulation.

We test this car navigator by installing it in a car and driving the car in some areas of Bangkok, such as Ladkrabang, Sapansoong, Klongsamva, and Meanbury. We have found that the navigator can correctly and efficiently identify the driver's driving behaviors that violate the traffic regulation and penalize the driver accordingly

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผศ.ดร.วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกทราบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านสำหรับคำแนะนำและข้อเสนอแนะ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ที่สุด

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาและบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

ขอขอบคุณ คุณปิยะ วงศ์วิวรรธน์ จากสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยางอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องรับสัญญาณ GPS เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นตอนการทำงานของระบบเครื่องรับสัญญาณ GPS

ขอขอบคุณนายเกียรติศักดิ์ คิวขุนทด จากห้องวิจัยการสื่อสารและคมนาคมชาญฉลาด ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับคำแนะนำเทคนิคต่างๆ อันมีค่ายิ่งในการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนในห้องวิจัยการสื่อสารและคมนาคมชาญฉลาด ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ รวมทั้งให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... II

กิตติกรรมประกาศ ..... III

สารบัญ ..... IV

สารบัญตาราง ..... VIII

สารบัญรูป ..... IX

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา ..... 2

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา ..... 2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย ..... 2

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการที่มีผู้เสนอมาแล้ว ..... 3

1.6 ขอบเขตการวิจัย ..... 3

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา ..... 3

1.8 ภาพรวมของวิทยานิพนธ์ ..... 4

1.9 ประโยชน์ที่เกิดจากงานวิจัยนี้ ..... 4

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 6

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูลแผนที่ดิจิตอล ..... 6

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับระบบนำร่อง ..... 7

2.3 ความแตกต่างของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้ ..... 8

บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย ..... 9

3.1 ระบบแผนที่ ..... 9

3.1.1 แผนที่ดิจิตอล ..... 9

3.1.2 ระบบพิกัดบนแผนที่ ..... 11

3.1.3 การคำนวณระยะทางบนแผนที่ ..... 12

3.1.4 ระยะทางระหว่างจุดสองจุดบนแผนที่ ..... 12

3.1.5 ระยะทางระหว่างจุดถึงเส้นตรง ..... 12

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า


3.2 การระบุพิกัดตำแหน่งภาคพื้นดินด้วยดาวเทียมจีพีเอส ..... 13
3.2.1 ระบบระบุตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอส ..... 14
3.2.2 หลักการทำงานของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ..... 18
3.2.3 ความคลาดเคลื่อนในการใช้งานจีพีเอส ..... 20
3.2.4 มาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลจีพีเอส ..... 21
3.3 ระบบผู้เชี่ยวชาญ ..... 22
3.3.1 การแทนความรู้ด้วยกฎ ..... 23
3.3.2 โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ ..... 25
3.3.3 เทคนิคการอนุมาน ..... 28
3.3.4 เทคนิคการอนุมานแบบการวินิจฉัยไปข้างหน้า ..... 29
3.3.5 เทคนิคการอนุมานแบบการวินิจฉัยย้อนหลัง ..... 30
3.3.6 การเลือกใช้เทคนิคการอนุมาน ..... 32
3.4 การกำกับความถูกต้องของข้อมูลในฐานข้อมูล ..... 33
3.4.1 รูปแบบทั่วไปของการกำกับความถูกต้องของข้อมูล ..... 33
3.4.2 การกำกับความถูกต้องของข้อมูล ..... 34

บทที่ 4 โครงสร้างของระบบ ..... 37
4.1 โครงสร้างรวมของระบบนำร่อง ..... 37
4.2 ส่วนระบบนำร่อง ..... 38
4.2.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้ของระบบนำร่อง ..... 38
4.2.2 ส่วนวินิจฉัยระบบนำร่อง ..... 39
4.2.3 ส่วนวิเคราะห์พฤติกรรมรถ ..... 39
4.2.4 ฐานความรู้แผนที่และเครื่องหมายจราจร ..... 42
4.3 ส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร ..... 43
4.3.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้ของการตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร ..... 43
4.3.2 ส่วนเฝ้าติดตามพฤติกรรมรถ ..... 43
4.3.3 ส่วนวินิจฉัยกฎ ..... 44
4.3.4 ฐานความรู้ที่ใช้ในการคุมเข้มกฎจราจร ..... 45

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า


บทที่ 5 การแทนความรู้ ..... 47

5.1 การแทนความรู้แผนที่ ..... 47

5.1.1 การแทนจุดตำแหน่งบนแผนที่ ..... 48

5.1.2 การแทนเส้นเชื่อมต่อจุดบนถนน ..... 49

5.1.3 การแทนถนนบนแผนที่ ..... 50

5.2 การแทนความรู้เครื่องหมายจราจร ..... 51

5.2.1 การแทนเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด (Point) ..... 51

5.2.2 การแทนเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นเส้น (Line) ..... 52

5.2.3 การแทนเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่ (Area) ..... 54

5.3 การแทนความรู้กฎจราจร ..... 56

5.4 การแทนความรู้กฎการลงโทษ ..... 60

บทที่ 6 การทำงานของส่วนวินิจฉัย ..... 62

6.1 การวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจร ..... 62

6.2 การวินิจฉัยการลงโทษผู้กระทำผิดกฎจราจร ..... 64

บทที่ 7 ผลการทดลอง ..... 66

7.1 การทดลองข้อมูลแผนที่และเครื่องหมายจราจร ..... 67

7.1.1 การแสดงผลชั้นข้อมูลต่าง ๆ ของแผนที่ ..... 67

7.1.2 การแสดงผลข้อมูลเครื่องหมายจราจร ..... 68

7.2 การทดลองวิเคราะห์พฤติกรรมรถ ..... 70

7.3 การทดลองการวินิจฉัยการฝ่าฝืนกฎจราจร ..... 78

7.4 การทดลองวินิจฉัยการลงโทษ ..... 80

บทที่ 8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ..... 83

8.1 สรุปผล ..... 83

8.2 ปัญหาและแนวทางในการพัฒนา ..... 84

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง ..... 85

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ ..... 87

ประวัติผู้เขียน ..... 106

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

7.1 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถ ..... 71
7.2 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวซ้ายซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง ..... 73
7.3 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวขวาซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง ..... 75
7.4 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการกลับรถซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง ..... 77
7.5 ผลการทดสอบการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจร ..... 78
7.6 ผลการทดสอบการวินิจฉัยการลงโทษ ..... 80

# สารบัญรูป

รูปที่ หน้า


3.1 ตัวอย่างแผนที่ดิจิตอลจากโปรแกรม Map point Asia ..... 10
3.2 ข้อมูลของแผนที่แบบราสเตอร์ และแบบเวคเตอร์ ..... 11
3.3 ตัวอย่างของแผนที่แบบราสเตอร์ และแบบเวกเตอร์ ..... 11
3.4 ระบบพิกัดทางเลขาคณิตและพิกัดบนแผนที่ ..... 12
3.5 การคำนวณระยะห่างระหว่างจุดและเส้นตรงกับจุด ..... 13
3.6 องค์ประกอบหลักของระบบ จีพีเอส ..... 14
3.7 แสดงรหัสและคลื่นวิทยุที่ส่งจากดาวเทียมจีพีเอส ..... 15
3.8 ดาวเทียม NAVSTAR ..... 16
3.9 สถานีควบคุมภาคพื้นดิน ..... 17
3.10 การใช้ประโยชน์ของดาวเทียมระบบจีพีเอส ..... 18
3.11 การรับสัญญาณจากดาวเทียม 4 ดวง ..... 19
3.12 ความคลาดเคลื่อนในการใช้งานจีพีเอส ..... 20
3.13 กฎสำหรับการขับรถยนต์เมื่อเจอสัญญาณไฟจราจร ..... 23
3.14 ไวยากรณ์ของกฎ ..... 24
3.15 การระบุออบเจ็กต์ให้เป็นชนิดตัวเลขและการกำหนดค่า ..... 25
3.16 ออบเจ็กต์ชนิดตัวเลขและการแสดงเครื่องหมายหรือสูตรการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ..... 25
3.17 กฎที่ใช้แทนสิ่งต่าง ๆ ..... 26
3.18 รูปแบบระบบการผลิต ..... 26
3.19 โครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญแบบรูลเบส ..... 27
3.19 โครงสร้างที่สมบูรณ์ของระบบผู้เชี่ยวชาญ ..... 28
3.20 วัฏจักรการทำงานแบบ match-fire ของกลไกอนุมาน ..... 28
3.21 ตัวอย่างของลำดับการอนุมาน ..... 29
3.22 ตัวอย่างการทำงานของการวินิจฉัยไปข้างหน้า ..... 30
3.23 ตัวอย่างการทำงานของการวินิจฉัยย้อนหลัง ..... 31
3.23 รูปแบบทั่วไปของกฎของการกำกับความถูกต้องของข้อมูล ..... 33
4.1 โครงสร้างของระบบ ..... 37
4.2 แสดงการเคลื่อนที่ของรถจาก $P_1$ ไป $P_2$ ..... 39
4.3 แสดงค่ามุมสำหรับรหัสลูกโซ่ 16 ทิศ ..... 40
4.4 แสดงการเบี่ยงเบนของรหัสลูกโซ่ ..... 41

# สารบัญรูป(ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.5 การวิเคราะห์ค่าเบี่ยงเบน | 41 |
| 4.6 แสดงจุด เส้น และถนน | 42 |
| 4.7 พฤติกรรมของรถที่แปลงเป็นประโยคในโปรล็อค | 43 |
| 4.8 ตัวอย่างพฤติกรรมของรถที่แปลเป็นประโยคในโปรล็อค | 44 |
| 5.1 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลแผนที่ | 47 |
| 5.2 แสดงจุด เส้นและถนนในแผนที่ | 48 |
| 5.3 รูปแบบของพรีดีเขต “point” | 48 |
| 5.4 ตัวอย่างพรีดีเขต “point” | 49 |
| 5.5 รูปแบบของพรีดีเขต “path” | 49 |
| 5.6 ตัวอย่างพรีดีเขต “path” | 49 |
| 5.7 รูปแบบของพรีดีเขต “road” | 50 |
| 5.8 ตัวอย่างพรีดีเขต “road” | 50 |
| 5.9 เครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด | 51 |
| 5.10 รูปแบบของพรีดีเขต “point_sign” | 52 |
| 5.11 ตัวอย่างของพรีดีเขต “point_sign” | 52 |
| 5.12 เครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นเส้น | 53 |
| 5.13 รูปแบบของพรีดีเขต “line_sign” | 53 |
| 5.14 ตัวอย่างของพรีดีเขต “line_sign” | 54 |
| 5.15 เครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่ | 54 |
| 5.16 รูปแบบของพรีดีเขต “area_sign” | 55 |
| 5.17 ตัวอย่างของพรีดีเขต “area_sign” | 55 |
| 5.18 กฎในรูปของอิมพลิเคชั่น | 56 |
| 5.19 กฎที่สื่อความหมายให้เป็นการกระทำที่ผิดตามกฎ | 56 |
| 5.20 ตัวอย่างกฎจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด | 57 |
| 5.21 ตัวอย่างกฎจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นเส้น | 57 |
| 5.22 ตัวอย่างกฎจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่ | 57 |
| 5.23 ตัวอย่างกฎจราจรที่มีผลต่อเวลา | 58 |
| 5.24 ตัวอย่างกฎจราจรที่มีผลต่อความเร็วของรถ | 58 |
| 5.25 ตัวอย่างกฎจราจรที่มีผลต่อประเภทของรถ | 59 |

# สารบัญรูป(ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

5.26 รูปแบบของประโยคที่ระบุถึงการกระทำผิดกฎจราจร ..... 59
5.27 ตัวอย่างประโยคที่ระบุถึงการกระทำผิดกฎจราจร ..... 60
5.28 ตัวอย่างกฎการลงโทษผู้ขับขี่ ..... 61
6.1 ขั้นตอนการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจร ..... 62
6.2 แสดงการส่งผ่านของฐานความรู้ขณะที่ทำการวินิจฉัย ..... 63
6.3 ขั้นตอนการวินิจฉัยการลงโทษ ..... 64
6.4 โปรแกรมภาษาโปรล็อคที่ใช้ในการวินิจฉัยกฎ ..... 65
7.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดลอง ..... 66
7.2 การแสดงผลข้อมูลแผนที่ ..... 67
7.3 การแสดงผลข้อมูลเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด ..... 68
7.4 การแสดงผลข้อมูลเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นเส้น ..... 69
7.5 การแสดงผลข้อมูลเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่ ..... 69
7.6 ลักษณะการวิ่งรถทดสอบเพื่อวิเคราะห์หาพฤติกรรมรถ ..... 70
7.7 ทดสอบการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวซ้าย ..... 72
7.8 ทดสอบการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวขวา ..... 72
7.9 ทดสอบการวิเคราะห์พฤติกรรมการกลับรถ ..... 73
7.10 ระบบแจ้งเตือนเมื่อผู้ขับขี่ทำผิดกฎจราจร ..... 79
7.11 แสดงการลงโทษโดยการบันทึกคะแนนการขับขี่ ..... 81
7.12 แสดงการลงโทษให้มีการฝึกอบรม 3 ชั่วโมง ..... 82

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาจราจรนับได้ว่าเป็นปัญหาสำคัญของประเทศชาติ สืบเนื่องจากเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบให้เกิดความเสียหายอย่างร้ายแรงหลายด้านด้วยกัน เช่น ด้านมลพิษสิ่งแวดล้อม ด้านการสูญเสียพลังงาน สังคม เป็นต้น ซึ่งถ้าตีค่าความเสียหายเหล่านี้เป็นมูลค่าความเสียหายทางธุรกิจก็นับว่า ในแต่ละปีประเทศไทยมีค่าความเสียหายนับหลายล้านบาท จ ากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการเสนอวิธีการแก้ปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบด้วยกัน และการที่มีระบบนำร่องรถยนต์มาใช้งานในปัจจุบันนั้น ทำให้สามารถบรรเทาปัญหาจราจรได้ทางหนึ่ง เพราะระบบนำร่องรถยนต์นี้จะช่วยทำให้รถยนต์ที่ต้องเสียเวลาอยู่บนท้องถนนลดลง เนื่องจากสาเหตุของการหลงทาง หรือไม่ชำนาญเส้นทาง โดยเฉพาะเส้นทางในเมืองใหญ่ อย่าง กรุงเทพมหานครฯ ที่นับเป็นพื้นที่ ที่มีปัญหาเรื่องสภาพการจราจรที่หนาแน่น และเนื่องจากปัญหาจราจรไม่ได้เกิดจากความหนาแน่นของรถยนต์เพียงอย่างเดียวนั้น การขับขี่รถยนต์ที่ผิดวินัยและการไม่เคารพกฎจราจรอย่างเคร่งครัดก็เป็นปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่ง ทั้งยังก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ขับขี่เองและต่อผู้อื่นอีกด้วย

จากปัญหาจราจรที่เกิดจากการขับขี่ที่ไม่เคารพกฎจราจรของผู้ขับนั้น ระบบนำร่องรถยนต์ที่ชาญฉลาดควรจะมีความสามารถในการตรวจสอบพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับให้เป็นไปตามกฎจราจรด้วย ซึ่งระบบนำร่องที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้สามารถที่จะทำการแจ้งเตือนล่วงหน้าได้ว่าข้างหน้ามีเครื่องหมายจราจรใดเพื่อที่ผู้ขับขี่จะได้เตรียมที่จะทำตามคำสั่งของเครื่องหมายจราจรนั้น และยังสามารถที่จะตรวจสอบพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับว่าพฤติกรรมการขับขี่ปัจจุบันของผู้ขับเป็นการฝ่าฝืนกฎจราจรใดหรือไม่ หากระบบตรวจสอบได้ว่าผู้ขับขี่มีพฤติกรรมการขับขี่ที่ฝ่าฝืนกฎจราจรที่ทำการตรวจสอบได้ ระบบก็จะทำการแจ้งให้ผู้ขับขี่ทราบถึงการฝ่าฝืนกฎจราจรนั้นและทราบถึงการลงโทษที่จะได้รับด้วย

ในวิทยานิพนธ์นี้จะอธิบายถึงการสร้างระบบดังกล่าวซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับคือ ระบบนี้จะเป็นระบบที่แสดงเส้นทางวิ่งของรถบนแผนที่ มีการแสดงข้อมูลของเครื่องหมายจราจรประเภทต่างๆ มีการเตือนล่วงหน้าว่ามีเครื่องหมายจราจรใดบ้างที่รถกำลังเคลื่อนที่ไปถึง ระบบสามารถตรวจสอบพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับได้ว่ามีการฝ่าฝืนกฎจราจรใดหรือไม่ รวมทั้งมีการแจ้งเตือนถึงโทษที่จะได้รับเมื่อผู้ขับที่ได้ทำการฝ่าฝืนกฎจราจรไปแล้ว

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถคุมพฤติกรรมการขับขี่ให้เป็นไปตามกฎจราจร

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงการนำข้อมูลพิกัดตำแหน่งจากจีพีเอส (GPS) มาทำการวิเคราะห์และแปลความหมายเป็นพฤติกรรมของรถ เพื่อนำพฤติกรรมของรถที่ตรวจสอบได้ในปัจจุบันไปวินิจฉัยร่วมกับกฎจราจรเพื่อระบุถึงการฝ่าฝืนกฎจราจรของผู้ขับ

1.2.3 เพื่อศึกษาถึงรูปแบบของเครื่องหมายจราจรแบบต่าง ๆ แล้วนำมาแทนเป็นฐานความรู้เครื่องหมายจราจร โดยศึกษาถึงประเภท ลักษณะการกำหนดตำแหน่งของเครื่องหมายที่อยู่บนท้องถนน

1.2.4 เพื่อศึกษาถึงข้อกำหนดของกฎจราจรที่มีผลต่อเครื่องหมายจราจรประเภทต่าง ๆ และที่มีผลต่อพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับ

## 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1.3.1 สมมติว่าในระบบแผนที่ ที่ใช้ในการวิจัยนอกจากจะมีข้อมูลถนนแล้วยังมีข้อมูลของเครื่องหมายจราจรประเภทต่าง ๆ ประกอบด้วย

1.3.2 เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสที่ใช้ต้องมีค่าความผิดพลาดต่ำ หากใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสที่มีความผิดพลาดสูงจะส่งผลให้การวิเคราะห์พฤติกรรมของรถมีความผิดพลาดตามไปด้วย

1.3.3 ในการหาพฤติกรรมของรถที่ใช้ในการวิจัยเป็นการวิเคราะห์หาพฤติกรรมพื้นฐานของรถเช่นการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ตรงไป และกลับรถ ซึ่งไม่ละเอียดถึงการเลี้ยวที่ระบุเป็นองศา

1.3.4 กฎจราจรที่ใช้เป็นกฎจราจรที่ไม่รวมถึงการฝ่าฝืนสัญญาณไฟ

1.3.5 ในการทดลองได้ทดลองกับแผนที่ดิจิตอลในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครฯ แต่สามารถใช้กับแผนที่ดิจิตอลพื้นที่อื่น ๆ ได้

1.3.6 พิกัดจากเครื่องรับจีพีเอสที่ใช้ในงานวิจัยเป็นพิกัดมาตรฐานแบบ UTM เนื่องจากมีการใช้กันแพร่หลายในระบบนำร่องรถยนต์โดยทั่วไป และพิกัดดังกล่าวสามารถใช้ในการคำนวณหาระยะทางได้ง่าย

## 1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

มีการนำหลักการวิเคราะห์โครงสร้างรหัสลูกโซ่ 16 ทิศ มาใช้ในการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถเพื่อให้ได้คำตอบของการวิเคราะห์ว่ารถกำลังมีพฤติกรรมเป็นอย่างไร ได้แก่ เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า กลับรถ หรือรถอยู่กับที่

มีการนำเอาหลักการการแทนความรู้ในรูปแบบตรรกศาสตร์ในปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent) มาใช้แทนความรู้แผนที่ ความรู้เครื่องหมายจราจร ความรู้กฎจราจร ร่วมกับหลักการวินิจฉัยความรู้

## 1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการที่มีผู้เสนอมาแล้ว

ระบบนำร่องรถยนต์โดยทั่วไป มักมีหน้าที่หลักในการแนะนำเส้นทางการเดินทางให้แก่ผู้ขับขี่ว่าควรไปในเส้นทางใดจากตำแหน่งรถในปัจจุบัน เพื่อนำทางให้ผู้ขับขี่ไปถึงจุดหมายด้วยความรวดเร็วและถูกต้อง ซึ่งจะเป็นการแก้ปัญหาจราจรได้ในระดับหนึ่งในส่วนที่ช่วยในการกระจายความหนาแน่นของรถบนท้องถนน ทำให้ผู้ขับขี่ถึงจุดหมายปลายทางได้รวดเร็วขึ้น แต่ระบบนำร่องที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ นอกจะจากทำให้ถึงจุดหมายปลายทางด้วยความรวดเร็วแล้วยังสามารถควบคุมการขับขี่ของผู้ขับให้ทำตามกฎจราจรได้อีกด้วย ซึ่งจะเป็นการลดการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนได้ทางหนึ่ง

## 1.6 ขอบเขตการวิจัย

1.6.1 แผนที่ดิจิตอลที่ใช้ในการวิจัย เป็นแผนที่แบบเวคเตอร์ ขนาดมาตราส่วน 1:4000 ครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานครฯ บริเวณเขตลาดกระบัง สะพานสูง ประเวศ คลองสามวา และมีนบุรี พื้นที่ประมาณ 400 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยถนนสายหลัก ขอบถนน ทางด่วน สถานที่ต่างๆ

1.6.2 เครื่องหมายจราจรที่นำมาพิจารณาเป็นเครื่องหมายจราจรประเภทป้าย ขอบทางและบนพื้นถนน

1.6.3 กฎจราจรที่นำมาพิจารณาจะเป็นกฎที่มีผลต่อเครื่องหมายจราจรประเภทต่าง ๆ ตามข้อ 1.6.2 รวมทั้งมีผลต่อความเร็วรถ คุณสมบัติของรถ เวลาของรถ และประเภทของรถ

1.6.4 กฎจราจรที่ใช้เป็นกฎจราจรที่มีอยู่ในปัจจุบันแต่ถ้ามีการเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงกฎก็จะต้องทำการแก้ไขในส่วนของฐานความรู้กฎ และไม่ครอบคลุมไปถึงกฎจราจรอื่นๆ ที่ไม่สามารถนำมาแทนในรูปของฐานความรู้เช่น การเปลี่ยนแปลงของไฟจราจร

## 1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

1.7.1 ศึกษาและออกแบบฐานความรู้แผนที่ ด้วยการแทนความรู้ที่เกี่ยวกับแผนที่ โดยใช้ตรรกศาสตร์

1.7.2 ศึกษาและออกแบบฐานความรู้เครื่องหมายจราจรประเภทต่างๆ

1.7.3 ศึกษาและออกแบบฐานความรู้กฎจราจรที่มีผลต่อเครื่องหมายจราจร คุณสมบัติของรถ ความเร็ว เวลาของรถ และประเภทของรถ

1.7.4 ศึกษาเครื่องรับจีพีเอส การทำงานของเครื่อง และการเชื่อมต่อจีพีเอสเข้ากับระบบ

1.7.5 ศึกษาการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถจากข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่รับมาจากจีพีเอสทุกๆ ขณะ

1.7.6 ศึกษาการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรและกฎการลงโทษ

## 1.8 ภาพรวมของวิทยานิพนธ์

ภาพรวมของวิทยานิพนธ์ประกอบด้วย 8 บทดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมุติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งประกอบไปด้วย งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผนที่ดิจิตอล งานวิจัยเกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูลแผนที่ดิจิตอล งานวิจัยเกี่ยวกับระบบนำร่องแบบต่าง ๆ

บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ ที่นำมาใช้ประกอบในการวิจัยได้แก่ ระบบแผนที่ การระบุพิกัดตำแหน่งภาคพื้นดินด้วยดาวเทียมจีพีเอส ระบบผู้เชี่ยวชาญ และการกำกับความถูกต้องของข้อมูล เป็นต้น

บทที่ 4 โครงสร้างของระบบนำร่อง จะกล่าวถึงโครงสร้างและการทำงานของระบบนำร่อง โดยรวมว่าประกอบไปด้วยการทำงานหลักใดบ้าง

บทที่ 5 การแทนความรู้ จะกล่าวถึงวิธีการแปลงจากข้อมูลให้เป็นฐานความรู้ต่าง ๆ ได้แก่ ฐานความรู้แผนที่ ฐานความรู้เครื่องหมายจราจร ฐานความรู้กฎจราจร และกฎการลงโทษ

บทที่ 6 การทำงานของส่วนวินิจฉัย กล่าวถึงการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรและการวินิจฉัยการลงโทษว่ามีขั้นตอนในการวินิจฉัยอย่างไร

บทที่ 7 ผลการทดลอง กล่าวถึงผลการทดลองการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถ การวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจร การวินิจฉัยการลงโทษ

บทที่ 8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ กล่าวถึงสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ปัญหาและแนวทางในการพัฒนา

## 1.9 ประโยชน์ที่เกิดจากงานวิจัยนี้

1.9.1 ได้หลักการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถเพื่อตรวจสอบว่าการขับขี่ของผู้ขับมีการทำผิดกฎจราจรหรือไม่

1.9.2 มีการคิดค้นวิธีการลงโทษผู้ที่ขับขี่ผิดกฎจราจรอย่างอัตโนมัติ

1.9.3 สามารถนำไปพัฒนาเป็นยานพาหนะอัจฉริยะที่สามารถคุ้มครองความปลอดภัยของผู้ขับอย่างอัตโนมัติ

# บทที่ 2
# งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการวิจัยที่เกี่ยวกับแผนที่ดิจิตอล การค้นหาเส้นทางบนแผนที่และระบบนำร่อง หลายงานวิจัย ในที่นี้ขอนำมาอธิบายเฉพาะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ดังนี้

## 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูลแผนที่ดิจิตอล

ผลงานวิจัยของ Morisue [9] เป็นการวิจัยเพื่อหาวิธีการแสดงผลตำแหน่งของรถที่วิ่งบนเส้นทางวิ่งบนถนนให้ตรงกับตำแหน่งของแผนที่ดิจิตอลที่มีอยู่ งานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้เทคนิคที่เรียกว่า map-match เพื่อทำให้เกิดการเข้าคู่กัน (Match) กันระหว่างตำแหน่งของรถที่รับเข้ามากับแผนที่ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องบอกพิกัดตำแหน่งที่เรียกว่า dead reckoning ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้วิธีการเปรียบเทียบความเร็วที่เปลี่ยนไปในการระบุพิกัดตำแหน่ง จากหลักการนี้ทำให้การแสดงตำแหน่งของรถบนแผนที่ได้ถูกต้องมากขึ้น

ผลงานวิจัยของ ประภากร ลาภประสพ วิศิษฎ์ หิรัญกิตติ และชม กิ้มปาน[3]เสนอระบบแผนที่ชาญฉลาด ซึ่งเป็นระบบฐานความรู้แผนที่ ที่มีความสามารถในการให้ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับแผนที่ และการนำแผนที่มาใช้ในการวางแผนการเดินทาง โดยระบบแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกใช้สำหรับสอบถามข้อมูลจากความรู้แผนที่ซึ่งข้อมูลมีทั้งแบบ Static ได้แก่ข้อมูลถนน แม่น้ำ ส่วนข้อมูลแบบ Dynamic จะเป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงง่าย สำหรับส่วนที่ 2 เป็นส่วนสำหรับวินิจฉัยเพื่อให้ได้ความรู้อื่น นอกเหนือจากที่มีในฐานความรู้แผนที่ ได้แก่เส้นทางการเดินทาง งานวิจัยนี้ได้ใช้หลักการทางด้านปัญญาประดิษฐ์ในการเอาข้อมูลถนนมาแทนความรู้เป็นฐานความรู้

ผลงานวิจัยของ Nobuaki Ohmori [10] ได้กล่าวถึงการนำจีพีเอส มาทำงานร่วมกับระบบฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) โดยพัฒนาระบบรวบรวมข้อมูลขึ้นมา แล้วนำข้อมูลที่เก็บได้มาวิเคราะห์หาความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการเดินทางในแต่ละวันบนถนนสายต่าง ๆ โดยการพัฒนาระบบรวบรวมข้อมูลนั้น จะทำการใช้ GIS และ GPS เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook PC) เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการเดินทางของยานพาหนะที่อยู่ภายในเมืองแต่ละท้องถิ่น หลังจากได้ข้อมูลมาแล้วจะทำการสรุปวิธีในการจัดเก็บข้อมูลที่ได้จาก GPS บนฐานข้อมูล GIS แล้วมาทำการวิเคราะห์หาความแตกต่างของเวลาในการเดินทางและความเร็วที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน แล้วนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการวางแผนการเดินรถในชุมชนเมือง ซึ่งก็จะเป็นการแก้ปัญหาจราจรในชุมชนเมืองได้ในที่สุด

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับระบบนำร่อง

ปัจจุบันนับได้ว่ามีงานวิจัยเกี่ยวกับระบบนำร่องในหลาย ๆ รูปแบบด้วยกันเพื่อวัตถุประสงค์ในการอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการขับขี่ของผู้ขับขี่ยานพาหนะ รวมทั้งเป็นการแก้ปัญหาจราจรได้อีกทางหนึ่งด้วย ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ดังนี้

งานวิจัยของ ประภากร ลาภประสพ[4] เสนอระบบนำร่องรถยนต์ชาญฉลาดที่สามารถนำร่องรถยนต์ให้ไปถึงจุดหมายที่ใช้เวลาเดินทางน้อยที่สุด โดยจะถือเอาช่วงเวลาในการเดินทางที่มีสภาพการจราจรต่างๆ กันมาร่วมในการพิจารณานำร่องสู่จุดหมาย ในงานวิจัยนี้ได้ใช้จีพีเอสมาเป็นประโยชน์ในการนำร่อง การวางแผนเส้นทางและการวางแผนเส้นทางใหม่ ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีปัญหาจราจรได้ ทั้งยังสามารถวิเคราะห์หาเส้นทางและตำแหน่งของรถบนถนนที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของรถและพิกัดที่รับเข้ามาจากจีพีเอส โดยอาศัยหลักการรู้จำเส้นทางมาใช้ในการเดาและเลือกเส้นทางบนแผนที่ที่รถกำลังวิ่ง ซึ่งในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถนั้นเพื่อให้ทราบว่ารถเคลื่อนที่ไปในลักษณะใด โดยจะใช้รหัสลูกโซ่ 16 ทิศในการวิเคราะห์ แล้วนำผลของการเคลื่อนที่มาเปรียบเทียบกับเส้นทางบนแผนที่ ทำให้การระบุตำแหน่งของรถกับแผนที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับตำแหน่งจริงรวมทั้งทำให้ทราบว่ารถกำลังเคลื่อนที่อยู่บนถนนเส้นใด ซึ่งจะมีผลต่อการวินิจฉัยนำร่องรถยนต์

งานวิจัยของ Dejan Mitrovic [11] ได้กล่าวถึงการนำ GPS มาช่วยในการสนับสนุนผู้ขับขี่ในเรื่องของการนำร่องรถยนต์ โดยการนำเอาลักษณะการขับขี่ (Pattern) ของผู้ขับขี่ซึ่งเป็นข้อมูลจำนวนมากมาเก็บเอาไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ และอาศัยเทคนิคในลักษณะที่เป็นปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent) มาใช้ โดยการเปรียบเทียบประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วในฐานข้อมูล กับประสบการณ์ใหม่หรือรูปแบบใหม่ที่จะเกิดขึ้นในแต่ละวัน และนำมาประมวลผลตรวจสอบความแตกต่างระหว่างสัญญาณที่เกิดขึ้นจริงกับสัญญาณที่เกิดจากการคาดการณ์และความแตกต่างที่จะเกิดต่อ ๆ ไป แล้วนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการสร้างระบบสนับสนุนการนำร่องต่อไป สำหรับในการคาดการณ์ล่างหน้านั้นงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคทางด้าน Neural Networks มาช่วยในการคาดการณ์ ซึ่งจากการที่มีความสามารถในการคาดการล่วงหน้าได้นั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดเด่นที่สามารถเรียนรู้การเดินทางในแต่ละวันและสามารถปรับแผนการเดินทางให้ได้หากระบบตรวจสอบพบว่า เส้นทางเดิมมีแนวโน้มของระยะเวลาการเดินทางที่มากขึ้น

งานวิจัยของ Jun Miura [8] นำเสนอระบบนำร่องรถยนต์ที่สนับสนุนผู้ขับขี่โดยจะให้ข้อมูลในการตัดสินใจการขับขี่ให้ปลอดภัย โดยจะทำการแนะนำว่าควรจะชะลอความเร็วเมื่อระบบตรวจสอบพบว่ามีสิ่งกีดขวางข้างหน้าหรือรถคันหน้าชะลอความเร็วหรือไม่ นอกจากนี้ระบบยังสามารถแนะนำได้ว่าควรทำการแซงหรือไม่หากรถคันหน้าวิ่งช้าในขณะที่เลนขวาว่างอยู่ ซึ่งใช้เทคนิคการประมวลผลภาพที่รับเข้ามาจากกล้องวีดีโอที่ติดตั้งอยู่รอบตัวรถ

## 2.3 ความแตกต่างของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้

จากการเปรียบเทียบหลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวกับระบบนำร่องแบบต่าง ๆ จะพบว่าระบบนำร่องรถยนต์โดยส่วนใหญ่มักเน้นในเรื่องของการพยายามทำให้มีระยะเวลาการเดินทางน้อยที่สุดเพื่อให้ถึงจุดหมายโดยเร็วที่สุดโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อนำมาแก้ปัญหาจราจร ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาจราจรขึ้นนั้น เกิดจากการขับขี่ยานพาหนะที่ฝ่าฝืนกฎจราจร ซึ่งไม่เพียงแต่จะสร้างความเดือดร้อนและอันตรายให้กับผู้อื่นแล้ว ยังเป็นอันตรายกับตนเองด้วย ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้เสนอระบบนำร่องรถยนต์ที่ชาญฉลาดที่นอกจากนำร่องให้ผู้ขับขี่ไปถึงปลายทางด้วยความถูกต้องและรวดเร็วแล้ว ยังสามารถทำให้ผู้ขับขี่ควบคุมรถด้วยความปลอดภัยด้วย ซึ่งระบบนำร่องในงานวิทยานิพนธ์นี้เป็นการเพิ่มความสามารถให้ระบบนำร่องทั่วไปมีความฉลาดมากขึ้นในด้านการตรวจสอบและคุมเข้มพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับให้เป็นไปตามกฎจราจรซึ่งรวมไปถึงการตักเตือนและลงโทษเมื่อมีการกระทำผิดได้ด้วย

# บทที่ 3
# ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย ซึ่งเนื้อหาประกอบด้วย ทฤษฎีระบบแผนที่ การระบุพิกัดตำแหน่งภาคพื้นดินด้วยดาวเทียมจีพีเอส ทฤษฎีระบบผู้เชี่ยวชาญ และทฤษฎีการบังคับความถูกต้องของข้อมูลในฐานข้อมูล โดยรายละเอียดของแต่ละทฤษฎีมีดังนี้

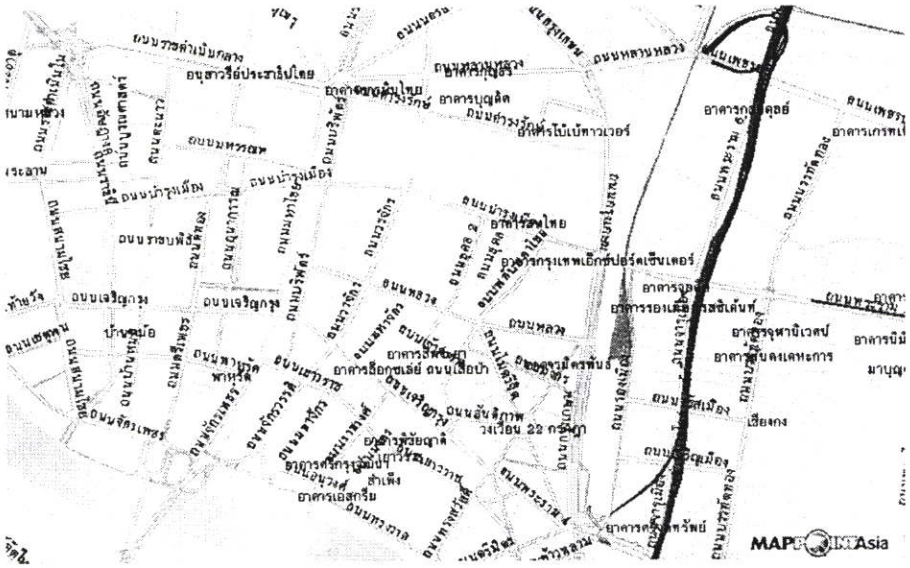
## 3.1 ระบบแผนที่

แผนที่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือแผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic map) และแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) โดยแผนที่เฉพาะเรื่องนี้เป็นแผนที่ที่มีองค์ประกอบอื่น ๆ เข้ามามาก ส่วนแผนที่ภูมิประเทศจะเป็นแผนที่ที่เน้นแสดงสภาพทางภูมิศาสตร์โดยเฉพาะ สำหรับวิทยานิพนธ์นี้จะขออธิบายเฉพาะแผนที่เฉพาะเรื่องที่จะนำมาใช้ในการวิจัยดังต่อไปนี้

แผนที่เฉพาะเรื่อง คือแผนที่ที่แสดงรายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ต้องการนำเสนอ โดยทำการแปลงข้อมูลเหล่านั้นให้เป็นเครื่องหมายแผนที่เสียก่อน แล้วนำไปพิมพ์ซ้อนทับลงบนแผนที่ฐาน ตามตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลนั้นๆ ซึ่งประกอบไปด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และแผนที่ฐาน (Base map)ในการทำแผนที่นี้เมื่อเตรียมการเสร็จแล้วจะทำการพิมพ์ลงบนกระดาษ (Paper map) สำหรับปัญหาของแผนที่แบบกระดาษคือ ถ้ามีการเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลจะไม่สามารถแก้ไขข้อมูลในเวลาสั้นๆได้ จะต้องทำการพิมพ์แผนที่ออกมาใหม่ทั้งหมด ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ปัจจุบันนี้ได้ทำการดัดแปลงแผนที่เฉพาะเรื่อง มาจัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ มีการแสดงผลโดยการวางซ้อนทับกับฐานข้อมูล การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลนี้จะทำได้ดีกว่าแผนที่กระดาษ เพราะว่าสามารถเลือกดูชั้นข้อมูลที่จำเป็นเท่านั้น ทำให้เข้าใจง่ายกว่าแผนที่กระดาษ

### 3.1.1 แผนที่ดิจิตอล

แผนที่ดิจิตอล (Digital map) หรือแผนที่เชิงตัวเลข เป็นแผนที่ที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล และมีการจัดเก็บข้อมูลของแผนที่ให้อยู่ในรูปของข้อมูลคอมพิวเตอร์ ซึ่งข้อมูลคอมพิวเตอร์จะทำการจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างของแผนที่ดิจิตอลแสดงในรูปที่ 3.1 แผนที่ดิจิตอลแบ่งตามการจัดเก็บออกเป็น 2 แบบคือ แบบราสเตอร์และแบบเวกเตอร์

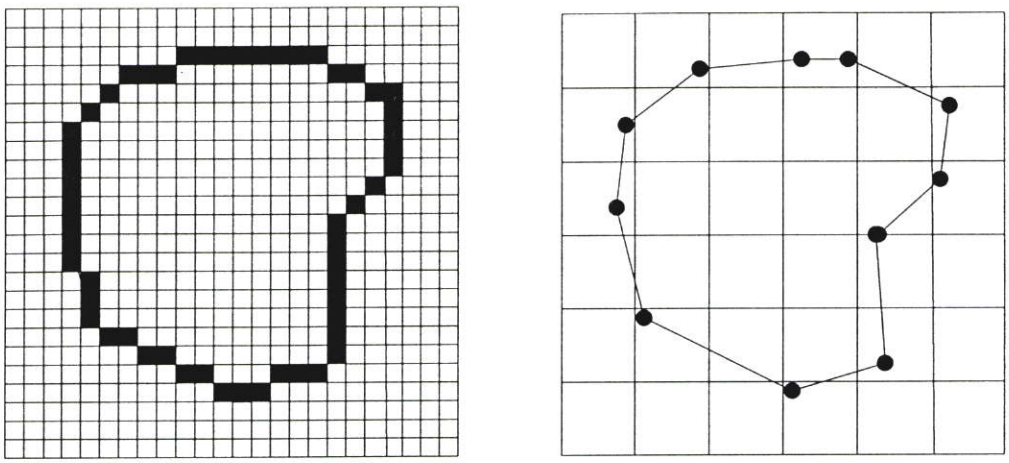



**รูปที่ 3.1** ตัวอย่างแผนที่ดิจิตอลจากโปรแกรม Map point Asia

แผนที่แบบราสเตอร์ หมายถึงแผนที่ที่มีการจัดเก็บและแสดงผลในรูปของจุดภาพ การสร้างแผนที่แบบนี้ทำได้โดยรับภาพแผนที่จากแผนที่กระดาษผ่านทางเครื่องสแกนภาพ ซึ่งวิธีการสแกนภาพเป็นการนำรูปภาพทั้งรูปเข้าไปเก็บไว้ในลักษณะของจุดภาพ ซึ่งการแก้ไขจะทำได้ยาก รวมทั้งใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บมาก และไม่สามารถคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้

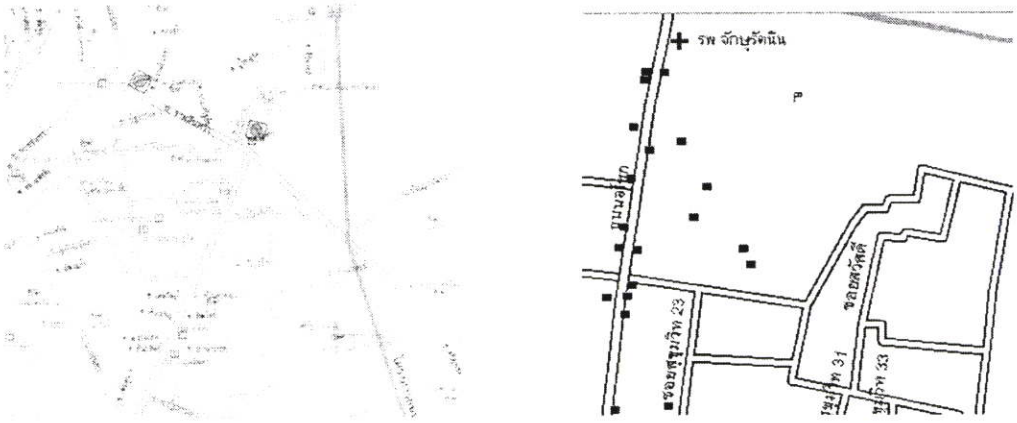
แผนที่แบบเวกเตอร์ หมายถึงแผนที่ที่มีการจัดเก็บและแสดงผลในรูปของลายเส้น มีตำแหน่งและทิศทาง การสร้างแผนที่แบบนี้ทำได้โดยใช้วิธีการลอกแบบจากเครื่องดิจิตไตเซอร์ ซึ่งจะเก็บเฉพาะข้อมูลในส่วนที่ต้องการลอกแบบ ดังนั้นข้อมูลแบบนี้จึงใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บน้อยกว่า สามารถแก้ไขได้ในภายหลังโดยที่มาตราส่วนไม่ผิดไปจากเดิม อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลมาทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้อีกด้วย

สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้แผนที่ตัวเมืองกรุงเทพฯ มาตราส่วน 1 : 4,000 ซึ่งเป็นประเภทมาตราส่วนที่ค่อนข้างมีความผิดพลาดด้านตำแหน่งน้อย สามารถแสดงรายละเอียดต่างๆได้มากและชัดเจน เช่น ถนน สถานที่สำคัญต่างๆ เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลแบบเวกเตอร์โดยจะใช้ลักษณะของจุดและเส้น ในการแสดงลักษณะทางภูมิศาสตร์ ซึ่งขบวนการของข้อมูลแบบเวกเตอร์นี้จะใช้คู่ขอพิกัด X,Y เป็นตัวชี้ตำแหน่งและลักษณะของสิ่งต่าง ๆ รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลของแผนที่แบบราสเตอร์ และเวกเตอร์แสดงในรูปที่ 3.2(ก) และ 3.2(ข) ตามลำดับและตัวอย่างของแผนที่แบบราสเตอร์และเวกเตอร์แสดงในรูปที่ 3.3(ก) และ 3.3(ข) ตามลำดับ



(ก) (ข)

**รูปที่ 3.2** ข้อมูลของแผนที่แบบราสเตอร์ และแบบเวคเตอร์

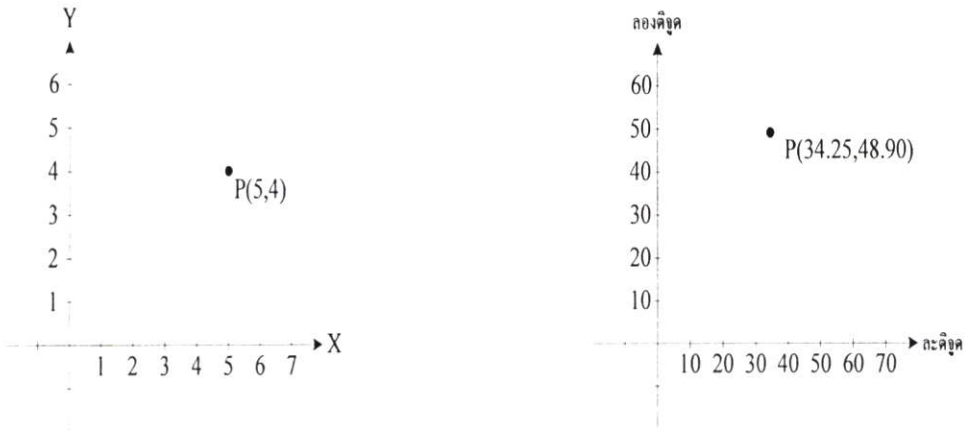



(ก) (ข)

**รูปที่ 3.3** ตัวอย่างของแผนที่แบบราสเตอร์ และแบบเวกเตอร์

### 3.1.2 ระบบพิกัดบนแผนที่

ระบบพิกัดบนแผนที่จะมีการอ้างอิงพิกัดที่เหมือนกับระบบพิกัดฉากในทางเรขาคณิต ที่ประกอบไปด้วยแกน X และแกน Yโดยจุดกำเนิดหมายถึงจุดตัดระหว่างแกน X และแกน Y เมื่อแทนด้วยระบบพิกัดบนแผนที่แล้ว แกน X จะหมายถึงเส้นละติจูด และแกน Y จะหมายถึงเส้นลองติจูด เมื่อพิจารณาระบบพิกัดบนโลกแล้วเราจะพิจารณาเป็นลักษณะของ 3 มิติคือ X, Y, Z โดย Z จะหมายถึงค่าความสูง ระบบนี้จะใช้ในการอ้างอิงในระบบจีพีเอสเป็นหลัก สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้เราจะพิจารณาเฉพาะเส้นละติจูดและลองติจูดเป็นหลัก ดังรูปที่ 3.4 เป็นการเปรียบเทียบให้เห็นระหว่างพิกัดในทางเลขาคณิตกับพิกัดบนแผนที่




**รูปที่ 3.4** ระบบพิกัดทางเลขาคณิตและพิกัดบนแผนที่

### 3.1.3 การคำนวณระยะทางบนแผนที่

จากที่ได้อธิบายเกี่ยวกับพิกัดตำแหน่งไปแล้ว จะพบว่าทุกพื้นที่บนแผนที่จะประกอบได้พิกัดตำแหน่งมากมาย ดังนั้นการคำนวณระยะทางจึงหมายถึงระยะห่างระหว่างตำแหน่ง 2 ตำแหน่งบนแผนที่ ซึ่งเมื่อเราทราบระบบพิกัดตำแหน่งบนแผนที่แล้ว เราสามารถหาระยะทางบนแผนที่ได้

### 3.1.4 ระยะทางระหว่างจุดสองจุดบนแผนที่

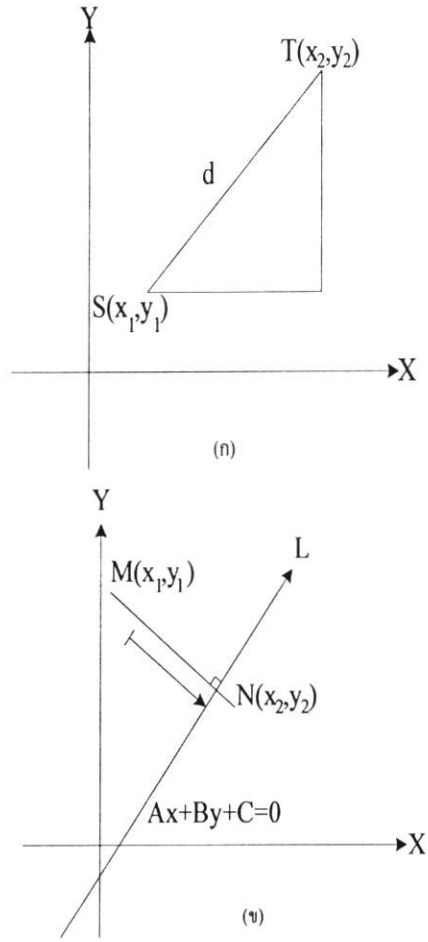
ระยะทางระหว่างจุดสองจุดบนแผนที่คำนวณได้ตาม (3.1) โดยที่ d หมายถึงระยะทางระหว่างตำแหน่งทั้ง 2 และ (x, y) คือ พิกัดตำแหน่งใด ๆ

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \qquad (3.1)$$

### 3.1.5 ระยะทางระหว่างจุดถึงเส้นตรง

ระยะทางระหว่างจุดถึงเส้นตรง คำนวณได้ตาม (3.2) โดยที่ d หมายถึงระยะทางระหว่างตำแหน่งทั้ง 2 และ (x, y) คือพิกัดตำแหน่งใด ๆ

$$d = \frac{|\mathrm{Ax1} + \mathrm{By1} + \mathrm{C}|}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} \qquad (3.2)$$




**รูปที่ 3.5** การคำนวณระยะห่างระหว่างจุดและเส้นตรงกับจุด

ตามรูปที่ 3.5(ก) เป็นตัวอย่างการคำนวณระยะทางจากตำแหน่ง S(x1, y1) ถึงตำแหน่ง T(x2, y2) ค่าของระยะทาง d คำนวณได้จาก (3.1) และรูปที่ 3.5(ข) เป็นตัวอย่างการคำนวณระยะทางจากตำแหน่ง M(x1, y1) ไปยังตำแหน่ง N(x2, y2) ที่อยู่บนเส้นตรง $Ax + By + C = 0$

จากหลักการนี้เราจะนำไปใช้ในการคำนวณหาพื้นที่บนแผนที่ เช่น พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าคำนวณได้จาก d1*d2 เมื่อ d1 คือความกว้างและ d2 คือความยาว

## 3.2 การระบุพิกัดตำแหน่งภาคพื้นดินด้วยดาวเทียมจีพีเอส

ในส่วนนี้จะมาดูว่าวิธีการที่จะได้พิกัดตำแหน่งภาคพื้นดินนั้นจะต้องทำอย่างไรบ้างและมีอุปกรณ์อะไรที่จำเป็น โดยมีรายละเอียดที่ต้องศึกษาดังต่อไปนี้

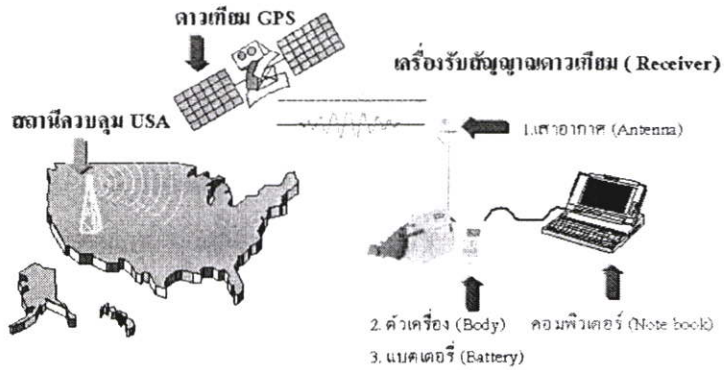
### 3.2.1 ระบบระบุตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอส

ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียมจีพีเอส เป็นระบบสำรวจหาตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียมที่ออกแบบและจัดสร้างโดยกองทัพสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้ในการนำร่อง (Navigation) พัฒนาขึ้น เมื่อต้นปี 1978 มีชื่ออย่างเป็นทางการว่า **Nav**igation **S**ignal **T**iming **a**nd **R**anging **G**lobal **P**ositioning **S**ystem (**NAVSTAR GPS**) มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบคือ

- เพื่อให้มีผู้ใช้ประโยชน์ทั้งฝ่ายทหารและพลเรือนได้เป็นจำนวนมาก
- เพื่อใช้ได้สะดวกไม่มีข้อจำกัด นั่นคือ ใช้ได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยไม่ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศและสถานที่
- ให้ความถูกต้องทางตำแหน่งตามเงื่อนไขที่ฝ่ายทหารกำหนด

จีพีเอสมีหลักการทำงานโดยอาศัยคลื่นวิทยุ และรหัสที่ส่งมาจากดาวเทียม NAVSTAR จำนวน 24 ดวง ที่โคจรอยู่รอบโลกวันละ 2 รอบและมีตำแหน่งอยู่เหนือพื้นโลกที่ความสูง 20,200 กิโลเมตร สามารถใช้ในการหาตำแหน่งบนพื้นโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมง ที่ทุกๆ จุดบนผิวโลกใช้นำร่องจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งตามต้องการ ใช้ติดตามการเคลื่อนที่ของคน สัตว์และสิ่งของต่างๆ การทำแผนที่ การทำงานรังวัด (Surveying) ตลอดจนใช้อ้างอิงการวัดเวลาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลก

ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยดาวเทียมจีพีเอส ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนอวกาศ (Space Segment) ส่วนสถานีควบคุม (Control Segment) และส่วนผู้ใช้ (User Segment) ดังรูปที่ 3.6



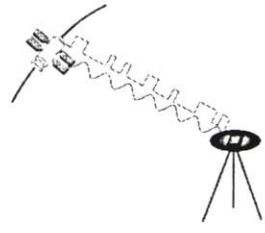

**รูปที่ 3.6** องค์ประกอบหลักของระบบ จีพีเอส

**ส่วนอวกาศ** เป็นส่วนที่อยู่บนอวกาศจะประกอบด้วย ดาวเทียม 24 ดวง โดยมีดาวเทียม 21 ดวงทำหน้าที่ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุจากอวกาศ (Space Vehicles: SVs) ส่วนอีก 3 ดวง เป็นดาวเทียมปฏิบัติการเสริม วงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงจะใช้เวลาโคจร 12 ชั่วโมง ต่อ 1 รอบ โดยจะมีทั้งหมด 6 วงโคจร แต่ละวงโคจรมีดาวเทียม 4 ดวง วงโคจรมีมุมเอียง 55° กับระนาบศูนย์สูตรและห่างกัน 60° วงโคจรในลักษณะดังกล่าวจะทำให้มีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงอยู่บนท้องฟ้า

ทุกๆ จุดบนพื้นผิวโลก ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ดาวเทียมชุดแรก เรียกจีพีเอส Block I มีทั้งหมด 10 ดวง ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งเป็นชุดของนาฬิกาอะตอมมิค แบ่งออกเป็นแหล่งกำเนิดความถี่รูบิเดียม 2 เรือน และ ซีเซียม 2 เรือน ทำให้เวลามาตรฐานของดาวเทียมมีความถูกต้องสูงมาก นาฬิกาดังกล่าวช่วยในการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณเพื่อที่จะคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งได้

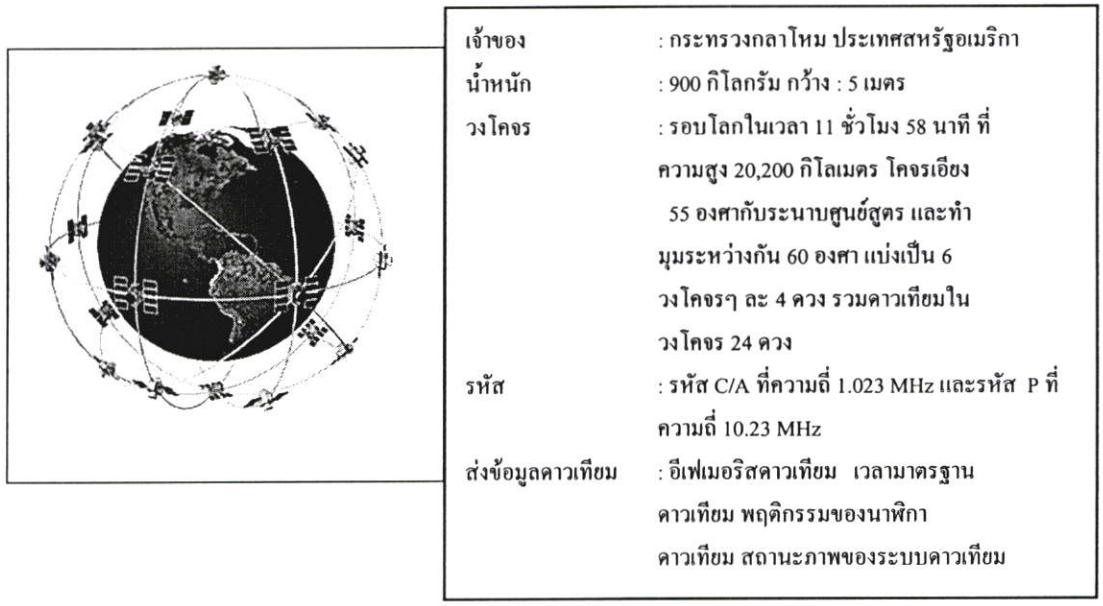
ภาคกำเนิดสัญญาณเวลาความแม่นยำสูง เป็นหัวใจสำคัญ ที่เป็นตัวกำหนด ความแม่นยำถูกต้อง ในการคำนวณตำแหน่งพิกัด ของเครื่องรับจีพีเอส ที่รับสัญญาณบนโลก หากภาคกำเนิดสัญญาณเวลาบนดาวเทียม ดวงใดเสื่อมสภาพ หรือไม่มีความแม่นยำเพียงพอ ดาวเทียมดวงนั้นจะถูกปลดออกจากการใช้งาน ตามแผนงานจะมีดาวเทียมโคจรทั้งหมด 24 ดวง และสำรอง 3 ดวง โดยมีการส่งดาวเทียมใหม่เข้าสู่วงโคจรตามระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อชดเชยดาวเทียมที่เสื่อมสภาพ แต่เนื่องจากเทคโนโลยีของดาวเทียมและภาคกำเนิดสัญญาณเวลาความแม่นยำสูง มีการพัฒนาตลอดเวลาทำให้อายุการใช้งานของดาวเทียมยาวกว่าที่คำนวณไว้ ดาวเทียมจำนวนมากยังอยู่ในภาวะใช้งานได้ปกติถึงแม้จะอยู่ในวงโคจร มานานกว่า 8 ปี (อายุขัยเฉลี่ยของดาวเทียม) ทำให้ปัจจุบันมีดาวเทียมอยู่ในวงโคจรที่ใช้งานได้มากกว่า 24 ดวง

คลื่นสัญญาณวิทยุที่ส่งออกมาจากดาวเทียมจะมีการเข้ารหัสสัญญาณ 2 รหัสด้วยกัน คือ รหัส C/A (Coarse/Acquisition) และรหัส P (Precision) คือ รหัส C/A มีความถี่เป็น 1/10 ของความถี่พื้นฐานคือ 1.023 MHz ความยาวคลื่นเป็น 300 เมตร มีคาบเป็น 1 ใน 1,000 วินาที นั่นคือ ในช่วงเวลา 1 วินาที จะสร้างรหัส C/A ที่มีรูปแบบเหมือนกันซ้ำถึง 1,000 ครั้ง การตรวจสอบรูปแบบของรหัส C/A จึงทำได้ง่ายและรวดเร็วมาก รหัส C/A เปิดให้ทุกคนใช้ได้อย่างอิสระ ส่วนรหัส P มีความถี่เท่ากับความถี่พื้นฐานคือ 10.23 MHz ความยาวคลื่นเป็น 30 เมตร และมีคาบเป็น 267 วัน นั่นคือ ในช่วง 267 วัน รหัส P ที่ส่งออกมาจะมีรูปแบบที่ไม่ซ้ำกัน จึงเป็นการยากที่จะตรวจสอบว่ารหัส P ที่ดาวเทียมใช้ในแต่ละวันเป็นส่วนไหนของรหัส ผู้ที่ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างรหัส P ของดาวเทียม จึงไม่อาจใช้ประโยชน์จากรหัส P เพื่อหาตำแหน่งได้ รหัส P จะถูกสงวนไว้ใช้เฉพาะวงการทหารและหน่วยงานของรัฐบาลสหรัฐอเมริกา รวมทั้งพันธมิตรทางทหารของสหรัฐอเมริกาเท่านั้น คลื่นส่ง L1 ถูกรวมสัญญาณ (Modulate) ด้วยรหัสทั้งสองชนิด ส่วนคลื่นส่ง L2 มีเพียงรหัส P และรหัส P จะถูกเปลี่ยนเป็นรหัส Y ในกรณีที่ต้องการป้องกันการใช้ประโยชน์จากรหัส P ดังรูปที่ 3.7 แสดงรหัส และคลื่นวิทยุที่ส่งจากดาวเทียมจีพีเอส



**รูปที่ 3.7** แสดงรหัสและคลื่นวิทยุที่ส่งจากดาวเทียมจีพีเอส

นอกจากคลื่นวิทยุแล้วยังมีข้อมูลดาวเทียมอื่นๆ ที่ใช้สำหรับการคำนวณตำแหน่งถูกรวมสัญญาณมาพร้อมคลื่นส่งด้วย ได้แก่ อีเฟเมอริสดาวเทียม (Satellite Ephemeris) ซึ่งเป็นข้อมูลจำเพาะ ประกอบไปด้วยข้อมูลวงโคจร สถานภาพของดวงเทียม เวลามาตรฐานดาวเทียม พฤติกรรมของนาฬิกาดาวเทียม อัตราเร็วที่ใช้ในการส่งข้อมูลดาวเทียมคือ 50 bps (bits per second) หรือ 50 ตัวอักษรต่อวินาที กลุ่มดาวเทียม NAVSTAR และรายละเอียดของดาวเทียมแสดงในรูปที่ 3.8




**รูปที่ 3.8** ดาวเทียม NAVSTAR

**ส่วนสถานีควบคุม** ประกอบไปด้วยสถานีภาคพื้นดินที่ควบคุมระบบ (Operational Control System : OCS) ที่กระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ บนโลกมีหน้าที่ปรับปรุงให้ข้อมูลดาวเทียมมีความถูกต้องทันสมัยอยู่ตลอดเวลา โดยแบ่งออกเป็น

สถานีควบคุมหลัก ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศในเมืองโคโลราโดสปริงส์ มลรัฐโคโรลาโดของประเทศสหรัฐอเมริกา สถานีติดตามดาวเทียม 5 แห่ง ทำการรังวัดติดตามดาวเทียม ตลอดเวลา โดยตั้งอยู่ที่หมู่เกาะฮาวาย (Hawaii) ในมหาสมุทรแปซิฟิก หมู่เกาะแอสเซนซัน (Ascension) มหาสมุทรแอตแลนติกหมู่เกาะดิเอโกการ์เซีย (Diego Garcia) มหาสมุทรอินเดีย หมู่เกาะควาจาเลียน (Kwajalein) ประเทศฟิลิปปินส์ และเมืองโคโลราโดสปริงส์ สถานีรับส่งสัญญาณ 3 แห่ง ได้แก่ หมู่เกาะควาจาเลียน หมู่เกาะดิเอโกการ์เซีย และหมู่เกาะแอสเซนซัน

ในช่วงเดือนสิงหาคมและกันยายน ปี 2548 National Geospatial-Intelligence Agency (NGIA) ได้เพิ่มสถานีติดตามดาวเทียมอีก 6 แห่ง ดังนั้นในปัจจุบันมีสถานีควบคุมหลักและสถานีติดตามดาวเทียมรวมทั้งสิ้น 11 แห่ง ทำให้สถานีติดตามดาวเทียมอย่างน้อย 2 สถานีมองเห็น

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง


ดาวเทียมทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.9 เพื่อทำการประมวลผลหาวงโคจรของดาวเทียมดวงต่างๆ เมื่อได้พยากรณ์ตำแหน่งของดาวเทียมล่วงหน้าแล้ว ก็จะจัดส่งข้อมูลที่ได้ปรับปรุงแล้ว พร้อมกับข้อมูลเวลาและข้อมูลอุตุนิยมวิทยาไปยังสถานีรับส่งสัญญาณ 3 แห่ง เพื่อส่งไปเก็บบันทึกไว้ในดาวเทียมต่อไป

**รูปที่ 3.9** สถานีควบคุมภาคพื้นดิน

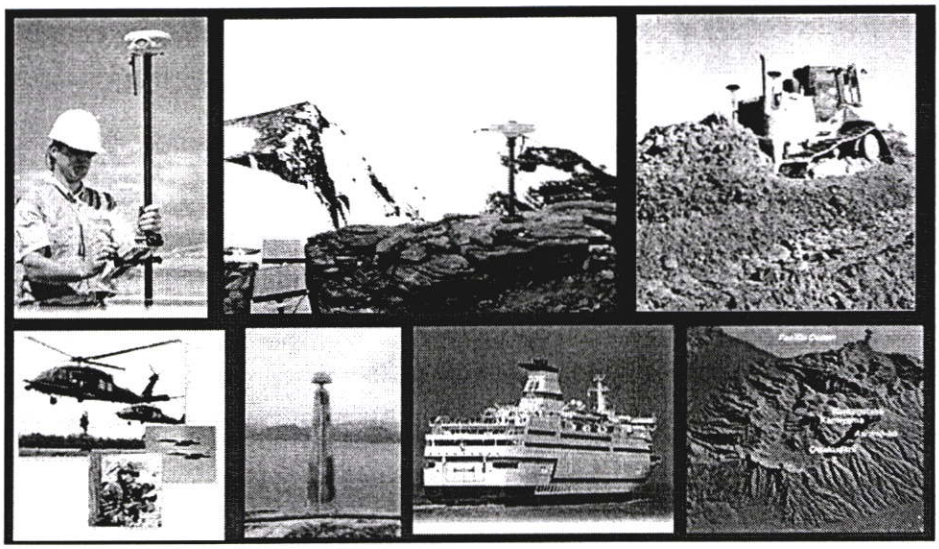
สถานีภาคพื้นดินที่ควบคุมระบบ จะเฝ้าระวังติดตามดาวเทียม และข้อมูลที่ได้จากการเฝ้าระวังติดตามดาวเทียม สามารถที่จะบอกวงโคจรล่วงหน้าได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และจะส่งสัญญาณข้อมูลวงโคจรจากสถานีสู่ดาวเทียมวันละ 3 ครั้ง และกระจายข้อมูล วงโคจรเหล่านั้นจากดาวเทียมสู่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสได้ การรับสัญญาณนี้เรียกว่า "Broadcast Ephemeris" ซึ่งจะทำให้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสคำนวณตำแหน่งในเวลาจริงได้ สำหรับการสำรวจในทาง Geodetic อาจจะไม่ละเอียดเพียงพอ อย่างไรก็ตามก็ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องคำนวณตำแหน่งในเวลาจริง แต่อาจสามารถทำได้ด้วยวิธีที่เรียกว่า Precise Ephemeris ซึ่งจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับวงโคจรภายหลังที่ละเอียดกว่าการติดตามเฝ้าระวัง ไม่เพียงแต่ใช้สถานี OCS ทั้ง 11 สถานี แต่ใช้สถานีเครือข่ายอื่นๆ "Cooperative International GPS Network" (CIGNET) ซึ่งมีอยู่ทั้งสิ้น 29 สถานีกระจายทั่วโลก

**ส่วนผู้ใช้** ประกอบด้วยเครื่องรับสัญญาณหรือตัวจีพีเอสที่เราใช้อยู่มีหลายขนาด สามารถพกพาได้ หรือติดไว้ในรถ เรือ หรือเครื่องบิน เครื่องจีพีเอสจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณจากดาวเทียม เป็นตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาโดยประมาณ ถ้าหากต้องการทราบค่า X, Y, Z และเวลาต้องใช้ดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ความถูกต้องของตำแหน่งขึ้นอยู่กับนาฬิกาและตัวจีพีเอสซึ่งอาจจะหาตำแหน่งที่มีความผิดพลาดได้น้อยกว่า 3 ฟุต นาฬิกาที่ใช้จะมีความถูกต้องสามารถวัดได้

74852

ในเวลา 0.000000003 วินาที ซึ่งเวลาที่ใช้ในการอ้างอิงสำหรับระบบดาวเทียมจีพีเอส เรียกว่าเวลาจีพีเอส

ส่วนผู้ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลเรือน และส่วนที่เกี่ยวกับทางทหาร ในส่วนของผู้ใช้จะมีหน้าที่พัฒนาเครื่องรับสัญญาณ (Receiver) ให้ทันสมัยและสะดวกแก่การใช้งาน สามารถที่จะใช้ได้ทุกแห่งในโลก และให้ค่าที่มีความถูกต้องสูง ดังตัวอย่างการประยุกต์ใช้ดาวเทียมระบบจีพีเอสในรูปที่ 3.10



**รูปที่ 3.10** การใช้ประโยชน์ของดาวเทียมระบบจีพีเอส

### 3.2.2 หลักการทำงานของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

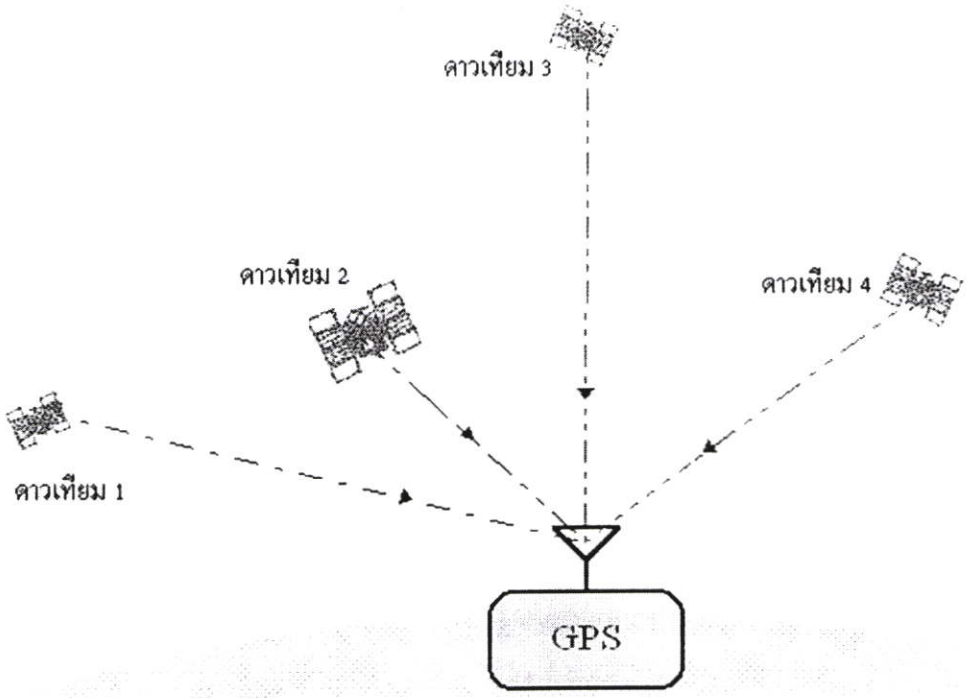
หลักการทำงานของเครื่องจีพีเอส คือการคำนวณหาระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับจีพีเอส ซึ่งจะต้องใช้ระยะทางจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แน่นอน ซึ่งเมื่อเครื่องจีพีเอส สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 4 ดวงเป็นอย่างต่ำแล้ว จะมีการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียม ถึงเครื่องจีพีเอส จากสูตรคำนวณทางฟิสิกส์ คือ

ความเร็ว × เวลา = ระยะทาง

ดาวเทียมทั้ง 4 ดวงจะส่งสัญญาณคลื่นวิทยุมายังเครื่องจีพีเอส ด้วยความเร็วแสง (186,000 ไมล์ต่อวินาทีหรือประมาณ 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที) แต่ระยะเวลาในการ รับสัญญาณจากดาวเทียมแต่ละดวงนั้นจะไม่เท่ากันเนื่องจากระยะทางไม่เท่ากัน ดังแสดงการรับสัญญาณที่ระยะต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.11

ดาวเทียม 1 : ระยะเวลาในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมดวงแรกถึงเครื่องจีพีเอส คือ 0.10 วินาที ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับจีพีเอส คือ 18,600 ไมล์ (186,000 ไมล์ต่อวินาที × 0.10

วินาที = 18,600 ไมล์) ฉะนั้นตำแหน่งปัจจุบันก็จะสามารถเป็นจุดใดก็ได้ในวงกลมที่มีรัศมี 18,600 ไมล์ ซึ่งจะเห็นว่าดาวเทียมเพียงดวงเดียวยังไม่สามารถบอกตำแหน่งที่แน่นอนได้




**รูปที่ 3.11** การรับสัญญาณจากดาวเทียม 4 ดวง

ดาวเทียม 2 : ระยะเวลาในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 2 ถึงเครื่องจีพีเอส คือ 0.08 วินาที ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับจีพีเอส คือ 13,200 ไมล์ (186,000 ไมล์ต่อวินาที × 0.08 วินาที = 13,200 ไมล์) ฉะนั้นตำแหน่งปัจจุบันก็จะสามารถเป็นจุดใดก็ได้ในจุดตัด (Intersect) ระหว่างวงกลมจากดาวเทียมดวงแรกกับดาวเทียมดวงที่ 2

ดาวเทียม 3 : ระยะเวลาในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 3 ถึงเครื่องจีพีเอส คือ 0.06 วินาที ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับจีพีเอส คือ 11,160 ไมล์ (186,000 ไมล์ต่อวินาที × 0.06 วินาที = 11,160 ไมล์) ฉะนั้นตำแหน่งปัจจุบันก็จะสามารถเป็นจุดใดก็ได้ในจุดตัดกัน ระหว่างวงกลมจากดาวเทียมทั้ง 3 ดวง

ข้อมูลตำแหน่งที่ได้มานั้น ยังสามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมในเครื่องจีพีเอส เพื่อบอก จุดบนแผนที่ และแสดงตำแหน่งของเราว่าอยู่จุดใดของแผนที่ได้อีกด้วย ทั้งนี้ก็ขึ้นกับข้อมูลแผนที่ที่ติดมากับเครื่องด้วยว่ามีความแม่นยำเพียงใด โดยแผนที่พื้นฐานจะไม่ได้ติดตั้งมากับเครื่องจีพีเอสทุกรุ่น ซึ่งอาจจะต้องซื้อแยกจากตัวเครื่อง

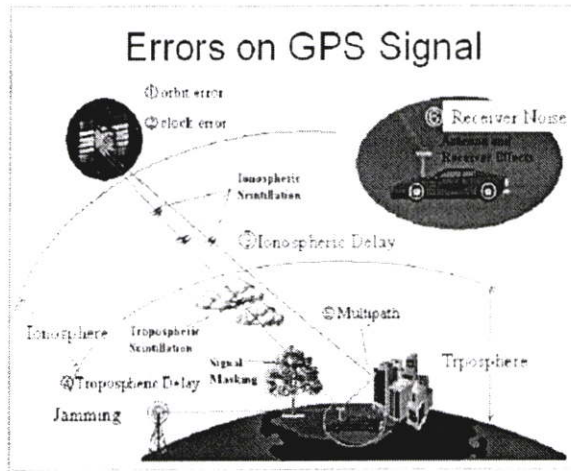
การวัดระยะทางไปยังดาวเทียม เรียกว่า แร็งอิง (Ranging) ซึ่งการคำนวณตำแหน่งต้องวัดระยะทางไปยังดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง พร้อมๆ กัน และระยะทางทั้ง 3 ต้องไม่เป็นเส้นที่อยู่บนระนาบเดียวกัน ระยะทางจากดาวเทียมแต่ละดวงซึ่งก็คือวงกลมแต่ละวงนั่นเอง ถ้าหากมีวงกลม 2 วง ก็ยังไม่สามารถหาตำแหน่งที่แน่นอนได้เพราะจุดตัดของวงกลมมี 2 จุด จุดตัดก็คือเส้นรอบวง

ของวงกลมหรือตำแหน่งของตัวรับสัญญาณนั่นเอง แต่เมื่อมีวงกลมตั้งแต่ 3 วงขึ้นไป จะรู้ตำแหน่งที่แน่นอน เพราะจุดตัดจะมีจุดเดียว เมื่อได้ระยะทางอย่างน้อย 3 ระยะทางจากดาวเทียม 3 ดวงก็จะสามารถหาตำแหน่งได้ แต่ถ้ามีจำนวนดาวเทียมมากก็จะได้ตำแหน่งที่ถูกต้องมาก สามารถหาค่าของเวลา และความสูงได้ด้วย

การวัดระยะทางไปยังดาวเทียม 3 ดวง และรู้ตำแหน่งของดาวเทียมที่วัดระยะไปนั้น สามารถสร้างสมการได้ 3 สมการ และมีตัวไม่รู้ค่า 3 ตัว ซึ่งสามารถแก้สมการหาตัวไม่รู้ค่านั้นได้ โดยจะทราบตำแหน่งแบบ 3 มิติ คือทราบค่า X, Y และ Z เมื่อวัดระยะทางจากดาวเทียม 4 ดวงขึ้นไปก็จะได้ตำแหน่งที่ถูกต้องมากขึ้นโดยทราบสมการเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัว คือ เวลา (T)

### 3.2.3 ความคลาดเคลื่อนในการใช้งานจีพีเอส

ในการใช้งานจีพีเอส ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น อาจพิจารณาแยกได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มเกี่ยวข้องกับดาวเทียม ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนวงโคจรและความคลาดเคลื่อนนาฬิกาดาวเทียม กลุ่มเกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายของสัญญาณได้แก่ ความคลาดเคลื่อนของการหักเหในชั้นบรรยากาศ และการเกิดคลื่นสะท้อน กลุ่มสุดท้ายเกี่ยวข้องกับเครื่องรับสัญญาณ เช่น นาฬิกาเครื่องรับ ดังรูปที่ 3.12




**รูปที่ 3.12** ความคลาดเคลื่อนในการใช้งานจีพีเอส

3.2.3.1 ความคลาดเคลื่อนวงโคจรดาวเทียม

ความคลาดเคลื่อนวงโคจรดาวเทียมมีสาเหตุมาจากวงโคจรดาวเทียมที่ได้มาจากข้อมูลดาวเทียมในสัญญาณที่รับได้นั้นเป็นวงโคจรที่ได้จากการคำนวณล่วงหน้า โดยอาศัยรูปจำลองของแรงต่างๆที่กระทำต่อดาวเทียมรูปจำลองที่ใช้อาจจะไม่ถูกต้องหรือไม่ละเอียดเพียงพอเมื่อเทียบกับแรงจริงๆ ที่กระทำต่อดาวเทียมในขณะที่ทำการวัด ดังนั้นตำแหน่งดาวเทียมจากอีเฟเมอริสดาวเทียม ที่ส่งกระจายลงมาพร้อมสัญญาณดาวเทียมจึงไม่ถูกต้องซึ่งมีผลต่อการหาตำแหน่ง

สัมบูรณ์มากกว่าการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ เพราะในการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์นั้น ความคลาดเคลื่อนวงโคจรจะมีผลต่อจุดปลายทั้งสองของเส้นฐานในลักษณะที่คล้ายคลึงกันและมีขนาดใกล้เคียงกัน

3.2.3.2 ความคลาดเคลื่อนนาฬิกาดาวเทียมและนาฬิกาเครื่องรับ

เวลาดาวเทียม หมายถึง เวลาที่อ่านได้จากนาฬิกาของดาวเทียม บนดาวเทียมแต่ละดวงมีนาฬิกาที่มีมาตรฐานสูง 4 เครื่อง สถานีควบคุมหลักสามารถควบคุมเวลาดาวเทียมให้ต่างจากเวลาจีพีเอส ไม่เกินกว่า 1 ใน 1,000 วินาที (1 ms) และควบคุมความถี่ให้มีความถูกต้องถึง 10-9 เวลาที่ถูกต้องของเครื่องรับสามารถหาได้จากสัญญาณดาวเทียมที่มีเวลาจากนาฬิกาดาวเทียมอยู่ เมื่อเครื่องรับถอดรหัสได้ก็จะรู้เวลาจีพีเอส เครื่องรับจึงไม่จำเป็นต้องมีนาฬิกาที่มีมาตรฐานสูง

3.2.3.3 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการหักเหในชั้นบรรยากาศ

ชั้นบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์และชั้นโทรโพสเฟียร์มีผลต่อการหักเหคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเบี่ยงเบนไป

3.2.3.4 คลื่นสะท้อน

คลื่นสะท้อน หมายถึง การแพร่กระจายของคลื่นที่มีการสะท้อนตั้งแต่หนึ่งครั้งขึ้นไป พื้นผิวที่สะท้อนอาจจะอยู่ในแนวดิ่ง ราบ หรือเอียงก็ได้ เช่น ผนังตึก ถนน ผิวน้ำ หรือยานพาหนะ คลื่นสะท้อนมีผลกับทั้งรหัสและคลื่น ผลของคลื่นสะท้อนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดคลื่นหลุด (Cycle Slip) เพราะช่องรับสัญญาณไม่สามารถล็อกสัญญาณดาวเทียมได้ การรังวัดเป็นเวลานานจะทำให้ผลของคลื่นสะท้อนลดลง แต่เทคนิคของการรังวัดบางวิธีไม่สามารถวางเสาอากาศทิ้งไว้เป็นเวลานานๆ ได้ ดังนั้นจึงต้องหลีกเลี่ยงการรับสัญญาณที่มีคลื่นสะท้อนโดยเลือกจุดวางเครื่องรับที่ไม่มีพื้นผิวสะท้อนอยู่ใกล้เคียง เลือกเสาอากาศที่ออกแบบเฉพาะ เช่น เสาอากาศที่มีแผ่นกราวนด์ หรือใช้วัสดุที่ดูดซับคลื่นวางรอบเสาอากาศ

3.2.3.4 ความคลาดเคลื่อนของเครื่องรับ

ความคลาดเคลื่อนของเครื่องรับ มีสาเหตุมาจากหลายส่วน ได้แก่ สัญญาณรบกวน(Noise) ในการวัดของเครื่องรับความเอนเอียง (Bias) ระหว่างช่องรับสัญญาณ การประวิงของเฟส ความไม่เสถียรของออสซิลเลเตอร์ จุดศูนย์กลางเฟสของเสาอากาศ

### 3.2.4 มาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลจีพีเอส

ในการที่เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสจะสามารถส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่นได้นั้น ต้องอาศัยมาตรฐานในการส่งข้อมูล โดยหน่วยงานที่ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานในการสื่อสารข้อมูล จีพีเอส คือหน่วยงาน NMEA (National Marine Electronics Association) ซึ่งได้มีการกำหนดให้โปรโตคอล NMEA – 0183 เป็นโปรโตคอลมาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอสไปสู่อุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อยู่ในรูปของรหัสแอสกี้ (ASCII Codes) จะถูกส่งผ่านทางพอร์ต EIA-422A ไปเข้าสู่คอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกร (RS-323)

โดยกำหนดอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลอยู่ที่ 4,800 บิทต่อวินาที โดยมีบิทข้อมูล 8 บิทแบบไม่มีพาริตี้บิท แต่มีบิทเริ่มต้น (Start Bit) และบิทสิ้นสุด (Stop Bit)

ตามโปรโตคอล NMEA-0183 ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารอยู่ในรูปแบบประโยค โดยที่อักขระพิเศษหมายถึงขึ้นบรรทัดใหม่ (<CR> <LF>) แต่ละส่วนในประโยคมีการขั้นด้วยเครื่องหมายจุลภาค มีการแบ่งประโยคเป็นกลุ่มรูปแบบที่แตกต่างได้แก่ ประโยค GLL, GGA, STN, TRF, และ VRW เป็นต้น และเพื่อให้เข้าใจในการแปลความหมายของประโยคในมาตรฐาน NMEA จะขอยกตัวอย่างประโยค GLL

รูปแบบของประโยค GLL

$GPGLL,xxx.xx,a,yyy.yy,b,hhmmss.ss<CR><LF>

โดยที่

xxx.xx คือ ค่าละติจูด

a คือ ทิศของค่าละติจูด โดยที่ค่า N(North) หมายถึงทิศเหนือและ S(South) หมายถึงทิศใต้

yyy.yy คือ ค่าลองติจูด

b คือ ทิศของค่าลองติจูด โดยที่ค่า E( East ) หมายถึงทิศตะวันออก และ W(West) หมายถึงทิศตะวันตก

hhmmss.ss คือ เวลาที่เป็นชั่วโมง นาที และวินาที

ตัวอย่างของประโยค GLL ที่ได้จากจีพีเอส เช่น

$GPGLL,2028.1678,N,09918.2884,E,123010<CR><LF>

จากประโยค GLL ข้างต้นมีความหมายดังนี้คือ พิกัดที่รับได้อยู่ที่ละติจูดที่ 20 องศา 28.1678 ฟิลิปดา ทางทิศเหนือ ลองติจูดที่ 99 องศา 18.2884 ฟิลิปดา ทางทิศตะวันออก เวลาที่รับสัญญาณได้คือ 12 นาฬิกา 30 นาที 10 วินาที

## 3.3 ระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญหรือที่เรียกกันว่า Expert System เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งในเรื่องของปัญญาประดิษฐ์ สำหรับระบบผู้เชี่ยวชาญจะหมายถึงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถตอบปัญหาหรือเลียนแบบการแก้ปัญหาของผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ได้ โดยทั่วไปแล้วระบบผู้เชี่ยวชาญจะอาศัยฐานความรู้ที่มีอยู่ในการวินิจฉัยเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องที่สุดให้กับผู้ใช้ โดยการถามโต้ตอบกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้โปรแกรม จนกระทั่งระบบผู้เชี่ยวชาญจะสามารถสรุปเหตุผลออกมาเป็นคำตอบได้

ในปี ค.ศ. 1970 มีการยอมรับว่าการที่จะให้เครื่องจักรแก้ปัญหาที่ต้องใช้ปัญญานั้นมันจะต้องรู้วิธีการแก้ปัญหา หรือต้องมีความรู้ในขอบเขตที่จำเพาะเจาะจง โดยทั่วไปแล้วความรู้ก็คือหลักทฤษฎีหรือหลักปฏิบัติที่มีความเข้าใจในสาขาวิชาหรือในขอบเขตของเรื่องราวนั้น ๆ ความรู้เป็นการรวมกันของสิ่งที่รู้ในปัจจุบัน ผู้ที่มีความรู้เรียกว่า ผู้เชี่ยวชาญ เป็นบุคคลที่มีความสำคัญในองค์กรและองค์กรใด ๆ ก็ตามที่ประสบความสำเร็จอย่างน้อยต้องมีผู้เชี่ยวชาญจำนวนหนึ่งและไม่สามารถดำรงอยู่ได้โดยปราศจากผู้เชี่ยวชาญ บุคคลที่จะถือว่าเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องใด ๆ นั้นจะต้องมีความรู้อย่างลึกซึ้ง (ทั้งข้อเท็จจริงและกฎ) มีประสบการณ์ในทางปฏิบัติในขอบเขตของเรื่องราวนั้น ซึ่งขอบเขตของเรื่องราวเหล่านั้นก็มีจำกัด เช่น ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องกลไฟฟ้า ก็จะมีความรู้เฉพาะในเรื่องของหม้อแปลง ในขณะที่ผู้เชี่ยวชาญทางการทำตลาดประกันชีวิตอาจจะมีความเข้าใจเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับนโยบายของการประกันอสังหาริมทรัพย์ สรุปแล้วผู้เชี่ยวชาญคือผู้ที่มีทักษะอย่างสูงที่สามารถทำในสิ่งที่คนทั่วไปไม่สามารถทำได้

ผู้เชี่ยวชาญส่วนมากจะมีความสามารถในการแสดงความรู้ของตนเองออกมาในรูปของกฎสำหรับการแก้ปัญหา พิจารณาจากตัวอย่างง่าย ๆ ลองนึกภาพถ้าเราต้องการที่จะแนะนำให้ผู้ขับขี่รถยนต์มือใหม่ขับรถตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัด ในกรณีที่เจอสัญญาณไฟจราจร เราสามารถอธิบายให้เขาทำตามกฎจราจรในกรณีที่เจอสัญญาณไฟจราจรได้โดยบอกเค้าว่าถ้าสัญญาณไฟจราจรสีแดงให้ทำการหยุดรถหลังเส้นที่กำหนดไว้บนถนน ถ้าสัญญาณไฟสีเหลืองให้เตรียมตัวหยุดรถ และถ้าเป็นสีเขียวนั้นแสดงว่าผ่านแยกไปได้ จากการอธิบายผู้ขับรถยนต์มือใหม่นี้เราสามารถแทนความรู้ให้เป็นกฎง่าย ๆ ดังต่อไปนี้

| | |
|---|---|
| If the “traffic light” is red | Then car stop |
| If the “traffic light” is yellow | Then car slow |
| If the “traffic light” is red | Then car go_ahead |

**รูปที่ 3.13** กฎสำหรับการขับรถยนต์เมื่อเจอสัญญาณไฟจราจร

ประโยคที่ถูกแทนอยู่ในรูป IF-THEN เรียกว่า “กฎการผลิต” (production rule) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า “กฎ” (rule) ในปัญญาประดิษฐ์ กฎเป็นการแทนความรู้ชนิดหนึ่งที่ถูกใช้โดยแพร่หลาย มีรูปแบบเป็น IF-THEN ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงในส่วน IF และการกระทำในส่วน THEN

### 3.3.1 การแทนความรู้ด้วยกฎ

การแทนความรู้ด้วยกฎจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วน IF ซึ่งเรียกว่าเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนหรือเงื่อนไข (antecedent) และส่วน THEN เป็นผลสืบเนื่อง (consequent) จากสิ่งที่เกิดขึ้นก่อน เราสามารถการเขียนไวยากรณ์ง่าย ๆ ของกฎได้ดังรูปที่ 3.14

```
IF      <antecedent>
THEN    <consequent>
```

(ก) ไวยากรณ์ของกฎแบบทั่วไป

```
IF      <antecedent 1>
    AND <antecedent 2>
                .
                .
                .
    AND <antecedent n>
THEN    <consequent>
-----------------------------------------------
IF      <antecedent 1>
    OR  <antecedent 2>
                .
                .
                .
    OR  <antecedent n>
THEN    <consequent>
```

(ข) ไวยากรณ์ของกฎที่มีหลายเงื่อนไข

```
IF      <antecedent>

THEN    <consequent 1>
        <consequent 2>
                .
                .
                .
        <consequent n>
```

(ค) ไวยากรณ์ของกฎที่มีหลายผลการกระทำ

**รูปที่ 3.14** ไวยากรณ์ของกฎ

จากรูปที่ 3.14 เป็นไวยากรณ์ของกฎ โดย 3.14(ก) เป็นไวยากรณ์ของกฎที่มีเงื่อนไขเดียว และมีการกระทำเดียว ส่วน 3.14(ข) เป็นไวยากรณ์ของกฎมีได้หลาย ๆ เงื่อนไข โดยแต่ละเงื่อนไขถูกเชื่อมกันด้วย "AND" และ/หรือ "OR" 3.14(ค) เป็นไวยากรณ์ของกฎที่มีหลายผลการกระทำ

สำหรับส่วนที่เป็นเงื่อนไขของกฎประกอบด้วยส่วนย่อยอีก 2 ส่วนคือ ออบเจ็กต์ (Object) และ ค่า (Value) ของมัน ในตัวอย่างของสัญญาณไฟจราจร ออบเจ็กต์คือสัญญาณไฟจราจรซึ่งสามารถมีค่าเป็นสีเขียว เหลือง หรือสีแดง ออบเจ็กต์และค่าสัมพันธ์กันด้วย โอเปอเรเตอร์ (operator) โดยโอเปอเรเตอร์จะทำหน้าที่ระบุออบเจ็กต์และกำหนดค่าให้กับออบเจ็กต์ ตัวอย่าง

ของโอเปอเรเตอร์บางตัว เช่น is, are, is not, are not ใช้สำหรับกำหนดค่าที่เป็นสัญลักษณ์ให้กับออบเจ็กต์ แต่ในระบบผู้เชี่ยวชาญยังสามารถใช้โอเปอเรเตอร์ทางคณิตศาสตร์กำหนดออบเจ็กต์ให้เป็นชนิดตัวเลขและกำหนดค่าที่เป็นตัวเลขให้มันได้ด้วย ดังตัวอย่าง

```
IF      'age of the customer'       < 18
AND     'cash withdrawal' > 1000
THEN    'signature of the parent' is required
```

**รูปที่ 3.15** การระบุออบเจ็กต์ให้เป็นชนิดตัวเลขและการกำหนดค่า

ในทำนองเดียวกันกับเงื่อนไข ส่วนผลสืบเนื่องของกฎก็สามารถเชื่อมออบเจ็กต์กับค่าของมันด้วยโอเปอเรเตอร์ได้เหมือนกัน ดังในตัวอย่างของการข้ามถนน ถ้าค่าของ สัญญาณไฟสำหรับคนข้ามถนน เป็น สีเขียว แล้วกฎข้อที่ 1 กำหนดให้ออบเจ็กต์ที่ชื่อว่า การกระทำ มีค่าเท่ากับข้ามถนน ออบเจ็กต์ที่เป็นชนิดตัวเลขและการแสดงเครื่องหมายหรือสูตรเกี่ยวกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายสามารถนำมาใช้ในผลสืบเนื่องของกฎได้เช่นกัน ดังตัวอย่าง

```
IF      'taxable income'  > 13914
THEN    'Medicare levy' = 'taxable income' * 1.5 / 100
```

**รูปที่ 3.16** ออบเจ็กต์ชนิดตัวเลขและการแสดงเครื่องหมายหรือสูตรการคำนวณทางคณิตศาสตร์

กฎสามารถใช้แทน ความสัมพันธ์ (relation) คำแนะนำ (recommendation) คู่มือ (directive) ยุทธศาสตร์ (strategy) และ ฮิวริสติก (Heuristic) ดังรูปที่ 3.17

### 3.3.2 โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ในช่วงต้น ค.ศ. 1970 Newell และ Simon แห่งมหาวิทยาลัย Carnegie-Mellon ได้นำเสนอรูปแบบระบบการผลิต (production system model) ซึ่งเป็นพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ รูปแบบของการผลิตตั้งอยู่บนพื้นฐานของแนวคิดที่ว่ามนุษย์แก้ไขปัญหาโดยการประยุกต์ความรู้ที่แสดงอยู่ในรูปของกฎการผลิตและนำไปหาคำตอบจากข้อมูลจำเพาะของปัญหานั้น กฎการผลิตถูกจัดเก็บอยู่ในหน่วยความจำระยะยาว (long-term memory) ส่วนข้อมูลจำเพาะหรือข้อเท็จจริงของปัญหานั้นถูกจัดเก็บอยู่ในหน่วยความจำระยะสั้น (short-term memory) รูปที่ 3.18 และ 3.19 แสดงรูปแบบระบบการผลิตและโครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญตามลำดับ

**Relation**

IF the 'fuel tank' is empty
THEN the car is dead

**Recommendation**

IF the season is autumn
AND the sky is cloudy
AND the forecast is drizzle
THEN the advice is 'take an umbrella'

**Directive**

IF the car is dead
AND the 'fuel tank' is empty
THEN the action is 'refuel the car'

**Strategy**

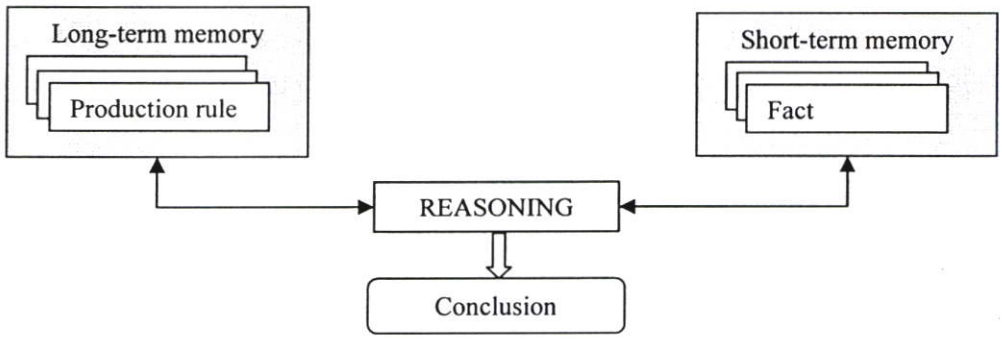
IF the car is dead
THEN the action is 'check the fuel tank';
step 1 is complete

IF step 1 is complete
AND the 'fuel tank' is full
THEN the action is 'check the battery';
step 2 is complete

**Heuristic**

IF the spill is liquid
AND the 'spill PH' < 6
AND the 'spill smell' is vinegar
THEN the 'spill material' is 'acetic acid'

**รูปที่ 3.17** กฎที่ใช้แทนสิ่งต่าง ๆ




**รูปที่ 3.18** รูปแบบระบบการผลิต

ระบบผู้เชี่ยวชาญมีองค์ประกอบ 5 ส่วน คือ ส่วนฐานความรู้ (knowledge base) ส่วนฐานข้อมูล (database) ส่วนกลไกอนุมาน (inference engine) ส่วนอำนวยความสะดวกในการอธิบาย (explanation facilities) และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (user interface) อธิบายได้ดังนี้

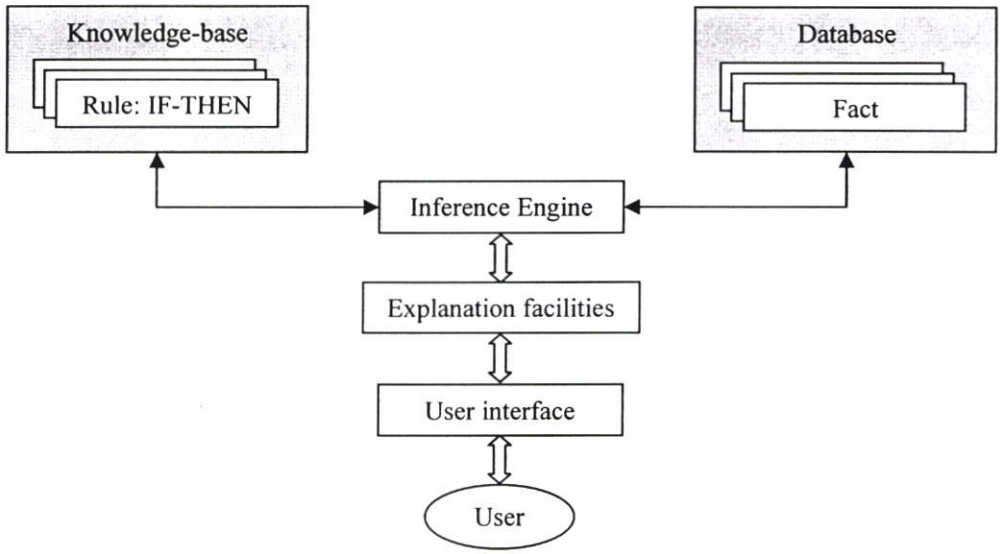
ฐานความรู้ประกอบด้วยความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหา ในระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นส่วนความรู้จะถูกแทนด้วยเซตของกฎ IF-THEN

ฐานข้อมูลประกอบด้วยกลุ่มของข้อเท็จจริงที่ถูกใช้ในการตรวจสอบเงื่อนไขของกฎที่เก็บอยู่ในฐานความรู้

กลไกอนุมานทำหน้าที่หาเหตุผลที่จะทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญได้คำตอบของปัญหา โดยใช้กฎที่อยู่ในฐานความรู้กับข้อเท็จจริงที่อยู่ในฐานข้อมูล

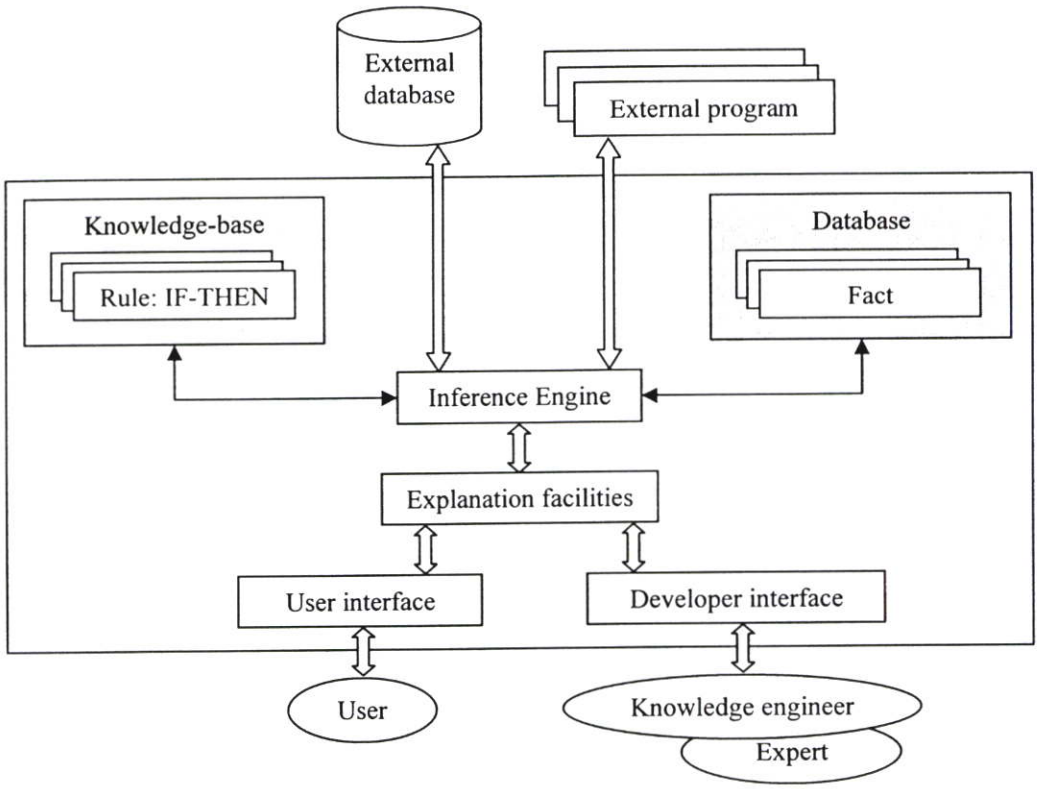
ส่วนอำนวยความสะดวกในการอธิบาย ทำให้ผู้ใช้สามารถสามารถถามระบบผู้เชี่ยวชาญได้ว่าข้อสรุปนั้นได้มาอย่างไร และทำไมข้อเท็จบางอย่างถึงมีความจำเป็น ระบบผู้เชี่ยวชาญต้องสามารถอธิบายได้ว่าหาข้อสรุปได้อย่างไร และพิสูจน์ได้ว่าคำแนะนำ ข้อสรุป หรือผลการวิเคราะห์นั้นถูกต้อง

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ เป็นส่วนใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ การสื่อสารดังกล่าวต้องมีความสำคัญและสะดวกที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้




**รูปที่ 3.19** โครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญแบบรูลเบส

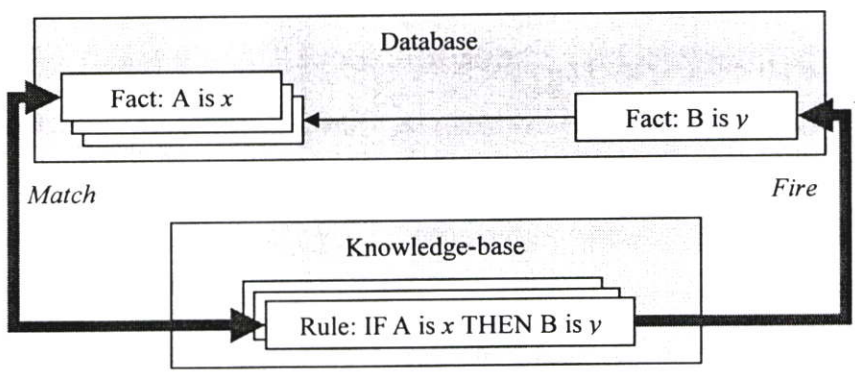
นอกจากนี้ระบบผู้เชี่ยวชาญยังมีส่วนของการติดต่อภายนอก (External interface) เพื่อเป็นการยินยอมให้ระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถทำงานร่วมกับแฟ้มข้อมูลภายนอกหรือโปรแกรมภายนอกที่เขียนด้วยภาษา ซี ปาสคาล ฟอร์แทรน และเบสิค รวมทั้งส่วนติดต่อกับผู้พัฒนา (Developer interface) โดยทั่วไปจะประกอบด้วย ตัวแก้ไขฐานความรู้ (knowledge base editor) รูปที่ 3.20 แสดงโครงสร้างที่สมบูรณ์ของระบบผู้เชี่ยวชาญ




**รูปที่ 3.19** โครงสร้างที่สมบูรณ์ของระบบผู้เชี่ยวชาญ

### 3.3.3 เทคนิคการอนุมาน

ในระบบผู้เชี่ยวชาญแบบ ความรู้จะถูกแทนอยู่ในรูปของกฎ IF-THEN และข้อมูลจะถูกแทนอยู่ในรูปของข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสถานการณ์ในปัจจุบัน กลไกอนุมานจะจับคู่แต่ละกฎที่จัดเก็บอยู่ในฐานความรู้กับข้อเท็จจริงที่อยู่ในฐานข้อมูลเมื่อเงื่อนไขของกฎตรงกับข้อเท็จจริงของกฎ กฎก็จะถูกไฟร์ (fire) โดยที่ส่วนที่เป็นผลสืบเนื่องก็จะถูกลงมือกระทำ ดังรูปที่ 3.20




**รูปที่ 3.20** วัฏจักรการทำงานแบบ **match-fire** ของกลไกอนุมาน

การจับคู่เงื่อนไขของกฎกับข้อเท็จจริงทำให้เกิด ลำดับของการอนุมาน (Inference chains) ซึ่งเป็นสิ่งที่บอกว่าระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถหาข้อสรุปได้อย่างไร ตัวอย่างง่าย ๆ ของการเกิดลำดับการอนุมานมีดังนี้

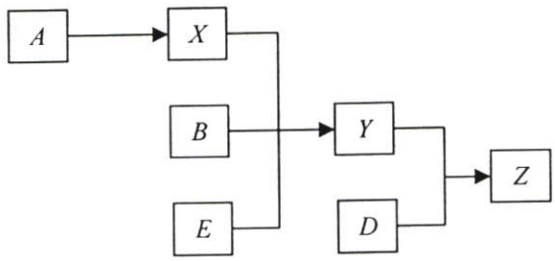
สมมุติในตอนเริ่มต้นฐานข้อมูลมีข้อเท็จจริง A B C D และ E ส่วนในฐานความรู้ประกอบด้วยกฎ 3 กฎ ดังนี้

Rule 1: IF *Y* is true
AND *D* is true
THEN *Z* is true

Rule 2: IF *X* is true
AND *B* is true
AND *E* is true
THEN *Y* is true

Rule 3: IF *A* is true
THEN *X* is true

ลำดับการอนุมานในรูปที่ 3.21 แสดงถึงการใช้กฎของระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่ออนุมานข้อเท็จจริง Z ในลำดับแรกกฎที่ 3 จะถูกไฟร์เพื่ออนุมาน X จาก A ที่มีอยู่แล้วในฐานข้อมูล จากนั้นกฎที่ 2 จะถูกไฟร์เพื่ออนุมาน Y จาก B และ E ที่มีอยู่แล้วในฐานข้อมูลตั้งแต่ตอนแรก และ X ที่เพิ่งจะถูกเพิ่มเข้ามาจากการไฟร์กฎที่ 3 สุดท้ายกฎที่ 1 จะถูกไฟร์และสามารถอนุมาน Z ได้จากข้อเท็จจริง D ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นและ Y ที่ถูกเพิ่มเข้าไปด้วยกฎข้อที่ 2




**รูปที่ 3.21** ตัวอย่างของลำดับการอนุมาน

กลไกอนุมานต้องตัดสินใจว่าจะเลือกไฟร์กฎไหน ซึ่งมีหลักการทำงานอยู่ 2 วิธีคือ การวินิจฉัยไปข้างหน้า (forward chaining) กับการวินิจฉัยย้อนหลัง (backward chaining)

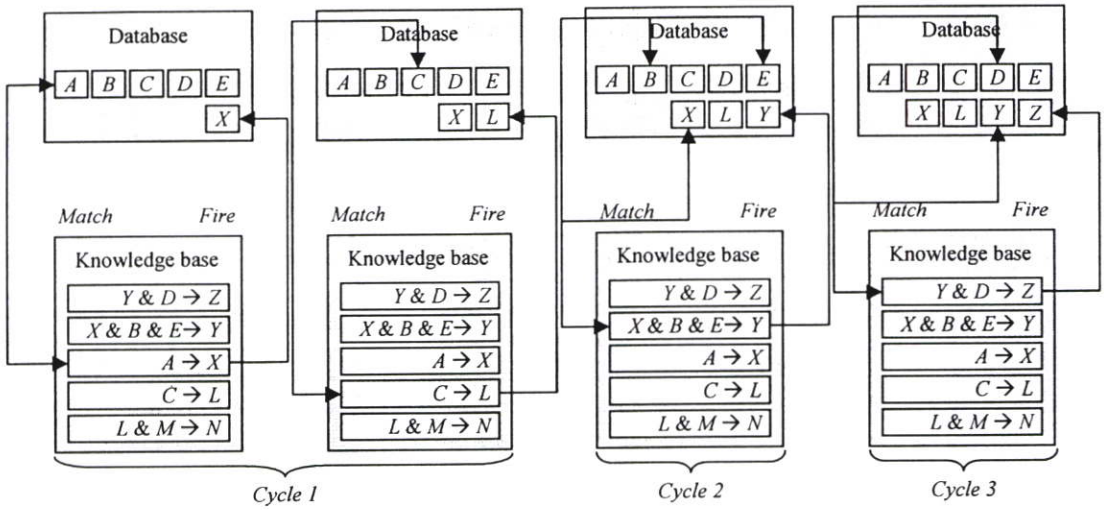
### 3.3.4 เทคนิคการอนุมานแบบการวินิจฉัยไปข้างหน้า

จากตัวอย่างที่กล่าวมาเป็นการอนุมานแบบการวินิจฉัยไปข้างหน้า ต่อไปจะกล่าวถึงรายละเอียดเพิ่มเติม หากนำกฎในตัวอย่างมาเขียนใหม่ ดังนี้

Rule 1: Y & D → Z
Rule 2: X & B & E → Y
Rule 3: A → X

เครื่องหมายลูกศรแทน IF และTHEN ของกฎ จากนั้นเราเพิ่มกฎอีก 2 ข้อ

Rule 4: C → L
Rule 5: L & M → N
รูปที่ 3.22 แสดงการวินิจฉัยไปข้างหน้าสำหรับตัวอย่างนี้




**รูปที่ 3.22** ตัวอย่างการทำงานของการวินิจฉัยไปข้างหน้า

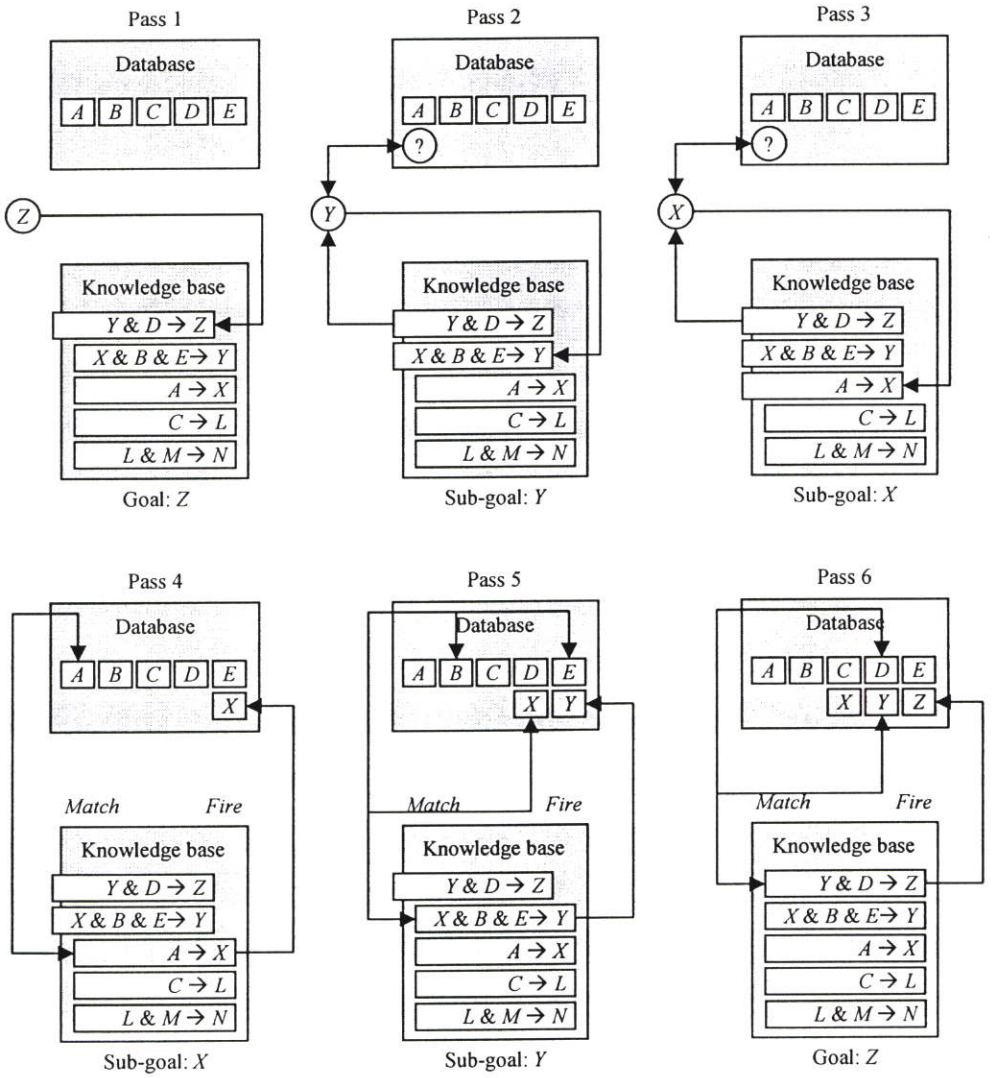
เทคนิคการวินิจฉัยไปข้างหน้าคือการรวบรวมข้อเท็จจริงจากฐานข้อมูลแล้วนำมาอนุมาน โดยการพิจารณาว่าข้อเท็จจริงตัวใดสามารถอนุมานได้บ้าง อย่างไรก็ตามในการวินิจฉัยไปข้างหน้าอาจจะมีบางกฎที่ไฟร์แล้วไม่ได้เกิดผลอะไรกับการค้นหาเป้าหมายเลยก็ได้ ดังเช่นในตัวอย่างที่ผ่านมา เรามีกฎอยู่ 5 กฎ จะเห็นว่าเมื่อกฎข้อที่ 4 (C → L) ถูกไฟร์ไปด้วยกันกับกฎอื่น ๆ แต่ผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเป้าหมายที่เราต้องการเลย ซึ่งเป้าหมายของเราคือการหาข้อเท็จจริง Z ในระบบผู้เชี่ยวชาญแบบรูลเบสจริงนั้นอาจจะมีกฎมากมายนับร้อยกฎ ในจำนวนนี้อาจมีหลายกฎที่ไฟร์แล้วได้ข้อเท็จจริงที่มีเหตุผลแต่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับเป้าหมายเลย ดังนั้นถ้าเป้าหมายเป็นเพียงส่วนหนึ่งของข้อเท็จจริงการใช้การวินิจฉัยไปข้างหน้าอาจจะไม่ได้ประสิทธิภาพที่ดีนัก ในสถานการณ์เช่นนี้การใช้การวินิจฉัยย้อนหลังจะเหมาะสมกว่า

### 3.3.5 เทคนิคการอนุมานแบบการวินิจฉัยย้อนหลัง

ในการวินิจฉัยย้อนหลังระบบผู้เชี่ยวชาญจะมีเป้าหมายหรือสมมุติฐานอยู่และกลไกอนุมานจะพยายามหาหลักฐานมาพิสูจน์เป้าหมายหรือสมมุติฐานนั้น ในลำดับแรกฐานความรู้จะถูกค้นหา เพื่อพิจารณาว่ามีกฎใดบ้างที่มีสมมุติฐานอยู่ในส่วนที่เป็นผลสืบเนื่องของกฎ หรือส่วน THEN ของกฎ ถ้ามีการค้นพบกฎดังกล่าวและส่วนเงื่อนไข หรือส่วน IF ของกฎตรงกับข้อเท็จจริงในฐานข้อมูล กฎนั้นก็จะถูกไฟร์และสมมุติฐานนั้นก็จะได้รับการพิสูจน์แล้วว่าจริง แต่อย่างไรก็ตามการค้นพบข้อเท็จจริงที่สนับสนุนสมมุติฐานไม่ได้เกิดขึ้นในครั้งแรกที่ไฟร์กฎ ดังนั้นกลไกอนุมานจะทำการเก็บกฎที่มันกำลังใช้งานอยู่เอาไว้ในสแตก (stack) ก่อนแล้วกำหนดเป้าหมาย

หรือสมมุติฐานอันใหม่ขึ้นมา ซึ่งเป็นเป้าหมายหรือสมมุติฐานย่อย เพื่อพิสูจน์ส่วน IF ของกฎนี้ จากนั้นค้นหากฎในฐานความรู้อีกครั้งหนึ่งเพื่อนำมาพิสูจน์เป้าหมายหรือสมมุติฐานย่อย กลไกอนุมานจะทำกระบวนการนี้ซ้ำจนกว่าไม่มีกฎใด ๆ ในฐานความรู้ที่สามารถพิสูจน์เป้าหมายหรือสมมุติฐานย่อยล่าสุดได้อีก รูปที่ 3.23 แสดงการทำงานของการวินิจฉัยย้อนหลัง

ในรอบที่ 1 กลไกอนุมานพยายามที่จะหาข้อเท็จจริง Z มันได้ค้นในฐานความรู้เพื่อหากฎที่มีผลสืบเนื่องเป็น Z พบว่ากฎข้อที่ 1 (Y & D → Z) ตรงตามความต้องการจึงเก็บกฎนี้ไว้ในสแตก และพบว่าในส่วนเงื่อนไขของกฎนี้มีข้อเท็จจริง Y และ D อยู่ ข้อเท็จจริงเหล่านี้จะต้องถูกตั้งเป็นเป้าหมายย่อยเพื่อทำการพิสูจน์ต่อไป




**รูปที่ 3.23** ตัวอย่างการทำงานของการวินิจฉัยย้อนหลัง

ในรอบที่ 2 กลไกอนุมานได้ตั้ง Y เป็นเป้าหมายย่อยและพยายามพิสูจน์ โดยการค้นหาในฐานข้อมูล เมื่อพบว่าไม่มีข้อเท็จจริง Y อยู่ในฐานข้อมูล จึงค้นหากฎในฐานความรู้ว่ามีกฎใดบ้างที่มีผลสืบเนื่องเป็นข้อเท็จจริง Y ก็พบว่ากฎข้อที่ 2 (X & B & E → Y) มีผลสืบเนื่องตรงกับ

เป้าหมายที่ต้องการจึงเก็บกฎนี้ไว้ในสแตก และในส่วนเงื่อนไขของกฎนี้มีข้อเท็จจริง X B และ E อยู่ ข้อเท็จจริงเหล่านี้จะต้องถูกตั้งเป็นเป้าหมายย่อยเพื่อทำการพิสูจน์ต่อไป

ในรอบที่ 3 กลไกอนุมานได้ตั้ง X เป็นเป้าหมายย่อยและพยายามพิสูจน์โดยการค้นหาในฐานข้อมูล เมื่อพบว่าไม่มี X อยู่ในฐานข้อมูล จึงค้นหากฎในฐานความรู้ว่ามีกฎใดบ้างที่มีผลสืบเนื่องเป็นข้อเท็จจริง X ก็พบว่ากฎข้อที่ 3 (A → X) มีผลสืบเนื่องตรงกับเป้าหมายที่ต้องการจึงเก็บกฎนี้ไว้ในสแตก และในส่วนเงื่อนไขของกฎนี้มีข้อเท็จจริง A อยู่ ข้อเท็จจริงนี้จะต้องถูกตั้งเป็นเป้าหมายย่อยเพื่อทำการพิสูจน์ต่อไป

ในรอบที่ 4 กลไกอนุมานพบข้อเท็จจริง A ในฐานข้อมูล กฎที่ 3 (A → X) ถูกไฟร์ ข้อเท็จจริง X ถูกเพิ่มลงไปในฐานข้อมูล

ในรอบที่ 5 กลไกอนุมานย้อนกลับไปที่เป้าหมายย่อยที่เป็นข้อเท็จจริง Y และพยายามที่จะไฟร์กฎที่ 2 (X & B & E → Y) อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งตอนนี้ข้อเท็จจริง X B และ E อยู่ในฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นเมื่อกฎที่ 2 ถูกไฟร์ ข้อเท็จจริง Y ถูกเพิ่มลงไปในฐานข้อมูล

ในรอบที่ 6 ระบบจะย้อนกลับไปกฎที่ 1 (Y & D → Z) พยายามที่จะบรรลุเป้าหมายเดิมคือข้อเท็จจริง Z และในตอนนี้เงื่อนไขทุกอย่างของกฎนี้เป็นจริงหมดแล้วเนื่องจากมีข้อเท็จจริง Y และ D อยู่ในฐานข้อมูลดังนั้นกฎที่ 1 ถูกไฟร์ และเป้าหมายของระบบผู้เชี่ยวชาญก็บรรลุผลคือได้ข้อเท็จจริง Z

เมื่อเปรียบเทียบการทำงานของการวินิจฉัยไปข้างหน้ากับการวินิจฉัยย้อนหลังจากตัวอย่างข้างต้นจะพบว่า เมื่อใช้เทคนิคการวินิจฉัยไปข้างหน้าจะมีการไฟร์กฎ 4 กฎ แต่เมื่อใช้เทคนิคการวินิจฉัยย้อนหลังจะมีการไฟร์กฎเพียง 3 กฎ ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้การวินิจฉัยย้อนหลังจะมีประสิทธิภาพดีกว่าในกรณีที่เราต้องการบรรลุเป้าหมายเพียงประการเดียว ซึ่งในกรณีนี้คือการรู้ข้อเท็จจริง Z ในการวินิจฉัยไปข้างหน้าระบบผู้เชี่ยวชาญจะทราบข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการอนุมานโดยไม่ได้ขอข้อมูลเพิ่มเติมจากผู้ใช้ ในการวินิจฉัยย้อนหลังเป้าหมายได้ถูกกำหนดขึ้นและข้อมูลที่ถูกใช้จะเป็นข้อมูลที่จำเป็นเท่านั้น อาจจะมีการถามข้อมูลเพิ่มเติมจากผู้ใช้ถ้ามันไม่มีอยู่ในฐานข้อมูล

### 3.3.6 การเลือกใช้เทคนิคการอนุมาน

ถ้ามีคำถามว่าเราจะเลือกใช้เทคนิคการอนุมานแบบใด คำตอบก็คือต้องศึกษาว่าผู้เชี่ยวชาญมีวิธีแก้ปัญหานั้นอย่างไร ถ้าผู้เชี่ยวชาญต้องการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องก่อน แล้วค่อยอนุมานจากสิ่งที่พอจะอนุมานได้ เทคนิคแบบการวินิจฉัยไปข้างหน้าก็เหมาะสมกับวิธีการแก้ปัญหานี้ อย่างไรก็ตามถ้าผู้เชี่ยวชาญเลือกการตั้งสมมุติฐานก่อนแล้วค่อยหาข้อมูลมาสนับสนุนสมมุติฐานนั้น ก็ควรใช้เทคนิคการวินิจฉัยย้อนหลัง

การวินิจฉัยไปข้างหน้าเป็นวิธีธรรมชาติที่ใช้ในการออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวิเคราะห์และการอธิบาย ตัวอย่างเช่น DENTRAL เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้บ่งบอกถึงโครงสร้าง

โมเลกุลดิน สำหรับการวินิจฉัยย้อนหลังมักจะใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวินิจฉัย ตัวอย่างเช่น MYCIN เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการแพทย์สำหรับวินิจฉัยโรคที่ติดต่อทางเลือด

## 3.4 การกำกับความถูกต้องของข้อมูลในฐานข้อมูล

การกำกับความถูกต้องของข้อมูล เป็นการทำให้ข้อมูลในระบบฐานข้อมูลมีความถูกต้องอยู่เสมอ เมื่อการเปลี่ยนแปลงข้อมูลไม่ว่าจะเกิดจากผู้ใช้ฐานข้อมูลหรือโดยระบบจัดการฐานข้อมูลจะต้องยังผลให้ข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลถูกต้องตามโครงสร้างของฐานข้อมูลเสมอ ในการรักษาความถูกต้องของข้อมูลในฐานข้อมูลจะต้องเป็นไปตามกฎเกณฑ์ที่ถูกต้อง อันได้แก่ กฎเกณฑ์ในเรื่องความถูกต้องของตัวข้อมูลเอง กฎเกณฑ์ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล และกฎเกณฑ์ในการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงในฐานข้อมูล

ความถูกต้องของข้อมูลในฐานข้อมูล (Data Integrity) หมายถึง ความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของข้อมูลในฐานข้อมูล ความสัมพันธ์หลายชนิดที่ประกอบกันเป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์นั้น มีข้อจำกัดและกฎเกณฑ์จำนวนหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดว่าข้อมูลใดจะสามารถอยู่ในฐานข้อมูลได้เพื่อรักษาความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงสัมพันธ์ไว้ และเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับฐานข้อมูล

### 3.4.1 รูปแบบทั่วไปของการกำกับความถูกต้องของข้อมูล

โดยทั่วไปแล้วการกำกับความถูกต้องข้องข้อมูลจะเป็นการกำหนดกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ในการกระทำต่อข้อมูล หรือเป็นกฎที่บังคับในการกระทำต่อข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ เพื่อไม่ให้เกิดความขัดแย้งกันของข้อมูล ซึ่งถ้าจะมองแล้วกฎในการบังคับในการกระทำต่อข้อมูลจะเป็นลักษณะ If – Then หรือเขียนเป็นรูปแบบโดยทั่วไปได้ดังรูปที่ 3.23

$$P \rightarrow Q$$

**รูปที่ 3.23** รูปแบบทั่วไปของกฎของการกำกับความถูกต้องของข้อมูล

จากรูปที่ 3.23 โดย P จะเป็นเงื่อนไขในการกำกับความถูกต้องของข้อมูลและ Q จะเป็นการตรวจสอบว่ามีความถูกต้องตาม P หรือไม่ เช่น ถ้า P เป็นการบังคับให้ข้อมูลที่จะใส่เข้ามาในฐานข้อมูลเป็นเลขจำนวนเต็มแล้วถ้าจะให้ถูกต้องตาม P -> Q แล้ว Q ก็จะต้องตรวจสอบว่าข้อมูลที่ใส่เข้ามานั้นเป็นเลขจำนวนจริง ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดความขัดแย้งกัน

### 3.4.2 การกำกับความถูกต้องของข้อมูล

ในการกำกับความถูกต้องของข้อมูลนั้นเรามีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระบบสามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดในการกรอกข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล รวมถึงรักษาข้อมูลให้ถูกต้องอยู่เสมอ โดยในการกำกับให้ระบบสามารถตรวจสอบสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้ต้องอาศัยกฎ หรือกฎเกณฑ์ในการรักษาความถูกต้องของข้อมูลซึ่งแบ่งได้เป็นดังนี้

- กฎเกณฑ์เกี่ยวกับชนิดของข้อมูล (Type constraint)
- กฎเกณฑ์เกี่ยวกับแอททริบิวของข้อมูล (Attribute constraint)
- กฎเกณฑ์เกี่ยวกับฐานข้อมูล (Database constraint)

โดยมีรายละเอียดของกฎเกณฑ์ในการรักษาความถูกต้องของข้อมูลมีดังนี้

3.4.2.1 กฎเกณฑ์เกี่ยวกับชนิดของข้อมูล (Type constraint)

ข้อมูลแต่ละชนิดในฐานข้อมูลมีลักษณะการเก็บในฐานข้อมูลและการนำไปใช้งานต่างกัน เพื่อให้ข้อมูลเหล่านี้มีความถูกต้องก่อนการนำไปใช้งานจึงต้องมีการตรวจสอบชนิดและค่าของข้อมูลชนิดนั้นว่าถูกต้องหรือไม่ ตัวอย่าง เช่น ในฐานข้อมูลนักศึกษา ชื่อนักศึกษา (student-name) และ ชื่อธนาคาร (bank-name) อาจจะเป็นข้อมูลประเภทเดียวกัน คือ ข้อความ แต่ขอบเขตของ (domain) ข้อมูลต่างกัน ตัวอย่างในการกำหนดขอบเขตสำหรับข้อมูล ชื่อนักศึกษา และ ชื่อธนาคาร โดยใช้ภาษา SQL แสดงได้ในบรรทัดต่อไปนี้

```
Create domain student-name char(40)
Constraint student-name-constraint check ( value not null )
```

ประโยค create domain ใช้ในการระบุของข้อมูล student-name ให้เป็นชนิด char ซึ่งมีขนาด 40 ตัวอักษร และกำหนดให้ข้อมูลต้องมีค่าอยู่เสมอ ไม่สามารถเป็นค่าว่าง (Null) ได้ โดยใช้ประโยค constraint ตามด้วยการกำหนดขอบเขตของข้อมูลโดยใช้ check

```
create domain bank-name char(20)
constraint bank-name-constraint check ( value in ( “Siam Commercial Bank”,
“Krung Thai Bank”, “Thai Farmer Bank”) )
```

จากตัวอย่างทั้งสอง จะเห็นได้ว่าข้อมูลประเภทเดียวกัน ไม่จำเป็นต้องมีขอบเขตเหมือนกัน ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบข้อมูลก่อนการเก็บลงในฐานข้อมูล ดังนั้นการปล่อยให้ข้อมูลชื่อนักศึกษาว่างไว้ แต่มีข้อมูลอื่นสำหรับชื่อที่ว่างไว้นี้ หรือ การใส่ชื่อธนาคารเป็นชื่ออื่น นอกจาก “Siam Commercial Bank”, “Krung Thai Bank” หรือ “Thai Farmer Bank” เป็นการละเมิดกฎเกณฑ์และขอบเขตที่ตั้งขึ้นสำหรับข้อมูลชื่อนักศึกษา และชื่อธนาคาร เมื่อไม่เป็นไปตามกฎเกณฑ์ข้อมูลที่เกิดจากความผิดพลาดนี้จะไม่ถูกนำไปเก็บยังฐานข้อมูล และระบบจัดการฐานข้อมูลจะแสดงข้อผิดพลาดนี้ออกมาในชื่อของกฎเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นในตอนแรก

3.4.2.2 กฎเกณฑ์เกี่ยวกับแอททริบิวของข้อมูล (Attribute constraint)

แอททริบิวของข้อมูล (attribute) คือ ข้อมูลย่อยที่ประกอบกันเป็นข้อมูลของสิ่งๆ หนึ่งในฐานข้อมูล เช่น ในฐานข้อมูลนักศึกษาประกอบไปด้วย ตารางประวัตินักศึกษา ตารางการลงทะเบียน และภายในตาราง ก็มีแอททริบิวของตารางนั้นอยู่ เช่น ตารางประวัตินักศึกษาประกอบไปด้วยแอททริบิว 6 อย่าง คือ รหัสนักศึกษา, ชื่อ, ที่อยู่, วันเกิด, เบอร์โทรศัพท์ และ เลขประจำตัวบัตรประชาชน ส่วนตารางการลงทะเบียน ประกอบไปด้วยแอททริบิว 4 อย่าง คือ รหัสนักศึกษา, ภาคการศึกษา, รหัสวิชา และ เกรด

กฎเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดความถูกต้องของแอททริบิวข้อมูลสามารถแยกได้ 3 ประเภทตามชนิดของแอท ทริบิว คือ

- ความถูกต้องของคีย์ (Key integrity) กล่าวถึง การที่ค่าของคีย์จะต้องเป็นค่าที่มีเอกลักษณ์ ไม่ซ้ำกับข้อมูลใดในแถวอื่น

- ความถูกต้องของเอ็นทิตี้ (Entity integrity) กล่าวถึง การที่ค่าของแอททริบิวที่เป็นคีย์หลักไม่สามารถเป็นค่าว่างได้

- ความถูกต้องของการอ้างอิงแอททริบิว (Referential integrity) กล่าวถึง การอ้างอิงถึงแอททริบิวจากความสัมพันธ์หนึ่งในความสัมพันธ์ใด จะต้องเป็นการอ้างอิงถึงแอททริบิวที่มีอยู่จริงในความสัมพันธ์นั้น การอ้างอิงถึงแอททริบิวที่ไม่มีอยู่จริงจะทำให้ไม่สามารถรักษาบูรณภาพของข้อมูลไว้ได้

3.4.2.3 กฎเกณฑ์เกี่ยวกับฐานข้อมูล (Database constraint)

การประมวลผลที่เกิดขึ้นภายในฐานข้อมูล อันได้แก่ การอ่านข้อมูลและการเขียนข้อมูล มีผลโดยตรงต่อความถูกต้องของข้อมูล ผลลัพธ์จากการทำงานบางอย่างของฐานข้อมูลจะทำให้เกิดความเสียหายกับข้อมูลได้ หรืออาจจะทำให้ระบบล้ม ซึ่งจะมีผลให้ฐานข้อมูลอยู่ในสถานะที่ไม่มั่นคง (Inconsistency) ดังนั้นระบบจัดการฐานข้อมูลจึงจำเป็นต้องรักษากฎเกณฑ์ที่เกี่ยวกับการทำงานในฐานข้อมูลเอาไว้ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้เหล่านี้ กฎเกณฑ์ที่จำเป็นสำหรับฐานข้อมูลได้แก่

- คุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับรายการเปลี่ยนแปลง

รายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับฐานข้อมูลจะต้องมีคุณสมบัติครบถ้วน เพื่อรักษาบูรณภาพของฐานข้อมูลเอาไว้ ระบบจัดการฐานข้อมูลจะไม่อนุญาตให้รายการเปลี่ยนแปลงที่ขาดคุณสมบัติเข้าสู่การประมวลผล

- การจัดลำดับการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลง

ลำดับการทำงานของรายการเปลี่ยนแปลงมีผลต่อสถานภาพของข้อมูลโดยตรง ระบบจัดการฐานข้อมูลจะอนุญาตให้มีการประมวลผลเฉพาะลำดับรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกต้องเท่านั้น รายละเอียดอยู่ในตอนต่อไปในเรื่องการจัดลำดับการทำงานของรายการเปลี่ยนแปลง

- การยกเลิกการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลง

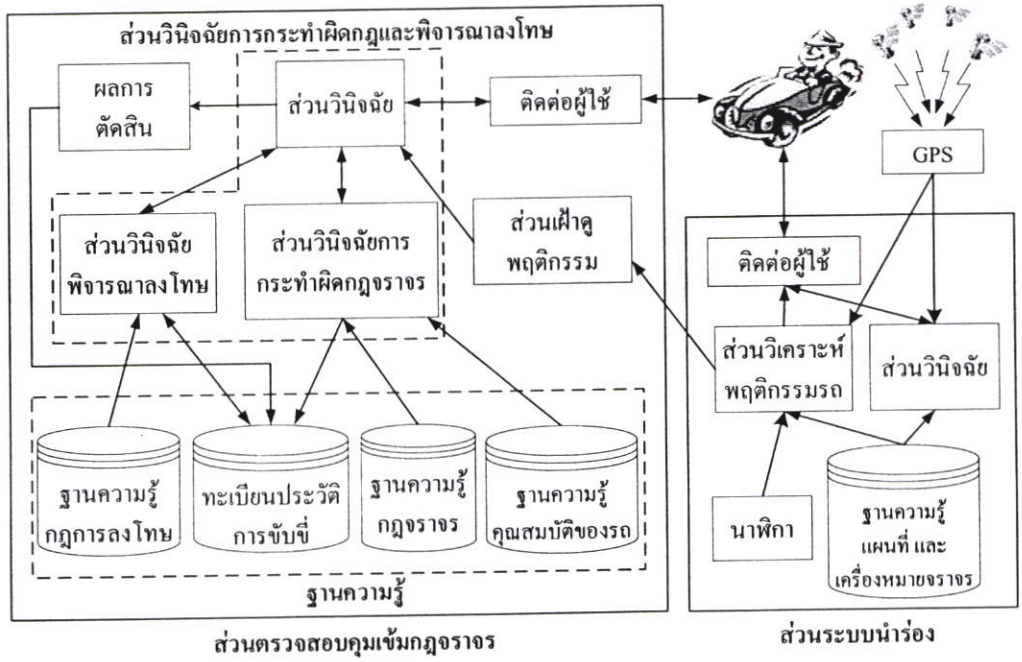
ความเสียหายอันเนื่องมาจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งกับฐานข้อมูลจะต้องถูกตรวจพบ และรายการเปลี่ยนแปลงที่ยังไม่ผ่านจุดสมบูรณ์ ณ เวลานั้นจะต้องถูกยกเลิก เพื่อให้ข้อมูลกลับมาอยู่ในสถานะที่มั่นคงดังเดิม รวมถึงลำดับการเปลี่ยนแปลงอื่นที่เกี่ยวข้องกันด้วย

# บทที่ 4
# โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างของระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถคุมพฤติกรรมการขับขี่ให้เป็นไปตามกฎจราจรจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนระบบนำร่องและส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร โดยส่วนระบบนำร่องจะทำหน้าที่ในการวิเคราะห์หาเส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุด ทำการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถ ตรวจสอบเครื่องหมายจราจร และระบุตำแหน่งของรถที่วิ่งอยู่บนถนน สำหรับส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร จะทำหน้าที่ในการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรและทำการวินิจฉัยการลงโทษโดยอาศัยฐานความรู้ต่าง ๆ มาใช้ในการพิจารณาได้แก่ ฐานความรู้กฎจราจร ฐานความรู้กฎการลงโทษ เป็นต้น สำหรับการทำงานของระบบโดยละเอียดจะอธิบายดังต่อไปนี้

## 4.1 โครงสร้างรวมของระบบนำร่อง

โครงสร้างรวมของระบบนำร่องรถยนต์ที่จะทำให้สามารถคุมพฤติกรรมการขับขี่ให้เป็นไปตามกฎจราจรได้ จะเป็นการทำงานร่วมกันของ 2 ส่วนหลักคือส่วนระบบนำร่องกับส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร โดยภาพรวมของระบบแสดงได้ดังรูปที่ 4.1




**รูปที่ 4.1** โครงสร้างของระบบ

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าส่วนระบบนำร่องจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนย่อยคือส่วนวินิจฉัย ส่วนวิเคราะห์พฤติกรรมรถ ส่วนฐานความรู้แผนที่และส่วนฐานความรู้เครื่องหมายจราจร สำหรับส่วนวินิจฉัยของระบบนำร่องนั้นจะทำหน้าที่ในการวิเคราะห์หาเส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุดซึ่งเป็นคุณสมบัติทั่วไปของระบบนำร่องโดยพื้นฐานอยู่แล้ว ส่วนวิเคราะห์พฤติกรรมรถจะทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลตำแหน่งพิกัดของรถที่รับเข้ามาจากจีพีเอส แล้วนำมาแปลความหมายเป็นพฤติกรรมของรถว่าปัจจุบันรถมีพฤติกรรมเป็นอย่างไรบ้าง เช่น รถกำลังเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา หรือตรงไป ส่วนฐานความรู้แผนที่และเครื่องหมายจราจร จะเป็นฐานความรู้ที่ใช้สำหรับการอ้างอิงตำแหน่งรถบนแผนที่ ตำแหน่งของเครื่องหมายจราจร รวมทั้งนำมาใช้ในการวินิจฉัยอื่น ๆ เช่น การค้นหาเส้นทาง การค้นหาเครื่องหมายจราจร ฯลฯ

สำหรับส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจรประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้คือ ส่วนเฝ้าดูพฤติกรรมจะทำการเฝ้าดูพฤติกรรมของรถทุกขณะที่รถกำลังเคลื่อนที่รวมทั้งวันเวลาของการขับขี่ที่จะเกี่ยวข้องกับกฎจราจร หลังจากได้รู้พฤติกรรมของรถแล้วก็จะส่งไปยังส่วนวินิจฉัยการกระทำผิดกฎและพิจารณาลงโทษเพื่อการตรวจสอบและลงโทษเมื่อมีการกระทำผิดต่อไป ส่วนฐานความรู้ก็จะมีตั้งแต่ ฐานความรู้กฎจราจร ฐานความรู้การลงโทษ ฐานความรู้คุณสมบัติของรถ ทะเบียนประวัติการขับขี่ ส่วนวินิจฉัยการกระทำผิดกฎและพิจารณาลงโทษจะทำการเฝ้าตรวจสอบการกระทำผิดกฎจราจรและพิจารณาตัดสินลงโทษในทุก ๆ ขณะโดยนำพฤติกรรมของรถในปัจจุบันมาวินิจฉัยร่วมกับฐานความรู้ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบว่าได้กระทำผิดกฎจราจรข้อใดหรือไม่

ขั้นตอนการทำงานของระบบ เริ่มจากส่วนระบบนำร่องจะทำการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถจากตำแหน่งที่รับมาจากเครื่องรับจีพีเอส ในทุกๆ ขณะที่รถเคลื่อนที่ พร้อมกันนี้จะทำการค้นหาเครื่องหมายจราจรที่อยู่ใกล้โดยอ้างอิงตำแหน่งกับแผนที่ หลังจากนั้นจะนำข้อมูลทั้ง 2 ส่วนส่งไปยังส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร ซึ่งจะทำการตีความพฤติกรรมและใช้เครื่องหมายจราจรเชื่อมโยงไปถึงกฎจราจรที่จะนำมาใช้ตรวจสอบกับพฤติกรรมนี้ ส่วนวินิจฉัยที่ทำงานอยู่ตลอดเวลา เมื่อตรวจสอบพบการกระทำผิดกฎก็จะแจ้งไปยังส่วนวินิจฉัยพิจารณาลงโทษซึ่งอาศัยกฎการลงโทษในการพิจารณาจากการกระทำผิดต่อไป

## 4.2 ส่วนระบบนำร่อง

ส่วนระบบนำร่องประกอบไปด้วยส่วนการทำงานย่อยต่าง ๆ ดังนี้

### 4.2.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้ของระบบนำร่อง

ส่วนติดต่อผู้ใช้ของระบบนำร่องนี้เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้เพื่อให้ผู้ใช้กำหนดการแสดงผลข้อมูลแผนที่ การแสดงผลข้อมูลเครื่องหมายจราจร กำหนดการรับค่า

ตำแหน่งพิกัดของรถเป็นต้น สำหรับส่วนติดต่อผู้ใช้นี้จะใช้การติดต่อกับผู้ใช้ในลักษณะคอมพิวเตอร์กราฟิก (Graphic User Interface: GUI) ข้อมูลที่รับเข้ามาจากผู้ใช้ในส่วนนี้ได้แก่ การเลือกแสดงผลชั้นของข้อมูลแผนที่ เช่น ถนนหลัก ถนนรอง เครื่องหมายจราจร ชื่อเครื่องหมายจราจรเป็นต้น และสำหรับข้อมูลที่แสดงผลออกให้แก่ผู้ใช้ได้แก่ ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถ

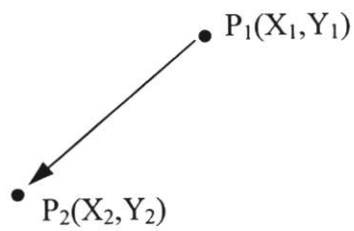
### 4.2.2 ส่วนวินิจฉัยระบบนำร่อง

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่วินิจฉัยการนำร่องหาเส้นทางที่ใกล้ที่สุดและใช้เวลาที่สั้นที่สุดในการเดินทาง ในการวินิจฉัยทำได้โดยการเชื่อมตำแหน่งต่าง ๆ บนถนนหลาย ๆ สายให้เกิดเป็นเส้นทางจากฐานความรู้แผนที่แล้วมาทำการค้นหาเส้นทางโดยวิธีการค้นหาแบบ A* ซึ่งในการค้นหาจะพิจารณาจากระยะทางและช่วงเวลาที่ใช้ในการเดินทางในสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน

### 4.2.3 ส่วนวิเคราะห์พฤติกรรมรถ

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่วิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถว่ารถมีการเคลื่อนที่ในลักษณะใดเช่น รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า รถกำลังเลี้ยวซ้าย รถกำลังเลี้ยวขวา หรือกำลังกลับรถ โดยในการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถจะอาศัยหลักการวิเคราะห์โครงสร้างของเส้นทางและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้รหัสลูกโซ่ 16 ทิศ ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนที่ของรถว่าเคลื่อนที่ไปตามแนวทิศทางใดโดยมีขั้นตอนดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1** รับพิกัดตำแหน่งจากจีพีเอส ที่เข้ามาทุกขณะโดยกำหนดให้พิกัดแรกมีตำแหน่งเป็น $P_1(X_1, Y_1)$ และพิกัดถัดไปเป็น $P_2(X_2, Y_2)$ ดังรูปที่ 4.2 รถเคลื่อนที่จากตำแหน่ง $P_1$ ไป $P_2$

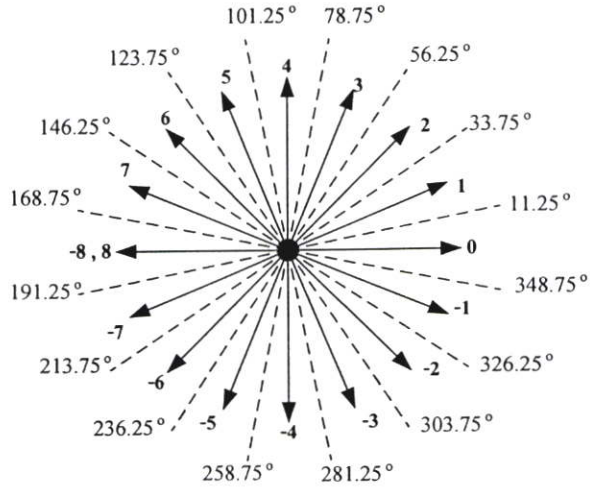



**รูปที่ 4.2** แสดงการเคลื่อนที่ของรถจาก $P_1$ ไป $P_2$

**ขั้นตอนที่ 2** คำนวณหาเวกเตอร์จากจุดตำแหน่งของรถสองจุดที่รับเข้ามาจากเครื่องรับจีพีเอสทุกขณะที่เรียงต่อกันจากสมการ

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)} \qquad (6.1)$$

**ขั้นตอนที่ 3** นำค่ามุมของเวกเตอร์ที่คำนวณได้แล้วนำไปเปรียบเทียบเพื่อเปลี่ยนเป็นรหัสลูกโซ่ เช่น ถ้ามีค่ามุมของเวกเตอร์ที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 2 มีค่าเท่ากับ 144 องศา รหัสลูกโซ่ที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 6 ซึ่งค่า 6 เป็นค่าของรหัสลูกโซ่ที่เกิดจากค่ามุมที่อยู่ระหว่าง 123.75 องศา ถึง 146.25 องศา ดังรูปที่ 4.3




**รูปที่ 4.3** แสดงค่ามุมสำหรับรหัสลูกโซ่ 16 ทิศ

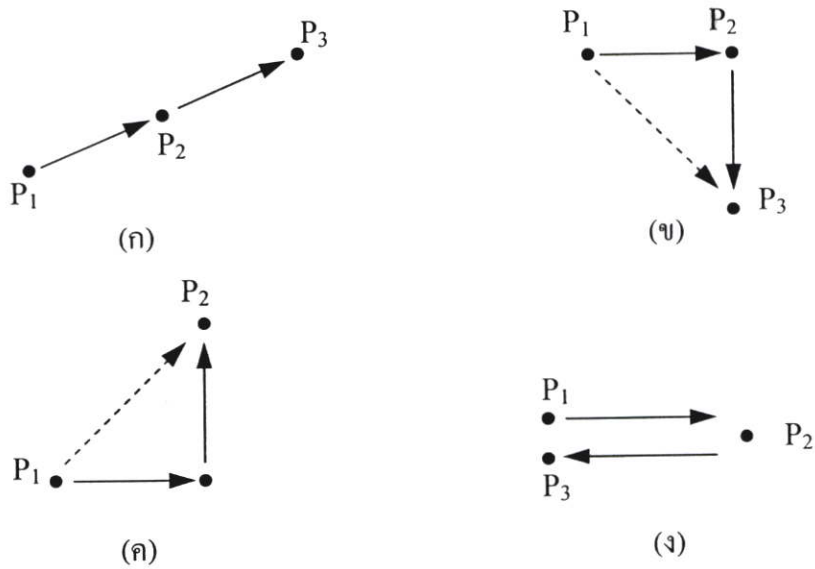
**ขั้นตอนที่ 4** นำเอาเวกเตอร์ของการวิ่งของรถที่ต่อเนื่องกัน 2 อัน โดยสมมุติให้ค่ารหัสลูกโซ่ของเวกเตอร์ตัวแรกเป็น X และเวกเตอร์ตัวต่อมาเป็น Y มาหาค่าเบี่ยงเบนของรหัสลูกโซ่จากสมการ

$$Z = Y - X \tag{6.2}$$

ซึ่งค่าเบี่ยงเบนการเคลื่อนที่นี้สามารถนำมาแปลความหมายเพื่อการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถได้ โดยผลจากการคำนวณจะมีกรณีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

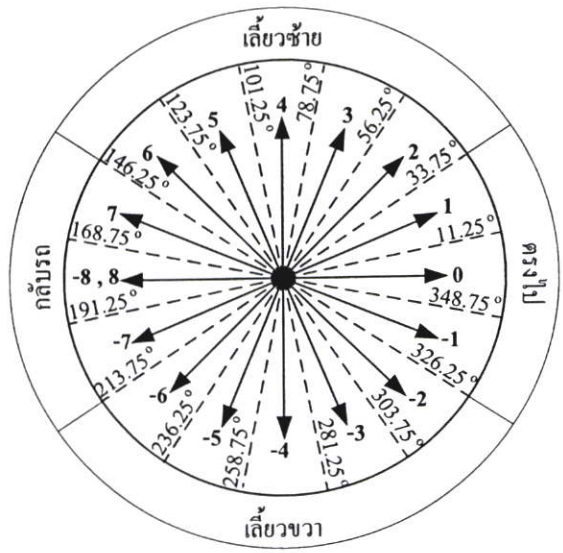
- ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ในทิศเดียวกันต่อเนื่องเป็นเส้นตรง ค่า Z จะมีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งหมายความว่ารถเคลื่อนที่ตรงไปข้างหน้าไม่มีการเลี้ยว ตามรูปที่ 4.4(ก)
- ถ้าเป็นการเลี้ยวขวา ค่า Z ที่คำนวณได้จะมีค่าเท่ากับ + 4 ซึ่งหมายถึงขณะนั้นรถกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาหรือรถกำลังเลี้ยวขวานั้นเอง ตามรูปที่ 4.4(ข)
- ถ้าเป็นการเลี้ยวซ้าย ค่า Z ที่คำนวณได้จะมีค่าเท่ากับ –4 ซึ่งหมายถึงขณะนั้นรถกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้ายหรือรถกำลังเลี้ยวซ้ายนั้นเอง ตามรูปที่ 4.4(ค)
- ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ย้อนกลับ ค่า Z ที่คำนวณได้จะมีค่าเท่ากับ –7 หรือ +7 หรือ –8 หรือ +8 ซึ่งหมายถึงขณะนั้นรถกำลังเคลื่อนที่กลับทิศทางหรือสามารถแปลความหมายว่าเป็นการกลับรถนั้นเอง ตามรูปที่ 4.4(ง)

- ถ้าผลของ Z มีค่าอยู่ระหว่าง 9 ถึง 15 ให้เอา 16 ไปลบออกหรือถ้าค่าอยู่ระหว่าง –15 ถึง –9 ก็ให้นำเอา 16 บวกเข้าไปทั้งนี้เพื่อเป็นการปรับค่า Z ให้อยู่ช่วง –8 ถึง 8 นั่นเอง




**รูปที่ 4.4** แสดงการเบี่ยงเบนของรหัสลูกโซ่

ในการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถจากการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนแล้วมาเปรียบเทียบเป็นพฤติกรรมนั้นสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งในการใช้เทคนิคนี้ยังทำให้เราสามารถทราบถึงน้ำหนักการเลี้ยวได้อีกด้วย เช่น ถ้าค่าเบี่ยงเบนคำนวณได้เท่ากับ 4 แสดงว่าเป็นการเลี้ยวซ้าย 90 องศา หรือ ค่าเบี่ยงเบนมีค่าเท่ากับ 3 ก็เป็นการเลี้ยวซ้ายที่มีมุมการเลี้ยวไม่มากนัก



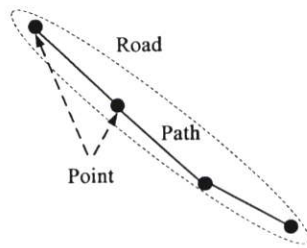

**รูปที่ 4.5** การวิเคราะห์ค่าเบี่ยงเบน

หลังจากได้ผลจากการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถแล้วก็จะนำผลที่ได้นี้ไปใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องตามกฎจราจรต่อไป

### 4.2.4 ฐานความรู้แผนที่และเครื่องหมายจราจร

เป็นฐานความรู้ที่ใช้ในการตรวจสอบว่าที่บริเวณใดมีเครื่องหมายจราจรใดอยู่บ้าง เพื่อนำข้อมูลนี้ไปทำการวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรของผู้ขับขี่ต่อไป

ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้แผนที่ดิจิตอลครอบคลุมบางพื้นที่ของกรุงเทพฯ ที่มาตราส่วน 1:4,000 ข้อมูลแผนที่ถูกแทนความหมายในรูปแบบของจุดตำแหน่ง เส้นและถนน แสดงได้ดังรูปที่ 4.6 โดยระบบพิกัดแผนที่จะมีการอ้างอิงโดยใช้ค่าพิกัดแบบเมตริกเช่นเดียวกับตำแหน่งของรถซึ่งได้จากการแปลงค่าตำแหน่งละติจูดและลองติจูดจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ไปอยู่บนระนาบฉายแบบ UTM (Universal Transverse Mercator)




**รูปที่ 4.6** แสดงจุด เส้น และถนน

จากข้อมูลแผนที่ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลต่าง ๆ มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการจัดระบบข้อมูลให้อยู่ในรูปของฐานความรู้ ในส่วนของฐานความรู้แผนที่นี้จะกล่าวถึงการแทนความรู้แผนที่ (Map representation) โดยข้อมูลแผนที่ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะประกอบไปด้วยข้อมูลของ ถนน แม่น้ำ สิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น ในการแทนความรู้แผนที่นี้จะแทนข้อมูลต่าง ๆ บนแผนที่ให้อยู่ในรูปของตรรกศาสตร์ที่อยู่ในรูปของพรีดีเขต ต่าง ๆ ดังนี้ เช่น

"ตำแหน่ง" หมายถึงตำแหน่งใดๆ บนแผนที่ ซึ่งประกอบไปด้วยตำแหน่ง ตามด้วยพิกัดของตำแหน่งอยู่ในรูปแบบ (X,Y) โดยมีรูปแบบของพรีดีเขตดังนี้ point( point_id , X , Y )

"path" หมายถึง การเชื่อมกันระหว่าง 2 จุดตำแหน่ง ที่ประกอบไปด้วยชื่อของ path ตำแหน่งที่เชื่อม 2 ตำแหน่ง โดยมีรูปแบบของพรีดีเขตดังนี้ path( path_id , point_id1 , point_id2 )

สำหรับข้อมูลที่เป็นเครื่องหมายจราจรในงานวิจัยนี้ได้จัดกลุ่มของเครื่องหมายจราจรไว้ตามลักษณะของการกำหนดตำแหน่งบนท้องถนนได้ 3 กลุ่มดังนี้คือ กลุ่มเครื่องหมายจราจรที่กำหนดตำแหน่งเป็นจุด เช่น เครื่องหมายจราจรที่เป็นป้ายต่างๆ ที่ติดตั้งตามถนน กลุ่มเครื่องหมายจราจรที่กำหนดตำแหน่งเป็นเส้น เช่น แถบขาวแดงที่ระบายตรงขอบถนนซึ่งหมายถึงห้ามจอด

บริเวณดังกล่าว และสุดท้ายกลุ่มเครื่องหมายจราจรที่กำหนดเป็นพื้นที่ เช่น แถบสีเหลืองที่ระบายลงพื้นถนนที่ระบุว่าเป็นการห้ามหยุดในบริเวณดังกล่าว

สำหรับรายละเอียดของการแทนความรู้ของข้อมูลแผนที่และข้อมูลของเครื่องหมายจราจรนั้นจะอธิบายในบทที่ 5

## 4.3 ส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร

ส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจรประกอบไปด้วยส่วนการทำงานย่อยต่าง ๆ ดังนี้

### 4.3.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้ของการตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร

ส่วนติดต่อผู้ใช้ของการตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจรนี้เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้เพื่อแสดงผลของการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรและผลของการลงโทษ ซึ่งจะเป็นการนำเอาข้อมูลจากผลการวินิจฉัยมาแสดงผลให้ผู้ใช้ได้ทราบว่า ผู้ใช้ได้มีการฝ่าฝืนกฎจราจรใดบ้างและได้ทราบถึงผลของการลงโทษเมื่อผู้ขับทำผิดกฎจราจร

### 4.3.2 ส่วนเฝ้าติดตามพฤติกรรมรถ

ส่วนเฝ้าติดตามพฤติกรรมรถจะนำผลจากการวิเคราะห์พฤติกรรมรถมาจากส่วนระบบนำร่อง โดยข้อมูลที่เป็นพฤติกรรมของรถที่ได้จากการสำรวจโดยส่วนระบบนำร่อง ได้แก่ ทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ ความเร็วปัจจุบันของรถ เวลาของรถ ชนิดของรถ ฯลฯ เมื่อได้ผลจากการวิเคราะห์พฤติกรรมแล้ว ในการที่จะทำให้ส่วนวินิจฉัยที่ทำงานอยู่ตลอดเวลาโดยโปรแกรมที่ได้โปรแกรมไว้ด้วยภาษาโปรล็อคสามารถทำการวินิจฉัยค่าต่างๆ ที่เป็นพฤติกรรมของรถ ต้องทำให้ค่าต่าง ๆ เหล่านี้เป็นประโยคที่โปรล็อคสามารถรู้ความหมายของค่าต่าง ๆ เหล่านี้ได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.7

```
car_pos(CarID,(X,Y))
car_behavior(CarID,Behavior,(X,Y))
car_type(CarID,Type)
car_speed(CarID,Speed)
car_time(CarID,(H,M,S))
sign_type(SID,S,(X,Y))
```

**รูปที่ 4.7** พฤติกรรมของรถที่แปลงเป็นประโยคในโปรล็อค

จากรูปที่ 4.7 มีความหมายในแต่ละประโยคดังนี้

car_pos(CarID,(X,Y)) เป็นการระบุตำแหน่งพิกัดของรถคันที่มีรหัสเป็น CarID โดยรถคันดังกล่าวอยู่ ณ ตำแหน่ง (X,Y)

car_behavior(CarID,Behavior,(X,Y)) เป็นการระบุถึงพฤติกรรมของรถว่ามีพฤติกรรมเป็น Behavior ของรถคันที่ CarID ที่อยู่ ณ ตำแหน่ง (X,Y)

car_type(CarID,Type) เป็นการระบุประเภทของรถที่มีประเภทเป็น Type ของรถคันที่ CarID

car_speed(CarID,Speed) เป็นการบ่งบอกถึงความเร็วของรถคันที่ CarID ที่มีความเร็วปัจจุบันอยู่ที่ Speed กิโลเมตรต่อชั่วโมง

car_time(CarID,(H,M,S)) เป็นการระบุถึงเวลาปัจจุบันของรถคันที่ CarID ที่มีเวลาปัจจุบันเป็นเวลา H นาฬิกา M นาที S วินาที

sign_type(SID,S,(X,Y)) เป็นการระบุถึงเครื่องหมายจราจรที่ตรวจสอบได้โดยเครื่องหมายจราจรนั้นมีรหัสเป็น SID ซึ่งเป็นเครื่องหมายประเภท S ถูกติดตั้งอยู่ ณ ตำแหน่ง (X,Y)

```
car_pos(1,(691653.53761388,1518421.32885101))
car_behavior(1,turn_right,(691653.53761388,1518421.32885101))
car_type(1,truck)
car_speed(1,45)
car_time(1,(7,19,20))
point_sign(10004,turn_right,(691653.53763175, 1518421.32886316))
```

**รูปที่ 4.8** ตัวอย่างพฤติกรรมของรถที่แปลเป็นประโยคในโปรล็อค

จากตัวอย่างของพฤติกรรมของรถที่แปลเป็นประโยคในโปรล็อค ดังรูปที่ 4.8 สามารถแปลความหมายโดยรวมได้ดังนี้ รถคันที่มี ID 1 ซึ่งรถอยู่ ณ ตำแหน่งพิกัดที่ 691653.53761388 ในแนวแกน X และพิกัดที่ 1518421.32885101ในแนวแกน Y กำลังเลี้ยวขวา โดยมีชนิดของรถเป็นรถบรรทุกกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและรถกำลังเคลื่อนที่ผ่านป้ายบังคับให้เลี้ยวขวาที่ติดตั้งอยู่ตำแหน่งพิกัดที่ 691653.53763175 ในแนวแกน X และ 1518421.32886316 ในแนวแกน Y เวลาของรถปัจจุบันเป็นเวลา 7 นาฬิกา 19 นาที 20 วินาที

เมื่อส่วนเฝ้าติดตามได้ติดตามและแปลพฤติกรรมของรถเป็นประโยคในโปรล็อคแล้ว ส่วนวินิจฉัยการทำผิดก็จะนำค่าประโยคเหล่านี้ไปทำการวินิจฉัยเพื่อหาข้อสรุปการกระทำผิดกฎจราจรต่อไป

### 4.3.3 ส่วนวินิจฉัยกฎ

การวินิจฉัยจะเริ่มจากระบบทำการวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรก่อน หากผลการวินิจฉัยพบว่าผู้ขับขี่ได้ทำผิดกฎจราจร ก็จะนำผลการกระทำผิดไปบันทึกในทะเบียนประวัติการขับขี่ หลังจากนั้นก็จะทำการวินิจฉัยการลงโทษในทันทีโดยการนำผลการกระทำผิดที่ผ่านมา มา

พิจารณาร่วมกับการทำผิดครั้งปัจจุบันของผู้ขับขี่เทียบกับกฎการลงโทษแล้วตัดสินว่าจะลงโทษประการใด สำหรับรายละเอียดของการวินิจฉัยกฎจะกล่าวในบทที่ 6

**4.3.4 ฐานความรู้ที่ใช้ในการคุมเข้มกฎจราจร**

ในการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรและการลงโทษนั้นจะต้องอาศัยความรู้ในฐานความรู้ต่าง ๆ ดังนี้

4.3.4.1 ฐานความรู้กฎจราจร

เป็นแหล่งเก็บความรู้กฎจราจรที่จะนำมาใช้ในการวินิจฉัยเพื่อตรวจสอบการกระทำผิดกฎจราจรของผู้ขับขี่ โดยกฎจราจรที่นำมาพิจารณาจะเป็นกฎจราจรจริง ๆ ที่ถูกบัญญัติโดยกรมทางหลวง และกฎจราจรที่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้จะเป็นกฎที่มีผลต่อสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

- เครื่องหมายจราจรที่อยู่ในฐานความรู้เครื่องหมายจราจร เช่น เครื่องหมายห้ามเลี้ยวซ้าย ห้ามเลี้ยวขวา ห้ามเข้า เป็นต้น
- เวลาของการบังคับใช้ของเครื่องหมายจราจร เช่น เครื่องหมายห้ามจอดในช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 9.00 น. ห้ามเข้าตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึง 20.00 น. เป็นต้น
- ประเภทของรถ เช่น เครื่องหมายจราจรที่ห้ามกลับรถเฉพาะที่เป็นรถบรรทุก ห้ามรถยนต์เข้า
- ความเร็วของรถ เช่น บริเวณพื้นที่ถนนที่จำกัดความเร็วไม่เกิน 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถยนต์จำกัดความเร็วที่ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถบรรทุกจำกัดความเร็วที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นต้น
- คุณสมบัติของรถ เช่น ความสูง น้ำหนัก ความกว้าง ความยาว ได้แก่เครื่องหมายจราจรที่ห้ามเข้าเฉพาะรถที่มีน้ำหนักเกิน 2,000 กิโลกรัม (2 ตัน) รถที่มีความสูงเกิน 2 เมตรห้ามเข้า เป็นต้น

4.3.4.2 ฐานความรู้กฎการลงโทษ

ฐานความรู้กฎการลงโทษเป็นแหล่งเก็บรวบรวมกฎที่ใช้สำหรับการวินิจฉัยลงโทษผู้กระทำผิดกฎจราจร โดยยึดจากข้อกำหนดสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เรื่องการบันทึกคะแนนอบรม ทดสอบ การยึดและการพักใช้ใบอนุญาตขับขี่ [5] โดยกฎการลงโทษสามารถเขียนอยู่ในรูป Event⟶ Action ซึ่ง Event หมายถึง (เมื่อเกิด) การฝ่าฝืนกฎจราจรข้อใดข้อหนึ่งของผู้ขับขี่ ส่วน Action จะเป็นการลงโทษสำหรับการฝ่าฝืนนั้น ๆ ดังนั้นเมื่อส่วนวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรสามารถตรวจพบว่าเกิดเหตุการณ์ฝ่าฝืนกฎจราจรใด ๆ ขึ้น ก็จะทำการพิจารณาลงโทษโดยจะทำการจับคู่กับกฎการลงโทษสำหรับการกระทำผิดกรณีนั้น ๆ แล้วทำการลงโทษตาม Action ที่ระบุในกฎนั้น ซึ่งในการลงโทษเบื้องต้นจะเป็นการบันทึกคะแนนลงโทษและเมื่อคะแนนเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งก็จะนำไปสู่การลงโทษที่รุนแรงขึ้น

4.3.4.3 ทะเบียนประวัติการขับขี่

เป็นส่วนเก็บบันทึกผลของการกระทำผิดกฎจราจรต่าง ๆ ของผู้ขับขี่และผลคะแนนที่ถูกลงโทษก่อนหน้า เพื่อนำผลดังกล่าวมาใช้ในการวินิจฉัยลงโทษโดยอาศัยกฎการลงโทษต่อไป

4.3.4.4 ข้อมูลคุณสมบัติของรถ

เป็นส่วนเก็บรวบรวมคุณสมบัติของรถ เพื่อใช้ประกอบการตรวจสอบกฎจราจรที่จะมีผลจากคุณสมบัติของรถอันได้แก่ ประเภทของรถ ความกว้าง ความยาว ความสูง น้ำหนัก ฯลฯ

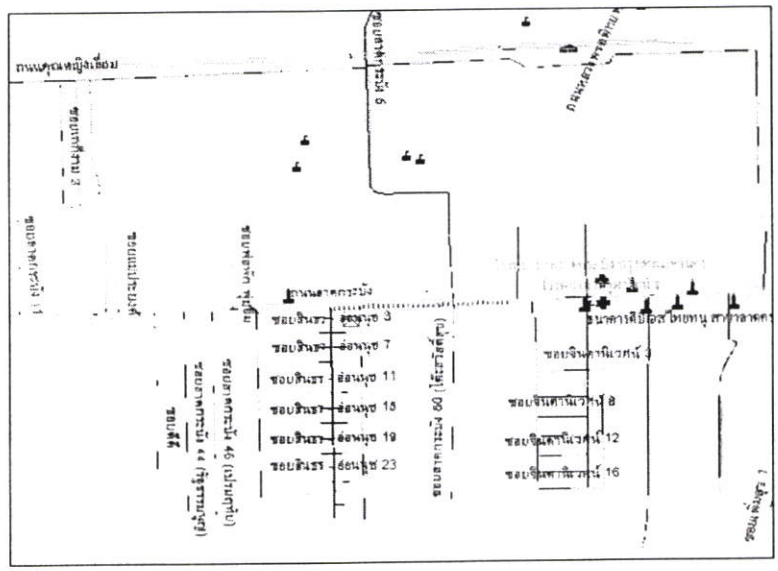
สำหรับรายละเอียดของการแปลงข้อมูลกฎจราจร กฎการลงโทษให้เป็นฐานความรู้ได้นั้นจะกล่าวในบทที่ 5

# บทที่ 5
# การแทนความรู้

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการแทนความรู้ (Knowledge Base Representation) ที่ใช้สำหรับการวินิจฉัยของระบบนำร่องรถยนต์ ที่สามารถคุมพฤติกรรมการขับขี่ให้เป็นไปตามกฎจราจร โดยฐานความรู้ที่ใช้ได้แก่ ฐานความรู้แผนที่ ฐานความรู้เครื่องหมายจราจร ฐานความรู้กฎจราจร และฐานความรู้กฎการลงโทษ ซึ่งฐานความรู้เหล่านี้เป็นฐานความรู้ที่จำเป็นต้องมีให้แก่ระบบเนื่องจากในการวินิจฉัยนั้นระบบจะนำฐานความรู้ต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้มาทำการจับคู่ (Match) กันเพื่อให้ได้คำตอบของการวินิจฉัย สำหรับรายละเอียดของการแทนความรู้ในส่วนต่าง ๆ จะอธิบายดังต่อไปนี้

## 5.1 การแทนความรู้แผนที่

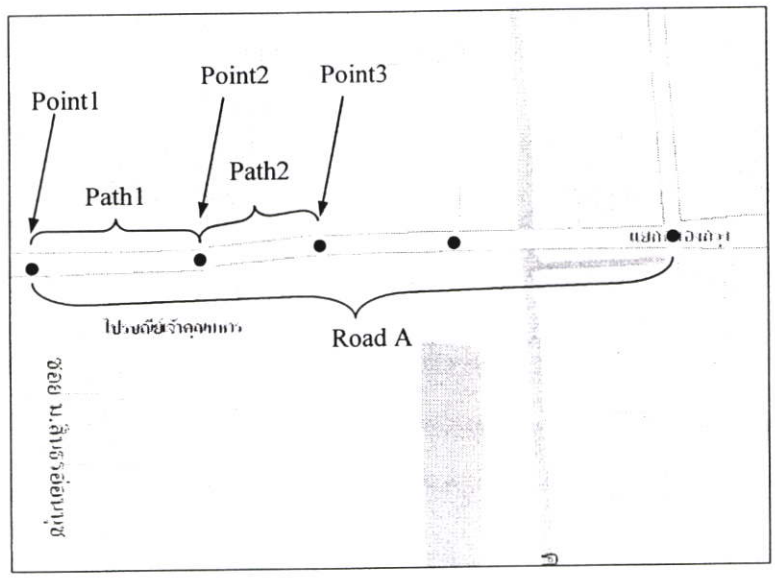
ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลแผนที่เป็นแผนที่ดิจิตอลที่มีความละเอียดค่อนข้างสูงคือมีมาตราส่วน 1:4,000 ครอบคลุมบางพื้นที่ของกรุงเทพมหานครฯ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจัดซื้อแผนที่ค่อนข้างสูงถ้าจะได้ครบทุกพื้นที่ในกรุงเทพมหานคร ฯ โดยแผนที่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้สามารถแสดงรายละเอียดของถนนหลัก ถนนรอง ถนนซอย และสถานที่สำคัญต่าง ๆ ได้แก่ ธนาคาร โรงพยาบาล สถานีตำรวจ โรงแรม สถานศึกษา วัด ดังตัวอย่างการแสดงข้อมูลของแผนที่ดิจิตอลในชั้นข้อมูลต่างๆ ดังรูปที่ 5.1 ลักษณะข้อมูลในแผนที่ดิจิตอลเป็นข้อมูลแบบเวกเตอร์ โดยใช้จุดและเส้นในการแสดงลักษณะทางภูมิศาสตร์



**รูปที่ 5.1** ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลแผนที่

สำหรับในงานวิจัยนี้ระบบพิกัดบนแผนที่และจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส จะมีการอ้างอิงโดยใช้ลองติจูดและละติจูดที่แปลงค่าตำแหน่งไปอยู่บนระนาบฉายแบบ UTM (Universal Transverse Mercator) เช่นเดียวกับตำแหน่งของรถ ที่อ่านจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ดังนั้นเพื่อความเข้าใจตรงกัน ในงานวิจัยนี้เมื่อกล่าวถึงพิกัดละติจูด ลองติจูดก็จะหมายถึงพิกัดที่ได้ทำการแปลงให้อยู่ในระนาบฉายแบบ UTM ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์ เช่น การหาระยะทางระหว่างจุด การคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดกับเส้น เป็นต้น

ในส่วนของการแทนความรู้แผนที่ทำได้โดยนำข้อมูลต่าง ๆ ในแผนที่เช่น จุดต่าง ๆ บนถนน เส้นที่เชื่อมกันระหว่างจุดบนถนน และเส้นที่เชื่อมกันหลาย ๆ เส้นแล้วกลายเป็นถนน รวมทั้งทางแยกต่าง ๆ ดังรูปที่ 5.2 แล้วนำไปแทนข้อมูลให้อยู่ในรูปของประโยคทางตรรกศาสตร์ (Logic) ซึ่งแทนด้วยพรีดีเขตในภาษาโปรล็อค ดังนี้ คือ พรีดีเขต “point” พรีดีเขต “path” และ พรีดีเขต “road”




**รูปที่ 5.2** แสดงจุด เส้นและถนนในแผนที่

สำหรับการแทนข้อมูลของจุดต่าง ๆ บนถนน เส้นที่เชื่อมกันระหว่างจุดบนถนน และถนน อย่างละเอียดจะเสนอดังต่อไปนี้

### 5.1.1 การแทนจุดตำแหน่งบนแผนที่

จะแทนด้วยพรีดีเขต “Point” โดยมีรูปแบบของพรีดีเขตดังรูปที่ 5.3

```
point(point_id,long,lat).
```

**รูปที่ 5.3** รูปแบบของพรีดีเขต “point”

จากรูปที่ 5.3 point เป็นชื่อของพรีดีเขต ส่วน point_id คือชื่อของตำแหน่งจุดใด ๆ บนถนน long คือค่าพิกัดลองติจูดของตำแหน่ง และ Lat คือค่าพิกัดละติจูดของตำแหน่ง ตัวอย่างของพรีดีเขต "point" ดังรูปที่ 5.4

```
point(latkrabang01, 691936.88722407, 1517673.47717655).
point(latkrabang02, 692140.86804930, 1517677.06027762).
point(latkrabang03, 692227.88621816, 1517678.33995657).
point(latkrabang04, 692290.33455110, 1517677.31621341).
```

**รูปที่ 5.4** ตัวอย่างพรีดีเขต "point"

ตามรูปที่ 5.4 เป็นพรีดีเขต "point" ของถนนลาดกระบัง โดย point ที่ชื่อ latkrabang01 อยู่พิกัดลองติจูดที่ 691936.88722407 ละติจูดที่ 1517673.47717655 point ชื่อ latkrabang02 อยู่ที่ลองติจูดที่ 692140.86804930 ละติจูดที่ 1517677.06027762 เป็นต้น

### 5.1.2 การแทนเส้นเชื่อมต่อจุดบนถนน

จะแทนด้วยพรีดีเขต "Path" โดยมีรูปแบบของ พรีดีเขตดังรูปที่ 5.5

```
path(path_name,point_id1,point_id2,[sign_id1,sign_id2,…]).
```

**รูปที่ 5.5** รูปแบบของพรีดีเขต "path"

จากรูปที่ 5.5 path เป็นชื่อของพรีดีเขต ส่วน path_name คือชื่อของเส้นที่ใช้เชื่อมจุด 2 จุดบนถนน ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อกันของจุดที่มีชื่อว่า point_id1 กับ point_id2 ส่วน sign_id1,sign_id2 หมายถึงรายการรหัสของเครื่องหมายจราจรที่อยู่ใน path นี้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.6

```
path(pa_latkrabang01,latkrabang01,latkrabang02,none).
path(pa_latkrabang02,latkrabang02,latkrabang03,[200001]).
path(pa_latkrabang03,latkrabang03,latkrabang04,none).
```

**รูปที่ 5.6** ตัวอย่างพรีดีเขต "path"

ตามรูปที่ 5.6 เป็นพรีดีเขต “path” ของถนนลาดกระบัง โดยที่ path ที่มีชื่อว่า pa_latkrabang01 เป็นการเชื่อมกันของ point latkrabang01 กับ point katkrabang02 และ path ที่มีชื่อว่า pa_latkrabang02 เป็นการเชื่อมกันของ point latkrabang02 กับ point katkrabang03 สำหรับเลข 200001 หมายถึง path ที่มีชื่อว่า pa_latkrabang02 ได้มีเครื่องหมายจราจรที่มีรหัส 200001 ติดตั้งอยู่โดยเลข 2 ตัวแรกจะเป็นการบ่งบอกถึงประเภทของเครื่องหมายจราจรด้วย ส่วน path ไหนที่มีค่าเป็น none แสดงว่า path นั้นไม่มีเครื่องหมายจราจรติดตั้งอยู่

### 5.1.3 การแทนถนนบนแผนที่

จะแทนด้วยพรีดีเขต “Road” ซึ่งจะเป็นการระบุถึงถนนที่มีการเชื่อมต่อกันของ path ต่างๆ โดยมีรูปแบบของพรีดีเขตดังรูปที่ 5.7

```
road(road_name,[path_name1,path_name2,...,path_nameN]).
```

**รูปที่ 5.7** รูปแบบของพรีดีเขต “road”

จากรูปที่ 5.7 road เป็นชื่อของพรีดีเขต ส่วน road_name เป็นชื่อของถนน และ [path_name1,path_name2,...,path_nameN] คือลิสต์ของ path ที่อยู่บนถนนนั้นตามลำดับ ตัวอย่างของพรีดีเขต “road” ดังรูปที่ 5.8

```
road(latkrabang,[ pa_latkrabang01, pa_latkrabang02,
      pa_latkrabang03,pa_latkrabang04,pa_latkrabang05]).
road(chalongkrung,[pa_chal_kung01, pa_chal_kung02,
      pa_chal_kung03, pa_chal_kung04, pa_chal_kung05]).
```

**รูปที่ 5.8** ตัวอย่างพรีดีเขต “road”

ตามรูปที่ 5.8 เป็นพรีดีเขต “road” ของถนนลาดกระบังและถนนฉลองกรุง โดยถนนลาดกระบังเป็นการเชื่อมต่อของ path ที่มีชื่อว่า pa_latkrabang01 ถึง pa_latkrabang05 ส่วนถนนฉลองกรุงเป็นการเชื่อมต่อของ path ที่ชื่อว่า pa_chal_kung01 ถึง pa_chal_kung05 ตามลำดับ

## 5.2 การแทนความรู้เครื่องหมายจราจร

เครื่องหมายจราจรตามข้อกำหนดกรมทางหลวงของไทย[6] นั้นจะแบ่งเครื่องหมายจราจรได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแผ่นป้าย และเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง โดยในงานวิจัยนี้เครื่องหมายจราจรที่นำมาพิจารณาจะครอบคลุมทุกประเภท ตามข้อกำหนดของกลมทางหลวง และจากการที่ได้ทำการศึกษาถึงเครื่องหมายจราจรตามลักษณะประเภทและการกำหนดตำแหน่งจัดวางเครื่องหมายบนท้องถนน เพื่อนำมาพิจารณาในการแทนเป็นความรู้เครื่องหมายจราจรนั้น พบว่าการที่จะนำมาแทนเป็นฐานความรู้ของเครื่องหมายจราจรเพื่อใช้ในการประกอบการวินิจฉัยนั้นจะต้องจัดหมวดหมู่ของเครื่องหมายจราจรตามคุณสมบัติในการติดตั้งเครื่องหมายเชิงพื้นที่บนท้องถนน ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มได้คือ เครื่องหมายจรจาจรที่ระบุตำแหน่งของการติดตั้งเป็นจุด(Point) เครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งของการติดตั้งเป็นเส้น (Line) และเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งของการติดตั้งเป็นพื้นที่ (Area)

### 5.2.1 การแทนเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด (Point)

เครื่องหมายจราจรที่ถูกจัดกลุ่มให้เป็นเครื่องหมายที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด ได้แก่ ป้ายเครื่องหมายห้ามเลี้ยวซ้าย บังคับเลี้ยวซ้าย ห้ามเข้า เป็นต้น ตัวอย่างของเครื่องหมายในกลุ่มนี้ดังรูปที่ 5.9

**รูปที่ 5.9** เครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด

ในการแทนความรู้ของเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด จะใช้พรีดีเขต "point_sign" ในการบ่งบอกให้ส่วนวินิจฉัยทราบว่าเป็นเครื่องหมายที่ถูกระบุตำแหน่งของการติดตั้งเครื่องหมายเป็นจุด โดยมีรูปแบบของ พรีดีเขตดังรูปที่ 5.10

```
point_sign(SignID,SignType,(X,Y)).
```

**รูปที่ 5.10** รูปแบบของพรีดีเขต “point_sign”

จากรูปที่ 5.10 มีความหมายดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| point_sign | คือ | ชื่อพรีดีเขตที่บ่งบอกถึงเครื่องหมายจราจรแบบจุด |
| SignID | คือ | รหัสของเครื่องหมาย |
| SignType | คือ | ชนิดของเครื่องหมายจราจร |
| X | คือ | พิกัดลองติจูลของเครื่องหมาย |
| Y | คือ | พิกัดละติจูดของเครื่องหมาย |

ตัวอย่างของพรีดีเขต “point_sign” ดังรูปที่ 5.11

```
point_sign(10001,not_turn_right,(691941.732389,1518402.551913)).
point_sign(10002,not_turn_left,(691891.232046,1518405.499921)).
point_sign(10003,turn_right,(691877.168184,1518405.765335)).
point_sign(10005,no_enter,(691653.53761388, 1518421.32885101)).
point_sign(10006,no_u_turn,(691754.383597,1518554.788068)).
```

**รูปที่ 5.11** ตัวอย่างของพรีดีเขต “point_sign”

ตามรูปที่ 5.11 เป็นตัวอย่างของการแทนความรู้ของกลุ่มเครื่องหมายจราจรที่ถูกติดตั้งเครื่องหมายเป็นลักษณะจุดตำแหน่ง จากกลุ่มของพรีดีเขต point_sign ตามตัวอย่างจะอธิบายได้ว่า มีเครื่องหมายจราจร รหัส 10001 เป็นเครื่องหมายห้ามเลี้ยวขวา ถูกติดตั้งอยู่ที่พิกัดลองติจูดที่ 691941.732389 ละติจูดที่ 1518402.551913 มีเครื่องหมายจราจร รหัส 10002 เป็นเครื่องหมายห้ามเลี้ยวซ้าย อยู่ลองติจูดที่ 691891.232046 ละติจูดที่ 1518405.499921 เป็นต้น

### 5.2.2 การแทนเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นเส้น (Line)

เครื่องหมายจราจรที่ถูกจัดกลุ่มให้เป็นเครื่องหมายที่ระบุตำแหน่งเป็นเส้น ได้แก่ เครื่องหมายแถบขาวแดงที่บ่งบอกถึงบริเวณห้ามจอดหรือห้ามหยุดรถ เครื่องหมายแถบขาวเหลือง

ที่บ่งบอกถึงจอดได้ชั่วคราวห้ามจอดนานเกินในระยะเวลากำหนด เป็นต้น ตัวอย่างของเครื่องหมายในกลุ่มนี้ดังรูปที่ 5.12

ห้ามหยุดหรือจอด

ห้ามจอดแต่สามารถหยุดได้ชั่วคราว

**รูปที่ 5.12** เครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นเส้น

ในการแทนความรู้ของเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นเส้น จะใช้พรีดีเขต "line_sign" ในการบ่งบอกให้ส่วนวินิจฉัยทราบว่าเป็นเครื่องหมายที่ถูกระบุตำแหน่งของการติดตั้งเครื่องหมายเป็นเส้น โดยมีรูปแบบของ พรีดีเขตดังรูปที่ 5.13

line_sign(SignID,SignType,($X_1$,$Y_1$), ($X_2$,$Y_2$)).

**รูปที่ 5.13** รูปแบบของพรีดีเขต "line_sign"

จากรูปที่ 5.13 มีความหมายดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| line_sign | คือ | ชื่อพรีดีเขตที่บ่งบอกถึงเครื่องหมายจราจรแบบเส้น |
| SignID | คือ | รหัสของเครื่องหมาย |
| SignType | คือ | ชนิดของเครื่องหมายจราจร |
| $X_1$,$Y_1$ | คือ | จุดพิกัดขอบเขตเริ่มต้นของเครื่องหมาย |
| $X_2$,$Y_2$ | คือ | จุดพิกัดขอบเขตสิ้นสุดของเครื่องหมาย |

จะสังเกตได้ว่าพิกัดที่ระบุตำแหน่งของเครื่องหมายจราจรแบบเส้นจะมีความแตกต่างกับพิกัดของเครื่องหมายจราจรแบบจุดตรงที่เครื่องหมายจราจรแบบจุดจะมีเพียงพิกัด(X,Y)เดียวในการกำหนดตำแหน่ง ส่วนเครื่องหมายจราจรแบบเส้นจะมีการระบุพิกัด 2 จุด เพื่อจะสามารถทำให้ส่วนวินิจฉัยได้ทราบถึงขอบเขตของเครื่องหมายนี้ว่ามีระยะความยาวเท่าใดเริ่มจากจุดไหนไปไหนเป็นต้น สำหรับตัวอย่างของพรีดีเขต "line_sign" แสดงดังรูปที่ 5.14

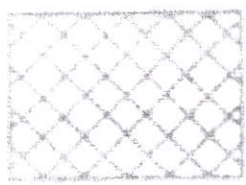
```
edge_sign(20001,no_stop,(691757.233888,1518485.839731),
                        (691755.000289,1518544.465648)).

edge_sign(20002,no_parking,(691986.818408,1518522.934493),
                           (692006.096490,1518524.551613)).
```

**รูปที่ 5.14** ตัวอย่างของพรีดีเขต "line_sign"

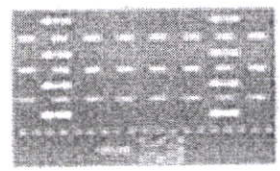
ตามรูปที่ 5.14 เป็นตัวอย่างของการแทนความรู้ของกลุ่มเครื่องหมายจราจรที่ถูกติดตั้งเครื่องหมายเป็นลักษณะเส้น จากกลุ่มของพรีดีเขต line_sign ตามตัวอย่างจะอธิบายได้ว่ามีแถบเครื่องหมายจราจร รหัส 20001 เป็นเครื่องหมายห้ามหยุดรถ ถูกติดตั้งครอบคลุมพื้นที่อยู่ระหว่างลองติจูดที่691757.233888 ละติจูดที่1518485.839731 กับพิกัด ลองติจูดที่ 691755.000289 ละติจูดที่1518544.465648 และมีเครื่องหมายจราจร รหัส 20002 เป็นเครื่องหมายห้ามจอดรถ ถูกติดตั้งครอบคลุมพื้นที่อยู่ระหว่างลองติจูดที่ 691986.818408 ละติจูดที่1518522.934493 กับพิกัด ลองติจูดที่ 692006.096490 ละติจูดที่ 1518524.551613 เป็นต้น

### 5.2.3 การแทนเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่ (Area)

เครื่องหมายจราจรที่ถูกจัดกลุ่มให้เป็นเครื่องหมายที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่ ได้แก่ เครื่องหมายห้ามหยุดรถบริเวณทางเข้าออก ช่องเดินรถสำหรับรถประจำทางเป็นต้น ตัวอย่างของเครื่องหมายในกลุ่มนี้ดังรูปที่ 5.15



บริเวณห้ามหยุดรถ



ช่องเดินรถประจำทาง

**รูปที่ 5.15** เครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่

ในการแทนความรู้ของเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่ จะใช้พรีดีเขต "area_sign" ในการบ่งบอกให้ส่วนวินิจฉัยทราบว่าเป็นเครื่องหมายที่ถูกระบุตำแหน่งของการติดตั้งเครื่องหมายเป็นพื้นที่ โดยมีรูปแบบของ พรีดีเขตดังรูปที่ 5.16

area_sign(SignID,SignType,$(X_1,Y_1)$,$(X_2,Y_2)$,$(X_3,Y_3)$,$(X_4,Y_5)$).

**รูปที่ 5.16** รูปแบบของพรีดีเขต "area_sign"

จากรูปที่ 5.16 มีความหมายดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| area_sign | คือ | ชื่อพรีดีเขตที่บ่งบอกถึงเครื่องหมายจราจรแบบพื้นที่ |
| SignID | คือ | รหัสของเครื่องหมาย |
| SignType | คือ | ชนิดของเครื่องหมายจราจร |
| $X_1,Y_1$ | คือ | จุดพิกัดขอบเขตเครื่องหมายตำแหน่งที่ 1 |
| $X_2,Y_2$ | คือ | จุดพิกัดขอบเขตเครื่องหมายตำแหน่งที่ 2 |
| $X_3,Y_3$ | คือ | จุดพิกัดขอบเขตเครื่องหมายตำแหน่งที่ 3 |
| $X_4,Y_4$ | คือ | จุดพิกัดขอบเขตเครื่องหมายตำแหน่งที่ 4 |

จะสังเกตได้ว่าพิกัดที่ระบุตำแหน่งของเครื่องหมายจราจรแบบพื้นที่ จะมีความแตกต่างกับพิกัดของเครื่องหมายจราจรแบบจุด และแบบเส้นตรงที่เครื่องหมายจราจรแบบจุดจะมีเพียงพิกัด(X,Y)เดียวในการกำหนดตำแหน่งส่วนเครื่องหมายจราจรแบบพื้นที่จะมีการระบุพิกัด 4 จุด เพื่อจะสามารถทำให้ส่วนวินิจฉัยได้ทราบถึงขอบเขตของเครื่องหมายนี้ที่จะมีผลต่อตำแหน่งของรถในบริเวณพื้นที่ของเครื่องหมายที่อยู่ภายในจุดตำแหน่งทั้ง 4 สำหรับตัวอย่างของพรีดีเขต "area_sign" แสดงดังรูปที่ 5.17

```
area_sign(30001,no_stop,(692011.862431,1518524.962858),
                        (692017.270544,1518525.002652),
                        (692025.209228,1518524.139018),
                        (692038.549242,1518524.237186)).
```

**รูปที่ 5.17** ตัวอย่างของพรีดีเขต "area_sign"

ตามรูปที่ 5.17 เป็นตัวอย่างของการแทนความรู้ของกลุ่มเครื่องหมายจราจรที่ถูกติดตั้งเครื่องหมายเป็นลักษณะพื้นที่ จากพรีดีเขต area_sign ตามตัวอย่างจะอธิบายได้ว่ามีแถบเครื่องหมายจราจรระบุเป็นพื้นที่ รหัส 30001 เป็นเครื่องหมายบริเวณห้ามหยุดรถ ถูกติดตั้งครอบคลุมพื้นที่อยู่ระหว่างพิกัดตำแหน่งแรกที่ ลองติจูด 692011.862431 ละติจูด 1518524.962858 พิกัดตำแหน่งที่สองที่ ลองติดจูด 692017.270544 ละติจูด 1518525.002652 พิกัดตำแหน่งที่สาม ที่ลองติดจูด

692025.209228 ละติจูด 1518524.139018 และพิกัดตำแหน่งที่สี่ลองติดจูด 692038.549242 ละติจูด 1518524.237186

## 5.3 การแทนความรู้กฎจราจร

ฐานความรู้กฎจราจรเป็นแหล่งเก็บความรู้กฎจราจรที่จะนำมาใช้ในการวินิจฉัยเพื่อตรวจสอบการกระทำผิดกฎจราจร ในทางตรรกศาสตร์เราสามารถเขียนกฎจราจรให้อยู่ในรูปของอิมพลิเคชั่น (Implication) ได้ดังรูปที่ 5.18

car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
point_sign(SID,**not_turn_left**,(Sx,Sy)) and
near((Cx,Cy),(Sx,Sy))
$\longrightarrow$ **not** car_behavior(CID,**turn_left**,(Cx,Cy))

**รูปที่ 5.18** กฎในรูปของอิมพลิเคชั่น

จากรูปที่ 5.18 หมายความว่าเมื่อรถคันใดๆ CID วิ่งเข้าใกล้ (near) เครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด (point_sign) และเครื่องหมายจราจรนั้นเป็นการห้ามเลี้ยวซ้าย (not_turn_left) ถ้าจะถูกต้องตามกฎจราจรนี้แล้ว รถคันดังกล่าวจะต้องไม่มีพฤติกรรมเลี้ยวซ้าย ซึ่งเราจะสามารถเขียนประโยคนี้ใหม่ให้สื่อความหมายเป็นการกระทำผิดกฎได้ดังรูปที่ 5.19

car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
point_sign(SID,**not_turn_left**,(Sx,Sy)) and
near((Cx,Cy),(Sx,Sy)) and
**not** car_behavior(CID,**turn_left**,(Cx,Cy))
$\longrightarrow$ violate(RID,CID,SID,**not_turn_left**,(Cx,Cy))

**รูปที่ 5.19** กฎที่สื่อความหมายให้เป็นการกระทำที่ผิดตามกฎ

ต่อไปเป็นตัวอย่างของฐานความรู้กฎจราจรในกลุ่มต่าง ๆ ดังนี้

- กฎจราจรที่เชื่อมโยงกับเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด (Point) ดังรูปที่ 5.20

```
car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
point_sign(SID,not_turn_right,(Sx,Sy)) and
near((Cx,Cy),(Sx,Sy)) and
car_behavior(CID,turn_right,(Cx,Cy))
  ⟶ violate(101,CID,SID,not_turn_right,(Cx,Cy))
```

**รูปที่ 5.20** ตัวอย่างกฎจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด

ตามรูปที่ 5.20 หมายความว่าเมื่อรถเคลื่อนที่เข้าใกล้เครื่องหมายห้ามเลี้ยวขวาและรถในขณะนั้นมีพฤติกรรมที่เลี้ยวขวาแสดงว่ารถคันดังกล่าวมีการฝ่าฝืน (Violate) กฎจราจรที่มีผลต่อเครื่องหมายจราจรห้ามเลี้ยวขวาซึ่งเป็นกฎข้อที่ 101

- กฎจราจรที่เชื่อมโยงกับเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นเส้น ดังรูปที่ 5.21

```
car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
line_sign(SID,no_stop,(Sx1,Sy1),(Sx2,Sy2)) and
in_line((Cx,Cy),(Sx1,Sy1),(Sx2,Sy2)) and
car_behavior(CID,stop,(Cx,Cy))
  ⟶ violate(201,CID,SID,no_stop,(Cx,Cy))
```

**รูปที่ 5.21** ตัวอย่างกฎจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นเส้น

ตามรูปที่ 5.21 หมายความว่าเมื่อรถเคลื่อนที่เข้าใกล้เส้นของเครื่องหมายห้ามหยุดและรถในขณะนั้นมีพฤติกรรมที่หยุดรถแสดงว่ารถคันดังกล่าวมีการฝ่าฝืนกฎจราจรที่มีผลต่อเครื่องหมายจราจรห้ามหยุดซึ่งเป็นกฎข้อที่ 201

- กฎจราจรที่เชื่อมโยงกับเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่ ดังรูปที่ 5.22

```
car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
area_sign(SID,bus_lane,(Sx1,Sy1),(Sx2,Sy2),(Sx3,Sy3),(Sx4,Sy4)) and
in_area((Cx,Cy),(Sx1,Sy1),(Sx2,Sy2),(Sx3,Sy3),(Sx4,Sy4)) and
car_behavior(CID,go_ahead,(Cx,Cy))
  ⟶ violate(302,CID,SID,bus_lane,(Cx,Cy))
```

**รูปที่ 5.22** ตัวอย่างกฎจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่

ตามรูปที่ 5.22 หมายความว่าเมื่อรถเคลื่อนที่ (go_ahead) อยู่ในพื้นที่ (in_area) ของเครื่องหมายจราจรที่ระบุว่าเป็นช่องเดินทางสำหรับรถโดยสารประจำทาง (bus_lane) แสดงว่ารถคันดังกล่าวมีการฝ่าฝืนกฎจราจรที่มีผลต่อเครื่องหมายช่องเดินรถประจำทางจราจรซึ่งเป็นกฎข้อที่ 301

- กฎจราจรที่มีผลบังคับตามเงื่อนไขของเวลา ดังรูปที่ 5.23

car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
line_sign(SID,**no_parking_6to9**,(Sx1,Sy1),(Sx2,Sy2))and
in_line((Cx,Cy),(Sx1,Sy1),(Sx2,Sy2)) and
car_time(CID,(Hour,Minute,Sec)) and
within_time((Hour,Minute),(6,00),(9,00)) and
car_behavior(CID,**park**,(Cx,Cy))
⟶ violate(501,CID,SID,**no_parking_6to9**,(Cx,Cy))

**รูปที่ 5.23** ตัวอย่างกฎจราจรที่มีผลต่อเวลา

ตามรูปที่ 5.23 หมายความว่าเมื่อรถตรวจสอบเจอเครื่องหมายห้ามจอดตั้งแต่เวลา 6.00 น. ถึง 9.00 น. (no_parking_6to9) และขณะนั้นรถมีพฤติกรรมจอดรถอยู่ (park) และจอดใกล้กับเครื่องหมายดังกล่าว (in_line) ซึ่งเวลาในรถขณะนั้นเป็นเวลาที่อยู่ระหว่าง 6.00 น. ถึง 9.00 น. (within_time) แสดงว่ารถคันดังกล่าวมีการฝ่าฝืนกฎจราจรที่มีผลต่อเครื่องหมายห้ามจอดนั้นซึ่งเป็นกฎข้อที่ 501

- กฎจราจรที่มีผลบังคับให้จำกัดความเร็วของรถ ดังรูปที่ 5.24

car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
car_speed(CID,CS) and CS > 100
⟶ violate(401,CID,_,**speed_limit**,(Cx,Cy))

**รูปที่ 5.24** ตัวอย่างกฎจราจรที่มีผลต่อความเร็วของรถ

ตามรูปที่ 5.24 หมายความว่าเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากกว่า 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (CS > 100) ให้ถือว่าเป็นการฝ่าฝืนกฎจราจรที่มีผลต่อความเร็วของรถซึ่งเป็นกฎข้อที่ 401

โดยกฎนี้จะแสดงถึงการฝ่าฝืนที่ไม่ต้องมีเครื่องหมายจราจรบังคับ ซึ่งถ้าเมื่อใดและที่ใด ๆ ก็ตาม รถคันดังกล่าวมีความเร็วเกินกว่ากำหนดให้ถือว่ามีการทำผิดทันที

- กฎจราจรที่มีผลบังคับตามประเภทของรถ ดังรูปที่ 5.25

```
car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
point_sign(SID,no_u_turn,(Sx,Sy)) and
car_behavior(CID,u_turn,(Cx,Cy)) and
car_type(CID,truck) and
near((Cx,Cy),(Sx,Sy))
⟶ violate(109,CID,SID,no_u_turn,(Cx,Cy))
```

**รูปที่ 5.25** ตัวอย่างกฎจราจรที่มีผลต่อประเภทของรถ

ตามรูปที่ 5.25 หมายความว่าเมื่อรถตรวจสอบเจอเครื่องหมายห้ามกลับรถ (no_u_turn) และขณะนั้นรถมีพฤติกรรมกลับรถ (u_turn) และรถคันดังกล่าวเป็นรถบรรทุก (truck) แสดงว่ารถคันดังกล่าวมีการฝ่าฝืนกฎห้ามกลับรถเฉพาะรถบรรทุก ซึ่งเป็นกฎข้อที่ 109

สำหรับรายละเอียดของประโยคทางตรรกศาสตร์ที่บ่งบอกถึงการกระทำผิดกฎจราจรที่จะนำไปใช้สำหรับการวินิจฉัยการลงโทษนั้นจะมีเงื่อนไขของวันเวลาที่มีการกระทำผิดกฎจราจร และสถานะของการลงโทษเพิ่มเข้าไปในประโยคโดยมีรูปแบบดังรูปที่ 5.26

```
violate(RuleID,CID,SID,ViolateType,(Cx,Cy),(D,M,Y),(H,M,S),Pstatus)
```

**รูปที่ 5.26** รูปแบบของประโยคที่ระบุถึงการกระทำผิดกฎจราจร

จากรูปที่ 5.26 มีความหมายดังต่อไปนี้

| | | |
|---|---|---|
| violate | คือ | ชื่อพรีดีเขตที่หมายถึงมีการฝ่าฝืนกฎจราจร |
| RuleID | คือ | รหัสของกฎจราจรที่มีการฝ่าฝืน |
| CID | คือ | หมายเลขรถที่ฝ่าฝืนกฎจราจร |
| SID | คือ | รหัสของเครื่องหมายจราจร |
| violate_type | คือ | ลักษณะของการกระทำผิด |
| (CX,CY) | คือ | ตำแหน่งพิกัดของรถที่กระทำผิดกฎจราจร |
| (D,M,Y) | คือ | วันเดือนปีที่มีการกระทำผิดกฎจราจร |
| (H,M,S) | คือ | เวลาในขณะที่มีการกระทำผิดกฎจราจร |

Pstatus คือ สถานะของการลงโทษในการกระทำผิดในกฎนี้โดยมีค่าเป็น True หรือ False ถ้าเป็น True หมายถึงการทำผิดครั้งนี้มาการลงโทษแล้วแต่ถ้ามีค่าเป็น False หมายถึงยังไม่มีการลงโทษในการกระทำผิดครั้งนี้

ตัวอย่างของประโยคของการกระทำผิดกฎจราจรแสดงได้ดังรูปที่ 5.27

```
violate(501,1,300001, no_parking_6to9,
        (692270.93118351, 1518481.72545345),(19,09,2006),
        (9,30,40),false).
```

**รูปที่ 5.27** ตัวอย่างประโยคที่ระบุถึงการกระทำผิดกฎจราจร

จากรูปที่ 5.27 เป็นการแสดงประโยคที่ระบุถึงการกระทำผิดกฎข้อที่ 501 บริเวณเครื่องหมายจราจรรหัส 300001 ซึ่งเป็นการฝ่าฝืนเครื่องหมายห้ามจอดในระหว่างเวลา 6.00 น. ถึง 9.00 น. ตำแหน่งที่รถกระทำผิดกฎจราจรที่พิกัด 692270.93118351, 1518481.72545345 ในวันที่ 19 กันยายน 2549 เวลา 9.30 น. และการกระทำผิดนี้ยังไม่ได้มีการลงโทษ

## 5.4 การแทนความรู้กฎการลงโทษ

ฐานความรู้กฎการลงโทษเป็นแหล่งเก็บรวบรวมกฎที่ใช้สำหรับการวินิจฉัยลงโทษผู้กระทำผิดกฎจราจร โดยยึดจากข้อกำหนดสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เรื่องการบันทึกคะแนนอบรม ทดสอบ การยึดและการพักใช้ใบอนุญาตขับขี่ [5] โดยกฎการลงโทษสามารถเขียนอยู่ในรูป Event→ Action ซึ่ง Event หมายถึง (เมื่อเกิด) การฝ่าฝืนกฎจราจรข้อใดข้อหนึ่งของผู้ขับขี่ ส่วน Action จะเป็นการลงโทษสำหรับการฝ่าฝืนนั้น ๆ ดังนั้นเมื่อส่วนวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรสามารถตรวจพบว่าเกิดเหตุการณ์ฝ่าฝืนกฎจราจรใด ๆ ขึ้น ก็จะทำการพิจารณาลงโทษโดยจะทำการจับคู่กับกฎการลงโทษสำหรับการกระทำผิดกรณีนั้น ๆ แล้วทำการลงโทษตาม Action ที่ระบุในกฎนั้น ซึ่งในการลงโทษเบื้องต้นจะเป็นการบันทึกคะแนนลงโทษและเมื่อคะแนนเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งก็จะนำไปสู่การลงโทษที่รุนแรงขึ้นดังตัวอย่างของกฎการลงโทษในรูปที่ 5.28

```
violate(109,CID,SID,no_u_turn,(Cx,Cy))
  -> add_penalty(CID,10)
violate(201,CID,SID,no_stop,(Cx,Cy))
  -> add_penalty(CID,5)
violate(201,CID,SID,no_park,(Cx,Cy))
  -> add_penalty(CID,5)
```

(ก)

accumulated_penalty(UserID,**Score**) and
$30 \leq$ **Score** $\leq 59$
$\longrightarrow$ punishment(CID,train_3_hours)

(ข)

accumulated_penalty(UserID,**Score**) and
$60 \leq$ **Score** $\leq 89$
$\longrightarrow$ punishment(CID, confiscate_driving_license30)

(ค)

**รูปที่ 5.28** ตัวอย่างกฎการลงโทษผู้ขับขี่

จากรูปที่ 5.28 เป็นตัวอย่างของกฎการลงโทษในแต่ละระดับ เริ่มแรกจะเป็นกฎการปรับแต้มผู้ขับขี่เมื่อผู้ขับขี่มีการกระทำผิดกฎจราจรในแต่ละข้อ ดังรูปที่ 5.28 (ก) เมื่อผู้ขับขี่ทำผิดกฎจราจรห้ามกลับรถก็จะทำการบันทึกคะแนนการทำผิดไป 10 คะแนน หรือถ้าทำผิดกฎห้ามหยุดจะทำการบันทึกคะแนนการทำผิด 5 คะแนน หลังจากนั้นเมื่อผู้ขับขี่มีการกระทำผิดมากขึ้นไปอีกจนมีระดับคะแนนที่เพิ่มขึ้นไปจนอยู่ในช่วงคะแนน 30 ถึง 59 คะแนนก็จะทำให้มีผลต่อกฎจากรูปที่ 5.28 (ข) ซึ่งจะเป็นกฎการลงโทษให้มีการต้องเข้ารับการอบรม 3 ชั่วโมง (train_3_hours) เมื่อคะแนนของการถูกลงโทษมีค่าอยู่ระหว่าง $30 \leq$ Score $\leq 59$ ส่วนกฎในรูปที่ 5.28(ค) เป็นกฎของการลงโทษให้ยึดใบอนุญาตขับขี่จำนวน 3 วัน เมื่อคะแนนอยู่ระหว่าง 60 ถึง 89 คะแนน

# บทที่ 6
# การทำงานของส่วนวินิจฉัย

ส่วนวินิจฉัยนี้มีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการคือ ทำการวินิจฉัยหาข้อสรุปของการกระทำผิดกฎจราจรว่าผู้ขับขี่มีพฤติกรรมการขับขี่ที่ฝ่าฝืนกฎจราจรที่มีอยู่ในฐานความรู้กฎจราจรหรือไม่ และทำการวินิจฉัยการลงโทษผู้ขับขี่เมื่อผู้ขับขี่ได้ฝ่าฝืนกฎจราจรไปแล้ว

ในขั้นตอนของการวินิจฉัยจะเริ่มจากระบบทำการวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรก่อน หากผลการวินิจฉัยพบว่าผู้ขับขี่ได้ทำผิดกฎจราจร ก็จะนำผลการกระทำผิดไปบันทึกในทะเบียนประวัติการขับขี่ หลังจากนั้นก็จะทำการวินิจฉัยการลงโทษในทันที โดยการนำผลการกระทำผิดที่ผ่านมา นำมาพิจารณาร่วมกับการทำผิดครั้งปัจจุบันของผู้ขับขี่เทียบกับฐานความรู้กฎการลงโทษแล้วจะทำการตัดสินว่าจะลงโทษประการใด สำหรับรายละเอียดของการวินิจฉัยในแต่ละส่วนจะมีดังต่อไปนี้

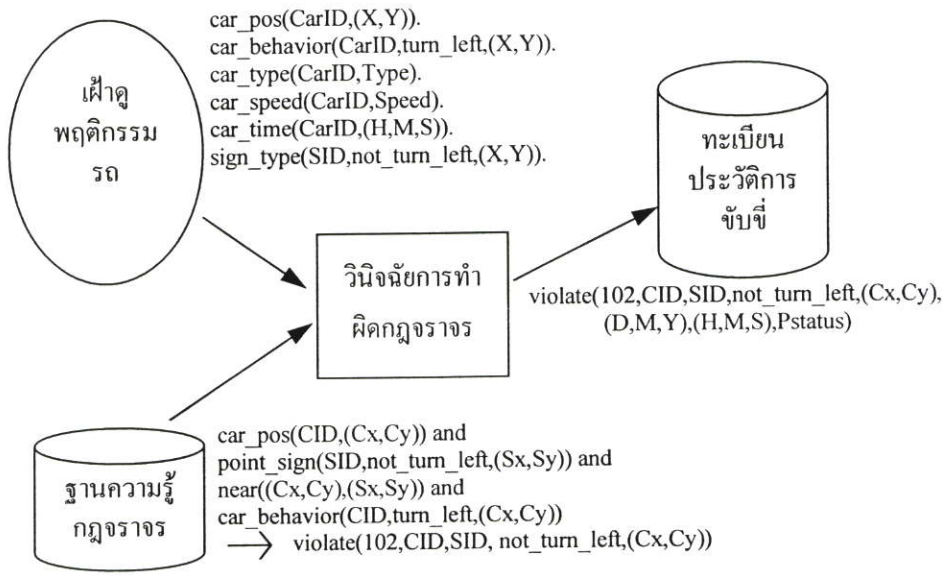
## 6.1 การวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจร

การวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรเริ่มจากส่วนวินิจฉัยจะอ่านค่าพฤติกรรมของรถที่ประกอบไปด้วยพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับ ความเร็ว ตำแหน่ง เวลา ประเภทของรถและเครื่องหมายจราจรที่ตรวจสอบได้พร้อมด้วยตำแหน่งของเครื่องหมายจราจรจากส่วนเฝ้าดูพฤติกรรมของรถซึ่งได้เตรียมข้อมูลไว้ในรูปแบบของประโยคทางตรรกศาสตร์ (Logic) ในรูปของ Fact ในภาษาโปรล็อค หลังจากนั้นจะนำ Fact เหล่านี้มาทำการจับคู่กับส่วนเงื่อนไขของกฎจราจรที่มีอยู่ในฐานความรู้กฎจราจรทีละกฎว่าเข้าเงื่อนไขของการทำผิดกฎจราจรในข้อใดแล้วให้ผลสรุปการกระทำผิดออกมา โดยมีขั้นตอนการวินิจฉัยดังรูปที่ 6.1

```
Begin inference for regulation violation
    while true do
        behave = observe behavior, motion,
                 position, property,
                 speed & current time
        sign-info= observe sign & its position
        facts    = formulate(behav,sign-info)
        match facts with all regulation rules
        fire all the applicable rules
End
```

**รูปที่ 6.1** ขั้นตอนการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจร

จากรูปที่ 6.1 อธิบายขั้นตอนการวินิจฉัยดังนี้ เริ่มจากส่วนวินิจฉัยจะถูกทำงานอยู่ตลอดเวลา ทุก ๆ ขณะโดยในแต่ละรอบการทำงานจะรับเอาประโยคทางตรรกศาสตร์ (Fact) ที่เป็นพฤติกรรมของรถได้แก่ทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ ตำแหน่ง ความเร็ว คุณสมบัติ และเวลาของรถ หลังจากนั้นจะสำรวจข้อมูลที่เป็นประโยคทางตรรกศาสตร์ของเครื่องหมายจราจรที่ตรวจสอบได้ เมื่อได้ Fact ต่าง ๆ ครบแล้ว ส่วนวินิจฉัยก็จะนำกลุ่มของ Fact เหล่านี้ไปทำการจับคู่กับกฎที่มีอยู่ในฐานข้อมูลทีละกฎ ถ้าผลของการจับคู่ตรงกับกฎข้อไหนส่วนวินิจฉัยจะทำการส่งประโยค violate(RID,CID,SID,S,(Cx,Cy)) ออกมาซึ่งหมายถึง รถรหัส CID ได้ฝ่าฝืนกฎหมายเลข RID ที่เครื่องหมายจราจร SID เครื่องหมายนั้นเป็นประเภท S ที่ตำแหน่งของรถที่มีการกระทำผิดที่ (Cx,Cy) แต่ถ้าผลของการจับคู่ไม่ตรงกับฐานความรู้กฎจราจรข้อใดเลยจะไม่มีการส่งประโยคอะไรออกมา ซึ่งเมื่อมีการกระทำผิดกฎข้อใดจะมีการนำไปบันทึกในทะเบียนประวัติการขับขี่ต่อไป และในขณะเดียวกันการกระทำผิดนี้จะกลายเป็น Event เพื่อกระตุ้นให้ส่วนวินิจฉัยกฎการลงโทษได้ทำงานต่อไป สำหรับลักษณะการส่งผ่านของฐานความรู้ขณะที่ทำการวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรแสดงได้ดังรูปที่ 6.2




**รูปที่ 6.2** แสดงการส่งผ่านของฐานความรู้ขณะที่ทำการวินิจฉัย

จากรูปที่ 6.2 เป็นการแสดงการส่งผ่านของฐานความรู้ต่าง ๆ เมื่อมีการวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจร โดยจะเริ่มจากส่วนเฝ้าดูพฤติกรรมรถจะนำผลจากการวิเคราะห์พฤติกรรมรถจากส่วนระบบนำร่องมาทำการเปลี่ยนผลลัพธ์จากระบบนำร่องให้เป็นประโยคทางตรรกศาสตร์เพื่อที่จะทำให้ส่วนวินิจฉัยสามารถได้ทราบความหมายพฤติกรรมของรถได้ โดยประโยคทางตรรกศาสตร์ที่ส่วนเฝ้าดูพฤติกรรมรถจัดเตรียมไว้ให้ส่วนวินิจฉัยได้แก่ car_behavior(CarID,turn_left,(X,Y)) ซึ่งหมายถึงพฤติกรรมของรถ car_type(CarID,Type) หมายถึง

ประเภทของรถ car_speed(CarID,Speed) หมายถึงความเร็วรถ car_time(CarID,(H,M,S)) หมายถึงเวลา sign_type(SID,not_turn_left,(X,Y)) หมายถึงเครื่องหมายจราจรที่ตรวจสอบเจอในเวลานั้น เมื่อส่วนวินิจฉัยได้ประโยคจากส่วนเฝ้าดูพฤติกรรมของรถแล้วก็จะไปทำการดึงกฎจราจรจากฐานความรู้กฎจราจรมาทำการจับคู่เทียบกันทีละประโยคถ้าทุกประโยคที่ได้มาจากส่วนเฝ้าดูพฤติกรรมตรงกับทุกประโยคของกฎข้อใดข้อหนึ่งในฐานความรู้กฎจราจร แสดงว่ามีการกระผิดกฎจราจรในข้อนั้น จากรูปที่ 6.2 จะเห็นได้ว่าในส่วนเฝ้าดูพฤติกรรมรถ มีประโยคตรงกับกฎจราจรอยู่ 3 ประโยคคือ ตำแหน่งของรถ ทิศทางการเลี้ยวซึ่งเป็นเลี้ยวซ้าย และเครื่องหมายจราจรที่ตรงกันคือห้ามเลี้ยวซ้าย เมื่อทุกประโยคจับคู่กันได้แล้วแสดงว่ามีการกระทำผิดกฎจราจร ส่วนวินิจฉัยก็จะส่งประโยคที่บอกถึงการกระทำผิดในครั้งนั้นจากรูปที่ 6.2 จะเห็นได้ว่าส่วนวินิจฉัยส่งประโยค violate(102,CID,SID,not_turn_left,(Cx,Cy), (D,M,Y),(H,M,S),Pstatus) ซึ่งหมายถึงทำผิดกฎข้อที่ 102 เป็นการกระทำผิดกฎต่อเครื่องหมายห้ามเลี้ยวซ้าย หลังจากนั้นจะนำผลของการทำผิดในครั้งนี้บันทึกลงทะเบียนประวัติการขับขี่เพื่อส่วนวินิจฉัยการลงโทษ จะนำข้อมูลนี้ไปใช้วินิจฉัยต่อไป

## 6.2 การวินิจฉัยการลงโทษผู้กระทำผิดกฎจราจร

การวินิจฉัยการลงโทษผู้กระทำผิดกฎจราจรจะเริ่มจากส่วนวินิจฉัยจะเฝ้าตรวจสอบดู Event ของการกระทำผิดว่าเกิดขึ้นหรือไม่ โดยการสำรวจว่ามีการเพิ่มประโยค violate(102,CID,SID,not_turn_left, (Cx,Cy), (D,M,Y),(H,M,S),Pstatus) เข้าไปในทะเบียนประวัติการขับขี่หรือไม่ ถ้ามีก็จะนำประโยคนี้ร่วมกับคะแนนที่ถูกลงโทษก่อนหน้ามาจับคู่กับส่วนเงื่อนไขของกฎการลงโทษที่มีอยู่ในฐานความรู้กฎการลงโทษว่าเข้าเงื่อนไขของการลงโทษในข้อใด แล้วตัดสินลงโทษตามนั้น ซึ่งผลการลงโทษอาจนำไปสู่การลงโทษประการอื่นๆ เพิ่มเติมตามมาได้อีก ถ้าคะแนนลงโทษสะสมถึงเกณฑ์ โดยขั้นตอนการวินิจฉัยมีดังรูปที่ 6.3

```
Begin inference for punishment
   while true do
        v = observe emerging violation
        facts = (v,current penalty score)
        match facts with all punishment rules
        fire all applicable punishment rules
End
```

**รูปที่ 6.3** ขั้นตอนการวินิจฉัยการลงโทษ

จากรูปที่ 6.3 อธิบายขั้นตอนการวินิจฉัยการลงโทษดังนี้ เริ่มจากส่วนวินิจฉัยจะดูว่ามีการกระทำผิดกฎจราจรเกิดขึ้นหรือไม่ “v = observe emerging violation” ถ้ามีการกระทำผิดก็จะดู

ว่าการกระทำผิดครั้งนี้คะแนนของการกระทำผิดกับคะแนนเดิมที่มีอยู่ปัจจุบันเป็นเท่าใด "facts = (v,current penalty score)" หลังจากได้ผลรวมของการกระทำผิดกฎจราจรเป็นค่าคะแนนแล้วก็จะนำไปจับคู่กับกฎการลงโทษจากฐานความรู้กฎการลงโทษ "match facts with all punishment rules" ว่าการกระทำผิดที่เป็นประโยคของการกระทำผิดปัจจุบันกับฐานความรู้กฎการลงโทษข้อใดตรงกันบ้าง ถ้ามีการจับคู่กันได้ตรงกับกฎข้อใดส่วนวินิจฉัยจะส่งประโยคที่บอกถึงการลงโทษจากกฎข้อนั้นให้ผู้ใช้ได้ทราบต่อไปและก็จะนำไปบันทึกในทะเบียนประวัติการขับขี่ด้วย

สำหรับโปรแกรมภาษาโปรล็อคที่ใช้สำหรับการ วินิจฉัยกฎต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 6.4

```
prove(true).
prove(A and B) :- !,prove(A), prove(B).
prove(A) :- wm(A),!.
prove(A) :- A =.. [Pred|_], built-in(A),!,A.

try_all_rules_and_fire_them([]).
try_all_rules_and_fire_them([R|RL]) :-
   [Condition,'->',Action] = R,
   (prove(Condition), prove(Action) ; true),
   try_all_rules_and_fire_them(RL).

interpreter :-
   findall(R,rule(R),Rule_list),
   try_all_rules_and_fire_them(Rule_list),
   abolish(wm/1).
```

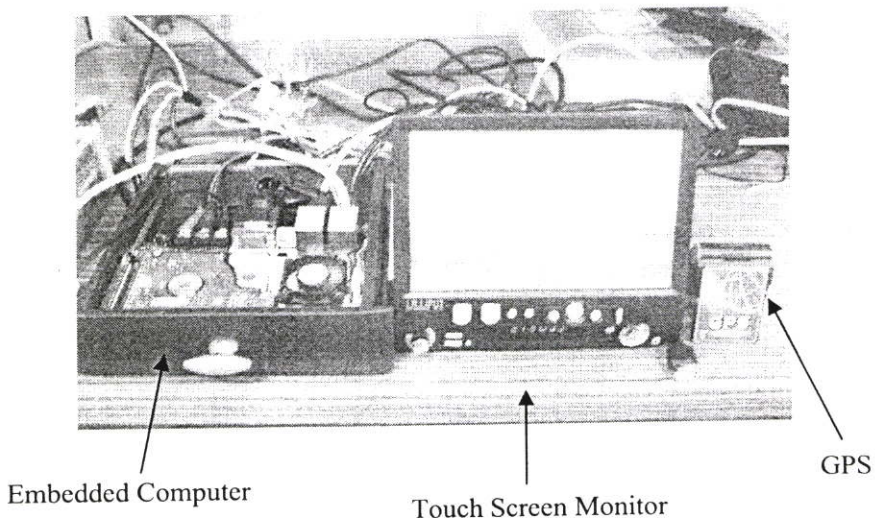
**รูปที่ 6.4** โปรแกรมภาษาโปรล็อคที่ใช้ในการวินิจฉัยกฎ

# บทที่ 7

# ผลการทดลอง

โปรแกรมระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถคุมพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับให้เป็นไปตามกฎจราจรนี้ได้ใช้โปรแกรมภาษาไพธอน (Python) และ ภาษาโปรล็อค ทำการพัฒนาขึ้นในส่วนที่เป็น Software โดยอาศัยหลักของการแก้ปัญหาทางปัญญาประดิษฐ์ ในการพัฒนาด้าน Software ได้ใช้โปรแกรมภาษาไพธอนทำการพัฒนาในส่วนต่าง ๆ ดังนี้คือ ส่วนติดต่อผู้ใช้ที่เป็นลักษณะกราฟฟิก (Graphic User Interface:GUI) ส่วนแสดงผลรายละเอียดข้อมูลแผนที่และเครื่องหมายจราจร ส่วนค้นหาเครื่องหมายจราจร และส่วนวิเคราะห์พฤติกรรมของรถ ข้อมูลแผนที่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแผนที่จริงของกรุงเทพมหานครแบบดิจิตอล ครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตลาดกระบัง เขตสะพานสูง เขตประเวศ และเขตคลองสามวา ส่วนข้อมูลเครื่องหมายจราจรได้ใช้วิธีการสำรวจจากตำแหน่งจริงที่มีการติดตั้งเครื่องหมายจราจรบริเวณถนนลาดกระบัง ถนนฉลองกรุงและบางส่วนได้สมมุติขึ้นว่ามีเครื่องหมายจราจรในรูปแบบต่าง ๆ ในบริเวณถนนดังกล่าว

สำหรับการทดลองในส่วนของฮาร์ดแวร์ได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก มีความเร็วในการประมวลผล 1 GHz มีหน่วยความจำ 512 MB ต่อเข้ากับจอภาพแบบสัมผัสยี่ห้อ LILLIPUT รุ่น GL701-NPสามารถพับเก็บได้เหมาะสำหรับติดตั้งบนรถยนต์ ในส่วนของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ที่นำมาต่อเข้ากับระบบเป็นจีพีเอส ยี่ห้อ Typco รุ่น X1029-A ซึ่งมีค่าความผิดพลาดในการรับพิกัดตำแหน่งประมาณ 3 ถึง 5 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องรับจีพีเอส ที่มีความผิดพลาดน้อย สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 7.1




**รูปที่ 7.1** การเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดลอง

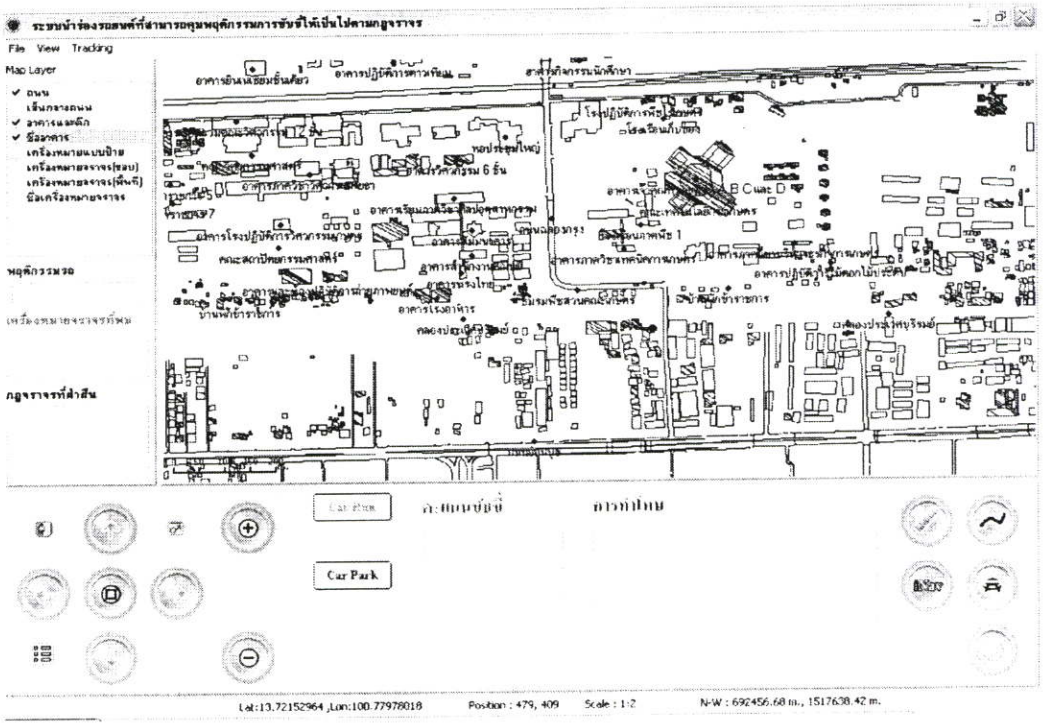
สำหรับงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ส่วนคือ การทดลองข้อมูลแผนที่และเครื่องหมายจราจร การทดลองการวิเคราะห์พฤติกรรมรถ การทดลองการวินิจฉัยการฝ่าฝืนกฎจราจร และการทดลองการวินิจฉัยการลงโทษ โดยมีรายละเอียดของการทดลองดังนี้

## 7.1 การทดลองข้อมูลแผนที่และเครื่องหมายจราจร

เป็นการทดลองการดึงข้อมูลแผนที่และเครื่องหมายจราจรมาแสดงผลเพื่อตรวจสอบการแสดงผลว่าตำแหน่งของเครื่องหมายจราจรกับตำแหน่งถนนตรงกันตามความเป็นจริงหรือไม่โดยมีรายละเอียดของการแสดงข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

### 7.1.1 การแสดงผลชั้นข้อมูลต่าง ๆ ของแผนที่

เป็นการทดสอบการดึงข้อมูลแผนที่ดิจิตอลมาแสดงผลซึ่งข้อมูลแผนที่ดิจิตอลนี้ประกอบด้วยหลายชั้นข้อมูลด้วยกันสำหรับงานวิจัยนี้ข้อมูลที่สามารถดึงมาแสดงผลจะมีข้อมูลถนน ข้อมูลอาคาร และชื่อของอาคาร ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 7.2



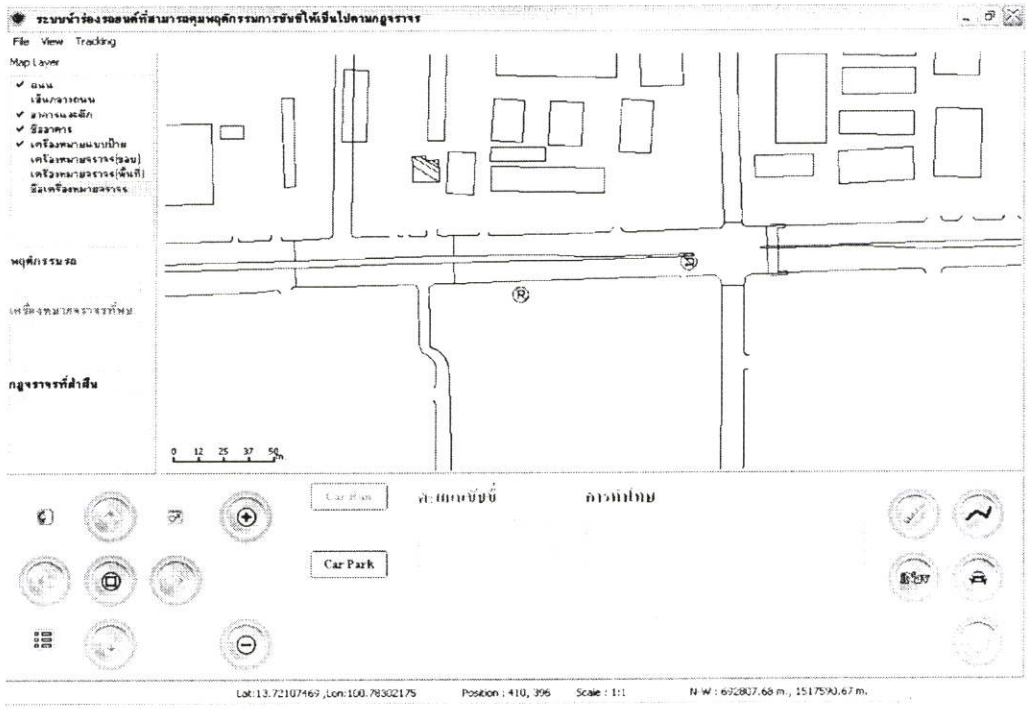

**รูปที่ 7.2** การแสดงผลข้อมูลแผนที่

จากรูปที่ 7.2 เป็นการแสดงผลข้อมูลแผนที่ 3 ระดับชั้นได้แก่ชั้นข้อมูลถนน ข้อมูลอาคารต่าง ๆ และชื่อของอาคาร ในการทดสอบได้ทำการ click เลือกชั้นข้อมูลจากช่องเลือกชั้นข้อมูลที่ได้ออกแบบเป็น Check Box เมื่อทำการ Click เลือกชั้นข้อมูลโปรแกรมจะทำการโหลดข้อมูลของ

ชั้นข้อมูลที่ต้องการแสดงผล จากการทดสอบโปรแกรมสามารถดึงข้อมูลของชั้นข้อมูลแผนที่มาแสดงผลได้อย่างถูกต้อง และตรงกับตำแหน่งพิกัดจริงของสถานที่นั้น ๆ

### 7.1.2 การแสดงผลข้อมูลเครื่องหมายจราจร

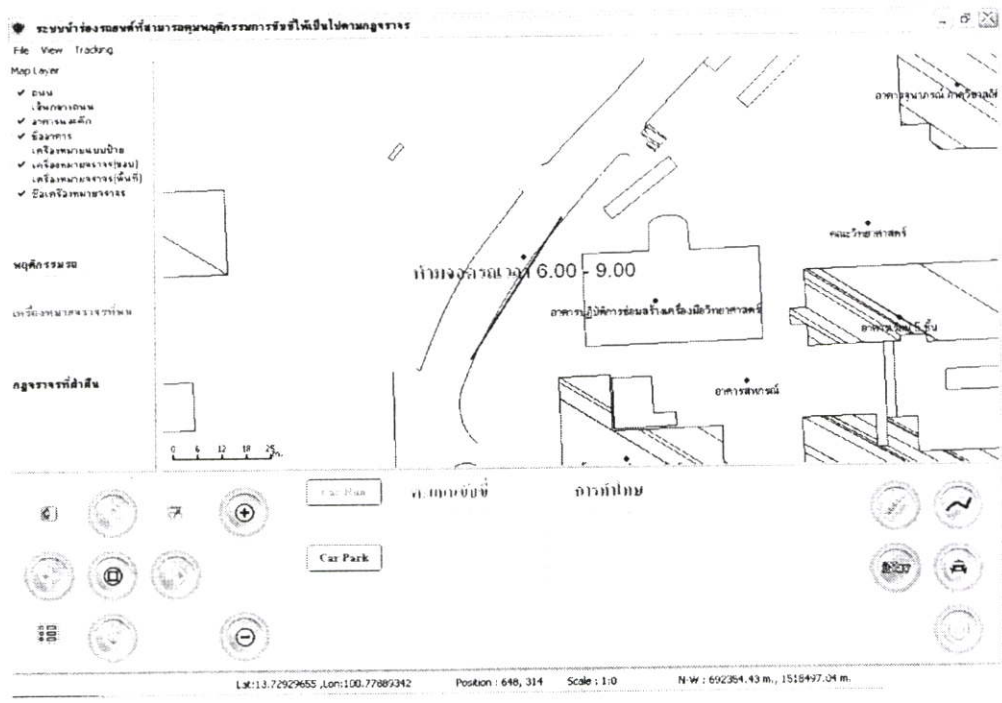
เป็นการทดสอบการดึงข้อมูลเครื่องหมายจราจรแบบต่าง ๆ มาแสดงผล จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 5 เครื่องหมายจราจรในงานวิจัยนี้จะแบ่งเป็น 3 กลุ่มโดยสรุปคือ เครื่องหมายแบบระบุตำแหน่งจุดหรือป้ายจราจรต่าง ๆ เครื่องหมายจราจรแบบระบุเป็นเส้นหรือแถบสี่เครื่องหมายที่อยู่ตามขอบถนน และสุดท้ายกลุ่มเครื่องหมายจราจรที่ระบุเป็นพื้นที่ ในการทดลองระบบการแสดงผลข้อมูลเครื่องหมายจราจร ได้ออกแบบ Check Box ไว้ 4 ตัวเลือกสำหรับการแสดงผลข้อมูลเครื่องหมายจราจรโดยมีตัวเลือกดังนี้ เครื่องหมายจราจรแบบป้าย เครื่องหมายจราจร(ขอบ) เครื่องหมายจราจร(พื้นที่) ในการทดลองได้ทดสอบ Click เลือกให้แสดงข้อมูลเครื่องหมายจราจรแบบป้ายกับชื่อเครื่องหมาย ผลเป็นดังรูปที่ 7.3 ทดสอบ Click เลือกให้แสดงข้อมูลเครื่องหมายจราจรแบบ(ขอบ) กับชื่อเครื่องหมาย ผลเป็นดังรูปที่ 7.4 และทดสอบ Click เลือกให้แสดงข้อมูลเครื่องหมายจราจรแบบ(พื้นที่) กับชื่อเครื่องหมาย ผลเป็นดังรูปที่ 7.5



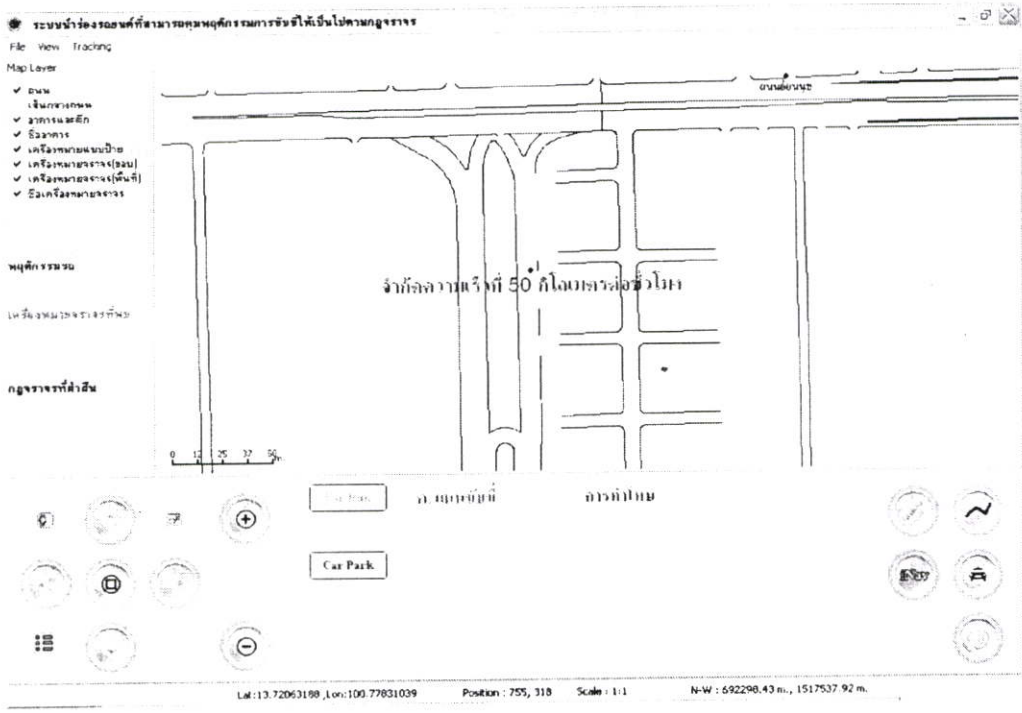

**รูปที่ 7.3** การแสดงผลข้อมูลเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุด

จากรูปที่ 7.3 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการ Click เลือกแสดงชั้นของข้อมูลเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นจุดหรือพวกป้ายเครื่องหมายจราจรต่าง ๆ ระบบจะทำการดึงข้อมูลเครื่องหมายจราจรที่อยู่ตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่ได้จากการสำรวจมาแสดงผล จากการทดลองจะพบว่าเมื่อมีการ

แสดงข้อมูลแผนที่และเครื่องหมายจราจรพร้อมกันจะเห็นถึงตำแหน่งของเครื่องหมายจราจรกับตำแหน่งของแผนที่ถนนจะสัมพันธ์กัน บางส่วนมีความผิดพลาดเล็กน้อย เช่นเครื่องหมายห้ามกลับรถที่เลื่อนลงมาต่ำกว่าตำแหน่งที่ควรจะเป็น ทั้งนี้เป็นสาเหตุมาจากค่าความคลาดเคลื่อนของจีพีเอส




**รูปที่ 7.4** การแสดงผลข้อมูลเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นเส้น



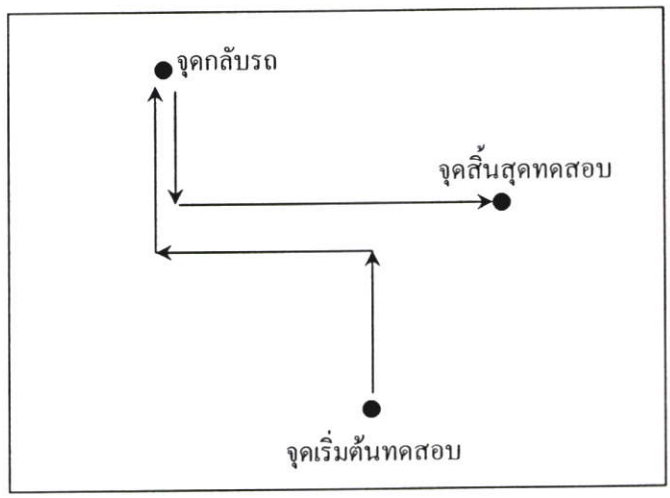

**รูปที่ 7.5** การแสดงผลข้อมูลเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่

จากรูปที่ 7.4 จะเห็นได้ว่าการแสดงผลของเครื่องหมายจราจรที่ระบุเป็นเส้นจะทำการแสดงผลเป็นแถบสีตามขอบถนนดังรูป และมีชื่อของเครื่องหมายจราจรกำกับเพื่อเป็นการบอกถึงขอบเขตของเครื่องหมายพร้อมกับคำสั่งของเครื่องหมายจราจรนั้น จากรูปเป็นการแสดงผลของเครื่องหมายจราจรห้ามจอดรถตั้งแต่เวลา 6.00 นาฬิกา ถึง 9.00 นาฬิกา ซึ่งมีความยาวตามขอบถนนประมาณ 20 เมตร

จากรูปที่ 7.5 เป็นการทดสอบการแสดงผลเครื่องหมายจราจรที่ระบุตำแหน่งเป็นพื้นที่ โดยลักษณะของการแสดงผลจะเป็นแถบระบายทึบลงบนช่องถนนเพื่อบอกถึงบริเวณขอบเขตที่รถจะมีผลต่อเครื่องหมายจราจรนี้ จากรูปเป็นการแสดงผลของช่วงพื้นที่ที่จำกัดความเร็วไม่ให้เกิน 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตรงบริเวณทางเข้าสนามบินสุวรรณภูมิซึ่งเป็นข้อมูลที่สมมุติขึ้นว่าบริเวณดังกล่าวมีการจำกัดความเร็วในการขับขี่

## 7.2 การทดลองวิเคราะห์พฤติกรรมรถ

เป็นการทดลองการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถขณะที่ทำการวิ่งอยู่บนถนน โดยในการทดลองในระยะเริ่มแรกจะนำข้อมูลของพิกัดตำแหน่งรถที่ทำการวิ่งในลักษณะต่าง ๆ ที่ผ่านมา (Log File) มาเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์หาพฤติกรรมรถจาก Log File ที่ได้เก็บไว้ซึ่งข้อมูลที่อยู่ในไฟล์ดังกล่าวจะเป็นข้อมูลของรถที่มีลักษณะการวิ่งจากจุดเริ่มต้นทำการวิ่งตรงไปข้างหน้าระยะหนึ่งหลังจากนั้นได้ทำการเลี้ยวซ้ายแล้วก็ขับรถตรงไปเมื่อขับรถตรงไปได้ระยะหนึ่งก็จะทำการกลับรถไปในทิศทางตรงกันข้ามทิศทางเดิมที่ผ่านมาหลังจากนั้นก็ขับรถไปยังจุดสิ้นสุด โดยลักษณะของการวิ่งทดสอบในครั้งนี้จะเป็นดังรูปที่ 7.6




**รูปที่ 7.6** ลักษณะการวิ่งรถทดสอบเพื่อวิเคราะห์หาพฤติกรรมรถ

จากการนำรถยนต์วิ่งทดสอบเก็บข้อมูลพิกัดจากจีพีเอส ไปในทิศทางตามรูปที่ 7.6 เมื่อนำข้อมูลที่เป็น Log file จากการวิ่งทดสอบมาเข้าขบวนการวิเคราะห์หาพฤติกรรมรถ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์พฤติกรรมดังตารางที่ 7.1

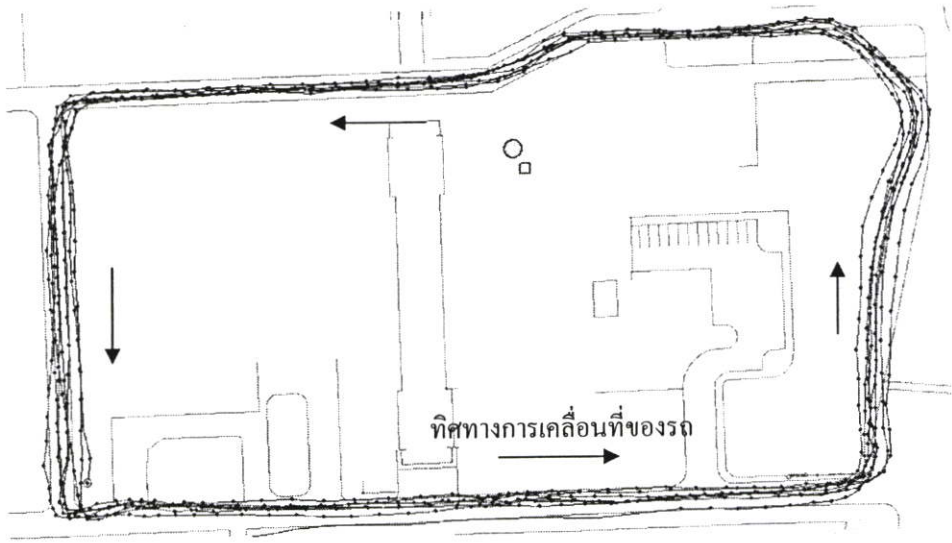
**ตารางที่ 7.1** ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถ

| **Path ที่** | **ความยาว Path (เมตร)** | **รหัสลูกโซ่** | **ค่าการเบี่ยงเบน ( ค่า Z )** | **พฤติกรรมรถที่วิเคราะห์ได้** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.85875 | 4 | - | - |
| 2 | 29.57599 | 4 | 0 | Go Straight |
| 3 | 27.26248 | 4 | 0 | Go Straight |
| 4 | 19.28748 | 4 | 0 | Go Straight |
| 5 | 22.52217 | 8 | **4** | **Turn Left** |
| 6 | 21.90095 | 8 | 0 | Go Straight |
| 7 | 19.27748 | 8 | 0 | Go Straight |
| 8 | 19.27748 | 8 | 0 | Go Straight |
| 9 | 23.02945 | 4 | **-4** | **Turn Right** |
| 10 | 28.31716 | 4 | 0 | Go Straight |
| 11 | 18.55119 | 4 | 0 | Go Straight |
| 12 | 21.91667 | 4 | 0 | Go Straight |
| 13 | 23.02945 | -4 | **8** | **U Turn** |
| 14 | 28.31716 | -4 | 0 | Go Straight |
| 15 | 18.55119 | -4 | 0 | Go Straight |
| 16 | 17.50115 | 0 | **4** | **Turn Left** |
| 17 | 18.55119 | 0 | 0 | Go Straight |
| 18 | 21.15161 | 0 | 0 | Go Straight |
| 19 | 11.23864 | 0 | 0 | Go Straight |
| 20 | 21.91667 | 0 | 0 | Go Straight |

จากตารางที่ 7.1 จะเห็นได้ว่ารถมีการเลี้ยวซ้ายจาก Path ที่ 4 ไป Path ที่ 5 โดย Path ที่ 4 มีค่ารหัสลูกโซ่เป็น 4 ส่วน Path ที่ 5 มีค่ารหัสลูกโซ่เป็น 8 เมื่อนำค่ารหัสลูกโซ่ทั้ง 2 มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบน (Z) จะได้ 4 ซึ่งเป็นการเลี้ยวซ้าย จากการทดลองพบว่าส่วนวิเคราะห์พฤติกรรมของรถ

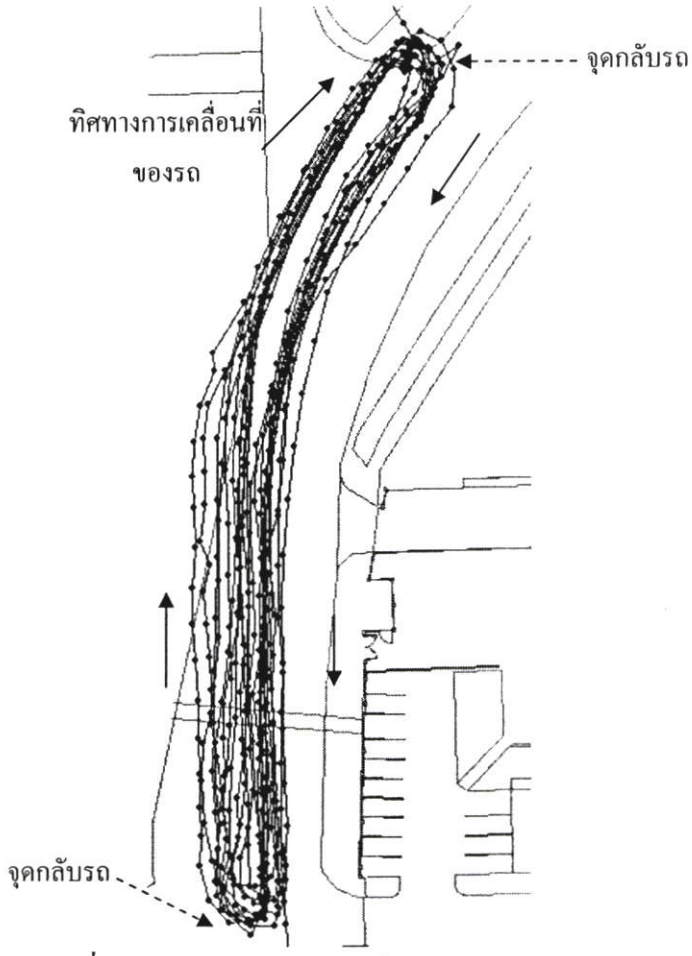
สามารถประมวลผลข้อมูลจากจีพีเอส เพื่อหาพฤติกรรมของรถได้อย่างถูกต้องกับลักษณะการเคลื่อนที่จริงของรถ

จากการทดลองพบว่าในการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรนั้น จะสามารถวินิจฉัยได้ถูกต้องหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับส่วนวิเคราะห์พฤติกรรมของรถเป็นสำคัญหมายความว่า ถ้าการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมได้ถูกต้องแล้วก็จะส่งผลให้การวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรถูกต้องไปด้วย ในการทดสอบหาความผิดพลาดของการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถได้ทำการวิ่งทดสอบการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และการกลับรถ ซ้ำๆ กันหลายรอบในพื้นที่ต่าง ๆ ดังรูปที่ 7.7 ถึงรูปที่ 7.9




**รูปที่ 7.7** ทดสอบการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวซ้าย

**รูปที่ 7.8** ทดสอบการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวขวา




**รูปที่ 7.9** ทดสอบการวิเคราะห์พฤติกรรมการกลับรถ

จากรูปที่ 7.7 เป็นการวิ่งทดสอบการเลี้ยวซ้ายจำนวน 38 ครั้ง ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมได้ดังตารางที่ 7.2

**ตารางที่ 7.2** ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวซ้ายซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง

| Path ที่ | ความยาว Path (เมตร) | รหัสลูกโซ่ | ค่าการเบี่ยงเบน (ค่า Z) | ผลการวิเคราะห์ | การขับขี่จริง | วิเคราะห์ได้ถูกต้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 3.724029 | 1 | 0 | Go Straight | | |
| 10 | 5.175921 | 3 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 23 | 6.096047 | 4 | 1 | Go Straight | | |
| 24 | 5.171625 | 4 | 0 | Go Straight | Turn Left | No |
| 55 | 5.427543 | 8 | 0 | Go Straight | | |
| 56 | 5.636905 | -6 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 57 | 5.716559 | -4 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 72 | 2.523865 | -3 | 1 | Go Straight | | |
| 73 | 4.506903 | 0 | 3 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 109 | 4.439428 | 1 | 0 | Go Straight | | |
| 110 | 4.624210 | 3 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 123 | 5.903723 | 3 | 0 | Go Straight | | |

**ตารางที่ 7.2** ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวซ้ายซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง (ต่อ)

| Path ที่ | ความยาว Path (เมตร) | รหัสลูกโซ่ | ค่าการเบี่ยงเบน (ค่า Z) | ผลการวิเคราะห์ | การขับขี่จริง | วิเคราะห์ได้ถูกต้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 124 | 5.360982 | 4 | 1 | Go Straight | Turn Left | No |
| 159 | 5.059872 | -7 | 1 | Go Straight | | |
| 160 | 4.887302 | -4 | 3 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 177 | 3.605522 | -3 | 1 | Go Straight | | |
| 178 | 3.999815 | 0 | 3 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 213 | 3.882688 | 1 | 0 | Go Straight | | |
| 214 | 2.873590 | 2 | 1 | Go Straight | Turn Left | No |
| 229 | 5.543896 | 4 | 1 | Go Straight | | |
| 230 | 5.171625 | 4 | 0 | Go Straight | Turn Left | No |
| 265 | 3.750558 | 8 | 0 | Go Straight | | |
| 266 | 4.072932 | -6 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 283 | 3.250205 | -3 | 1 | Go Straight | | |
| 284 | 3.503768 | 0 | 3 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 318 | 3.927672 | 0 | 0 | Go Straight | | |
| 319 | 4.915035 | 2 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 331 | 5.818481 | 3 | 0 | Go Straight | | |
| 332 | 5.911974 | 3 | 0 | Go Straight | Turn Left | No |
| 365 | 4.845735 | 8 | 0 | Go Straight | | |
| 366 | 6.928435 | -5 | 3 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 381 | 3.767990 | -4 | 0 | Go Straight | | |
| 382 | 5.308690 | -2 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 383 | 7.360400 | 0 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 416 | 5.895682 | 3 | 1 | Go Straight | | |
| 417 | 6.908202 | 5 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 426 | 6.178308 | 3 | 0 | Go Straight | | |
| 427 | 5.761866 | 3 | 0 | Go Straight | Turn Left | No |
| 433 | 6.693092 | 6 | 0 | Go Straight | | |
| 434 | 7.090941 | 8 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 459 | 4.402658 | 8 | 0 | Go Straight | | |
| 460 | 5.999279 | -6 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 461 | 5.925695 | -4 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 477 | 4.884388 | -3 | 1 | Go Straight | | |
| 478 | 4.566865 | -1 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 511 | 5.438124 | 1 | 1 | Go Straight | | |
| 512 | 6.641038 | 3 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 523 | 6.293063 | 3 | 0 | Go Straight | | |
| 524 | 5.428607 | 4 | 1 | Go Straight | Turn Left | No |
| 554 | 5.030886 | -7 | 1 | Go Straight | | |
| 555 | 5.690327 | -4 | 3 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 570 | 3.273058 | -4 | 0 | Go Straight | | |
| 571 | 4.361851 | -2 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 572 | 4.802770 | 0 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 605 | 5.994085 | 3 | 1 | Go Straight | | |
| 606 | 6.860996 | 5 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 615 | 7.168210 | 3 | 0 | Go Straight | | |
| 616 | 6.516824 | 3 | 0 | Go Straight | Turn Left | No |
| 648 | 4.034431 | 8 | 0 | Go Straight | | |
| 649 | 6.151764 | -6 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |

**ตารางที่ 7.2** ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวซ้ายซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง (ต่อ)

| Path ที่ | ความยาว Path (เมตร) | รหัสลูกโซ่ | ค่าการเบี่ยงเบน (ค่า Z) | ผลการวิเคราะห์ | การขับขี่จริง | วิเคราะห์ได้ถูกต้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 650 | 5.175917 | -4 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 664 | 2.884418 | -3 | 1 | Go Straight | | |
| 665 | 5.142620 | 0 | 3 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 699 | 5.275429 | 1 | 0 | Go Straight | | |
| 700 | 6.214842 | 3 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 701 | 6.641038 | 5 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 712 | 5.637649 | 4 | 1 | Go Straight | | |
| 713 | 6.962890 | 6 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 743 | 5.838731 | -7 | 1 | Go Straight | | |
| 744 | 6.476799 | -5 | 2 | Turn Left | Turn Left | Yes |
| 745 | 6.127944 | -4 | 1 | Go Straight | | |

จากตารางที่ 7.2 แสดงการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวซ้ายจำนวนทั้งหมด 38 ครั้ง เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับการขับขี่จริงพบว่าในจำนวน 38 ครั้ง ระบบสามารถตรวจสอบการเลี้ยวซ้ายได้จำนวน 30 ครั้ง ไม่สามารถตรวจสอบได้ 8 ครั้ง คิดเป็นร้อยละของการตรวจสอบการเลี้ยวซ้ายในการทดลองนี้ได้ 78.05% ซึ่งจากการทดลองทำให้ทราบว่าบริเวณส่วนใหญ่ที่ระบบไม่สามารถตรวจสอบการเลี้ยวได้นั้นจะเป็นบริเวณที่มีมุมการเลี้ยวกว้างดังรูปที่ 7.7 มุมบนขวา ทำให้ระบบมองว่าเป็นการขับรถตรงไปซึ่งมีการเบี่ยงเบนการเลี้ยวอยู่ระหว่าง 1 0 และ -1

จากรูปที่ 7.8 เป็นการวิ่งทดสอบการเลี้ยวขวาจำนวน 24 ครั้ง ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมได้ดังตารางที่ 7.3

**ตารางที่ 7.3** ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวขวาซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง

| Path ที่ | ความยาว Path (เมตร) | รหัสลูกโซ่ | ค่าการเบี่ยงเบน (ค่า Z) | ผลการวิเคราะห์ | การขับขี่จริง | วิเคราะห์ได้ถูกต้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 6.510740 | 0 | 0 | Go Straight | | |
| 7 | 5.911968 | -2 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 8 | 5.719401 | -4 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 22 | 5.735700 | -5 | 0 | Go Straight | | |
| 23 | 6.132161 | -7 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 40 | 5.191587 | 7 | 0 | Go Straight | | |
| 41 | 5.944857 | 4 | -3 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 55 | 6.617037 | 5 | 0 | Go Straight | | |
| 56 | 5.768809 | 1 | -4 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 71 | 5.396147 | -2 | -1 | Go Straight | | |
| 72 | 4.991976 | -4 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 88 | 4.699891 | -5 | -1 | Go Straight | | |
| 89 | 6.140474 | -7 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 108 | 4.484082 | 6 | -1 | Go Straight | | |

**ตารางที่ 7.3** ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวขวาซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง (ต่อ)

| Path ที่ | ความยาว Path (เมตร) | รหัสลูกโซ่ | ค่าการเบี่ยงเบน (ค่า Z) | ผลการวิเคราะห์ | การขับขี่จริง | วิเคราะห์ได้ถูกต้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 109 | 5.817988 | 4 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 124 | 5.384985 | 4 | 0 | Go Straight | | |
| 125 | 4.640708 | 1 | -3 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 141 | 4.991976 | -2 | -1 | Go Straight | | |
| 142 | 5.175916 | -4 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 157 | 4.538255 | -4 | 0 | Go Straight | | |
| 158 | 5.615874 | -6 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 159 | 5.231258 | 8 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 177 | 4.797919 | 7 | -1 | Go Straight | | |
| 178 | 4.541058 | 4 | -3 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 194 | 5.713999 | 4 | 0 | Go Straight | | |
| 195 | 2.884405 | 1 | -3 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 211 | 4.439421 | -2 | -1 | Go Straight | | |
| 212 | 5.183606 | -3 | -1 | Go Straight | Turn Right | No |
| 229 | 3.206811 | -3 | 1 | Go Straight | | |
| 230 | 4.923028 | -5 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 231 | 5.077956 | 8 | -3 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 247 | 5.258888 | -7 | 1 | Go Straight | | |
| 248 | 4.034439 | 7 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 266 | 5.751408 | 4 | 0 | Go Straight | | |
| 267 | 2.713770 | 1 | -3 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 283 | 6.362392 | -2 | -1 | Go Straight | | |
| 284 | 6.293056 | -4 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 299 | 4.972330 | -5 | -1 | Go Straight | | |
| 300 | 5.061186 | -7 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 319 | 5.136367 | 6 | -1 | Go Straight | | |
| 320 | 4.682007 | 3 | -3 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 335 | 5.142599 | 4 | 0 | Go Straight | | |
| 336 | 5.420819 | 1 | -3 | Turn Right | Turn Right | Yes |
| 350 | 4.538247 | 0 | 0 | Go Straight | | |
| 351 | 3.788911 | -2 | -2 | Turn Right | Turn Right | Yes |

จากตารางที่ 7.3 แสดงการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลี้ยวขวาจำนวนทั้งหมด 24 ครั้งเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับการขับขี่จริงพบว่าในจำนวน 24 ครั้ง ระบบสามารถตรวจสอบการเลี้ยวซ้ายได้จำนวน 23 ครั้ง ไม่สามารถตรวจสอบได้ 1 ครั้ง คิดเป็นร้อยละของการตรวจสอบการเลี้ยวขวาในการทดลองนี้ได้ 95.83% เป็นที่น่าสังเกตว่าในการทดลองเลี้ยวขวาได้ทดลองกับบริเวณถนนที่มีมุมการเลี้ยวน้อยทำให้ระบบสามารถตรวจสอบการเลี้ยวได้เกือบทุกครั้ง ซึ่งต่างจากการทดลองการเลี้ยวซ้ายที่ทดลองกับถนนที่มีบางบริเวณที่มีมุมการเลี้ยวกว้างทำให้ระบบไม่สามารถตรวจสอบการเลี้ยวได้

จากรูปที่ 7.9 เป็นการวิ่งทดสอบการกลับรถจำนวน 18 ครั้ง ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมได้ดังตารางที่ 7.4

**ตารางที่ 7.4** ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการกลับรถซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง

| Path ที่ | ความยาว Path (เมตร) | รหัสลูกโซ่ | ค่าการเบี่ยงเบน (ค่า Z) | ผลการวิเคราะห์ | การขับขี่จริง | วิเคราะห์ได้ถูกต้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 3.040341 | 7 | -2 | | | |
| 5 | 4.761171 | 5 | 7 | U turn | U turn | Yes |
| 26 | 5.213460 | 1 | -1 | Go Straight | | |
| 27 | 4.613657 | -4 | -5 | | | |
| 28 | 6.253939 | -4 | -2 | U turn | U turn | Yes |
| 47 | 4.128386 | -3 | 0 | Go Straight | | |
| 48 | 2.743944 | 6 | 7 | U turn | U turn | Yes |
| 67 | 3.605513 | 2 | -1 | Go Straight | | |
| 68 | 3.080371 | 0 | 0 | | | |
| 69 | 0.821025 | None | 7 | U turn | U turn | Yes |
| 94 | 1.081658 | None | 0 | Go Straight | | |
| 95 | 3.273062 | 5 | 7 | U turn | U turn | Yes |
| 114 | 6.050747 | 4 | 1 | Go Straight | | |
| 115 | 3.944159 | -5 | 7 | U turn | U turn | Yes |
| 139 | 1.809537 | None | 1 | Go Straight | | |
| 140 | 8.575587 | 6 | 6 | Turn Left | U turn | No |
| 159 | 1.663870 | None | -1 | Go Straight | | |
| 160 | 5.412266 | -4 | 7 | U turn | U turn | Yes |
| 182 | 3.111165 | -7 | -1 | Go Straight | | |
| 183 | 3.367169 | 6 | -3 | Turn Right | U turn | No |
| 201 | 5.677031 | 3 | -1 | Go Straight | | |
| 202 | 4.136951 | 1 | -2 | | | |
| 203 | 1.421305 | None | -2 | | | |
| 204 | 1.782282 | None | 7 | U turn | U turn | Yes |
| 229 | 2.424231 | 7 | 0 | Go Straight | | |
| 230 | 6.587996 | 4 | -3 | Turn Right | U turn | No |
| 251 | 1.478597 | None | 0 | Go Straight | | |
| 252 | 6.311113 | -1 | -3 | | | |
| 253 | 7.791296 | -4 | -3 | U turn | U turn | Yes |
| 276 | 1.057609 | None | 1 | Go Straight | | |
| 277 | 3.890100 | 7 | -7 | U turn | U turn | Yes |
| 300 | 4.799745 | 2 | -2 | Turn Right | | |
| 301 | 4.682012 | -6 | -8 | U turn | U turn | Yes |
| 318 | 4.071847 | -3 | 0 | Go Straight | | |
| 319 | 3.896467 | -7 | -4 | | | |
| 320 | 5.458362 | 7 | -2 | U turn | U turn | Yes |
| 343 | 5.761867 | 2 | -1 | Go Straight | | |
| 344 | 2.799110 | -4 | -6 | Turn Right | U turn | No |
| 364 | 2.270824 | -3 | 0 | Go Straight | | |
| 365 | 4.942356 | -7 | -4 | | | |
| 366 | 2.270824 | 7 | -7 | U turn | U turn | Yes |
| 393 | 5.412266 | -3 | 4 | Turn Left | | |
| 394 | 6.978715 | -5 | -2 | Turn Right | U turn | No |
| 395 | 8.738655 | -5 | 0 | Go Straight | | |

จากตารางที่ 7.4 แสดงการวิเคราะห์พฤติกรรมการกลับรถจำนวนทั้งหมด 18 ครั้งเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับการขับขี่จริงพบว่าในจำนวน 18 ครั้ง ระบบสามารถตรวจสอบการกลับรถได้จำนวน 13 ครั้ง ไม่สามารถตรวจสอบได้ 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละของการตรวจสอบการกลับรถในการทดลองนี้ได้ 72.22% จากค่าในตารางจะสังเกตได้ว่าสาเหตุที่ทำให้มีค่าการตรวจสอบการกลับรถได้น้อยนั้น เป็นเพราะระบบจะมองว่าการกลับรถเป็นเพียงการเลี้ยวขวาเท่านั้น เช่นในช่วง path ที่ 183 230 344 และ 394 เป็นต้น

## 7.3 การทดลองการวินิจฉัยการฝ่าฝืนกฎจราจร

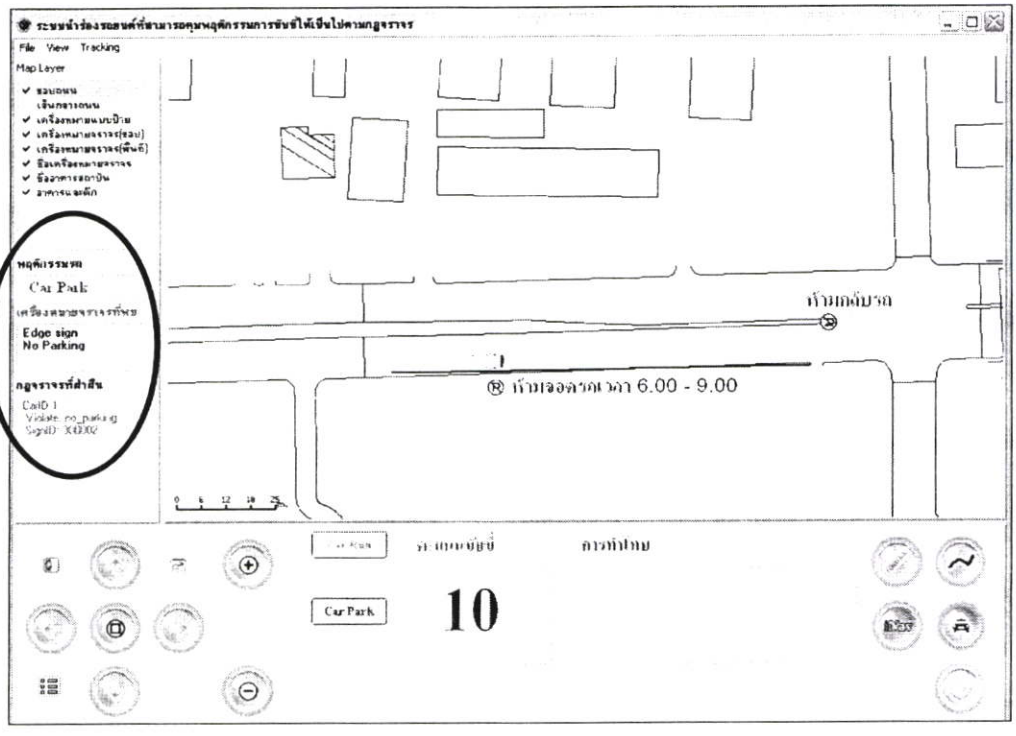
ในการทดลองการวินิจฉัยการฝ่าฝืนกฎจราจรได้ทำการทดลองใน 2 ส่วนคือ ทดลองการวินิจฉัยการฝ่าฝืนกฎจราจรซึ่งเป็นส่วนของภาษาโปรล็อค และการทดลองแจ้งเตือนของระบบเมื่อมีการฝ่าฝืนกฎจราจร โดยการทดสอบการทำงานของภาษาโปรล็อคในการวินิจฉัยกฎ ได้ทำการทดสอบโดยการให้ค่าประโยคทางตรรกศาสตร์ที่เป็นพฤติกรรมของรถและเครื่องหมายจราจรที่ตรวจสอบได้ เข้าไปยังส่วนวินิจฉัยหลังจากนั้นรอผลการให้คำตอบของส่วนวินิจฉัยว่าสามารถวินิจฉัยการฝ่าฝืนกฎจากการสมมุติได้หรือไม่ โดยผลของการทดสอบดังตารางที่ 7.5

**ตารางที่ 7.5** ผลการทดสอบการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจร

| ลำดับที่ | กฎที่ต้องการทดสอบ | Fact พฤติกรรมของรถและเครื่องหมาย | ผลการวินิจฉัย |
|---|---|---|---|
| 1 | ห้ามเลี้ยวซ้าย | wm(point_sign(10001,not_turn_right,(3,4))).<br>wm(car_behavior(1,turn_right,(4,5))). | CarID 1 Violate: Rule 101 not_turn_right |
| 2 | ให้เลี้ยวซ้าย | wm(point_sign(10003,turn_right,(4,3))).<br>wm(car_behavior(1,go_ahead,(3,3))). | CarID 1 Violate: Rule 103 turn_right |
| 3 | ห้ามกลับรถเฉพาะรถบรรทุก | wm(point_sign(10006,no_u_turn,(2, 2))).<br>wm(car_behavior(1,u_turn,(1, 2))).<br>wm(car_type(1,truck)). | CarID 1 Violate: Rule 106 no_u_turn |
| 4 | ห้ามจอดรถ 6.00 – 9.00 | wm(edge_sign(10003,no_parking,(1,4),(4,1))).<br>wm(car_behavior(1,park,(2,2))).<br>wm(car_time(1,(7,0,0))) | CarID 1 Violate: Rule 501 no_parking |
| 5 | พื้นที่ห้ามหยุดรถ | wm(area_sign(10003,no_stop,(4,3),(4,3),<br>(4,3),(4,3))).<br>wm(car_behavior(1,stop,(5,3))). | CarID 1 Violate: Rule 301 no_stop |
| 6 | พื้นที่ไม่เกิน 90 km/h | wm(area_sign(10003,limit_speed90,(4,3),(4,3),<br>(4,3),(4,3))).<br>wm(car_behavior(1,go_ahead,(4,3))). | CarID 1 Violate: Rule 303 limit_speed90 |

จากตารางที่ 7.5 จะเห็นได้ว่าเมื่อสามารถตรวจสอบพฤติกรรมการขับขี่ได้ถูกต้องและเปลี่ยนเป็นประโยคทางตรรกศาสตร์โดยส่วนเฝ้าดูพฤติกรรมรถ ส่วนวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรซึ่งทำงานด้วยภาษาโปรล็อคสามารถวินิจฉัยกฎต่าง ๆ และสามารถให้ผลลัพธ์เป็นประโยคทางตรรกศาสตร์ที่แสดงถึงการทำผิดกฎจราจรได้อย่างถูกต้อง

สำหรับการทดลองให้มีการแจ้งเตือนเมื่อผู้ขับขี่ได้มีพฤติกรรมการขับขี่ที่ฝ่าฝืนกฎจราจร ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 7.10




(ก)

(ข)

```
wm(edge_sign(200003,no_parking,
     (692024.911304,1518491.127420),
     (692024.905876,1518491.865020))).
wm(car_behavior(1,park,
          ( 692024.724248,1518492.048094))).
wm(car_time(1,(7,30,0)))
```

(ค)

**รูปที่ 7.10** ระบบแจ้งเตือนเมื่อผู้ขับขี่ทำผิดกฎจราจร

จากรูปที่ 7.10(ก) แสดงการกระทำผิดกฎจราจรห้ามจอดรถในช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 9.00 น. บริเวณถนนลาดกระบังอ่อนนุช ช่วงตลาดซอยจินดา ในการทดลองได้นำรถไปจอดรถในบริเวณดังกล่าวซึ่งขณะนั้นเป็นเวลา 7.30 น ซึ่งจะเป็นการกระทำผิดกฎจราจรเมื่อมีการจอดรถตรงบริเวณนี้ ขณะที่รถเคลื่อนที่ไปถึงบริเวณดังกล่าวระบบได้ตรวจสอบเจอเครื่องหมายห้ามจอดและได้แจ้งให้ผู้ขับขี่ทราบด้วยประโยค "Edge Sign No Parking" ซึ่งหมายถึง เป็นเครื่องหมายห้ามจอดรถที่ระบุตำแหน่งเครื่องหมายเป็นเส้น (Edge Sign) ดังรูปที่ 7.10 (ข) หลังจากนั้นเมื่อทดสอบให้รถมีพฤติกรรมการขับขี่ที่เป็นสถานะจอด (Park) ส่วนแสดงผลพฤติกรรมก็จะแสดงผลเป็นประโยค "Car Park" เมื่อพฤติกรรมของรถมีสถานะเป็นจอดรถแล้วส่วนวินิจฉัยที่ทำงานอยู่ตลอดเวลาได้ตรวจพบการกระทำผิดนี้ เนื่องจากผลของการจับคู่เป็นจริงทุกประโยคจาก Fact ต่างๆ จากส่วนเฝ้าดูพฤติกรรมดังรูปที่ 7.10(ค) หลังจากนั้นก็จะแสดงประโยคที่บอกถึงการกระทำผิดในครั้งนี้ด้วยประโยค "CarID 1 Violate: no_parking" ไปยังส่วนแสดงผลกฎจราจรที่ฝ่าฝืนดังรูปที่ 7.10(ข) สำหรับเลข "10" ในรูปที่ 7.10 (ก) เป็นผลมาจากส่วนวินิจฉัยการลงโทษได้ตรวจพบการกระทำผิดในครั้งนี้เป็นครั้งแรกจึงแจ้งให้ผู้ขับขี่ได้ทราบว่ามีการลงโทษโดยการบันทึกคะแนนการขับขี่ 10 คะแนน ซึ่งจะอธิบายต่อไปในการทดลองการวินิจฉัยการลงโทษ

## 7.4 การทดลองวินิจฉัยการลงโทษ

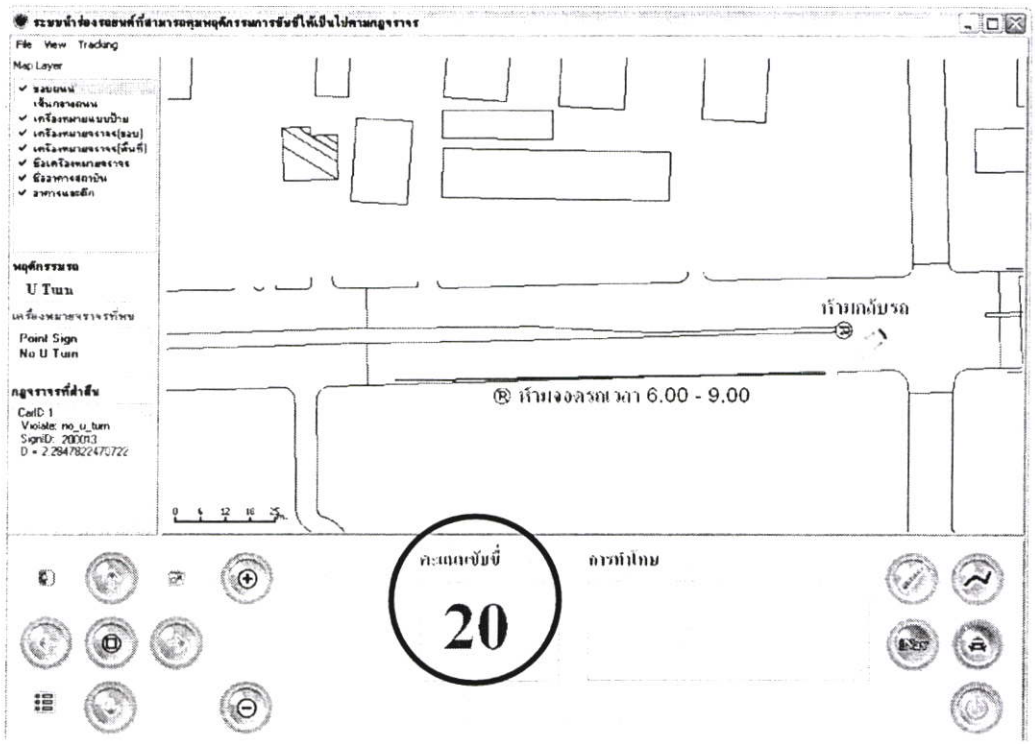
การทดลองการวินิจฉัยการลงโทษจะทำการทดลองเป็น 2 ส่วนในลักษณะเดียวกับการทดลองในข้อที่ 7.3 โดยจะทำการทดลองการทำงานของส่วนวินิจฉัยการลงโทษในส่วนของภาษาโปรล็อค หลังจากนั้นจะเป็นการทดลองการแสดงผลของการลงโทษเมื่อมีการกระทำผิดเกิดขึ้น สำหรับการทดลองการวินิจฉัยการลงโทษในส่วนของโปรแกรมภาษาโปรล็อคนี้จะทำการทดสอบโดยกำหนดประโยคทางตรรกศาสตร์ (Fact ในโปรล็อค) ของการกระทำผิดแล้วส่งไปให้ส่วนวินิจฉัยทำการวินิจฉัยแล้วรอผลลัพธ์จากการวินิจฉัยที่เป็นประโยคทางตรรกศาสตร์เช่นกัน ซึ่งผลของการทดลองดังตารางที่ 7.6

**ตารางที่ 7.6** ผลการทดสอบการวินิจฉัยการลงโทษ

| ลำดับที่ | กฎที่ต้องการทดสอบ | Fact ของการกระทำผิดกฎจราจร | ผลการวินิจฉัย |
|---|---|---|---|
| 1 | ผิดกฎห้ามกลับรถ<br>บันทึก10 คะแนน | violate(109,1,100006,no_u_turn,_) | add_penalty(1,10) |
| 2 | ผิดกฎห้ามจอด<br>บันทึก15 คะแนน | violate(501,1,200003,no_park,_) | add_penalty(1,15) |
| 3 | คะแนนขับขี่ 30 ถึง 59<br>ลงโทษเข้าอบรม 3 ชม. | car_score(1,20) | punishment(1,p101,<br>tran_3_hour) |

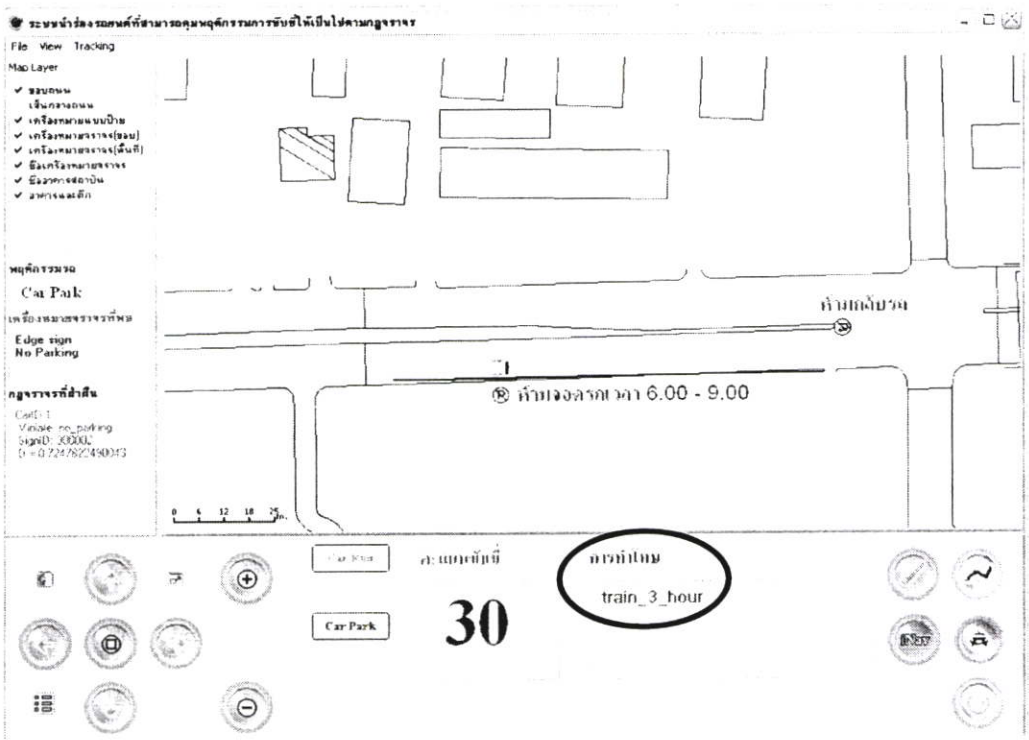
จากตารางที่ 7.6 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีประโยค “violate(109,1,100006,no_u_turn,_)” ซึ่งหมายถึงมีการกระทำผิดกฎจราจรห้ามกลับรถบันทึกลงไปในทะเบียนขับขี่ ส่วนวินิจฉัยจะทำการจับคู่ประโยคดังกล่าวกับกฎที่มีอยู่ในฐานความรู้กฎการลงโทษแล้วจะส่งผลลัพธ์เป็นประโยค “add_penalty(1,10)” ซึ่งหมายถึงการลงโทษให้บันทึกคะแนน 10 คะแนนในการผิดครั้งนี้ จากการทดลองจะเห็นส่วนวินิจฉัยกฎการลงโทษสามารถทำงานได้ถูกต้อง

สำหรับการทดลองให้มีการแจ้งเตือนเมื่อมีการลงโทษผู้ขับขี่โดยการบันทึกคะแนนขับขี่ ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 7.11




**รูปที่ 7.11** แสดงการลงโทษโดยการบันทึกคะแนนการขับขี่

จากรูปที่ 7.11 ระบบได้ตรวจสอบพบเครื่องหมายห้ามกลับรถ แล้วแจ้งเตือนล่วงหน้า แต่ผู้ขับยังทำการกลับรถ ดังนั้นระบบจึงได้แจ้งถึงการฝ่าฝืนกฎพร้อมมีการปรับคะแนนทำผิด 10 คะแนน ส่งผลให้คะแนนในการทำผิดครั้งนี้รวมกับคะแนนเดิมกลายเป็น 20 ต่อมารถได้วิ่งต่อไปแล้วได้มีการกระทำผิดอีก โดยไปจอดที่จุดห้ามจอดในช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 9.00 น. ทำให้มีการลงโทษปรับคะแนนอีก 10 คะแนน ทำให้คะแนนทำผิดสะสมรวมเป็น 30 คะแนน ซึ่งมากพอที่จะส่งผลให้ระบบลงโทษที่รุนแรงมากขึ้นไปอีก คือผู้ขับขี่ต้องเข้ารับการอบรมที่กรมการขนส่งทางบกเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 7.12




**รูปที่ 7.12** แสดงการลงโทษให้มีการฝึกอบรม 3 ชั่วโมง

# บทที่ 8
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 8.1 สรุปผล

ระบบนำร่องรถยนต์โดยส่วนใหญ่ที่ได้มีการวิจัยมาก่อนหน้านี้แล้ว มักเน้นในเรื่องของการพยายามทำให้มีระยะเวลาการเดินทางน้อยที่สุด เพื่อให้ถึงจุดหมายโดยเร็วที่สุดโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ หรือมักเป็นระบบนำร่องรถยนต์ที่คอยสนับสนุนข้อมูลผู้ขับขี่ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งระบบนำร่องนี้ได้มีประโยชน์ในการทำให้สภาพการจราจรคล่องตัวขึ้น ซึ่งนับว่าเป็นการแก้ปัญหาจราจรได้ทางหนึ่งจากหลาย ๆ ทางแก้ แต่ด้วยปัญหาการจราจรไม่ได้เกิดจากความหนาแน่นของยานพาหนะเพียงอย่างเดียว อีกสาเหตุหนึ่งของปัญหาการจราจรบนท้องถนนก็คืออุบัติเหตุที่ส่วนใหญ่มักเกิดจากการขับรถด้วยความประมาทและการขับรถด้วยความไม่เคารพกฎจราจร

ดังนั้นแล้วเพื่อลดจำนวนการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนที่เกิดจากการขับรถด้วยความประมาทและไม่เคารพกฎจราจร วิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถคุมพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับให้เป็นไปตามกฎจราจร โดยอาศัยเทคนิคทางด้านปัญญาประดิษฐ์ช่วยแก้ปัญหา ซึ่งจากการทดลองระบบนำร่องที่ได้ออกแบบไว้ ระบบโดยรวมสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนี้จึงเหมาะที่จะใช้เป็นระบบนำร่องรถยนต์ในอนาคตได้ เพื่อคอยควบคุมพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับให้พยายามทำตามกฎจราจรให้ได้มากที่สุด เพื่อก่อให้เกิดผลดีต่อปัญหาจราจรโดยรวมมากที่สุด สำหรับรายละเอียดของการทดลองระบบจะขอแยกอธิบายเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ในส่วนของการตรวจสอบเครื่องหมายจราจรที่อยู่ตามส่วนต่าง ๆ บนถนนนั้นระบบสามารถตรวจสอบเจอเครื่องหมายได้ถูกต้องตามเส้นทางที่รถเคลื่อนที่ผ่าน ระบบยังสามารถแจ้งเตือนล่วงหน้าถึงบริเวณที่จะมีเครื่องหมายจราจรให้ผู้ขับขี่ทราบเพื่อการได้เตรียมตัวล่วงหน้าถึงการที่ต้องทำตามคำสั่งของเครื่องหมายจราจรนั้น

ในส่วนของการวิเคราะห์พฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับได้ใช้เทคนิควิเคราะห์ค่าเบี่ยงเบนการเคลื่อนที่ของรถด้วยรหัสลูกโซ่ 16 ทิศ ทำให้ระบบได้รู้ถึงพฤติกรรมของรถว่ามีการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ตรงไป หรือมีการกลับรถ ตรงบริเวณใดบ้าง ซึ่งในการวินิจฉัยนี้จะต้องอาศัยข้อมูลที่เป็นพฤติกรรมการขับรถเป็นหลักในการวินิจฉัย หากพฤติกรรมที่ระบบได้ทำการตรวจสอบผิดพลาดก็จะส่งผลให้การวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรผิดพลาดตามไปด้วย จากการทดสอบการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถ ระบบสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมต่าง ๆ ได้ดีในส่วนของการเลี้ยว และตรงไป สำหรับการกลับรถบางครั้งผลการวิเคราะห์ยังมองว่าเป็นการเลี้ยวขวา 2 ครั้ง

ในส่วนการวินิจฉัยกฎการทำผิดกฎจราจรและกฎการลงโทษระบบสามารถวินิจฉัยกฎได้ถูกต้องทุกกฎ ส่วนการที่ส่วนวินิจฉัยไม่สามารถวินิจฉัยการทำผิดกฎได้จะเกิดจาก 2 สาเหตุเป็น

ส่วนสำคัญคือ สาเหตุจากส่วนวิเคราะห์พฤติกรรมไม่สามารถตรวจสอบพฤติกรรมรถได้ถูกต้อง และจากค่าความคลาดเคลื่อนของจีพีเอสที่ทำให้ตำแหน่งของรถกับเครื่องหมายจราจรจากที่ควรมีผลในการนำกฎไปใช้ในการตรวจสอบแต่กลับไม่มีผลดังกล่าวเกิดขึ้น ถ้าหากค่าพิกัดตำแหน่งรถที่ได้จาก จีพีเอสไม่เป็นค่าที่ถูกต้องตามตำแหน่งรถจริง

## 8.2 ปัญหาและแนวทางในการพัฒนา

ปัญหาและแนวทางในการพัฒนาระบบนำร่องต่อไปในอนาคตควรจะคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ที่จะอธิบายดังต่อไปนี้

ส่วนของฐานความรู้แผนที่ ซึ่งใช้หลักการแทนความรู้นี้ สามารถนำไปใช้ได้เลยในส่วนของแผนที่ถนน แต่อาจจะจำกัดที่ปริมาณข้อมูล ถ้าข้อมูลมากการประมวลผลของคอมพิวเตอร์จะใช้เวลามากขึ้น ดังนั้นในการสร้างฐานความรู้แผนที่จึงต้องดูความเหมาะสมในเรื่องจำนวนจุดและเส้นของถนนด้วย หากเป็นทางตรงและไม่มีทางแยก ควรจะกำหนดตำแหน่งของจุดถนนไม่มากนัก

ส่วนของฐานความรู้เครื่องหมายจราจร ยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ในกรุงเทพมหานคร มีเพียงเครื่องหมายจราจรที่ถูกติดตั้งอยู่ในถนนลาดกระบังและถนนฉลองกรุงเท่านั้น เนื่องจากฐานความรู้เครื่องหมายจราจรนี้ ได้มาจากการสำรวจตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องหมายจราจรด้วยจีพีเอส ซึ่งต้องใช้เวลาในการสำรวจค่อนข้างมาก ในหลักการแล้วหากมีการสำรวจตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องหมายจราจรครอบคลุมทุกพื้นที่ก็จะสามารถใช้งานได้ทันที สำหรับการกำหนดตำแหน่งของเครื่องหมายจราจรจะมีผลต่อการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรด้วย ดังนั้นแล้วในการกำหนดตำแหน่งของเครื่องหมายจราจรต้องใช้เครื่องจีพีเอสที่ต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย ๆ

ส่วนของการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถ หากมีอุปกรณ์หรือเทคนิคการวิเคราะห์ที่จะทำให้สามารถรู้ถึงพฤติกรรมของรถมากขึ้นได้แก่ รู้ถึงพฤติกรรมของการจอดจริงหรือหยุด รู้ถึงการแซงหรือเปลี่ยนเลน รู้ถึงพฤติกรรมการขับที่บ่งบอกว่าผู้ขับเมาแล้วขับ ก็จะทำให้ระบบสามารถวินิจฉัยกฎการทำผิดกฎจราจรของคนขับได้จำนวนกฎที่มากขึ้น

ส่วนของฐานความรู้กฎจราจรยังไม่ครอบคลุมทุกกฎจราจร ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้จะครอบคลุมกฎที่มีผลต่อเครื่องหมายจราจรตามฐานความรู้เครื่องหมายจราจรแล้ว ยังครอบคลุมกฎที่มีผลต่อเวลาของรถ ความเร็ว และคุณสมบัติของรถ แต่ไม่ครอบคลุมถึงกฎที่มีผลต่อสัญญาณไฟจราจร กฎที่มีผลต่อวันที่เช่น ห้ามจอดตรงวันคู่หรือวันคี่ กฎที่มีผลต่อการเปลี่ยนช่องทางจราจร เป็นต้น ซึ่งหากมีเครื่องมือที่สามารถทำให้ระบบรับรู้ถึงสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้เช่น สถานะไฟจราจร การตรวจสอบวันคู่หรือวันคี่ การตรวจสอบการเปลี่ยนเลน ก็จะสามารถนำมาสร้างกฎที่มีผลต่อสิ่งเหล่านี้ได้

# เอกสารอ้างอิง


[1] วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ และ สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย **"ระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถตรวจสอบพฤติกรรมการขับขี่ที่ฝ่าฝืนกฎจราจร"** การประชุมวิชาการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 1 (NCIT2006) กรุงเทพ 2549.

[2] วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ และ สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย **"ระบบนำร่องรถยนต์ที่คุมเข้มพฤติกรรมการขับขี่รวมทั้งลงโทษให้เป็นไปตามกฎจราจร"** การประชุมวิชาการทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ครั้งที่ 4 (JCSSE2007) ขอนแก่น 2550.

[3] ประภากร ลาภประสพ วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ และ ชม กิ้มปาน**"ระบบแผนที่ชาญฉลาด"** การประชุมเสนอผลงานระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2543.

[4] ประภากร ลาภประสพ. "ระบบนำร่องรถยนต์ชาญฉลาด." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2544.

[5] สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. **ข้อกำหนดสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เรื่อง การบันทึกคะแนนอบรม ทดสอบ การยึดและการพักใช้ใบอนุญาตขับขี่ ลงวันที่ 20 เมษายน 2542.** สำนักงานตำรวจแห่งชาติ

[6] กรมการขนส่งทางบก. **พระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.dlt.go.th/driving_hp/prb.php.

[7] เกียรติศักดิ์ คิวขุนทด และ นรินทร์ เรืองศรี " ระบบให้บริการแผนที่บนเว็บ " ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2545.

[8] Jun Miura, **Toward Vision-Based Intelligent Navigator: Its Concept and Prototype**, IEEE Transaction on Intelligent Transportation System, Vol. 3, No.2 June 2002.

[9] Morisue F.,et. al., **Evaluation of Map-Matching Techiques**, 1989,pp.23-28.

[10] Nobuaki Ohmori, Yasunori Muromachi, Noboru Harata, and Katsutoshi Ohta. **Analysis of day-to-day Variation of travel Time Using GPS and GIS**

[11] Dejan Mitrovic, **Learning driving patterns to support navigation decision making:Preliminary results**, Road Safety Conference, 1998.

[12] Ivan Bratko. **Prolog Programming for Artificial Intelligence**. 3rd. Edinburgh : Pearson Education Limited. 2001.

[13] Steven H. Kim. **Knowledge Systems Through Prolog**. New York :Oxford University Press Inc., 1991.

# เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[14] Barnes, Scottie. , **Global Positioning Systems**. USA : The Globe Pequot Press ,2000.

[15] Jan Van Sickle, **GPS for Land Surveyors**. 2nd ed, USA : Ann Arbor Press ,2001.

[16] El- Rabbany,Ahmed., **Introduction to GPS : the Global Positioning Systems**. Norwood, MA : Artech House,INC, 2002.

[17] Nilsson N. J., **Artificial Intelligence a New Synthesis.** San Francisco : 1998.

[18] Chen Z., et. al., **Automatic Vehicle Location Expert System.** IEEE international Conference on Industrial Electronic, Control, and Instrumentation 1993, pp.366-370.

[19] Jonathan Liperi. **Python HOW TO PROGRAM Introducing XML,** Prentice-Hall, Inc.Upper Saddle River, New Jersey 07458.

[20] Mark Lutz , David Ascher., **Learning Python**. 2nd. CA: O'Reilly & Associates,INC.,. 1999.

# ภาคผนวก

## ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

[1] วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ และ สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย "ระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถตรวจสอบพฤติกรรมการขับขี่ที่ฝ่าฝืนกฎจราจร" การประชุมวิชาการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 1 (NCIT2006) กรุงเทพ 2549.

[2] วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ และ สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย "ระบบนำร่องรถยนต์ที่คุมเข้มพฤติกรรมการขับขี่รวมทั้งลงโทษให้เป็นไปตามกฎจราจร" การประชุมวิชาการทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ครั้งที่ 4 (JCSSE2007) ขอนแก่น 2550.

PROCEEDINGS
เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน
The National Conference on Information Technology
ฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี
การประชุมวิชาการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ
NCIT2006
ดำเนินการโดย
SIT
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ความร่วมมือ 9 สถาบันการศึกษาที่มีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

# ระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถตรวจสอบพฤติกรรมการขับขี่ที่ฝ่าฝืนกฎจราจร

# A Car Navigator with Ability of Integrity Checking of the Driving Misbehaviors against the Traffic Regulations

วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ และ สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย

ห้องวิจัยการสื่อสารและคมนาคมชาญฉลาด ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ 10520 ประเทศไทย

*E-mail: v_hirankitti@yahoo.com, saranpong_n@hotmail.com*

## Abstract

*In this paper we present a car navigator capable of integrity checking of the driving misbehaviors against the traffic regulations. The system can provide an instruction or a warning to the driver when his driving behavior is going to violate some traffic regulations so that he can behave according to the traffic rules and signs along the roads. Here only mandatory signs are considered. The navigation system consists of the driving monitoring part and the integrity checking part. The former continuously observes the car behaviors and asserts them for the latter to check against some integrity constraints representing the traffic regulations which attached to the signs relevant to the car's current location.*

**Keywords:** Intelligent Car Navigator, Integrity Checking against Traffic Regulations

## บทคัดย่อ

*ในบทความนี้เรานำเสนอระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถตรวจสอบพฤติกรรมการขับขี่เทียบกับกฎจราจร เพื่อเป็นระบบที่ช่วยแนะนำ หรือเตือนให้ผู้ขับขี่ขณะกำลังมีพฤติกรรม ที่จะขับรถฝ่าฝืนกฎจราจร ตามที่ระบุโดยเครื่องหมายจราจรที่ติดตั้งอยู่ตามจุดต่าง ๆ บนท้องถนน เครื่องหมายจราจรที่นำมาพิจารณานั้นเป็นประเภทป้ายบังคับ ระบบประกอบด้วยส่วนเฝ้าติดตามดูพฤติกรรมของรถ และส่วนตรวจสอบกับกฎความถูกต้อง โดยส่วนแรกจะทำหน้าที่เฝ้าติดตามดูพฤติกรรมของรถทุก ๆ ขณะ แล้วยืนยันพฤติกรรมกับส่วนที่สองเพื่อตรวจสอบกับกฎความถูกต้อง ซึ่งเป็นกฎจราจรที่ถูกเลือกขึ้นมาตามป้ายที่จะมีผลบังคับขึ้นอยู่กับตำแหน่งของรถ ณ ขณะนั้น*

**คำสำคัญ** ระบบนำร่องรถยนต์ชาญฉลาด การตรวจสอบกฎจราจร

## 1. บทนำ

ระบบนำร่องรถยนต์มีหน้าที่ในการแนะนำเส้นทางการเดินทางให้แก่ผู้ขับขี่ว่าควรจะเดินทางไปในเส้นทางใด จากตำแหน่งรถปัจจุบัน เพื่อนำทางให้ผู้ขับขี่ที่ไม่ทราบเส้นทางสามารถไปถึงจุดหมายปลายทางด้วยความรวดเร็วและถูกต้อง จากประโยชน์ของการใช้งานระบบนำร่องรถยนต์นี้ จึงได้มีการวิจัยคิดค้นระบบนำร่องรถยนต์ในหลาย ๆ รูปแบบด้วยกัน เช่น ในงานวิจัย [3] เป็นระบบนำร่องที่ผู้ขับขี่สามารถกำหนดเป้าหมายที่จะเดินทาง จากนั้นระบบจะบอกเส้นทางที่ใช้เวลาเดินทางน้อยที่สุดและจะแนะนำเส้นทางตลอดจนถึงจุดหมาย โดยจะถือเอาช่วงเวลาในการเดินทางที่มีสภาพการจราจรต่างๆ กันมาใช้พิจารณาด้วย ส่วนงานวิจัย [5] เป็นการนำร่องโดยการคาดการณ์เส้นทางล่วงหน้า โดยอาศัย

ประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมในฐานข้อมูลแล้วสังเกตพฤติกรรมของผู้ขับรถในแต่ละวัน นำประสบการณ์เดิมในฐานข้อมูลมาเทียบกับประสบการณ์ใหม่ที่เกิดในปัจจุบันโดยอาศัยเทคนิคทาง Neural Networks งานวิจัยนี้มีจุดเด่นที่สามารถเรียนรู้การเดินทางในแต่ละวันและสามารถปรับแผนการเดินทางให้หากระบบตรวจสอบได้ว่า เส้นทางเดิมมีแนวโน้มที่จะใช้ระยะเวลาในการเดินทางที่นานขึ้นกว่าเดิม

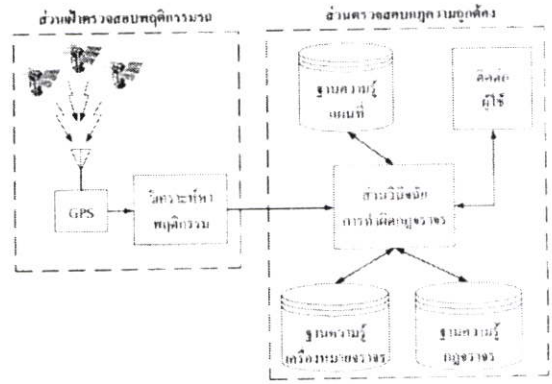
เป็นที่ทราบกันดีว่าสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาจราจรนั้น เกิดจากการขับขี่ยานพาหนะที่ฝ่าฝืนกฎจราจร ซึ่งไม่เพียงแต่จะสร้างความเดือดร้อนและอันตรายให้กับผู้อื่น ยังเป็นอันตรายกับตัวเองด้วย ดังนั้นระบบนำร่องรถยนต์ที่ชาญฉลาดควรจะมีความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องของพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ให้เป็นไปตามกฎจราจรด้วย

ด้วยการเห็นประโยชน์ในข้อนี้ ในบทความนี้เราขอนำเสนอหลักวิธีการในการพัฒนาระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถตรวจสอบพฤติกรรมของรถ ว่าฝ่าฝืนกฎจราจรหรือไม่ โดยวิธีการแจ้งเตือนผู้ขับขี่เมื่อกำลังมีแนวโน้มที่จะขับรถฝ่าฝืนกฎ หรือได้ทำผิดกฎจราจรไปแล้ว ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้วิธีการตรวจสอบกฎความถูกต้องที่เรียกว่า Integrity Constraint Checking ในสาขา Deductive Databases

เนื้อหาของบทความเริ่มด้วย หัวข้อที่ 2 จะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบนำร่อง ซึ่งจะเป็นการอธิบายถึงภาพรวมของระบบว่าประกอบด้วยส่วนใดบ้าง และในแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กันอย่างไร หัวข้อที่ 3 จะอธิบายถึงส่วนเฝ้าตรวจสอบพฤติกรรมรถ ส่วนหัวข้อที่ 4 กล่าวถึงส่วนตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นจะเป็นผลการทดลองในหัวข้อที่ 5 และบทสรุป

## 2. โครงสร้างระบบนำร่อง

โครงสร้างของระบบนำร่อง ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนเฝ้าติดตามพฤติกรรมของรถ และส่วนตรวจสอบกฎความถูกต้อง แสดงได้ดังรูปที่ 1 โดยส่วนเฝ้าตรวจสอบพฤติกรรมของรถ จะทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จาก GPS แล้วนำมาแปลความหมายว่า ณ ปัจจุบันรถมีพฤติกรรมเป็นเป็นเช่นไรบ้าง เช่น รถกำลังเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา หรือตรงไปเป็นต้น สำหรับส่วนตรวจสอบกฎความถูกต้องจะทำหน้าที่ในการประมวลผลวินิจฉัยว่าพฤติกรรมของรถก่อให้เกิดการกระทำผิดต่อกฎจราจรหรือไม่ โดยอาศัยความรู้จากฐานความรู้ดังรูป มาประกอบการพิจารณาร่วมกับพฤติกรรมของรถ ณ ขณะนั้น ๆ




**รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของระบบนำร่อง**

## 3. ส่วนเฝ้าตรวจสอบพฤติกรรมรถ

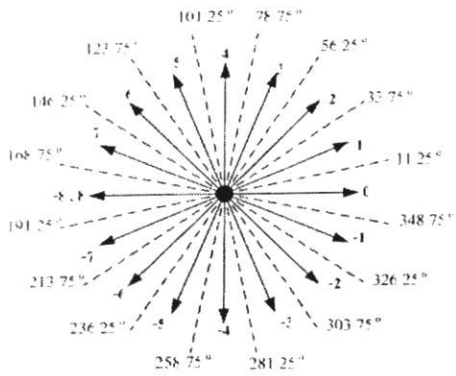
ส่วนนี้มีหน้าที่หลักคือทำการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลพิกัดตำแหน่งของรถที่ทยอยได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS แล้วนำมาเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถจากกลุ่มข้อมูลที่รับเข้ามาอย่างต่อเนื่อง

หลักการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถ จะอาศัยหลักการวิเคราะห์โครงสร้างของเส้นทางและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้รหัสลูกโซ่เช่นเดียวกับในงานวิจัย [1] ซึ่งเป็นหลักการตรวจสอบทิศทางของการเคลื่อนที่ของรถว่าเคลื่อนที่ไปตามแนวทิศทางใด โดยมีวิธีการดังนี้

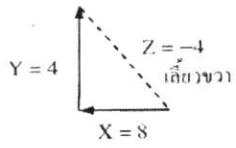
1. คำนวณหาเวกเตอร์จากจุดพิกัดตำแหน่งสองจุดที่เรียงต่อกันของรถ
2. นำค่ามุมของเวกเตอร์ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบเพื่อเปลี่ยนให้เป็นรหัสลูกโซ่
3. นำเอาเวกเตอร์ของการวิ่งของรถที่ต่อเนื่องกัน 2 อัน โดยสมมติให้ค่ารหัสลูกโซ่ของเวกเตอร์ตัวแรกเป็น

X และค่ารหัสลูกโซ่ของเวกเตอร์อันต่อมาเป็น Y มาหาค่าเบี่ยงเบนของรหัสลูกโซ่โดยใช้สูตรดังนี้

$$Z = Y - X$$




**รูปที่ 2 แสดงทิศทางรหัสลูกโซ่ 16 ทิศ**




**รูปที่ 3 แสดงการคำนวณหาค่า Z**

ซึ่งค่าเบี่ยงเบนของการเคลื่อนที่ สามารถนำมาแปลความหมายดังรูปที่ 4 เพื่อวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถได้ดังนี้

เมื่อ Z มีค่าเท่ากับ –1 หรือ 0 หรือ 1 หมายถึงการเดินทางมีทิศทางเดียวกันหรือไม่มีการเบี่ยงเบนนั้นคือรถยนต์กำลังเคลื่อนที่ตรงไปข้างหน้า

เมื่อ Z มีค่าอยู่ระหว่าง –6 ถึง –2 หมายถึง รถยนต์กำลังเคลื่อนที่เลี้ยวไปทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือรถยนต์กำลังเลี้ยวขวา

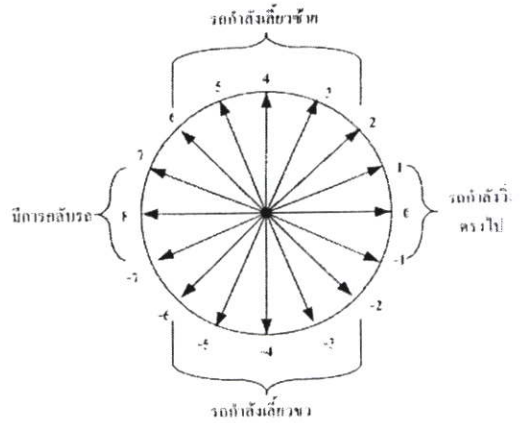
เมื่อ Z มีค่าอยู่ระหว่าง 2 ถึง 6 หมายถึง รถยนต์กำลังเคลื่อนที่เลี้ยวไปทิศทางทวนเข็มนาฬิกาหรือรถยนต์กำลังเลี้ยวซ้าย

เมื่อ Z มีค่าเท่ากับ –7 หรือ 7 หรือ 8 หรือ –8 หมายถึงการเคลื่อนที่มีทิศทางตรงกันข้ามหรือรถยนต์กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศตรงกันข้ามกับทิศทางเดิม นั่นคือรถกำลังวิ่งย้อนกลับ หรือ U - Turn

ถ้าผลของ Z มีค่าอยู่ระหว่าง 9 ถึง 15 ให้ทำการเอา 16 ไปลบออกจาก Z และถ้าผลของ Z มีค่าอยู่ระหว่าง –15 ถึง –9 ก็ให้เอา 16 บวกเข้าไป เพื่อเป็นการปรับค่า Z ให้อยู่ในช่วง –8 ถึง 8 เพื่อง่ายต่อการแปลความหมาย

จากรูปที่ 3 รถเคลื่อนที่จากทิศทาง X ซึ่งมีค่ารหัสลูกโซ่ 8 และเคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางไปตาม Y ซึ่งมีค่ารหัสลูกโซ่ 4 ผลการคำนวณค่าเบี่ยงเบนจะได้ Z = –4 เมื่อนำไปแปลความหมาย ก็จะทราบได้ว่ารถมีพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ที่กำลังเลี้ยวขวา

หลังจากเราได้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถแล้วก็จะนำไปใช้ในส่วนตรวจสอบกฎความถูกต้องต่อไป




**รูปที่ 4 แสดงการแปลความหมายจากค่าการเบี่ยงเบน Z**

## 4. ส่วนตรวจสอบกฎความถูกต้อง

ส่วนนี้ประกอบด้วยฐานความรู้ต่าง ๆ และส่วนวินิจฉัย ซึ่งในส่วนของฐานความรู้ที่มี ฐานความรู้แผนที่ ฐานความรู้เครื่องหมายจราจร และฐานความรู้กฎจราจร สำหรับส่วนวินิจฉัยนั้นจะทำหน้าที่ในการตรวจสอบการกระทำผิดกฎจราจรของเรา

หน้าที่หลักของส่วนตรวจสอบกฎความถูกต้อง จะทำการวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรจากพฤติกรรมการขับขี่ของผู้

ขับ โดยนำความรู้จากฐานความรู้ต่าง ๆ มาวินิจฉัยร่วมกันกับผลที่เป็นพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของรถที่ได้มาจากหัวข้อ 3

สำหรับรายละเอียดของฐานความรู้แผนที่ ฐานความรู้เครื่องหมายจราจร ฐานความรู้กฎจราจร และส่วนวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรจะขอกล่าวเป็นลำดับจากนี้ไป

### 4.1 ฐานความรู้แผนที่

ในงานวิจัยนี้เราใช้แผนที่ดิจิตอลมาตราส่วน 1:20,000 กรอบคลุมพื้นที่ทั้งกรุงเทพมหานคร ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของถนน ธนาคาร สถานที่สำคัญต่าง ๆ ลักษณะข้อมูลในแผนที่ดิจิตอลเป็นข้อมูลแบบเวกเตอร์ โดยใช้จุดและเส้นในการแสดงลักษณะทางภูมิศาสตร์ ระบบพิกัดบนแผนที่จะมีการอ้างอิงโดยใช้ลองติจูดและละติจูดเช่นเดียวกับตำแหน่งของรถ ที่อ่านจากเครื่องรับสัญญาณ GPS

การแทนความรู้แผนที่ทำได้โดยนำข้อมูลต่าง ๆ ในแผนที่ เช่น จุด ถนน ทางแยกต่าง ๆ ไปแทนข้อมูลให้อยู่ในรูปของประโยคทางตรรกศาสตร์ซึ่งแทนด้วย พรีดิเคตในภาษาโปรล็อกดังนี้

- การแทนจุดตำแหน่งบนแผนที่ เราแทนด้วยพรีดิเคต

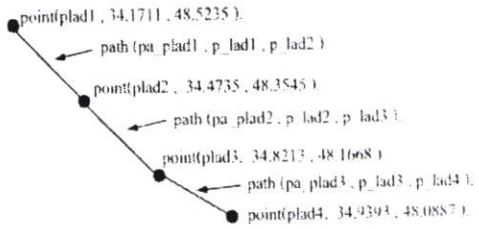
point(point_id,Long,Lat).

โดยที่ point_id คือชื่อของตำแหน่งจุดใด ๆ Long คือ ค่าพิกัดลองติจูดของตำแหน่ง และ Lat คือ ค่าพิกัดละติจูดของตำแหน่ง ได้แก่ point(plad1,34.1711,48.5235).
หมายถึงจุด 1 จุดบนถนนลาดพร้าวซึ่งอยู่ที่พิกัด ลองติจูดที่ 34.1711 องศาและ ละติจูดที่ 48.5235 องศา

- การแทนเส้นตรงเชื่อมจุด 2 จุดบนถนน แทนด้วยพรีดิเคต

path(path_name, point_id1 , point_id2).

โดยที่ path_name คือชื่อของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่าง point_id1 กับ point_id2 ได้แก่
path ( pa_plad1 , p_lad1 , p_lad2 ).
หมายถึงเส้นตรงที่เชื่อมกันระหว่างจุด p_lad1 กับ p_lad2 บนถนนลาดพร้าว

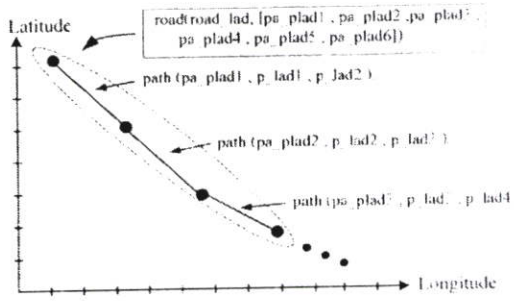



**รูปที่ 5 แสดง "path" ที่เชื่อมต่อกัน**

- การแทนถนนบนแผนที่ เราแทนด้วยพรีดิเคต

road(road_name,[path_name1, path_name2,…., path_name_n]).

โดยที่ road_name คือชื่อของถนนและ
[path_name1,path_name_2,….,path_name_n] คือลิสต์ของ "path" ทั้งหมดของถนน ได้แก่
road(road_lad,[pa_plad1,pa_plad2,pa_plad3,pa_plad4, pa_plad5 , pa_plad6]).
หมายถึงถนนลาดพร้าวที่ประกอบไปด้วย path pa_plad1 ถึง pa_plad6



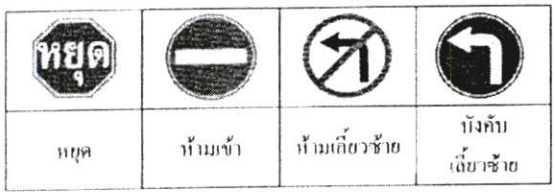

**รูปที่ 6 แสดง path ของถนน**

### 4.2 ฐานความรู้เครื่องหมายจราจร

เครื่องหมายจราจรตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง [4] แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแผ่นป้าย และประเภทเครื่องหมายจราจรบนผิวทางหรือขอบทาง ในบทความนี้เราจะขอพิจารณาเฉพาะเครื่องหมายจราจรประเภทแรก เพราะสามารถกำหนดให้เป็นจุดอยู่บนเส้นถนนได้

เครื่องหมายจราจรประเภทแผ่นป้ายที่นำมาพิจารณาคือ กลุ่มป้ายบังคับ หมายถึง เป็นการบังคับให้ผู้ขับขี่ต้อง

ปฏิบัติตามคำสั่งที่เห็นบนแผ่นป้าย ซึ่งเป็นป้ายห้ามทำหรือบังคับให้ทำตามป้าย




| หยุด | ห้ามเข้า | ห้ามเลี้ยวซ้าย | บังคับเลี้ยวซ้าย |
|---|---|---|---|

**รูปที่ 7 เครื่องหมายจราจร ชนิดแผ่นป้ายบังคับ**

ฐานความรู้เครื่องหมายจราจร เป็นฐานความรู้ที่ใช้เก็บข้อมูลของเครื่องหมายจราจรประเภทแผ่นป้ายแบบต่าง ๆ เช่น ป้ายหยุด ป้ายห้ามเข้า ป้ายห้ามเลี้ยว ป้ายบังคับเลี้ยวซ้าย ป้ายบังคับเลี้ยวขวา เป็นต้น รวมกับตำแหน่งของป้ายนั้น ๆ บนเส้นถนน

การแทนความรู้ของเครื่องหมายจราจรในรูปของพรีดิเคต ในภาษาโปรล็อกมีดังนี้

- การแทนป้ายจราจรและตำแหน่งของป้าย เราใช้พรีดิเคต

```
sign(sign_id,sign_type,Long,Lat).
```

โดยที่ sign_id คือชื่อรหัสของเครื่องหมาย sign_type คือประเภทของเครื่องหมาย Long คือค่าพิกัดลองติจูดของตำแหน่งป้าย และ Lat คือค่าพิกัดละติจูดของตำแหน่งป้าย ได้แก่

```
sign(stop_lad1,stop,35.2640,46.2949).
```

หมายถึง เครื่องหมายหยุดบนถนนลาดพร้าว ที่ตำแหน่งลองติจูดที่ 35.2640 องศา และละติจูดที่ 46.2949 องศา

- การแทนป้ายจราจรต่าง ๆ บนเส้นถนน เราใช้พรีดิเคต

```
signs_on_road(road_name ,[sign_id1, . . . ,sign_idN])
```

โดยที่ road_name คือชื่อถนน [sign_id1, . . . ,sign_idN] คือลิสต์ของเครื่องหมายต่าง ๆ ที่เรียงกันอยู่บนถนนได้แก่

```
signs_on_road(road_lad,[stop_lad1,stop_lad2,
                        no_left_lad1,no_left_lad2
                        no_right_lad1]).
```

หมายถึงมีเครื่องหมายหยุดอยู่ 2 จุดตามมาด้วย เครื่องหมายห้ามเลี้ยวซ้าย 2 จุด และเครื่องหมายห้ามเลี้ยวขวา 1 จุดบนถนนลาดพร้าว

### 4.3 ฐานความรู้กฎจราจร

ฐานความรู้กฎจราจรเป็นแหล่งเก็บกฎจราจรที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบพฤติกรรมของผู้ขับขี่ว่าฝ่าฝืนกฎจราจรหรือไม่ ซึ่งกฎจราจรเหล่านี้จะถูกเรียกมาใช้ในการตรวจสอบในกรณีที่ได้ตรวจพบว่าป้ายจราจรอยู่ในบริเวณที่รถยนต์กำลังเคลื่อนที่ไปถึง หลังจากดึงเอากฎจราจรตามป้ายจราจรดังกล่าวออกมาจากฐานความรู้แล้วก็ทำการตรวจสอบกฎนั้นกับลักษณะการเคลื่อนที่ของรถในขณะนั้นว่าเกิดการฝ่าฝืนกฎจราจรนั้น ๆ หรือไม่

ในทางตรรกศาสตร์เราสามารถเขียนกฎจราจรให้อยู่ในรูปของอิมพลิเคชั่น (Implication) ได้ดังนี้

```
car_passing(C,S) and sign(S,not_turn_left,X,Y) ⟶
        not turn_left(C)
```

ซึ่งหมายถึง ถ้ารถ C ใด ๆ วิ่งผ่านป้าย S ป้ายหนึ่งซึ่งป้ายดังกล่าวเป็นการห้ามเลี้ยวซ้ายแล้ว ถ้าพฤติกรรมจะถูกต้องตามกฎจราจรนี้ รถคันดังกล่าวจะต้องไม่เลี้ยวซ้าย

เราอาจจะเขียนประโยคนี้ใหม่ให้สื่อความหมายเป็นการกระทำผิดกฎได้ดังนี้

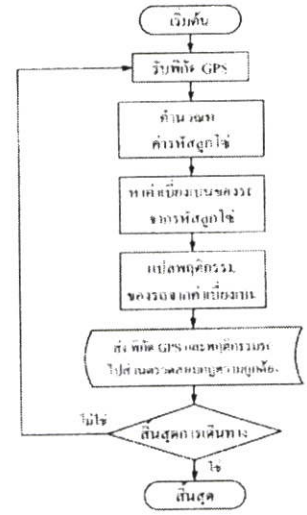
```
violate(C,S) ⟵ car_pass(C,S),
               sign(S,not_turn_left,X,Y),
               turnleft(C).
```

ส่วนป้ายจราจรอื่น ๆ เราก็สามารถเขียนเป็นประโยคที่บ่งบอกถึงการกระทำผิดกฎจราจรในรูปแบบนี้ได้เช่นเดียวกัน

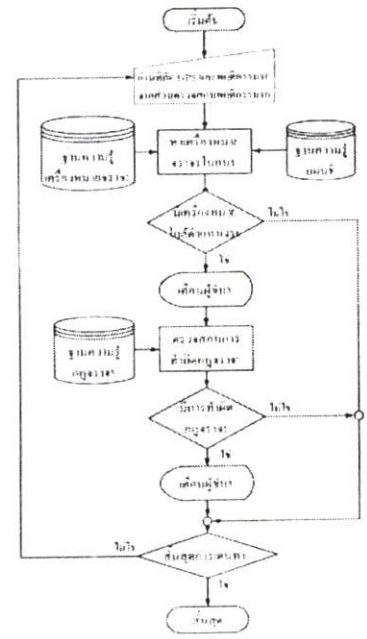
### 4.4 ส่วนวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจร

ส่วนวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรจะทำการรับเอาตำแหน่งและพฤติกรรมของรถจากส่วนเฝ้าตรวจสอบพฤติกรรมรถมาตรวจสอบว่ารถกำลังแล่นเข้าไปในขอบเขตของป้ายจราจรใดก็จะดึงกฎจราจรที่เกี่ยวเนื่องจากป้ายดังกล่าวออกมาทำการ

ตรวจสอบเทียบกับพฤติกรรมรถปัจจุบัน ถ้าเกิดมีการฝ่าฝืนกฎก็จะทำการแจ้งเตือนผู้ขับ แต่ถ้าไม่เกิดการฝ่าฝืนกฎ ส่วนวินิจฉัยก็จะกลับไปเริ่มรับตำแหน่งและพฤติกรรมรถมาซ้ำอีก แล้วนำมาตรวจสอบกับกฎอีก




(ก)



(ข)

**รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบการผิดกฎจราจร**

**(ก) ส่วนเป้าตรวจสอบพฤติกรรมรถ**

**(ข) ส่วนตรวจสอบกฎความถูกต้อง**

ส่วนการที่จะป้องกันไม่ให้ผู้ขับขี่กระทำผิดกฎจราจรก็ทำได้ โดยให้ส่วนวินิจฉัยทำการมองไปส่วงหน้าจากตำแหน่งของรถปัจจุบัน แล้วใช้พฤติกรรมที่สมมติว่าอาจจะเกิดต่อไปนำไปตรวจสอบเพื่อการแจ้งเตือนล่วงหน้าก่อนจะเกิดการกระทำผิดจริง โดยขบวนการตรวจสอบการผิดกฎจราจรมีดังต่อไปนี้

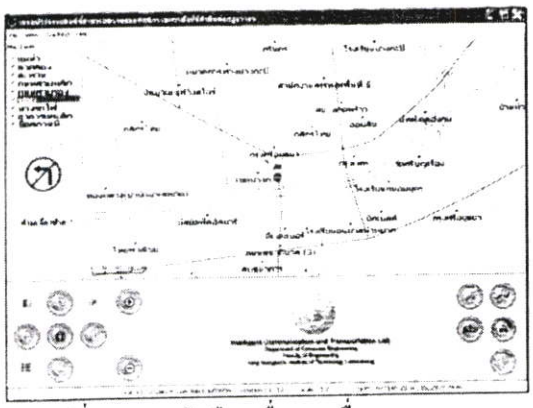
## 5. ผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยติดตั้งระบบนำร่องในรถยนต์แล้ววิ่งทดสอบบริเวณเขตบางกะปิโดยจะสมมุติว่ามีป้ายห้ามเลี้ยวซ้ายที่สามแยกบางกะปิตรงสะพานข้ามคลองแสนแสบ จากผลการทดสอบในส่วนเป้าตรวจสอบพฤติกรรมรถได้ให้ผลวิเคราะห์พฤติกรรมรถออกมาดังตารางที่ 1 คือรถวิ่งตรงไปแล้วเลี้ยวซ้ายจากนั้นวิ่งตรงไปแล้วเลี้ยวขวา แล้วก็มีการกลับรถ

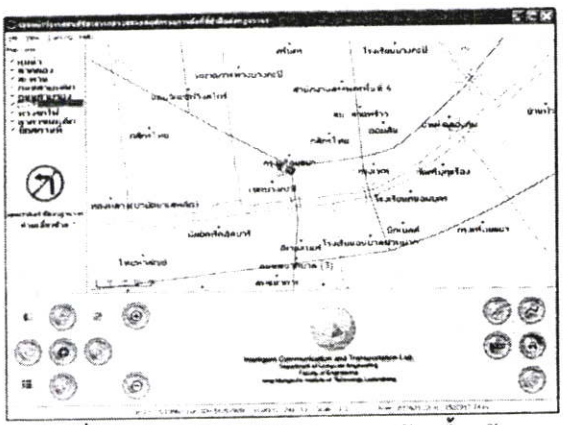
จากผลดังกล่าวส่วนตรวจสอบกฎความถูกต้องได้ทำการตรวจสอบพฤติกรรมของรถพบว่ามีการเลี้ยวซ้ายที่สามแยกซึ่งมีป้ายห้ามเลี้ยวซ้ายอยู่จึงได้ฟ้องถึงการฝ่าฝืนดังกล่าว ดังรูปที่ 10 และ 11

**ตารางที่ 1 แสดงผลที่ได้จากส่วนเป้าตรวจสอบพฤติกรรมรถ**

| Path ที่ | ความยาว Path (เมตร) | รหัสลูกโซ่ที่คำนวณได้ | ค่าการเบี่ยงเบน (ค่า Z) | พฤติกรรมรถที่วิเคราะห์ได้ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 40.85875 | 2 | - | - |
| 2 | 29.57599 | 2 | 0 | Go Straight |
| 3 | 27.26248 | 2 | 0 | Go Straight |
| **4** | 32.52217 | 6 | **4** | **Turn Left** |
| 5 | 31.90095 | 6 | 0 | Go Straight |
| 6 | 19.27748 | 6 | 0 | Go Straight |
| 7 | 19.27748 | 6 | 0 | Go Straight |
| **8** | 33.02945 | 3 | **-3** | **Turn Right** |
| 9 | 28.31716 | 3 | 0 | Go Straight |
| 10 | 18.55119 | 3 | 0 | Go Straight |
| 11 | 31.91667 | 3 | 0 | Go Straight |
| **12** | 33.02945 | -4 | **-7** | **U Turn** |
| 13 | 28.31716 | -5 | -1 | Go Straight |
| 14 | 18.55119 | -5 | 0 | Go Straight |
| 15 | 31.91667 | -5 | 0 | Go Straight |

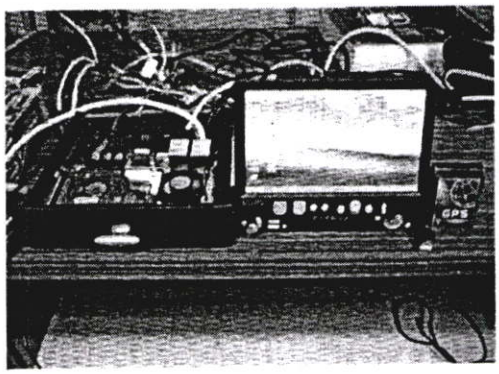


รูปที่ 9 ระบบแจ้งเตือนเมื่อเจอเครื่องหมายจราจร



รูปที่ 10 ระบบแจ้งการฝ่าฝืนกฎจราจรห้ามเลี้ยวซ้าย

รูปที่ 11 ข้อความที่แจ้งการฝ่าฝืนกฎจราจร



รูปที่ 12 อุปกรณ์ระบบนำร่องที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 13 แสดงหน้าจอการทำงาน

## 6. บทสรุป

เราได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับรถที่อาจจะฝ่าฝืนกฎจราจรตามป้ายต่าง ๆ บนท้องถนน โดยใช้หลักของการตรวจสอบความถูกต้องกับ Integrity Constraints ซึ่งวิธีการที่นำเสนอนี้สามารถนำไปใช้กับเอเจนต์ชาญฉลาด ซึ่งต้องควบคุมการกระทำของตนให้ถูกต้อง ตามกฎความถูกต้องของศีลธรรมและจริยธรรม ซึ่งถือว่าเป็นหลักสำคัญของทุก ๆ เอเจนต์ ซึ่งก็ไม่เว้นสำหรับระบบนำร่องรถยนต์ที่ชาญฉลาด

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมถึงกฎจราจร ที่เป็นบริเวณพื้นที่ เช่น บริเวณห้ามจอด บริเวณอนุญาตให้จอด บริเวณที่เป็นช่องทางเดินรถประจำทาง และบริเวณเขตห้ามแซง เป็นต้น

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] ประภากร ลาภประสพ, วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ. "การเชื่อมต่อแผนที่ชาญฉลาดกับระบบนำร่อง GPS" การประชุมวิชาการและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ครั้งที่ 4 ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ 2543

[2] ประภากร ลาภประสพ, วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ. "ระบบนำร่องรถยนต์ชาญฉลาด" การประชุมวิชาการและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ครั้งที่ 5มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2544

[3] วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ, ประภากร ลาภประสพ. "ระบบนำร่องที่วางแผนเส้นทางอย่างชาญฉลาด" การประชุมวิชาการและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร 2545

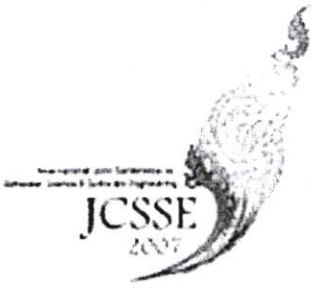
[4] กฎจราจร. คู่มือ กฎจราจร และเครื่องหมาย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์พิทยาคาร.

[5] Dejan Mitrovic. Learning driving patterns to support navigation decision making:Preliminary results, Road Safety Conference, 1998.

[6] Ivan Bratko. Prolog Programming for Artificial Intelligence. 3rd. Edinburgh :Pearson Education Limited. 2001.

[7] Steven H. Kim. Knowledge Systems Through Prolog. New York :Oxford University Press, Inc. 1991.

# The 4th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE2007)




May 2nd - 4th, 2007
Department of Computer Engineering, Khon Kaen University
Khon Kaen, THAILAND

National Joint Conference on Computer Science & Software Engineering (JCSSE2007)
May, 2-4 2007

# ระบบนำร่องรถยนต์ที่คุมเข้มพฤติกรรมการขับขี่รวมทั้งลงโทษให้เป็นไปตามกฎจราจร

# A Navigator with Traffic Regulation Enforcement and Punishment on Driving Behavior

วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ และ สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย
ห้องวิจัยการสื่อสารและคมนาคมชาญฉลาด ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ 10520 ประเทศไทย
E-mail: v_hirankitti@yahoo.com, saranpong_n@hotmail.com

## บทคัดย่อ

*บทความนี้นำเสนอระบบนำร่องรถยนต์แบบใหม่ที่สามารถคุมเข้มพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับให้เป็นไปตามกฎจราจร โดยทำการเตือนหรือกระทั่งลงโทษผู้ขับเมื่อมีพฤติกรรมการขับรถที่ฝ่าฝืนกฎจราจร ซึ่งมักกำหนดโดยเครื่องหมายจราจรที่อยู่ตามจุดต่างๆ บนท้องถนน การทำงานของระบบเริ่มด้วยส่วนนำร่องเฝ้าติดตามตำแหน่งของรถ ด้วยเครื่องรับ GPS แล้วนำมาแปลความหมายเป็นพฤติกรรมการขับขี่ส่งให้ส่วนคุมเข้มกฎจราจรตรวจสอบจากกฎจราจรที่มีผลบังคับใช้ ซึ่งส่วนนี้จะทำการเตือนล่วงหน้าเมื่อผู้ขับกำลังจะมีการฝ่าฝืนกฎ หรือกระทั่งลงโทษเมื่อได้มีการฝ่าฝืนกฎแล้ว ซึ่งระบบได้มีการประยุกต์ใช้หลักการของ เอเจนต์และการวินิจฉัยกฎในรูป If-Then รวมทั้งการตรวจสอบ Integrity Constraint ที่รู้จักกันในสาขา Deductive Databases*

## Abstract

*In this paper we propose a new approach for car navigation with traffic regulation enforcement and punishment on driver's driving behaviors. The navigator can warn the driver when he is going to violate a traffic regulation, usually referred to by a traffic sign on the roads, or even punish him if he has done so. The navigator operates by: first the navigation part continuously observes the car positions supplied by a GPS receiver; the positions are then interpreted as car behaviors which are later passed to the regulation enforcement and punishment part to check against the traffic regulations spatially relevant to the current car position. This part would issue a warning when the driver is going to violate some regulations, or even punish him when he has done so. This system is based on an agent architecture, If-Then rule inference, and integrity constraint checking borrowed from deductive databases.*

**Keywords:** Intelligent car navigator, Integrity constraint checking, Traffic regulation enforcement and punishment.

## 1. บทนำ

ระบบนำร่องรถยนต์มีหน้าที่หลักในการแนะนำเส้นทางการเดินทางให้แก่ผู้ขับขี่ว่าควรไปในเส้นทางใดจากตำแหน่งรถในปัจจุบัน เพื่อนำทางให้ผู้ขับขี่ไปถึงจุดหมายด้วยความรวดเร็วและถูกต้อง ได้มีการวิจัยคิดค้นระบบนำร่องรถยนต์ในหลากหลาย รูปแบบ เช่น [3] เสนอระบบนำร่องที่ผู้ขับขี่สามารถกำหนดเป้าหมายที่จะเดินทาง จากนั้นระบบจะบอกเส้นทางที่ใช้เวลาเดินทางน้อยที่สุด โดยจะถือเอาช่วงเวลาในการเดินทางที่มีสภาพการจราจรต่างๆ กันมาใช้พิจารณา ส่วน [5]

เสนอการนำร่องโดยการคาดการณ์เส้นทางล่วงหน้าโดยอาศัยประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมในฐานข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้ขับรถในแต่ละวันนำมาเทียบกับประสบการณ์ใหม่ที่เกิดในปัจจุบันโดยเทคนิคทางด้าน Neural Networks งานวิจัยนี้มีจุดเด่นที่สามารถเรียนรู้การเดินทางในแต่ละวันและสามารถปรับแผนการเดินทางให้หากระบบตรวจสอบพบว่า เส้นทางเดิมมีแนวโน้มของระยะเวลาการเดินทางที่มากขึ้น [6] นำเสนอระบบนำร่องรถยนต์ที่สนับสนุนผู้ขับขี่โดยจะให้ข้อมูลในการตัดสินใจในการขับขี่ว่าควรจะชะลอความเร็วเมื่อระบบตรวจสอบพบว่ามีสิ่งกีดขวางข้างหน้าหรือรถคันหน้าชะลอความเร็วหรือไม่ นอกจากนี้ระบบยังสามารถแนะนำได้ว่าควรทำการแซงหรือไม่หากรถคันหน้าวิ่งช้าในขณะที่เลนขวาว่างอยู่ งานวิจัย [7] นำเสนอระบบนำร่องสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ โดยหุ่นยนต์สามารถตรวจสอบและกระทำตามคำสั่งเครื่องหมายจราจรที่ติดตั้งอยู่ตามทางวิ่ง โดยการรับรู้ความหมายของป้ายจากการวิเคราะห์จากรูปที่รับมาทางกล้องวีดีทัศน์

เป็นที่ทราบกันดีว่าสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาจราจรขึ้นนั้น เกิดจากการขับขี่ยานพาหนะที่ฝ่าฝืนกฎจราจร ดังนั้นระบบนำร่องรถยนต์ที่ชาญฉลาดควรจะมีความสามารถในการตรวจสอบและคุมเข้มพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับให้เป็นไปตามกฎจราจรซึ่งรวมไปถึงการตักเตือนและลงโทษเมื่อมีการกระทำผิด ในบทความนี้เราขอนำเสนอวิธีการในการพัฒนาระบบนำร่องรถยนต์ดังกล่าวโดยพัฒนาต่อจากงานวิจัยเดิม[4] ด้วยการเพิ่มกฎจราจรไว้อย่างครบถ้วนในการพิจารณาและมีการทำโทษเมื่อผู้ขับขี่ได้มีการฝ่าฝืนกฎจราจรแล้ว งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการตรวจสอบกฎความถูกต้องที่เรียกว่า Integrity Constraint ที่รู้จักในสาขา Deductive Databases โดยให้แทนอยู่ในรูปของกฎ If-Then

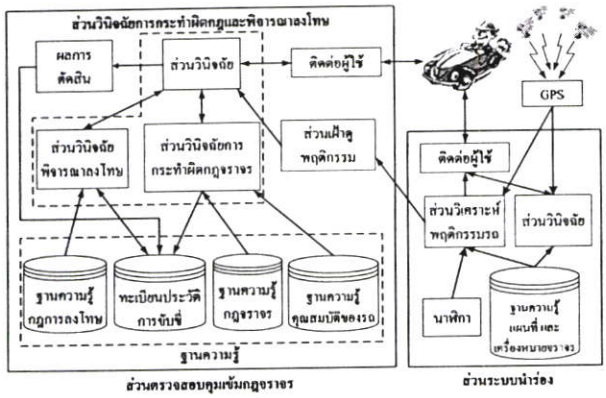
เนื้อหาของบทความเริ่มที่หัวข้อที่ 2 ซึ่งจะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบ โดยเป็นการอธิบายภาพรวมของระบบ หัวข้อที่ 3 จะอธิบายถึงส่วนระบบนำร่อง หัวข้อที่ 4 กล่าวถึงส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร หัวข้อที่ 5 เป็นผลการทดลองและหัวข้อที่ 6 เป็นสรุป

## 2. โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างระบบที่เสนอประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนระบบนำร่องและส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร ดังรูปที่ 1 โดยส่วนแรกประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ ดังนี้คือ ส่วนวินิจฉัย ทำหน้าที่วิเคราะห์หาเส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุด ส่วนวิเคราะห์พฤติกรรมรถจะทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลตำแหน่งรถจาก GPS แล้วนำมาแปลความหมายว่ารถมีพฤติกรรมเป็นอย่างไร เช่น รถกำลังเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา หรือตรงไป ส่วนฐานความรู้แผนที่และเครื่องหมายจราจร จะเป็นฐานความรู้ที่ใช้สำหรับการอ้างอิงตำแหน่งรถบนแผนที่ ตำแหน่งของเครื่องหมายจราจร รวมทั้งนำมาใช้ในการวินิจฉัยอื่น ๆ เช่น การค้นหาเส้นทาง การค้นหาเครื่องหมายจราจร

สำหรับส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้คือ ส่วนเฝ้าดูพฤติกรรมจะทำการเฝ้าดูพฤติกรรมของรถทุกขณะที่รถกำลังเคลื่อนที่ รวมทั้งวันเวลาของการขับขี่ที่จะเกี่ยวข้องกับกฎจราจร หลังจากได้รู้พฤติกรรมของรถแล้วก็จะส่งไปยังส่วนวินิจฉัยการกระทำผิดกฎและพิจารณาลงโทษเพื่อการตรวจสอบและลงโทษเมื่อมีการกระทำผิดต่อไป ส่วนฐานความรู้ก็จะมีตั้งแต่ ฐานความรู้กฎจราจร ฐานความรู้

การลงโทษ ฐานความรู้คุณสมบัติของรถ ทะเบียนประวัติการขับขี่ ส่วนวินิจฉัยการกระทำผิดกฎและพิจารณาลงโทษจะทำการเฝ้าตรวจสอบการกระทำผิดกฎจราจรและพิจารณาตัดสินลงโทษในทุก ๆ ขณะโดยนำพฤติกรรมของรถในปัจจุบันมาวินิจฉัยร่วมกับฐานความรู้ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบว่าได้กระทำผิดกฎจราจรข้อใดหรือไม่




รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบ

ขั้นตอนการทำงานของระบบ เริ่มจากส่วนระบบนำร่องจะทำการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถจากตำแหน่งที่รับมาจากเครื่องรับ GPS ในทุกๆ ขณะที่รถเคลื่อนที่พร้อมกันนี้จะทำการค้นหาเครื่องหมายจราจรที่อยู่ใกล้โดยอ้างอิงตำแหน่งกับแผนที่ หลังจากนั้นจะนำข้อมูลทั้ง 2 ส่วนส่งไปยังส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร ซึ่งจะทำการตีความพฤติกรรมและใช้เครื่องหมายจราจรเชื่อมโยงไปถึงกฎจราจรที่จะนำมาใช้ตรวจสอบกับพฤติกรรมนี้ ส่วนวินิจฉัยที่ทำงานอยู่ตลอดเวลาเมื่อตรวจสอบพบการกระทำผิดกฎก็จะแจ้งไปยังส่วนวินิจฉัยพิจารณาลงโทษซึ่งอาศัยกฎการลงโทษในการพิจารณาจากการกระทำผิดต่อไป

## 3. ส่วนระบบนำร่อง

มีหน้าที่นำทางรถยนต์ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

### 3.1 ส่วนวินิจฉัยการนำร่อง

ส่วนนี้ทำหน้าที่แนะนำเส้นทางการเดินทางโดยค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยวิธีการค้นหาแบบ A* โดยพิจารณาจากระยะทางและช่วงเวลาที่ใช้ในการเดินทางในสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน

### 3.2 ส่วนวิเคราะห์หาพฤติกรรมรถ

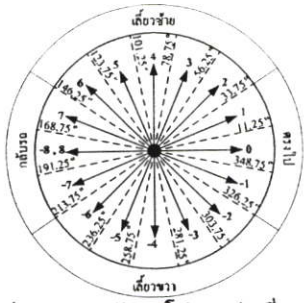
การวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถอาศัยหลักการวิเคราะห์โครงสร้างของเส้นทางและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้รหัสลูกโซ่ที่เสนอไว้โดยงานวิจัย [2] ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนที่ของรถว่าเคลื่อนที่ไปตามแนวทิศทางใด ดังนี้

1. คำนวณหาเวกเตอร์จากจุดตำแหน่งรถสองจุดที่เรียงต่อกัน
2. นำค่ามุมของเวกเตอร์ที่คำนวณได้ นำไปเปรียบเทียบเพื่อเปลี่ยนเป็นรหัสลูกโซ่ จากรูปที่ 2 เช่น ถ้ามีค่ามุมของเวกเตอร์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 144° รหัสลูกโซ่ที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 6
3. นำเอาเวกเตอร์ของการวิ่งของรถที่ต่อเนื่องกัน 2 อัน โดยสมมติให้ค่ารหัสลูกโซ่ของเวกเตอร์ตัวแรกเป็น X และเวกเตอร์ตัวต่อมาเป็น Y แล้วมาหาค่าเบี่ยงเบนของรหัสลูกโซ่คือ $Z = Y - X$

ซึ่งค่าเบี่ยงเบนการเคลื่อนที่นี้สามารถนำมาแปลความหมายเพื่อการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของรถได้ คือ

- เมื่อมีค่าเท่ากับ –1 หรือ 0 หรือ 1 ให้หมายถึงรถยนต์กำลังเคลื่อนที่ตรงไปข้างหน้า
- เมื่อมีค่า –6 ถึง –2 หมายถึง รถยนต์กำลังเลี้ยวขวา
- เมื่อมีค่า 2 ถึง 6 หมายถึง รถยนต์กำลังเลี้ยวซ้าย

- เมื่อมีค่าเท่ากับ –7 หรือ 7 หรือ 8 หรือ –8 หมายถึง รถยนต์กำลังวิ่งย้อนกลับ แต่ถ้าผลของ Z มีค่าอยู่ระหว่าง 9 ถึง 15 ให้เอา 16 ไปลบออกหรือถ้าค่าอยู่ระหว่าง –15 ถึง –9 ก็ให้นำเอา 16 บวกเข้าไปทั้งนี้เพื่อเป็นการปรับค่า Z ให้อยู่ในช่วง –8 ถึง 8 นั่นเอง [2]



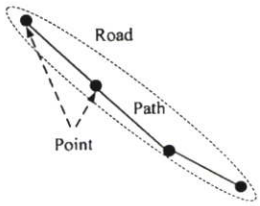

รูปที่ 2 แสดงรหัสลูกโซ่และค่าเบี่ยงเบน

หลังจากได้ผลจากการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถแล้ว ก็จะนำไปใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องตามกฎจราจรต่อไป

**3.2 ฐานความรู้แผนที่และเครื่องหมายจราจร**

เป็นฐานความรู้ที่ใช้ในการตรวจสอบว่าที่บริเวณใดมีเครื่องหมายจราจรใดอยู่บ้าง เพื่อนำข้อมูลนี้ไปทำการวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรของผู้ขับขี่ต่อไป

ในงานวิจัยนี้ใช้แผนที่ดิจิตอลครอบคลุมบางพื้นที่ของกรุงเทพฯ ที่มาตราส่วน 1:4,000 ข้อมูลแผนที่ถูกแทนความหมายในรูปแบบของจุด เส้นและถนน [1] แสดงได้ดังรูปที่ 3




รูปที่ 3 แสดงจุด เส้น และถนน

โดยระบบพิกัดแผนที่จะมีการอ้างอิงโดยใช้ค่าพิกัดแบบเมตริกเช่นเดียวกับตำแหน่งของรถซึ่งได้จากการแปลงค่าตำแหน่งละติจูดและลองติจูดจากเครื่องรับสัญญาณ GPS ไปอยู่บนระนาบฉายแบบ UTM (Universal Transverse Mercator)

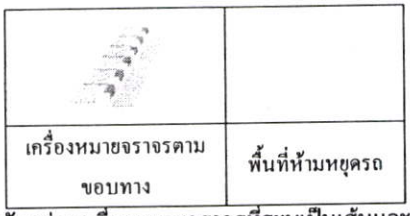
**3.3 การจัดหมวดหมู่และการแทนความรู้ป้ายจราจร**

เครื่องหมายจราจรตามข้อกำหนดกรมทางหลวงของไทยแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแผ่นป้าย และเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง โดยในงานวิจัยนี้เครื่องหมายจราจรที่นำมาพิจารณาจะครอบคลุมทุกประเภทโดยมีการจัดหมวดหมู่ของเครื่องหมายจราจรตามคุณสมบัติเชิงพื้นที่ที่ปรากฏบนท้องถนนดังนี้

- เครื่องหมายจราจรที่ระบุเป็นจุด จำพวกป้ายต่าง ๆ ได้แก่ ป้ายห้ามเลี้ยว บังคับเลี้ยว เป็นต้น

รูปที่ 4 ตัวอย่างเครื่องหมายจราจรที่ระบุเป็นจุด

- เครื่องหมายจราจรที่ระบุเป็นเส้นได้แก่ เครื่องหมายห้ามจอดตามขอบทาง เป็นต้น
- เครื่องหมายจราจรที่ระบุเป็นพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ห้ามหยุด พื้นที่ตลอดทางที่มีการจำกัดความเร็ว เป็นต้น




รูปที่ 5 ตัวอย่างเครื่องหมายจราจรที่ระบุเป็นเส้นและพื้นที่

พร้อมกันนี้เครื่องหมายจราจรทั้ง 3 กลุ่มยังถูกกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ กำกับเพิ่มเติมขึ้นอีกคือ เงื่อนไขเวลาของการบังคับใช้ ประเภทของรถที่มีผลบังคับใช้ เช่น เครื่องหมายห้ามจอดในช่วงเวลา เครื่องหมายห้ามเข้าที่ระบุเฉพาะประเภทของรถ เป็นต้น

## 4. ส่วนตรวจสอบคุมเข้มกฎจราจร

ส่วนนี้ทำหน้าที่รับเอาพฤติกรรมของรถและเครื่องหมายจราจรที่จะมีผลบังคับกับรถมาทำการวินิจฉัยเพื่อตรวจสอบการกระทำผิดกฎจราจรเทียบกับกฎจราจรในรูป if-then ในฐานความรู้กฎจราจร นอกจากนี้ยังทำหน้าที่วินิจฉัยลงโทษเมื่อตรวจสอบพบว่ามีการกระทำผิดกฎจราจรเกิดขึ้นโดยอาศัยกฎการลงโทษตามกรณีที่กระทำผิดนั้นๆ ซึ่งเก็บอยู่ในฐานความรู้กฎการลงโทษ โดยมีส่วนประกอบย่อย ๆ ดังนี้

### 4.1 ส่วนเฝ้าดูพฤติกรรม

ส่วนนี้รับเอาข้อมูลพฤติกรรมของรถมาจากส่วนระบบนำร่อง ได้แก่ ทิศทางการเคลื่อนที่ ความเร็ว ตำแหน่งและเวลาของรถ ฯลฯ แล้วนำมาแปลงเป็นประโยคทางตรรกศาสตร์ดังนี้

```
car_pos(CarID,(X,Y))                                    (1)
car_behavior(CarID,Behavior,(X,Y))                      (2)
car_type(CarID,Type)                                    (3)
car_speed(CarID,Speed)                                  (4)
car_time(CarID,(H,M,S))                                 (5)
sign_type(SID,S,(X,Y))                                  (6)
```

ซึ่ง (1) หมายถึง รถคัน CarID อยู่ ณ ตำแหน่ง (X,Y) (2) รถมีพฤติกรรม Behavior ที่ตำแหน่ง (X,Y) (3) รถเป็นประเภท Type (4) รถมีความเร็ว Speed ส่วน (5) เป็นเวลาปัจจุบันของรถคือ H ชั่วโมง M นาที S วินาที และ (6) ได้ตรวจสอบพบเครื่องหมายจราจรรหัส SID ซึ่งเป็นประเภท S อยู่ ณ ตำแหน่ง (X,Y)

### 4.2 ฐานความรู้

ในการวินิจฉัยการทำผิดกฎจราจรและการลงโทษนั้นจะต้องอาศัยความรู้ในฐานความรู้ต่าง ๆ ดังนี้

#### 4.2.1 ฐานความรู้กฎจราจร

ฐานความรู้กฎจราจรเป็นแหล่งเก็บความรู้กฎจราจรที่จะนำมาใช้ในการวินิจฉัยเพื่อตรวจสอบการกระทำผิดกฎจราจร ในทางตรรกศาสตร์เราสามารถเขียนกฎจราจรให้อยู่ในรูปของอิมพลิเคชั่น (Implication) ได้ดังนี้

```
car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
point_sign(SID,not_turn_left,(Sx,Sy)) and
near((Cx,Cy),(Sx,Sy))
  → not car_behavior(CID,turn_left,(Cx,Cy))
```

ซึ่งหมายถึงว่า เมื่อรถคันใดๆ CID วิ่งเข้าใกล้ป้ายๆหนึ่ง SID และป้ายดังกล่าวเป็นการห้ามเลี้ยวซ้าย ถ้าจะถูกต้องตามกฎจราจรนี้แล้ว รถคันดังกล่าวจะต้องไม่เลี้ยวซ้าย เราอาจจะเขียนประโยคนี้ใหม่ให้สื่อความหมายเป็นการกระทำผิดกฎได้ดังนี้

```
car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
point_sign(SID,not_turn_left,(Sx,Sy)) and
near((Cx,Cy),(Sx,Sy)) and
car_behavior(CID,turn_left,(Cx,Cy))
  →violate(RID,CID,SID,not_turn_left,(Cx,Cy))
```

ตัวอย่างกฎที่เชื่อมโยงกับเครื่องหมายจราจรที่ระบุเป็นจุด จากกฎข้อที่ 101 ห้ามเลี้ยวขวา เขียนได้ดังนี้

```
car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
point_sign(SID,not_turn_right,(Sx,Sy)) and
near((Cx,Cy),(Sx,Sy)) and
car_behavior(CID,turn_right,(Cx,Cy))
  → violate(101,CID,SID,not_turn_right,
                                    (Cx,Cy))
```

ตัวอย่างกฎที่เชื่อมโยงกับเครื่องหมายจราจรที่ระบุเป็นเส้น จากกฎข้อที่ 201 ห้ามหยุด เขียนได้ดังนี้

```
car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
line_sign(SID,no_stop,(Sx1,Sy1),(Sx2,Sy2))
and in_line((Cx,Cy),(Sx1,Sy1),(Sx2,Sy2)) and
car_behavior(CID,stop,(Cx,Cy))
  → violate(201,CID,SID,no_stop,(Cx,Cy))
```

ตัวอย่างกฎที่เชื่อมโยงกับเครื่องหมายจราจรที่ระบุเป็นพื้นที่ จากกฎข้อที่ 302 บริเวณพื้นที่ Bus lane ห้ามเข้าไป

```
car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
area_sign(SID,bus_lane,(Sx1,Sy1),
          (Sx2,Sy2),(Sx3,Sy3),(Sx4,Sy4)) and
in_area((Cx,Cy),(Sx1,Sy1),(Sx2,Sy2)
        (Sx3,Sy3),(Sx4,Sy4)) and
car_behavior(CID,go_ahead,(Cx,Cy))
  → violate(302,CID,SID,bus_lane,(Cx,Cy))
```

ตัวอย่างกฎที่มีผลบังคับตามเงื่อนไขเวลา จากกฎข้อที่ 501 ห้ามจอดรถในช่วงเวลา 6:00 น.–9:00 น

```
car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
line_sign(SID,no_parking_6to9,(Sx1,Sy1),
          (Sx2,Sy2))and
in_line((Cx,Cy),(Sx1,Sy1),(Sx2,Sy2)) and
car_time(CID,(Hour,Minute,Sec)) and
within_time((Hour,Minute),(6,00),(9,00)) and
```



JCSSE

```
car_behavior(CID,park,(Cx,Cy))
  → violate(501,CID,SID,no_parking_6to9,
                                (Cx,Cy))
```

ตัวอย่างกฎที่ให้ผลบังคับต่อประเภทของรถ จากกฎข้อที่ 109 ห้ามกลับรถเฉพาะรถบรรทุก เขียนได้ดังนี้

```
car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
point_sign(SID,no_u_turn,(Sx,Sy)) and
car_behavior(CID,u_turn,(Cx,Cy)) and
car_type(CID,truck) and
near((Cx,Cy),(Sx,Sy))
  → violate(109,CID,SID,no_u_turn,(Cx,Cy))
```

**4.2.2 ฐานความรู้กฎการลงโทษ**

ฐานความรู้กฎการลงโทษเป็นแหล่งเก็บรวบรวมกฎที่ใช้สำหรับการวินิจฉัยลงโทษผู้กระทำผิดกฎจราจร โดยยึดจากข้อกำหนดสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เรื่อง การบันทึกคะแนน อบรม ทดสอบ การยึดและการพักใช้ใบอนุญาตขับขี่ [8] โดยกฎการลงโทษสามารถเขียนอยู่ในรูป Event → Action ซึ่ง Event หมายถึง (เมื่อเกิด) การฝ่าฝืนกฎจราจรข้อใดข้อหนึ่งของผู้ขับขี่ ส่วน Action จะเป็นการลงโทษสำหรับการฝ่าฝืนนั้น ๆ ดังนั้นเมื่อส่วนวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรสามารถตรวจพบว่าเกิดเหตุการณ์ฝ่าฝืนกฎจราจรใด ๆ ขึ้น ก็จะทำการพิจารณาลงโทษโดยจะทำการจับคู่กับกฎการลงโทษสำหรับการกระทำผิดกรณีนั้น ๆ แล้วทำการลงโทษตาม Action ที่ระบุในกฎนั้น ซึ่งในการลงโทษเบื้องต้นจะเป็นการบันทึกคะแนนทำโทษและเมื่อคะแนนเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งก็จะนำไปสู่การลงโทษที่รุนแรงขึ้นดังตัวอย่างของกฎการลงโทษ

- กฎข้อ P109 ผิดกฎห้ามกลับรถปรับ 10 คะแนน

```
violate(109,CID,SID,no_u_turn,(Cx,Cy))
    → add_penalty(CID,10)
```

- กฎข้อ P901 ถ้า 30 ≤ คะแนน ≤ 59 ให้มีการอบรม 3 ชั่วโมง

```
accumulated_penalty(UserID,Score) and
30 ≤ Score ≤ 59
    → punishment(CID,train_3_hours)
```

**4.2.3 ทะเบียนประวัติการขับขี่**

เป็นส่วนเก็บบันทึกผลของการกระทำผิดกฎจราจรต่าง ๆ ของผู้ขับขี่และผลคะแนนที่ถูกลงโทษก่อนหน้า เพื่อนำผลดังกล่าวมาใช้ในการวินิจฉัยลงโทษโดยอาศัยกฎการลงโทษต่อไป

**4.2.4 ฐานความรู้คุณสมบัติของรถ**

เป็นส่วนเก็บรวบรวมคุณสมบัติของรถ เพื่อใช้ประกอบการตรวจสอบกฎจราจรที่จะมีผลจากคุณสมบัติของรถอันได้แก่ ประเภทของรถ ความกว้าง ความยาว ความสูง น้ำหนัก ฯลฯ

**4.3 ส่วนวินิจฉัยการกระทำผิดกฎและพิจารณาลงโทษ**

การวินิจฉัยจะเริ่มจากระบบทำการวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรก่อนหากผลการวินิจฉัยพบว่าผู้ขับขี่ได้ทำผิดกฎจราจร ก็จะนำผลการกระทำผิดไปบันทึกในทะเบียนประวัติการขับขี่ หลังจากนั้นก็จะทำการวินิจฉัยการลงโทษในทันทีโดยการนำผลการกระทำผิดที่ผ่านมา มาพิจารณาร่วมกับการทำผิดครั้งปัจจุบันของผู้ขับขี่เทียบกับกฎการลงโทษแล้วตัดสินว่าจะลงโทษอย่างไร

**4.3.1 ส่วนวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจร**

การวินิจฉัยการกระทำผิดกฎจราจรจะเริ่มจากการอ่านพฤติกรรมของรถรวมทั้ง ความเร็ว ตำแหน่ง เวลาของรถ และเครื่องหมายจราจรที่ตรวจสอบได้พร้อมตำแหน่งของเครื่องหมายจากส่วนเฝ้าดูพฤติกรรมที่ได้เตรียมไว้ในรูปแบบของประโยคตรรกศาสตร์ในรูป Fact ในภาษา Prolog หลังจากนั้นจะนำ Fact เหล่านี้มาทำการจับคู่กับส่วนเงื่อนไขของกฎจราจรที่มีอยู่ในฐานความรู้กฎจราจรทีละกฎว่าเข้าเงื่อนไขของการทำผิดกฎจราจรในข้อใดแล้วให้ผลสรุปการกระทำผิดออกมา โดยมีขั้นตอนการวินิจฉัยดังนี้

```
Begin inference for regulation violation
   while true do
      behave    = observe behavior, motion,
                  position, property,
                  speed & current time
      sign-info= observe sign & its position
      facts     = formulate(behav,sign-info)
      match facts with all regulation rules
      fire all the applicable rules
End
```

ซึ่งผลการวินิจฉัย ถ้ามีการกระทำผิดกฎจะให้ประโยค violate(RID,CID,SID,S,(Cx,Cy)) ออกมาซึ่งหมายถึง รถรหัส CID ได้ฝ่าฝืนกฎหมายเลข RID ที่เครื่องหมายจราจรรหัส SID ประเภท S ที่ตำแหน่งรถ (Cx,Cy) มิฉะนั้นก็จะไม่ให้อะไรออกมา ซึ่งการกระทำผิดจะมีการบันทึกไว้ในทะเบียนประวัติการขับขี่ กลายเป็น Event สำหรับส่วนต่อไปนำไปวินิจฉัยลงโทษ

### 4.3.2 ส่วนวินิจฉัยพิจารณาลงโทษ

ส่วนนี้ จะทำการเฝ้าตรวจดูว่ามีการกระทำผิดกฎเกิดขึ้นหรือไม่โดยการสำรวจว่ามีการเพิ่มประโยค violate(RID,CID,SID,S,(Cx,Cy)) เข้าในทะเบียนประวัติการขับขี่หรือไม่ ถ้ามีก็จะนำประโยคนี้ร่วมกับคะแนนที่ถูกทำโทษก่อนหน้ามาจับคู่กับส่วนเงื่อนไขของกฎการลงโทษที่มีอยู่ในฐานความรู้กฎการลงโทษว่าเข้าเงื่อนไขของการทำโทษในข้อใด แล้วตัดสินลงโทษตามนั้น ซึ่งผลการลงโทษอาจนำไปสู่การลงโทษประการอื่นๆ เพิ่มเติมตามมาได้อีก ถ้าคะแนนทำโทษสะสมถึงเกณฑ์ โดยขั้นตอนการวินิจฉัยมีดังนี้

```
Begin inference for punishment
   while true do
        v = observe emerging violation
        facts = (v,current penalty score)
        match facts with all punishment rules
        fire all applicable punishment rules
End
```

ซึ่งผลการลงโทษก็มีสถานเบาคือเพิ่มคะแนนทำโทษ ส่วนสถานหนักคือไม่อนุญาตให้ขับรถต่อโดยการยึดใบอนุญาตขับขี่

สำหรับโปรแกรม Prolog เพื่อการวินิจฉัยกฎ และการแทนความรู้กฎจราจรและกฎการลงโทษแสดงได้ดังนี้

```
prove(true).
prove(A and B) :- !,prove(A), prove(B).
prove(A) :- wm(A),!.
prove(A) :- A =.. [Pred|_], built-in(A),!,A.

try_all_rules_and_fire_them([]).
try_all_rules_and_fire_them([R|RL]) :-
    [Condition,'->',Action] = R,
    (prove(Condition), prove(Action) ; true),
    try_all_rules_and_fire_them(RL).

interpreter  :-
    findall(R,rule(R),Rule_list),
    try_all_rules_and_fire_them(Rule_list),
    abolish(wm/1).

rule(101,car_pos(CID,(Cx,Cy)) and
     point_sign(SID,not_turn_right,(Sx,Sy)) and
     near((Cx,Cy),(Sx,Sy)) and
     car_behavior(CID,turn_right,(Cx,Cy)),'->',
     violate(101,CID,SID,not_turn_right,(Cx,Cy)))
...

rule(P101,violate(101,CID,SID,not_turn_right,_),
     '->',add_penalty(CID,10))
...
```

## 5. ผลการทดลอง

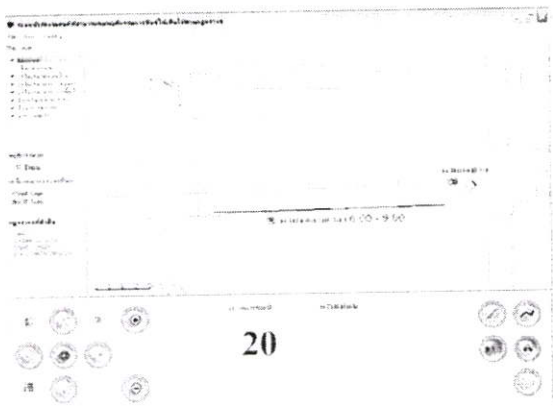
ในการทดลองเราใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีโปรแกรมระบบนำร่องนี้ติดตั้งอยู่ พร้อมจอภาพแบบสัมผัสและเครื่องรับ GPS ติดตั้งในรถยนต์แล้วทำการวิ่งทดสอบ

จากรูปที่ 6 ระบบได้ตรวจสอบพบเครื่องหมายห้ามกลับรถ แล้วแจ้งเตือนล่วงหน้า แต่ผู้ขับยังทำการกลับรถ ดังนั้นระบบจึงได้แจ้งถึงการฝ่าฝืนกฎพร้อมมีการปรับคะแนนทำผิด 10 คะแนน ส่งผลให้คะแนนในการทำผิดครั้งนี้รวมกับคะแนนเดิมกลายเป็น 20 ต่อมารถได้วิ่งต่อไปแล้วได้มีการกระทำผิดอีก โดยไปจอดที่จุดห้ามจอดในช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 9.00 น. ทำให้มีการทำโทษ

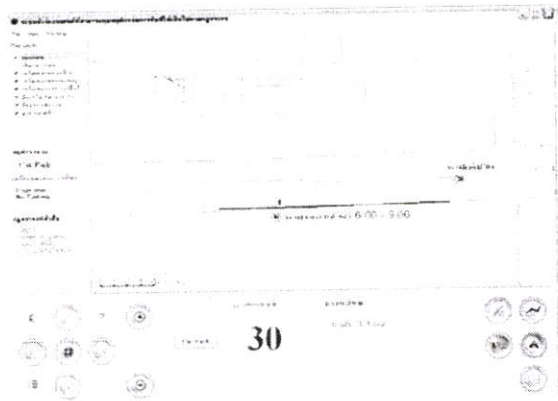


JCSSE

ปรับคะแนนอีก 10 คะแนน ทำให้คะแนนทำผิดสะสมรวมเป็น 30 คะแนน ซึ่งมากพอที่จะส่งผลให้ระบบทำโทษที่รุนแรงมากขึ้นไปอีก คือผู้ขับขี่ต้องเข้ารับการอบรมที่กรมการขนส่งทางบกเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 7




รูปที่ 6 แสดงการกระทำผิดกฎห้ามกลับรถ




รูปที่ 7 แสดงการกระทำผิดกฎห้ามจอด

## 6. สรุป

ในบทความนี้เราได้เสนอระบบนำร่องรถยนต์แบบใหม่ที่สามารถคุมเข้มพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับให้เป็นไปตามกฎจราจร พร้อมทั้งได้มีการแจ้งถึงการกระทำผิดรวมทั้งการลงโทษต่อผู้ขับขี่

ในอนาคตระบบนี้จะสามารถพัฒนาให้เป็นระบบที่นำไปใช้งานได้จริงซึ่งการคุมเข้มและการลงโทษตามกฎจราจรอาจจะมีผลถึงการควบคุมกลไกของรถยนต์เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ขับขี่และผู้ใช้ถนนอื่น ๆ เช่น การเร่งความเร็วเกินกว่ากำหนดจะทำไม่ได้ หรือเมื่อผู้ขับขี่ถูกยึดใบอนุญาตขับขี่ก็จะไม่สามารถ login เพื่อขับรถได้เป็นต้น

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] ประภากร ลาภประสพ, วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ และ ชม กิ่มปาน, "ระบบแผนที่ชาญฉลาด," การประชุมเสนอผลงานระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2543.

[2] ประภากร ลาภประสพ และ วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ, "การเชื่อมต่อแผนที่ชาญฉลาดกับระบบนำร่อง GPS," การประชุมวิชาการและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ครั้งที่ 4 ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, 2543.

[3] วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ และ ประภากร ลาภประสพ, "ระบบนำร่องที่วางแผนเส้นทางอย่างชาญฉลาด," การประชุมวิชาการและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ครั้งที่ 6 (NCSEC2002), พัทยา, 2545.

[4] วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ, สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย, "ระบบนำร่องรถยนต์ที่สามารถตรวจสอบพฤติกรรมการขับขี่ที่ฝ่าฝืนกฎจราจร", การประชุมวิชาการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 1 (NCIT2006), กรุงเทพ, 2549.

[5] Dejan Mitrovic, "Learning driving patterns to support navigation decision making:Preliminary results," Road Safety Conference, 1998.

[6] Jun Miura, "Toward Vision-Based Intelligent Navigator: Its Concept and Prototype," IEEE Transaction on Intelligent Transportation System, Vol. 3, No.2 June 2002.

[7] Adorni, G, Mordonini, M, and Poggi, A. "Autonomous agents coordination through traffic signals and rules," Intelligent Transportation, 1997.

[8] สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, "ข้อกำหนดสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เรื่อง การบันทึกคะแนน อบรม ทดสอบ การยึดและการพักใช้ใบอนุญาตขับขี่ ลงวันที่ 20 เมษายน 2542," สำนักงานตำรวจแห่งชาติ

# ประวัติผู้เขียน

นายสราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย เกิดเมื่อวันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จากภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนลีราชมงคล ในปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2545

ปี พ.ศ. 2541 ถึงปัจจุบันเข้ารับราชการตำแหน่งอาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช