สำนักอำนวยความปลอดภัย
กรมทางหลวง

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง
(Traffic Information Management System : TIMS)

รายงานฉบับสมบูรณ์
(Final Report)

กุมภาพันธ์ 2568



สถาบันการขนส่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ..... 1-1

1.1 หลักการและเหตุผล..... 1-1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ..... 1-2

1.3 ขอบเขตของการศึกษาและการดำเนินงาน..... 1-2

1.3.1 ศึกษาและทบทวนการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS)..... 1-2

1.3.2 วิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS)..... 1-4

1.3.3 พัฒนาระบบและปรับปรุงฐานข้อมูล..... 1-4

1.3.4 การจัดซื้อและติดตั้งระบบ..... 1-6

1.3.5 การฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้..... 1-7

บทที่ 2 งานศึกษาและทบทวนการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศ

ปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS)..... 2-1

2.1 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์กระบวนการทำงานของระบบเดิม..... 2-1

2.2 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์เทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นมาตรฐานสากล สำหรับการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) หน้าจอการใช้งานระบบ (User Interface) โครงสร้างฐานข้อมูล การให้บริการข้อมูลอย่างเป็นระบบ ความปลอดภัยของระบบและข้อมูล เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศรวมไปถึงรองรับการพัฒนาในอนาคต..... 2-12

2.3 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network System) ที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) พร้อมเสนอแนะแนวทางการพัฒนาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network System) เพื่อให้ระบบ มีความพร้อมสำหรับการใช้งานข้อมูลสารสนเทศจราจรที่เกี่ยวข้อง..... 2-16

2.4 ศึกษา ทบทวนและวิเคราะห์กระบวนการรวบรวมข้อมูลการจราจร และอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ ในการจัดเก็บข้อมูลสำหรับนำเข้าฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS)..... 2-25

2.5 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์ความต้องการในการใช้งานข้อมูลด้านการจราจรเพื่อปรับปรุงระบบการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง..... 2-54

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์รายละเอียดและรูปแบบโครงสร้างฐานข้อมูลสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) ของระบบต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงศึกษาความต้องการในการใช้งานระบบและฐานข้อมูลที่จำเป็น เพื่อวางแนวทางในการบูรณาการข้อมูลร่วมกันอย่างต่อเนื่อง และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน 2-88

บทที่ 3 งานวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง 3-1

3.1 วิเคราะห์ และออกแบบแนวทางการพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) เพื่อให้บริการข้อมูล ระหว่างระบบสารสนเทศภายในกรมทางหลวงที่เหมาะสม สอดคล้องกับวิทยาการและเทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยคำนึงถึงความสำคัญของการบริหารข้อมูลด้านงานจราจร วิเคราะห์ข้อมูลการจราจรต่าง ๆ รวมถึงปริมาณการใช้งานระบบเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง 3-1

3.2 วิเคราะห์ และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริมาณจราจร ข้อมูลสำรวจจากกลุ่มสำรวจข้อมูลการจราจรและขนส่ง และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ให้สามารถใช้งานตามกระบวนการดำเนินงานของสำนักอำนวยความปลอดภัย ได้อย่างเป็นระบบ ... 3-22

3.3 จัดทำคู่มือวิเคราะห์และออกแบบระบบ..... 3-33

บทที่ 4 งานพัฒนาระบบและปรับปรุงฐานข้อมูล 4-1

4.1 พัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้สามารถรองรับกระบวนการทำงานใหม่ที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจปริมาณจราจร และเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) อย่างเป็นระบบ..... 4-18

4.2 พัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อวางแนวทางในการบูรณาการข้อมูลร่วมกันอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานมาแสดงผลในระบบอย่างเหมาะสม..... 4-20

4.3 พัฒนาระบบ Web service เผยแพร่ข้อมูลปริมาณจราจร..... 4-22

4.4 พัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรจากคนแจงนับและอุปกรณ์สำรวจในรูปแบบอื่น ๆ ตามข้อ 2.4 และออกแบบหน้าจอการรายงานผลสรุปข้อมูลสำรวจได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งแสดงข้อมูลภาพถ่าย เพื่อตรวจสอบปริมาณจราจรผ่านหน้าระบบ TIMS 4-28

4.5 ประเมินผลการทำงานและการใช้งานอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น ตามข้อ 2.3.4 พร้อมทั้งสรุปผล 4-54

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6 พัฒนาระบบให้สามารถส่งออกรายงานและสรุปผลในรูปแบบไฟล์เอกสารดิจิทัล ในรูปแบบหลากหลาย HTML, Excel, CSV, PDF และ SHP 4-157
4.7 พัฒนาระบบให้รองรับการจัดทำรายงานสรุปข้อมูลต่าง ๆ 4-162
4.8 ระบบจะต้องสามารถใช้งานบนเครือข่ายผ่าน Web browser ที่เป็นมาตรฐานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ได้แก่ Microsoft Edge (เวอร์ชั่นล่าสุด) Google Chrome และ Mozilla Firefox ได้เป็นอย่างน้อย และต้องพัฒนาด้วยเทคโนโลยี Web Responsive สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์ Mobile Device ที่มีหลายขนาดได้อย่างเหมาะสม 4-164

บทที่ 5 งานจัดซื้อและติดตั้งระบบ 5-1

5.1 การจัดซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย แบบที่ 2 5-1
5.2 การจัดซื้อโปรแกรมสำหรับแสดงข้อมูลภาพรวม 5-5
5.3 ติดตั้ง ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขระบบ 5-10
5.3.1 การติดตั้ง ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขระบบ 5-10
5.3.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพการรองรับการเข้าใช้งานระบบดังนี้ 5-14
5.3.3 ทดสอบข้อผิดพลาดของการเขียนโปรแกรมพัฒนาระบบ 5-16
5.3.4 การจัดทำ User Acceptance Test (UAT) 5-21

บทที่ 6 งานฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ 6-1

6.1 จัดอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ที่พัฒนา แก่เจ้าหน้าที่กรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง อย่างน้อย 3 ครั้ง ๆ ละ ไม่น้อยกว่า 100 คน 6-1
6.2 จัดอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ที่พัฒนา แก่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ 1 ครั้ง จำนวน 5 คน 6-20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 7 การส่งมอบงาน แผนการดำเนินงานโครงการ และปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ7-1

7.1 การส่งมอบรายงานและเอกสาร....7-1
7.1.1 รายงานขั้นต้น (Inception Report)....7-1
7.1.2 รายงานความก้าวหน้าฉบับที่หนึ่ง (Progress Report I)....7-2
7.1.3 รายงานขั้นกลาง (Interim Report)....7-2
7.1.4 รายงานความก้าวหน้าฉบับที่สอง (Progress Report II)....7-2
7.1.5 ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ (Draft Final Report)....7-3
7.1.6 รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)....7-3
7.2 ระยะเวลาดำเนินการและแผนดำเนินการ 7-10
7.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ พร้อมแนวทางในการแก้ไขปัญหา 7-12
7.4 ข้อเสนอแนะในการดำเนินการในระยะถัดไป 7-14

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning.... ก-1
ภาคผนวก ข ER Diagram และ Datadictionary.... ข-1

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 กำหนดการสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) 2-2

ตารางที่ 2-2 สรุปผลแบบสอบถามการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับผู้บันทึกข้อมูล....2-3

ตารางที่ 2-3 สรุปผลแบบสอบถามการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับผู้ใช้ข้อมูล....2-8

ตารางที่ 2-4 กำหนดการประชุมกลุ่มย่อย เพื่อรับฟังความคิดเห็นและความต้องการ....2-9

ตารางที่ 2-5 เปรียบเทียบคุณสมบัติมาตรฐานของระบบ ข้อมูล และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่จะใช้ในโครงการฯ 2-14

ตารางที่ 2-6 ตารางสรุปการใช้งานจำแนกรายเดือนของปี พ.ศ. 2567 เรียงตามจำนวนผู้ใช้งานมากที่สุด 2-16

ตารางที่ 2-7 เครื่องมือสำหรับบริการ API 2-23

ตารางที่ 2-8 รายละเอียดเทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจค่าปริมาณจราจรที่มีอยู่ในปัจจุบัน 2-25

ตารางที่ 2-9 ตารางสรุปงานวิจัยก่อนหน้าที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกประเภทและนับยานพาหนะ 2-32

ตารางที่ 2-10 รายละเอียดการคัดเลือกจุดสำรวจ 11 จุดสำรวจ.... 2-50

ตารางที่ 2-11 ผลการลงพื้นที่สำรวจ 11 จุดสำรวจ 2-52

ตารางที่ 2-12 ระดับการให้บริการ (Level of Services : LOS) 2-62

ตารางที่ 2-13 ค่าความจุทางหลวงเฉลี่ยทุกช่องจราจรตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทาง 2-69

ตารางที่ 2-14 การประเมินระดับการให้บริการตามช่วงของความหนาแน่นการจราจร.... 2-71

ตารางที่ 2-15 การเปรียบเทียบการประเมินแบบใหม่ กับการประเมินระบบ TIMS ในปัจจุบัน.... 2-86

ตารางที่ 2-16 Data Dictionary ของระบบ TIMS AADT 2-93

ตารางที่ 2-17 Data Dictionary ของระบบ TIMS AADT STATION.... 2-94

ตารางที่ 2-18 Data Dictionary ของระบบ TIMS AADT STATION TYPE 2-94

ตารางที่ 2-19 Data Dictionary ของระบบ TIMS AADT ESTINATE SOURCE.... 2-95

ตารางที่ 2-20 Data Dictionary ของระบบ TIMS COUNT.... 2-95

ตารางที่ 2-21 Data Dictionary ของระบบ TIMS EF.... 2-95

ตารางที่ 2-22 Data Dictionary ของระบบ TIMS EF.... 2-96

ตารางที่ 2-23 Data Dictionary ของระบบ TIMS EF MATCH STATION.... 2-97

ตารางที่ 2-24 Data Dictionary ของระบบ TIMS SCHEDULE.... 2-97

ตารางที่ 2-25 Data Dictionary ของระบบ TIMS STATION.... 2-98

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 2-26 Data Dictionary ของระบบ TIMS STATION SECTION 2-99
ตารางที่ 2-27 Data Dictionary ของระบบ TIMS SUMMARY 2-99
ตารางที่ 2-28 Data Dictionary ของระบบ TIMS SUMMARY ADJUST 2-100
ตารางที่ 2-29 Data Dictionary ของระบบ TIMS SURVEY PERIOD 2-100
ตารางที่ 2-30 Data Dictionary ของระบบ TIMS VEHICLE CATEGORY 2-101
ตารางที่ 2-31 รายละเอียดข้อมูลทะเบียนทางหลวงจากระบบ HRIS (road) 2-105
ตารางที่ 2-32 รายละเอียดข้อมูลทะเบียนตอนควบคุมจากระบบ HRIS (section) 2-106
ตารางที่ 2-33 รายละเอียดข้อมูลพิกัดทะเบียนตอนควบคุมจากระบบ HRIS (section_part) 2-107
ตารางที่ 2-34 รายละเอียดความต้องการใช้งานข้อมูลของระบบที่เกี่ยวข้อง 2-121
ตารางที่ 3-1 Response Data ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวงรายจุดสำรวจ (AADT_Pnt) 3-16
ตารางที่ 3-2 Response Data ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวงรายตอนควบคุม (AADT_Line) 3-20
ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบการทำงานของระบบปัจจุบันและระบบที่ปรับปรุง 3-24
ตารางที่ 4-1 แสดงรูปแบบการให้บริการ Web service 4-22
ตารางที่ 4-2 จำนวนยานพาหนะในชุดข้อมูลการเรียนรู้, ชุดข้อมูลการตรวจสอบ, และชุดข้อมูลการทดสอบ แยกตามประเภทรถ 4-55
ตารางที่ 4-3 แสดงจำนวนยานพาหนะในชุดข้อมูลกลางวัน กลางคืนแบบข้อมูลภาพสี และกลางคืนแบบภาพอินฟาเรด แยกตามประเภทรถ (จำนวนก่อนการทำ Augmentation) 4-56
ตารางที่ 4-4 การเปรียบเทียบค่า mAP (Mean Average Precision) เทียบกับค่า IoU (Intersection over Union) 4-59
ตารางที่ 4-5 ผลลัพธ์ความแม่นยำการตรวจจับยานพาหนะแบบจำแนกประเภทจากข้อมูลทดสอบ (Test Data) 4-62
ตารางที่ 4-6 ประสิทธิภาพและความแม่นยำของโมเดลตรวจจับยานพาหนะกับข้อมูลตรวจสอบ (Validation Data) 4-63
ตารางที่ 4-7 ผลลัพธ์ความแม่นยำการตรวจจับยานพาหนะแบบจำแนกประเภทจากข้อมูลทดสอบ (Test Data) 4-63
ตารางที่ 4-8 ผลลัพธ์ความแม่นยำการตรวจจับยานพาหนะแบบจำแนกประเภทจากข้อมูลตรวจสอบ (Validation data) 4-64
ตารางที่ 4-9 ประสิทธิภาพความแม่นยำของโมเดล Y10-VIS-NBC-Night 4-65

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4-10 ประสิทธิภาพความแม่นยำของโมเดล Y10-VIS 4-67
ตารางที่ 4-11 ประสิทธิภาพความแม่นยำของโมเดล Y10 4-69
ตารางที่ 4-12 สรุปการวัดผลการนับยานพาหนะทั้ง 11 จุด 4-73
ตารางที่ 4-13 การวัดผลจุดที่ 1 เวลากลางวัน 4-76
ตารางที่ 4-14 การวัดผลจุดที่ 1 เวลากลางคืนแบบสี (RGB) 4-77
ตารางที่ 4-15 การวัดผลจุดที่ 2 เวลากลางวัน 4-79
ตารางที่ 4-16 การวัดผลจุดที่ 2 เวลากลางคืนแบบอินฟาเรด 4-80
ตารางที่ 4-17 การวัดผลจุดที่ 3 เวลากลางวัน 4-82
ตารางที่ 4-18 การวัดผลจุดที่ 3 เวลากลางคืนแบบสี (RGB) 4-83
ตารางที่ 4-19 การวัดผลจุดที่ 4 เวลากลางวัน 4-85
ตารางที่ 4-20 การวัดผลจุดที่ 4 เวลากลางคืนแบบสี (RGB) 4-86
ตารางที่ 4-21 การวัดผลจุดที่ 3 เวลากลางคืนอินฟาเรด 4-87
ตารางที่ 4-22 การวัดผลจุดที่ 5 เวลากลางวัน 4-89
ตารางที่ 4-23 การวัดผลจุดที่ 5 เวลากลางคืนแบบสี (RGB) 4-90
ตารางที่ 4-24 การวัดผลจุดที่ 6 เวลากลางวัน 4-92
ตารางที่ 4-25 การวัดผลจุดที่ 6 เวลากลางคืนแบบสี (RGB) 4-93
ตารางที่ 4-26 การวัดผลจุดที่ 6 เวลากลางคืนอินฟาเรด 4-94
ตารางที่ 4-27 การวัดผลจุดที่ 7 เวลากลางวัน 4-96
ตารางที่ 4-28 การวัดผลจุดที่ 7 เวลากลางคืนแบบภาพสี (RGB) 4-97
ตารางที่ 4-29 การวัดผลจุดที่ 7 เวลากลางคืนแบบภาพอินฟาเรด 4-98
ตารางที่ 4-30 การวัดผลจุดที่ 8 เวลากลางวัน 4-100
ตารางที่ 4-31 การวัดผลจุดที่ 8 เวลากลางคืนแบบสี 4-101
ตารางที่ 4-32 การวัดผลจุดที่ 8 เวลากลางคืนอินฟาเรด 4-102
ตารางที่ 4-33 การวัดผลจุดที่ 9 เวลากลางวัน 4-104
ตารางที่ 4-34 การวัดผลจุดที่ 9 เวลากลางคืนแบบสี (RGB) 4-105
ตารางที่ 4-35 การวัดผลจุดที่ 10 เวลากลางวัน 4-107
ตารางที่ 4-36 การวัดผลจุดที่ 10 เวลากลางคืนแบบสี (RGB) 4-108
ตารางที่ 4-37 การวัดผลจุดที่ 10 เวลากลางคืนอินฟาเรด 4-109
ตารางที่ 4-38 การวัดผลจุดที่ 11 เวลากลางวัน 4-111

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4-39 การวัดผลจุดที่ 11 เวลากลางคืนแบบสี 4-112
ตารางที่ 4-40 การวัดผลจุดที่ 11 เวลากลางคืนแบบอินฟราเรด 4-113
ตารางที่ 4-41 วิดีโอที่ถูกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในสถานการณ์ต่าง ๆ 4-115
ตารางที่ 4-42 ผลรวมของทุกจุดในแต่ละวิธีการที่นำเสนอ 4-122
ตารางที่ 4-43 ผลรวมทุกจุดแยกแต่ละประเภทยานพาหนะ 4-128
ตารางที่ 4-44 การวัดผลกรณีกลางวันปริมาณรถปานกลางถึงมาก 4-130
ตารางที่ 4-45 การวัดผลกรณีกลางวันปริมาณรถน้อย 4-132
ตารางที่ 4-46 การวัดผลกรณีกลางคืนรวมกรณีภาพแบบสีและอินฟาเรด และกรณีแยกแบบสี และอินฟาเรด 4-135
ตารางที่ 4-47 การวัดผลกรณีกล้องไม่ชัด 4-137
ตารางที่ 4-48 การวัดผลกรณีกล้องสั่น 4-138
ตารางที่ 4-49 การวัดผลกรณีฝนตก 4-140
ตารางที่ 4-50 การวัดผลกรณีฝนตก 4-141
ตารางที่ 4-51 การวัดผลกรณีฝนตก 4-142
ตารางที่ 4-52 ผลลัพธ์การนับรถแบบ 24 ชั่วโมง จุดสำรวจที่ 9 เชียงใหม่ โดยใช้โมเดล Y10-VIS-NBC-Night 4-144
ตารางที่ 4-53 ผลลัพธ์การนับรถแบบ 24 ชั่วโมง จุดสำรวจที่ 11 ชลบุรี โดยใช้โมเดล Y10-VIS-NBC-Night 4-146
ตารางที่ 4-54 สรุปผลการทดลองการทดสอบการประมวลผลการนับยานพาหนะผ่านเส้นเข้าหรือเส้นออก 4-148
ตารางที่ 4-55 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางเวลาระหว่างการประมวลผลแบบต่อเนื่องและแบบขนาน 4-153
ตารางที่ 4-56 สรุปการประมวลผล Video Image Processing ในพื้นที่สำรวจ 11 จุด 4-156
ตารางที่ 5-1 เปรียบเทียบรายละเอียดเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ระหว่างรายการข้อกำหนด TOR กับรายการที่เสนอเพื่อพิจารณาภายในโครงการ 5-2
ตารางที่ 5-2 เปรียบเทียบผลการทดสอบระบบประสิทธิภาพระบบ TIMS 5-14
ตารางที่ 5-3 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้สามารถรองรับการเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) 5-23

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5-4 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาการเชื่อมโยงข้อมูล กลุ่มสำรวจข้อมูลการจราจรและขนส่ง 5-27
ตารางที่ 5-5 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาระบบ Web service เผยแพร่ข้อมูลปริมาณจราจร 5-28
ตารางที่ 5-6 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจร โดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลจากคนแจงนับ และอุปกรณ์สำรวจในรูปแบบอื่น 5-30
ตารางที่ 5-7 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาระบบส่งออกรายงาน 5-33
ตารางที่ 5-8 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาการแสดงผลสรุปปริมาณจราจรต่างๆ ในรูปแบบ ของหน้าจอ Dashboard 5-34
ตารางที่ 5-9 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาด้วย Web Responsive 5-35
ตารางที่ 6-1 แผนการจัดฝึกอบรมการใช้งานระบบ 6-1
ตารางที่ 6-2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม 6-3
ตารางที่ 6-3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร 6-4
ตารางที่ 6-4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการ 6-5
ตารางที่ 6-5 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร 6-5
ตารางที่ 6-6 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า 6-6
ตารางที่ 6-7 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม 6-6
ตารางที่ 6-8 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม 6-9
ตารางที่ 6-9 ความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร 6-10
ตารางที่ 6-10 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการ 6-11
ตารางที่ 6-11 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร 6-12
ตารางที่ 6-12 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า 6-12
ตารางที่ 6-13 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม 6-12
ตารางที่ 6-14 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม 6-15
ตารางที่ 6-15 ความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร 6-16
ตารางที่ 6-16 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการ 6-17
ตารางที่ 6-17 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร 6-18
ตารางที่ 6-18 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า 6-18
ตารางที่ 6-19 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม 6-18

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 6-20 แผนการจัดฝึกอบรมแก่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ 6-20
ตารางที่ 6-21 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม 6-21
ตารางที่ 6-22 ความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร 6-22
ตารางที่ 6-23 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการ 6-23
ตารางที่ 6-24 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร 6-24
ตารางที่ 6-25 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า 6-24
ตารางที่ 6-26 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม 6-24
ตารางที่ 7-1 สรุปรายงาน และเอกสารที่ต้องดำเนินการส่งมอบ 7-4
ตารางที่ 7-2 ระยะเวลาดำเนินการและแผนดำเนินการ 7-11
ตารางที่ 7-3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ พร้อมแนวทางในการแก้ไขปัญหา 7-12
ตารางที่ 7-4 รายละเอียดการจัดหาอุปกรณ์และประมาณการงบประมาณ 7-14

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1 ภาพประกอบการจัดการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) สำหรับผู้บันทึกข้อมูล 2-11
รูปที่ 2-2 สถาปัตยกรรมเครือข่ายของระบบของสำนักอำนวยความปลอดภัย..... 2-12
รูปที่ 2-3 สถาปัตยกรรมเครือข่ายของระบบของสำนักอำนวยความปลอดภัย ที่จะปรับปรุงในโครงการ..... 2-13
รูปที่ 2-4 เทคโนโลยีด้านซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ณ ปัจจุบัน..... 2-15
รูปที่ 2-5 เทคโนโลยีด้านซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบที่กำลังปรับปรุง..... 2-15
รูปที่ 2-6 ตัวอย่างผลการทดสอบ Concurrent Test..... 2-17
รูปที่ 2-7 ตัวอย่าง Private Cloud โดย Proxmox Virtual Environment ในการบริหารจัดการ Server 2-20
รูปที่ 2-8 การทำงานของ REST API MODEL 2-24
รูปที่ 2-9 หลักการตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุของ YOLO 2-37
รูปที่ 2-10 หลักการทำงานของ ByteTrack..... 2-39
รูปที่ 2-11 หลักการทำงานของ OC-SORT..... 2-40
รูปที่ 2-12 ตัวอย่างของยานพาหนะแต่ละประเภท 2-43
รูปที่ 2-13 กระบวนการทำงานสำหรับการนับและคัดแยกประเภทยานพาหนะ..... 2-44
รูปที่ 2-14 ผลของโมเดลการตรวจจับ..... 2-45
รูปที่ 2-15 แผนผังกระบวนการทำงานของโมเดลติดตาม..... 2-47
รูปที่ 2-16 ตัวอย่างการสำรวจติดตั้งกล้องสำรวจปริมาณจราจร 2-49
รูปที่ 2-17 แผนที่จุดสำรวจ 11 จุดสำรวจ 2-51
รูปที่ 2-18 ตัวอย่างข้อมูลจากการติดตั้งกล้องสำรวจ 2-53
รูปที่ 2-19 ตัวอย่างการติดตั้งกล้องสำรวจ 2-53
รูปที่ 2-20 รายงานโครงการพัฒนาระบบสารสนเทศด้านอำนวยความปลอดภัย (ระยะที่ 1) และรายงานการวิเคราะห์คำนวณดัชนีการจราจรติดขัดและความหนาแน่นการจราจร ปี 2566 2-54
รูปที่ 2-21 โครงการพัฒนาและจัดทำคู่มือความจุทางหลวงของประเทศไทยระยะที่ 1..... 2-64
รูปที่ 2-22 ขั้นตอนการประเมินความจุและระดับการให้บริการ (LOS) ต่อทิศทาง..... 2-65
รูปที่ 2-23 ความสัมพันธ์ระหว่าง Speed-Flow แยกตามกลุ่มความเร็วการไหลอิสระ..... 2-69
รูปที่ 2-24 การหาความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) จากกราฟความสัมพันธ์ Speed-Flow..... 2-70
รูปที่ 2-25 Highway Capacity Manual 7th Edition (2022)..... 2-71

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2-26 ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางหลวง 2 ช่องจราจร 2-73
รูปที่ 2-27 ระยะทางที่ต่ำสุดและสูงสุดสำหรับช่วงถนน 2-74
รูปที่ 2-28 อัตราการไหลสูงสุดสำหรับช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซง 2-75
รูปที่ 2-29 การจัดลำดับชั้นของถนนสำหรับการวางตัวในแนวดิ่ง 2-75
รูปที่ 2-30 ค่าสัมประสิทธิ์ a0- a5 2-77
รูปที่ 2-31 ขั้นตอนการคำนวณค่าปรับแก้ความเร็วเฉลี่ยสำหรับโค้งราบ 2-78
รูปที่ 2-32 ค่าสัมประสิทธิ์ความชัน 2-79
รูปที่ 2-33 ค่าสัมประสิทธิ์กำลัง 2-79
รูปที่ 2-34 ระดับการให้บริการสำหรับทางหลวง 2 ช่องจราจร 2-84
รูปที่ 2-35 ตัวอย่างหน้าระบบศูนย์บริหารจัดการจราจรและอุบัติเหตุ (HTOC) 2-85
รูปที่ 2-36 การทำงานของระบบ TIMS 2-89
รูปที่ 2-37 ข้อมูลที่นำเข้าในระบบ TIMS 2-90
รูปที่ 2-38 ตัวอย่างหน้าจอระบบ TIMS 2-91
รูปที่ 2-39 ตัวอย่างหน้าจอระบบ TIMS จุดสำรวจ 2-91
รูปที่ 2-40 ความสัมพันธ์ของข้อมูลจราจร 2-92
รูปที่ 2-41 ระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง (HRIS) สำนักแผนงาน 2-102
รูปที่ 2-42 ภาพรวมโครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบ (HRIS) สำนักแผนงาน 2-103
รูปที่ 2-43 ความสัมพันธ์ข้อมูลบนระบบ HRIS 2-104
รูปที่ 2-44 ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) 2-108
รูปที่ 2-45 บัญชีผิวทางระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) 2-108
รูปที่ 2-46 ความสัมพันธ์ข้อมูลบนระบบ Roadnet ส่วนทะเบียนทางหลวง 2-109
รูปที่ 2-47 ความสัมพันธ์ข้อมูลบนระบบ Roadnet ส่วนบัญชีผิวทาง 2-110
รูปที่ 2-48 หน้าระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนน (HSMS) 2-112
รูปที่ 2-49 หน้ารายละเอียดข้อมูลอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย 2-112
รูปที่ 2-50 ระบบงานภายใต้ศูนย์บริหารจัดการจราจรและอุบัติเหตุ (HTOC) 2-113
รูปที่ 2-51 ระบบตรวจสอบสภาพจราจร (Highway Traffic) 2-114
รูปที่ 2-52 อัตราการไหล่และความเร็วเฉลี่ยบนระบบ Highway Traffic 2-115
รูปที่ 2-53 ผังการเชื่อมโยงข้อมูลระบบทรัพย์สินทางหลวง 2-117
รูปที่ 2-54 หน้าจอระบบทรัพย์สินทางหลวง 2-118

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2-55 รายการทรัพย์สินที่จัดเก็บในระบบ RAMS 2-118
รูปที่ 2-56 ER Diagram ทรัพย์สินกลุ่มผิวทางที่ไม่รองรับการสัญจร 2-119
รูปที่ 2-57 ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะไทย (iTIC) มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย 2-120
รูปที่ 3-1 แนวทางพัฒนา Web Service API 3-1
รูปที่ 3-2 หลักการทำงานของ Open API Specification (OAS) 3-2
รูปที่ 3-3 การแสดงผลหน้า web service ระบบปัจจุบัน 3-2
รูปที่ 3-4 การแสดงผลหน้า web service ระบบที่ปรับปรุง 3-3
รูปที่ 3-5 มาตรฐานการให้บริการข้อมูลของกรมทางหลวง 3-4
รูปที่ 3-6 แผนผังแสดงข้อมูลที่เผยแพร่ภายในกรมทางหลวง 3-4
รูปที่ 3-7 แนวทางการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่สำนักอำนวยความปลอดภัย ในการจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรในปัจจุบัน 3-22
รูปที่ 3-8 เปรียบเทียบการทำงานของระบบปัจจุบันและระบบที่ปรับปรุง 3-23
รูปที่ 3-9 ตัวอย่าง ER-Diagram ของระบบ TIMS ปัจจุบัน 3-31
รูปที่ 3-10 ตัวอย่าง ER-Diagram ของระบบ TIMS ที่ปรับปรุง 3-32
รูปที่ 3-11 คู่มือวิเคราะห์และออกแบบระบบ 3-33
รูปที่ 4-1 แผนผังเว็บไซต์ระบบ ณ ปัจจุบัน 4-1
รูปที่ 4-2 แผนผังเว็บไซต์ระบบ กำลังปรับปรุง 4-1
รูปที่ 4-3 ตัวอย่างหน้าระบบปัจจุบัน 4-2
รูปที่ 4-4 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า Login 4-3
รูรูปที่ 4-5 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าจุดสำรวจ 4-3
รูปที่ 4-6 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าแก้ไขจุดสำรวจ 4-4
รูปที่ 4-7 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าข้อมูลสำรวจ 4-4
รูปที่ 4-8 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าแบบสรุปปริมาณจราจร 4-5
รูปที่ 4-9 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าแบบสรุปปริมาณจราจรย้อนหลัง 4-5
รูปที่ 4-10 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าผลสำรวจ 4-6
รูปที่ 4-11 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าผลสำรวจการปรับเปลี่ยนค่า 4-6
รูปที่ 4-12 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าผลสำรวจการเปรียบเทียบค่าสำรวจย้อนหลัง 4-7
รูปที่ 4-13 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า AADT รายจุด 4-7
รูปที่ 4-14 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า AADT รายจุดการคำนวณค่า V/C 4-8

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-15 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า AADT รายจุดการคำนวณค่า D (Density).....4-8
รูปที่ 4-16 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า VK.....4-9
รูปที่ 4-17 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า VK ตารางแยกตามประเภทรถยนต์ 4-9
รูปที่ 4-18 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าส่งออกรายงาน 4-10
รูปที่ 4-19 Framework ของ Drupal 7 4-11
รูปที่ 4-20 หน้าจอการบริหารจัดการข้อมูลบัญชีผู้ใช้งานระบบ TIMS..... 4-12
รูปที่ 4-21 หน้าจอการค้นหาบัญชีผู้ใช้งานระบบ TIMS 4-13
รูปที่ 4-22 หน้าจอการเพิ่มบัญชีผู้ใช้งานระบบ TIMS 4-15
รูปที่ 4-23 หน้าจอการแก้ไขบัญชีผู้ใช้งานระบบ TIMS..... 4-16
รูปที่ 4-24 ส่วนข้อมูลที่สามารถทำการแก้ไขในระบบ TIMS 4-16
รูปที่ 4-25 แนวทางการพัฒนา Secured Sockets Layer : SSL..... 4-17
รูปที่ 4-26 SSL Certificate ที่ติดตั้งบนระบบ TIMS..... 4-17
รูปที่ 4-27 ตัวอย่างการ Replicate Database โดยใช้ Slony-I 4-18
รูปที่ 4-28 ฐานข้อมูลที่ทำการ Replicate Database..... 4-19
รูปที่ 4-29 ตัวอย่าง API DOH TDMS Site Master..... 4-21
รูปที่ 4-30 แผนผังการจัดทำ Web Service สำหรับให้บริการข้อมูลในรูปแบบภาพแผนที่ 4-23
รูปที่ 4-31 ตัวอย่าง Layer WMS ที่แสดงผลบนแผนที่..... 4-24
รูปที่ 4-32 โครงสร้างของ Open API..... 4-25
รูปที่ 4-33 หน้าจอที่ให้บริการ Web Service 4-26
รูปที่ 4-34 หน้าจอที่ให้บริการ web Service ที่ให้บริการส่วน Responses..... 4-27
รูปที่ 4-35 กระบวนการจำแนกประเภทและนับจำนวนยานพาหนะ 4-28
รูปที่ 4-36 ยานพาหนะประเภท 3_car ขนาดไม่ต่ำกว่า 40 x 30 พิกเซล..... 4-30
รูปที่ 4-37 ยานพาหนะประเภท 3_car ขนาดไม่ต่ำกว่า 120 x 75 พิกเซล 4-30
รูปที่ 4-38 ตัวอย่างการวาดบริเวณถนนที่สนใจ (Road Region of Interest) หรือ ROI แสดงบริเวณในกรอบสีน้ำเงิน..... 4-31
รูปที่ 4-39 การเลือกส่วนพื้นที่ที่สนใจหรือ ROI ช่วงกลางวัน 4-31
รูปที่ 4-40 การเลือกส่วนพื้นที่ที่สนใจหรือ ROI ช่วงกลางคืน..... 4-31
รูปที่ 4-41 หลักการตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุของ YOLO 4-32
รูปที่ 4-42 สถาปัตยกรรมของ YOLOv8 4-34

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-43 สถาปัตยกรรมของ YOLOv10 4-36
รูปที่ 4-44 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของ YOLOv10 เทียบเวอร์ชั่นต่าง ๆ และโมเดลอื่น ๆ 4-36
รูปที่ 4-45 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ประสิทธิภาพของโมเดล YOLOv11 4-37
รูปที่ 4-46 แผนผังกระบวนการทำงานของโมเดลติดตาม 4-39
รูปที่ 4-47 ตัวอย่างภาพแสดงเส้นเข้า และเส้นออก 4-40
รูปที่ 4-48 กระบวนการนับในบริเวณที่สนใจแบบที่ผ่านเส้นเข้าหรือเส้นออก 4-41
รูปที่ 4-49 แผนภาพกระบวนการทำงานของ API สำหรับประมวลผลและเรียกดูผลลัพธ์การนับจำนวนยานพาหนะ 4-43
รูปที่ 4-50 เมื่อทำการ Login เข้าใช้งานระบบเลือกเมนูข้อมูลสำรวจ 4-44
รูปที่ 4-51 ปุ่มสำหรับนำเข้าข้อมูลสำรวจ 4-45
รูปที่ 4-52 หน้าจอนำเข้าข้อมูลสำรวจด้วยการแจงนับ 4-45
รูปที่ 4-53 ตัวอย่างมุมมองการติดตั้งกล้องสำรวจ 4-46
รูปที่ 4-54 แผนผังการทำงานของการประมวลผลวิดีโอบนระบบ TIMS 4-46
รูปที่ 4-55 การประมวลผล Video บนบนหน่วยประมวลผลกราฟิก 4-47
รูปที่ 4-56 เมื่อทำการ Login เข้าใช้งานระบบเลือกเมนูประมวลผลภาพ 4-47
รูปที่ 4-57 ปุ่มสำหรับเพิ่มจุดสำรวจใหม่ 4-48
รูปที่ 4-58 ตัวอย่างการสร้างจุดสำรวจเพื่อนำเข้าวิดีโอ 4-49
รูปที่ 4-59 ตัวอย่างหน้าจออัปโหลดวิดีโอ 4-49
รูปที่ 4-60 ตัวอย่างการอัปโหลดวิดีโอ 4-50
รูปที่ 4-61 ตัวอย่างการแสดงตัวอย่างวิดีโอเพื่อวาด Region of interest 4-51
รูปที่ 4-62 ตัวอย่างหน้าจอผลลัพธ์การประมวลผลในรูปแบบ Video Image Processing 4-52
รูปที่ 4-63 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การประมวลผลในรูปแบบ Video Image Processing ในรูปแบบ Excel 4-53
รูปที่ 4-64 แผนภาพแสดงจำนวนยานพาหนะในชุดข้อมูลการเรียนรู้ (Training Data), ชุดข้อมูลการตรวจสอบ (Validation Data), และชุดข้อมูลการทดสอบ (Testing Data) แยกตามประเภทรถ 4-55
รูปที่ 4-65 แผนภาพแสดงจำนวนยานพาหนะในชุดข้อมูลกลางวัน กลางคืนแบบข้อมูลภาพสี และกลางคืนแบบภาพอินฟาเรด แยกตามประเภทรถ 4-57
รูปที่ 4-66 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการเทรน การตรวจสอบ และทดสอบโมเดล 4-57

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-67 ตัวอย่างชุดข้อมูลภาพกลางวัน (ซ้าย) และ ชุดข้อมูลภาพกลางคืน (ขวา) 4-58
รูปที่ 4-68 Confusion Matrix จากการทดลองที่ 2 (กลางวัน + Pretrained)..... 4-59
รูปที่ 4-69 Confusion Matrix จากการทดลองที่ 4 (กลางคืน + Pretrained) 4-60
รูปที่ 4-70 Confusion Matrix จากการทดลองที่ 6 (กลางวัน + กลางคืน + Pretrained)..... 4-60
รูปที่ 4-71 Confusion matrix ของโมเดล Y10-VIS-NBC-Night 4-66
รูปที่ 4-72 Confusion matrix แบบ Normalized ของโมเดล Y10-VIS-NBC- Night..... 4-66
รูปที่ 4-73 Confusion matrix ของโมเดล Y10-VIS 4-68
รูปที่ 4-74 Confusion matrix แบบ Normalized ของโมเดล Y10-VIS 4-68
รูปที่ 4-75 Confusion matrix ของโมเดล Y10..... 4-70
รูปที่ 4-76 Confusion matrix แบบ Normalized ของโมเดล Y10..... 4-70
รูปที่ 4-77 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดต่างๆ ที่มีผลลัพธ์ที่ไม่ดี 4-72
รูปที่ 4-78 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดที่มีรถปริมาณปานกลางถึงมาก 4-129
รูปที่ 4-79 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดที่มีปริมาณรถน้อย 4-131
รูปที่ 4-80 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีกลางคืนที่มีปัญหา..... 4-134
รูปที่ 4-81 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีกล้องไม่ชัด..... 4-136
รูปที่ 4-82 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีกล้องไม่ชัด..... 4-138
รูปที่ 4-83 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีฝนตก..... 4-139
รูปที่ 4-84 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีแสงสะท้อน..... 4-141
รูปที่ 4-85 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีรถบัง..... 4-142
รูปที่ 4-86 Flow การทำงานซอฟต์แวร์ในการส่งออกรายงานสรุปผลในรูปแบบไฟล์เอกสารดิจิทัล..... 4-157
รูปที่ 4-87 ตัวอย่างหน้าส่งออกรายงาน..... 4-160
รูปที่ 4-88 ตัวอย่างหน้าส่งออกข้อมูลในรูปแบบ Shape file (SHP)..... 4-161
รูปที่ 4-89 การออกแบบหน้าจอการแสดงผล Dashboard 4-163
รูปที่ 4-90 Web Responsive Design 4-165
รูปที่ 5-1 หนังสือส่งมอบครุภัณฑ์เครื่องแม่ข่าย 5-3
รูปที่ 5-2 การตรวจรับเครื่องแม่ข่าย.....5-4
รูปที่ 5-3 เครื่องมือและรูปแบบการแสดงผลข้อมูล (Visualizations).....5-6
รูปที่ 5-4 การเชื่อมโยงระหว่างกราฟ (Highlight Actions).....5-6
รูปที่ 5-5 Dashboard แบบ Interactive.....5-7

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5-6 ตัวอย่างฟังก์ชันการส่งออก Work Sheet 5-8
รูปที่ 5-7 เอกสารการสั่งซื้อ Tableau License 5-9
รูปที่ 5-8 หนังสือขอติดตั้งเครื่องแม่ข่าย 5-10
รูปที่ 5-9 หนังสือขอความอนุเคราะห์ IP และ DNS 5-11
รูปที่ 5-10 ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องแม่ข่าย 5-12
รูปที่ 5-11 หน้าต่างแสดงผลสถานะของ Server (iDEAC9) - 1 5-12
รูปที่ 5-12 หน้าต่างแสดงผลสถานะของ Server (iDEAC9) – 2 5-13
รูปที่ 5-13 สถาปัตยกรรมเครือข่ายระบบ TIMS 5-13
รูปที่ 5-14 หน้าต่างแสดงผลการติดตั้ง VM ของระบบ TIMS 5-14
รูปที่ 5-15 ผลการทดสอบ Concurrent Test ระบบ TIMS 5-14
รูปที่ 5-16 ผลการทดสอบ Concurrent Test ระบบ TIMS2 5-15
รูปที่ 5-17 ผลการทดสอบชุดคำสั่ง API ด้วย Newman Run 5-17
รูปที่ 5-18 ตัวอย่างการทดสอบชุดคำสั่ง API ด้วย Newman Run 5-18
รูปที่ 5-19 ตัวอย่างผลการทดสอบชุดคำสั่ง API ด้วย E2E testing 5-19
รูปที่ 5-20 ตัวอย่างรายละเอียดการทดสอบชุดคำสั่ง API ด้วย E2E testing 5-20
รูปที่ 5-21 แผนภาพการทดสอบการใช้งาน User Acceptance Test (UAT) 5-21
รูปที่ 5-22 หนังสือขอความอนุเคราะห์เข้าทดสอบระบบด้วยวิธีการ UAT (User Acceptance Test).. 5-22
รูปที่ 6-1 ภาพบรรยากาศการอบรมถ่ายทอดความรู้สำหรับผู้ใช้งานวันที่ 1 6-2
รูปที่ 6-2 ภาพบรรยากาศการอบรมถ่ายทอดความรู้สำหรับผู้ใช้งานวันที่ 2 6-8
รูปที่ 6-3 ภาพบรรยากาศการอบรมถ่ายทอดความรู้สำหรับผู้ใช้งานวันที่ 3 6-14
รูปที่ 6-4 ภาพบรรยากาศการอบรมอบรมถ่ายทอดความรู้สำหรับผู้ดูแลระบบ 6-26
รูปที่ 7-1 รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) 7-5
รูปที่ 7-2 รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report) 7-5
รูปที่ 7-3 คู่มือการใช้งานระบบสารสนเทศ 7-6
รูปที่ 7-4 คู่มือการดูแลระบบสารสนเทศ 7-6
รูปที่ 7-5 วีดิทัศน์สื่อการสอนใช้งานระบบ 7-7
รูปที่ 7-6 วีดิทัศน์สื่อประชาสัมพันธ์การใช้งานระบบ 7-8
รูปที่ 7-7 ชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์ (Backdrop) 7-8
รูปที่ 7-8 ชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์ (Rollup) 7-9

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 7-9 ภาพรวมชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์ 7-10

รูปที่ 7-10 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) ที่ใช้ในปัจจุบัน..... 7-14

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

กรมทางหลวงเป็นหน่วยงานหลักที่มีภารกิจตามอำนาจหน้าที่ในการอำนวยความปลอดภัยของทางหลวง มีพันธกิจในการพัฒนาองค์ความรู้ นวัตกรรม และเทคโนโลยี ด้านวิศวกรรมจราจร/ขนส่งและความปลอดภัยที่เหมาะสม โดยมีแนวทางปฏิบัติการบริหารจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศของหน่วยงานภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติว่าด้วยการพัฒนาดิจิทัล เพื่อเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งปัจจุบันมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นกรอบในการดำเนินการพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลที่ขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ของกรมทางหลวงให้เกิดความเหมาะสมกับรูปแบบการนำไปใช้งานจริง ทั้งนี้ สำนักอำนวยความปลอดภัย ได้เริ่มดำเนินการพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System หรือ TIMS) สำหรับการบริหารจัดการข้อมูลภายในองค์กรอย่างเป็นระบบ โดยมีการประยุกต์ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศ (GIS) โครงข่ายทางหลวงผนวกกับข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรอย่างเป็นมาตรฐานสากล มาวิเคราะห์และแสดงข้อมูลผลบนแผนที่ดิจิตอล (Digital Mapping) โดยมุ่งเน้นเป้าหมายสำคัญในการพัฒนาระบบและเพิ่มประสิทธิภาพ สำหรับใช้งานตามภารกิจบริหารจัดการของกรมทางหลวงในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค รวมถึงการให้บริการข้อมูลสารสนเทศจราจร

สำนักอำนวยความปลอดภัยได้พัฒนาระบบ TIMS (Traffic Information Management System) ตั้งแต่ พ.ศ. 2557 โดยระบบ TIMS เป็นระบบงานของกรมทางหลวงที่มีสถาปัตยกรรมชนิด Web Based Application ผสานการแสดงผลผ่านสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) โดยมีการอ้างอิงข้อมูลบัญชีสายทางและระยะทางควบคุมที่เชื่อมโยงกับระบบทะเบียนทางหลวง (HRIS) สำนักแผนงาน (ปรับปรุง ปีงบประมาณ 2564) ในการเก็บข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรโดยใช้เครื่องมือในการนับหรือเจ้าหน้าที่เป็นผู้นับ และข้อมูลอื่น ๆ เกี่ยวข้อง เช่น การเชื่อมโยงข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรโดยเครื่องนับรถอัตโนมัติ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการแก้ไขปัญหาทางด้านการจราจรรวมถึงมีส่วนสำคัญสำหรับการวางแผนพัฒนาปรับปรุงโครงข่ายการเดินทาง รวมไปถึงการพัฒนาระบบให้บริการข้อมูลไปยังระบบบริหารงานบำรุงทางต่าง ๆ ได้แก่ ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) สำนักบริหารบำรุงทาง ระบบบริหารแผนงานทางหลวง (Plannet) สำหรับวิเคราะห์วิธีการและวางแผนบริหารจัดการการพัฒนาปรับปรุงโครงข่ายทางหลวงแผ่นดินให้สามารถรองรับความต้องการการเดินทางของประชาชนทั่วประเทศได้อย่างถูกต้อง และคุ้มค่าต่อการลงทุนก่อสร้าง

เนื่องด้วยการจัดเก็บข้อมูลที่ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่มาช่วยในจัดเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลมีความต้องการในการใช้งานข้อมูลเชิงลึกมากขึ้น และหลากหลายมิติ เพื่อนำไปพัฒนาการบริหารงานทาง และแก้ไขปัญหางานวางแผนต่าง ๆ สำนักอำนวยความปลอดภัย จึงเล็งเห็นปัญหาดังกล่าวและประโยชน์ในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่มาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลการสำรวจให้รองรับกับการสำรวจข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน และจัดทำข้อมูลให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน อีกทั้งปรับปรุงกระบวนการดำเนินงาน และโครงสร้างฐานข้อมูลระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง และพัฒนาระบบให้รองรับการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้สำหรับแก้ไขปัญหาทางด้านการจราจรและขนส่งในมิติต่าง ๆ เพื่อนำไปวางแผนและกำหนดนโยบายต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสำนักอำนวยความปลอดภัยให้รองรับลักษณะการทำงานในปัจจุบัน

1.2.2 ปรับปรุงและพัฒนาระบบฐานข้อมูลสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวงเพื่อรองรับข้อมูลจากระบบงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องของกรมทางหลวง

1.2.3 เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับการบริหารจัดการข้อมูลปริมาณจราจร เช่น ข้อมูลกายภาพสายทาง ข้อมูลปริมาณจราจรจากจุดสำรวจอัตโนมัติกับระบบสารสนเทศปริมาณจราจร (TIMS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของการศึกษาและการดำเนินงาน

1.3.1 ศึกษาและทบทวนการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS)

1.3.1.1 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์กระบวนการทำงานของระบบเดิม เช่น การค้นหาข้อมูลการแสดงผลข้อมูล การนำเข้าข้อมูล และรูปแบบรายงานที่ใช้งานในปัจจุบัน รวบรวมปัญหาอุปสรรค เพื่อวางแนวทางปรับปรุง หรือปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งานระบบในปัจจุบัน ให้ครบทุกกระบวนการ โดยรวบรวมความคิดเห็นจากผู้ใช้งาน ทั้งในส่วนของหน่วยงานภายในสำนักอำนวยความปลอดภัย และหน่วยงานอื่น ๆ ภายในกรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง ผ่านกระบวนการรวบรวมข้อมูล อาทิเช่น

- การจัดการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group)
- การจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire)

1.3.1.2 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์เทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นมาตรฐานสากล สำหรับการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) หน้าจอการใช้งานระบบ (User Interface) โครงสร้างฐานข้อมูล การให้บริการข้อมูลอย่างเป็นระบบความปลอดภัยของระบบและข้อมูล เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศ รวมไปถึงรองรับการพัฒนาในอนาคต

1.3.1.3 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network System) ที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) พร้อมเสนอแนะแนวทางการพัฒนาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network System) เพื่อให้ระบบมีความพร้อมสำหรับการใช้งานข้อมูลสารสนเทศจราจรที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- วิเคราะห์ปริมาณการใช้งานระบบเครือข่าย ที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ในปัจจุบัน
- นำเสนอแนวทางการปรับปรุงระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เพื่อการให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพ
- ศึกษาและออกแบบระบบให้บริการข้อมูลแก่หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องภายในกรมทางหลวง ให้สามารถใช้งานข้อมูลจากระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องตามมาตรฐานข้อมูลของกรมทางหลวง

1.3.1.4 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์กระบวนการรวบรวมข้อมูลการจราจร และอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลสำหรับนำเข้าฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) เพื่อวิเคราะห์ถึงปัญหา และข้อจำกัดในการรวบรวมข้อมูลปริมาณจราจร โดยที่ปรึกษาจะต้องเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวง และดำเนินการศึกษากระบวนการจัดเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสม ในพื้นที่นำร่องไม่น้อยกว่า 10 จุดสำรวจเพื่อจัดทำเป็นข้อเสนอแนะในการจัดเก็บข้อมูลการจราจรด้วยเจ้าหน้าที่กรมทางหลวง

1.3.1.5 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์ความต้องการในการใช้งานข้อมูลด้านการจราจร เพื่อปรับปรุงระบบการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลปริมาณการเดินทาง ข้อมูลดัชนีการจราจรติดขัด และข้อมูลอื่น ๆ ที่กรมทางหลวงได้ดำเนินการ รวมไปถึงการเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.3.1.6 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์รายละเอียดและรูปแบบโครงสร้างฐานข้อมูล สถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) ของระบบต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงศึกษาความต้องการในการใช้งานระบบ และฐานข้อมูลที่จำเป็นเพื่อวางแนวทางในการบูรณาการข้อมูลร่วมกันอย่างต่อเนื่อง และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน

1.3.2 วิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS)

1.3.2.1 วิเคราะห์ และออกแบบแนวทางการพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) เพื่อให้บริการข้อมูลระหว่างระบบสารสนเทศภายในกรมทางหลวงที่เหมาะสม สอดคล้องกับวิทยาการและเทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยคำนึงถึงความสำคัญของการบริหารข้อมูลด้านงานจราจร วิเคราะห์ข้อมูลการจราจรต่าง ๆ รวมถึงปริมาณการใช้งานระบบเครือข่าย ที่เกี่ยวข้อง

1.3.2.2 วิเคราะห์ และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริมาณจราจร ข้อมูลสำรวจจากกลุ่มสำรวจข้อมูลการจราจรและขนส่ง และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้สามารถใช้งานตามกระบวนการดำเนินงานของสำนักอำนวยความปลอดภัยได้อย่างเป็นระบบ

1.3.2.3 จัดทำคู่มือวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยมีรายละเอียดอย่างน้อยดังต่อไปนี้

1) Use Case การกำหนดฟังก์ชันของผู้ใช้งาน
2) Use Case Description รายละเอียดการกำหนดฟังก์ชันของผู้ใช้งาน
3) Activity Diagram รายละเอียดฟังก์ชันในการทำงานของระบบ
4) ER-Diagram รายละเอียดโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์ระบบฐานข้อมูล
5) Data Dictionary รายละเอียดพจนานุกรมฐานข้อมูล

1.3.3 พัฒนาระบบและปรับปรุงฐานข้อมูล

1.3.3.1 พัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้สามารถรองรับกระบวนการทำงานใหม่ที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจปริมาณจราจร และเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) อย่างเป็นระบบ ได้แก่ ข้อมูลบัญชีสายทาง ข้อมูลลำดับชั้นทาง ข้อมูลบัญชีผิวทาง เป็นต้น เพื่อให้โครงสร้างข้อมูลของระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับการเชื่อมโยงกับระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ตามผลการศึกษาข้อ 1.3.1.6

1.3.3.2 พัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อวางแนวทางในการบูรณาการข้อมูลร่วมกันอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานมาแสดงผลในระบบอย่างเหมาะสม เช่น ข้อมูลจุดสำรวจอัตโนมัติ และรายงานข้อมูลจราจร กลุ่มสำรวจข้อมูลการจราจรและขนส่ง สำนักอำนวยความปลอดภัย

1.3.3.3 พัฒนาระบบ Web Service เผยแพร่ข้อมูลปริมาณจราจร

1) รองรับการให้บริการข้อมูลในรูปแบบภาพแผนที่ Web Map Service (WMS) Web Feature Service (WFS) Web Map Tile Service (WMS-T) หรือดีกว่า

2) รองรับการให้บริการข้อมูลในรูปแบบข้อความ Web Service Query หรือดีกว่า

1.3.3.4 พัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรจากคนแจงนับ และอุปกรณ์สำรวจในรูปแบบอื่น ๆ ตามข้อ 1.3.1.4 และออกแบบหน้าจอการรายงานผลสรุปข้อมูลสำรวจได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งแสดงข้อมูลภาพถ่าย เพื่อตรวจสอบปริมาณจราจรผ่านหน้าระบบ TIMS

1.3.3.5 ประเมินผลการทำงานและการใช้งานอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น ตามข้อ 1.3.3.4 พร้อมทั้งสรุปผล

1.3.3.6 พัฒนาระบบให้สามารถส่งออกรายงาน และสรุปผลในรูปแบบไฟล์เอกสารดิจิทัลในรูปแบบหลากหลาย HTML, Excel, CSV, PDF และ SHP

1.3.3.7 พัฒนาระบบให้รองรับการจัดทำรายงานสรุปข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจร ข้อมูลปริมาณการเดินทาง ข้อมูลดัชนีการจราจรติดขัด และข้อมูลอื่น ๆ แสดงผลในลักษณะหน้าจอสรุปภาพรวม Dashboard แสดงผลข้อมูลตามสถานการณ์ และรายงานข้อมูลโดยใช้เทคนิค Data Visualization ในการนำเสนอข้อมูลเชิงปริมาณ เชิงแผนที่ และรูปแบบอื่น ๆ และรองรับการใช้งานแบบ Drill Down/Bottom Up และการปรับแต่งเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูลให้มีความยืดหยุ่นต่อการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ในอนาคต (Pivot Table)

1.3.3.8 ระบบจะต้องสามารถใช้งานบนเครือข่ายผ่าน Web Browser ที่เป็นมาตรฐานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ได้แก่ Microsoft Edge (เวอร์ชั่นล่าสุด) Google Chrome และ Mozilla Firefox ได้เป็นอย่างน้อย และต้องพัฒนาด้วยเทคโนโลยี Web Responsive สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์ Mobile Device ที่มีหลายขนาดได้อย่างเหมาะสม

1.3.4 การจัดซื้อและติดตั้งระบบ

1.3.4.1 การจัดซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย แบบที่ 2 ทำหน้าที่เป็น Application Sever และ Database Server จำนวน 1 ชุด โดยมีคุณลักษณะเฉพาะอย่างน้อย ดังต่อไปนี้

1) มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ 16 แกนหลัก (16 Core) หรือดีกว่า สำหรับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) โดยเฉพาะและมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาพื้นฐานไม่น้อยกว่า 2.9 GHz จำนวนไม่น้อยกว่า 2 หน่วย
2) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) รองรับการประมวลผลแบบ 64 bit มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันไม่น้อยกว่า 24 MB
3) มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด ECC DDR4 หรือดีกว่า ขนาดไม่น้อยกว่า 32 GB
4) สนับสนุนการทำงาน RAID ไม่น้อยกว่า RAID 0, 1, 5
5) มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SCSI หรือ SAS ที่มีความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 10,000 รอบต่อนาที ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 2 TB หรือ ชนิด Solid State Drive หรือดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 960 GB จำนวนไม่น้อยกว่า 4 หน่วย
6) มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10 Gb Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
7) Power Supply แบบ Redundant หรือ Hot Swap จำนวน 2 หน่วย

1.3.4.2 การจัดซื้อโปรแกรมสำหรับแสดงข้อมูลภาพรวม โดยการปรับแต่งเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูลให้มีความยืดหยุ่นต่อการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ในอนาคต (Pivot Table) โดยมีคุณลักษณะพื้นฐานดังต่อไปนี้

1) สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลแผนภูมิและส่วนประกอบตารางให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น Bar Chart, Line Chart, Scatter, Pie Chart หรือแบบผสม เป็นต้น
2) สามารถปรับเปลี่ยนการแสดงผลให้สามารถเรียงลำดับข้อมูลอย่างเหมาะสม โดยสามารถปรับเปลี่ยน Fields เลือกการแสดงผลข้อมูล หรือคำนวณค่าเฉลี่ยทางสถิติได้เบื้องต้น
3) สามารถส่งออกข้อมูลในรูปแบบไฟล์เอกสาร เช่น ไฟล์ PDF, Excel, CSV เป็นต้น
4) สามารถแสดงผลข้อมูลภาพรวมในรูปแบบ Dashboard และสามารถปรับการแสดงผลข้อมูล หรือปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลได้อย่างอิสระ

1.3.4.3 ติดตั้ง ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขระบบ ดำเนินการติดตั้งระบบที่ได้ดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพ ทดสอบข้อผิดพลาดของการเขียนโปรแกรมพัฒนาระบบและทดสอบการใช้งาน User Acceptance Test (UAT) พร้อมทั้งปรับปรุงระบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด

1.3.5 การฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้

1.3.5.1 จัดอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ที่พัฒนาแก่เจ้าหน้าที่กรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง อย่างน้อย 3 ครั้ง ๆ ละ ไม่น้อยกว่า 100 คน

1.3.5.2 จัดอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ที่พัฒนาแก่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ 1 ครั้ง จำนวน 5 คน

บทที่ 2
งานศึกษาและทบทวนการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS)

2.1 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์กระบวนการทำงานของระบบเดิม เช่น การค้นหาข้อมูล การแสดงผลข้อมูล การนำเข้าข้อมูล และรูปแบบรายงานที่ใช้งานในปัจจุบัน รวบรวมปัญหาอุปสรรค เพื่อวางแนวทางปรับปรุง หรือปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งานระบบในปัจจุบัน ให้ครบทุกกระบวนการ โดยรวบรวมความคิดเห็นจากผู้ใช้งาน ทั้งในส่วนของหน่วยงานภายในสำนักอำนวยความปลอดภัย และหน่วยงานอื่น ๆ ภายในกรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง ผ่านกระบวนการรวบรวมข้อมูล อาทิเช่น

1) การจัดการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group)
2) การจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire)

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดการประชุมหารือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อรับทราบกระบวนการทำงานและรับฟังความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวง เพื่อนำไปสู่การออกแบบโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลที่เหมาะสมกับการใช้งานในปัจจุบันมีข้อจำกัดของการจัดเก็บข้อมูลและการใช้งานระบบ รวมถึงศึกษาอุปสรรคที่ผ่านมา ตลอดจนความต้องการใช้งานอื่น ๆ ของระบบเพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ในปัจจุบัน เพื่อนำมาใช้ออกแบบระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) โดยมีกระบวนการรับฟังความต้องการของเจ้าหน้าที่ 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่

2.1.1 การจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire)

เพื่อจัดเก็บข้อมูลความต้องการใช้งาน (User Requirement) ของเจ้าหน้าที่ส่วนภูมิภาค สำนักงานทางหลวง แขวงทางหลวง ที่ทำการกรอกข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจร เกี่ยวกับปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะในการบันทึกข้อมูลผ่านระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) และต้องมีผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามไม่น้อยกว่า 100 ชุด โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด ตามการใช้งาน ได้แก่

ชุดที่ 1 แบบสำรวจประสิทธิภาพการใช้งานระบบ TIMS : สำหรับผู้บันทึกข้อมูล
กลุ่มเป้าหมาย : ผู้นำเข้า/บันทึกข้อมูล : แขวงทางหลวง

ชุดที่ 2 แบบสำรวจประสิทธิภาพการใช้งานระบบ TIMS : สำหรับผู้ใช้ข้อมูล
กลุ่มเป้าหมาย : หน่วยงานภายในกรมทางหลวง ผู้ใช้งานระบบ TIMS

ตารางที่ 2-1 กำหนดการสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire)

ลำดับ	กิจกรรม	วันที่
1	ร่างแบบสำรวจ/ปรับปรุงแบบสำรวจ	3 – 11 มิ.ย. 67
2	ส่งแบบสำรวจประสิทธิภาพการใช้งานระบบ TIMS	17 – 25 มิ.ย. 67
3	ปิดรับแบบสำรวจประสิทธิภาพการใช้งานระบบ TIMS	25 มิ.ย. 67
4	วิเคราะห์ผล สรุปผลแบบสำรวจประสิทธิภาพการใช้งานระบบ TIMS	25 – 30 มิ.ย. 67

จากการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับจัดเก็บข้อมูลความต้องการใช้งาน (User Requirement) ของเจ้าหน้าที่สรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1) สรุปผลแบบสอบถามการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับผู้บันทึกข้อมูล

จากการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับจัดเก็บข้อมูลความต้องการใช้งาน (User Requirement) ของเจ้าหน้าที่ผู้นำเข้าบันทึกข้อมูล ได้แก่ แขวงทางหลวง และหมวดทางหลวง โดยหัวข้อในการหารือมีดังนี้

- ความต้องการในการปรับปรุงหน้าระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System : TIMS)
- ความต้องการใช้งานข้อมูลปริมาณจราจร
- รูปแบบ อุปกรณ์ และวิธีการที่ท่านใช้ในการสำรวจจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจร
- ปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจร
- ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ในการพัฒนาระบบ TIMS รวมถึงกระบวนการทำงานในการจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรของกรมทางหลวง

จากการสำรวจความคิดเห็นโดยใช้แบบสอบถามเจ้าหน้าที่ผู้นำเข้า/บันทึกข้อมูล มีผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามทั้งหมด 149 ท่าน โดยที่ปรึกษาทำการสรุปผลแบบสอบถามการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็นดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 สรุปผลแบบสอบถามการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับผู้บันทึกข้อมูล

ลำดับ	หัวข้อแบบสอบถาม	ผลแบบสอบถาม
1	ความต้องการในการปรับปรุงหน้าจุดสำรวจปริมาณจราจรในรูปแบบใดเพิ่มบ้าง	• การแสดงผลข้อมูลสายทาง โดยแยกตามเขตรับผิดชอบ พร้อมทั้งแสดงภาพรวมข้อมูลของสำนักงานทางหลวง • ต้องการให้มีการสำรวจโดยใช้เครื่องนับแทนคนนั่งนับ • ต้องการดาวน์โหลดข้อมูลเป็นชุด โดยแยกไฟล์เป็นตอนควบคุม ตามงวดงานสำรวจ ในปีนั้น ๆ
2	ท่านมีความต้องการให้ปรับปรุงหน้า "ข้อมูลสำรวจ" ปริมาณจราจรในรูปแบบใดเพิ่มบ้าง	• ต้องการนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจร ด้วยการอัปโหลดไฟล์เข้าระบบได้ • ต้องการกด Enter หรือ Tap เพื่อเลื่อนตำแหน่งบนตารางกรอกข้อมูลได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน • ต้องการดูข้อมูลย้อนหลังได้อย่างน้อย 2 ปี
3	ท่านมีความต้องการใช้งานรายงานปริมาณจราจรในรูปแบบใดเพิ่มบ้าง	• รูปแบบไฟล์ - PDF - JPG • การส่งออกรายงานหรือข้อมูลเพิ่มเติม - แผนที่เส้นทางจราจร - ข้อมูลสายทาง ข้อมูลดาวเทียม - รายงานปริมาณจราจรหลักและย่อย - สรุปจำนวนรถ - ปริมาณจราจรย้อนหลัง - รายงานผู้บริหารเป็นรูปแบบกราฟ • รูปแบบการกรองข้อมูลที่จะส่งออกรายงาน - เลือกเป็นสายทาง - เลือกตามหมวดทางหลวงที่รับผิดชอบ

ตารางที่ 2-2 สรุปผลแบบสอบถามการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับผู้บันทึกข้อมูล (ต่อ)

ลำดับ	หัวข้อแบบสอบถาม	ผลแบบสอบถาม
3	ท่านมีความต้องการใช้งานรายงานปริมาณจราจรในรูปแบบใดเพิ่มบ้าง (ต่อ)	● อื่น ๆ - ต้องการให้ทุกหมวดทางหลวงสามารถลงข้อมูลปริมาณการจราจรได้ด้วยตนเองต้องการให้แยกข้อมูลออกเป็นหมวดทางหลวง
4	ท่านมีความต้องการให้ปรับปรุงหน้า “กระดานสนทนา” ในรูปแบบใดเพิ่มบ้าง	● ต้องการให้มีความละเอียดมากขึ้น ● ต้องการเพิ่มฟังก์ชันในการแนบรูปภาพเพื่อแจ้งรายละเอียดเพิ่มเติม ● ต้องการช่องทางที่สามารถสื่อสารโต้ตอบได้โดยตรง
5	อุปกรณ์ / วิธีการที่ท่านใช้ในการสำรวจจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจร	● ใช้คนนับ ● สมุดจดบันทึก (ขีด) ● โทรศัพท์มือถือ ● คอมพิวเตอร์ ● เครื่องนับจำนวน ● กล้องวัดปริมาณจราจร ● แบบ ส.1-01 (แบบสำรวจปริมาณจราจรรายชั่วโมง) ● แบบ ส.1-02 (แบบสรุปปริมาณจราจร)
6	ปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจร	● หนังสือคำสั่งลงพื้นที่สำรวจตกหล่น ● สภาพอากาศ และภัยธรรมชาติ เช่น ฝนตก น้ำท่วม ● เจ้าหน้าที่มีไม่ครบตามจำนวนที่กำหนด ● เจ้าหน้าที่ติดภารกิจอื่น ● มีคำสั่งปิดหรือระงับการใช้เส้นทาง

ตารางที่ 2-2 สรุปผลแบบสอบถามการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับผู้บันทึกข้อมูล (ต่อ)

ลำดับ	หัวข้อแบบสอบถาม	ผลแบบสอบถาม
6	ปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจร (ต่อ)	• จำวันผิด • มีการจัดกิจกรรมหรืออื่น ๆ ที่ทำให้ปริมาณจราจรสูง • สถานการณ์โรคระบาด เช่น โควิด 19
7	หากท่านไม่สามารถทำการสำรวจข้อมูลได้ครบถ้วนตั้งแต่ช่วง 07 : 00 น. – 19 : 00 น. เนื่องจากสาเหตุใด และมีการแก้ไขปัญหาอย่างไร	• สาเหตุ - ปัญหาอินเทอร์เน็ตเครื่องตรวจนับชำรุด - สภาพอากาศ - มีปริมาณรถหนาแน่น - ผู้สำรวจติดภารกิจอื่นนอกเหนือจากการสำรวจ • **การแก้ไขปัญหา** - เลื่อนวันสำรวจ/สำรวจในวันถัดไป/สัปดาห์ถัดไป - นำข้อมูลสำรวจบางส่วนเปรียบเทียบกับข้อมูลในงวดก่อน - ให้เพื่อนร่วมงานท่านอื่นสำรวจแทน - โทรแจ้งเจ้าหน้าที่ระบบ/สอบถามเจ้าหน้าที่ สป.เพื่อแจ้งปัญหา
8	ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ในการพัฒนาระบบ TIMS รวมถึงกระบวนการทำงานในการจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรของกรมทางหลวง	• สามารถเข้ารหัสผ่าน (Password) เดียวกันได้หลายเครื่อง • พัฒนาให้แต่ละหมวดทางหลวงสามารถดำเนินการกรอกข้อมูลเข้าระบบได้ • พัฒนาให้สามารถดูข้อมูลปริมาณจราจรของสายทางอื่นที่ไม่ใช่แขวงฯ ที่รับผิดชอบ • เปิดให้หน่วยงานอื่น ๆ สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ • เปิดระบบให้แขวงสามารถแก้ไขข้อมูลได้ด้วย • สายทางในระบบไม่ตรงกับสายทางในปัจจุบัน

ตารางที่ 2-2 สรุปผลแบบสอบถามการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับผู้บันทึกข้อมูล (ต่อ)

ลำดับ	หัวข้อแบบสอบถาม	ผลแบบสอบถาม
8	ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ในการพัฒนาระบบ TIMS รวมถึงกระบวนการทำงานในการจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรของกรมทางหลวง (ต่อ)	• สำรวจและบันทึกข้อมูลปริมาณจราจรตามความเป็นจริง • แยกข้อมูลสำรวจของแต่ละแขวงควรกำหนดมาตรฐานของเครื่องมือตรวจนับ • ต้องการให้มีเครื่องนับปริมาณจราจรส่งมาให้แต่ละหมวด • จ้างสำรวจโดยหน่วยงานเอกชน • ให้บุคลากรผู้ลงพื้นที่สำรวจ เป็นผู้บันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบ TIMS เนื่องจากมีความเข้าใจและสามารถรายงานปัญหาได้ชัดเจน • บุคลากรที่ทำการสำรวจปริมาณจราจรไม่มีความเข้าใจในการแยกประเภทรถลงในแบบฟอร์ม ส.1-02 • จัดอบรมเกี่ยวกับการใช้งานระบบ TIMS ให้แก่บุคลากรที่เกี่ยวข้อง

2) สรุปผลแบบสอบถามการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับผู้ใช้ข้อมูล

จากการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับจัดเก็บข้อมูลความต้องการใช้งาน (User Requirement) ของเจ้าหน้าที่ผู้ใช้ข้อมูล ได้แก่

- สำนักอำนวยความปลอดภัย
- สำนักแผนงาน
- สำนักบริหารบำรุงทาง
- สำนักสำรวจและออกแบบ
- สำนักก่อสร้างสะพาน
- สำนักงานทางหลวงที่ 1 - 18
- เจ้าหน้าที่ภายในกรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง

โดยหัวข้อในการหารือมีดังนี้

- ความต้องการในการปรับปรุงหน้าระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System : TIMS)
- ความต้องการใช้งานข้อมูลปริมาณจราจร
- ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ในการพัฒนาระบบ TIMS รวมถึงกระบวนการทำงานในการจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรของกรมทางหลวง

จากการสำรวจความคิดเห็นโดยใช้แบบสอบถามเจ้าหน้าที่ผู้ใช้ข้อมูล มีผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามทั้งหมด 32 ท่าน โดยที่ปรึกษาทำการสรุปผลแบบสอบถามการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็นดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 สรุปผลแบบสอบถามการจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น (Questionnaire) สำหรับผู้ใช้ข้อมูล

ลำดับ	หัวข้อแบบสอบถาม	ผลแบบสอบถาม
1	ท่านมีความต้องการให้ปรับปรุงหน้าจุดสำรวจปริมาณจราจรในรูปแบบใดเพิ่มบ้าง	● การแสดงผลข้อมูล โดยแยกตามแขวงที่รับผิดชอบ ● เพิ่มการแสดงข้อมูลแนวโน้มของปริมาณจราจร ● การแสดงข้อมูลแบบสรุปภาพรวมเป็น Dashboard ● ต้องการส่งออก (Export) ข้อมูลจุดสำรวจ โดยแยกเป็นสายทาง
2	ท่านมีความต้องการให้ปรับปรุงหน้า "ข้อมูลสำรวจ" ปริมาณจราจรในรูปแบบใดเพิ่มบ้าง	● การแสดงรายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติม ● เพิ่มรายละเอียดข้อมูลสำรวจ ● เพิ่มข้อมูลจุดกลับรถ
3	ท่านมีความต้องการใช้งานรายงานปริมาณจราจรในรูปแบบใดเพิ่มบ้าง	● รูปแบบการกรองข้อมูลที่จะส่งออกรายงาน ○ เลือกตามจุดสำรวจ ○ เลือกตามสายทาง ○ เลือกตามแขวงที่รับผิดชอบ ○ เลือกตามหมวดทางหลวงที่รับผิดชอบ
4	ท่านมีความต้องการให้ปรับปรุงหน้า “กระดานสนทนา” ในรูปแบบใดเพิ่มบ้าง	● มีกระทู้แนะนำ ที่สามารถตั้ง และตอบคำถาม สำหรับปัญหาที่พบบ่อย
5	ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ในการพัฒนาระบบ TIMS รวมถึงกระบวนการทำงานในการจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรของกรมทางหลวง	● สามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้ ● เพิ่มรายงานให้ส่วนภูมิภาค ● สามารถเข้าใช้งานเบื้องต้น โดยไม่ต้องเข้าสู่ระบบได้ ● สามารถ Input ข้อมูลที่ได้จากงานอื่น ๆ เช่น งานจ้างของสำนักสำรวจและออกแบบ

2.1.2 การจัดการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group)

สำหรับรับฟังความต้องการใช้งาน (User Requirement) โดยดำเนินการจัดการประชุม Focus Group 2 ครั้ง ผู้เข้าร่วมจะประกอบไปด้วย เจ้าหน้าที่ส่วนกลาง อาทิ สำนักอำนวยความปลอดภัย และหน่วยงาน ส่วนภูมิภาค ได้แก่ สำนักงานทางหลวง แขวงทางหลวง รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานของระบบเพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของหน่วยงาน รูปแบบออนไลน์ผ่าน Application Zoom

ตารางที่ 2-4 กำหนดการประชุมกลุ่มย่อย เพื่อรับฟังความคิดเห็นและความต้องการ

ลำดับ	กิจกรรม	วันที่
1	**ส่วน 1** การรับฟังความคิดเห็นในการพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง สำหรับผู้บันทึกข้อมูลประกอบด้วย • ผู้แทนจากสำนักอำนวยความปลอดภัย • ผู้แทนเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวง (ภาคเหนือ ภาคะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้) อย่างน้อยแขวงละ 1 ท่าน	วันที่ 3 ก.ค. 67 09.00 – 11.30 น.
1	**ส่วน 2** การรับฟังความคิดเห็นในการพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง สำหรับผู้ใช้งานข้อมูล • สำนักอำนวยความปลอดภัย • สำนักแผนงาน • สำนักบริหารบำรุงทาง • สำนักสำรวจและออกแบบ • สำนักก่อสร้างสะพาน • เจ้าหน้าที่ภายในกรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง	วันที่ 3 ก.ค. 67 13.30 – 15.30 น.
2	สรุปผลประชุมกลุ่มย่อย	วันที่ 5-12 ก.ค. 67

1) สรุปผลการจัดสัมมนารับฟังความเห็น (Focus Group)

จากที่มา วัตถุประสงค์ และตารางกำหนดการในการจัดประชุมกลุ่มย่อยรับฟังความเห็น (Focus Group) ที่กล่าวมาในข้างต้น สำหรับการประชุมผู้ใช้งานส่วนกลางและส่วนภูมิภาค ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 สามารถสรุปผลที่ได้รับจากการแสดงความคิดเห็น หรือการลงมติในที่ประชุมดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) ความคิดเห็นในการพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวงสำหรับผู้บันทึกข้อมูล

- การจัดเก็บข้อมูล 12 ชั่วโมงตั้งแต่ 7.00 น. – 19.00 น. เพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่
- เครื่องมือที่ใช้ในการแจงนับปริมาณจราจรควรมีมาตรฐานเดียวกัน
- ควรมีเครื่องมือช่วยในการแจงนับเพื่อประสิทธิภาพในการนับรถ
- หน้าระบบเมนู “ข้อมูลสำรวจ” ปุ่ม enter ต้องการให้เลื่อนในแนวนอนและแนวตั้งได้ด้วย
- การปรับเปลี่ยนกระดานสนทนาให้สามารถสื่อสารกันได้จริง
- การจำแนกประเภทยานพาหนะในระบบ TIMS และ HAIMS ต่างกัน โดยที่ รถกระบะ 4 ประตู = รถยนต์นั่ง ของ TIMS รถกระบะ 4 ประตู = รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ อาจทำให้เข้าใจคลาดเคลื่อน
- เพิ่มขั้นตอนในการยืนยันความถูกต้องของข้อมูลการสำรวจ เช่น แบบรูปภาพประกอบ
- เพิ่มจุดที่มีกล้อง CCTV ในระบบ เพื่อให้มั่นใจและนำมายืนยันกับเครื่องนับ
- เพิ่มช่องทางการชี้แจงในระบบ กรณีที่ไม่สามารถทำการสำรวจได้
- Username/Password เดียวกันควรเข้าได้หลายเครื่อง
- ควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลสายทางบนระบบ
- การขอเพิ่มจุดสำรวจหากระยะทางไม่เพียงพอจะทำให้ไม่สามารถเพิ่มจุดสำรวจได้
- เพิ่มการแจ้งเหตุผลที่ปริมาณรถเพิ่มขึ้นหรือลดลง จากเดิม

(2) ความคิดเห็นในการพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง สำหรับผู้ใช้ข้อมูล

- การค้นหา ควรแยกช่องหมายเลขทางหลวงและตอนควบคุมออกจากกัน
- ควรเพิ่มสมการ Seasonal Factor และวิธีการหาจุด Peak เพื่อนำไปประกอบการสำรวจว่าควรลงสำรวจในช่วงเวลาหรือวันใด
- ควรแสดงสูตรที่ใช้คำนวณ EF
- สามารถเลือกช่วงในการแสดงข้อมูลย้อนหลังได้ เช่น 3 ปี 5 ปี 10 ปี ได้
- ควรแสดงรหัสจุดสำรวจในรายงานเพื่ออ้างอิงจุดสำรวจเทียบกับข้อมูลในงวดหรือปีก่อนหน้า เนื่องจากตำแหน่งสายทาง กม. อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้
- สามารถ Export เป็นข้อมูลดิบ หรือ csv เพื่อสะดวกในการนำไปใช้งาน
- ควร Input ข้อมูลงานอื่นเข้ามาเพื่อประกอบการพิจารณา Level of Service
- ปรับปรุงความถูกต้องของการอ้างอิงบัญชีสายทาง



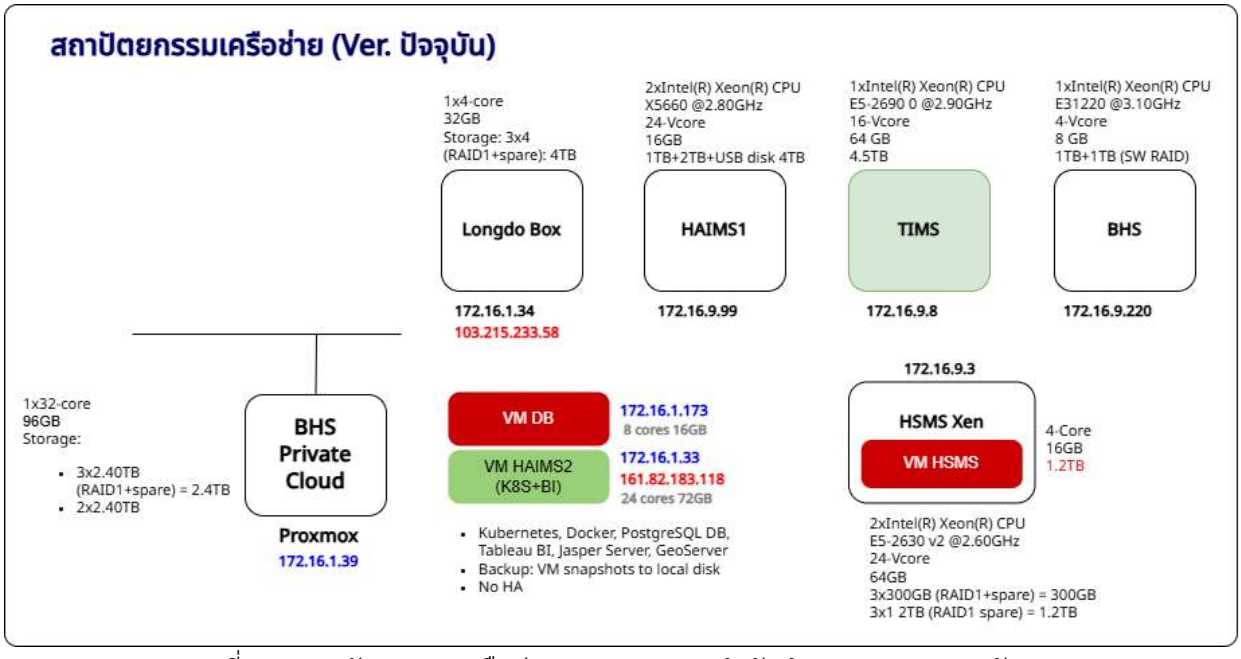
รูปที่ 2-1 ภาพประกอบการจัดการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) สำหรับผู้บันทึกข้อมูล

2.2 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์เทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นมาตรฐานสากลสำหรับการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) หน้าจอการใช้งานระบบ (User Interface) โครงสร้างฐานข้อมูล การให้บริการข้อมูลอย่างเป็นระบบ ความปลอดภัยของระบบและข้อมูล เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศรวมไปถึงรองรับการพัฒนาในอนาคต

ที่ปรึกษาจะทำการออกแบบและพัฒนาระบบโดยใช้เทคโนโลยีหรือนวัตกรรม หรือโปรแกรมประยุกต์หรือโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นต้องใช้งานง่าย มีกราฟฟิกดีไซน์ทันสมัย สร้างสรรค์ และเหมาะสมกับกรมทางหลวง และให้สามารถครอบคลุมการจัดเก็บข้อมูลที่ได้มีการรวบรวมและศึกษา โดยการจัดทำข้อมูลภูมิสารสนเทศต้องรองรับการเชื่อมโยงสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงานภายในกรมทางหลวงได้ และการบริหารจัดการข้อมูลสายทางได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ปัจจุบันระบบงานของสำนักอำนวยความปลอดภัย มีการออกแบบและพัฒนาระบบเครือข่ายเดียวกันโดยประกอบด้วย 5 ระบบ ได้แก่

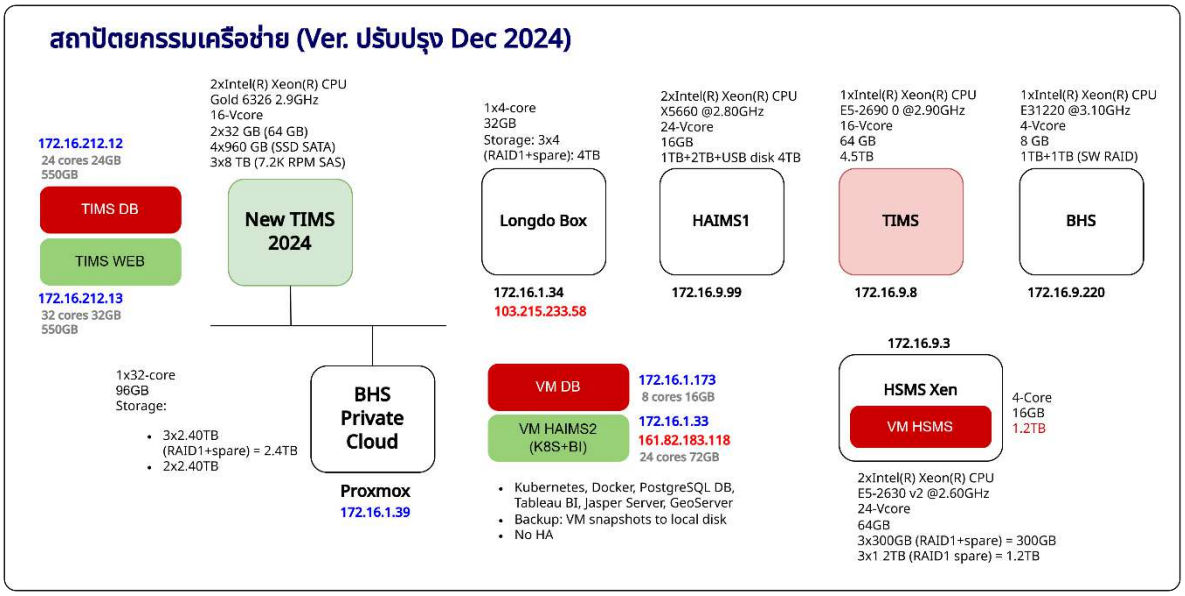
1) เว็บไซต์สำนักอำนวยความปลอดภัย (BHS)
2) ระบบสารสนเทศอุบัติเหตุบนทางหลวง (HAIMS)
3) ระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนน (HSMS)
4) ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS)
5) ระบบให้บริการแผนที่ Longdo Box

ระบบต่าง ๆ ติดตั้งอยู่บนเครื่องให้บริการจำนวน 6 ตัว โดยมีแผนภาพสถาปัตยกรรมเครือข่าย ณ ปัจจุบัน แสดงดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 สถาปัตยกรรมเครือข่ายของระบบของสำนักอำนวยความปลอดภัย

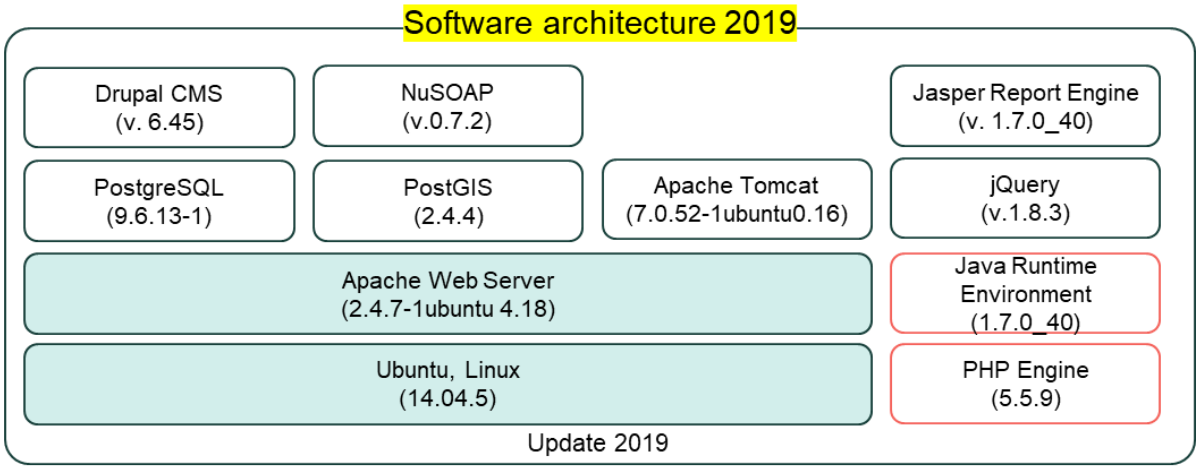
ที่ปรึกษาได้มีการศึกษาเทคโนโลยีใหม่มาใช้ในการบริหารจัดการระบบเบื้องต้น เพื่อรองรับการใช้งานและการพัฒนาระบบเพื่อความสะดวกและปลอดภัยเป็นมาตรฐานสากล เช่น Docker Container เพื่อความสะดวกในการเพิ่มจำนวนเครื่องให้บริการ และบริหารจัดการ รวมถึงการรองรับScale Out เพิ่มความสามารถในการรับโหลดของระบบในอนาคต โดยการเพิ่มจำนวนเครื่องให้บริการโดยในโครงการนี้จะมีการจัดหาเครื่องให้บริการเพิ่มอีก 1 เครื่อง และนำเข้าสู่ระบบ BHS Private Cloud ตามภาพสถาปัตยกรรมใหม่ด้านล่าง จัดเป็นสถาปัตยกรรมแบบ Private Cloud ที่ยังไม่สมบูรณ์ (หากจะให้สมบูรณ์ต้องมีเครื่องให้บริการที่มีอุปกรณ์ SSD Storage และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน จำนวนอย่างน้อย 3 เครื่อง พร้อมการตั้งค่าระบบ HA (High availability) และการใช้ Distributed Storage เช่น CEPH) ดังแสดงรูปที่ 2-3 ในส่วนของซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ในระบบให้บริการจะมีการปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 2-5



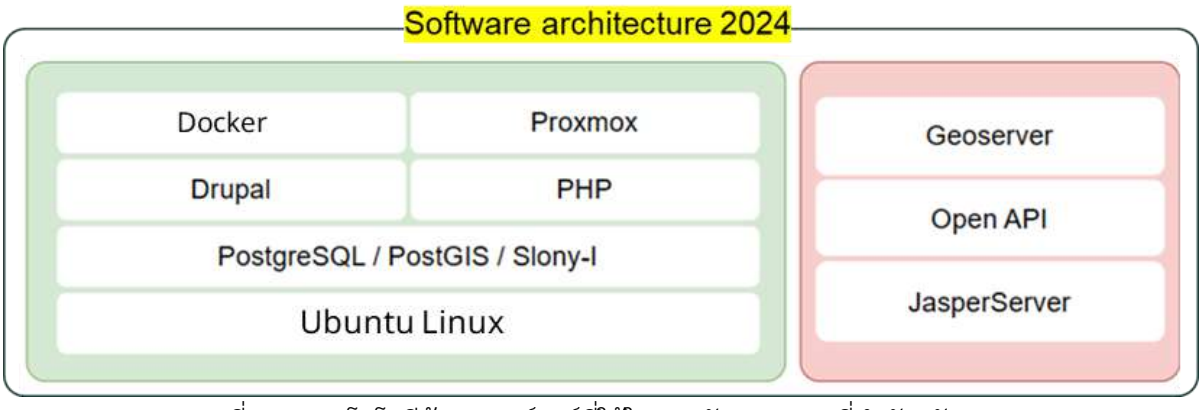
รูปที่ 2-3 สถาปัตยกรรมเครือข่ายของระบบของสำนักอำนวยความปลอดภัยที่จะปรับปรุงในโครงการ

ตารางที่ 2-5 เปรียบเทียบคุณสมบัติมาตรฐานของระบบ ข้อมูล และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่จะใช้ในโครงการฯ

ปรับปรุงปี 2019		ที่จะปรับปรุงปี 2024		
Software	**Version**	**Software**	**Version**	**Remark**
Drupal CMS	6.45	Drupal CMS	7	เป็นโปรแกรมบริหารและแสดงข้อมูลภายในเว็บทั้งหมด ปรับปรุงไปใช้รุ่นใหม่ที่สุดเท่าที่จะทำได้
Ubuntu Linux	14.04.5	Ubuntu Linux	22.04 LTS หรือ 24.04 LTS	ระบบปฏิบัติการ อัปเกรดให้เป็นรุ่น LTS ล่าสุดที่เหมาะสม
Apache Web Server	2.4.7 Ubuntu 4.18	Apache หรือ Nginx	2.4 หรือ 1.18+	เป็นโปรแกรมแม่ข่ายเว็บ สำหรับรับคำสั่งเว็บพื้นฐาน
PostgreSQL	9.6.13-1. pgdg14.04+1	PostgreSQL	9.6 และ 14	ยังไม่สามารถย้ายข้อมูลทั้งหมดไปอยู่ในฐานข้อมูลรุ่นใหม่ได้ เนื่องจากต้องทำพร้อมกับระบบ HRIS และ Roadnet แต่อาจแยกข้อมูลในระบบบางส่วนให้ไปใช้อยู่บน PostgreSQL 14 หรือรุ่นล่าสุด
PostGIS	2.4.4+dfsg-4.pgdg14.04+1	PostGIS	2.4.4 และ 3.2	ฟังก์ชันเสริมด้านการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบฐานข้อมูล
PHP Engine	5.5.9+dfsg-1 ubuntu 4.29	PHP	8	ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน ปรับปรุงไปใช้รุ่นใหม่ที่สุดเท่าที่จะทำได้
Java Runtime Environment	1.7.0_40 Update 21	Java Runtime Environment	1.8.0	ระบบพื้นฐานเพื่อรองรับการใช้ภาษา Java ใน Report Server
Apache Tomcat	7.0.52-1 ubuntu 0.16	Apache Tomcat	9	ประมวลผลคำสั่งเป็นระบบพื้นฐาน ที่รองรับการทำงานของระบบย่อยอื่น ๆ
Jasper Report Engine	1.7.0_40	JasperServer	6.19 หรือ 7.5	ซอฟต์แวร์สำหรับสร้างรายงาน
-	-	Proxmox	7	Virtual Environment
-	-	Docker	24	ปรับระบบ TIMS ให้ติดตั้งอยู่บนระบบ Container Technology (โดยใช้ซอฟต์แวร์ Docker เป็นตัวบริหารจัดการ)
NuSOAP	0.7.2	-	-	เป็นระบบพื้นฐานในการเชื่อมต่อระหว่างระบบผ่าน SOAP Web Service ซึ่งเป็นมาตรฐานในการสื่อสารระหว่างระบบรูปแบบหนึ่งภายในเครือข่าย



รูปที่ 2-4 เทคโนโลยีด้านซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ณ ปัจจุบัน



รูปที่ 2-5 เทคโนโลยีด้านซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบที่กำลังปรับปรุง

2.3 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network System) ที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) พร้อมเสนอแนะแนวทางการพัฒนาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network System) เพื่อให้ระบบมีความพร้อมสำหรับการใช้งานข้อมูลสารสนเทศจราจรที่เกี่ยวข้องโดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.3.1 วิเคราะห์ปริมาณการใช้งานระบบเครือข่าย ที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ในปัจจุบัน

1) ตรวจสอบจำนวนผู้ใช้งานที่เข้าใช้งานระบบในช่วงที่ผ่านมาเพื่อประเมินการใช้งาน

ผลการตรวจสอบจำนวนผู้ใช้งานระบบในช่วงที่ผ่านมา

- จำนวนผู้ใช้งานระบบ (User Account) ณ ปัจจุบัน 967 บัญชี
- จำนวนผู้ใช้งานระบบ (User Account) ที่เข้าใช้งานจริง 945 บัญชี
- สรุปการใช้งานจำแนกรายเดือน ของปี 2567 โดยนับจากการ Login และคลิกเมนูต่าง ๆ บนหน้าระบบ (Transection) มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2-6 ตารางสรุปการใช้งานจำแนกรายเดือนของปี พ.ศ. 2567 เรียงตามจำนวนผู้ใช้งานมากที่สุด

เดือน	จำนวนการใช้งาน (ครั้ง)
กรกฎาคม 2567	5,604
พฤษภาคม 2567	5,286
สิงหาคม 2567	4,994
มิถุนายน 2567	3,531
กันยายน 2567	2,307
เมษายน 2567	2,066
มีนาคม 2567	1,565
มกราคม 2567	945
กุมภาพันธ์ 2567	870

2) ทำการทดสอบปริมาณการรองรับการใช้งานของระบบในปัจจุบันว่าสามารถรองรับได้เท่าไหร่ โดยใช้ concurrent test หรือ Load Test เพื่อประมาณการการพัฒนาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ให้เพียงพอกับการใช้งาน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้งานระบบเครือข่าย

- ระบบในปัจจุบันสามารถรองรับการใช้งานได้ที่ 77 Request/Sec
- ในการเรียกใช้งาน 1 ครั้งใช้เวลาเฉลี่ย 2572.81 millisecond
- การถ่ายโอนข้อมูลเฉลี่ย 323.23 Kbytes/Sec

```
Server Software:        Apache/2.4.7
Server Hostname:        tims.doh.go.th
Server Port:            443
SSL/TLS Protocol:       TLSv1.2,ECDHE-RSA-AES128-GCM-SHA256,4096,128

Document Path:          /
Document Length:        3662 bytes

Concurrency Level:      200
Time taken for tests:   25.729 seconds
Complete requests:      2000
Failed requests:        0
Non-2xx responses:      2000
Total transferred:      8516000 bytes
HTML transferred:       7324000 bytes
Requests per second:    77.73 [#/sec] (mean)
Time per request:       2572.894 [ms] (mean)
Time per request:       12.864 [ms] (mean, across all concurrent requests)
Transfer rate:          323.23 [Kbytes/sec] received

Connection Times (ms)
              min  mean[+/-sd] median   max
Connect:       35 1403 1240.4   1231    8919
Processing:    94 1095 677.2   1027    4188
Waiting:       94 1092 675.0   1024    4188
Total:        301 2498 1292.9   2285   10757

Percentage of the requests served within a certain time (ms)
  50%   2285
  66%   2572
  75%   2792
  80%   2999
  90%   3461
  95%   4057
  98%   8628
  99%   9184
 100%  10757 (longest request)
```

รูปที่ 2-6 ตัวอย่างผลการทดสอบ Concurrent Test

ในการคำนวณ Concurrent User ของระบบสำหรับระบบที่มีผู้ใช้งานทั้งหมด 967 คน ควรประเมินจำนวน Concurrent Users ประมาณ 10% - 30% ของผู้ใช้ทั้งหมดขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบ เช่น ระบบที่มีการใช้งานแบบต่อเนื่องหรือระบบที่มีการเข้ามาใช้งานสั้น ๆ ดังนั้น หากมีผู้ใช้งานทั้งหมด 967 คน

- 10% ของ 967 คน = ประมาณ 97 คน (ในกรณีที่การใช้งานพร้อมกันต่ำ)
- 20% ของ 967 คน = ประมาณ 193 คน (ในกรณีที่การใช้งานพร้อมกันปานกลาง)
- 30% ของ 967 คน = ประมาณ 290 คน (ในกรณีที่มีการใช้งานพร้อมกันสูง)

ในส่วนของ Requests per Second (RPS) หรือการตอบสนองต่อการเรียกใช้งานของ User (Request) ใน 1 วินาทีไม่ว่าจะเป็นการดึงข้อมูล การส่งข้อมูล หรือการทำงานอื่น ๆ ผ่าน HTTP, API หรือคำสั่งอื่น ๆ ที่ส่งผ่านระบบ ยิ่ง RPS สูงขึ้นเท่าไหร่ ระบบก็สามารถรองรับผู้ใช้งานพร้อมกันได้มากขึ้น ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้งานระบบเครือข่ายดังกล่าว พบว่า ความสามารถในการรองรับการใช้งานในปัจจุบันสามารถรองรับการใช้งานได้ Concurrent User ที่ 200 User อยู่ที่ 77 Request Per Second คำนวณได้จาก

$$Average\ Response\ Time\ = \frac{RPS}{Concurrent\ Users}$$

จากสูตรการคำนวณค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองที่ได้จากการคำนวณคือ 2.6 วินาที ซึ่งหมายความว่าถ้าระบบของคุณสามารถตอบสนองคำร้อง (request) ได้ภายในเวลา 2.6 วินาที หรือเร็วกว่านั้น ระบบควรจะสามารถรองรับผู้ใช้พร้อมกัน 200 คน ได้ที่ RPS 77 โดยไม่มีปัญหาจากค่าเฉลี่ยการตอบสนองของระบบ (Average Response Time) ในการเรียกใช้งานระบบ 1 ครั้งใช้เวลาเฉลี่ย 2572.81 millisecond (หรือประมาณ 2.57 วินาที) ถือว่ายังสามารถใช้งานได้อยู่ แต่อย่างไรก็ตามหากระบบมีคำร้องที่ซับซ้อน หรือมีช่วงเวลาที่มีการใช้งานหนาแน่น ควรทำการทดสอบประสิทธิภาพ เพื่อวิเคราะห์ว่าระบบสามารถรองรับปริมาณการใช้งานนี้ได้หรือไม่

ข้อควรพิจารณาเพิ่มเติม

1. **ความซับซ้อนของคำร้อง (Request Complexity)**: ถ้าคำร้องที่ส่งไปยังระบบมีความซับซ้อน เช่น ต้องประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก การคิวรี่ ฐานข้อมูล (Query Database) หรือการโหลดไฟล์ขนาดใหญ่ เวลาตอบสนองอาจจะมากกว่า 2.6 วินาที ซึ่งทำให้ RPS 77 ไม่เพียงพอสำหรับ 200 Users
2. **Peak Time**: ในช่วงเวลาที่มีการใช้งานระบบสูงสุด (Peak Load) ระบบอาจมี RPS สูงขึ้นกว่าปกติ คุณควรตรวจสอบว่าช่วงเวลาที่มีผู้ใช้งานพร้อมกันมากที่สุดนั้นสามารถรองรับได้หรือไม่

3. **Latency ของเครือข่าย**: ความหน่วงของเครือข่ายอาจส่งผลต่อเวลาในการตอบสนอง และอาจทำให้ RPS 77 ไม่เพียงพอในกรณีที่เครือข่ายช้าหรือมีการหน่วงเวลาที่สูง
4. **การทดสอบระบบ (Performance Testing)**: การคำนวณเบื้องต้นนี้เป็นการประเมินตามทฤษฎี ควรทำการทดสอบ Performance Testing เพื่อดูว่าระบบสามารถรองรับผู้ใช้งานพร้อมกันได้จริงหรือไม่

อัตราความเร็วที่ระบบสามารถส่งหรือรับข้อมูลได้ใน 1 วินาที การถ่ายโอนข้อมูลเฉลี่ย 323.23 Kbytes/Sec หรือ 18.94 MB/min หรือ 1.11 GB/hour ซึ่งอาจเพียงพอต่อการใช้งานในปัจจุบัน แต่กรณีระบบใหม่ที่มีการเพิ่มฟังก์ชันการคำนวณปริมาณจราจร โดยการอัปโหลดวิดีโอบนระบบอาจไม่เพียงพอ ซึ่งการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอัปโหลดข้อมูล สามารถคำนวณได้ดังนี้

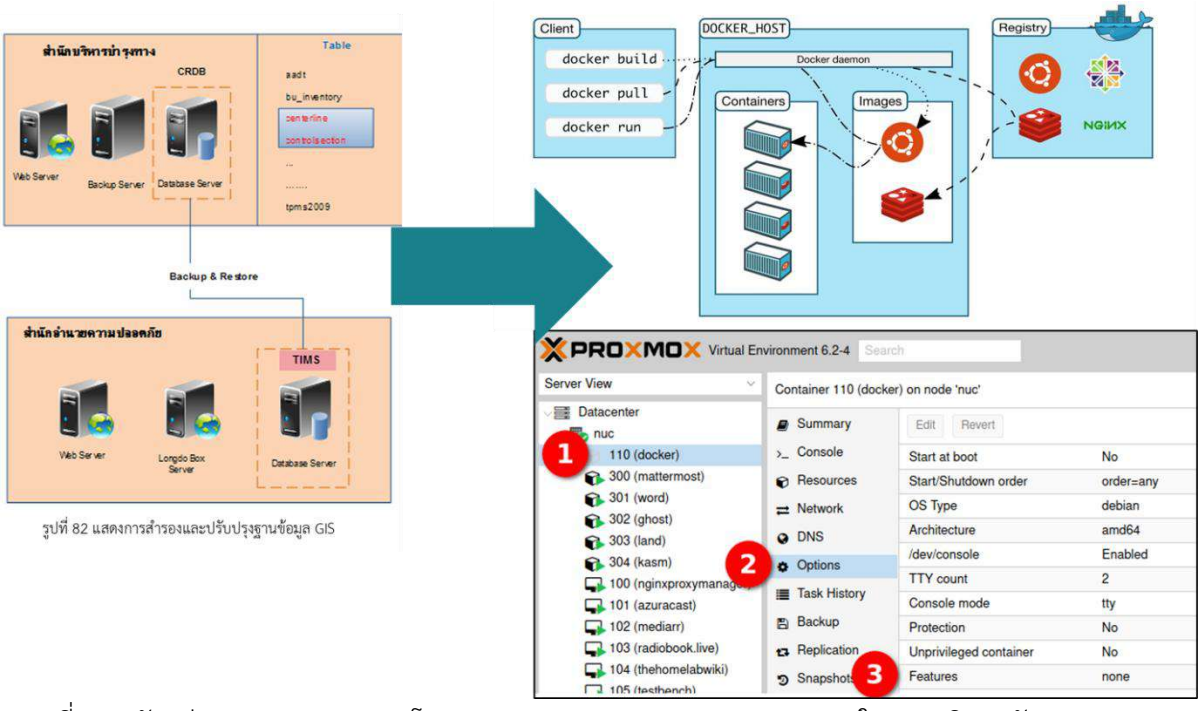
$$\text{เวลาในการถ่ายโอนต่อวินาที} = \frac{\text{อัตราการถ่ายโอน } (MBps)}{\text{ขนาดไฟล์ } (MB)}$$

กรณีไฟล์ขนาด 500 MB สามารถคำนวณเวลาที่ใช้ในการถ่ายโอน 317 วินาที หรือ 5.28 นาที โดยประมาณ

2.3.2 นำเสนอแนวทางการปรับปรุงระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เพื่อการให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์ ตามหัวข้อที่ 2.1.1 - 2.1.2 และ ข้อที่ 2.1.3.1 เพื่อให้สามารถรองรับรูปแบบการทำงาน และการให้บริการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบที่พัฒนาขึ้นจะประกอบด้วย เครื่องแม่ข่าย ติดตั้งซอฟต์แวร์ Proxmox Virtual Environment (https://www.proxmox.com/) เพื่อสร้างเป็น Private Cloud โดยระบบที่ออกแบบมีโครงสร้างและรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) Kubernetes เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการ Container เพื่อความสะดวกในการเพิ่มจำนวนเครื่องให้บริการ และบริหารจัดการ และรองรับ การ Scale Out เพิ่มความสามารถในการรองรับการใช้งานของระบบ โดยการเพิ่มจำนวนเครื่องให้บริการ โดยระบบให้บริการจะถูกบรรจุใส่เข้าไปใน Container และช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง
2) Proxmox เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับจัดการ Virtual Machine (VM) ในระดับ Bare Metal ซึ่งเป็นระบบที่มีความเสถียรสูง
3) Web server สำหรับแสดงเว็บใช้ซอฟต์แวร์ Nginx และ PHP
4) Map server สำหรับแสดงข้อมูลบนแผนที่ใช้ซอฟต์แวร์ GeoServer
5) Report server สำหรับออกรายงานใช้ซอฟต์แวร์ Jasper Server
6) การพัฒนาหน้า Dashboard โดยใช้ซอฟต์แวร์ Data Visualizer



รูปที่ 82 แสดงการสำรองและปรับปรุงฐานข้อมูล GIS

รูปที่ 2-7 ตัวอย่าง Private Cloud โดย Proxmox Virtual Environment ในการบริหารจัดการ Server

โดย Proxmox Virtual Environment เป็น Hypervisor และ Platform ในการจัดการ Virtual Machine และ Container โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- ความยืดหยุ่นและความเข้ากันได้กับสถาปัตยกรรมต่างๆ รองรับการทำงานบนเซิร์ฟเวอร์ทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นระบบที่ใช้ CPU ของ Intel หรือ AMD และสามารถจัดการกับคอนเทนเนอร์ (LXC) และเครื่องเสมือน (KVM) ได้ในแพลตฟอร์มเดียวกัน ซึ่งให้ความยืดหยุ่นในการจัดการโหลดงานและการใช้งานทรัพยากร
- การบริหารจัดการผ่านเว็บอินเตอร์เฟสที่ใช้งานง่าย ช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการเซิร์ฟเวอร์เสมือน คอนเทนเนอร์ เครือข่าย และการจัดเก็บข้อมูลได้จากทุกที่ที่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต
- มีระบบคลัสเตอร์และการกู้คืนภายใต้ภาวะฉุกเฉิน รองรับการสร้างคลัสเตอร์ของเซิร์ฟเวอร์เพื่อการจัดการและการกู้คืนที่ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติการสำรองข้อมูลและการกู้คืน การทำซ้ำข้อมูลแบบเรียลไทม์ และการสนับสนุนการกู้คืนภายใต้ภาวะฉุกเฉิน
- คุณสมบัติการจัดการทรัพยากรอย่างละเอียดโดยผู้ดูแลระบบสามารถจัดสรรทรัพยากร เช่น CPU หน่วยความจำ และการจัดเก็บข้อมูลให้กับเครื่องเสมือนและคอนเทนเนอร์ได้อย่างละเอียด รวมถึงการกำหนดความสำคัญของ CPU และการจำกัดการใช้งานทรัพยากร Resource Manager

- รองรับการทำงานแบบ High Availability (HA) และ Clustering ที่ช่วยให้เซิร์ฟเวอร์เสมือนและคอนเทนเนอร์สามารถย้ายไปยังโฮสต์อื่นในคลัสเตอร์โดยอัตโนมัติหากเกิดข้อผิดพลาด เพื่อให้บริการไม่ถูกหยุดชะงัก เช่นการทำ Live Migration โดยไม่มี Downtime เลยในการย้าย VM ข้าม host ได้
- การสนับสนุนการทำงานแบบ Open Source และคอมมิวนิตี้ ด้วยฐานะของโปรแกรมโอเพนซอร์ส Proxmox มีคอมมิวนิตี้ที่ให้การสนับสนุนและการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการปรับปรุงและอัปเดตคุณสมบัติใหม่ๆ อย่างสม่ำเสมอ
- การรองรับการเชื่อมต่อเครือข่ายและการจัดเก็บข้อมูล สนับสนุนการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบหลากหลายและการจัดเก็บข้อมูลผ่าน SAN NAS การจัดเก็บข้อมูลแบบ Local รวมถึง Ceph และ ZFS ซึ่งเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดเก็บข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูล ไม่ว่าท่านจะเชื่อมต่อแบบไหนก็รองรับ iSCSI NFS ก็ไม่ใช่ปัญหาในการเข้าถึง Storage ทั้ง Proprietary และ Opensource
- การมี Backup Solution ที่สนับสนุน ทั้ง Vinchin และ Proxmox Backup Server เองที่สนับสนุนการสำรองข้อมูลบน Proxmox VE ผู้ผลิตซอฟต์แวร์อีกหลายแห่งอยู่ในขั้นทดสอบและพัฒนาระบบสำรองข้อมูลเพื่อมาใช้กับ Proxmox ย่อมเป็นเครื่องการันตี Proxmox นั้น จะสามารถใช้ใน Enterprise ได้อย่างแน่นอน

2.3.3 ศึกษาและออกแบบระบบให้บริการข้อมูลแก่หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องภายในกรมทางหลวงให้สามารถใช้งานข้อมูลจากระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องตามมาตรฐานข้อมูลของกรมทางหลวง

การพัฒนาแอปพลิเคชัน ให้ได้อย่างรวดเร็วนั้น หลายหน่วยงานให้ความสำคัญในการใช้ Application Programming Interface หรือเรียกโดยย่อว่า API ซึ่ง API นี้ คือ ช่องทางการเชื่อมต่อไปยังเว็บไซต์ของผู้ให้บริการ API จากที่อื่นเป็นตัวกลางที่ทำให้โปรแกรมประยุกต์สามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรมประยุกต์อื่นได้ โดยชนิดของ API แบ่งเป็น

1) API ที่ขึ้นกับภาษา (language-dependent API) คือ API ที่สามารถเรียกใช้จากโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษาเพียงภาษาใดภาษาหนึ่ง
2) API ไม่ขึ้นกับภาษา (language-independent API) คือ API ที่สามารถเรียกได้จากโปรแกรมหลาย ๆ ภาษา

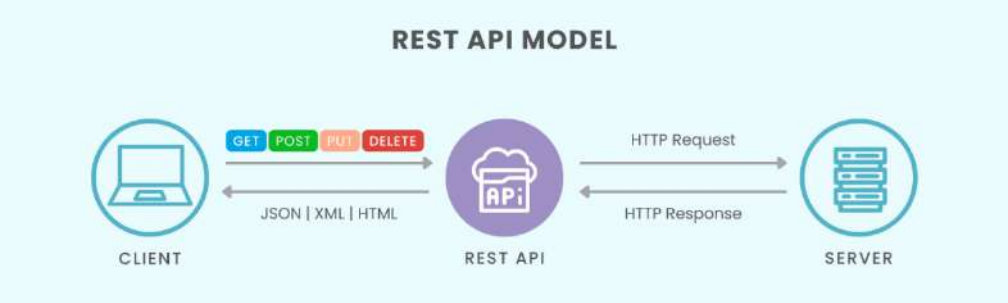
API ถือเป็นกลุ่มของฟังก์ชัน ขั้นตอน หรือคลาสที่ระบบปฏิบัติการ (Operation System) หรือผู้ให้บริการสร้างขึ้นมา เพื่อรองรับการเรียกขอข้อมูลจากโปรแกรมอื่น ๆ ทั้งนี้ API สามารถใช้งานได้กับภาษาในการเขียนโปรแกรมที่รองรับเท่านั้น ซึ่งมันจะถูกจัดทำให้อยู่ในรูปแบบ (Syntax) หรือ Element ที่สามารถนำไปใช้ได้อย่างสะดวกสบาย โดยเครื่องมือสำหรับบริการ API ก็มีความแตกต่างกันออกไป ดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 เครื่องมือสำหรับบริการ API

รูปแบบ	การให้บริการ	การออกแบบ	โปรโตคอล	รูปแบบข้อมูล	ประสิทธิภาพ
SOAP API	เป็นโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารระหว่าง Application	API เปิดเผยการดำเนินงาน	เป็นอิสระและสามารถทำงานร่วมกับโปรโตคอลการขนส่งได้	สนับสนุนการแลกเปลี่ยนข้อมูล XML เท่านั้น	มีขนาดใหญ่ซึ่งจะทำให้การสื่อสารช้าลง
REST API	เป็นรูปแบบสถาปัตยกรรมสำหรับการออกแบบ Interface	API เปิดเผยข้อมูล	HTTP 1.1	สนับสนุน XML, JSON, ข้อความธรรมดา, HTML	มีประสิทธิภาพการทำงานที่เร็วเนื่องจากข้อความที่มีขนาดเล็กและรองรับ Cache
gRPC API	ระบบการสร้างและใช้ API ใช้โมเดลการสื่อสารระหว่าง Client Server สำหรับการเรียกใช้กระบวนการระยะไกล	เน้นการบริการ Client	Protocol Buffer และ HTTP 2	สื่อสารผ่าน Binary ตามที่กำหนดไว้ในไฟล์ Protocol Buffer	ระบบประสิทธิภาพสูงโหลดข้อมูลสูงแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์หรือการสตรีม
GraphQL API	ภาษาสำหรับการเข้าถึงข้อมูล (Query Language) เพื่อการใช้งาน API ของระบบและจะประมวลผลคำสั่งที่ฝั่ง Server	เป็น API ภาษาการสืบค้น	HTTP	สนับสนุน XML, JSON, ข้อความธรรมดา, HTML	ประมวลผลข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ แต่รองรับข้อมูลรูปแบบไฟล์ได้น้อย

สำหรับการออกแบบระบบให้บริการข้อมูลแก่หน่วยงานต่าง ที่ปรึกษาได้ประยุกต์ใช้ REST API (Representational State Transfer) ซึ่งเป็นรูปแบบการส่งข้อมูลระหว่าง Server-Client รูปแบบหนึ่งซึ่ง อยู่บนพื้นฐานของ HTTP Protocol เป็นการสร้าง Web Service เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านApplication วิธีหนึ่ง ซึ่งส่งข้อมูลได้หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น Text XML JSON หรือส่งมาเป็นหน้า HTML แต่ส่วนใหญ่แล้วจะเลือกชนิด JSON ซึ่งรองรับได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็น Browser หรือ Mobile และยังสามารถใช้งานร่วมกับ Web Service ประเภทอื่น ๆ ได้อีก เพียงทราบ URL ก็สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลได้ Method ที่ใช้ในการเรียกดูข้อมูล ได้แก่

- GET — R(etrieve) เรียกดูข้อมูล
- POST — C(reate) เพิ่มข้อมูล
- PUT — U(pdate) แก้ไขข้อมูล
- DELETE — D(elete) ลบข้อมูล



ที่มา : https://www.skiplevel.co/blog/part-2-rest-api-components-how-to-read-them

รูปที่ 2-8 การทำงานของ REST API MODEL

OpenAPI Specification (OAS) เป็น Open source ที่ออกแบบกลไกให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผล Specification ของ REST API ได้ มีชื่อเดิมคือ Swagger Specification ถูกพัฒนาในปี 2011 OAS เป็นรูปแบบหนึ่งของการกำหนดค่า API ที่ใช้ภาษา YAML หรือ JSON เพื่อสร้างคำอธิบายเชิงโครงสร้างของ API ซึ่งรวมถึง

- Paths : ระบุเส้นทาง (endpoints) ของ API
- Methods : ระบุวิธีการ HTTP เช่น GET POST PUT DELETE
- Parameters : ระบุพารามิเตอร์ที่ใช้ใน API
- Responses : รูปแบบและประเภทของข้อมูลที่ส่งกลับจาก API
- Security : ระบุการรักษาความปลอดภัย เช่น OAuth API keys
- Schemas : ระบุรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ใน API โดยใช้ JSON

ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการเผยแพร่ข้อมูลของระบบ TIMS ในรูปแบบ Web Service API

2.4 ศึกษา ทบทวนและวิเคราะห์กระบวนการรวบรวมข้อมูลการจราจร และอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลสำหรับนำเข้าฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) เพื่อวิเคราะห์ถึงปัญหาและข้อจำกัดในการรวบรวมข้อมูลปริมาณจราจร โดยที่ปรึกษาจะต้องเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวง และดำเนินการศึกษา กระบวนการจัดเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมในพื้นที่นำร่องไม่น้อยกว่า 10 จุดสำรวจ เพื่อจัดทำเป็นข้อเสนอแนะในการจัดเก็บข้อมูลการจราจรด้วยเจ้าหน้าที่กรมทางหลวง

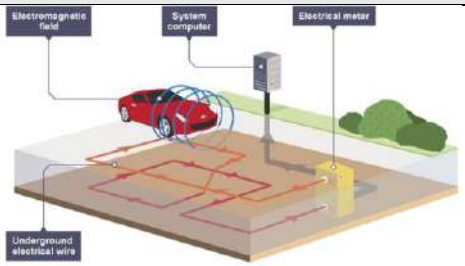
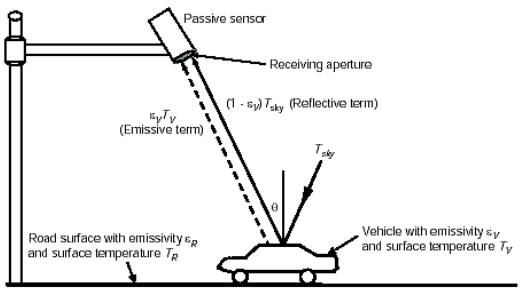
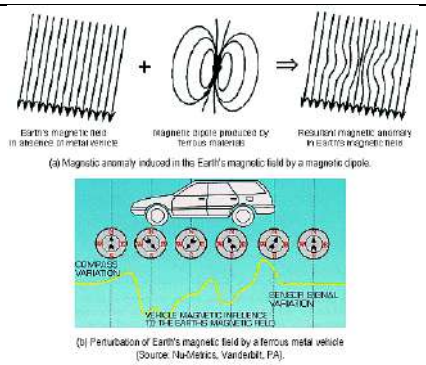
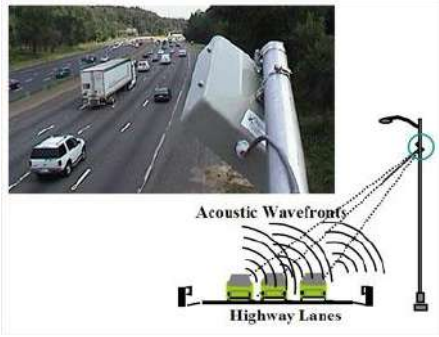
2.4.1 ศึกษาเทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจค่าปริมาณจราจรที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ที่ปรึกษาได้ทำการศึกษา ทบทวนรูปแบบทิศทางการพัฒนาระบบเทคโนโลยีด้านการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ และประมวลผล แสดงข้อมูลจราจรทั้งแบบแสดงข้อมูลในอดีต (Historical Data) และข้อมูลแบบข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน (Current) รวมถึงการศึกษาทบทวนเทคโนโลยีด้านเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลจราจร เซ็นเซอร์ (Sensors) ชนิดต่าง ๆ และเทคนิคสำคัญเบื้องหลัง เช่น Video-Image Processing (VIP) และ Artificial Intelligence (AI) เทคโนโลยีด้านการวิเคราะห์ประมวล และแสดงผลข้อมูลสารสนเทศจราจรและขนส่ง บน Web-Based Applications และ Mobile Applications เทคโนโลยีที่ใช้เก็บข้อมูลจราจรในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ Conventional In-Situ Technologies (CIST) และ Floating Car Data (FCD) โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2-8

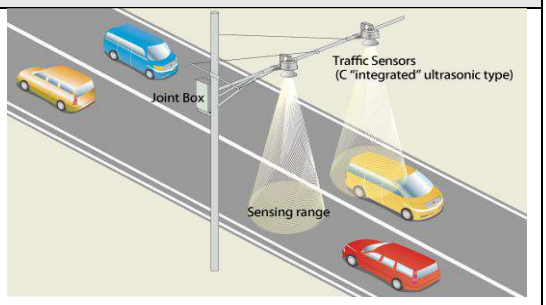
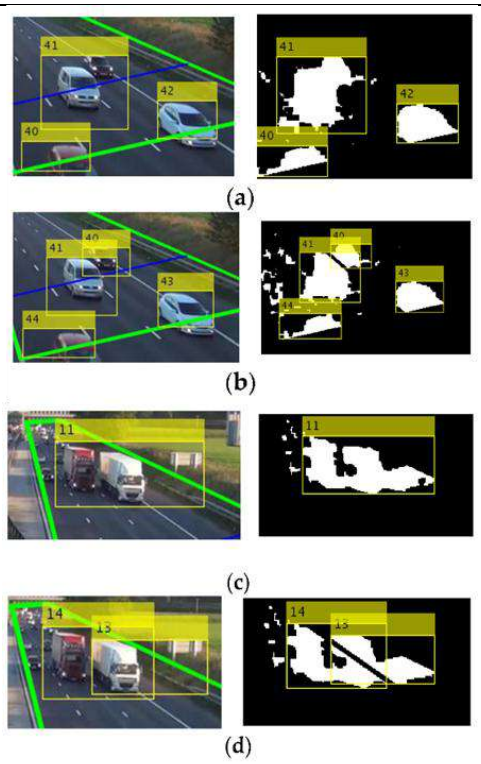
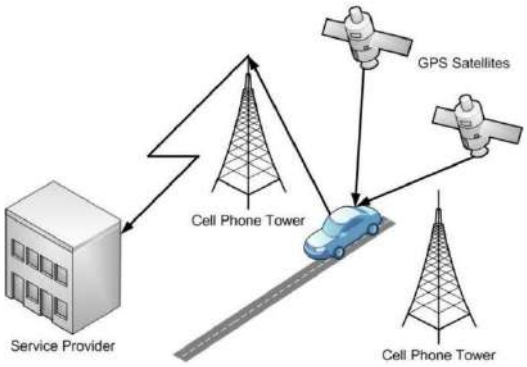
ตารางที่ 2-8 รายละเอียดเทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจค่าปริมาณจราจรที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ลำดับ	คุณสมบัติ	ภาพประกอบ
1. Conventional In-Situ Technologies		
1.1	**Pneumatic Road Tubes** **ข้อดี** : ติดตั้งง่าย **ข้อจำกัด** : เทคโนโลยีนี้ คือ สามารถครอบคลุมจำนวนช่องจราจรได้จำกัด ความแม่นยำขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ อุณหภูมิและสภาพจราจร ไม่เหมาะที่จะใช้นับรถบนถนนที่รถมีการใช้ความเร็วน้อย	
1.2	**Piezoelectric Sensors** **ข้อดี** : สามารถใช้วัดน้ำหนักและความเร็วยานพาหนะได้/นับจำนวนช่องจราจรได้จำกัด ความแม่นยำขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ อุณหภูมิและสภาพจราจร **ข้อจำกัด** : ไม่เหมาะที่จะใช้นับรถบนถนนที่รถมีการใช้ความเร็วน้อย	

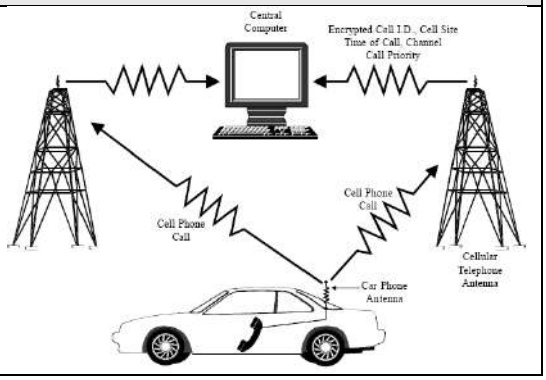
ตารางที่ 2-8 รายละเอียดเทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจค่าปริมาณจราจรที่มีอยู่ในปัจจุบัน (ต่อ)

ลำดับ	คุณสมบัติ	ภาพประกอบ
1.3	Magnetic Loops **ข้อดี** : ข้อมูลที่ได้ มีความแม่นยำค่อนข้างสูง **ข้อจำกัด** : มีอายุการใช้งานไม่ยาวนาน ถ้าถนนช่วงที่ใช้เก็บข้อมูลมีรถบรรทุกหนักวิ่งผ่านทำความเสียหายกับพื้นผิวจราจร ดังนั้น อาจทำให้ค่าดูแลระบบสูงขึ้น	
1.4	Manual Counts **ข้อดี** : สามารถแยกประเภทของยานพาหนะและเก็บปริมาณรถเลี้ยวได้ และนำไปใช้งานได้ในทันที **ข้อจำกัด** : ไม่สามารถทำได้ในระยะเวลานาน หากปริมาณจราจรในช่วงเวลานั้นสูงมาก จะไม่สามารถทำการตรวจสอบได้ และไม่สามารถนับรถได้ในสภาพอากาศแปรปรวน เช่น ฝนตก ลมพัดแรง	
1.5	Active and Passive Infrared Sensors **ข้อดี** : สามารถแยกประเภทของยานพาหนะและเก็บปริมาณรถเลี้ยวได้ และนำไปใช้งานได้ในทันที **ข้อจำกัด** : ไม่สามารถทำได้ในระยะเวลานาน หากปริมาณจราจรในช่วงเวลานั้นสูงมาก จะไม่สามารถทำการตรวจสอบได้ และไม่สามารถนับรถได้ในสภาพอากาศแปรปรวน เช่น ฝนตก ลมพัดแรง	
1.6	Passive Magnetic Sensors **ข้อดี** : สภาพอากาศไม่มีผลกระทบต่อความแม่นยำของข้อมูล สามารถจัดเก็บข้อมูลจำนวนรถ ความเร็ว และประเภทยานพาหนะได้ **ข้อจำกัด** : ข้อมูลจะไม่แม่นยำในกรณีที่ช่องว่างระหว่างรถ (Gap) แคบเกินไป	
1.7	Microwave Radar Sensors **ข้อดี** : สภาพอากาศไม่มีผลกระทบต่อความแม่นยำของข้อมูล การวัดความเร็วโดยตรง การตรวจจับยานพาหนะ **ข้อจำกัด** : Continuous wave (CW) Doppler Sensors ไม่สามารถตรวจจับยานพาหนะที่หยุดได้	

ตารางที่ 2-8 รายละเอียดเทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจค่าปริมาณจราจรที่มีอยู่ในปัจจุบัน (ต่อ)

ลำดับ	คุณสมบัติ	ภาพประกอบ
1.8	Ultrasonic and Passive Acoustic **ข้อดี** : สามารถตรวจจับได้หลายช่องจราจร สามารถตรวจจับยานพาหนะที่มีความสูงเกินได้ **ข้อจำกัด** : เมื่อสภาพอากาศและอุณหภูมิแปรปรวนมีผลต่อประสิทธิ ภาพในการทำงาน ความเร็วมีผลต่อการตรวจจับปริมาณจราจร	
1.9	Video Image Processing (VIP) **ข้อดี** : ตรวจสอบหลายเลนและหลายโซน/เลน การตรวจจับ ง่ายต่อการเพิ่มและแก้ไขโซนการตรวจจับ (Detection Zone) สะดวกในการติดตั้ง สามารถใช้กล้องพกพา ที่มีขนาดเล็กได้สามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งที่ติดตั้งตามความสะดวกของพื้นที่ได้ สามารถใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งอื่น ๆ ได้ **ข้อจำกัด** : การติดตั้งและบำรุงรักษา รวมถึงการทำความสะอาดเลนส์เป็นระยะ เมื่อสภาพอากาศและอุณหภูมิแปรปรวนมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงาน ความเร็วมีผลต่อการตรวจจับปริมาณจราจรอาจมีความคลาดเคลื่อนในเวลากลางคืน เนื่องจากแสงสว่างไม่เพียงพอ ต้องกำหนดความสูงให้เหมาะสม เพื่อให้สามารถจัดเก็บรถที่มีการเคลื่อนที่เร็วได้ และต้องจำกัดมุมมองการมองเห็นของกล้องให้คลอบคุมพื้นที่	
2. Floating Car Data (FCD)		
2.1	GPS-Based method การได้มาซึ่งตำแหน่งดาวเทียม GPS ในอวกาศ จะต้องมีข้อมูลประกอบดาวเทียมอย่างน้อย 2 ตัว **ข้อดี** : จะทำให้อุปกรณ์ GPS ทราบว่า เส้นทางการเดินทางของดาวเทียม GPS แต่ละดวงจะอยู่ ณ ตำแหน่งใด และเมื่อไร **ข้อจำกัด** : ซึ่งเมื่ออุปกรณ์ GPS ทราบเวลาปัจจุบันแล้ว ก็จะใช้เวลาปัจจุบัน ไปคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียม GPS จากข้อมูลวงโคจรได้ และต้นทุนอุปกรณ์สูงเมื่อเทียบกับ FCD based on Cellular Phones	

ตารางที่ 2-8 รายละเอียดเทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจค่าปริมาณจราจรที่มีอยู่ในปัจจุบัน (ต่อ)

ลำดับ	คุณสมบัติ	ภาพประกอบ
2.2	**FCD Cellular Systems (GSM)** การได้มาซึ่งตำแหน่งดาวเทียม GPS โดยการรับสัญญาณจากโทรศัพท์มือถือ **ข้อดี** : สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขวางกว่าทางเลือกอื่นมาก **ข้อจำกัด** : เทคโนโลยีนี้ต้องการขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อน เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่แม่นยำออกมา	

2.4.2 ผลการศึกษาเทคโนโลยีกระบวนการรวบรวมข้อมูล และอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวง

2.4.2.1 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์เทคโนโลยีสำหรับการตรวจจับและนับยานพาหนะอัตโนมัติ

สำหรับการประมวลผลภาพเพื่อตรวจจับวัตถุมีหลากหลายเทคนิค โดยเทคนิคหลัก ๆ ที่นิยมใช้สำหรับการตรวจจับยานพาหนะประกอบไปด้วย You Only Look Once หรือ YOLO Regional Convolutional Neural Network หรือ RCNN และ Single Shot Multi-Box Detector หรือ SSD โดย YOLO คือ โมเดลอัลกอริทึม สำหรับการเรียนรู้เชิงลึกที่นิยมใช้สำหรับการตรวจจับวัตถุในภาพถ่าย ส่วน RCNN จะใช้ Selective Search เพื่อระบุขอบเขตที่เป็นไปได้ของวัตถุ จากนั้นใช้ Convolutional Neural Network (CNN) เพื่อจำแนกวัตถุเหล่านั้น SSD เกิดจากการรวมแนวคิดของ YOLO และ RCNN โดยใช้กล่องขนาดต่าง ๆ เพื่อทำนายตำแหน่งและประเภทของวัตถุในภาพ

งานวิจัยก่อนหน้าสำหรับระบบอัจฉริยะการคัดแยกประเภทและการนับรถมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องสามารถดูสรุปงานวิจัยได้ โดยมีงานวิจัยที่นำเทคนิค YOLO มาใช้ในการตรวจจับวัตถุมากมาย ในปี 2023 งานวิจัยที่จัดทำโดย Premaratne และคณะ ได้นำเทคนิค YOLO เวอร์ชัน 5 (YOLOv5) มาใช้ในการตรวจจับยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ทั้งกลางวัน และกลางคืน โดยเน้นมุมสูงเป็นหลัก งานวิจัยนี้ได้ทดสอบโมเดลตามสภาพอากาศต่าง ๆ กัน เช่น ฝนตก กลางคืน และกลางคืนที่มืดมาก โดยผลการทดสอบการประมวลผลในเวลากลางวันด้วยโมเดล YOLOv5large จะมีความแม่นยำสูงสุดที่ 99.2% ที่ความเร็วในการตรวจจับ 11.765 เฟรมต่อวินาทีหรือ frame per second (fps) ในสภาพอากาศปกติโมเดล YOLOv5medium สามารถตรวจจับยานพาหนะได้แม่นยำสูงสุดที่ 100% ด้วยความเร็ว 19.608 fps ส่วนในสภาพอากาศฝนตก และเวลากลางคืน

โมเดล YOLOv5nano มีความแม่นยำสูงสุดที่ 34.2% ด้วยความเร็ว 11.628 fps ในสภาพอากาศปกติ Model YOLOv5large สูงสุดที่ 8.9% ที่ความเร็ว 10.87 fps ในสภาพอากาศปกติ เนื่องจากมีแสงน้อย อีกทั้งมีสภาพอากาศรบกวนทำให้ผลลัพธ์ในเวลากลางคืนไม่ดีเท่าที่ควร มีงานวิจัยที่นำโมเดล YOLO มาพัฒนาให้มีความรวดเร็วขึ้น โดยนำเสนอโมเดล LittleYOLO-SPP Click or tap here to enter text. ที่พัฒนาต่อยอดจาก YOLOv3-tiny ให้สามารถทำงานได้รวดเร็ว โดยให้ผลความแม่นยำอยู่ที่ mAP 77.44% ในชุดข้อมูล PASCAL VOC และ 52.95% สำหรับชุดข้อมูล MS COCO โดยสามารถตรวจจับยานพาหนะได้แบบเรียลไทม์ รวมไปถึงการพิจารณาสภาพอากาศที่แปรปรวนในเวลากลางวัน เน้นมุมสูงเป็นหลัก อย่างไรก็ดี งานวิจัยนี้ยังมีจำนวนข้อมูลที่มีผลเฉลยไม่มากทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการตรวจจับยานพาหนะ นอกจากโมเดลกลุ่ม YOLO จะเป็นโมเดลที่ได้รับความนิยมก็ยังมีโมเดลกลุ่มโครงข่ายประสาทคอนโวลูชันเชิงพื้นที่หรือ Region-Convolutional Neural Networks (R-CNN) สามารถตรวจจับยานพาหนะ 3 กลุ่ม ประเภท ได้แก่ รถยนต์ขนาดเล็ก ขนาดใหญ่ และรถบรรทุก โดยสามารถตรวจจับวัตถุได้มากถึง 90% และมีค่าการตรวจจับผิดต่อภาพ (False Positive per Image FPPI) เพียง 0.1 ในวิดีโอที่มีขนาดภาพ 720 x 480 พิกเซล รวมถึงสถานการณ์ที่มีสภาพอากาศแปรปรวน แต่ก็สามารถตรวจจับได้ทั้งมุมกล้องแบบด้านข้างและมุมสูง

งานวิจัยส่วนมากมีการมุ่งเน้นการตรวจจับยานพาหนะโดยเฉพาะในเวลากลางวัน สำหรับเวลากลางคืนยังมีปริมาณน้อย แต่ก็มีความจำเป็นในการติดตามช่วงเวลาเย็นถึงค่ำที่เป็นช่วงเร่งด่วน หรือ กรณีที่เกิดอุบัติเหตุ โดยอัฐพงศ์ สังข์เพ็ชร และคณะใช้เทคนิค YOLOv8 สำหรับการตรวจจับยานพาหนะจำนวน 11 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) รถยนต์โดยสาร (Passenger Car) รถตู้ (Van) รถบรรทุกขนาดเล็ก (Light Truck) รถบรรทุกขนาดกลาง (Medium Truck) และรถบรรทุกขนาดใหญ่ (Heavy Truck) รถโดยสารประจำทางขนาดเล็ก (Light Bus) รถโดยสารประจำทางขนาดกลาง (Medium Bus) รถโดยสารประจำทางขนาดใหญ่ (Heavy Bus) รถกึ่งเทรลเลอร์ (Semi-Trailer) และรถเทรลเลอร์ (Full-Trailer) สำหรับทั้งกลางวันและกลางคืน มีรูปภาพทั้งหมด 3,000 รูป และติดตามวัตถุโดยใช้เทคนิค ByteTrack และ BoT-SORT โดยมีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) ในกลางคืนที่ 104 และ 118 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เพราะการบันทึกด้วยกล้อง 720p ทำให้ไฟหน้าบดบังรูปลักษณ์ของรถ

นอกจากการตรวจจับวัตถุด้วยเทคนิค YOLO โมเดลกลุ่ม R-CNN และ SSD ก็ได้รับความนิยมในงานวิจัยการตรวจจับยานพาหนะเวลากลางคืนเช่นกัน โดย Miao และคณะได้มีการใช้เทคนิค Faster CNN และ SSD สำหรับการตรวจจับยานพาหนะในเวลากลางคืน โดยมีการใช้รูปภาพทั้งหมด 1,760 รูป ซึ่งได้ค่าความแม่นยำเฉลี่ย (AP) 0.9045 และ 0.8752 ตามลำดับ รวมไปถึง Leung และคณะได้ใช้เทคนิค Faster CNN สำหรับการตรวจจับยานพาหนะในเวลากลางคืนทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ รถจักรยาน รถบัส รถยนต์ และรถจักรยานยนต์ โดยมีขนาดรูปภาพ 500 × 375 พิกเซล ทั้งหมด 9,003 รูป ซึ่งได้ค่าความแม่นยำเฉลี่ย (AP) 0.8497

อีกทั้งการตรวจจับรถยนต์ในเวลากลางคืนยังมีการนำเอาเทคนิค GAN เข้ามาใช้ร่วมด้วย โดย GAN จะทำหน้าที่เพิ่มตัวอย่างของรูปภาพในเวลากลางคืนสำหรับการเทรนโมเดล โดยใช้การแปลงภาพจากกลางวันให้กลายเป็นกลางคืน ขณะที่สามารถใช้ผลเฉลยเดียวกับภาพกลางวัน ทำให้งานวิจัย Willy Liew และคณะที่ตรวจจับรถยนต์ 9 ประเภท ได้ผลค่าเฉลี่ยของความแม่นยำอยู่ที่ mAP เป็น 96.47% สำหรับการตรวจจับรถยนต์ และมีความแม่นยำเฉลี่ย (AP) อยู่ที่ 96.47% สำหรับการนับรถยนต์เฉลี่ย 9 ประเภท จากการใช้เทคนิค YOLOv3 DarkNet-53 และ CycleGAN ตามลำดับ รวมทั้งงานวิจัยของ Ploykaew และคณะที่ใช้เทคนิค AU-GAN ROI YOLOX และ ByteTrack ได้ผลความแม่นยำอยู่ที่ mAP เป็น 79.7% สำหรับการตรวจจับรถยนต์ และมีค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ (MAPE) อยู่ที่ 41% สำหรับการนับรถยนต์

สำหรับการติดตามวัตถุส่วนใหญ่ในงานวิจัยจะใช้ ByteTrack ซึ่งเป็นโมเดลสำหรับติดตามหลายวัตถุ (MOT: Multi-Object Tracking) โดยนำความเชื่อมั่นที่ได้จาก Object Detector มาใช้งานในการติดตามวัตถุ โดยที่ ByteTrack จะใช้งานทั้งวัตถุที่มีคะแนนความเชื่อมั่นทั้งสูงและต่ำพร้อมกัน เพื่อใช้ในกรณีที่วัตถุถูกบดบัง (Occlusion) แล้วส่งผลให้คะแนนความเชื่อมั่นของวัตถุนั้นที่ลดต่ำลง ยกตัวอย่างเช่น Kuntintara และคณะได้ใช้เทคนิค ROI YOLOX และ ByteTrack สำหรับการตรวจจับยานพาหนะจำนวน 6 ประเภท ได้แก่ รถโดยสารประจำทาง (Bus) รถยนต์โดยสาร (Car) รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) รถตู้ (Van) รถบรรทุก (Truck) และรถปิคอัพ (Pickup Cars) โดยติดตามวัตถุโดยใช้เทคนิค ByteTrack โดยมีความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ในกลางวันที่ 76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการทบทวนเทคโนโลยีการตรวจจับ การติดตาม และการปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดล จากงานวิจัยต่าง ๆ ดังตารางที่ 2-9 จะเห็นได้ว่าในงานวิจัยด้านการตรวจจับและนับจำนวนพาหนะ ยังคงเหลือความท้าทายมากมายในการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง เช่น สภาพแสงและสภาพอากาศที่แตกต่างกัน ความหนาแน่นของยานพาหนะบนท้องถนน ความเร็วและลักษณะการเคลื่อนตัวของยานพาหนะ เป็นต้น การพัฒนาประสิทธิภาพของการตรวจจับและการติดตาม รวมไปถึงการเพิ่มจำนวนข้อมูลสำหรับการเทรนโมเดลจึงมีความสำคัญ

ตารางที่ 2-9 ตารางสรุปงานวิจัยก่อนหน้าที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกประเภทและนับยานพาหนะ

Authors	Year	D	N	Others	Class	# Scene	Views	Number (instances/images)	Techniques	Accuracy	Speed	Problem and solution
Kuntintara et al. [14]	2022	/			6 classes – Bus, car, motorcycle, pickup, truck, van	1	Top / Side	Top: 426,4925,3128, 2365,116,178 Side: 99,1274,650, 135,11,122	ROI + YOLOX + ByteTrack	DT: Top: mAP 77.2% Side: mAP 58.8% C: 76% MAPE		
Ploykaew et al. [1]	2024		/		6 classes – Bus, car, motorcycle, pickup, truck, van	1	Top	1195,14375,2513, 1238,464,708	AU-GAN for generating day-to-night scenes + ROI + YOLOX + ByteTrack	DT: mAP 79.7% C: 41% MAPE		
ดาตา และคณะ [2]	2024	/			6 classes – Bus, car, motorcycle, pickup, truck, van	> 1	Top + side	16,149 images (75:20:5)	Road Segmentation + ROI + YOLOv8 + ByteTrack using pseudo data	DT: macro F1 score 0.937 C: 28.07% MAPE		
อัฐพงศ์ และคณะ [3]	2023	/	/		11 classes - Motorcycle, Car, Van, Light Truck, Medium Truck, Heavy Truck, Light Bus, Medium Bus, Heavy Bus, Semi-Trailer, Full-Trailer	> 1	Top	3,000 images	YOLOv8 + ByteTrack + Roboflow + OpenCV + BoT-SORT	DT: mAP50 97% mAP50-95 81.7% C: 58.65% MAPE		

*หมายเหตุ : * โดย D คือ งานที่เน้นเวลากลางวัน และ N คือ งานที่เน้นเวลากลางคืน DT คือ ประสิทธิภาพการตรวจจับยานพาหนะและ C คือ ประสิทธิภาพในการนับยานพาหนะ*

ตารางที่ 2-9 ตารางสรุปงานวิจัยก่อนหน้าที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกประเภทและนับยานพาหนะ (ต่อ)

Authors	Year	D	N	Others	Class	# Scene	Views	Number (instances/images)	Techniques	Accuracy	Speed	Problem and solution
Willy Liew et al. [4]	2023		/		9 classes – Car, Big Car, Bus Van, Van, Heavy Truck, Hilux, Light Truck, Taxi, Trailer	> 1	Top	Train 3,761 images, Valid 1493 images	YOLOv3 + Faster- R-CNN + SSD + ByteTrack + DarkNet-53 + CycleGAN	DT: SSD Mobilenet V2 AP 76.73%, SSD ResNet50 AP 77.41%, Faster- R-CNN 77.55% AP, YOLOv3 87.73% AP, C: CycleGAN: 96.47% mAP	13.06 fps (YOLOv3)	Class imbalance in the dataset
Xiaotao Shao, et al [5]	2020		/		10 classes: bus, truck, car, person, train, etc.	1	Car camera view	Train 25,338 images, Valid 3,526 images	YOLOv3 + Faster- R-CNN + SSD + CycleGAN	DT: YOLOv3 AP 85.2%	37.4 fps (YOLOv3)	Low and complex light
Yan Miao, et al [6]	2020	/	/			> 1	Front and rear	1,760 images (Train 1,232 images, Test 1493 images)	YOLOv3 + Faster- R-CNN + SSD + ByteTrack + DarkNet-53	DT: YOLOv3 with DarkNet-53: 87.43% AP	13.06 fps (YOLOv3)	Low and complex light
Ho Kwan Leung, et al [15]	2019	/	/	Extremely dark	7 classes: bicycles, buses, cars, motorbikes, pedestrians, vans, and trucks	> 1	Front and rear	9003 images	Faster R-CNN + VGG16 + ResNet101	DT: 84.97 mAP	16 fps (500 x 375p)	Low and complex light
Jianqiang Wang, et al [23]	2013		/				Rear view (taillights)		ROI + AR model + Adaptive thresholds	DT: 97.472% AP	7.04 fps	Interference from other light sources

*หมายเหตุ : * โดย D คือ งานที่เน้นเวลากลางวัน และ N คือ งานที่เน้นเวลากลางคืน DT คือ ประสิทธิภาพการตรวจจับยานพาหนะและ C คือ ประสิทธิภาพในการนับยานพาหนะ*

ตารางที่ 2-9 ตารางสรุปงานวิจัยก่อนหน้าที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกประเภทและนับยานพาหนะ (ต่อ)

Authors	Year	D	N	Others	Class	# Scene	Views	Number (instances/images)	Techniques	Accuracy	Speed	Problem and solution
Mamoona Humayun, et al [7]	2022	/	/		1 class: car	> 1	Highway and Urban	2,137 images (Train 1,500 images, Valid 424 images, Test 213 images)	YOLOv4, SPP-NET, CSPDarknet53	DT: 81% mAP		
S, S. J., et al [8]	2021	/	/		3 classes: car, bus, truck		Side, Top (bird's eye view)	PASCAL VOC, MS COCO 27983 images	LittleYOLO-SPP based on YOLOv3-tiny	DT: PASCAL VOC 77.44% D: MS COCO 52.95%		
Wang J, et al [9]	2023	/	/		4: cars, buses, vans, others		Rear view, bird eye view	Image size 640X640	Yolov5-NAM + Tracking with JDE-YN	DT: mAP more than yolov5 1.6% T: Mota more than 0.9% only JDE	54.6 fps	
A. Lakshmi Rishika, et al [10]	2023	/					Top high view	Coco: 80 images Berkeley: 36000 high frame-rate videos of diving with 5000 pixels	Yolov4 with Deep sort	The experiments showed that accuracy doubled after fine-tuning (71% vs. up to 30%). Based on a comparison of four YOLO networks, coupling the YOLOv5-large network to our tracking algorithm provided a trade-off between overall accuracy (95% vs. up to 90%),		

*หมายเหตุ : * โดย D คือ งานที่เน้นเวลากลางวัน และ N คือ งานที่เน้นเวลากลางคืน DT คือ ประสิทธิภาพการตรวจจับยานพาหนะและ C คือ ประสิทธิภาพในการนับยานพาหนะ*

ตารางที่ 2-9 ตารางสรุปงานวิจัยก่อนหน้าที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกประเภทและนับยานพาหนะ (ต่อ)

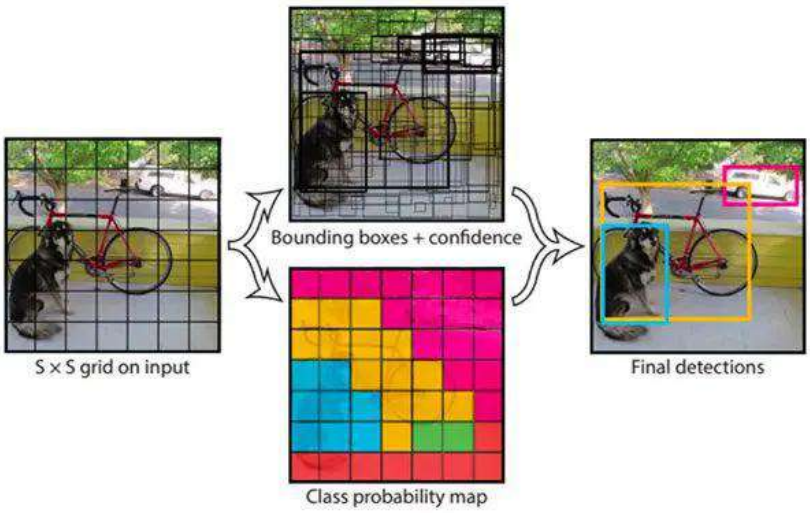
Authors	Year	D	N	Others	Class	# Scene	Views	Number (instances/images)	Techniques	Accuracy	Speed	Problem and solution
										loss (0.033 vs. up to 0.036), and model size (91.6 MB vs. up to 120.6 MB).		
R. Kejriwal, et al [11]	2019	/			6: cars, motorbike, bus, trunk, bicycle, persons		Top high view	Car: 500, Motorbike: 610, Bus: 370, Truck: 550, Bicycle: 530, Persons: 560	Yolov3 with Deep sort	C: avg 86.56% Precision: 93.85%		
W. Maungmai, et al [16]	2019	/			4: small, medium, large, unknown 7 colours		High view	Video: 763 second 640X480 px	CNN to classify	Type: avg 81.62% Colour: avg 70.09%	25 fps	
Costel, t., et al [12]	2022	/			3: car bus truck	3	Top high view at highway	Around 200000	Yolo v5m	mAP Better than Yolov5 99,39%		
Premaratne, P. et al [13]	2023	/	/		3 classes: truck, car, bus	> 1	Top (bird's eye view)	(COCO dataset)	Yolov5	DT: Up to 100%	19.608 fps	Low light condition associated with overcast, and dusk

*หมายเหตุ : * โดย D คือ งานที่เน้นเวลากลางวัน และ N คือ งานที่เน้นเวลากลางคืน DT คือ ประสิทธิภาพการตรวจจับยานพาหนะและ C คือ ประสิทธิภาพในการนับยานพาหนะ*

2.4.2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1) ระบบตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุ

ระบบตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุทำหน้าที่ตรวจจับยานพาหนะภายในภาพ เพื่อทำการจำแนกประเภทของยานพาหนะ YOLO (You Only Look Once) คือ ระบบตรวจจับวัตถุในภาพ (Object Detection) ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Joseph Redmon Santosh Divvala Ross Girshick และ Ali Farhadi ในปี 2016 ระบบสามารถดูภาพและตรวจจับวัตถุในรูปเดียวเท่านั้น โดยไม่ต้องแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อย หรือคำนวณหลายครั้ง ซึ่งทำให้ YOLO มีความเร็วและประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับวัตถุ โดยในรูปที่ 2-9 แสดงให้เห็นถึงหลักการทำงานสำหรับตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุ ในการใช้งานนั้นจำเป็นต้องจัดเตรียมข้อมูลตั้งต้นได้แก่ รูปภาพและข้อมูลเฉลย (Label) สำหรับระบุประเภทของวัตถุภายในรูปภาพเพื่อใช้ในการฝึกสอนโมเดล เมื่อมีข้อมูลตั้งต้นพร้อมแล้วกระบวนการตรวจจับวัตถุเริ่มต้นการแบ่งรูปภาพออกเป็นตาราง (Grid) ขนาดเล็กที่มีขนาดเท่ากัน หลังจากนั้นโมเดลทำการดึงข้อมูลเฉลยที่เป็นลักษณะของกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบวัตถุที่ต้องการให้โมเดลจำแนกประเภท เพื่อบอกพื้นที่และขอบเขตของวัตถุที่อยู่ภายในรูปภาพ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ในข้อมูลเฉลยกับตาราง (Grid) ที่โมเดลทำการแบ่งไว้ เมื่อได้ความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองส่วน โมเดลมีหน้าที่ค้นหาความเป็นไปได้ เพื่อกำหนดชนิดและจำแนกประเภทวัตถุให้ถูกต้อง เมื่อเกิดกระบวนการเรียนรู้นี้ซ้ำหลายครั้งผลลัพธ์ท้ายสุด คือ โมเดลสามารถตรวจจับรวมถึงจำแนกประเภทของวัตถุทุกชนิดในภาพได้ตรงตามที่กำหนดอย่างถูกต้องและแม่นยำ



รูปที่ 2-9 หลักการตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุของ YOLO

โดยปัจจุบันโมเดล YOLO ได้มีการพัฒนาหลากหลายเวอร์ชัน เช่น YOLOv3 เป็นการพัฒนาขึ้น โดยใช้โมเดลคอนโวลูชันแบบ Darknet-53 แต่แทนที่ max-pooling layers ทั้งหมดด้วย stride convolutions และเพิ่ม residual connections รวมถึงมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงหลาย ๆ องค์ประกอบ เช่น Bounding box prediction Class Prediction Spatial pyramid pooling (SPP Multi-scale Predictions Bounding box priors YOLOv5 (2020) เป็นการพัฒนาขึ้น YOLO เวอร์ชันก่อนหน้าการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ใช้ CSPDarknet53 รวมถึงมี เพื่อลดจำนวน memory ที่ใช้ ลดเวลาการประมวลผล และเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผล YOLOv8 (2023) เป็นการพัฒนาขึ้นจาก YOLOv5 (2020) โดยมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงหลาย ๆ องค์ประกอบ เช่น การเพิ่ม Feature ต่าง ๆ เข้าไปหรือ ใช้ numerous architectural เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับ Model ดังนี้

- การใช้ Backbone และ CSP (Cross Stage Partial) Bottleneck with 2 convolutions faster implementation module หรือ C2f module เพื่อปรับปรุงความแม่นยำในการตรวจจับ
- การนำเสนอโมเดลแบบ Anchor-Free สำหรับการประมวลผลที่อิสระใน Objectness classification และ regression
- การใช้ฟังก์ชัน sigmoid สำหรับคะแนน Objectness และ Softmax สำหรับคลาส probabilities

- การใช้ฟังก์ชันสูญเสีย Complete Intersection over Union (CIoU) และ Complete Intersection over Union (DFL) สำหรับการสูญเสียของ bounding box และ binary cross-entropy สำหรับการสูญเสียในการแยกประเภท
- การมี model สำหรับการตรวจจับความหมาย (Semantic Segmentation) และใช้ CSPDarknet53 เป็นสกัดลักษณะ

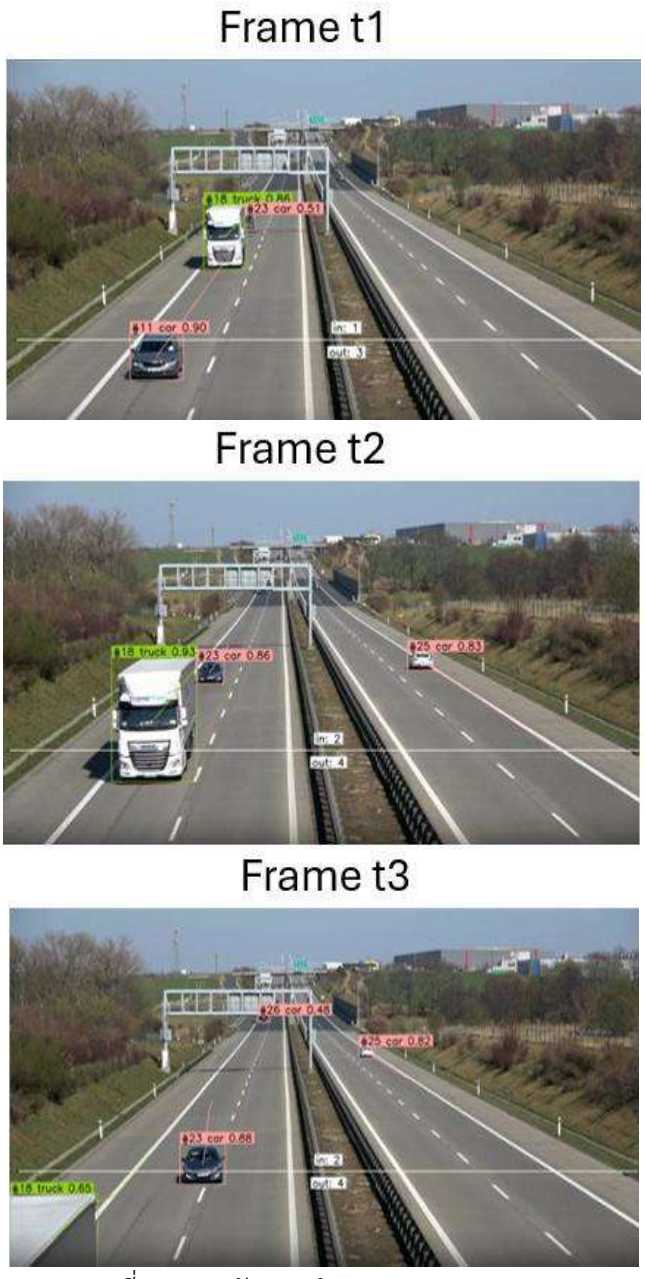
ทำให้โดยรวม YOLOv8 เสนอการปรับปรุงในโครงสร้างและฟังก์ชันที่เพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุ รวมถึงความสามารถในการตรวจจับความหมายและความเร็วในการประมวลผลที่ดี โดยปัจจุบันมีการพัฒนาไปจนถึงเวอร์ชัน 10 โดยเวอร์ชัน 8 เป็นเวอร์ชั่นที่ยังได้รับความนิยมและมี Community ในการใช้งานค่อนข้างกว้างขวางกว่าเวอร์ชั่น 9-10 ที่พึ่งออกเป็นเวอร์ชั่นใหม่ล่าสุด

2) ระบบติดตามหลายวัตถุ

ระบบติดตามหลายวัตถุทำหน้าที่ในการติดตามผลลัพธ์ของระบบตรวจจับและจำแนกประเภทยานพาหนะเพื่อกำหนดหมายเลขประจำตัวให้กับยานพาหนะภายในภาพ และช่วยให้การนับจำนวนยานพาหนะแบบแยกประเภทเป็นไปแบบอัตโนมัติ

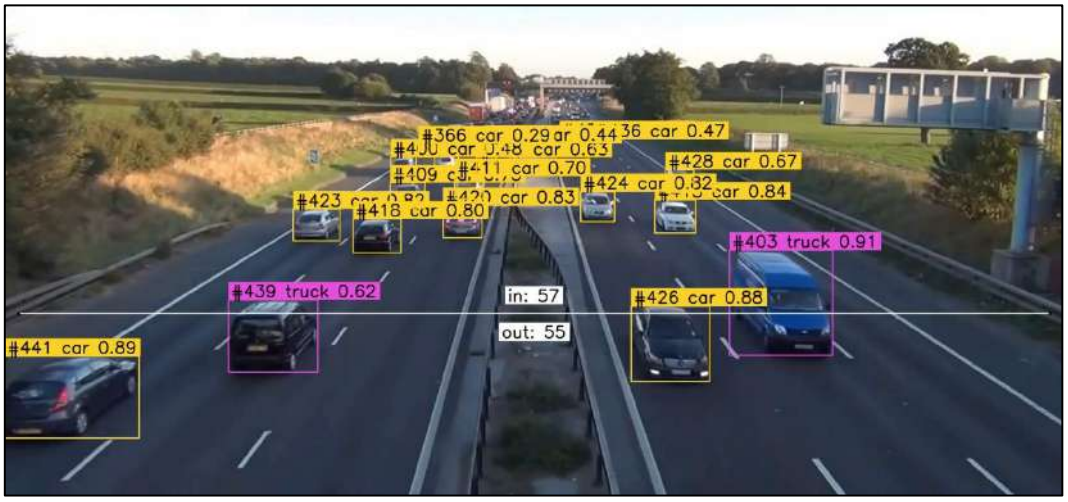
(1) ByteTrack เป็นโมเดลสำหรับติดตามหลายวัตถุ (Multi-Object Tracking MOT) ที่ทำงานร่วมกับ YOLO เป็นโมเดลสำหรับตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุ (Object detector) จากนั้นจะนำผลลัพธ์ของโมเดลสำหรับตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุ มาใช้งานในการติดตามวัตถุ โดยที่ ByteTrack จะใช้งานทั้งวัตถุที่มีคะแนนความเชื่อมั่นทั้งสูงและต่ำพร้อมกัน เพื่อเป็นการป้องกันกรณีที่วัตถุเกิดบดบัง (Occlusion) แล้วส่งผลกับคะแนนความเชื่อมั่นของวัตถุชิ้นนั้นที่ลดต่ำลง ตัวอย่างการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 2-10 จากรูปสังเกตได้ว่าบุคคลลำดับที่ 2 ในภาพแรก Frame t_1 มีคะแนนความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.8 ถัดมาถูกเคลื่อนมาบดบังใน Frame t_2 จนทำให้คะแนนความเชื่อมั่นลดลงเหลือ 0.4 และถูกเคลื่อนที่บดบังมากขึ้นอีกใน Frame t_3 จนคะแนนความเชื่อมั่นเหลือเพียง 0.1 แต่เนื่องด้วยจุดเด่นของ ByteTrack ที่ติดตามทั้งวัตถุที่มีคะแนนสูงและคะแนนต่ำจึงทำให้ยังสามารถติดตามได้ครบทุกวัตถุในภาพ นอกจากการติดตามแล้ว ByteTrack สามารถเชื่อมโยงวัตถุ

ที่อยู่คนละภาพเข้าด้วยกันผ่าน Kalman Filter (KF) โดยเป็นการทำนายตำแหน่งของวัตถุปัจจุบันจากข้อมูลของตำแหน่งวัตถุจากเวลา t_{t-1} เพื่อระบุตำแหน่งที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปที่เวลา t เมื่อได้ตำแหน่งทั้งสองเวลาแล้วจะทำการเชื่อมโยงด้วย Intersect Over Union (IOU) ในการเชื่อมโยงนั้นจะเริ่มต้นเชื่อมโยงตำแหน่งที่ทำนายไว้เข้ากับวัตถุที่มีความเชื่อมั่นสูงก่อนและเมื่อครบจำนวนวัตถุที่มีความเชื่อมั่นสูงแล้วจึงดำเนินการนำตำแหน่งที่ยังไม่ถูกใช้งานไปเชื่อมโยงกับวัตถุที่มีความเชื่อมั่นต่ำ



รูปที่ 2-10 หลักการทำงานของ ByteTrack

(2) Observation-Centric Simple Online and Real-time Tracking (OC-SORT) เป็นโมเดล Multi-Object Tracking (MOT) ที่ทำงานร่วมกับ YOLOX เป็นโมเดลสำหรับตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุ (Object detector) และพัฒนาต่อยอดมาจาก SORT โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับกับการติดตามวัตถุที่เคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องในภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา OC-SORT โดยหลักการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2-11



รูปที่ 2-11 หลักการทำงานของ OC-SORT

หลักการทำงานของ OC-SORT ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ

- Observation Centric Re-Update (ORU) ทำหน้าที่ปรับปรุงทิศทางการเคลื่อนที่ให้กับวัตถุที่ถูกบดบังโดย ORU จะทำงานต่อเมื่อวัตถุนั้นถูกบดบังโดยสมบูรณ์และกลับมาถูกตรวจจับอีกครั้ง ORU เป็นตัวกำหนดทิศทางใหม่ให้กับอัลกอริทึม (Algorithm) ที่ใช้เชื่อมโยงตำแหน่งของวัตถุเข้ากับวัตถุแทนที่ทิศทางที่วัตถุนั้น ๆ ถูกทำนายไว้
- Observation Centric Momentum (OCM) ทำหน้าที่จัดการกับปัญหาการถูกบดบังของวัตถุโดยอาศัยการสร้างโมเมนตัม (Momentum)
  ให้กับวัตถุที่ถูกบดบังจนสูญหายไปจากการติดตามเพื่อเป็นการรักษาและคงสถานะการติดตามวัตถุชิ้นนั้น

- Observation Centric Recovery (OCR) ทำหน้าที่กู้คืนข้อมูลของวัตถุในกรณีที่มีการบดบัง โดยหลักการคือการใช้ข้อมูลที่กู้คืนมาเพื่อทำการติดตามวัตถุในลำดับภาพ OCR มีเทคนิค observation-centric Perspective เพื่อระบุช่วงของวัตถุที่บดบัง หรือหายไป และนำข้อมูลที่พบมาใช้ในการตัดสินใจจากรูปที่ 2-10 แสดงให้เห็นถึงวัตถุที่ 1 ใน $frame_t$ สามารถถูกตรวจจับได้แต่ใน $frame_{t+1}$ วัตถุได้ถูกบดบัง แต่เนื่องจาก OCM สร้างข้อมูลของวัตถุไว้แล้วจึงยังสามารถติดตามได้ถัดมาที่ $frame_{t+2}$ วัตถุยังถูกบดบังเช่นเดิม แต่ด้วยการกู้คืนข้อมูลจาก OCR ของวัตถุที่ $frame_t$ ทำให้วัตถุถูกตรวจจับ และทำการเชื่อมโยงเพื่อติดตามวัตถุได้

2.4.2.3 การวัดผล

การวัดผลจะมีการใช้ Mean Average Precision (mAP) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่มักถูกใช้ในการประเมินความสามารถในการค้นหา และตรวจจับวัตถุใน Object Detection Model เช่น YOLO mAP มักถูกนำมาใช้ในงาน Computer Vision และ Machine Learning เพื่อวัดประสิทธิภาพของ Model ที่มีการตรวจจับวัตถุเป็นหนึ่งในงานตรวจจับวัตถุที่ทำงานได้อย่างดีหรือไม่ดีตามเกณฑ์ที่กำหนด และร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย Mean absolute percentage error (MAPE) เป็นการวัดผลที่เป็นที่นิยมในทางสถิติที่ใช้วัดความแม่นยำในการ Prediction เพื่อนำมาวัดประสิทธิภาพ การนับ และคัดแยกยานพาหนะแต่ละประเภท ของการทำงาน Machine Learning

1) **การประเมินการตรวจจับวัตถุ** การประเมินประสิทธิภาพของโมเดลระบบตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุถูกวัดผลด้วย Mean Average Precision (mAP) โดยค่าดังกล่าวมีที่มาจากค่าเฉลี่ยของความแม่นยำ (average precision) ในทุกประเภท (Class) ของข้อมูล โดยที่ mAP มีสมการในการคำนวณดังแสดงในสมการที่ 1 และค่าเฉลี่ยความถูกต้อง Average Precision สามารถคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟของค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความถูกต้อง (Recall) ผลลัพธ์ของทั้งสองค่าเป็นตัวเลขที่อยู่ระหว่าง 0 และ 1 โดยที่ผลลัพธ์ที่ AP จะได้ใกล้เคียง 1 เมื่อได้ความแม่นยำ (Precision) และค่าความถูกต้อง (Recall) ที่สูง โดยมีสมการในการคำนวณดังแสดงในสมการที่ 2 และสมการที่ 3 โดยคำนวณจากจำนวนวัตถุที่ตรวจจับได้ถูกต้อง (True positive) วัตถุที่มีการจำแนกประเภทไม่ถูกต้อง (False positive) และวัตถุที่ตรวจจับไม่ได้ (False negative)

$$mAP = \frac{\sum_{i=1}^{k} AP_i}{k} \quad (1)$$

$$Precision = \frac{True\ positive}{True\ positive + False\ positive} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{True\ positive}{True\ positive + False\ negative} \quad (3)$$

2) การนับจำนวนยานพาหนะ การประเมินประสิทธิภาพของระบบนับจำนวนยานพาหนะ ถูกวัดผลด้วยการเปรียบเทียบความผิดพลาดในการนับแบบสมบูรณ์เฉลี่ยยานพาหนะแต่ละประเภท หรือ Mean Absolute Percentage Error (MAPE) มีสมการในการคำนวณ ดังสมการที่ 4 โดยในแต่ละวิดีโอจำนวนยานพาหนะมีปริมาณไม่เท่ากันในแต่ละประเภท จึงมีการเพิ่มค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณยานพาหนะในแต่ละประเภทด้วย โดยค่าความผิดพลาดในการนับแบบสัมบูรณ์เฉลี่ยยานพาหนะแต่ละประเภทแบบถ่วงน้ำหนัก หรือ Weighted Mean Absolute Percentage Error (Weighted MAPE) ดังสมการที่ 5 จะถูกใช้เป็นหลักในการวัดผลการนับจำนวนยานพาหนะ

$$MAPE_c = \frac{1}{N_c}\sum_{i=1}^{N_c}|y_{c,i} - \hat{y}_{c,i}| \times 100 \quad (4)$$

โดยที่ N_c คือ จำนวนยานพาหนะของยานพาหนะประเภท c
$y_{c,i}$ คือ จำนวนยานพาหนะประเภท c ที่นับได้โดยโปรแกรมของวิดีโอที่ i
$\hat{y}_{c,i}$ คือ จำนวนยานพาหนะประเภท c ที่นับได้จริง ของวิดีโอที่ i

$$Weighted\ MAPE = \frac{\sum_{c=1}^{C} w_c \cdot MAPE_c}{\sum_{c=1}^{C} w_c} \quad (5)$$

โดยที่ C คือ จำนวนประเภทของยานพาหนะทั้งหมด
w_c คือ จำนวนยานพาหนะประเภท c ที่นับได้จริงทั้งหมด


รถจักรยาน


รถจักรยานยนต์


รถยนต์นั่ง (น้อยกว่า 7 ที่นั่ง)


รถยนต์นั่ง (ไม่น้อยกว่า 7 ที่นั่ง)


รถโดยสารขนาดเล็ก


รถโดยสารขนาดกลาง


รถโดยสารขนาดใหญ่


รถกระบะ


รถบรรทุกขนาดเล็ก


รถบรรทุกขนาดใหญ่


รถบรรทุกพ่วงมากกว่า 3 เพลา


รถบรรทุกกึ่งพ่วงมากกว่า 3 เพลา


รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง

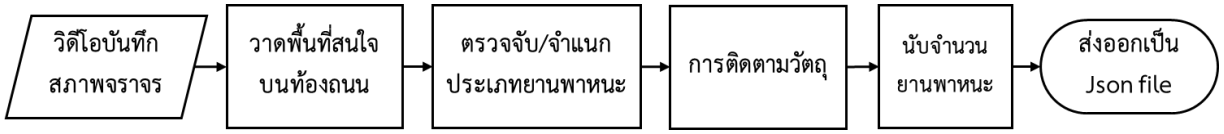

รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง


คนเดินเท้า

รูปที่ 2-12 ตัวอย่างของยานพาหนะแต่ละประเภท

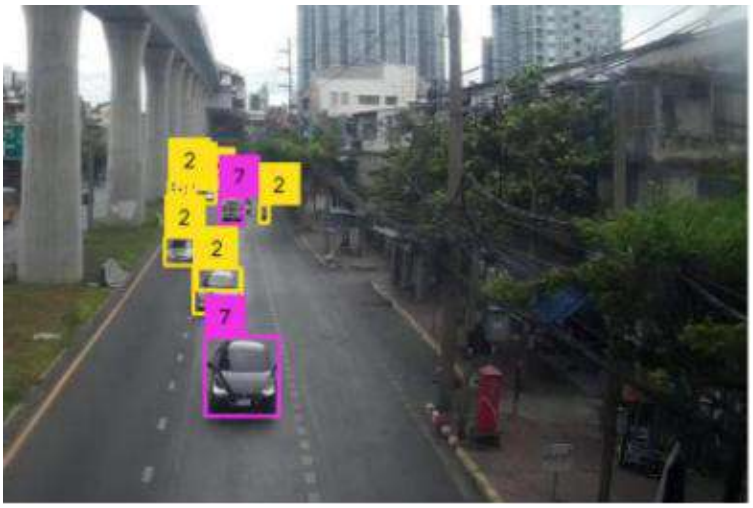
2.4.2.4 การเรียนรู้จากชุดข้อมูลเบื้องต้น

1) **กระบวนการทำงานของระบบการนับและคัดแยกประเภทยานพาหนะ** กระบวนการที่นำไปใช้งานสำหรับการตรวจจับและประเมินจำนวนยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังรูปที่ 2-13 โดยเริ่มต้นจากการเลือกส่วนที่สนใจบนท้องถนน (Region of Interest) จากนั้นตามด้วยการใช้เทคนิคการตรวจจับและแยกประเภทยานพาหนะ (Vehicle Detection /Classification) และการติดตามยานพาหนะ (Vehicle Tracking) เพื่อเก็บรหัสประจำตัวของแต่ละยานพาหนะเพื่อสรุปผลการนับจำนวนยานพาหนะ (Counting) แต่ละประเภทและในแต่ละช่วงเวลา เพื่อส่งข้อมูลรูปแบบ JSON ต่อไปได้



รูปที่ 2-13 กระบวนการทำงานสำหรับการนับและคัดแยกประเภทยานพาหนะ

2) **การเลือกส่วนที่สนใจบนท้องถนน (Road Region of Interest)** ในภาพวิดีโอบันทึกการจราจร ในกรณีที่ยานพาหนะยังอยู่ห่างจากกล้อง จะทำให้มีความยากในการคัดแยกประเภทของยานพาหนะ การกำหนดส่วนที่สนใจบนท้องถนน เป็นกระบวนการเริ่มต้นที่ให้ผู้ใช้เป็นผู้เลือกบริเวณที่เหมาะสมสำหรับกล้องที่ติดตั้งแต่ละจุด เพื่อกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในบริเวณที่ต้องการจะนับยานพาหนะที่ปรากฏในวิดีโอ ซึ่งควรเป็นจุดที่มองเห็นยานพาหนะชัดเจน เพื่อคัดแยกประเภทได้อย่างถูกต้อง
3) **โมเดลการตรวจจับและแยกประเภทวัตถุ** โมเดลส่วนแรก คือ โมเดลการตรวจจับ (Detection model) โดยโมเดลจะเป็นกระบวนการระบุและตรวจจับยานพาหนะทั้งหมดในแต่ละเฟรมของรูปภาพ โดยผลลัพธ์ที่ออกมาจากโมเดลจะเป็นค่ากล่องปิดล้อม (Bounding box) ของยานพาหนะประเภทของยานพาหนะและค่าความเชื่อมั่น โดยค่าพิกัดของกล่องปิดล้อมนั้นออกมาในรูปแบบของตัวเลข 4 ตัว คือ X1 Y1 X2 และ Y2 ซึ่งก็ คือ พิกัดมุมของยานพาหนะที่สามารถตรวจจับ และค่าความเชื่อมั่นจะออกมาในช่วง 0-1 เท่านั้น โดยเราสามารถกำหนดค่าความเชื่อมั่นตามที่ต้องการเพื่อให้โมเดลใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการตรวจจับวัตถุ เมื่อโมเดลตรวจจับสามารถหาตำแหน่งของยานพาหนะได้แล้วก็จะทำการส่งต่อให้โมเดลติดตามต่อในการติดตามตัวยานพาหนะและนำมานับจำนวนของประเภทยานพาหนะต่าง ๆ โดยโมเดลการตรวจจับจะทำการใช้โมเดล YoloV8



รูปที่ 2-14 ผลของโมเดลการตรวจจับ

4) **การติดตาม** หลังจากเรียนรู้โมเดลตรวจจับวัตถุ (Object Detection) เสร็จเรียบร้อยก็จะทำการนำโมเดลมาใช้ในการหาพิกัดยานพาหนะ เพื่อช่วยให้โมเดลติดตามวัตถุ (Model Object Tracking) ติดตามตำแหน่งของยานพาหนะในรูปภาพ หรือวิดีโอตามเวลาที่กำหนด โดยกระบวนการทำงานดังรูปที่ 2-15 โดยที่เราสามารถระบุตำแหน่งและเคลื่อนไหวของยานพาหนะตลอดเส้นทางเคลื่อนที่ การติดตามต่อไป โดยเริ่มจากการตั้งค่าต่าง ๆ (Initialization) เช่น ให้โมเดลอ่านที่อยู่ (Path) ของตัวโมเดลตรวจจับ (Model object detection) การตั้งค่า ROI ที่ได้รับจากผู้ใช้งาน กำหนดประเภทของยานพาหนะที่มีอยู่ สร้างชุดข้อมูล (Dictionary) เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการ กำหนดเกณฑ์ของการติดตาม และขนาดของเฟรมรวมถึงอัตราเฟรม (FPS) จากนั้นจะทำการตรวจแต่ละเฟรมภาพว่ายังมีเข้ามาในกระบวนการ (Check if Last Frame) แล้วจึงเข้าสู่การประมวลผลเฟรมภาพ (Frame Processing) ซึ่งจะทำการตรวจจับยานพาหนะในรูปภาพและมีการให้ค่า ID แต่ละวัตถุ ก่อนที่จะมีการทำการวนซ้ำ (Loop) เพื่อทำการประมวลผลเฟรมรูปภาพ และติดตามในเฟรมถัด ๆ ไปโดยการหาข้อมูลของยานพาหนะในแต่ละเฟรมของวิดีโอ โดยใช้วิธีการ ByteTrack (Vehicle object tracking with ByteTrack) ซึ่งมีความสามารถในการติดตามยานพาหนะที่ถูกบดบังในเฟรมก่อนหน้านั้น ให้ยังคงเป็น ID เดิม เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการนับจำนวนยานพาหนะ นอกจากนี้ Bytetrack ยังมีการเปรียบเทียบและติดตามวัตถุที่มีลักษณะคล้ายกันในเฟรมถัดไป และนำผลลัพธ์ของแต่ละเฟรมที่อยู่ในกรอบการจำแนกบริเวณที่สนใจ (ROI) เท่านั้นมาประมวลผลว่ามียานพาหนะประเภทใดบ้างรวมถึงยานพาหนะนั้นเข้า-ออก ณ วินาทีใด โดยการกำหนดยานพาหนะ

ในแต่ละวินาทีจะใช้วิธีแบบที่เรียกว่า Majority คือ คัดประเภทที่พบมากที่สุดของแต่ละ ID เพื่อแปลงจากผลลัพธ์ในแต่ละเฟรมมาเป็นผลลัพธ์ในแต่ละวินาที และนำมาเก็บรวบรวมไว้ในชุดข้อมูล (Update Statistics) สำหรับส่งไปใช้งานต่อ และนอกจากนี้จะนำผลลัพธ์ของแต่ละเฟรมมาแสดงผลในแต่ละเฟรม และทำการแสดงผลกลับเป็นวิดีโอที่มีข้อมูลของยานพาหนะและถูกตีกรอบในแต่ละตำแหน่งในแต่ละประเภท (Video Annotations & Post-processing) หลังจากการตรวจจับและติดตามวัตถุ จะนำผลลัพธ์จากวิดีโอมาสรุปผลเป็นจำนวนยานพาหนะในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ในรูปแบบของไฟล์ JavaScript Object Notation หรือ JSON



รูปที่ 2-15 แผนผังกระบวนการทำงานของโมเดลติดตาม

2.4.3 การจัดเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสม ในพื้นที่นำร่องไม่น้อยกว่า 10 จุดสำรวจ เพื่อจัดทำเป็นข้อเสนอแนะในการจัดเก็บข้อมูลการจราจรด้วยเจ้าหน้าที่กรมทางหลวง

2.4.3.1 เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมในการสำรวจ

1) กล้อง CCTV รุ่น SPIDER DOME 4G	
คุณสมบัติ • Bit rate 1080/1280p (Full HD) • Frame rate 20 fps • Resolution of 1920x1080P (2 ล้านพิกเซล) • IR อินฟราเรด 4pcs สำหรับที่แสงน้อยพร้อมไฟ LED 4 • ติดตั้งพร้อมแผง Solar Cell 40W • แบตเตอรี่สำรองไฟขนาด 20000mAP • SD Card Memory 32GB • ใส่ Sim card กระจายสัญญาณสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ Online	
2) กล้อง CCTV รุ่น VstarCam CB54	
คุณสมบัติ • Bit rate 1080/1296p (Full HD) • Frame rate 30 fps • Resolution of 2304x1296P (3 ล้านพิกเซล) • IR อินฟราเรด 6pcs ปรับแสงให้อัตโนมัติ • ติดตั้งพร้อมแผง Solar Cell 10W • แบตเตอรี่สำรองไฟขนาด 7000mAP • SD Card Memory 64GB • WiFi 2.4G • Pocket WiFi สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ Online	

2.4.3.2 วิธีการสำรวจติดตั้งกล้องสำรวจปริมาณจราจร ทำการติดตั้งกล้อง CCTV บริเวณเสาไฟฟ้า หรือ เสาป้ายจราจร บริเวณข้างทางโดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจมีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งอุปกรณ์กับเสาไฟฟ้า หรือ เสาป้ายจราจร บริเวณข้างทาง ที่ระดับความสูง 2.5 – 4 เมตร
- หันกล้องไปทางที่รถวิ่งเข้าหากล้อง จากขวาไปซ้าย โดยให้กล้องทำมุมประมาณ 30 องศา กับเส้นถนน



รูปที่ 2-16 ตัวอย่างการสำรวจติดตั้งกล้องสำรวจปริมาณจราจร

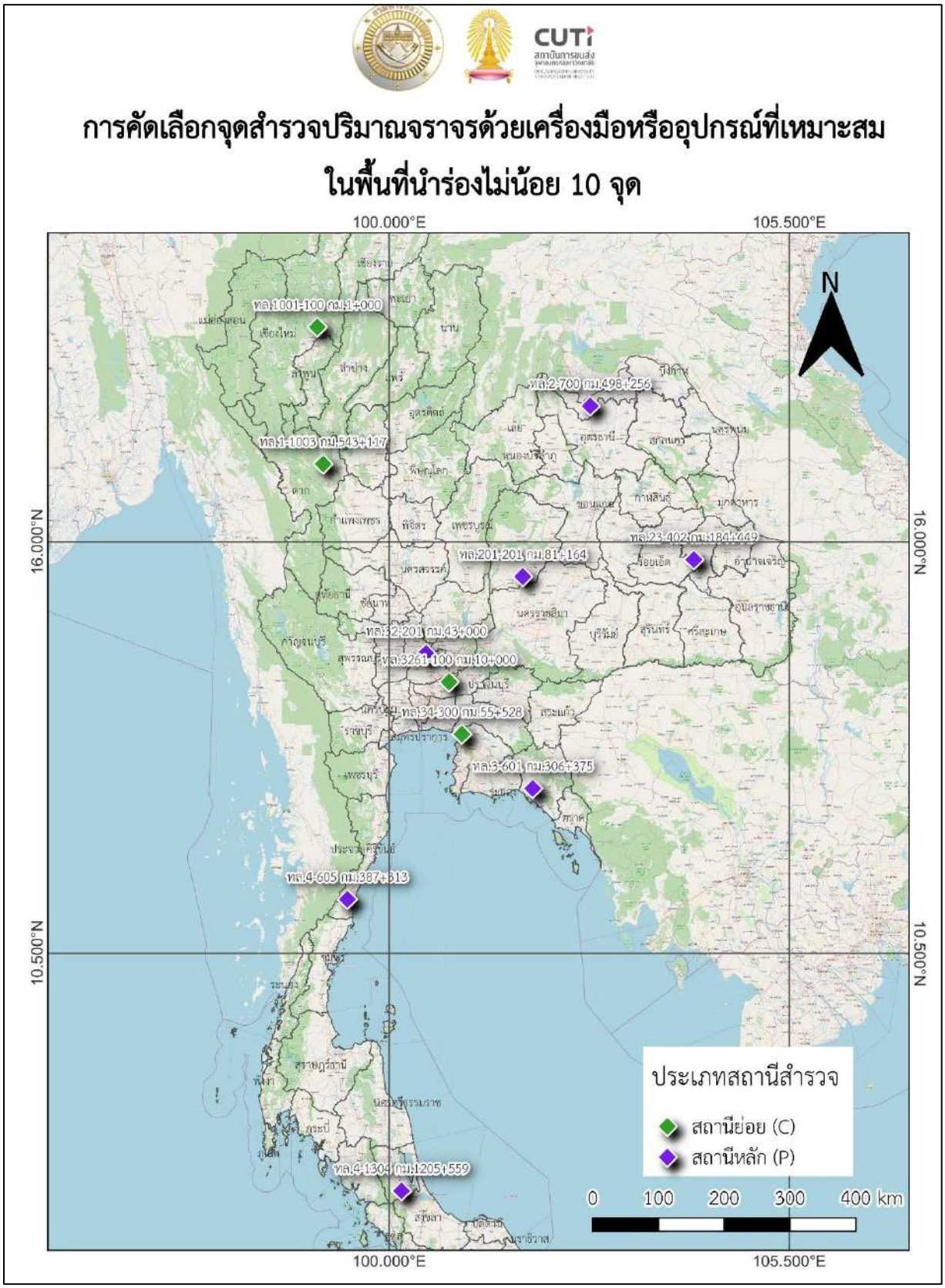
ที่ปรึกษาได้ดำเนินการคัดเลือกจุดสำรวจในพื้นที่นำร่อง 10 จุด และได้เพิ่มพื้นที่นำร่อง 1 จุด รวมเป็น 11 จุด โดยอาศัยเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังตารางที่ 2-10

ตารางที่ 2-10 รายละเอียดการคัดเลือกจุดสำรวจ 11 จุดสำรวจ

ลำดับ	รหัสจุดสำรวจ	ทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอนควบคุม	ตำแหน่ง กม. จุดสำรวจ	แขวงทางหลวง	ประเภทจุดสำรวจ	จำนวนหลัก	จำนวนช่องจราจร	เกาะกลาง	V/C	ประเภทการใช้พื้นที่	AADT	% รถบรรทุก	Density	VK	ละติจูด	ลองจิจูด
1	381	1	1003	วังม่วง - แม่เชียงรายบน	543+117	ขท.ตากที่ 1	C	1 หลัก	4	มี	0.44 (A)	นอกเมือง	12,006	40.62	3.983	217,549,440	17.0278	99.09366
2	1701	2	700	น้ำสวย – สะพานมิตรภาพที่หนองคาย (เขตแดนไทย/ลาว)	498+256	ขท.หนองคาย	P	1 หลัก	6	มี	0.63 (B)	ชานเมือง	33,247	32.94	15.185	276,766,480	17.78896	102.764
3	2092	3	601	นายายอาม - บ้านสิ้ว	306+375	ขท.จันทบุรี	P	1 หลัก	6	มี	0.35 (A)	นอกเมือง	34,995	9.8	11.552	307,974,022	12.71983	101.9745
4	1930	4	605	บางสะพาน - น้ำรอด	387+313	ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (หัวหิน)	P	1 หลัก	4	มี	0.90 (D)	นอกเมือง	29,373	36.4	15.367	326,994,925	11.22869	99.42632
5	2056	4	1304	ห้วยทราย - พรุพ้อ	1205+559	ขท.พัทลุง	P	1 หลัก	4	มี	0.53 (A)	นอกเมือง	25,615	19.62	23.088	140,980,734	7.274534	100.1703
6	1479	23	402	ยโสธร - บ้านย่อ	184+449	ขท.ยโสธร	P	2 หลัก	4	มี	0.23 (A)	ชานเมือง	13,618	7.97	15.501	54,885,033	15.76736	104.1901
7	325	32	201	นครหลวง - อ่างทอง	43+000	ขท.อ่างทอง	P	2 หลัก	8	มี	0.73 (C)	นอกเมือง	79,444	19.74	23.635	651,708,924	14.52281	100.5083
8	1347	201	201	หนองบัวโคก - บ้านลี่	81+164	ขท.ชัยภูมิ	P	3 หลัก	4	มี	0.87 (D)	นอกเมือง	39,673	23.7	15.911	588,875,232	15.54192	101.8374
9	537	1001	100	เชียงใหม่ - บ้านโป่ง	1+000	ขท.เชียงใหม่ที่ 2	C	4 หลัก	8	มี	0.31 (A)	ในเมือง	46,012	4.67	8.416	573,360,135	18.81861	99.01156
10	56	3261	100	คลอง10 - หนองเสือ	10+000	ขท.นครนายก	C	4 หลัก	2	ไม่มี	0.38 (A)	ในเมือง	6,706	10.86	8.003	51,695,212	14.14336	100.82386
11	2053	34	300	บางปะกง - หนองไม้แดง	55+528	ขท.ชลบุรีที่ 1	C	2 หลัก	5	มี	1.59 (F)	ชานเมือง	58,873	44.29	134.083	127,964,880	13.44499	100.99963

หมายเหตุ

1. *ประเภทจุดสำรวจ P คือ สถานีหลัก C คือ สถานีย่อย*
2. *AADT คือ ปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดปี*
3. *%รถบรรทุก คือ ปริมาณจราจรของรถบรรทุก*
4. *Density คือ ค่าความหนาแน่นการจราจร (Traffic Density)*
5. *VK คือ ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง (คัน-กิโลเมตร)*
6. *V/C คือ อัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุของถนน*



รูปที่ 2-17 แผนที่จุดสำรวจ 11 จุดสำรวจ

2.4.3.3 ผลการลงพื้นที่สำรวจ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการคัดเลือกจุดสำรวจในพื้นที่นำร่อง โดยมีแผนการลงพื้นที่สำรวจทั้ง 11 จุดสำรวจ ดังนี้

ตารางที่ 2-11 ผลการลงพื้นที่สำรวจ 11 จุดสำรวจ

ลำดับที่	รหัสจุดสำรวจ	ทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอนควบคุม	ตำแหน่ง กม. จุดสำรวจ	ตำแหน่ง กม. สำรวจจริง		หมวดทางหลวง	แขวงทางหลวง	สำนักงานทางหลวง	แผนการสำรวจ		ผลการสำรวจ		สถานะ	หมายเหตุ
						ซ้ายทาง	ขวาทาง				วันที่เข้าสำรวจ	วันที่สิ้นสุดการสำรวจ	วันที่เข้าสำรวจ	วันที่สิ้นสุดการสำรวจ		
1	381	1	1003	วังม่วง - แม่เชียงรายบน	543+117	542+693	542+665	แม่สลิด	ตากที่ 1	สทล.ที่ 4 (ตาก)	23 ก.ค. 67	26 ก.ค. 67	23 ก.ค. 67	25 ก.ค. 67	แล้วเสร็จ	
2	1701	2	700	น้ำสวย – สะพานมิตรภาพที่หนองคาย (เขตแดนไทย/ลาว)	498+256	497+929	498+103	หนองคาย	หนองคาย	สทล.ที่ 3 (สกลนคร)	23 ก.ค. 67	25 ก.ค. 67	23 ก.ค. 67	25 ก.ค. 67	แล้วเสร็จ	
3	2092	3	601	นายายอาม - บ้านสิ้ว	306+375	307+979	308+149	ท่าใหม่	จันทบุรี	สทล.ที่ 14 (ชลบุรี)	31 ก.ค. 67	1 ส.ค. 67	30 ก.ค. 67	1 ส.ค. 67	แล้วเสร็จ	ปรับแผน
4	1930	4	605	บางสะพาน - น้ำรอด	387+313	389+069	389+036	บางสะพาน	ประจวบคีรีขันธ์ (หัวหิน)	สทล.ที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์)	13 ก.ค. 67	18 ก.ค. 67	5 พ.ย. 67	7 พ.ย. 67*	แล้วเสร็จ	สำรวจซ่อม
5	2056	4	1304	ห้วยทราย - พรุพ้อ	1205+559	1206+134	1206+200	ป่าบอน	พัทลุง	สทล.ที่ 16 (นครศรีธรรมราช)	13 ก.ค. 67	18 ก.ค. 67	14 ก.ค. 67	16 ก.ค. 67	แล้วเสร็จ	ปรับแผน
6	1479	23	402	ยโสธร - บ้านย่อ	184+449	184+498	184+552	ยโสธร	ยโสธร	สทล.ที่ 8 (มหาสารคาม)	16 ก.ค. 67	18 ก.ค. 67	16 ก.ค. 67	18 ก.ค. 67	แล้วเสร็จ	
7	325	32	201	นครหลวง - อ่างทอง	43+000	42+654	42+551	บางปะหัน	อ่างทอง	สทล.ที่ 12 (สุพรรณบุรี)	16 ก.ค. 67	17 ก.ค. 67	17 ก.ค. 67	18 ก.ค. 67	แล้วเสร็จ	ปรับแผน
8	1347	201	201	หนองบัวโคก - บ้านลี่	81+164	81+677	80+955	จตุรัส	ชัยภูมิ	สทล.ที่ 7 (ขอนแก่น)	16 ก.ค. 67	18 ก.ค. 67	16 ก.ค. 67	18 ก.ค. 67	แล้วเสร็จ	
9	537	1001	100	เชียงใหม่ - บ้านโป่ง	1+000	1+142	1+115	สันทราย	เชียงใหม่ที่ 2	สทล.ที่ 1 (เชียงใหม่)	24 ก.ค. 67	26 ก.ค. 67	24 ก.ค. 67	25 ก.ค. 67	แล้วเสร็จ	ปรับแผน
10	56	3261	100	คลอง10 - หนองเสือ	10+000	9+627	9+587	หนองเสือ	นครนายก	สทล.ที่ 13 (กรุงเทพ)	15 ก.ค. 67	16 ก.ค. 67	31 ก.ค. 67	2 ส.ค. 67	แล้วเสร็จ	สำรวจซ่อม
11	2053	34	300	บางปะกง- หนองไม้แดง	55+528	LT=55+815 FL=55+824	RT=56+013 FR=55+971	หนองไม้แดงที่ 1	ชลบุรีที่ 1	สทล.ที่ 14 (ชลบุรี)	30 ก.ค. 67	30 ก.ค. 67	30 ก.ค. 67	1 ส.ค. 67	แล้วเสร็จ	ปรับแผน

*หมายเหตุ * ทำการสำรวจรอบที่ 1 ช่วงระหว่างวันที่ 13 ก.ค. 67 - 18 ก.ค. 67 ข้อมูลสูญหาย*
ทำการสำรวจรอบที่ 2 ช่วงระหว่างวันที่ 14 ส.ค. 67 - 16 ส.ค. 67 อุปกรณ์ศูนย์หาย เนื่องจากถูกโจรกรรมเมื่อวันที่ 14 ส.ค. 67 ประมาณ 22.00 น.
ทำการสำรวจรอบที่ 3 ช่วงระหว่างวันที่ 3 ก.ย. 67 - 5 ก.ย. 67 อุปกรณ์ศูนย์หาย เนื่องจากถูกโจรกรรมเมื่อวันที่ 5 ก.ย. 67 ประมาณ 04.00 น.

ตัวอย่างวิดีโอช่วงเวลากลางวัน




ตัวอย่างวิดีโอช่วงเวลากลางคืน




ตัวอย่างวิดีโอช่วงเวลาโพล้เพล้




รูปที่ 2-18 ตัวอย่างข้อมูลจากการติดตั้งกล้องสำรวจ




รูปที่ 2-19 ตัวอย่างการติดตั้งกล้องสำรวจ

2.5 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์ความต้องการในการใช้งานข้อมูลด้านการจราจรเพื่อปรับปรุงระบบการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลปริมาณการเดินทาง ข้อมูลดัชนีการจราจรติดขัด และข้อมูลอื่น ๆ ที่กรมทางหลวงได้ดำเนินการ รวมไปถึงการเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการศึกษา ทบทวนข้อมูลด้านการจราจร เพื่อปรับปรุงระบบการประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) เช่น ข้อมูลปริมาณการเดินทาง ข้อมูลดัชนีการจราจรติดขัด ที่กรมทางหลวงได้ดำเนินการ รวมไปถึงการเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการศึกษาจะประกอบไปด้วยข้อมูลด้านการจราจร และข้อมูลระบบงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.5.1 การศึกษาการวิเคราะห์ดัชนีการจราจรติดขัดและความหนาแน่นการจราจรของกรมทางหลวงในปัจจุบัน



รูปที่ 2-20 รายงานโครงการพัฒนาระบบสารสนเทศด้านอำนวยความปลอดภัย (ระยะที่ 1) และรายงานการวิเคราะห์คำนวณดัชนีการจราจรติดขัดและความหนาแน่นการจราจร ปี 2566

จากการศึกษาพารามิเตอร์ด้านการจราจรจากโครงการพัฒนาระบบสารสนเทศด้านอำนวยความปลอดภัย (ระยะที่ 1) และรายงานการวิเคราะห์คำนวณดัชนีการจราจรติดขัดและความหนาแน่นการจราจรปี พ.ศ. 2566 ยังใช้วิธีการคำนวณในรูปแบบเดิม และมีการปรับวิธีการคำนวณ ค่าความหนาแน่นการจราจร (Traffic Density: D) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ค่าคูณขยายปริมาณการจราจร (Expansion Factor : EF)

ที่ปรึกษาได้ทบทวนการคำนวณค่าคูณขยายปริมาณจราจร (Expansion Factor : EF) จากเครื่องนับรถอัตโนมัติ เพื่อนำมาคำนวณค่า AADT ในการศึกษาวิเคราะห์รูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมในการคำนวณค่าคูณขยายปริมาณการจราจร 24 ชั่วโมง (EF) และบูรณาการข้อมูลจาก Web Service ของระบบสำรวจข้อมูลจราจรของสำนักอำนวยความปลอดภัย

ที่ปรึกษาได้จัดทำแนวทางในการพัฒนาระบบข้อมูลการจราจรด้านการคำนวณค่า EF ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถคำนวณ เพื่อปรับแก้ค่า EF ได้โดยอัตโนมัติ ดังภาพรวมขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

(1) ดึงค่า EF จากระบบสำรวจข้อมูลจราจรที่ได้มาจากเครื่องนับรถอัตโนมัติ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้งปี ในแต่ละจุดสำรวจ เท่ากับค่า Y

(2) ระบุค่า EF ที่ใช้ในปัจจุบันให้ตรงกับจุดสำรวจอัตโนมัติในข้อที่ 1) เท่ากับค่า X

(3) การพิจารณาปรับค่า EF ใหม่ เมื่อพบว่า ค่า EF ที่ได้จากเครื่องนับรถอัตโนมัติ (Y) ในปัจจุบันมีความแตกต่างจากค่า EF ที่ใช้อยู่ปัจจุบัน (X) โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ คือ Z-Test (ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95) โดยได้ผล ดังนี้
   - ผลการทดสอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญไม่ต้องมีการปรับค่า EF
   - ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต้องมีการปรับค่า EF โดยอาศัยรูปแบบสมการเพื่อใช้ในการปรับปรุงที่เหมาะสม

(4) คำนวณสมการในการปรับปรุงค่า EF ที่เหมาะสมโดยการหาความสัมพันธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ระหว่าง Y และค่า X จากสมการ 6 รูปแบบ ดังนี้
   - Linear : $\mathrm{Y} = \mathrm{a} + \mathrm{bX}$
   - Parabolic : $\mathrm{Y} = \mathrm{a} + \mathrm{bX} + \mathrm{cX}^2$
   - Logarithmic : $\mathrm{Y} = \mathrm{a} + \mathrm{b} \ln \mathrm{X}$
   - Hyperbolic : $\mathrm{Y} = \mathrm{a} + \mathrm{b}(1/\mathrm{X})$
   - Power : $\mathrm{Y} = \mathrm{aX}^{\mathrm{b}}$
   - Exponential : $\mathrm{Y} = \mathrm{ae}^{\mathrm{bX}}$

(5) ทดสอบความเหมาะสมทางสถิติของแต่ละสมการโดยพิจารณาค่า F-Test (ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95)

(6) แทนค่า EF ที่ใช้ในปัจจุบัน ($\mathbf{X}$) ในสมการที่ผ่านการทดสอบทางสถิติ เพื่อให้ได้ค่า EF ที่ได้จากการพยากรณ์ ($\widehat{\mathbf{Y}}$)

(7) ทดสอบประสิทธิภาพของแต่ละสมการ โดยการพิจารณาค่าความแตกต่างกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) ระหว่างค่า EF ที่ได้จากเครื่องนับรถอัตโนมัติ ($\mathbf{Y}$) และค่า EF ที่ได้จากการพยากรณ์ ($\widehat{\mathbf{Y}}$)

(8) ยืนยันความถูกต้องของสมการโดยการทดสอบหาความต่างระหว่างค่า $\mathbf{Y}$ และ $\widehat{\mathbf{Y}}$ ด้วยวิธี Z-Test ซึ่งจะต้องไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

(9) เลือกรูปแบบสมการที่เหมาะสมที่สุดเป็นตัวแทนของสมการสำหรับทิศทางขาเข้าและทิศทางขาออกเพื่อปรับปรุงค่า EF ของแต่ละจุดสำรวจบนโครงข่ายทางหลวง

2) การพยากรณ์รูปแบบของปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่ง (Peak hour Volume)

สมการพยากรณ์ในเขตกรุงเทพปริมณฑล $Y = 0.0671X$ (ปี พ.ศ. 2566)

สมการพยากรณ์นอกเขตกรุงเทพปริมณฑล $Y = 0.2556X^{0.8979}$ (ปี พ.ศ. 2566)

เมื่อ Y = ปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่ง (Peak hour Volume)

X = ปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT) หน่วยเทียบเท่ารถยนต์นั่ง

ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบการพยากรณ์ปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่งที่เหมาะสมประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

(1) การจัดเตรียมข้อมูล การพยากรณ์ปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่ง จะพิจารณาจากสัดส่วนของปริมาณการจราจรในแต่ละชั่วโมงต่อปริมาณการจราจรตลอดวัน (Hourly Hour) โดยแยกพิจารณาเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเช้าระหว่างเวลา 08.00 น. - 12.00 น. และช่วงเวลาเย็นระหว่างเวลา 14.00 น. - 18.00 น. ซึ่งค่าสัดส่วนปริมาณการจราจรที่ใช้เป็นตัวแทนของแต่ละชั่วโมง จะคำนวณจากค่าเฉลี่ยของสัดส่วนปริมาณการจราจรรายชั่วโมงของแต่ละจุดสำรวจ (Hourly Proportion) โดยเครื่องนับรถอัตโนมัติตลอดทั้งปี ดังสมการ

$$\text{Hourly Proportion} = \frac{\sum_{n=1}^{N}\left(\frac{\text{Volume}_{hn}}{\text{ADT}_n}\right)}{N}$$

โดยที่

Hourly Proportion คือ สัดส่วนของปริมาณการจราจรรายชั่วโมงต่อปริมาณการจราจรตลอดวัน (คัน/ชั่วโมง)

Volume คือ ปริมาณการจราจรใน 1 ชั่วโมง (คัน/ชั่วโมง)

N	คือ วันที่ทำการวิเคราะห์
N	คือ จำนวนวันที่มีการบันทึกข้อมูลปริมาณการจราจร
H	คือ ชั่วโมงที่ทำการวิเคราะห์ (08.00 น. - 12.00 น., 14.00 - 18.00 น.)

นอกจากนี้ กรมทางหลวงได้วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการแปลงค่าปริมาณการจราจร AADT ให้เป็นค่าปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่ง สามารถพิจารณาได้จากสัดส่วนค่าปริมาณการจราจรตลอดวัน กับปริมาณการจราจรรายชั่วโมง โดยอาศัยข้อมูลตามช่วงเวลาที่พิจารณา (รายวัน รายเดือน รายปี) ดังสมการ

$$\text{Daily Hourly Factor} = \frac{\mathbf{ADT_n}}{\mathbf{DV_{hn}}}$$

$$\text{Monthly Hourly Factor} = \frac{\sum_{\mathbf{n=1}}^{\mathbf{N}} \mathbf{ADT_n}}{\mathbf{AMV_{hm}}}$$

$$\text{Hourly Factor} = \frac{\mathbf{AADT}}{\mathbf{AHV_h}}$$

โดยที่

Daily Hourly Factor	คือ สัดส่วนของปริมาณการจราจรตลอดวันต่อปริมาณการจราจรรายชั่วโมงในวันและชั่วโมงที่พิจารณา
Monthly Hourly Factor	คือ สัดส่วนของปริมาณการจราจรตลอดวันเฉลี่ยตลอดเดือนต่อปริมาณการจราจรรายชั่วโมงเฉลี่ยตลอดเดือนในเดือน และชั่วโมงที่พิจารณา
Hourly Factor	คือ สัดส่วนของปริมาณการจราจรตลอดวันเฉลี่ยตลอดปีต่อปริมาณการจราจรรายชั่วโมงเฉลี่ยตลอดปีในชั่วโมงที่พิจารณา
$\mathbf{DV_h}$	คือ ปริมาณการจราจรรายชั่วโมงที่พิจารณาในชั่วโมงที่ h (Daily Volume) (คัน/ชั่วโมง
AMVhm	คือ ปริมาณการจราจรรายชั่วโมงที่พิจารณาเฉลี่ยตลอดเดือนที่
M	ในชั่วโมงที่ h (Average Monthly Volume) (คัน/ชั่วโมง)

AHVhm	คือ ปริมาณการจราจรรายชั่วโมงที่พิจารณาเฉลี่ยตลอดปีในชั่วโมงที่ h (Average Hourly Volume) (คัน/ชั่วโมง)
AADT	คือ ปริมาณการจราจรตลอดวันเฉลี่ยตลอด (คัน/24 ชั่วโมง)
N	คือ เดือนที่ทำการวิเคราะห์
E	คือ จำนวนวันที่มีการบันทึก

(2) การคัดเลือกตัวแทนชั่วโมงคับคั่ง โดยคัดเลือก Hourly Proportion ที่สามารถใช้เป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่ง ซึ่งมีทั้งตัวแทนของช่วงเวลาเช้าและช่วงเวลาเย็นโดยการวิเคราะห์ค่า Houry Proportion ในช่วงเวลาที่กำหนดข้างต้น เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการจราจรในชั่วโมงที่เหมาะสมต่อการเป็นตัวแทนเมื่อเปรียบเทียบกับ ADT โดยอาศัยค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (Correlation : r) ในการพิจารณา ซึ่งจะท้อนถึงระดับความสัมพันธ์ ของสัดส่วนปริมาณการจราจรในชั่วโมงดังกล่าว กับปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT) โดยที่

- หากค่า r มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าช่วงเวลาดังกล่าว ไม่เหมาะสมที่จะนำไปพิจารณาต่อได้
- หากค่า < มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าช่วงเวลาดังกล่าว เหมาะสมที่จะนำไปพิจารณาต่อได้

โดยพิจารณาค่า r ที่มากที่สุดเป็นหลักในการเลือกตัวแทนช่วงเวลาคับคั่งสำหรับช่วงเวลาเช้าและช่วงเวลาเย็น

(3) การหารูปแบบของสมการในการพยากรณ์ปริมาณการจราจรในช่วงเวลาคับคั่ง โดยวิเคราะห์จากสมการทั้ง 6 รูปแบบ ดังสมการ

Linear : $Y=a+bX$ **หรือ** $1/Y = a+bX$

Parabolic : $Y=a+bX+cX^2$

Logarithmic : $Y=a+b\ ln\ X$

Hyperbolic : $Y=a+b(1/X)$

Power : $Y=aX^b$

Exponential : $Y=ae^{bX}$

โดยที่

X = ปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยต่อวัน

Y = ปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่ง

โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาค่า F จากตาราง ANOVA จากการวิเคราะห์ทั้ง 6 สมการจะแสดงค่าพารามิเตอร์ *a b* และ *c* ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์สำหรับตัวแปรรวมถึงค่าทางสถิติประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และค่า F-Test ของสมการพยากรณ์ปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่งในช่วงเวลาเช้าและช่วงเวลาเย็น จากนั้นนำค่า F-Test ที่ได้จากการคำนวณสมการไปเปรียบเทียบกับค่า F-Test จากการเปิดตาราง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อเลือกสมการที่เหมาะสม

โดยที่

- หากค่า F-Test ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า F-Test ที่เปิดตาราง จะเลือกสมการนั้น
- หากค่า F-Test ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า F-Test ที่เปิดตาราง จะไม่เลือกสมการนั้น

เมื่อได้สมการพยากรณ์ที่เหมาะสม จากนั้นพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เพื่อเลือกสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของช่วงเวลาเช้าและช่วงเวลาเย็น

(4) การตรวจสอบความถูกต้องของสมการ โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่งที่ได้จากสมการในขั้นตอนที่ 3) กับปริมาณการจราจรในชั่วโมงเดียวกันที่ได้จากเครื่องนับรถอัตโนมัติ โดยอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Z-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งหากผลการทดสอบสมติฐานด้วย Z-Test ไม่แตกต่างกัน รูปแบบการพยากรณ์ที่ได้สามารถนำมาพยากรณ์ปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่งในช่วงเวลาเช้า และช่วงเวลาเย็นได้

3) ปริมาณการจราจรเทียบความจุ (Vehicle Capacity Ratio : V/C)

ในการวิเคราะห์ดัชนีการจราจรติดขัด (Volume Capacity Ratio: V/C) และความหนาแน่นการจราจร (Traffic Density: D) เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกันของข้อมูล จึงมีสมการสำหรับการคำนวณพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- **ค่าดัชนีการจราจรติดขัด (Volume Capacity Ratio : V/C)**

การพยากรณ์รูปแบบของปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่ง (Peak hour Volume)

สมการพยากรณ์ในเขตกรุงเทพปริมณฑล $Y = 0.0671X$ (ปี 2566)

สมการพยากรณ์นอกเขตกรุงเทพปริมณฑล $Y = 0.2556X^{0.8979}$ (ปี 2566)

เมื่อ Y = ปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่ง (Peak hour Volume)

X = ปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT) หน่วยเทียบเท่ารถยนต์นั่ง

- **ปริมาณการจราจรบนทางหลวงในเวลาคับคั่ง (V)**

นำผลที่ได้ค่า Y ที่แบ่งตามประเภททางหลวงมาคำนวณค่าปริมาณจราจรบนทางหลวงในเวลาคับคั่งด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$V = \left[Y \times (1 - \frac{HV}{100})\right] + \left[Y \times (\frac{HV}{100}) \times 2\right]$$

เมื่อ V = ปริมาณการจราจรบนทางหลวงในเวลาคับคั่ง (PCU/ชั่วโมงคับคั่ง) หน่วย PCU

Y = ค่าประมาณร้อยละของปริมาณการจราจรในชั่วโมงคับคั่งหน่วย PCU

HV = อัตราส่วนร้อยของปริมาณรถขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดปี

- **ขีดความสามารถของทางหลวง**

คำนวณค่าขีดความสามารถของทางหลวง (C) โดยคำนึงถึงขีดความสามารถที่ลดลงอันเนื่องจากองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

ทางหลวงที่มีช่องจราจรมากกว่า *2* ช่องจราจร (Multilane)

$C = 2{,}200 \times R_L \times R_C \times R_N \times R_I \times R_J \times N$

ทางหลวงที่มีช่องจราจร *2* ช่องจราจร (Two lanes Two directions)

$C = 2{,}500 \times R_L \times R_C \times R_N \times R_I \times R_J$

เมื่อ R_L : ค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวงเนื่องจากความกว้างของช่องจราจร (Corrected by Lane width)

R_L = 1.00 เมื่อความกว้างช่องจราจร (WL) >= 3.25 เมตร

R_L = 0.24 X WL + 0.27 เมื่อ WL < 3.25 เมตร

R_C : แทนค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวงเนื่องจากความกว้างไหล่ทาง (Corrected by Lateral clearance)

R_C = 1.00 เมื่อความกว้างไหล่ทาง (WC) >= 0.75 เมตร

R_C = 0.18 x WC + 0.86 เมื่อ WC < 0.75 เมตร

R_N : แทนค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวงเนื่องจากยานพาหนะ 2 ล้อ (Corrected by Mixed with two - wheels vehicle)

$$R_N = \frac{100}{100 + 0.75MC}$$

MC : แทนร้อยละปริมาณการจราจรของรถจักรยานยนต์ต่อปริมาณการจราจรทุกประเภทยานพาหนะ

R_I : แทนค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวงเนื่องจากสภาพสองข้างทาง (Corrected by Roadside Situation)

R_I = 0.90 สำหรับค่าปรับของสองข้างทางนอกเมือง

R_I = 0.70 สำหรับค่าปรับของสองข้างทางในเขตกรุงเทพและปริมณฑล

R_J : แทนค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวงเนื่องจากปริมาณรถยนต์ขนาดใหญ่

$$R_J = \frac{1}{\left[(1 - \frac{\text{HV}}{100}) \times 1\right] + \left[(\frac{\text{HV}}{100}) \times 2\right]}$$

HV : แทนอัตราส่วนร้อยของปริมาณรถขนาดใหญ่

N : แทนจำนวนช่องจราจร

- **ค่าดัชนีการจราจรติดขัด**

ค่าดัชนีการจราจรติดขัด = $\frac{V}{C}$

เมื่อ V = ปริมาณการจราจรบนทางหลวงในชั่วโมงคับคั่ง

C = ค่าขีดความสามารถของทางหลวง

4) ค่าความหนาแน่นการจราจร (Traffic Density : D)

$$D = \frac{AADT}{24 \times N \times L}$$

เมื่อ AADT = ปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (PCU/วัน)

N = จำนวนช่องจราจร

L = ระยะทาง (กิโลเมตร)

ปัจจุบันการคำนวณความหนาแน่นของปริมาณจราจรบนทางหลวงใช้สมการคำนวณ ดังนี้

$$D = \frac{Peak\ Volume}{Lane} / Speed$$

เมื่อ Peak Volume = ปริมาณการจราจรสูงสุด (คันต่อชั่วโมง)

Lane = จำนวนช่องจราจร

Speed = ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

ดังนั้น ทางที่ปรึกษาได้ดำเนินการปรับการคำนวณความหนาแน่นของปริมาณจราจรบนระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System : TIMS) ให้ตรงกับสมการข้างต้นที่กล่าวมา

ตารางที่ 2-12 ระดับการให้บริการ (Level of Services : LOS)

ระดับการให้บริการ	V/C	ความหมาย
A	0.00 – 0.60	ระดับการให้บริการ (LOS) ระดับ A แสดงถึงกระแสจราจรสามารถไหลได้ตามอิสระ และมีกระแสจราจรบางส่วนที่เกือบเต็มความจุ ในการปล่อยกระแสจราจรจะไม่มียานพาหนะคันใดที่ต้องรอเกินหนึ่งสัญญาณไฟแดง ซึ่งสภาพการจราจรโดยทั่วไปค่อนข้างเบาบาง ทำการเลี้ยวได้ง่าย และทุกยานพาหนะจะมีการจราจรไหลได้แบบอิสระ
B	>0.60 – 0.70	ระดับการให้บริการ (LOS) ระดับ B หมายถึง การจราจรที่ยังคงเคลื่อนที่ได้ดีและอยู่ในสภาวะค่อนข้างคงที่ โดยในบางช่วงของการทำงานสัญญาณไฟจราจรจะมีปริมาณการจราจรใกล้เต็มความจุ ผู้ขับขี่อาจเริ่มรู้สึกถึงข้อจำกัดในการเคลื่อนที่
C	>0.70 – 0.80	ระดับการให้บริการ (LOS) ระดับ C แสดงถึง รอบสัญญาณไฟจราจรเต็มรูปแบบที่ยังคงเป็นช่วง ซึ่งในบางครั้งผู้ขับขี่ต้องรอสัญญาณไฟแดงมากกว่า 1 รอบและอาจเกิดการสะสมของยานพาหนะที่รอเลี้ยวด้านหลัง
D	>0.80 – 0.90	ระดับการให้บริการ (LOS) ระดับ D แสดงถึง ความครอบคลุมของโซนที่มีข้อจำกัดมากขึ้น ความล่าช้าของยานพาหนะที่เข้าใกล้ อาจเกิดในช่วงเวลาเร่งด่วน แต่มีรอบการสัญจรที่มีความต้องการต่ำกว่าที่เกิดขึ้นเพื่อให้สามารถลดแถวคอยเป็นระยะ ๆ จึงป้องกันการสะสมมากเกินไป
E	>0.90 – 1.00	ระดับการให้บริการ (LOS) ระดับ E แสดงถึง จำนวนยานพาหนะสูงสุดที่ทางเข้าสี่แยกใด ๆ สามารถรองรับได้ ที่ความจุเต็ม (V/C = 1.00) อาจมียานพาหนะจำนวนมากเกิดแถวคอยบริเวณทางแยก ก่อให้เกิดความล่าช้ามาก (สูงสุดถึงหลายรอบสัญญาณไฟจราจร)
F	>1.00	ระดับการให้บริการ(LOS) ระดับ F แสดงถึง สภาพการจราจรติดขัด การสะสมของยานพาหนะทั้งสายทางถูกจำกัด ดังนั้น ปริมาณการจราจรที่รองรับจึงไม่สามารถคาดเดาได้ ค่า V/C มีความแปรผันสูง เนื่องจากถูกขัดขวางโดยสภาพแวดล้อมภายนอก

ที่มา : 2010 Congestion Management Program for Los Angeles County

5) อัตราการเติบโตของปริมาณการจราจร (Traffic Growth Rate)

$$\left(\left(i = \sqrt[n]{\frac{F}{P}} - 1\right) \times 100\right) \text{ หรือ } \left(\left(\frac{F}{P}\right)^{\frac{1}{n}} - 1\right) \times 100$$

เมื่อ i = ร้อยละของอัตราการเติบโตของปริมาณการจราจร

F = จำนวนปริมาณการจราจรปีสิ้นสุด

P = จำนวนปริมาณการจราจรปีเริ่มต้น

n = ปีสิ้นสุด – ปีเริ่มต้น

หากต้องการหาอัตราการเติบโตเฉลี่ยของอัตราการเติบโตของปริมาณการจราจรหลาย ๆ ปี สามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยเลขคณิต ดังสมการ

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{N}$$

เมื่อ X_i = ร้อยละของอัตราการเติบโตของปริมาณการจราจรปีที่ i

N = จำนวนชุดข้อมูล

6) ปริมาณการเดินทาง (Vehicle-Kilometer : VK)

การวิเคราะห์คำนวณปริมาณการเดินทาง เป็นการคำนวณค่าปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยของยานพาหนะที่วิ่งบนโครงข่ายทางหลวง ซึ่งการคำนวณจะใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรบนทางหลวงทั่วประเทศในปีนั้น ๆ มาคำนวณปริมาณการเดินทางเฉพาะทางบำรุง (Vehicle-kilometer : VK) บนทางหลวงแต่ละสายทาง โดยมีสมการคำนวณดังนี้

VK = AADT x ระยะทาง x 365

เมื่อ VK = ปริมาณการเดินทาง (คัน-กิโลเมตร) และ (PCU-กิโลเมตร)

AADT = ปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (คัน/วัน)

ระยะทาง = ระยะทางที่ทราบ AADT (กิโลเมตร)

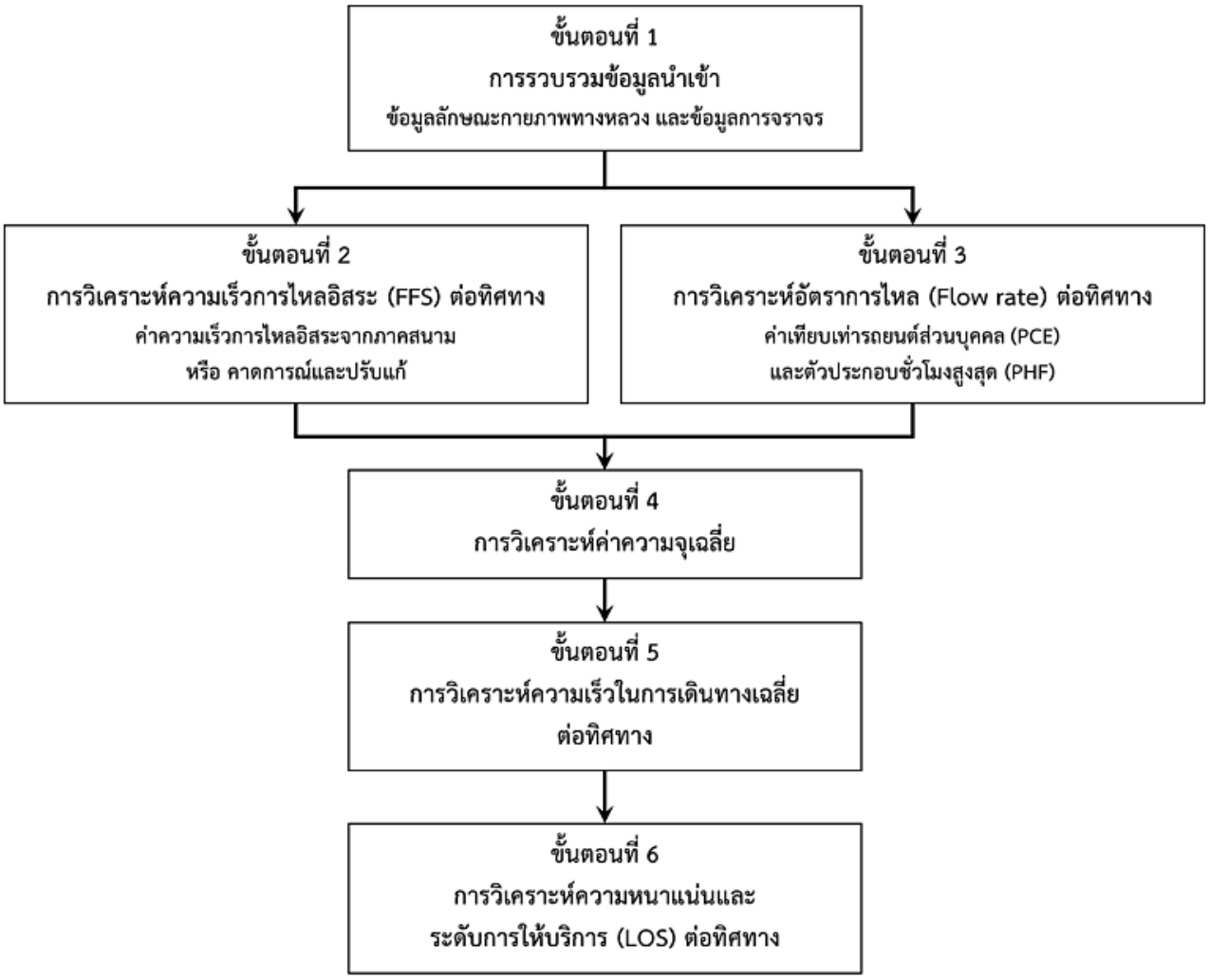
2.5.2 โครงการพัฒนาและจัดทำคู่มือความจุทางหลวงของประเทศไทยระยะที่ 1



รูปที่ 2-21 โครงการพัฒนาและจัดทำคู่มือความจุทางหลวงของประเทศไทยระยะที่ 1

จากการศึกษาโครงการพัฒนาและจัดทำคู่มือความจุทางหลวงของประเทศไทย ระยะที่ 1 มีแนวทางประเมินและวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highways) สามารถแบ่งการประเมินความจุและระดับการให้บริการออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ กรณีประเมินแยกแต่ละช่องจราจร และกรณีประเมินเฉลี่ยทุกช่องจราจรต่อทิศทาง ทั้งนี้ข้อมูลปริมาณจราจรในระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System : TIMS) ปัจจุบันเก็บเฉลี่ยทุกช่องต่อทิศทาง ในการศึกษาครั้งนี้จะมุ่งเน้นไปที่กรณีประเมินเฉลี่ยทุกช่องจราจรต่อทิศทาง โดยมีวิธีการประเมิน ดังนี้

1) การประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนน กรณีประเมินเฉลี่ยทุกช่องจราจรต่อทิศทาง



ที่มา: โครงการพัฒนาและจัดทำคู่มือความจุทางหลวงของประเทศไทย (ระยะที่ 1) 1 โครงการ รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report),กันยายน 2566

รูปที่ 2-22 ขั้นตอนการประเมินความจุและระดับการให้บริการ (LOS) ต่อทิศทาง

ขั้นตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- ข้อมูลลักษณะทางกายภาพถนน
  - ความกว้างช่องจราจร
  - ความกว้างไหล่ทางรวมทั้ง 2 ข้าง
  - รูปแบบเกาะกลาง (มี/ไม่มี)
  - ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อ (จุด/กิโลเมตร)
  - จำนวนช่องจราจร
  - ค่าความลาดชัน (Grade)
- ข้อมูลการจราจร
  - ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร (ถ้ามี)
  - ปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยต่อปี (AADT)
  - ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)
  - สัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง
  - สัดส่วนของปริมาณจราจรในชั่วโมงคับคั่ง

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางการหาค่า Free Flow Speed (FFS) สามารถหาได้ 2 วิธี ได้แก่

- วิธีการสำรวจข้อมูลความเร็วจากภาคสนาม

เป็นค่าที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (Field Measurement) โดยทำการสำรวจความเร็วของรถยนต์นั่งส่วน บุคคลทุกคันหรือสุ่มเลือกสำรวจอย่างเป็นระบบ (สำรวจทุก ๆ 10 คันในแต่ละช่องจราจร) และต้องทำการรวบรวมข้อมูลอย่างน้อย 100 คัน

- การประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทาง (Estimated FFS)

$$FFS = BFFS - f_{lw} - f_{tlc} - f_M - f_{APD}$$

โดยที่

FFS = ความเร็วอิสระในช่วงถนน (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

BFFS = ความเร็วที่กำหนด สำหรับถนนหลายช่องจราจรในช่วงถนน 90 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

f_{LW} = ค่าปรับแก้เนื่องจากความกว้างช่องจราจร (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

f_{TLC} = ค่าปรับแก้เนื่องจากความกว้างไหล่ทาง (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

f_M = ค่าปรับแก้เนื่องจากประเภทเกาะกลาง (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

f_{APD} = ค่าปรับแก้เนื่องจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow Rate) โดยประเมินทุกช่องจราจร

$$v = \frac{VxDxK}{NxPHF}$$

โดยที่

v = อัตราการไหลสูงสุดเฉลี่ยต่อช่องจราจร (หน่วยเป็น passenger car unit ต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร)

V = ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันในหน่วย passenger car unit (หน่วยเป็น pcu ต่อวัน)

D = สัดส่วนการกระจายของการจราจร (สัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง)

K = สัดส่วนของการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน

PHF = ตัวประกอบชั่วโมงเร่งด่วน
(อัตราส่วนของปริมาณการจราจรต่อชั่วโมงต่อ
อัตราการไหลสูงสุดใน 15 นาที ภายในชั่วโมงนั้น)

N = จำนวนช่องจราจรในแต่ละทิศทาง

$$V = \frac{\sum(Vi\ x\ Ei)}{\sum Vi}$$

V = ปริมาณการจราจรทั้งหมดต่อวันในหน่วย Passenger Car Unit (pcu/วัน)

Vi = ปริมาณการจราจรต่อวันของยานพาหนะแต่ละประเภท (คัน/วัน)

Ei = ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลของยานพาหนะแต่ละประเภท (Passenger Car Equivalent: PCE)

$$PHF = \frac{V}{4xV_{15}}$$

PHF = ค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (Peak Hour Factor)

V = ปริมาณยานพาหนะในชั่วโมงสูงสุด (คัน/ชั่วโมง)

V_{15} = ปริมาณยานพาหนะสูงสุดในช่วงเวลา 15 นาที (คัน/15 นาที)

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) โดยวิธีประเมินทุกช่องจราจร

การหา Capacity สามารถหาได้จากการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) ดังตารางที่ 2-13 ต่อไปนี้

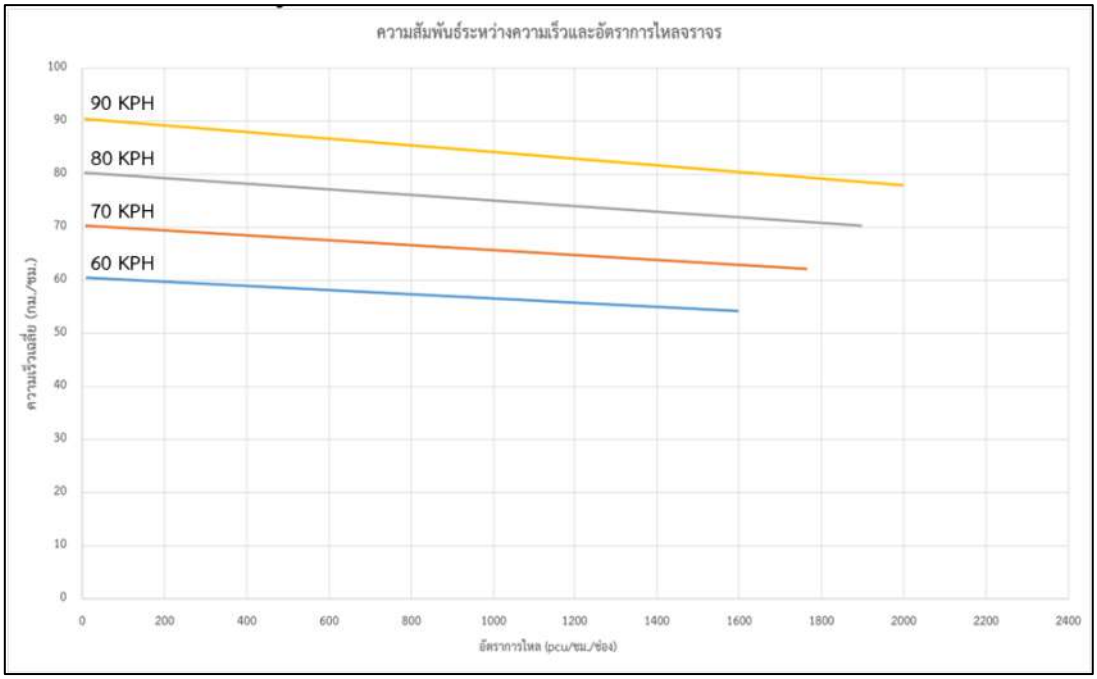
ตารางที่ 2-13 ค่าความจุทางหลวงเฉลี่ยทุกช่องจราจรตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทาง

ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) (กม./ชม.)	**ความจุทางหลวง (Capacity) เฉลี่ยทุกช่องจราจร (PCU/ชม./ช่องจราจร)**
60	1,600
70	1,750
80	1,900
90	2,000

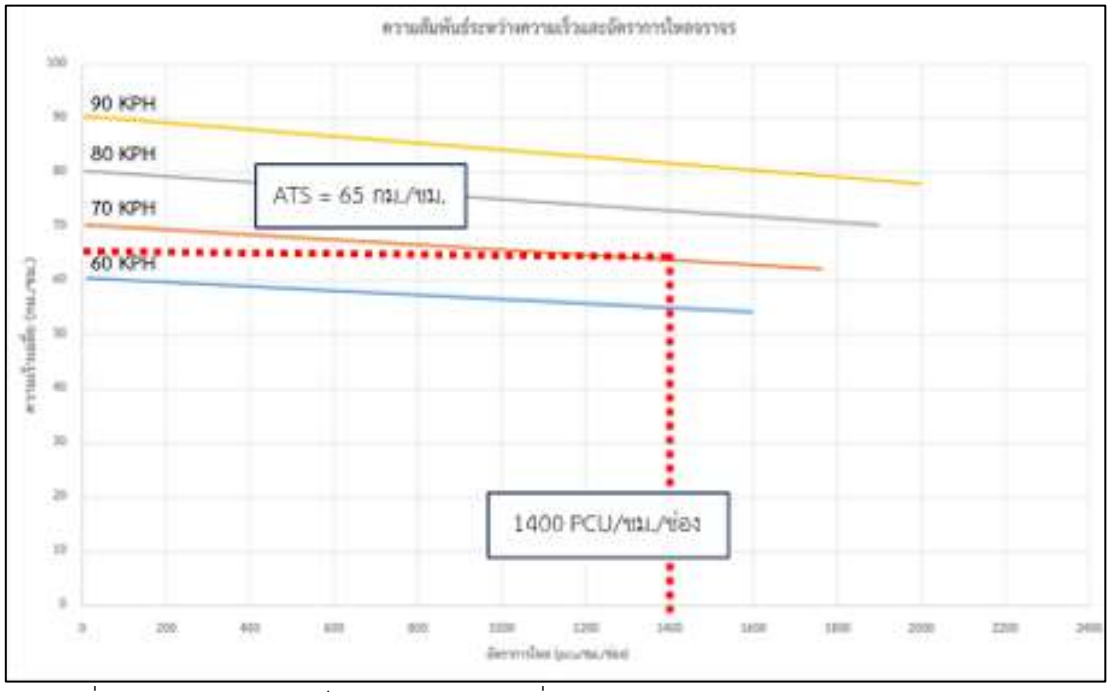
เมื่อทราบค่าความจุทางหลวงแล้ว จำเป็นต้องพิจารณาว่าการไหลของกระแสจราจรอยู่ในสภาวะอิ่มตัวหรือสัดส่วนอัตราการไหลการจราจรต่อความจุ (V/C) มากกว่า 1.0 หรือไม่ ซึ่งหาก V/C มีค่ามากกว่า 1.0 จะสรุปได้ว่า มีระดับการให้บริการที่ LOS F แต่หากมีค่าน้อยกว่า 1.0 ให้พิจารณาในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ต่อทิศทาง

ค่า ATS สามารถวิเคราะห์ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลการจราจรดังแสดงรูปที่ 2-23 และแสดงตัวอย่างการหาความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ดังแสดงรูปที่ 2-24



รูปที่ 2-23 ความสัมพันธ์ระหว่าง Speed-Flow แยกตามกลุ่มความเร็วการไหลอิสระ



รูปที่ 2-24 การหาความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) จากกราฟความสัมพันธ์ Speed-Flow

โดยจากรูปตัวอย่างทราบค่า Flowrate และ FFS จากขั้นตอนก่อนหน้าแล้ว ดังนั้น นำมาพลอตกราฟได้ดังรูปโดยลากจาก flowrate (X-axis) ที่ทราบไป FFS ที่เราทราบ จากนั้นลากเส้นแนวนอนไปหาค่า ATS

ขั้นตอนที่ 6 การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจรและระดับการให้บริการ

ความหนาแน่นจราจร (Density) สามารถคำนวนได้จากอัตราการไหลการจราจรหารด้วยความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ดังสมการ

$$D = \frac{V}{ATS}$$

โดยที่

D = ความหนาแน่นการจราจรเฉลี่ยทุกช่องจราจร
(หน่วยเป็น Passenger Car Unit ต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร)

V = อัตราการไหลสูงสุดเฉลี่ยทุกช่องจราจร
(หน่วยเป็น Passenger Car Unit ต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร)

ATS = ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยทุกช่องจราจร
(หน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง)

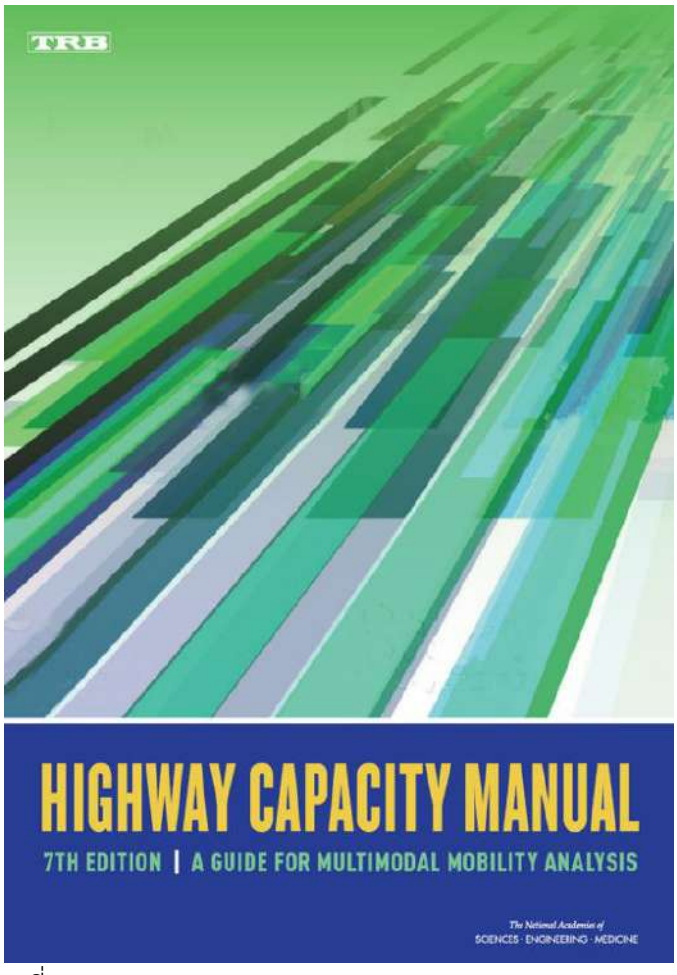
ซึ่งเมื่อคำนวณหา Density ได้แล้วจะสามารถหาระดับการให้บริการ (Level Of Service) ได้ตามตารางที่ 2-14

ตารางที่ 2-14 การประเมินระดับการให้บริการตามช่วงของความหนาแน่นการจราจร

ระดับการให้บริการ (LOS)	ความหนาแน่นการจราจร (PCU/ชม./ช่องจราจร)
A	≤7
B	> 7 - 11
C	> 11 - 16
D	> 16 - 22
E	> 22 – 30
F	> 30*

*หมายเหตุ : *เกณฑ์ความหนาแน่นการจราจรของระดับการให้บริการ (LOS) F มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละความเร็วการไหลอิสระ (FFS)*

2.5.3 Highway Capacity Manual 7th Edition (2022)

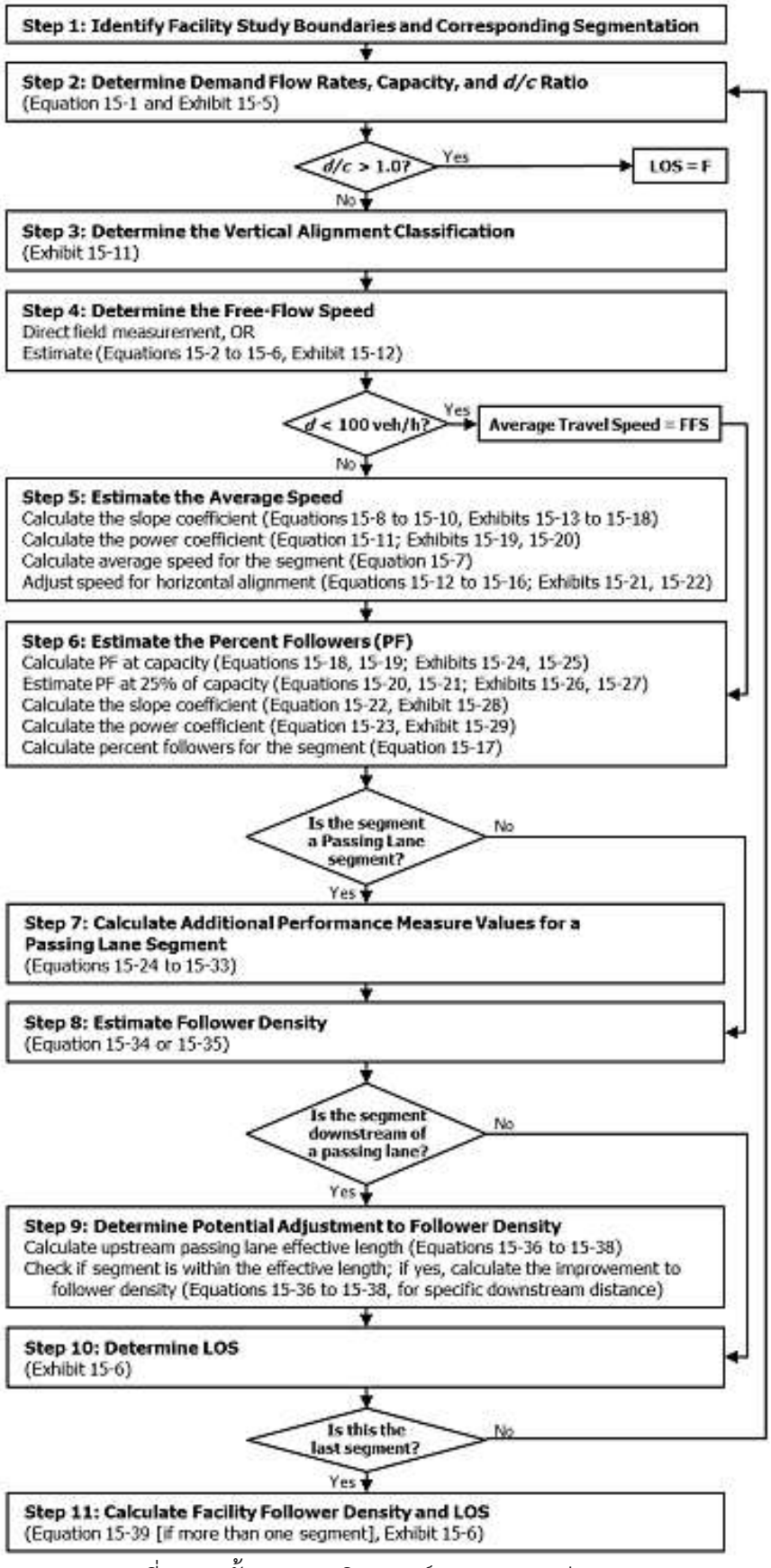


รูปที่ 2-25 Highway Capacity Manual 7th Edition (2022)

จากการศึกษา Highway Capacity Manual 7th Edition (2022) ได้ปรับปรุง วิธีการเคราะห์ทางหลวง 2 ช่องจราจร ที่เสนอการวิเคราะห์ความจุ และประสิทธิภาพการดำเนินงานของทางหลวง 2 ช่องจราจรที่ได้รับการปรับปรุง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) การวิเคราะห์ทางหลวง 2 ช่องจราจร

ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางหลวง 2 ช่องจราจรประกอบไปด้วย 11 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2-26 โดยขั้นตอนที่ 1 เป็นการแบ่งประเภทของช่วงถนน ขั้นตอนที่ 2–10 เป็นการวิเคราะห์ช่วงถนนตั้งแต่ต้นทางไปยังปลายทาง และขั้นตอนที่ 11 รวมผลการวิเคราะห์จากทุกช่วงถนนเพื่อการประเมินผลของสายทาง โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้



รูปที่ 2-26 ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางหลวง 2 ช่องจราจร

ขั้นตอนที่ 1 การระบุข้อมูลขอบเขตของสายทางและแบ่งช่วงถนน

การแบ่งช่วงถนน แบ่งออกเป็นช่วงถนนที่มีการจำกัดการแซง (Passing Constrained) ช่วงถนนที่อนุญาตให้แซงได้ (Passing Zone) และช่วงที่มีช่องสำหรับแซง (Passing Lane) ซึ่งแต่ละช่วงนั้นจะต้องมีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น ปริมาณความต้องการการเดินทาง ความชัน ความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทาง และความเร็วจำกัด เป็นต้น ในกรณีที่มีทางแยกสัญญาณไฟ ทางแยก ไม่มีสัญญาณไฟ และวงเวียนจะนับว่าเป็นจุดสิ้นสุดของช่วงถนน และจะเริ่มช่วงใหม่เมื่อผ่านทางแยก ดังรูปที่ 2-27 แสดงถึงค่าความยาวของช่วงถนนที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งช่วงถนนที่ใช้ในการคำนวณ ความเร็วและร้อยละของยานพาหนะที่ขับตาม

	Passing Constrained		Passing Zone		Passing Lane*	
Vertical Class	Minimum (mi)	Maximum (mi)	Minimum (mi)	Maximum (mi)	Minimum (mi)	Maximum (mi)
1	0.25	3.0	0.25	2.0	0.5	3.0**
2	0.25	3.0	0.25	2.0	0.5	3.0**
3	0.25	1.1	0.25	1.1	0.5	1.1**
4	0.5	3.0	0.5	2.0	0.5	3.0**
5	0.5	3.0	0.5	2.0	0.5	3.0**

หมายเหตุ : การแบ่งช่วง Vertical Class ให้พิจารณาตามขั้นตอนที่ 3

** ถ้าหากช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซงที่ยาวกว่า 3 ไมล์ สามารถวิเคราะห์ช่วงถนนนี้ให้เป็นทางหลวงหลายช่องจราจรได้*

***ใน Class ที่ 3 ค่ามากที่สุดของช่วงถนนจะมีค่าต่ำกว่า Class อื่น เนื่องจากผลกระทบจากความเสี่ยงในการใช้งานรถบรรทุก*

รูปที่ 2-27 ระยะทางที่ต่ำสุดและสูงสุดสำหรับช่วงถนน

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินอัตราการไหลของการจราจร ความจุถนน และอัตราส่วนของอัตราการไหลและความจุถนน (d/c Ratio)

- อัตราการไหลของกระแสจราจร

$$v_i = \frac{V_i}{PHF}$$

เมื่อ v_i = อัตราการไหลของกระแสจราจรในทิศทาง i (คัน/ชั่วโมง)

i = "d" ทิศทางที่ทำการวิเคราะห์ หรือ *"o"* ทิศทางฝั่งตรงข้าม

V_i = ปริมาณจราจรในทิศทาง i (คัน/ชั่วโมง) และ

PHF = ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด Peak Hour Factor

- ความจุถนน และอัตราส่วนของอัตราการไหลและความจุถนน (d/c Ratio)

สำหรับช่วงถนนที่มีการจำกัดการแซง และช่วงถนนที่ให้แซงได้ กำหนดให้มีความจุที่ 1,700 คัน/ชั่วโมง และสำหรับช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซงนั้นให้ดูตามรูปที่ 2-28

Heavy Vehicle Percentage (%)	Maximum Flow Rate (veh/h) by Vertical Class				
	1	2	3	4	5
< 5	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
≥ 5 < 10	1,500	1,500	1,500	1,500	1,400
≥ 10 < 15	1,400	1,400	1,400	1,300	1,300
≥ 15 < 20	1,300	1,300	1,300	1,300	1,200
≥ 20 < 25	1,300	1,300	1,300	1,200	1,100
≥ 25	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100

Note: Capacity is governed by merge point at end of passing lane segment.

รูปที่ 2-28 อัตราการไหลสูงสุดสำหรับช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซง

หากอัตราการไหลมีค่าเกินกว่าความจุถนน ให้ระดับการให้บริการอยู่ในระดับ LOS F และหยุดการวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินลำดับชั้น

การคำนวณความเร็วการไหลอิสระ ความเร็วเฉลี่ย และร้อยละของยานพาหนะที่ขับตามนั้น ต้องมีการจัดลำดับชั้นของถนนตามความยาวของช่วงถนนและความลาดชันเพื่อใช้ในการระบุค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมในการคำนวณ (ทางลาดชันขาลงเนิน/เขาให้ใช้ค่าตามวงเล็บ) ดังรูปที่ 2-29

Segment Length (mi)	Segment Percent Grade (%)									
	≤1	>1 ≤2	>2 ≤3	>3 ≤4	>4 ≤5	>5 ≤6	>6 ≤7	>7 ≤8	>8 ≤9	>9
≤0.1	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	2 (2)
>0.1 ≤0.2	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	2 (2)	3 (2)	3 (3)	3 (3)
>0.2 ≤0.3	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	3 (2)	3 (3)	4 (3)	4 (4)	5 (5)
>0.3 ≤0.4	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	3 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (4)	5 (5)	5 (5)
>0.4 ≤0.5	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (3)	5 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
>0.5 ≤0.6	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
>0.6 ≤0.7	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (2)	4 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
>0.7 ≤0.8	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (3)	4 (4)	5 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
>0.8 ≤0.9	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
>0.9 ≤1.0	1 (1)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
>1.0 ≤1.1	1 (1)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
>1.1	1 (1)	1 (1)	2 (2)	4 (4)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)

รูปที่ 2-29 การจัดลำดับชั้นของถนนสำหรับการวางตัวในแนวดิ่ง

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินความเร็วการไหลอิสระ (FFS)

การคำนวณความเร็วการไหลอิสระ (Free-Flow Speed : FFS) สามารถประเมินได้ 2 วิธี ดังนี้

- **การวัดความเร็วการไหลอิสระในภาคสนาม**

  การวัดความเร็วอิสระในภาคสนามจะทำการวัดทั้งสองทิศทางโดยในแต่ละทิศทางควรมีข้อมูลความเร็วอย่างน้อย 100 คันต่อทิศทาง ภายใต้สภาพการเดินทางที่มีปริมาณจราจรต่ำ

- **การประเมินความเร็วการไหลอิสระจากสมการ**

  หากข้อมูลภาคสนามไม่เพียงพอจะเข้าสู่ขั้นตอนนี้ โดยทั่วไปความเร็วการไหลอิสระบนทางหลวง 2 ช่องจราจรจะอยู่ในช่วง 40–75 ไมล์/ชั่วโมง โดยการประเมินนั้นจะต้องทำการระบุสภาพการใช้งานโดยใช้ความเร็วการไหลอิสระพื้นฐาน (Base Free-Flow Speed : BFFS) สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\boldsymbol{BFFS = 1.14 \times S_{pl}}$$

โดยที่ $\boldsymbol{BFFS}$ คือ ความเร็วการไหลอิสระพื้นฐาน (ไมล์/ชั่วโมง)

$\boldsymbol{Spl}$ คือ ความเร็วที่จำกัด (ไมล์/ชั่วโมง)

ซึ่งความเร็วการไหลอิสระ *(FFS)* สามารถคำนวณตามสมการได้ดังนี้

$$\boldsymbol{FFS = BFFS - a(HV\%) - f_{ls} - f_A}$$

โดยที่

$$\mathbf{a = max\left[0.0333, a_0 + a_1 \times BFFS + a_2 \times L + max(0, a_3 + a_4 \times BFFS + a_5 \times L) \times \frac{v_0}{1000}\right]}$$

โดยที่

FFS = ความเร็วการไหลอิสระในทิศทางที่ทำการวิเคราะห์ (ไมล์/ชั่วโมง)

$BFFS$ = ความเร็วการไหลอิสระพื้นฐาน (ไมล์/ชั่วโมง)

$HV\%$ = ร้อยละของยานพาหนะขนาดใหญ่ในทิศทางที่วิเคราะห์ (%) (เช่น 5% มีค่าเท่ากับ5)

f_{ls} = ค่าปรับแก้สำหรับความกว้างช่องจราจรและไหล่ทาง (ไมล์/ชั่วโม)

f_A = ค่าปรับแก้สำหรับทางเชื่อมเข้า-ออก (ไมล์/ชั่วโมง)

$a_0 - a_5$ = ค่าสัมประสิทธิ์จากรูปที่ 2-30

Vertical Class	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	−0.45036	0.00814	0.01543	0.01358	0.00000	0.00000
3	−0.29591	0.00743	0.00000	0.01246	0.00000	0.00000
4	−0.40902	0.00975	0.00767	−0.18363	0.00423	0.00000
5	−0.38360	0.01074	0.01945	−0.69848	0.01069	0.12700

รูปที่ 2-30 ค่าสัมประสิทธิ์ $a_0 - a_5$

L = ความยาวช่วงถนน (ไมล์)

v_0 = อัตราการไหลของการจราจรในทิศทางตรงข้าม (คัน/ชั่วโมง) มีค่าเท่ากับ1,500 ในช่วงถนนที่มีการจำกัดการแซง และมีค่าเท่ากับ 0 ในช่วงถนนที่มีช่องสำหรับการแซง

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินความเร็วเฉลี่ย

หากอัตราการไหลมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 คัน/ชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย (Average Speed : S) จะมีค่าเท่ากับความเร็วการไหลอิสระ และสามารถข้ามขั้นตอนที่ 5 นี้ได้ ถ้าหากอัตราการไหลมีค่ามากกว่า 100 คัน/ชั่วโมง สามารถคำนวณความเร็วเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้

$$S = \begin{cases} FFS & v_d \le 100 \\ FFS - m\left(\frac{v_d}{1{,}000} - 0.1\right)^p & v_d \ge 100 \end{cases}$$

โดยที่

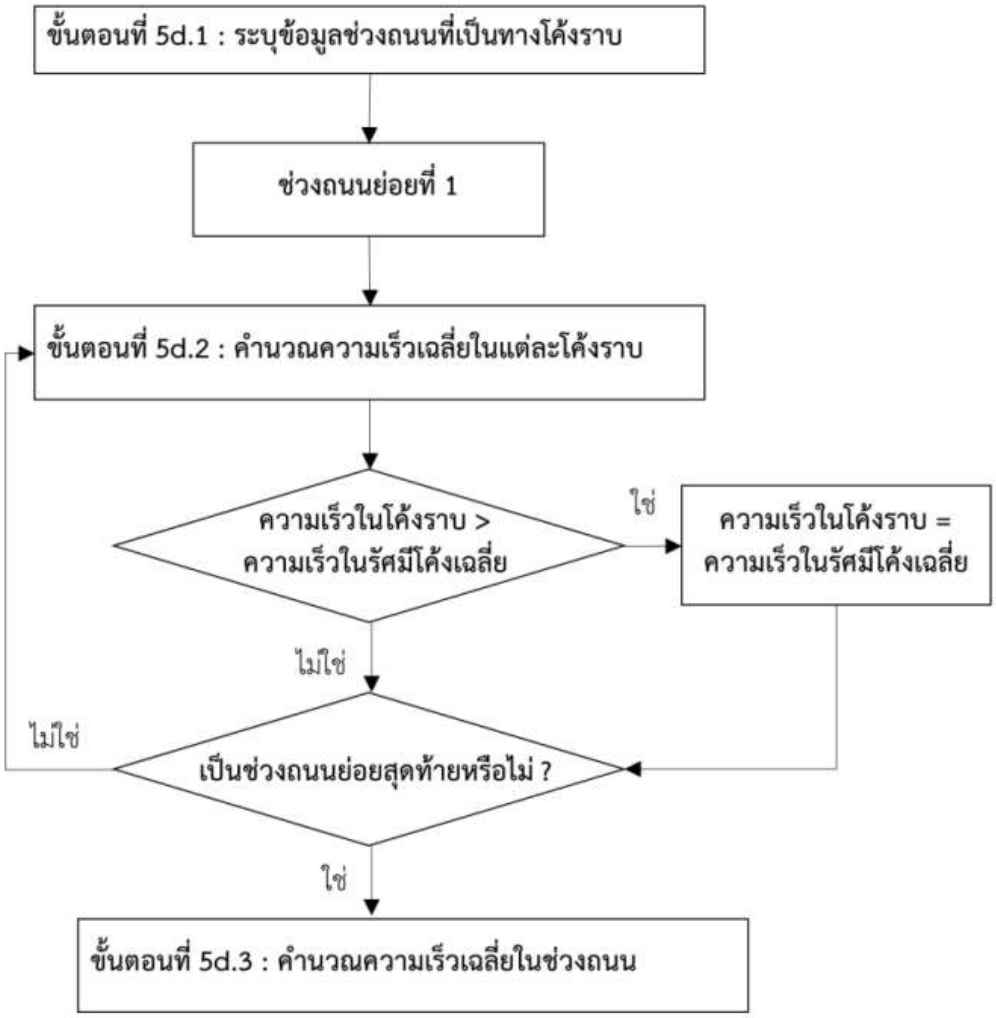
S = ค่าความเร็วเฉลี่ยในทิศทางที่วิเคราะห์ (ไมล์/ชั่วโมง)

v_d = อัตราการไหลในทิศทางที่วิเคราะห์ (คัน/ชั่วโมง)

m = ค่าสัมประสิทธิ์ความชัน

p = ค่าสัมประสิทธิ์กำลัง

หากสายทางที่ประเมินมีโค้งราบให้ดำเนินการตามขั้นตอนการปรับแก้ค่าความเร็วสำหรับโค้งราบ ดังรูปที่ 2-31



รูปที่ 2-31 ขั้นตอนการคำนวณค่าปรับแก้ความเร็วเฉลี่ยสำหรับโค้งราบ

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินร้อยละยานพาหนะที่ขับตาม

$$\mathbf{PF = 100 \times \left[1 - e^{\left(m \times \left\{\frac{v_d}{1000}\right\}^p\right)}\right]}$$

โดยที่

PF = ร้อยละยานพาหนะที่ขับตามในทิศทางที่วิเคราะห์ (%)

v_d = อัตราการไหลในทิศทางที่วิเคราะห์ (คัน/ชั่วโมง)

m = สัมประสิทธิ์ความชัน

p = สัมประสิทธิ์กำลัง

- การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความชัน มีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

$$m = d_1\left(\frac{0-\ln\left[1-\frac{PF_{25cap}}{100}\right]}{0.25\left[\frac{cap}{1000}\right]}\right)+d_2\left(\frac{0-\ln\left[1-\frac{PF_{cap}}{100}\right]}{\left[\frac{cap}{1000}\right]}\right)$$

โดยที่

PF_{cap} = ร้อยละยานพาหนะที่ขับตามในแต่ละอัตราการไหลตามความจุในทิศทางที่วิเคราะห์

PF_{25cap} = ร้อยละยานพาหนะที่ขับตามที่ร้อยละ 25 ของความจุถนนความจุในทิศทางที่วิเคราะห์

cap = ความจุของทิศทาง (รถ/ชั่วโมง)

d_1และd_2 = ค่าสัมประสิทธิ์ดังรูปที่ 2-32

Segment Type	d_1	d_2
Passing Constrained and Passing Zone	−0.29764	−0.71917
Passing Lane	−0.15808	−0.83732

รูปที่ 2-32 ค่าสัมประสิทธิ์ความชัน

- การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์กำลัง มีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

$$p = e_0 + e_1\left(\frac{0-ln\left[1-\frac{PF_{25cap}}{100}\right]}{0.25\left[\frac{cap}{1000}\right]}\right)+e_2\left(\frac{0-ln\left[1-\frac{PF_{25cap}}{100}\right]}{\left[\frac{cap}{1000}\right]}\right)+e_3\left(\frac{0-ln\left[1-\frac{PF_{25cap}}{100}\right]}{0.25\left[\frac{cap}{1000}\right]}\right)+e_4\left(\frac{0-ln\left[1-\frac{PF_{25cap}}{100}\right]}{\left[\frac{cap}{1000}\right]}\right)$$

โดยที่

PF_{cap} = ร้อยละยานพาหนะที่ขับตามในแต่ละอัตราการไหลตามความจุในทิศทางที่วิเคราะห์

PF_{25cap} = ร้อยละยานพาหนะที่ขับตามที่ร้อยละ 25 ของความจุถนนความจุในทิศทางที่วิเคราะห์

cap = ความจุของทิศทาง (รถ/ชั่วโมง)

e_0และe_4 = ค่าสัมประสิทธิ์ ดังรูปที่ 2-33

Segment Type	e_0	e_1	e_2	e_3	e_4
Passing Constrained and Passing Zone	0.81165	0.37920	−0.49524	−2.11289	2.41146
Passing Lane	−1.63246	1.64960	−4.45823	−4.89119	10.33057

รูปที่ 2-33 ค่าสัมประสิทธิ์กำลัง

เมื่อดำเนินการประเมินร้อยละของยานพาหนะที่ขับตามเรียบร้อยแล้ว หากเป็นช่วงถนนที่จำกัดการแซง (Passing Constrained) และช่วงถนนที่ให้แซงได้ (Passing Zone) ให้ข้ามไปที่ขั้นตอนที่ 8 ทั้งนี้หากเป็นช่วงถนนที่ช่องจราจรสำหรับแซง (Passing Lane) ให้ดำเนินการต่อที่ขั้นตอนที่ 7 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 7 การคำนวณดัชนีประสิทธิภาพสำหรับช่วงถนนที่ช่องจราจรสำหรับแซง (Passing Lane)

ในการคำนวณประสิทธิภาพของช่วงถนนนั้นจะมีการคำนวณในจุดที่สิ้นสุดช่วงถนน สำหรับช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซงนั้นในจุดสิ้นสุดของช่วงถนนจะมีลักษณะเป็นจุดรวมกระแสจราจร ดังนั้นในการวิเคราะห์สำหรับช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซงนั้น จะประเมินผลกระทบจากความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับขี่ตามและดัชนีอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อเป็นตัวแทนของประสิทธิภาพทั้งช่วงถนน

- การคำนวณอัตราการไหลในแต่ละช่องจราจรของช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซง มีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

$$\boldsymbol{FlowRate_{FL} = vd \times PropFlowRate_{FL}}$$
$$\boldsymbol{FlowRate_{SL} = vd \times (1 - PropFlowRate_{FL})}$$

โดยที่

$FlowRate_{FL}$ = อัตราการไหลในช่องจราจรที่มีความเร็วมากกว่า (คัน/ชั่วโมง)

$FlowRate_{SL}$ = อัตราการไหลในช่องจราจรที่มีความเร็วน้อยกว่า (คัน/ชั่วโมง)

vd = อัตราการไหลของการจราจรที่เข้าสู่ช่วงถนน (คัน/ชั่วโมง)

$PropFlowRate_{FL}$ = สัดส่วนของการไหลในช่องจราจรที่มีความเร็วมากกว่า (คัน/ชั่วโมง)

$$\mathbf{PropFlowRate_{FL} = 0.92183 - 0.05022 \times \ln(vd) - 0.00030 \times NumHV}$$

$NumHV$ = จำนวนยานพาหนะขนาดใหญ่ที่เข้าสู่ช่วงถนน (คัน)

$$\boldsymbol{NumHV = vd \times \frac{HV\%}{100}}$$

$HV\%$ = ร้อยละของยานพาหนะขนาดใหญ่ที่เข้าสู่ช่วงถนน (%)

- การคำนวณร้อยละของยานพาหนะขนาดใหญ่ของช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซง มีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

$$\boldsymbol{HV\%_{FL} = HV\% \times HVPropMultiplier_{FL}}$$

$$\boldsymbol{HV\%_{SL} = \frac{NumHV_{SL}}{FlowRate_{SL}} \times 100}$$

โดยที่

$HV\%_{FL}$ = ร้อยละของยานพาหนะขนาดใหญ่ในช่องที่มีความเร็วมากกว่า (%)

$HV\%_{SL}$ = ร้อยละของยานพาหนะขนาดใหญ่ในช่องที่มีความเร็วต่ำกว่า (%)

$HVPropMultiplier_{FL}$ = 0.4

$FlowRate_{SL}$ = อัตราการไหลในช่องจราจรที่มีความเร็วน้อยกว่า (คัน/ชั่วโมง)

$NumHV_{SL}$ = จำนวนยานพาหนะขนาดใหญ่ในช่องจราจรที่มีความเร็วต่ำกว่า

$$\boldsymbol{NumHV_{SL} = NumHV - (FlowRate_{FL} \times \frac{HV\%_{FL}}{100})}$$

$FlowRate_{FL}$ = อัตราการไหลในช่องจราจรที่มีความเร็วมากกว่า (คัน/ชั่วโมง)

- การคำนวณความเร็วเฉลี่ยของช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซง

การคำนวณให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับช่องจราจรสำหรับแซงและสมการจากขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 5 และใช้อัตราการไหลและร้อยละของยานพาหนะขนาดใหญ่สำหรับแต่ละช่องจราจรมีรายละเอียด ดังนี้

$$S_{PLimitd_FL} = S_{init_FL} + \frac{AvgSpeedDiffAdj}{2}$$

$$S_{PLimitd_SL} = S_{init_SL} + \frac{AvgSpeedDiffAdj}{2}$$

โดยที่

$S_{PLimitd_FL}$ = ความเร็วเฉลี่ยในช่องจราจรที่มีความเร็วมากกว่าในจุดกึ่งกลางของช่วงถนน (ไมล์/ชั่วโมง)

$S_{PLimitd_SL}$ = ความเร็วเฉลี่ยในช่องจราจรที่มีความเร็วต่ำกว่าในจุดกึ่งกลางของช่วงถนน (ไมล์/ชั่วโมง)

S_{init_FL} = ความเร็วเฉลี่ยเริ่มต้นในช่องจราจรที่มีความเร็วมากกว่า (ไมล์/ชั่วโมง)

S_{init_SL} = ความเร็วเฉลี่ยเริ่มต้นในช่องจราจรที่มีความเร็วต่ำกว่า (ไมล์/ชั่วโมง)

$AvgSpeedDiffAdj$ = ค่าปรับแก้ความเร็วเฉลี่ย

$$AvgSpeedDiffAdj = 2.750 + 0.00056 \times vd + 3.8521 \times \frac{HV\%}{100}$$

vd = อัตราการไหลของการจราจรที่เข้าสู่ช่วงถนน (คัน/ชั่วโมง)

$HV\%$ = ร้อยละของยานพาหนะขนาดใหญ่ที่เข้าสู่ช่วงถนน (%)

- การคำนวณร้อยละของยานพาหนะที่ขับตามของช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซง

การคำนวณให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับช่องจราจรสำหรับแซงและสมการจากขั้นตอนที่ 6 และใช้อัตราการไหลและร้อยละของยานพาหนะขนาดใหญ่สำหรับแต่ละช่องจราจรมีรายละเอียด ดังนี้

PF_{PLmid_FL} = ร้อยละของยานพาหนะที่ขับตามในจุดกึ่งกลางช่องจราจรที่มีความเร็ว มากกว่า (%)

$$PFcap = b0 + b1\,(L) + b2(\sqrt{L}) + b3\,(FFS) + b4(\sqrt{FFS}) + b5\,(HV\%_{FL}) + b6(\sqrt{HV}\%_{FL}) + b7\,(FFS \times HV\%_{FL})$$

PF_{PLmid_SL} = ร้อยละของยานพาหนะที่ขับตามในจุดกึ่งกลางช่องจราจรที่มีความเร็วต่ำ กว่า (%)

$$PFcap = b0 + b1\,(L) + b2(\sqrt{L}) + b3\,(FFS) + b4(\sqrt{FFS}) + b5\,(HV\%_{SL}) + b6(\sqrt{HV}\%_{SL}) + b7\,(FFS \times HV\%_{SL})$$

ขั้นตอนที่ 8 การประเมินความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตาม

จากการประเมินร้อยละยานพาหนะที่ขับตาม ในขั้นตอนที่ 6 และการคำนวณดัชนีประสิทธิภาพสำหรับช่วงถนนที่ช่องจราจรสำหรับแซง (Passing Lane) ในขั้นตอนที่ 7 สามารถประเมินความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตาม (PD / PD_{PLmid}) ได้ดังนี้

- สำหรับช่วงถนนที่ไม่มีช่องจราจรสำหรับแซง (Passing Constrained/ Passing Zone) สามารถคำนวณได้โดยสมการ ดังนี้

$$\boldsymbol{FD = \frac{PF}{100} \times \frac{v_d}{S}}$$

- สำหรับช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซง (Passing Lane) สามารถคำนวณได้โดยสมการดังนี้

$$\boldsymbol{FD_{PLmid} = \frac{\left(\frac{PF_{PLmid_FL}}{100} \times \frac{FlowRate_{FL}}{S_{PLmid_FL}}\right) \times \left(\frac{PF_{PLmid_SL}}{100} \times \frac{FlowRate_{SL}}{S_{PLmid_SL}}\right)}{2}}$$

ทั้งนี้ หากการประเมินความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตามเป็นช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซงบริเวณต้นทาง ให้ดำเนินการประเมินการปรับแก้ค่าความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตามในขั้นตอนที่ 9 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 9 การประเมินการปรับแก้ค่าความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตาม

เป็นการประเมินการปรับแก้ค่าความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตามที่มีช่องจราจรสำหรับแซงบริเวณต้นทางของช่วงถนนนั้นๆ มีรายละเอียด ดังนี้

$$\boldsymbol{FD_{adj} = \frac{PF}{100} \times \left(1 - \frac{\%Improve_{PF}}{100}\right) \times \frac{Flowrate}{S \times \left(1 + \frac{\%Improve_S}{100}\right)}}$$

โดยที่

$FDadj$ = ค่าปรับแก้ของความหนาแน่นยานพาหนะที่ขับตามของช่วงถนนตั้งแต่ช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซง (คัน/ไมล์)

PF = ร้อยละของยานพาหนะที่ขับตาม (%) คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 6

$\%Improve_{PF}$ = ร้อยละการปรับแก้ของร้อยละยานพาหนะที่ขับตามของช่วงถนนตั้งแต่ช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซง

$\%Improve_S$ = ร้อยละการปรับแก้ของความเร็วเฉลี่ยของช่วงถนนตั้งแต่ช่วงถนนที่มีช่องจราจรสำหรับแซง

$Flowrate$ = อัตราการไหลของการจราจร (คัน/ชั่วโมง) คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 10 การประเมินระดับการให้บริการ (LOS)

จากการประเมินความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตาม ในขั้นตอนที่ 8 และการประเมินการปรับแก้ค่าความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตาม ในขั้นตอนที่ 9 สามารถประเมินระดับการให้บริการของช่วงถนน (LOS) โดยการเปรียบเทียบความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตาม (FD / PD_{PLmid} / FD_{adj}) โดยใช้เกณฑ์ที่มีความเหมาะสมดังรูปที่ 2-34

LOS	Follower Density (followers/mi/ln)	
	Higher-Speed Highways Posted Speed Limit ≥ 50 mi/h	Lower-Speed Highways Posted Speed Limit < 50 mi/h
A	≤ 2.0	≤ 2.5
B	> 2.0 – 4.0	> 2.5 – 5.0
C	> 4.0 – 8.0	> 5.0 – 10.0
D	> 8.0 – 12.0	> 10.0 – 15.0
E	> 12.0	> 15.0
F	Demand exceeds capacity	

รูปที่ 2-34 ระดับการให้บริการสำหรับทางหลวง 2 ช่องจราจร

ขั้นตอนที่ 11 การวิเคราะห์ทั้งสายทาง

ในกรณีที่ต้องการวิเคราะห์การประเมินระดับการให้บริการ (LOS) ทั้งสายทาง ให้ดำเนินการวิเคราะห์ช่วงถนนตามขั้นตอนที่ 9 ที่ถูกแบ่งในขั้นตอนที่ 1 ให้ครบทุกช่วง เพื่อให้ได้ค่าความหนาแน่นยานพาหนะที่ขับตามเฉลี่ยทั้งสายทาง โดยค่าระยะทางที่ต่ำสุดและสูงสุดในขั้นตอนที่ 1 จะไม่นำมาคำนวณในขั้นตอนนี้ สามารถค่าความหนาแน่นยานพาหนะที่ขับตามเฉลี่ยทั้งสายทางได้ดังนี้

$$FD_F = \frac{\sum_{i=1}^{n} FD_i \times L_i}{\sum_{i=1}^{n} \times L_i}$$

โดยที่

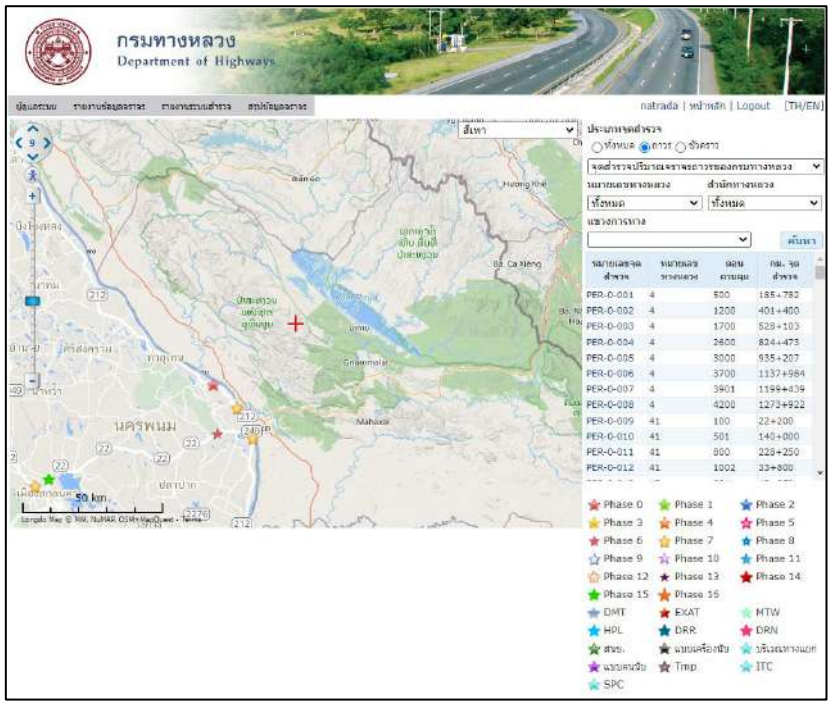
FD_F = ความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตามเฉลี่ยในทิศทางที่วิเคราะห์ (คัน/ไมล์)

FD_i = ความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตาม หรือค่าปรับแก้ของความหนาแน่นในช่วงถนนที่ *i* ของทิศทางที่วิเคราะห์ (คัน/ไมล์)

L_i = ระยะทางจริงของช่วงถนน *i* (ไมล์)

จากนั้นประเมินระดับการให้บริการของช่วงถนน (LOS) โดยการเปรียบเทียบความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตามเฉลี่ยในทิศทาง (FD_F) โดยใช้เกณฑ์ที่มีความเหมาะสม

2.5.4 ศูนย์บริหารจัดการจราจรและอุบัติเหตุ (Highway Traffic Operation Center : HTOC)



รูปที่ 2-35 ตัวอย่างหน้าระบบศูนย์บริหารจัดการจราจรและอุบัติเหตุ (HTOC)

จากการศึกษาระบบของศูนย์บริหารจัดการจราจรและอุบัติเหตุ (HTOC) มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจราจร ดังนี้

1. รายงานด้านปริมาณจราจร
   - รายงานปริมาณจราจรรายชั่วโมง
   - รายงานปริมาณจราจรต่อวันในแต่ละสัปดาห์
   - รายงานปริมาณจราจรต่อวันในรอบปี
   - รายงานปริมาณจราจรต่อวันเฉพาะวันธรรมดาในรอบปี
   - รายงานปริมาณจราจรต่อวัน (Daily Traffic)
   - รายงานปริมาณจราจรในชั่วโมงสูงสุด
   - รายงานปริมาณจราจร Micro count
2. Lane Distribution Factor
3. Seasonal Factor
4. รายงานความเร็วเฉลี่ย

ซึ่งการศึกษาในข้อที่ 2.1.5.1 – 2.1.5.3 สามารถสรุปการประเมินและวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highways) และทางหลวง 2 ช่องจราจร (Two-Lane Highways) เปรียบเทียบกับการประเมินระบบ TIMS ในปัจจุบัน ได้ดังตารางที่ 2-15

ตารางที่ 2-15 การเปรียบเทียบการประเมินแบบใหม่ กับการประเมินระบบ TIMS ในปัจจุบัน

รายการ	**ระบบ TIMS (ข้อ 2.1.5.1)**	**Multilane Highways (ข้อ 2.1.5.2)**	**Two-Lane Highways (ข้อ 2.1.5.3)**
การจำแนกประเภททางหลวง	- ในเขตกรุงเทพมหานคร - นอกเขตกรุงเทพมหานคร	จำแนกเป็นสองประเภทตามความเร็วจำกัด - มากกว่าหรือเท่ากับ 50 ไมล์/ชม. - น้อยกว่า 50 ไมล์/ชม	จำแนกเป็นสองประเภทตามความเร็วจำกัด - มากกว่าหรือเท่ากับ 50 ไมล์/ชม. - น้อยกว่า 50 ไมล์/ชม
ดัชนีประเมินระดับการให้บริการ (LOS)	ค่าดัชนีการจราจรติดขัด (V/C)	ความหนาแน่นการจราจร (Density)	ความหนาแน่นของผู้ขับตาม (Follower Density)
การแบ่งประเภทช่วงถนน	ไม่ได้ระบุ	ไม่ได้ระบุ	ระบุเป็น 3 ประเภท ได้แก่ - เขตที่มีการจำกัดการแซง (Passing Constrained) - เขตที่อนุญาตให้แซงได้ (Passing Zone) - เขตที่มีช่องสำหรับแซง (Passing Lane)
ความจุทางหลวง (Capacity)	ช่องจราจรมากกว่า 2 ช่องจราจร $C = 2{,}200 \times R_L \times R_c \times R_N \times R_I \times R_J \times N$ ช่องจราจร 2 ช่องจราจร $C = 2{,}500 \times R_L \times R_c \times R_N \times R_I \times R_J$	หาจากการ interpolation จากตารางค่าความจุเฉลี่ยทุกช่องจราจรตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS)	- เขตที่มีการจำกัดการแซง (Passing Constrained) และเขตที่อนุญาตให้แซงได้ (Passing Zone) มีความจุ 1,700 คัน/ชม. - เขตที่มีช่องสำหรับแซง (Passing Lane) เป็นไปตามรูปที่ 2-28
ความหนาแน่นการจราจร (Density)	$D = \frac{AADT}{24 \times N \times L}$	$D = \frac{V}{ATS}$	ความหนาแน่นของยานพาหนะที่ขับตาม - เขตที่มีช่องสำหรับแซง (Passing Lane) = FD_{PLmid} - เขตที่มีการจำกัดการแซง (Passing Constrained) และเขตที่อนุญาตให้แซงได้ (Passing Zone) = FD

จากการศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highways) และทางหลวง 2 ช่องจราจร (Two-Lane Highways) ซึ่งอ้างอิงตาม Highway Capacity Manual 7th (2022) พบว่า ใช้การวิเคราะห์ความหนาแน่น (Density) กำหนดการประเมินระดับการให้บริการ (Level of Service: LOS) เนื่องจากความหนาแน่นสัมพันธ์โดยตรงกับความแออัดในการขับขี่ เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น การให้บริการจะลดลง ซึ่งส่งผลให้ระดับการให้บริการ (Level of Service: LOS) ที่ประเมินได้มีความสัมพันธ์กับสภาพการจราจรจริงบนถนน

และทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highways) ใช้การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ในการกำหนดค่าความจุทางหลวง (Capacity) สำหรับทางหลวง 2 ช่องจราจร (Two-Lane Highways) เขตที่มีการจำกัดการแซง (Passing Constrained) และเขตที่อนุญาตให้แซงได้ (Passing Zone) มีค่าความจุทางหลวง (Capacity) เท่ากับ 1,700 คัน/ชม. ในส่วนเขตที่มีช่องสำหรับแซง (Passing Lane) ให้เป็นไปตามรูปที่ 2-28 และหากอัตราการไหลมีค่าเกินกว่าความจุถนนให้ระดับการให้บริการอยู่ในระดับ LOS F

ทั้งนี้ การประเมินทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highways) และการประเมินของทางหลวง 2 ช่องจราจร (Two-Lane Highways) จากการตรวจสอบข้อมูลด้านการจราจรของกรมทางหลวงในปัจจุบันจะพบว่ามีข้อมูลรองรับในการใช้วิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณจราจรสูงสุด 15 นาที ปริมาณจราจรสูงสุด 1 ชั่วโมง และความเร็ว ได้จากระบบ HTOC ความกว้างช่องจราจร ความกว้างไหล่ทาง และจำนวนช่องจราจร ได้จากระบบ TIMS (บัญชีสายทาง) และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง แต่การประเมินของทางหลวง 2 ช่องจราจร (Two-Lane Highways) ยังมีข้อจำกัดในการจำแนกประเภทของช่วงถนนตามการแซงทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ เขตที่มีการจำกัดการแซง (Passing Constrained) เขตที่อนุญาตให้แซงได้ (Passing Zone) และเขตที่มีช่องสำหรับแซง (Passing Lane) ได้ชัดเจน ดังนั้นในอนาคตเพื่อความสมบูรณ์ในการวิเคราะห์ควรต้องมีการกำหนดและจัดเก็บประเภทของช่วงถนนต่อไป

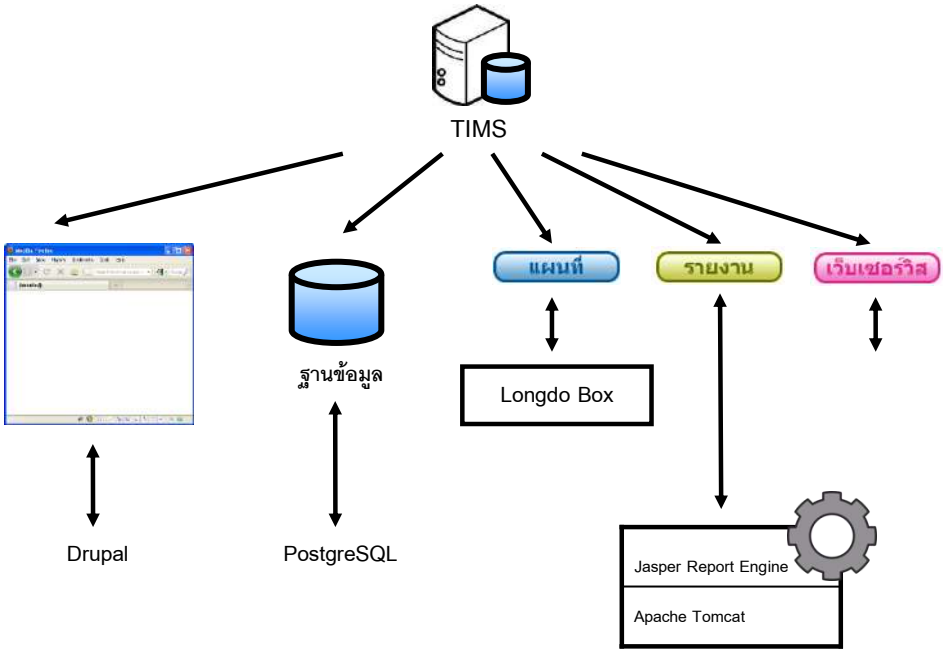
2.6 ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์รายละเอียดและรูปแบบโครงสร้างฐานข้อมูลสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) พจนานุกรม ฐานข้อมูล (Data Dictionary) ของระบบต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงศึกษาความต้องการ ในการใช้งานระบบและฐานข้อมูลที่จำเป็น เพื่อวางแนวทางในการบูรณาการข้อมูลร่วมกันอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน

ที่ปรึกษาได้ทำการศึกษา ทบทวนรายละเอียดและรูปแบบโครงสร้างฐานข้อมูลทั้งสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) ของระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลปริมาณจราจร กรมทางหลวงที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงศึกษาความต้องการในการใช้งานระบบและฐานข้อมูลที่จำเป็น เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อการวางแผนงานทาง ตลอดจนการบูรณาการข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และสามารถส่งออกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.6.1 ศึกษา ทบทวนโครงสร้างฐานข้อมูลสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) พจนานุกรม ฐานข้อมูล (Data Dictionary) ของระบบ TIMS

2.6.1.1 ระบบสารสนเทศปริมาณจราจร (TIMS) สำนักอำนวยความปลอดภัย

ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System : TIMS) เป็นอีกระบบหนึ่งที่น่าสนใจ โดยระบบ TIMS จะแสดงข้อมูลค่าปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ย (AADT) ต่าง ๆ พร้อมทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลค่าปริมาณการจราจร เช่น จุดสำรวจ ผลการสำรวจ เป็นต้น รายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ในระบบ TIMS ดังรูปที่ 2-36



รูปที่ 2-36 การทำงานของระบบ TIMS

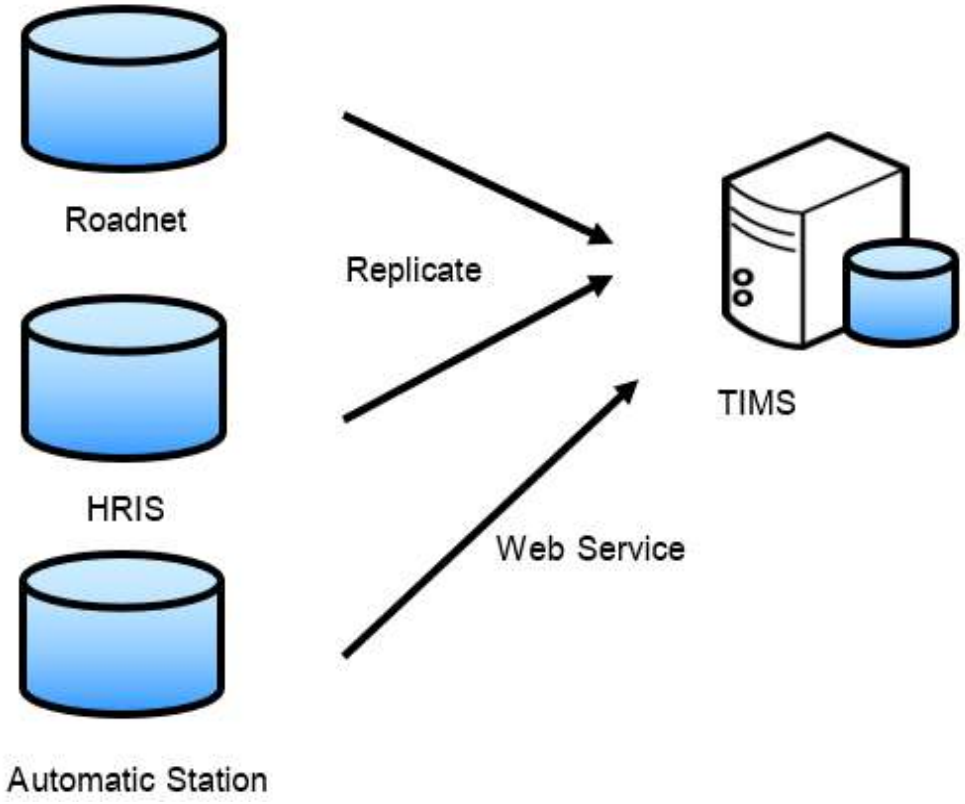
ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวงประกอบด้วยเมนูการใช้งานด้วย 9 ส่วน ดังนี้

- **จุดสำรวจ** มีหน้าที่แสดงจุดสำรวจของแต่ละแขวงทั่วประเทศ
- **ข้อมูลการสำรวจ**มีหน้าที่จัดการข้อมูลการสำรวจที่ทาง สำนักอำนวยความปลอดภัย (สป.) สั่งสำรวจในแต่ละงวด
- **ผลสำรวจ** มีหน้าที่ในการแสดงปริมาณจราจรในแต่ละจุดสำรวจ โดยแยกขาเข้า-ขาออก เปรียบเทียบ 5 ปี ย้อนหลังระบบจะทำการประมวลผลและแสดงค่าปริมาณการจราจร ในแต่ละจุดสำรวจโดยแบ่งตามงวดการสั่งสำรวจที่มีการสำรวจ
- **AADT รายจุด** มีหน้าที่แสดงค่า AADT เป็นรายจุด ที่ทำการสำรวจปริมาณจราจรบนทางหลวงข้อมูลแสดงแยกตามสายทาง (แบ่งเป็นขาเข้า และขาออก) กม.เริ่มต้น และ กม.สิ้นสุด ประเภทจุดสำรวจ และค่า AADT ของจุดสำรวจนั้น ๆ
- **VK** มีหน้าที่แสดงค่า AADT และค่า VK เป็นรายสายทางการแสดงข้อมูล VK แยกตามสายทาง แบ่งเป็นช่วง กม.เริ่มต้น กม.สิ้นสุด สถานะ และค่าปริมาณการจราจรบนสายทางนั้น ๆ
- **รายงาน** มีหน้าที่ประมวลผลข้อมูลและออกเป็นรายงานสรุปผลเกี่ยวกับปริมาณจราจรบนทางหลวง

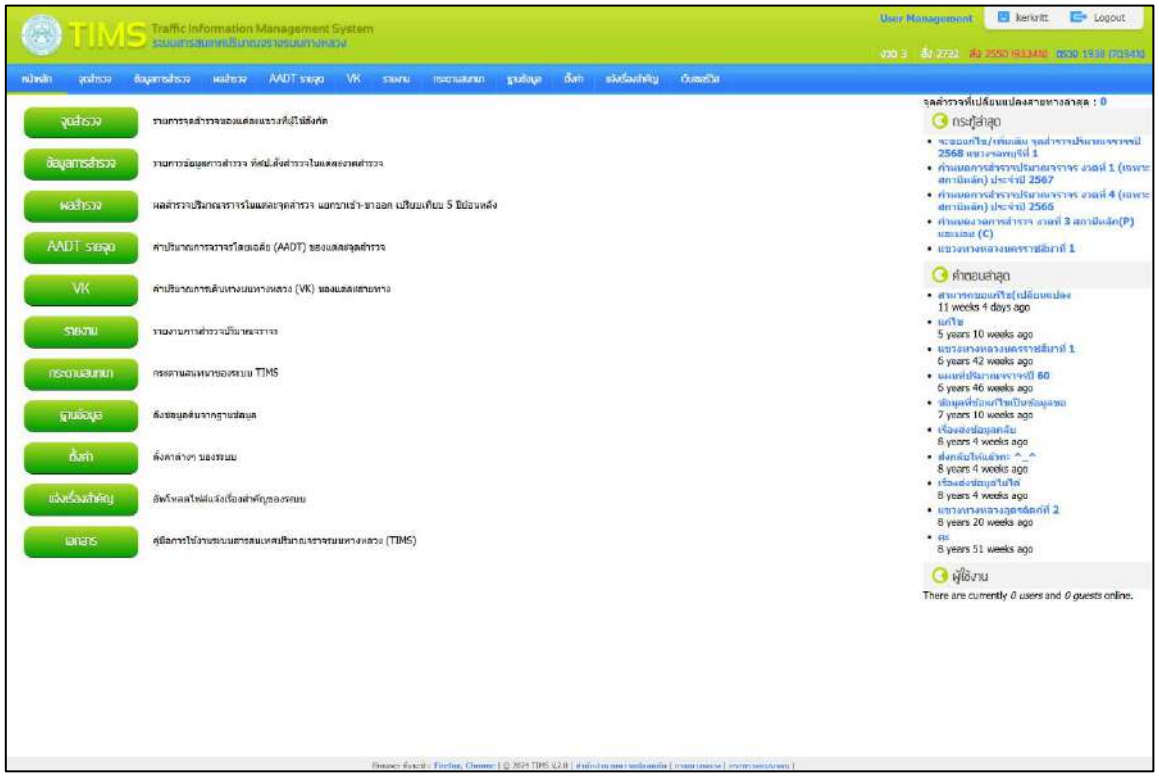
- **ฐานข้อมูล** มีหน้าที่ดึงข้อมูลดิบจากฐานข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวง
- **ตั้งค่า** มีหน้าที่ในการตั้งค่าส่วนต่าง ๆ ของระบบ

1. หลักการในการเชื่อมโยง

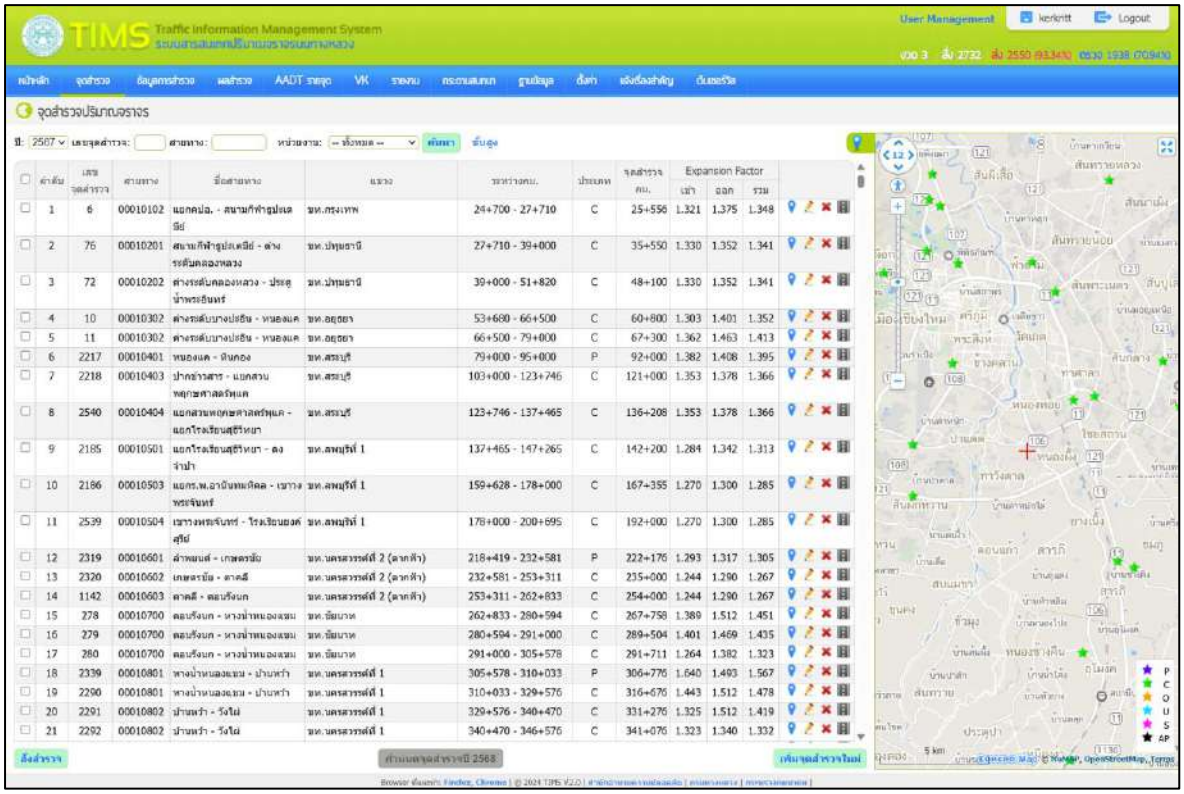
ภายในฐานข้อมูลประกอบด้วยฐานข้อมูลที่ใช้ในการรองรับ DrupalCMS และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณจราจรทั้งหมดจะถูกจัดเก็บไว้ภายในฐานข้อมูล รวมถึงข้อมูลที่นำเข้ามาจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ข้อมูลจาก Roadnet HRIS ซึ่งเป็นฐานข้อมูลของรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับถนน ดังรูปที่ 2-37



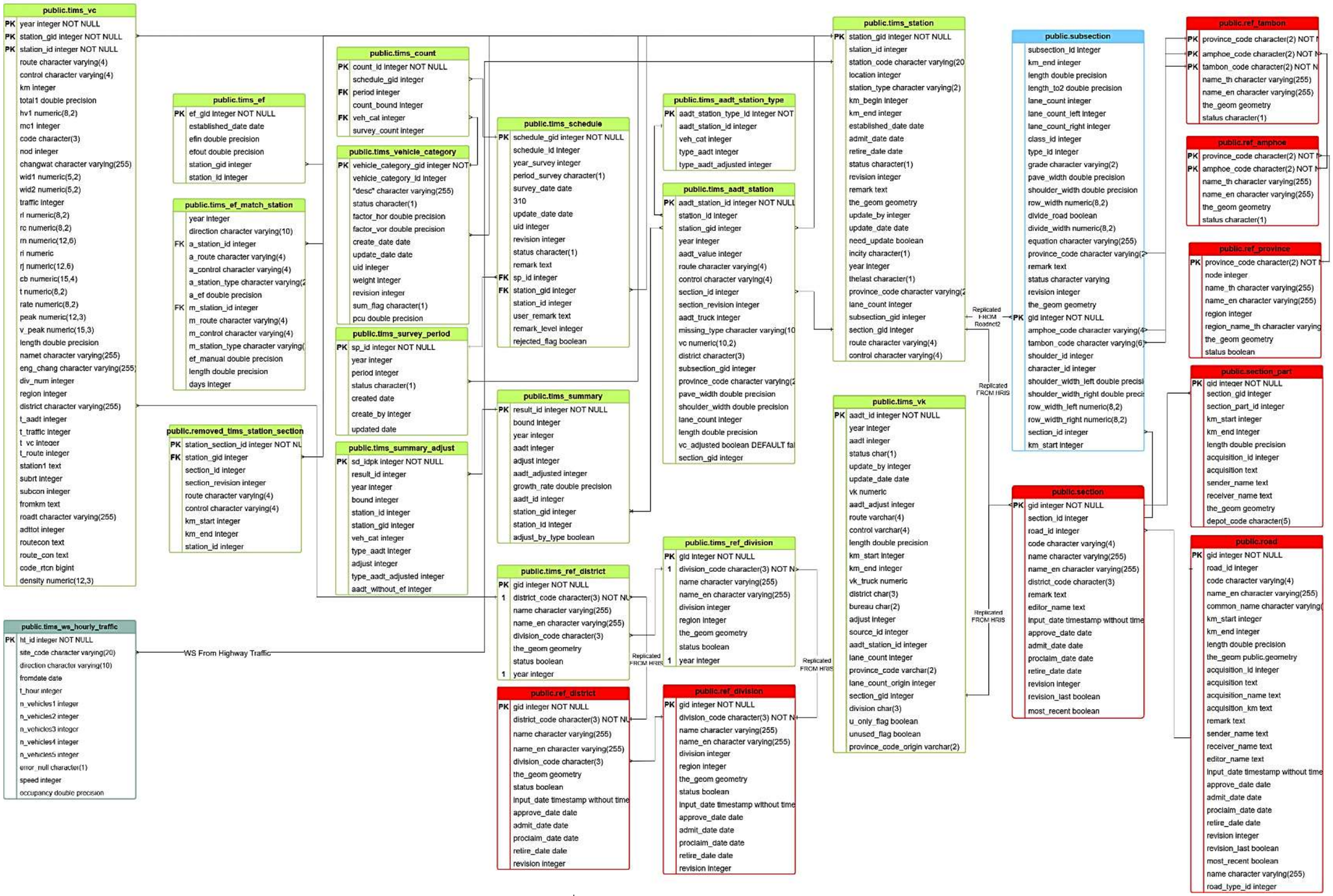
รูปที่ 2-37 ข้อมูลที่นำเข้าในระบบ TIMS



รูปที่ 2-38 ตัวอย่างหน้าจอระบบ TIMS



รูปที่ 2-39 ตัวอย่างหน้าจอระบบ TIMS จุดสำรวจ



รูปที่ 2-40 ความสัมพันธ์ของข้อมูลจราจร

ตารางที่ 2-16 Data Dictionary ของระบบ TIMS AADT

รายละเอียดฐานข้อมูลของระบบ TIMS

Table: TIMS_AADT

Field Name	Data Type	Description	Index
AADT_ID	INT4	idpk	PK
YEAR	INT4	ปี	
AADT	INT4	AADT	
STATUS	BPCHAR	A = คำนวณ, E = ประมาณ, J = ปรับปรุง	
UPDATE_BY	INT4	ผู้แก้ไข	
UPDATE_DATE	DATE	วันที่แก้ไข	
VK	NUMERIC	VK	
AADT_ADJUST	INT4	ค่า AADT ที่ปรับปรุง	
ROUTE	VARCHAR	เลขทางหลวง	
CONTROL	VARCHAR	เลขควบคุม	
LENGTH	FLOAT8	ระยะทาง	
KM_START	INT4	กม.เริ่มต้น	
KM_END	INT4	กม.สิ้นสุด	
VK_TRUCK	NUMERIC	VK รถบรรทุก	
DISTRICT	BPCHAR	รหัสแขวง	
BUREAU	BPCHAR	รหัสสำนัก	
ADJUST	INT4	ค่าปรับเปลี่ยน	
SOURCE_ID	INT4	id สายทางที่คัดลอก	
AADT_STATION_ID	INT4	id สำหรับเชื่อมกับตาราง tims_aadt_station	FK

ตารางที่ 2-17 Data Dictionary ของระบบ TIMS AADT STATION

Table: TIMS_AADT_STATION

Field Name	Data Type	Description	Index
AADT_STATION_ID	INT4	idpk	PK
STATION_ID	INT4	เลขจุดสำรวจ	FK
STATION_GID	INT4	id จุดสำรวจ	FK
YEAR	INT4	ปี	
AADT_VALUE	INT4	AADT	
ROUTE	VARCHAR	เลขทางหลวง	
CONTROL	VARCHAR	เลขควบคุม	
SECTION_ID	INT4	id สายทาง	
SECTION_REVISION	INT4	รุ่นของตอนควบคุมขณะที่สร้าง	
AADT_TRUCK	INT4	AADT รถบรรทุก	
MISSING_TYPE	VARCHAR	ประเภทของสายทางที่ไม่ทราบปริมาณการจราจร	
VC	NUMERIC	VC	
DISTRICT	BPCHAR	รหัสแขวง	

ตารางที่ 2-18 Data Dictionary ของระบบ TIMS AADT STATION TYPE

Table: TIMS_AADT_STATION_TYPE

Field Name	Data Type	Description	Index
AADT_STATION_TYPE_ID	INT4	idpk	PK
AADT_STATION_ID	INT4	id สำหรับเชื่อมกับตาราง tims_aadt_station	FK
VEH_CAT	INT4	ประเภทรถ	FK
TYPE_AADT	INT4	AADT แยกประเภทก่อนปรับเปลี่ยน	
TYPE_AADT_ADJUSTED	INT4	AADT แยกประเภทหลังปรับเปลี่ยน	

ตารางที่ 2-19 Data Dictionary ของระบบ TIMS AADT ESTINATE SOURCE

Table: TIMS_AADT_ESTIMATE_SOURCE

Field Name	Data Type	Description	Index
AADT_EST_SC_ID	INT4		
AADT_STATION_ID	INT4		FK
SECTION_ID	INT4		FK
SECTION_REVISION	INT4		
SOURCE_TYPE	VARCHAR		

ตารางที่ 2-20 Data Dictionary ของระบบ TIMS COUNT

Table: TIMS_COUNT

Description: จำนวนยานพาหนะที่สำรวจได้ของแต่ละจุดแยกตามเวลาที่สำรวจ

Field Name	Data Type	Description	Index
COUNT_ID	INT4	idpk	PK
SCHEDULE_ID	INT4	รหัสการสำรวจ	FK
PERIOD	BYTE	รหัสช่วงเวลา (ดูใน PEROID_INFO)	
COUNT _BOUND	BYTE	ทิศทางของจุดสำรวจ (ดูใน BOUND_INFO)	
VEH_CAT	INT4	รหัสประเภทยานพาหนะ	FK
SURVEY_COUNT	INT4	ค่าสำรวจ	

ตารางที่ 2-21 Data Dictionary ของระบบ TIMS EF

Table: TIMS_EF

Description: ข้อมูลค่าคูณขยายแยกตามจุดสำรวจ

Field Name	Data Type	Description	Index
EF_GID	SERIAL INT4	idpk	PK
ESTABLISHED_DATE	DATE	วันที่บันทึกข้อมูล	
EFIN	FLOAT8	ค่า EF ขาเข้า	
EFOUT	FLOAT8	ค่า EF ขาออก	
STATION_GID	INT4	รหัสสถานี	FK
STATION_ID	INT4	รหัสสถานี	FK

ตารางที่ 2-22 Data Dictionary ของระบบ TIMS EF

Table: TIMS_EF_FUNCTION

Field Name	Data Type	Description	Index
EF_APPLIED_ID	SERIAL INT4	รหัสการคำนวณ EF	PK
YEAR	INT4	ปีที่คำนวณ EF	
BOUND	INT4	1 (เข้า), 2 (ออก)	
FORMULA_TYPE	INT4	สูตร 1-6	
A	FLOAT8		
B	FLOAT8		
C	FLOAT8		
REPORTER_UID	INT4	ผู้ใช้สูตร	FK
RSQUARE	FLOAT8		
STATUS	VARCHAR		
F_TEST	FLOAT8		
Z_TEST_1	FLOAT8		
Z_TEST_2	FLOAT8		
Z_TEST_E1	FLOAT8		
Z_TEST_E2	FLOAT8		

ตารางที่ 2-23 Data Dictionary ของระบบ TIMS EF MATCH STATION

Table: TIMS_EF_MATCH_STATION

Field Name	Data Type	Description	Index
YEAR	INT4		
DIRECTION	VARCHAR		
A_STATION_ID	INT4		
A_ROUTE	VARCHAR		
A_CONTROL	VARCHAR		
A_STATION_TYPE	VARCHAR		
A_EF	FLOAT8		
M_STATION_ID	INT4		
M_ROUTE	VARCHAR		
M_CONTROL	VARCHAR		
M_STATION_TYPE	VARCHAR		
EF_MANUAL	FLOAT8		
LENGTH	FLOAT8		

ตารางที่ 2-24 Data Dictionary ของระบบ TIMS SCHEDULE

Table: TIMS_ SCHEDULE

Description: ข้อมูลการสั่งสำรวจ

Field Name	Data Type	Description	Index
SCHEDULE_GID	SERIAL INT4	idpk	PK
SCHEDULE_ID	INT4	รหัสกำหนดการสำรวจ	
YEAR_SURVEY	INT4	ปีที่สำรวจ	
PERIOD_SURVEY	BPCHAR	งวดที่สำรวจ(1, 2, 3, 4)	
SURVEY_DATE	DATE	วันที่กำหนดสำรวจ	
CREATE_DATE	DATE	วันที่สั่งสำรวจ	
UPDATE_DATE	DATE	วันที่แก้ไข	
UID	INT4	ผู้แก้ไข	FK
REVISION	INT4	การแก้ไขปรับปรุง	
STATUS	BPCHAR	สถานะของข้อมูล	
REMARK	TEXT	หมายเหตุ	
SP_ID	INT4	id งวดสำรวจ	FK
STATION_GID	INT4	id สถานี	FK
STATION_ID	INT4	รหัสสถานี	FK
USER_REMARK	TEXT	หมายเหตุผู้ใช้	
REMARK_LEVEL	INT4	ความสำคัญของหมายเหตุ	

ตารางที่ 2-25 Data Dictionary ของระบบ TIMS STATION

Table: TIMS_STATION

Description: ข้อมูลจุดสำรวจ

Field Name	Data Type	Description	Index
STATION_GID	INT4	idpk	PK
STATION_ID	INT4	id	
STATION_CODE	VARCHAR	รหัสสถานี	
STATION_TYPE	VARCHAR	ประเภทสถานี (ดูใน STATION_TYPE_INFO)	
LOCATION	INT4	ตำแหน่งกม. จุดสำรวจ (เมตร)	
KM_BEGIN	INT4	กม. เริ่มต้นที่ครอบคลุม	
KM_END	INT4	กม. สิ้นสุดที่ครอบคลุม	
ESTABLISHED_DATE	DATE	วันที่บันทึกข้อมูล	
ADMIT_DATE	DATE	วันที่กำหนดใช้สถานี	
RETIRE_DATE	DATE	วันที่ยกเลิกใช้สถานี	
STATUS	BPCHAR	สถานะของข้อมูล (active, inactive, delete)	
REVISION	INT4	การแก้ไขปรับปรุง	
REMARK	TEXT	หมายเหตุ	
THE_GEOM	GEOMETRY	ตำแหน่งจุดสำรวจ	
UPDATE_BY	INT4	ผู้แก้ไข	
UPDATE_DATE	DATE	วันที่แก้ไข	
NEED_UPDATE	BOOL	ตำแหน่งจุดสำรวจผิดพลาด	
INCITY	BPCHAR	อยู่ในเขตกรุงเทพ	
YEAR	INT4	ปี	
THELAST	BPCHAR	เป็นข้อมูลล่าสุดของปี	

ตารางที่ 2-26 Data Dictionary ของระบบ TIMS STATION SECTION

Table: TIMS_STATION_SECTION

Description: ข้อมูลตอนควบคุมของจุดสำรวจ

Field Name	Data Type	Description	Index
STATION_SECTION_ID	SERIAL INT4	idpk	PK
STATION_GID	INT4	id	FK
SECTION_ID	INT4	รหัสตอนควบคุม	FK
SECTION_REVISION	INT4	รุ่นของตอนควบคุมขณะที่สร้าง	
ROUTE	CHAR(4)	รหัสสายทาง	
CONTROL	CHAR(4)	รหัสตอนควบคุม	
KM_START	INT4	กม.เริ่มต้น	
KM_END	INT4	กม.สิ้นสุด	
STATION_ID	INT4	เลขจุดสำรวจ	FK

ตารางที่ 2-27 Data Dictionary ของระบบ TIMS SUMMARY

Table: TIMS_SUMMARY

Field Name	Data Type	Description	Index
RESULT_ID	INT4	idpk	PK
STATION_ID	INT4	รหัสสถานี	FK
BOUND	INT4	ทิศทาง	FK
YEAR	INT4	ปี	
AADT	INT4	ค่าเฉลี่ย AADT	
ADJUST	INT4	เปอร์เซ็นต์ เช่น 90%	
AADT_ADJUSTED	INT4	ค่าเฉลี่ย AADT * ADJUST	
GROWTH_RATE	DOUBLE	คำนวณจากการเฉลี่ย Growth rate ของปีย้อนหลัง ((Y2 – Y1)/Y1 + (Y3-Y2)/Y2 + (Y4-Y3)/Y3 + (Y5-Y4)/Y4) / 4	
AADT_ID	INT4		FK
STATION_GID	INT4	id จุดสำรวจ	FK
ADJUST_BY_TYPE	BOOL	ปรับเปลี่ยนแยกประเภท	

ตารางที่ 2-28 Data Dictionary ของระบบ TIMS SUMMARY ADJUST

Table: TIMS_SUMMARY_ADJUST

Field Name	Data Type	Description	Index
SD_IDPK	INT4	idpk	PK
RESULT_ID	INT4	id เชื่อมกับตาราง tims_summary	FK
YEAR	INT4	ปี	
BOUND	INT4	ทิศทาง	FK
STATION_ID	INT4	ค่าเฉลี่ย AADT	FK
STATION_GID	INT4	เปอร์เซ็นต์ เช่น 90%	FK
VEH_CAT	INT4	ประเภทรถ	FK
TYPE_AADT	INT4	AADT แยกประเภท	
ADJUST	INT4	ค่าปรับเปลี่ยน	
TYPE_AADT_ADJUSTED	INT4	AADT แยกประเภทหลังปรับเปลี่ยน	

ตารางที่ 2-29 Data Dictionary ของระบบ TIMS SURVEY PERIOD

Table: TIMS_ SURVEY_PERIOD

Description: ข้อมูลงวดสำรวจ

Field Name	Data Type	Description	Index
SP_ID	SERIAL INT4	idpk	PK
YEAR	INT4	ปีสำรวจ	
PERIOD	INT4	รหัสงวดสำรวจ	
STATUS	CHAR(1)	สถานะของข้อมูล	
CREATED	DATE	วันที่ที่สั่ง	
CREATE_BY	INT4	ผู้สั่ง	FK
UPDATED	DATE	วันที่แก้ไข	

ตารางที่ 2-30 Data Dictionary ของระบบ TIMS VEHICLE CATEGORY

Table: TIMS_VEHICLE_CATEGORY

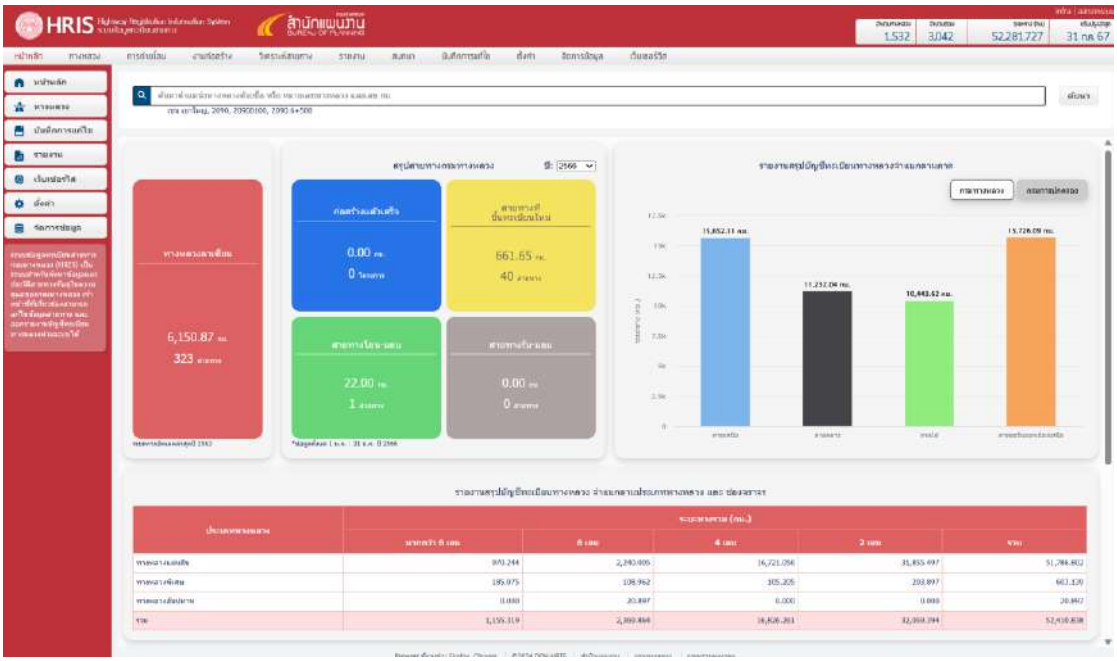
ค่าของประเภทยานพาหนะ

Field Name	Data Type	Description	Index
VEHICLE_CATEGORY_GID	Serial	Idpk	PK
VEHICLE_CATEGORY_ID	INT4	รหัสยานพาหนะ	
DESC	VARCHAR	ชื่อยานพาหนะ	
STATUS	CHAR(1)	'A' Active, 'I' Inactive	
FACTOR_HOR	DOUBLE	Factor กรณีทางราบ	
FACTOR_VOR	DOUBLE	Factor กรณีทางลาดชัน	
CREATE_DATE	DATE	วันที่สร้าง	
UPDATE_DATE	DATE	วันที่แก้ไข	
UID	INT4	ผู้แก้ไข	FK
REVISION	INT4	การแก้ไขปรับปรุง	
SUM_FLAG	CHAR(1)	ใช้ในการคำนวณ AADT	
PCU	DOUBLE	ค่า PCU	

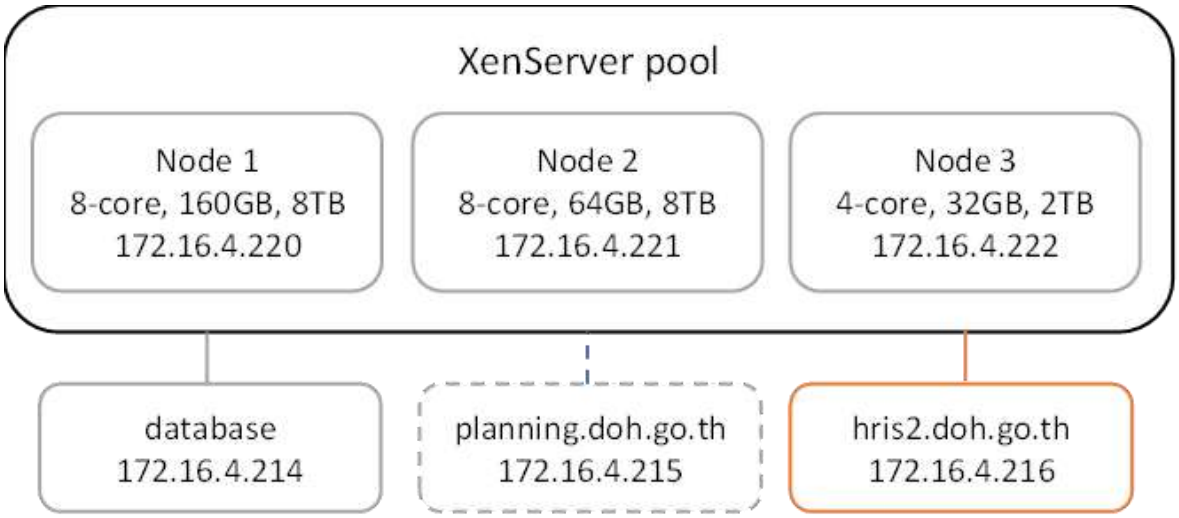
2.6.2 ระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง (HRIS) สำนักแผนงาน

ระบบสารสนเทศทะเบียนสายทาง (Highway Registration Information System: HRIS) เป็นระบบที่จัดเก็บฐานข้อมูลโครงข่ายทางหลวง หมายเลขทางหลวง ชื่อสายทางและตอนควบคุม รวมทั้งข้อมูลที่ตั้งหน่วยงานสำนักทางหลวง แขวงทางหลวง และหมวดทางหลวง โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศ (GIS) ในการวิเคราะห์และแสดงผลโครงข่ายทางหลวงบนแผนที่แบบดิจิทัล (Digital Mapping) อย่างเป็นมาตรฐานสากล ซึ่งระบบ HRIS นี้ ได้ให้บริการและสนับสนุนข้อมูลแก่หน่วยงานอื่น ๆ ภายในกรมทางหลวงเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน และยังมีการปรับปรุงและออกแบบโครงสร้างข้อมูลบัญชีสายทางและข้อมูลที่เป็นประโยชน์อื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น เส้นทางโครงข่ายคมนาคมจากหน่วยงานอื่น ๆ พื้นที่อ่อนไหวทางสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ที่ดิน แผนผังเมือง เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ เพื่อการตัดสินใจและวางแผนการพัฒนาทางหลวงให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน

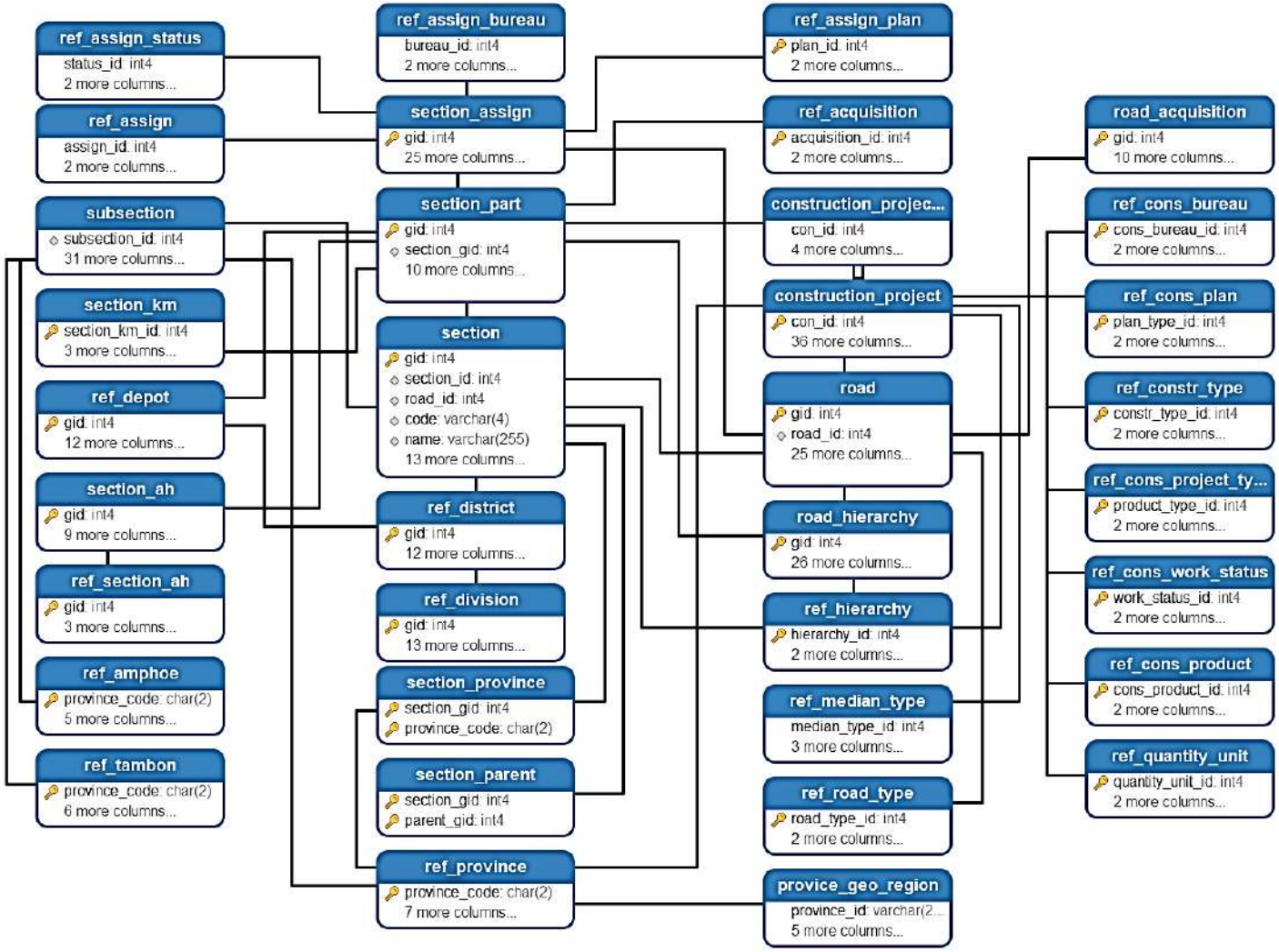
ปัจจุบันระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง (HRIS) เป็นระบบที่ใช้ในการสืบค้น และแก้ไขข้อมูลบัญชีทะเบียนทางหลวงที่ยังมีใช้อยู่ ณ อดีตจนถึงปัจจุบัน รวมถึงการนำเข้าข้อมูลโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ การวิเคราะห์สายทาง การแสดงภาพ Panorama และทรัพย์สินที่ได้จากการสำรวจ MMS และการแสดงผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ ที่ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ และวางแผนพัฒนาทางหลวง สามารถส่งออกรายงาน และพิมพ์แผนที่ที่เป็นประโยชน์ที่สำนักแผนงาน โดยระบบ HRIS สามารถสืบค้นข้อมูล และแสดงผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประวัติสายทาง ได้แก่ ข้อมูลบัญชีหมายเลขทางหลวง ข้อมูลบัญชีหมายเลขตอนควบคุม รายละเอียดหลักฐานการได้มา ข้อมูลปริมาณจราจร ข้อมูลโครงสร้างและกายภาพทางของผิวทาง ข้อมูลปริมาณจราจร เป็นต้น



รูปที่ 2-41 ระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง (HRIS) สำนักแผนงาน



รูปที่ 2-42 ภาพรวมโครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบ (HRIS) สำนักแผนงาน



รูปที่ 2-43 ความสัมพันธ์ข้อมูลบนระบบ HRIS

ตารางที่ 2-31 รายละเอียดข้อมูลทะเบียนทางหลวงจากระบบ HRIS (road)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Description
1	gid	integer	Not Null	PK	คีย์หลัก
2	road_id	integer		FK1	รหัสประจำทางหลวง
3	road_type_id	integer		FK14	ประเภททางหลวง Table: ref_road_type column: road_type_id
4	code	character varying (4)			หมายเลขทางหลวง
5	name	character varying (255)			ชื่อทางหลวง (ภาษาไทย)
6	name_en	character varying (255)			ชื่อทางหลวง (ภาษาอังกฤษ)
7	common_name	character varying (255)			ชื่อทั่วไปของทางหลวง
8	km_start	integer			กม.เริ่มต้น
9	km_end	integer			กม.สิ้นสุด
10	length	double precision			ระยะทาง (กม.)
11	the_geom	geometry			พิกัดภูมิศาสตร์
12	remark	text			รายละเอียดหลักฐานการได้มา
13	sender_name	text			ชื่อผู้ส่งมอบ
14	receiver_name	text			ชื่อผู้รับมอบ
15	editor_name	text			แก้ไขโดย
16	input_date	timestamp without time zone			วันที่นำเข้าข้อมูล
17	approve_date	date			วันที่รัฐมนตรีอนุมัติ
18	admit_date	date			วันที่ลงทะเบียน
19	proclaim_date	date			วันที่แก้ไข
20	retire_date	date			วันที่ยกเลิกทะเบียน
21	revision	integer			ลำดับการแก้ไขข้อมูล
22	revision_last	boolean			ข้อมูลล่าสุด
23	most_recent	boolean			เป็นข้อมูลที่ยังใช้งาน

ตารางที่ 2-32 รายละเอียดข้อมูลทะเบียนตอนควบคุมจากระบบ HRIS (section)

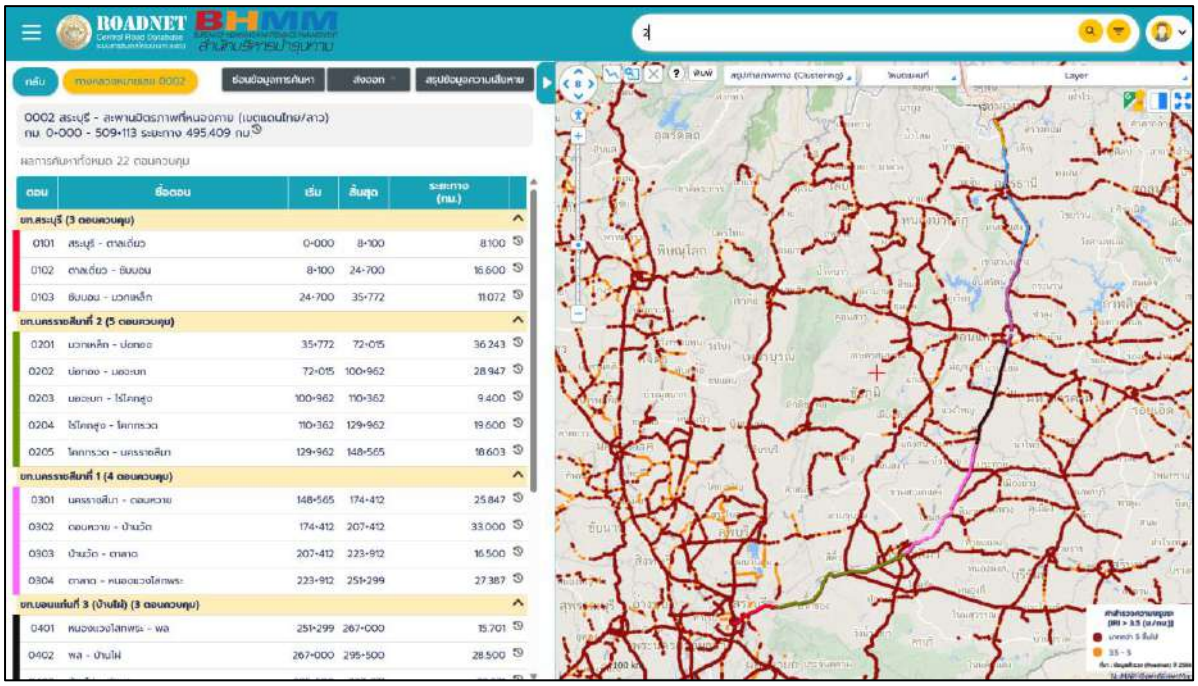
#	Name	Type	Not Null	Constraint	Description
1	gid	integer	Not Null	PK FK3	คีย์หลัก
2	section_id	integer		FK2	รหัสประจำตอนควบคุม
3	road_id	integer		FK1	รหัสประจำทางหลวง Table: road column: road_id
4	code	character varying (4)			หมายเลขตอนควบคุม
5	name	character varying (255)			ชื่อตอนควบคุม (ภาษาไทย)
6	name_en	character varying (255)			ชื่อตอนควบคุม (ภาษาอังกฤษ)
7	district_code	character (3)		FK4	รหัสแขวงทางหลวง Table: ref_district column: district_code
8	remark	text			รายละเอียดหลักฐาน
9	editor_name	text			ชื่อผู้แก้ไขข้อมูล
10	input_date	timestamp without time zone			วันที่นำเข้าข้อมูล
11	approve_date	date			วันที่รัฐมนตรีอนุมัติ
12	admit_date	date			วันที่ลงทะเบียน
13	proclaim_date	date			วันที่แก้ไข
14	retire_date	date			วันที่ยกเลิกทะเบียน
15	revision	integer			ลำดับการแก้ไขข้อมูล
16	revision_last	boolean			ข้อมูลล่าสุด
17	most_recent	boolean			เป็นข้อมูลที่ยังใช้งาน
21	hierarchy	integer		FK28	รหัสลำดับชั้นทางหลวง Table: ref_hierarchy column: hierarchy_id

ตารางที่ 2-33 รายละเอียดข้อมูลพิกัดทะเบียนตอนควบคุมจากระบบ HRIS (section_part)

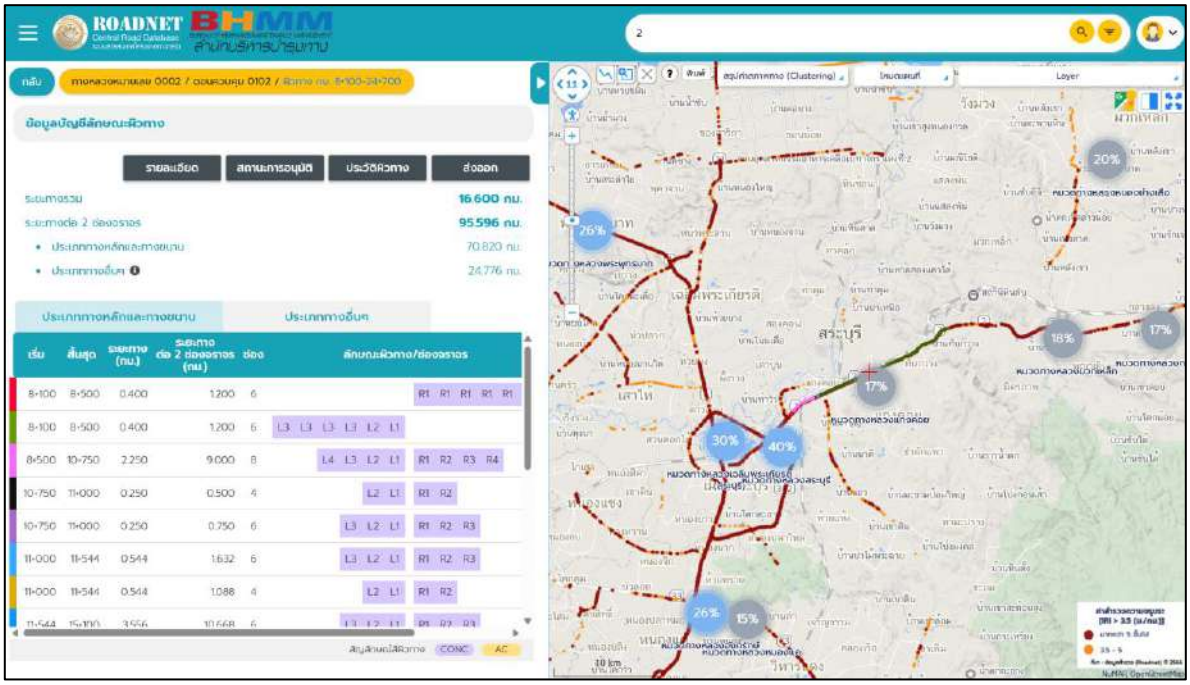
#	Name	Type	Not Null	Constraint	Description
1	gid	integer	Not Null	PK, FK13	คีย์หลัก
2	section_gid	integer		FK3	คีย์หลัก ของตาราง section
3	section_part_id	integer		FK5	รหัสข้อมูลพิกัดตอนควบคุม
4	km_start	integer			กม. เริ่มต้น (ม.)
5	km_end	integer			กม. สิ้นสุด (ม.)
6	length	double precision			ระยะทาง (กม.)
7	acquisition_id	integer			ประเภทการโอนมอบ
8	acquisition	text			รายละเอียดการโอนมอบ
9	sender_name	text			ชื่อผู้โอนมอบ
10	receiver_name	text			ชื่อผู้รับมอบ
11	the_geom	geometry			พิกัดภูมิศาสตร์
12	depot_code	character (5)		FK6	รหัสหมวดทางหลวง

2.6.3 ระบบสารสนเทศโครงข่ายทาง (Roadnet) สำนักบริหารบำรุงทาง

ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) จัดเก็บข้อมูลบัญชีสายทาง ข้อมูลลักษณะผิวทาง ข้อมูลโครงสร้างและกายภาพ ข้อมูลสำรวจสภาพทางต่าง ๆ ที่ได้มีการสำรวจโดยสำนักบริหารบำรุงทางอันประกอบด้วย ข้อมูลดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index : IRI) ข้อมูลความลึกร่องล้อ Rutting) ข้อมูลค่าเฉลี่ยความลึกโพรไฟล์ (Mean Profile Depth : MPD) ตลอดจนข้อมูลสภาพความเสียหายประเภทต่าง ๆ ที่ได้จากการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลบนภาพถ่ายผิวทาง และมีการแสดงผลข้อมูลภาพถ่าย 2 ข้างทาง (Road Asset view) ในรูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่ ทำให้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาพทางมีความชัดเจนเพิ่มมากขึ้น โดยแสดงภาพถ่าย 2 ข้างทาง ข้อมูลค่าความเสียหายและตำแหน่งบนระบบแผนที่ควบคู่หรือสัมพันธ์กัน รวมถึงข้อมูลตำแหน่งของสะพานท่อลอด และข้อมูลหลักกิโลเมตร ซึ่งสามารถแสดงผลข้อมูลบนแผนที่บนระบบเครือข่ายได้



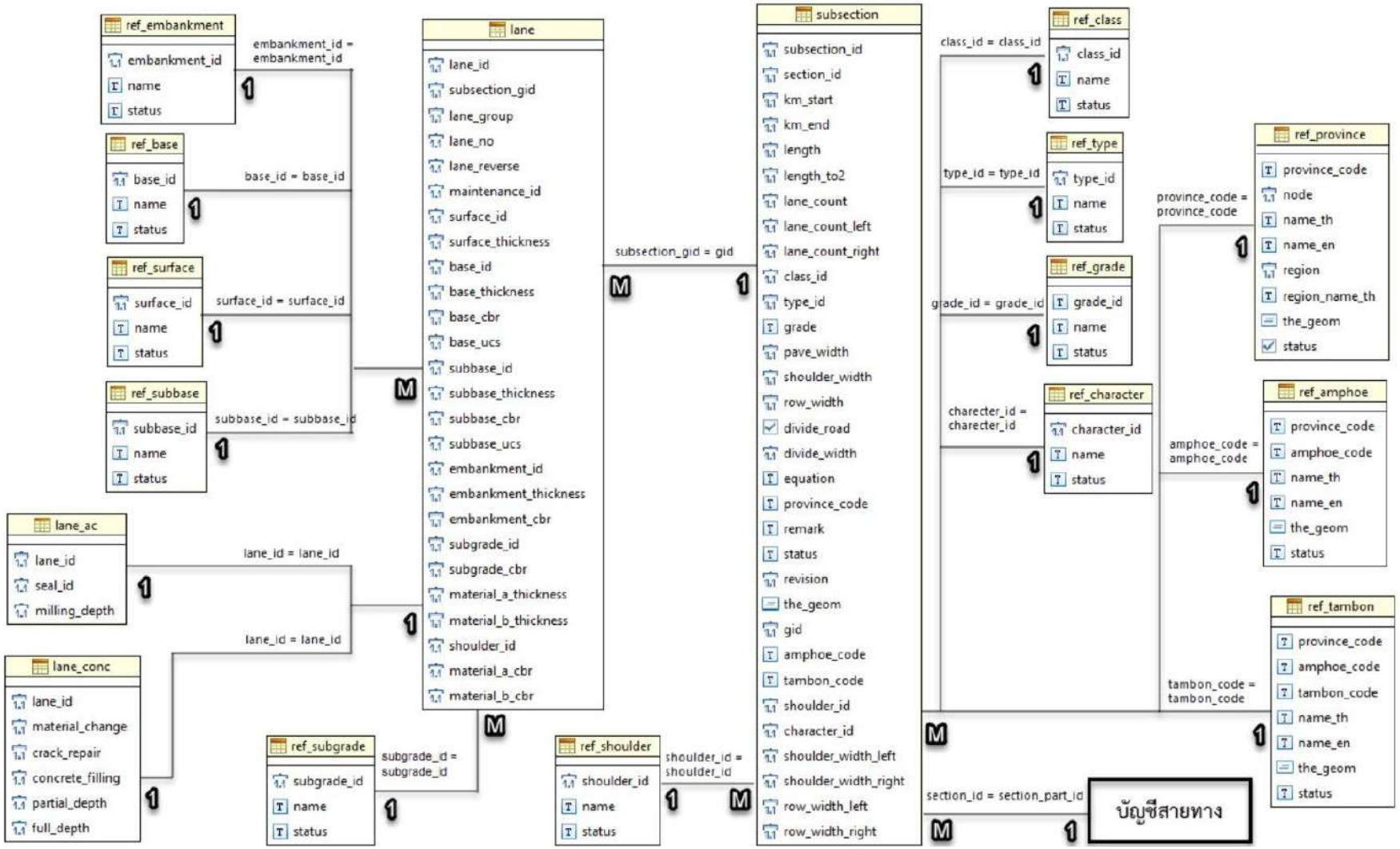
รูปที่ 2-44 ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet)



รูปที่ 2-45 บัญชีผิวทางระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet)



รูปที่ 2-46 ความสัมพันธ์ข้อมูลบนระบบ Roadnet ส่วนทะเบียนทางหลวง



รูปที่ 2-47 ความสัมพันธ์ข้อมูลบนระบบ Roadnet ส่วนบัญชีผิวทาง

2.6.4 ระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนน (HSMS) สำนักอำนวยความปลอดภัย

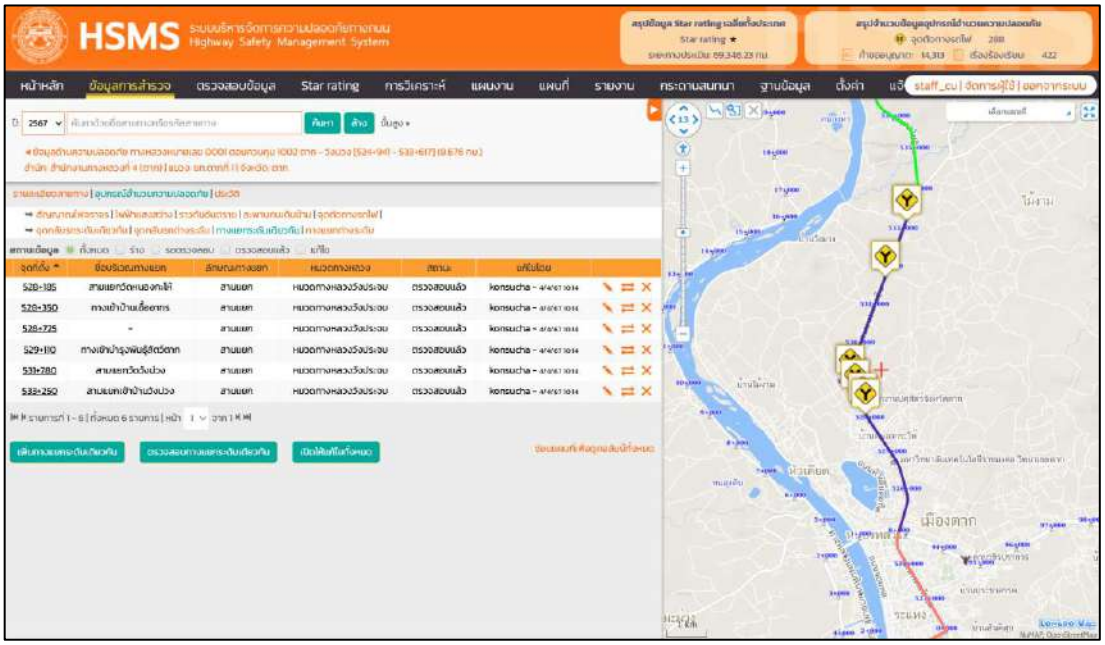
ระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนน (HSMS) พัฒนาขึ้นเพื่อดำเนินการจัดเก็บดัชนีที่ใช้วัดระดับความปลอดภัยกายภาพทางหลวง หรือเรียกว่า Road Assessment Index (RAI) จากการสำรวจและประเมินข้อมูลความปลอดภัยในเชิงวิศวกรรม เพื่อการวิเคราะห์สภาพความปลอดภัยงานทาง การวางแผนโครงการและแผนงาน ตลอดจนการจัดสรรงบประมาณการอำนวยความปลอดภัยทางถนนร่วมกับงานสำรวจและรวบรวมข้อมูลความปลอดภัยในเชิงวิศวกรรมจากการสำรวจ รวบรวมข้อมูลความปลอดภัยทางถนน ของระบบบริหารจัดการด้านความปลอดภัยทางถนน พร้อมทั้งแสดงการวิเคราะห์และประมวลผลด้านความปลอดภัยทางถนนโดยหน่วยงานดำเนินการปรับปรุงข้อมูลรายปีงบประมาณ ซึ่งระบบดังกล่าว สามารถรองรับการใช้งานทั้งหน่วยงานภายในกรมทางหลวง ได้แก่ สำนักงานทางหลวง แขวงทางหลวงและหมวดทางหลวง เป็นต้น

ปัจจุบันมีการปรับปรุงการตรวจสอบความปลอดโดยใช้ดัชนีความปลอดภัย iRAP Star Rating มาใช้ในการประเมินความปลอดภัยแทนที่ค่า RAI โดยจำแนกระดับความปลอดภัยเป็น 5 ระดับ และประเมินตามประเภทผู้ใช้ทาง ได้แก่ รถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถจักรยานและคนเดินข้าม รวมถึงยังเป็นระบบที่จัดเก็บฐานข้อมูลอุปกรณ์ความปลอดภัยบนโครงข่ายทางหลวงทั้งหมด 9 ประเภท ได้แก่

- สัญญาณไฟจราจร
- ไฟฟ้าแสงสว่าง
- ราวกันอันตราย
- สะพานลอยคนเดินข้าม
- จุดกลับรถระดับเดียวกัน
- จุดกลับรถต่างระดับ
- ทางแยกระดับเดียวกัน
- ทางแยกต่างระดับ
- จุดตัดทางรถไฟ



รูปที่ 2-48 หน้าระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนน (HSMS)



รูปที่ 2-49 หน้ารายละเอียดข้อมูลอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย

2.6.5 ระบบบริหารจัดการระบบสำรวจปริมาณจราจร (Highway Traffic) สำนักอำนวยความปลอดภัย

สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง ได้ดำเนินการ "งานจัดตั้งศูนย์บริหารจัดการจราจรและอุบัติเหตุ (HTOC)" ซึ่งเป็นการดำเนินการตามแผนพัฒนาศูนย์บริหารจัดการจราจรและอุบัติเหตุ เพื่อช่วยเสริมประสิทธิภาพการทำงานของเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการอำนวยความสะดวกแก่การจราจรบนทางหลวงให้แก่ผู้ใช้ทาง ดังรูปที่ 2-50 ซึ่งประกอบด้วย 6 ระบบ ได้แก่

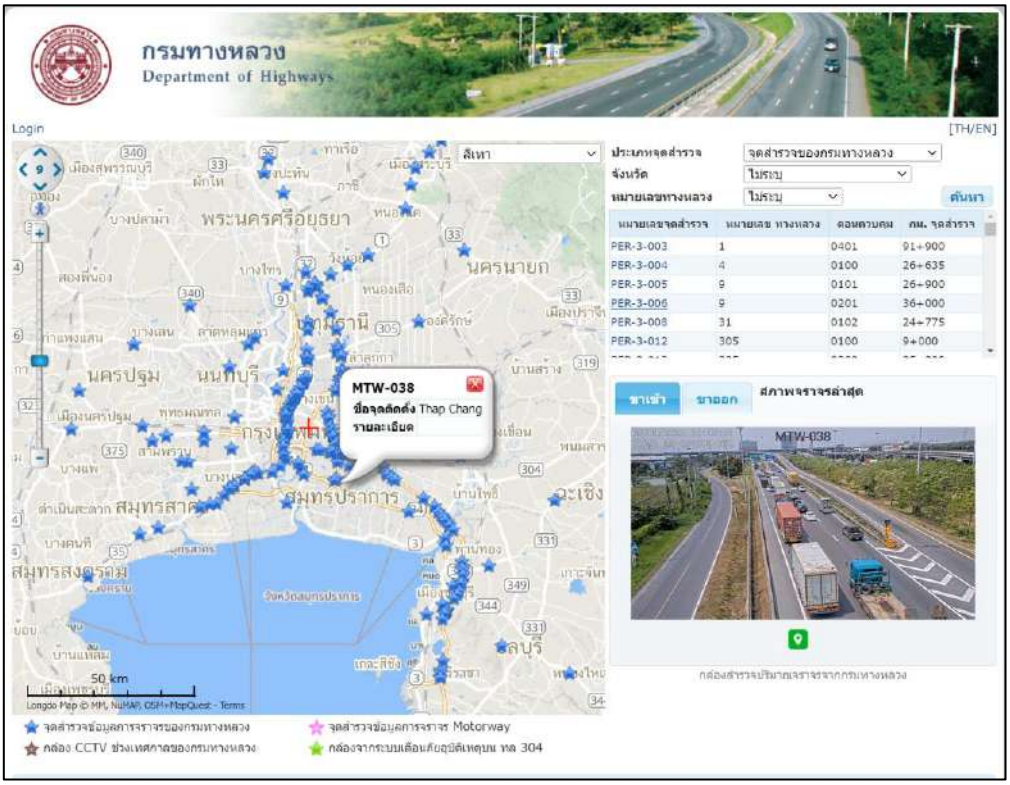
- ระบบควบคุมการใช้ความเร็วบนทางหลวง
- ระบบการใช้ช่องจราจรบนทางหลวง
- ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร
- ระบบตรวจสอบสภาพจราจร
- ระบบประเมินระยะเวลาการเดินทาง
- ระบบเผยแพร่ข้อมูลแก่ผู้ใช้ทาง



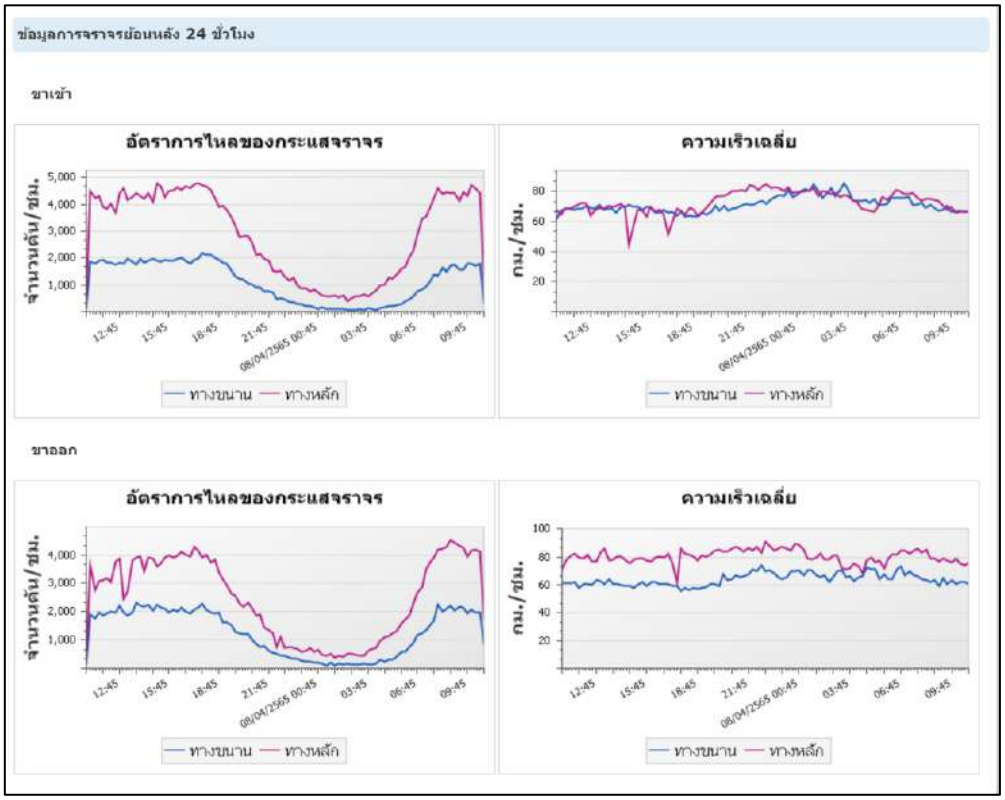
รูปที่ 2-50 ระบบงานภายใต้ศูนย์บริหารจัดการจราจรและอุบัติเหตุ (HTOC)

โดยมีแผนการดำเนินการระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว ครอบคลุมระบบงานที่ติดตั้งบนทางหลวง ซึ่งระบบงานที่มีการดำเนินงานและสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ภายในโครงการนี้ ได้แก่ ระบบตรวจสอบสภาพจราจร (Highway Traffic) ซึ่งได้นำอุปกรณ์ในการนับรถเข้ามาใช้ในการสำรวจค่าทางด้านการจราจร ซึ่งปัจจุบันเครื่องมือข้างต้นมีการใช้งานครอบคลุมโครงข่ายทางหลวงในประเทศไทย โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด 407 จุดสำรวจ โดยเครื่องนับรถอัตโนมัติที่ติดตั้งสามารถจำแนกประเภทของยานพาหนะแบ่งได้ 4-5 ประเภท รวมถึงข้อมูลอื่น ๆ ของยานพาหนะที่วิ่งผ่าน เช่นความเร็วของการใช้งาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องนับรถอัตโนมัติ โดยข้อมูลจากระบบตรวจสอบสภาพจราจร (Highway Traffic) สามารถแสดงข้อมูลสภาพจราจรของทางหลวงในประเทศไทย โดยสามารถแสดงผลข้อมูล ดังต่อไปนี้

- แสดงภาพปัจจุบันจากกล้องจราจรกว่า 100 กล้อง (CCTV) ที่ติดตั้งอยู่บนทางหลวง
- แสดงข้อมูลความเร็วรถ (km/h) และอัตราการไหลของรถ (veh/h)
- แสดง graph ความเร็ว และ อัตราการไหล ย้อนหลัง 24 ชั่วโมง
- แสดงระดับการจราจรติดขัด โดยแบ่งตามสี
- สามารถค้นหาข้อมูลตามจุดติดตั้ง ชื่อถนน หรือ ภาค ได้
- แผนที่แสดงจุดบริการ ห้องน้ำ น้ำดื่ม
- แผนที่แสดงระยะเวลาในการเดินทาง



รูปที่ 2-51 ระบบตรวจสอบสภาพจราจร (Highway Traffic)



รูปที่ 2-52 อัตราการไหล่และความเร็วเฉลี่ยบนระบบ Highway Traffic

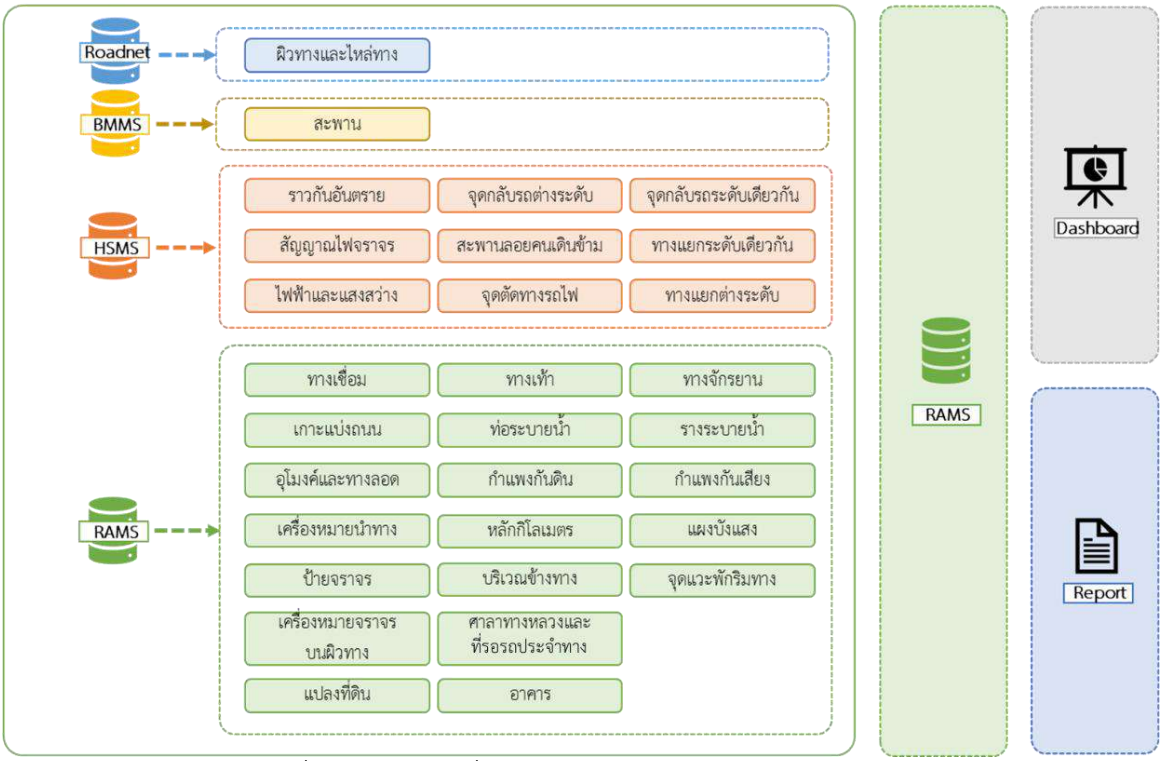
2.6.6 ระบบบริหารจัดการทรัพย์สินทางหลวง : RAMS สำนักบริหารบำรุงทาง

การพัฒนาระบบบริหารจัดการทรัพย์สินนอกเขตทางจะดำเนินการลงพื้นที่ เพื่อสำรวจตำแหน่งทรัพย์สิน รายละเอียด พร้อมรูปถ่ายสภาพทรัพย์สิน อาคารและสิ่งปลูกสร้าง รวมไปถึงจัดทำโครงสร้างฐานข้อมูลให้รองรับข้อมูล ภูมิสารสนเทศ (GIS) ด้านที่ดิน อาคารและสิ่งปลูกสร้าง เป็นมาตรฐานเดียวกับหน่วยงานภายนอกที่บริหารจัดการที่ดินของรัฐ ได้แก่ ระบบสารสนเทศค้นหารูปแปลงที่ดิน กรมที่ดิน ระบบค้นหาราคาประเมินที่ดิน กรมธนารักษ์ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขสี กรมแผนที่ทหาร เป็นต้น และสอดคล้องกับนโยบายการปรับปรุงแผนที่แนวเขตที่ดินของภาครัฐแบบบูรณาการ จัดทำแผนที่แนวเขตที่ดิน มาตราส่วน 1 : 4,000 แบบดิจิตอล (One Map) โดยมีการออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งานในปัจจุบัน การพัฒนาระบบการนำเสนอข้อมูลสำหรับผู้บริหาร (Executive Analytics) เพื่อรายงานสรุปข้อมูลทรัพย์สินทางหลวงให้กับผู้บริหารแต่ละหน่วยงาน เพื่อง่ายต่อการเข้ามาตรวจสอบบัญชีรายการทรัพย์สินทางหลวง ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเห็นภาพรวมปริมาณและรายละเอียดข้อมูลทรัพย์สินแต่ละประเภทได้เพื่อให้การดูแลบำรุงรักษาทรัพย์สินทางหลวงทั้งในเขตทางและนอกเขตทางให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

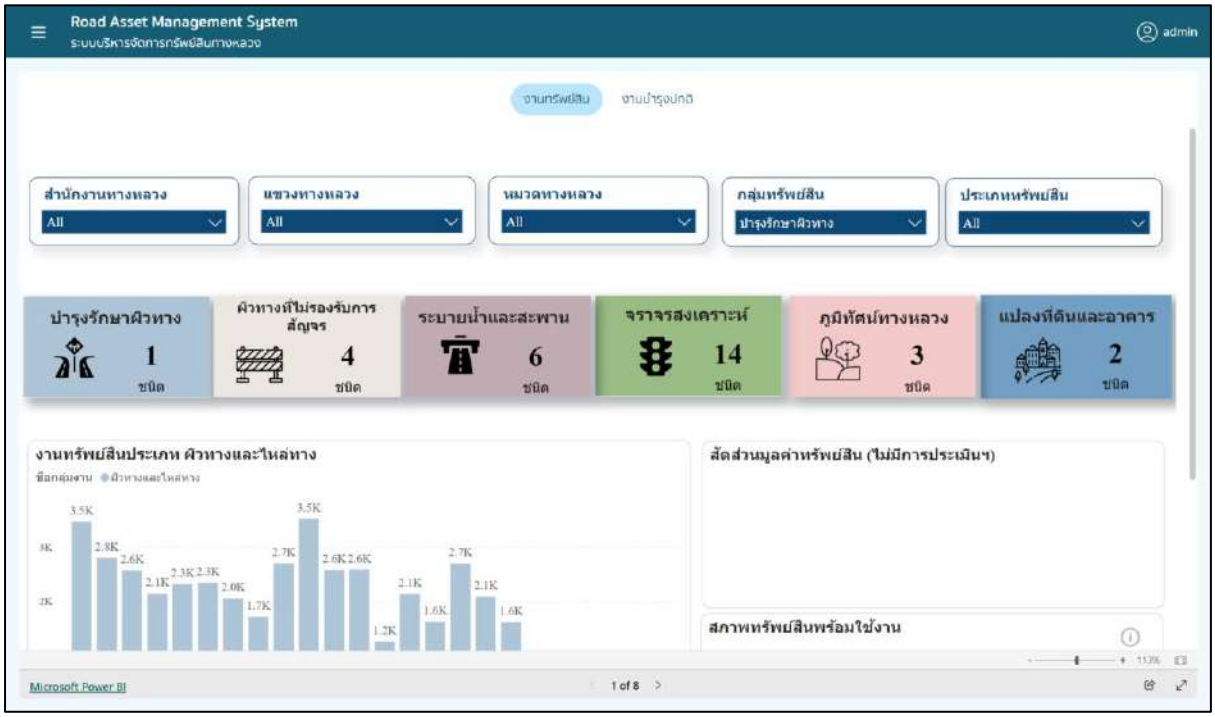
การพัฒนาระบบบริหารจัดการงบประมาณงานบำรุงปกติที่สามารถสะท้อนข้อเท็จจริงในการปฏิบัติงานในปัจจุบัน ครอบคลุมค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการกำกับดูแลรักษาทรัพย์สินของกรมทางหลวงอย่างครบถ้วน เพื่อใช้ประกอบการพิจารณางบประมาณงานบำรุงปกติของแขวงทางหลวงปัจจุบันกรมทางหลวงทำการพัฒนาระบบบริหารจัดการทรัพย์สินทางหลวง (Road Asset Management System : RAMS) เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลทรัพย์สินที่อยู่ในความรับผิดชอบทั้งหมด 30 รายการ ซึ่งทรัพย์สินดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับการดูแลรักษาและซ่อมบำรุงเป็นประจำ เพื่อให้มีสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งาน และปลอดภัยต่อผู้ใช้รถใช้ถนน โดยรายการข้อมูลทรัพยสินทางหลวงที่จัดเก็บ ได้แก่

1. ผิวทางและไหล่ทาง*
2. ทางเชื่อม
3. ทางเท้า
4. ทางจักรยาน
5. เกาะแบ่งถนน
6. ท่อระบายน้ำ
7. รางระบายน้ำ
8. สะพาน**
9. อุโมงค์และทางลอด
10. กำแพงกันดิน
11. กำแพงกันเสียง
12. เครื่องหมายนำทาง
13. เครื่องหมายจราจรบนผิวทาง
14. แผงบังแสง
15. ป้ายจราจร
16. ราวกันอันตราย***
17. สัญญาณไฟจราจร***
18. ไฟฟ้าและแสงสว่าง***
19. จุดกลับรถต่างระดับ***
20. หลักกิโลเมตร
21. สะพานลอยคนเดินข้าม***
22. จุดตัดทางรถไฟ***
23. จุดกลับรถระดับเดียวกัน***
24. ทางแยกระดับเดียวกัน***
25. ทางแยกต่างระดับ***
26. ศาลาทางหลวงและที่รอรถประจำทาง
27. บริเวณข้างทาง
28. จุดแวะพักริมทาง
29. แปลงที่ดิน
30. อาคาร

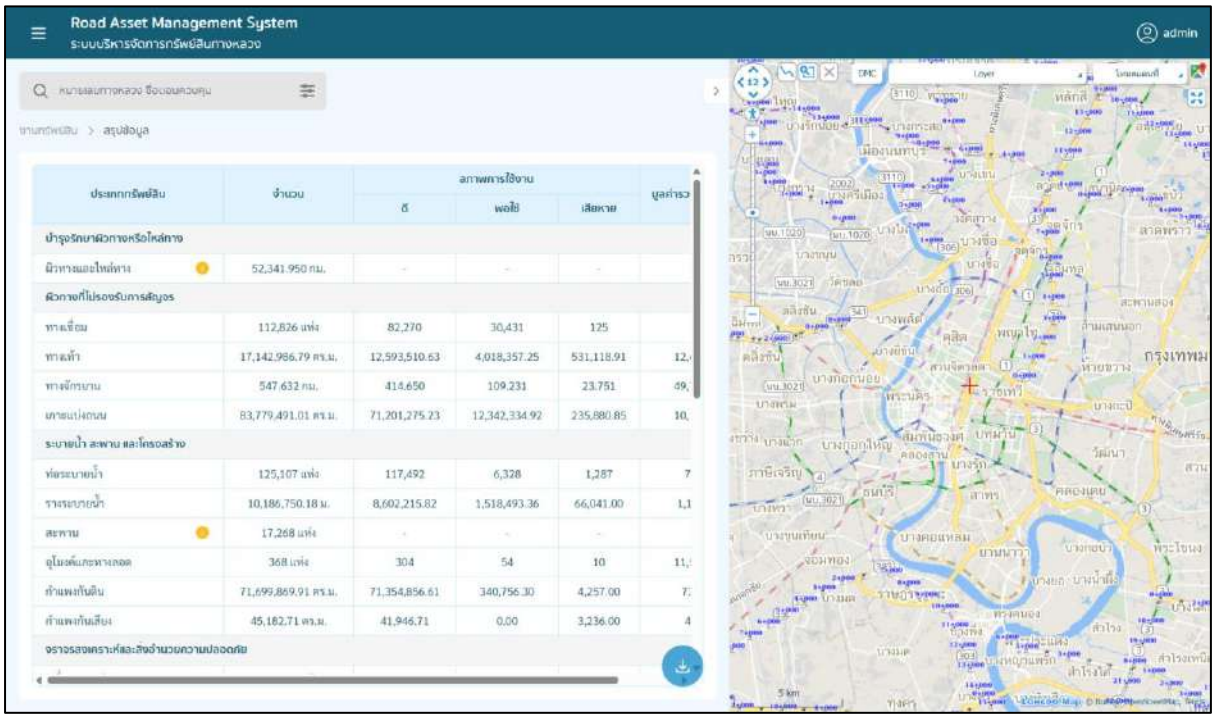
*หมายเหตุ *เชื่อมโยงจากระบบ ROADNET สำนักบริหารบำรุงทาง*
***เชื่อมโยงจากระบบ BMMS สำนักก่อสร้างสะพาน*
****เชื่อมโยงจากระบบ HSMS สำนักอำนวยความปลอดภัย*



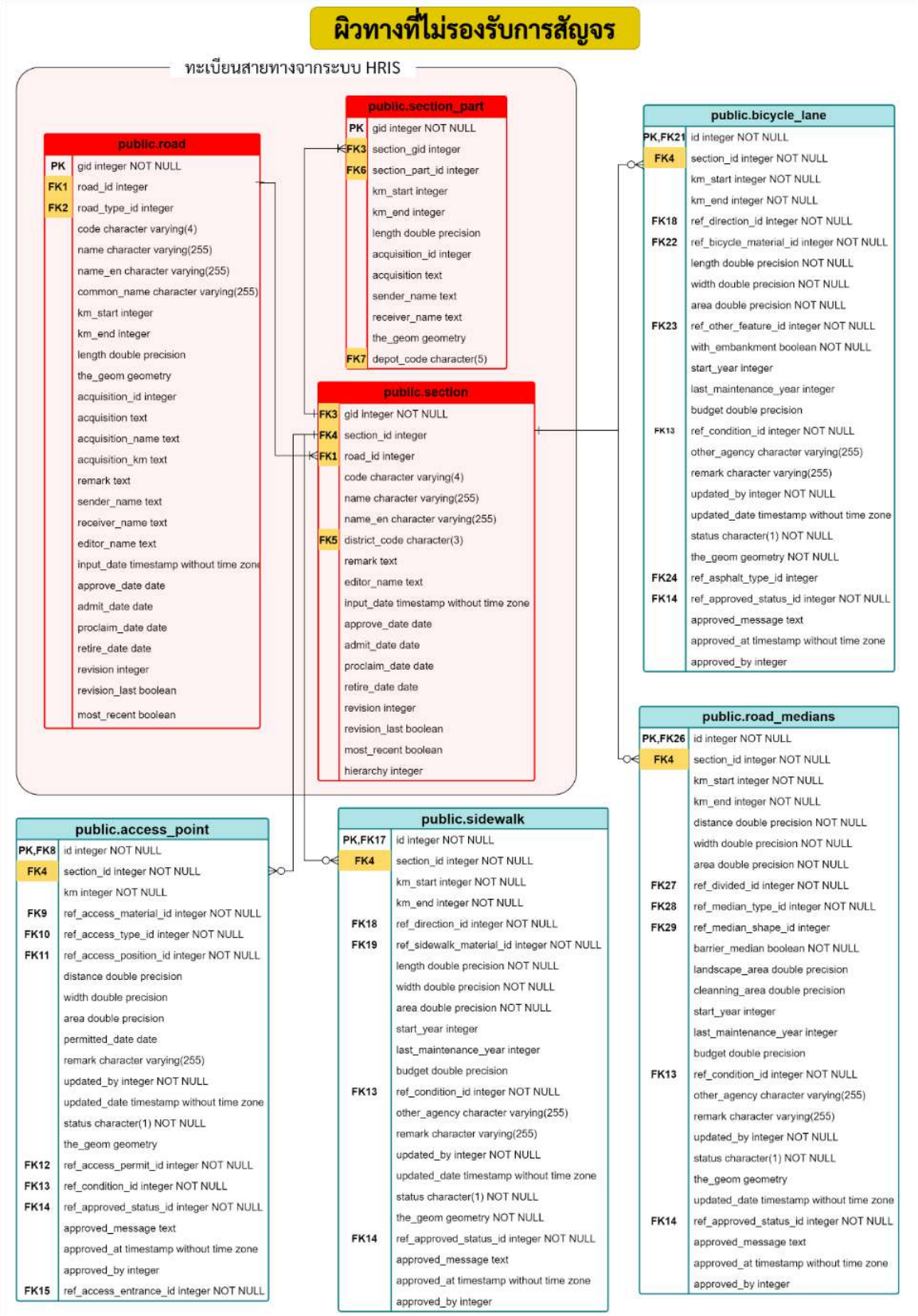
รูปที่ 2-53 ผังการเชื่อมโยงข้อมูลระบบทรัพย์สินทางหลวง



รูปที่ 2-54 หน้าจอระบบทรัพย์สินทางหลวง



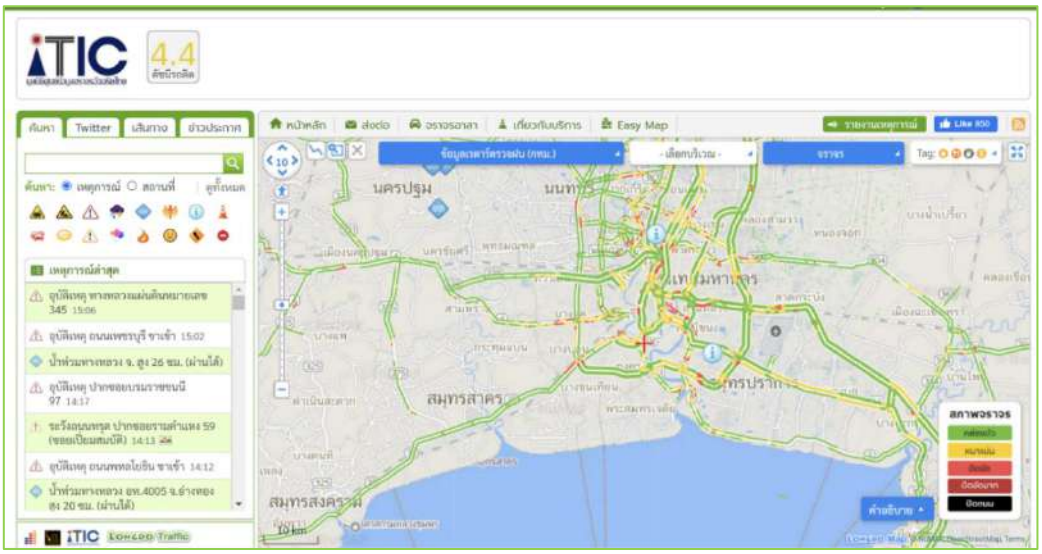
รูปที่ 2-55 รายการทรัพย์สินที่จัดเก็บในระบบ RAMS



รูปที่ 2-56 ER Diagram ทรัพย์สินกลุ่มผิวทางที่ไม่รองรับการสัญจร

2.6.7 ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะไทย (iTIC) มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย

มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย หรือ iTIC ซึ่งเป็นหน่วยงานไม่แสวงผลกำไรที่มีภารกิจรวบรวมข้อมูลสภาพจราจรในกรุงเทพและประเทศไทย จากแหล่งต่าง ๆ แล้วนำมาประมวลผลและเผยแพร่ เช่น ส่งออกจากคลื่นวิทยุ FM RDS-TMC สู่อุปกรณ์นำทางในรถยนต์หรือเผยแพร่ทางเว็บไซต์ หรือแอปพลิเคชัน (ตัวอย่างเว็บไซต์ที่แสดงผลข้อมูลสภาพจราจรจาก iTIC คือ Longdo Traffic) แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพจราจรในกรุงเทพฯ และประเทศไทยหลายชุดข้อมูลตัวอย่าง เช่น ข้อมูล Location Table มาตรฐานการอ้างอิงชื่อสี่แยกและถนนในประเทศไทย ข้อมูลสภาพจราจร และข้อมูลพิกัดตำแหน่งรถยนต์สาธารณะที่วิ่งในท้องถนน (Raw Vehicle Probe)



รูปที่ 2-57 ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะไทย (iTIC) มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย

ที่ปรึกษาทำการศึกษาความต้องการในการใช้งานระบบและฐานข้อมูลที่จำเป็น เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อการวางแผนงานทาง ตลอดจนการบูรณาการข้อมูลที่เกี่ยวข้องและสามารถส่งออกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2-34 รายละเอียดความต้องการใช้งานข้อมูลของระบบที่เกี่ยวข้อง

ลำดับ	ระบบ	ประเภทข้อมูล	รายละเอียดข้อมูล	รูปแบบการเชื่อมโยง	ปรับปรุงล่าสุด	ความต้องการใช้งาน	
						ปัจจุบัน	อนาคต
1	ระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง : HRIS (สำนักแผนงาน)	ข้อมูลบัญชีทะเบียนทางหลวง	• ข้อมูลบัญชีทะเบียนทางหลวง • ตำแหน่งหลักกิโลเมตรอ้างอิง • ข้อมูลระดับชั้นทาง • ตำแหน่งสำนักงาน (สทล. ขท. หมวดฯ) เพื่อใช้ในการระบุรายละเอียดสังกัดของจุดสำรวจปริมาณจราจร ตำแหน่ง กม. และหน่วยงานที่ดูแลพื้นที่	Database Replication	2564	√	√
2	ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง : Roadnet (สำนักบริหารบำรุงทาง)	ข้อมูลบัญชีสายทาง	• ข้อมูลโครงสร้างและกายภาพ ได้แก่ ข้อมูล กม.เริ่มต้น กม.สิ้นสุด ระยะทาง มาตรฐานชั้นทาง • ความกว้างผิวทางต่อช่องจราจร ความกว้างไหล่ทางซ้ายและขวา จำนวนช่องจราจร • ชนิดผิวทาง	Database Replication	2566	√	√
3	ระบบสารสนเทศการบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนน : HSMS (สำนักอำนวยความปลอดภัย)	อุปกรณ์ความปลอดภัย	• อุปกรณ์ความปลอดภัย ประเภททางแยกสำหรับแสดงผลหน้าผลสำรวจ • VK เพื่อประเมิน Flow ของการจราจรของสายทาง	Database Replication	2566		√

ตารางที่ 2-34 รายละเอียดความต้องการใช้งานข้อมูลของระบบที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ระบบ	ประเภทข้อมูล	รายละเอียดข้อมูล	รูปแบบการเชื่อมโยง	ปรับปรุงล่าสุด	ความต้องการใช้งาน	
4	ระบบบริหารจัดการระบบสำรวจปริมาณจราจร : Highway Traffic (สำนักอำนวยความปลอดภัย)	จุดสำรวจปริมาณจราจร	• จุดสำรวจปริมาณจราจรอัตโนมัติ (AP) • ข้อมูลปริมาณจราจรรายชั่วโมง • ข้อมูลปริมาณจราจรทุก 15 นาที • ข้อมูลความเร็วรถ	Web Service	2567	√	√
5	ระบบบริหารจัดการทรัพย์สินทางหลวง : RAMS (สำนักบริหารบำรุงทาง)	ทรัพย์สินทางหลวง	• ข้อมูลทางเชื่อมสำหรับแสดงผลเป็น Layer บนแผนที่	Database Replication	2566		√
6	ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะไทย : iTIC (มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย)	ข้อมูลการจราจร	• แผนที่สภาพจราจร	WMS	-	√	√

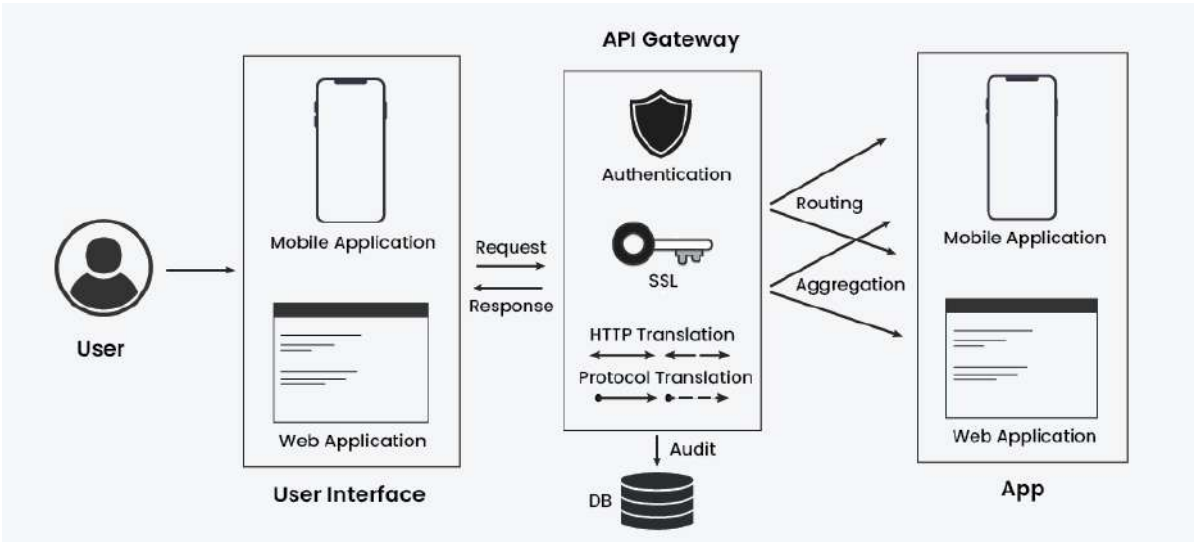
บทที่ 3

งานวิเคราะห์และออกแบบ
ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง

3.1 วิเคราะห์ และออกแบบแนวทางการพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) เพื่อให้บริการข้อมูล ระหว่างระบบสารสนเทศภายในกรมทางหลวงที่เหมาะสม สอดคล้องกับวิทยาการและเทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยคำนึงถึงความสำคัญของการบริหารข้อมูลด้านงานจราจร วิเคราะห์ข้อมูลการจราจรต่าง ๆ รวมถึงปริมาณการใช้งานระบบเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 ที่ปรึกษาทำการพัฒนาระบบการเชื่อมโยงบูรณาการข้อมูลระหว่างหน่วยงาน Web Service ที่ให้บริการบนเครือข่าย โดยมีเครื่องมือหรือโปรแกรมประยุกต์ (Service API) ที่สอดคล้องกับรูปแบบมาตรฐานสากล โดยมีรายละเอียดอย่างน้อย ดังต่อไปนี้

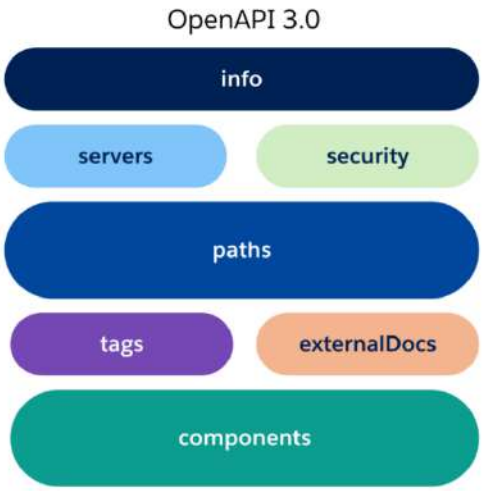
- สามารถให้บริการข้อมูลในรูปแบบ Web Service API ผ่านโปรโตคอล HTTPS โดยมีการส่งผ่านข้อมูลแบบ JSON/GeoJSON/XML ตามมาตรฐาน
- รูปแบบ Web Service API สามารถรองรับการให้บริการข้อมูลทั้งในส่วนของข้อความ (Text) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และรูปภาพ (Images) ได้
- รองรับปริมาณการร้องขอข้อมูล (Request) ไม่น้อยกว่า 500 Request ต่อนาทีได้
- รองรับการให้บริการในระบบเครือข่ายทั้ง Internet และ Intranet ได้



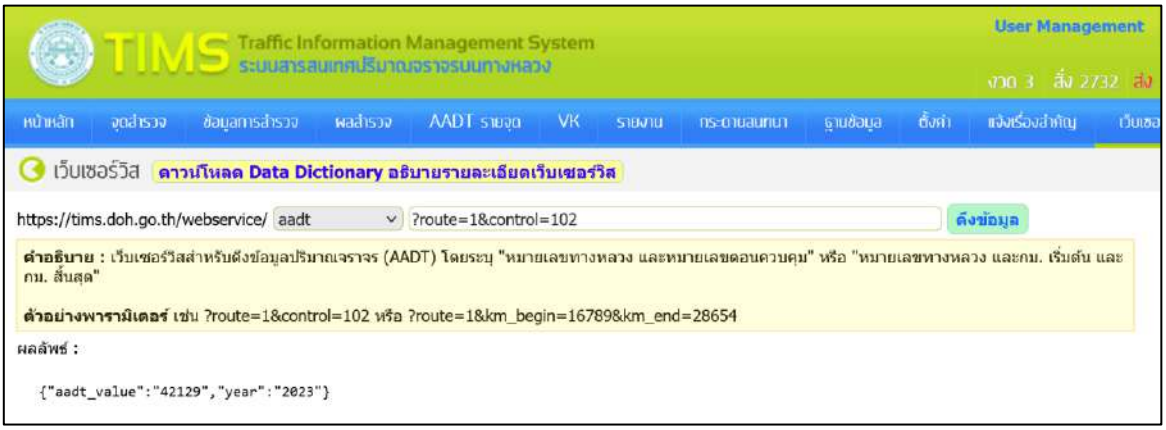
รูปที่ 3-1 แนวทางพัฒนา Web Service API

ที่ปรึกษาทำการออกแบบหน้าจอระบบส่วนการให้บริการ web service ในรูปแบบ Open API Specification (OAS) ซึ่งเป็น Open source ที่ออกแบบกลไกให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผล Specification ของ REST API ได้ มีชื่อเดิม คือ Swagger Specification ถูกพัฒนาในปี 2011 OAS เป็นรูปแบบหนึ่งของการกำหนดค่า API ที่ใช้ภาษา YAML หรือ JSON เพื่อสร้างคำอธิบายเชิงโครงสร้างของ API โดยมีคุณสมบัติดังนี้

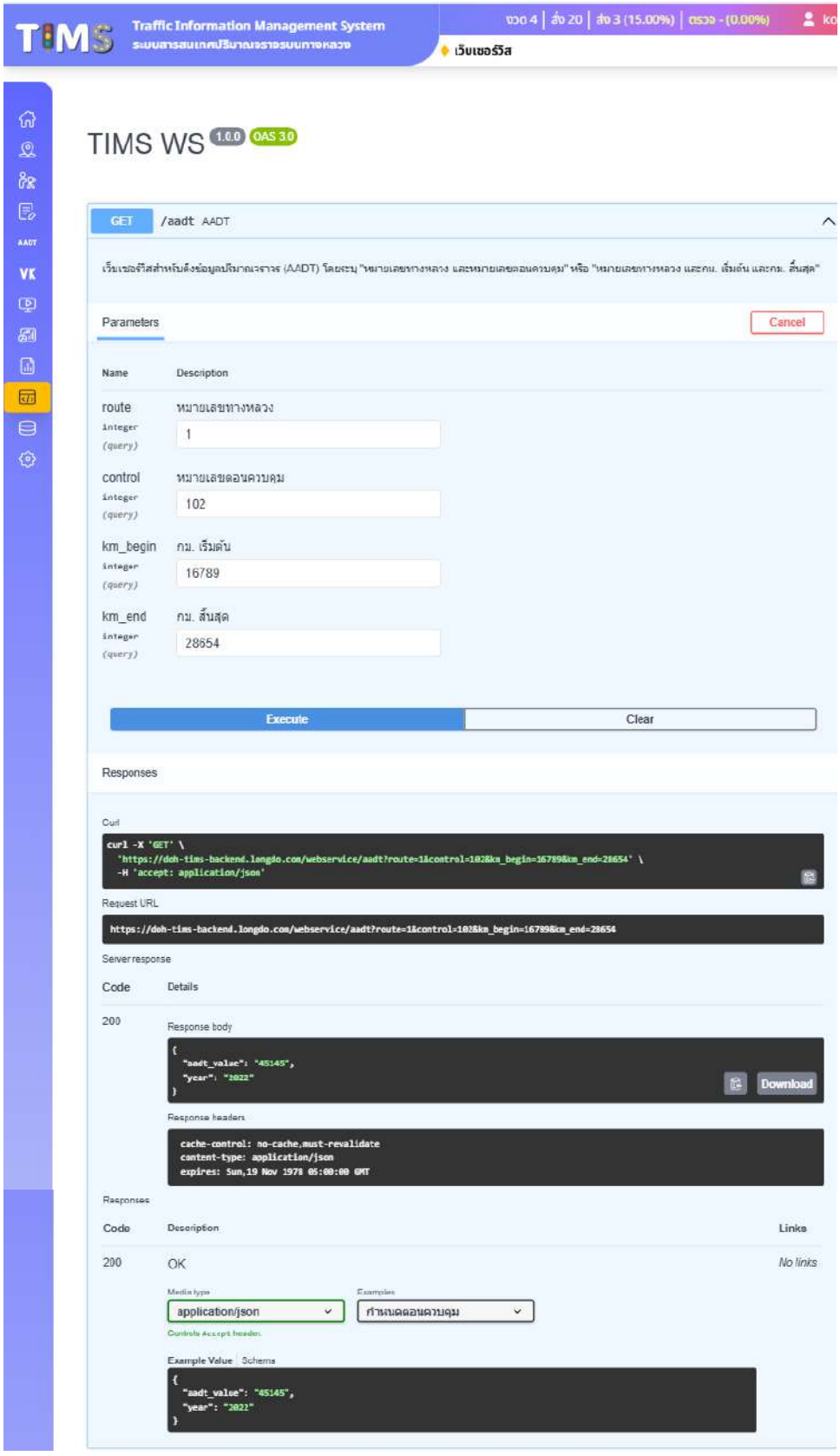
- Paths : ระบุเส้นทาง (endpoints) ของ API
- Methods : ระบุวิธีการ HTTP เช่น GET POST PUT DELETE
- Parameters : ระบุพารามิเตอร์ที่ใช้ใน API
- Responses : รูปแบบและประเภทของข้อมูลที่ส่งกลับจาก API
- Security : ระบุการรักษาความปลอดภัย เช่น OAuth API keys
- Schemas : ระบุรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ใน API โดยใช้ JSON



รูปที่ 3-2 หลักการทำงานของ Open API Specification (OAS)

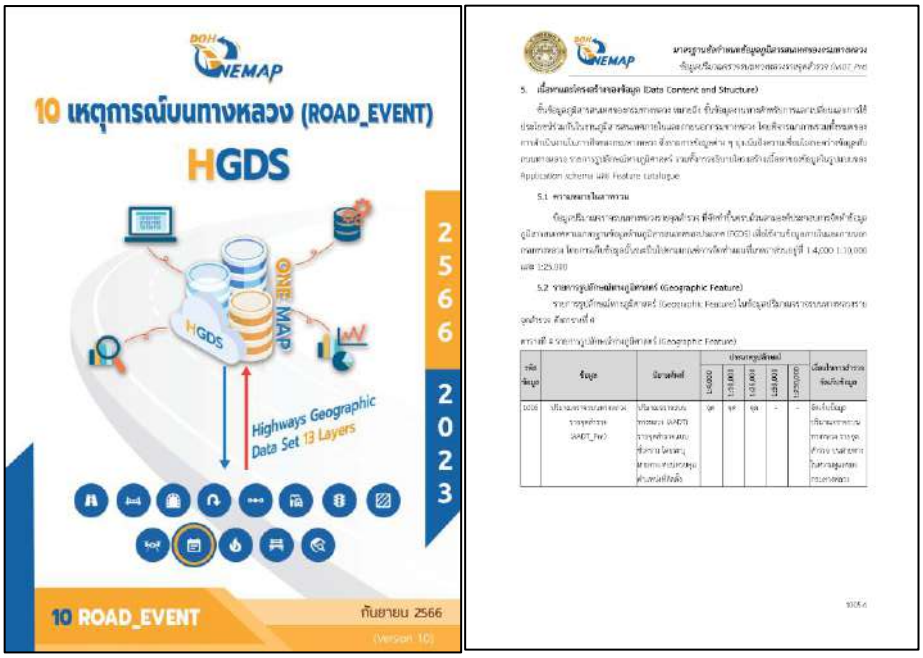


รูปที่ 3-3 การแสดงผลหน้า web service ระบบปัจจุบัน

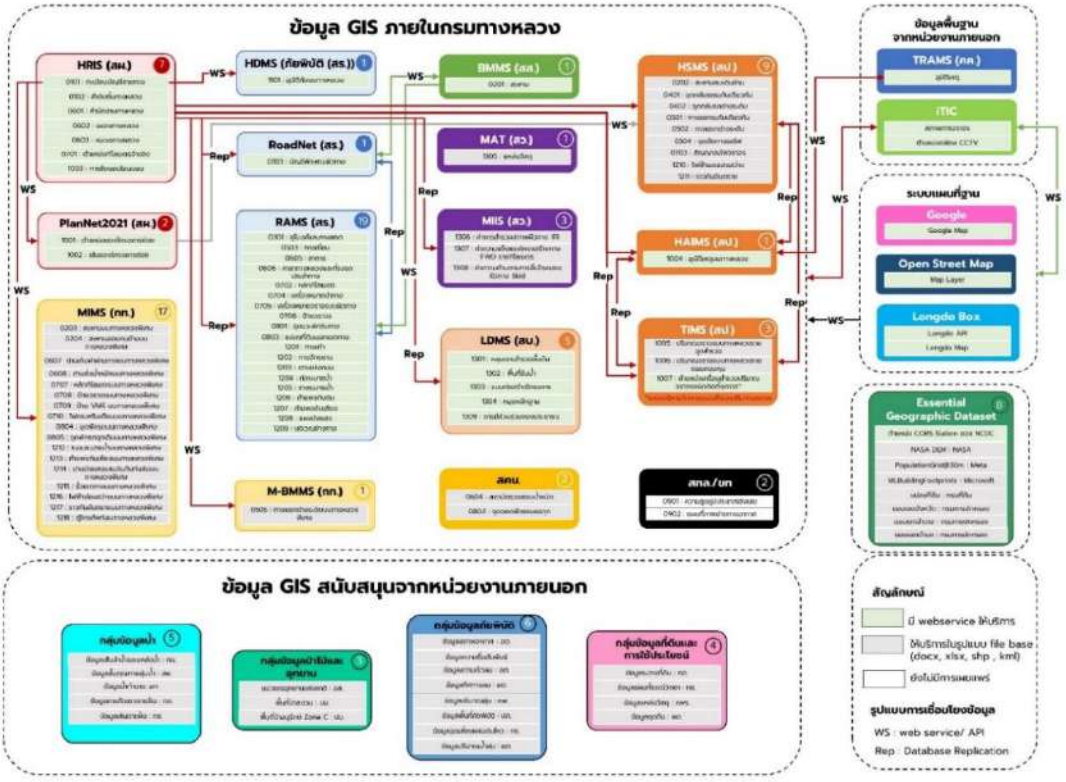


รูปที่ 3-4 การแสดงผลหน้า web service ระบบที่ปรับปรุง

3.1.2 ที่ปรึกษาจะทำการวิเคราะห์ ออกแบบรูปแบบ Structure ของ Web Service ที่ให้บริการให้สอดคล้องกับมาตรฐานการให้บริการข้อมูลของกรมทางหลวง รวมถึงให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งานและนโยบายการเผยแพร่ข้อมูลของเจ้าหน้าที่ทั้งภายในและภายนอกกรมทางหลวง



รูปที่ 3-5 มาตรฐานการให้บริการข้อมูลของกรมทางหลวง



รูปที่ 3-6 แผนผังแสดงข้อมูลที่เผยแพร่ภายในกรมทางหลวง

3.1.3 รายการ Web Service ที่ให้บริการ

ที่ปรึกษาทำการวิเคราะห์ความต้องการใช้บริการ web service โดยอ้างอิงจาก Web Service ที่ให้บริการในระบบปัจจุบัน และมาตรฐานการให้บริการข้อมูลของกรมทางหลวง ดังต่อไปนี้

- **เว็บเซอร์วิสที่เผยแพร่บนระบบปัจจุบัน**

(1) AADT รวมรายตอนควบคุม (แบบที่ 1)

คำอธิบาย : เว็บเซอร์วิสสำหรับดึงข้อมูลปริมาณจราจร (AADT) โดยระบุ "หมายเลขทางหลวง และหมายเลขตอนควบคุม"

URL : https://tims.doh.go.th/webservice/aadt/?route=&control

- route คือ หมายเลขทางหลวง
- control คือ หมายเลข ตอนควบคุม

ตัวอย่างการเรียก : https://tims.doh.go.th/webservice/aadt/?route=1&control=102

ตัวอย่างผลลัพธ์ :

```
{
    "aadt_value":"42129",
    "year":"2023"
}
```

(2) AADT รวมรายตอนควบคุม (แบบที่ 2)

คำอธิบาย : เว็บเซอร์วิสสำหรับดึงข้อมูลปริมาณจราจร (AADT) โดยระบุ "หมายเลขทางหลวง และกม. เริ่มต้น และกม. สิ้นสุด"

URL : https://tims.doh.go.th/webservice/aadt/?route=&km_begin=&km_end=

- route คือ หมายเลขทางหลวง
- km_begin คือ กม.เริ่มต้น
- km_end คือ กม.สิ้นสุด

ตัวอย่างการเรียก : https://tims.doh.go.th/webservice/ aadt/?route=1&km_begin=16789&km_end=28654

ตัวอย่างผลลัพธ์ :

```
{
    "min_aadt_value":"42129",
    "aadt_value":"200760",
    "year":"2023"
}
```

(3) ข้อมูลรถใหญ่ (HV)

คำอธิบาย : เว็บเซอร์วิสสำหรับดึงข้อมูลรถใหญ่ (HV) โดยระบุ "หมายเลขทางหลวง และกม. เริ่มต้น และกม. สิ้นสุด"

URL : https://tims.doh.go.th/webservice/hv/?route=&km_begin=&km_end=

- route คือ หมายเลขทางหลวง
- km_begin คือ กม.เริ่มต้น
- km_end คือ กม.สิ้นสุด

ตัวอย่างการเรียก : https://tims.doh.go.th/webservice/hv/?route=1&km_begin=30000&km_end=35000

ตัวอย่างผลลัพธ์ :

{
"min_hv":"4.58",
"hv":"48.46",
"year":"2023"
}

(4) จุดสำรวจรายปี

คำอธิบาย : เว็บเซอร์วิสสำหรับดึงข้อมูลจุดสำรวจ โดยระบุ "ปี"

URL : https://tims.doh.go.th/webservice/stationbyyear/?year=

- year คือ ปีของจุดสำรวจที่ต้องการ

ตัวอย่างการเรียก : https://tims.doh.go.th/webservice/stationbyyear/?year= 2023

ตัวอย่างผลลัพธ์ :

[
{
"station_id":"6",
"route":"0001",
"control":"0102",
"km":"25+556",
"station_type":"C",
"aadt":"42129"
},
{
"station_id":"76",
"route":"0001",
"control":"0201",
"km":"35+550",
"station_type":"C",
"aadt":"200760"
}
]

(5) AADT แบบแยกประเภท (แบบที่ 1)

คำอธิบาย : เว็บเซอร์วิสสำหรับดึงข้อมูล AADT แบบแยกประเภท โดยระบุ "หมายเลขทางหลวง และหมายเลขตอนควบคุม"

URL : https://tims.doh.go.th/webservice/aadtmiis/?route=&control=

- route คือ หมายเลขทางหลวง
- control คือ หมายเลข ตอนควบคุม

ตัวอย่างการเรียก : https://tims.doh.go.th/webservice/aadtmiis/?route=1&control=102

ตัวอย่างผลลัพธ์ :

{
"traffic_year":"2023",
"route":"0001",
"control":"0102",
"station_id":"6",
"station":"25556",
"car":"30761",
"lb":"62",
"mb_hb":"1455",
"lt":"9097",
"mt_ht":"548",
"ftl_stl":"206",
"growth_rate":"-6.44",
"aadt":"42129"
}

(6) AADT แบบแยกประเภท (แบบที่ 2)

คำอธิบาย : เว็บเซอร์วิสสำหรับดึงข้อมูล AADT แบบแยกประเภท โดยระบุ "หมายเลขทางหลวง และหมายเลขตอนควบคุม และช่วงกม."

URL : https://tims.doh.go.th/webservice/aadtmiis/?route=&control=&km_begin=&km_end=

- route คือ หมายเลขทางหลวง
- control คือ หมายเลข ตอนควบคุม
- km_begin คือ กม.เริ่มต้น
- km_end คือ กม.สิ้นสุด

ตัวอย่างการเรียก : https://tims.doh.go.th/webservice/aadtmiis/?route=1&control=801&km_begin=315000&km_end=325000

ตัวอย่างผลลัพธ์ :

{
"traffic_year":"2023",
"route":"0001",
"control":"0801",
"station_id":"2290",
"station":"316676",
"car":"12262",
"lb":"0",
"mb_hb":"363",
"lt":"9799",
"mt_ht":"3603",
"ftl_stl":"3592",
"growth_rate":"1.09",
"aadt":"29619"
}

(7) AADT แบบแยกประเภท (แบบที่ 3)

คำอธิบาย : เว็บเซอร์วิสสำหรับดึงข้อมูล AADT แบบแยกประเภท โดยระบุ "หมายเลขทางหลวง และหมายเลขตอนควบคุม และเงื่อนไข multi สำหรับผลลัพธ์หลายจุดสำรวจ"

URL : https://tims.doh.go.th/webservice/aadtmiis/?route=&control=&multi=true

- route คือ หมายเลขทางหลวง
- control คือ หมายเลข ตอนควบคุม
- multi คือ สำหรับผลลัพธ์หลายจุด (true/false)

ตัวอย่างการเรียก : https://tims.doh.go.th/webservice/aadtmiis/?route=1&control=102&multi=true

ตัวอย่างผลลัพธ์ :


```
[
    {
        "traffic_year":"2023",
        "route":"0001",
        "control":"0102",
         "station_id":"6",
        "station":"25556",
        "car":"30761",
        "lb":"62",
        "mb_hb":"1455",
        "lt":"9097",
        "mt_ht":"548",
        "ftl_stl":"206",
        "growth_rate":"-6.44",
        "aadt":"42129"
    }
]
```

(8) AADT แบบแยกประเภท (แบบที่ 4)

คำอธิบาย : เว็บเซอร์วิสสำหรับดึงข้อมูล AADT แบบแยกประเภท โดยระบุ "หมายเลขทางหลวง และหมายเลขตอนควบคุม และเงื่อนไข multi สำหรับผลลัพธ์หลายจุดสำรวจ และปีเริ่มต้น และปีสิ้นสุด"

URL : https://tims.doh.go.th/webservice/aadtmiis/?route=&control=&multi=true&start_year=&end_year=

- route คือ หมายเลขทางหลวง
- control คือ หมายเลข ตอนควบคุม
- multi คือ สำหรับผลลัพธ์หลายจุด (true/false)
- start_year คือ ปีที่เริ่มต้น
- end_year คือ ปีที่สิ้นสุด

ตัวอย่างการเรียก : https://tims.doh.go.th/webservice/aadtmiis/?route=1&control=801&multi=true&start_year=2012&end_year=2014

ตัวอย่างผลลัพธ์ :

[
{
"traffic_year":"2012",
"route":"0001",
"control":"1002",
"station_id":"2339",
"station":"306776",
"car":"2196",
"lb":"49",
"mb_hb":"215",
"lt":"1657",
"mt_ht":"323",
"ftl_stl":"79",
"growth_rate":"-1.61",
"aadt":"36361"
},
{
"traffic_year":"2012",
"route":"0001",

"control":"1002",
"station_id":"2290",
"station":"316676",
"car":"1285",
"lb":"277",
"mb_hb":"528",
"lt":"1204",
"mt_ht":"663",
"ftl_stl":"500",
"growth_rate":"-2.02",
"aadt":"34535"
}
]

- **เว็บเซอร์วิสที่เผยแพร่เพิ่มเติมบนระบบปรับปรุง**

(1) ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวงรายจุดสำรวจ (AADT_Pnt)

คำอธิบาย : ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวงรายจุดสำรวจ (AADT_Pnt)

URL : https://tims.doh.go.th/webservice/aadt_pnt/?route=&control=&station_id=&station_type=&year=&depot=&district=&division=

- route คือ หมายเลขทางหลวง
- control คือ หมายเลขตอนควบคุม
- station_id คือ สำหรับผลลัพธ์หลายจุด (true/false)
- station_type คือ เลขสำรวจ
- year คือ ปีที่สิ้นสุด
- depot คือ หมวดทางหลวง
- district คือ แขวงทางหลวง
- division คือ สำนักงานทางหลวง

ตัวอย่างการเรียก : https://tims.doh.go.th/webservice/aadt_pnt/?route=1&control=102&station_id=&station_type=&year=&depot=&district=&division=

ตัวอย่างผลลัพธ์ :

{
"status": 200,
"data": [
{
"route": "0101",
"route_name": "กำแพงเพชร - จุดผ่านแดนถาวรห้วยโก๋น/น้ำเงิน (เขตแดนไทย / ลาว)",
"control": "0100",
"control_name": "นครชุม - น้ำดิบ",
"km": "3+163",
"station_id": "460",
"station_type": "C",
"lane_count": 6,
"year": 2020,
"spatial_data":"POINT(99.52297350699 16.4831031634481)",

"district_code": "517",
"district_name": "ขท.กำแพงเพชร",
"division_code": "152",
"division_name": "สำนักงานทางหลวงที่ 4 (ตาก)",
"province_code": "62",
"province_name": "กำแพงเพชร",
"region_code": "2",
"region_name": "ภาคเหนือ",
"update_date": "2020-12-02",
"aadt": 23861,
"longitude": 99.522973506991,
"latitude": 16.4831031634481,
"aadt_total": {
"vehcat_1": 72,
"vehcat_2": 7554,
"vehcat_3": 9496,
"vehcat_4": 3548,
"vehcat_5": 198,
"vehcat_6": 66,
"vehcat_7": 49,
"vehcat_8": 9402,
"vehcat_9": 389,
"vehcat_10": 362,
"vehcat_11": 207,
"vehcat_12": 144,
"vehcat_13": 7
},
"aadt_out": {
"vehcat_1": 35,
"total": 12214,
"vehcat_2": 2991,
"vehcat_3": 4016,

"vehcat_4": 2742,
"vehcat_5": 169,
"vehcat_6": 62,
"vehcat_7": 27,
"vehcat_8": 4628,
"vehcat_9": 205,
"vehcat_10": 199,
"vehcat_11": 94,
"vehcat_12": 72,
"vehcat_13": 5
},
"aadt_in": {
"vehcat_1": 37,
"total": 11647,
"vehcat_2": 4563,
"vehcat_3": 5480,
"vehcat_4": 806,
"vehcat_5": 29,
"vehcat_6": 4,
"vehcat_7": 22,
"vehcat_8": 4774,
"vehcat_9": 184,
"vehcat_10": 163,
"vehcat_11": 113,
"vehcat_12": 72,
"vehcat_13": 2
}
}
],
"message": "success"
}

ตารางที่ 3-1 Response Data ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวงรายจุดสำรวจ (AADT_Pnt)

Field Name	Description	Data type
road_code	หมายเลขทางหลวง	varchar (4)
road_name	ชื่อหมายเลขทางหลวง	varchar (255)
section_code	ตอนควบคุม	varchar (4)
section_name	ชื่อตอนควบคุม	varchar (255)
km	ตำแหน่งหลักกิโลเมตร (เมตร)	varchar (10)
station_id	เลขจุดสำรวจ	integer
station_type	ประเภทจุดสำรวจ	varchar (255)
lane_count	จำนวนช่องจราจร	integer
vehcat_1_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถจักรยาน 2 ล้อ และรถจักรยาน 3 ล้อ	integer
vehcat_1_aadt_out	AADT (ขาออก) รถจักรยาน 2 ล้อ และรถจักรยาน 3 ล้อ	integer
vehcat_2_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถสามล้อเครื่อง และรถจักรยานยนต์	integer
vehcat_2_aadt_out	AADT (ขาออก) รถสามล้อเครื่อง และรถจักรยานยนต์	integer
vehcat_3_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน)	integer
vehcat_3_aadt_out	AADT (ขาออก) รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน)	integer
vehcat_4_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถยนต์นั่ง (เกิน 7คน)	integer
vehcat_4_aadt_out	AADT (ขาออก) รถยนต์นั่ง (เกิน 7คน)	integer
vehcat_5_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถโดยสารขนาดเล็ก	integer
vehcat_5_aadt_out	AADT (ขาออก) รถโดยสารขนาดเล็ก	integer
vehcat_6_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถโดยสารขนาดกลาง	integer
vehcat_6_aadt_out	AADT (ขาออก) รถโดยสารขนาดกลาง	integer
vehcat_7_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถโดยสารขนาดใหญ่	integer
vehcat_7_aadt_out	AADT (ขาออก) รถโดยสารขนาดใหญ่	integer
vehcat_8_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถบรรทุก (4 ล้อ)	integer
vehcat_8_aadt_out	AADT (ขาออก) รถบรรทุก (4 ล้อ)	integer
vehcat_9_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถบรรทุก (6 ล้อ)	integer
vehcat_9_aadt_out	AADT (ขาออก) รถบรรทุก (6 ล้อ)	integer
vehcat_10_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถบรรทุก (10 ล้อ)	integer
vehcat_10_aadt_out	AADT (ขาออก) รถบรรทุก (10 ล้อ)	integer
vehcat_11_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	integer
vehcat_11_aadt_out	AADT (ขาออก) รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	integer
vehcat_12_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	integer
vehcat_12_aadt_out	AADT (ขาออก) รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	integer
vehcat_13_aadt_in	AADT (ขาเข้า) รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง	integer

ตารางที่ 3-1 Response Data ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวงรายจุดสำรวจ (AADT_Pnt) (ต่อ)

Field Name	Description	Data type
vehcat_13_aadt_out	AADT (ขาออก) รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง	integer
veh_all_aadt_in	AADT รวม (ขาเข้า)	integer
veh_all_aadt_out	AADT รวม (ขาออก)	integer
vehcat_1_total	AADT (รวม) รถจักรยาน 2 ล้อ และรถจักรยาน3ล้อ	integer
vehcat_2_total	AADT (รวม) รถสามล้อเครื่อง และรถจักรยานยนต์	integer
vehcat_3_total	AADT (รวม) รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน)	integer
vehcat_4_total	AADT (รวม) รถยนต์นั่ง (เกิน 7คน)	integer
vehcat_5_total	AADT (รวม) รถโดยสารขนาดเล็ก	integer
vehcat_6_total	AADT (รวม) รถโดยสารขนาดกลาง	integer
vehcat_7_total	AADT (รวม) รถโดยสารขนาดใหญ่	integer
vehcat_8_total	AADT (รวม) รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	integer
vehcat_9_total	AADT (รวม) รถบรรทุก (6 ล้อ)	integer
vehcat_10_total	AADT (รวม) รถบรรทุก (10 ล้อ)	integer
vehcat_11_total	AADT (รวม) รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	integer
vehcat_12_total	AADT (รวม) รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	integer
vehcat_13_total	AADT (รวม) รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง	integer
vehcat_aadt_all	AADT รวม	integer
traffic_year	ปีข้อมูลที่เผยแพร่ AADT	integer
district_code	รหัสแขวงทางหลวง	varchar (3)
district_name	ชื่อแขวงทางหลวง	varchar (255)
division_code	รหัสสำนักงานทางหลวง	varchar (3)
division_name	ชื่อสำนักงานทางหลวง	varchar (255)
province_code	รหัสจังหวัด	varchar (3)
province_name	ชื่อจังหวัด	varchar (255)
region_code	รหัสภูมิภาค	varchar (3)
region_name	ภูมิภาค	varchar (255)
updated_date	วันที่ปรับปรุงข้อมูล	timestamp
latitude	ละติจูด	Float
longitude	ลองจิจูด	Float

(2) ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวงรายตอนควบคุม (AADT_Line)

คำอธิบาย : ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวงรายตอนควบคุม (AADT_Line)

URL : https://tims.doh.go.th/webservice/aadt_line/?route=&control=&year=&depot=&district=&division=

- route คือ หมายเลขทางหลวง
- control คือ หมายเลขตอนควบคุม
- year คือ ปีที่สิ้นสุด
- depot คือ หมวดทางหลวง
- district คือ แขวงทางหลวง
- division คือ สำนักงานทางหลวง

ตัวอย่างการเรียก : https://tims.doh.go.th/webservice/aadt_line/?route=1&control=102&year=&depot=&district=&division=

ตัวอย่างผลลัพธ์ :

{
"status": 200,
"data": [
{
"section_part_id": "2672",
"route": "0001",
"route_name": "อนุสาวรีย์หลักสี่ - กลางสะพานแม่น้ำสาย(เขตแดนไทย/เมียนมา)",
"control": "0102",
"control_name": "แยกคปอ. - สนามกีฬาธูปะเตมีย์",
"km_start": "24+700",
"km_end": "27+710",
"station_id": "6",
"station_type": "C",
"lane_count": 9,
"aadt": 36665,
"year": 2020,
"district_code": "411",
"district_name": "ขท.กรุงเทพ",
"division_code": "410",

"division_name": "สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)",
"province_code": "10",
"province_name": "กรุงเทพมหานคร",
"region_code": "1",
"region_name": "ภาคกลาง",
"update_date": "2021-01-06",
"spatial_data":"LINESTRING(100.625135972686
13.9237846677343,100.626370572537
13.9259147250923,100.626535476208
13.9270183515009,100.622342929364 13.9502950094115)",
"aadt_station_id": "125310",
"percent_truck": 8.2,
"aadt_vehcat": {
"vehcat_1": 40,
"vehcat_2": 9437,
"vehcat_3": 19024,
"vehcat_4": 7459,
"vehcat_5": 444,
"vehcat_6": 695,
"vehcat_7": 1266,
"vehcat_8": 6731,
"vehcat_9": 717,
"vehcat_10": 177,
"vehcat_11": 58,
"vehcat_12": 94,
"vehcat_13": 4
}
}
],
"message": "success"
}

ตารางที่ 3-2 Response Data ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวงรายตอนควบคุม (AADT_Line)

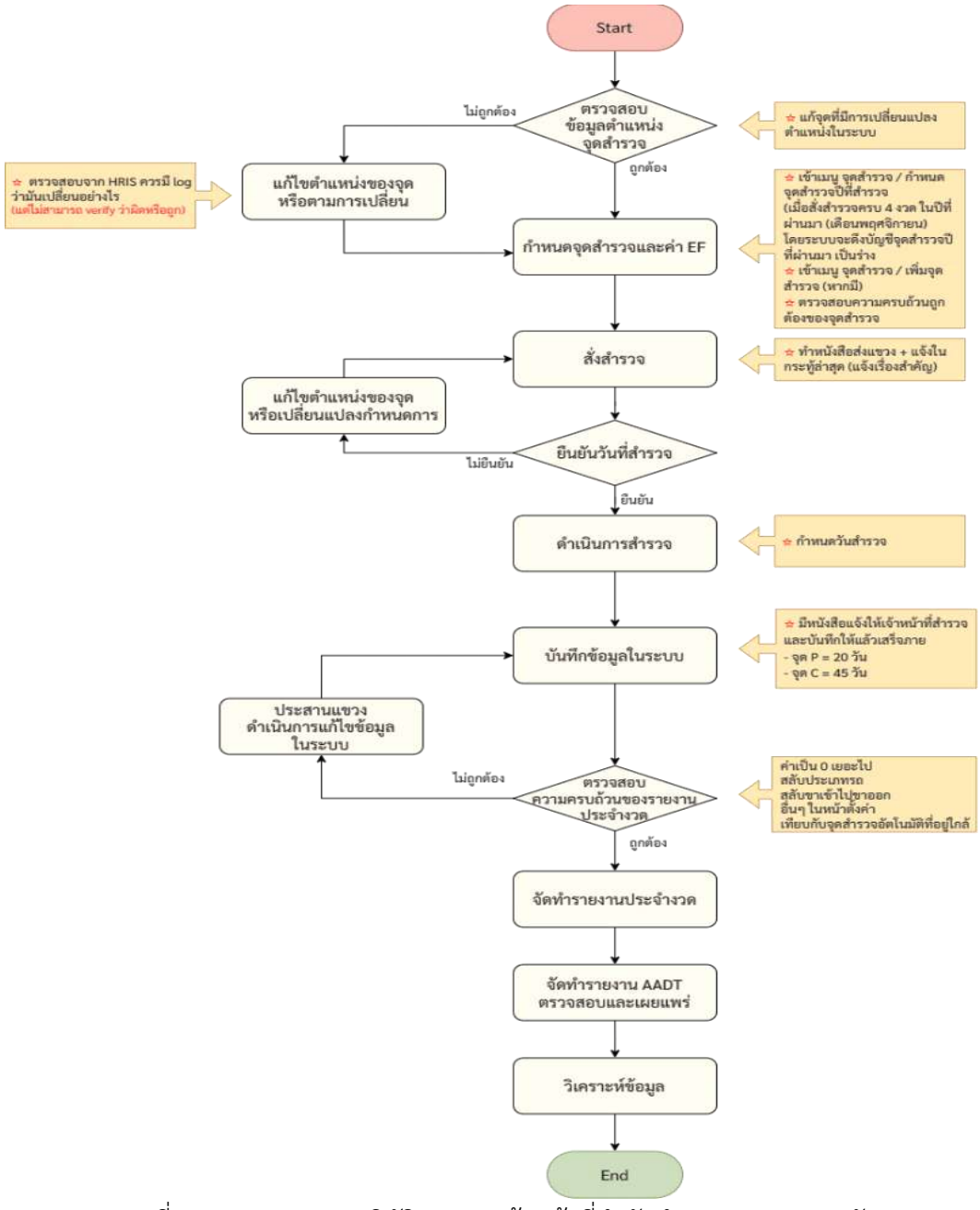
Field Name	Description	Data type
section_part_id	รหัสอ้างอิงตารางตอนควบคุมย่อย	varchar (4)
road_code	หมายเลขทางหลวง	varchar (255)
road_name	ชื่อหมายเลขทางหลวง	varchar (4)
section_code	ตอนควบคุม	varchar (255)
section_name	ชื่อตอนควบคุม	varchar (10)
km_start	กม.เริ่มต้น	varchar (10)
km_end	กม.สิ้นสุด	integer
station_id	เลขจุดสำรวจ	varchar (255)
station_type	ประเภทจุดสำรวจ	integer
lane_count	จำนวนช่องจราจร	integer
vehcat_1_total	AADT (รวม) รถจักรยาน 2 ล้อ และรถจักรยาน 3 ล้อ	integer
vehcat_2_total	AADT (รวม) รถสามล้อเครื่อง และรถจักรยานยนต์	integer
vehcat_3_total	AADT (รวม) รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน)	integer
vehcat_4_total	AADT (รวม) รถยนต์นั่ง (เกิน 7คน)	integer
vehcat_5_total	AADT (รวม) รถโดยสารขนาดเล็ก	varchar (4)
vehcat_6_total	AADT (รวม) รถโดยสารขนาดกลาง	integer
vehcat_7_total	AADT (รวม) รถโดยสารขนาดใหญ่	integer
vehcat_8_total	AADT (รวม) รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	integer
vehcat_9_total	AADT (รวม) รถบรรทุก (6 ล้อ)	integer
vehcat_10_total	AADT (รวม) รถบรรทุก (10 ล้อ)	integer
vehcat_11_total	AADT (รวม) รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	integer
vehcat_12_total	AADT (รวม) รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	integer
vehcat_13_total	AADT (รวม) รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง	integer
vehcat_aadt_all	AADT รวม	integer
percent_truck	ร้อยละของรถบรรทุกต่อปริมาณจราจรทั้งหมด	double precision
traffic_year	ปีข้อมูลที่เผยแพร่ AADT	integer
district_code	รหัสแขวงทางหลวง	varchar (3)
district_name	ชื่อแขวงทางหลวง	varchar (255)
division_code	รหัสสำนักงานทางหลวง	varchar (3)
division_name	ชื่อสำนักงานทางหลวง	varchar (255)
province_code	รหัสจังหวัด	varchar (2)
province_name	ชื่อจังหวัด	varchar (255)
region_code	รหัสภูมิภาค	integer

ตารางที่ 3-2 Response Data ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางหลวงรายตอนควบคุม (AADT_Line) (ต่อ)

Field Name	Description	Data type
region_name	ภูมิภาค	varchar (255)
updated_date	วันที่ปรับปรุงข้อมูล	timestamp
spatial_data	พิกัดภูมิศาสตร์	geometry (Line)

3.2 วิเคราะห์ และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริมาณจราจร ข้อมูลสำรวจจากกลุ่มสำรวจข้อมูลการจราจรและขนส่ง และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ให้สามารถใช้งานตามกระบวนการดำเนินงานของสำนักอำนวยความปลอดภัย ได้อย่างเป็นระบบ

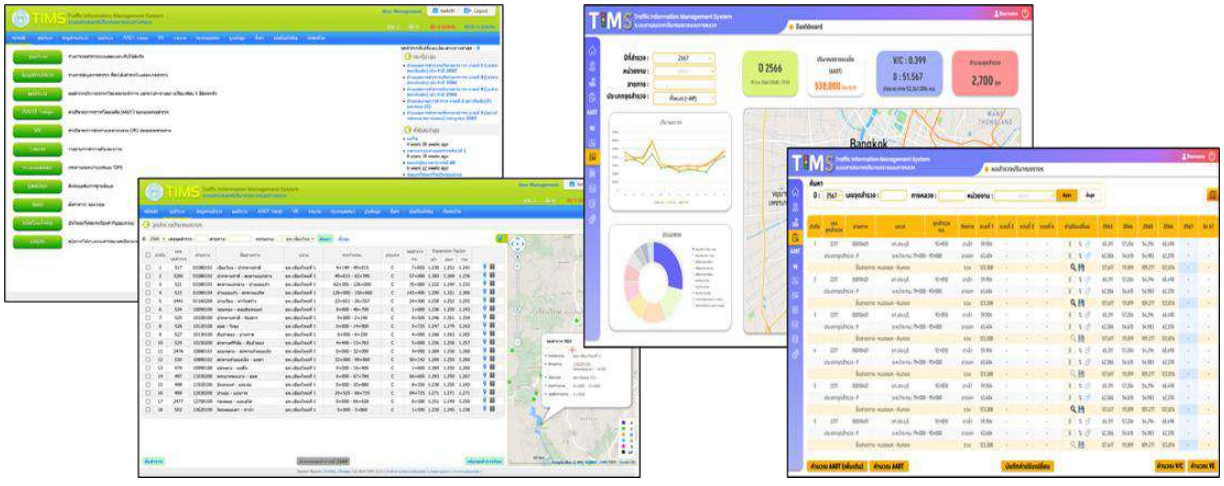
ที่ปรึกษาได้ทำการวิเคราะห์ และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล เพื่อจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรและข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้สอดคล้องกับแนวทาง กระบวนการการดำเนินการของเจ้าหน้าที่สำนักอำนวยความปลอดภัย



รูปที่ 3-7 แนวทางการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่สำนักอำนวยความปลอดภัย
ในการจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรในปัจจุบัน

ที่ปรึกษาทำการวิเคราะห์ และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริมาณจราจร รวมถึงแนวทางการพัฒนาระบบ โดยการรวบรวมความคิดเห็นและความต้องการใช้งานระบบของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่สำนักอำนวยความปลอดภัย โดยการพัฒนาหน้าจอการใช้งานระบบ (User Interface) ฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ รองรับการใช้งานในปัจจุบัน ทั้งในส่วนของการค้นหา การแสดงผลข้อมูล การแก้ไข ตลอดจนการบันทึกข้อมูล รายละเอียดข้อมูล ตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ เช่น

1) เพิ่มการแสดงผลหน้า Dashboard สำหรับแสดงผลสรุปข้อมูลค่าเฉลี่ย ๆ AADT โดยสามารถกรองข้อมูลทั้งโครงข่าย รายหน่วยงาน หรือรายสายทางได้
2) ปรับปรุงการแสดงผลข้อมูลจุดสำรวจปริมาณจราจร เพิ่มฟังก์ชันการยกเลิกจุดสำรวจปริมาณจราจร
3) อัปเดตหน่วยงานที่สังกัด/ดูแลจุดสำรวจปริมาณจราจรโดยอ้างอิงจากบัญชีสายทางระบบ HRIS
4) ปรับปรุงเงื่อนไขในการตรวจสอบตำแหน่งทิศทาง สายทางที่สังกัดของจุดสำรวจปริมาณจราจรอ้างอิงบัญชีสายทางระบบ HRIS
5) ปรับปรุงเงื่อนไขในการตรวจสอบการนำเข้าข้อมูลค่าสำรวจปริมาณจราจร
6) ฟังก์ชันการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณจราจรจากการสำรวจและข้อมูลปริมาณจราจรจากจุดสำรวจอัตโนมัติ
7) โมดูลการประมวลผลค่าปริมาณจราจรจากวิดีโอด้วย Machine Learning
8) ปรับปรุงการส่งออกรายงานสรุปบนหน้าระบบ
9) ปรับปรุงหน้า Web Service ที่ให้บริการให้สอดคล้องกับมาตรฐานของกรมทางหลวง



รูปที่ 3-8 เปรียบเทียบการทำงานของระบบปัจจุบันและระบบที่ปรับปรุง

ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบการทำงานของระบบปัจจุบันและระบบที่ปรับปรุง

ลำดับ	รายการ	ระบบปัจจุบัน	ระบบที่ปรับปรุง	หมายเหตุ
1. การพัฒนาระบบ				
1.1	หน้าหลัก	• เมนู • กระทู้ล่าสุด • คำตอบล่าสุด • จำนวนผู้ใช้งาน (Online User)	• เมนู • กระทู้ล่าสุด • คำตอบล่าสุด • จำนวนผู้ใช้งาน (Online User) และ User ที่ Online ในปัจจุบัน	
1.2	จุดสำรวจ	ข้อจุดสำรวจปริมาณจราจร • ค้นหาจุดสำรวจปริมาณจราจร (ปีหมายเลขจุดสำรวจ สายทาง ตอนควบคุม สทล. ขท. ประเภทจุดสำรวจ งวดสำรวจ สถานะจุดสำรวจ จุดที่ผิดพลาด ตำบล อำเภอ จังหวัด) • สร้างจุดสำรวจปริมาณจราจร • ลบจุดสำรวจปริมาณจราจร • แก้ไขข้อมูลสำรวจ • กำหนดจุดสำรวจ • สั่งสำรวจ	ข้อจุดสำรวจปริมาณจราจร • ค้นหาจุดสำรวจปริมาณจราจร (ปีหมายเลขจุดสำรวจ สายทาง ตอนควบคุม สทล. ขท. หมวดทางหลวงประเภทจุดสำรวจ งวดสำรวจ สถานะจุดสำรวจ จุดที่ผิดพลาด ตำบล อำเภอ จังหวัด) • สร้างจุดสำรวจปริมาณจราจร • ลบ/ยกเลิกจุดสำรวจปริมาณจราจรโดยระบุสาเหตุที่ยกเลิก • แก้ไขข้อมูลสำรวจ • กำหนดจุดสำรวจ • สั่งสำรวจ • สถานะของจุดสำรวจ	เดิมการค้นหา สายทาง และตอนควบคุมอยู่ใน Field เดียวกัน ระบบใหม่มีการปรับให้แยกกัน

ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบการทำงานของระบบปัจจุบันและระบบที่ปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ระบบปัจจุบัน	ระบบที่ปรับปรุง	หมายเหตุ
1.3	ข้อมูลการสำรวจ	• ค้นหาข้อมูลสำรวจ (ปี หมายเลขจุดสำรวจ สายทาง ตอนควบคุม งวดสำรวจ สทล. ขท. ประเภทจุดสำรวจ ตำบล อำเภอ จังหวัด) • แบบสรุปสำรวจปริมาณจราจร- • ดาวน์โหลด XLS • พิมพ์ผลสำรวจ • ข้อมูลจากเครื่องนับ • ข้อมูลสำรวจย้อนหลัง	• ค้นหาข้อมูลสำรวจ (ปี หมายเลขจุดสำรวจ สายทาง ตอนควบคุม งวดสำรวจ สทล. ขท. <u>หมวดทางหลวง ประเภทจุดสำรวจ</u> ตำบล อำเภอ จังหวัด) • แบบสรุปสำรวจปริมาณจราจร • ดาวน์โหลด XLS • พิมพ์ผลสำรวจ • <u>พิมพ์ผลสำรวจในรูปแบบ PDF แบบ Multiple page ตามการค้นหา</u> • ข้อมูลจากเครื่องนับ <u>เพิ่มการแสดงผลวันที่มี/ไม่มีข้อมูลของแต่ละจุดสำรวจบนปฏิทิน เพื่อง่ายต่อการเรียกดูข้อมูล</u> • ข้อมูลสำรวจย้อนหลัง • <u>ฟังก์ชันการยกเลิกการสำรวจพร้อมระบุเหตุผล</u> • <u>การแสดงผล Road Hierarchy</u>	เดิมการค้นหา สายทาง และตอนควบคุมอยู่ใน Field เดียวกัน ระบบใหม่มีการปรับให้แยกกัน

ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบการทำงานของระบบปัจจุบันและระบบที่ปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ระบบปัจจุบัน	ระบบที่ปรับปรุง	หมายเหตุ
1.4	ผลสำรวจ	ผลการสำรวจปริมาณจราจร ● ค้นหา (ปี เลขจุดสำรวจ สายทาง ตอนควบคุม สทล. ขท. ประเภทจุดสำรวจ จังหวัด อำเภอ ตำบล) ● ค่าปรับเปลี่ยน ● คำนวณ AADT ● คำนวณ V/C ● คำนวณ VK	ผลการสำรวจปริมาณจราจร ● ค้นหา (ปี เลขจุดสำรวจ สายทาง ตอนควบคุม สทล. ขท. หมวดทางหลวง ประเภทจุดสำรวจ จังหวัด อำเภอ ตำบล) ● ค่าปรับเปลี่ยน ● คำนวณ AADT ● คำนวณ V/C ● คำนวณ VK ● หน้า External Flow สำหรับแสดงผลเปรียบเทียบการไหลของปริมาณจราจรประกอบการคำนวณค่าปรับเปลี่ยน และ VK	เดิมการค้นหา สายทาง และตอนควบคุมอยู่ใน Field เดียวกัน ระบบใหม่มีการปรับให้แยกกัน
1.5	AADT รายจุด	AADT รายจุดสำรวจ ● ค้นหา (ทางหลวง ตอนควบคุม ปี สทล. ขท. ประเภทจุดสำรวจ จังหวัด อำเภอ ตำบล) ● รายละเอียดค่า VC และการคำนวณ	AADT รายจุดสำรวจ ● ค้นหา (ทางหลวง ตอนควบคุม ปี สทล. ขท. หมวดทางหลวง ประเภทจุดสำรวจ จังหวัด อำเภอ ตำบล) ● รายละเอียดค่า VC และการคำนวณ ● เพิ่มการแสดงผล Level Of Service ● การปรับปรุงการคำนวณ Density	

ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบการทำงานของระบบปัจจุบันและระบบที่ปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ระบบปัจจุบัน	ระบบที่ปรับปรุง	หมายเหตุ
1.6	VK	ค่า VK รายตอนควบคุม ● ค้นหา (ทางหลวง ตอนควบคุม ปี สทล. ขท. จังหวัด อำเภอ ตำบล) ● VK แยกตามประเภทรถ	ค่า VK รายตอนควบคุม ● ค้นหา (ทางหลวง ตอนควบคุม ปี สทล. ขท. หมวดทางหลวง จังหวัด อำเภอ ตำบล) ● VK แยกตามประเภทรถ ● ดึงข้อมูลช่องจราจรจาก Roadnet มาแสดงผลเป็น Text	
1.7	รายงาน	ส่งออกรายงานระบบในรูปแบบ ● พิมพ์แผนที่ ● PDF ● Excel ● HTML	ส่งออกรายงานระบบในรูปแบบ ● พิมพ์แผนที่ ● PDF ● Excel ● HTML ● CSV ● Shapefile	หัวข้อรายงานในระบบ 1) บัญชีสายทาง 2) จุดสำรวจปริมาณจราจรบนทางหลวง 3) ปริมาณจราจร 4) อัตราการเจริญเติบโตบนทางหลวง (Growth Rate) 5) แผนที่แสดงปริมาณการจราจร 6) ปริมาณการเดินทาง (VK) 7) ดัชนีการจราจรติดขัด (V/C) 8) จุดสำรวจปริมาณจราจรทางหลวง (อัตโนมัติ) 9) แผนที่จุดสำรวจปริมาณจราจรบนทางหลวง

ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบการทำงานของระบบปัจจุบันและระบบที่ปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ระบบปัจจุบัน	ระบบที่ปรับปรุง	หมายเหตุ
1.8	กระดานสนทนา	การแจ้งปัญหาระบบ	ยกเลิกหน้ากระดานสนทนา	ปรับวิธีการแจ้งในรูปแบบโทรศัพท์และไลน์กลุ่ม
1.9	ฐานข้อมูล	● ดึงข้อมูลประมวลผล ● ดึงข้อมูลดิบรายปี	● ดึงข้อมูลประมวลผล ● ดึงข้อมูลดิบรายปี	ระบบที่ปรับปรุงปรับการส่งออกฐานข้อมูลให้เป็นฐานข้อมูลใหม่
1.10	ตั้งค่า	● ตรวจสอบความถูกต้องขอตำแหน่งสำรวจ ● เผยแพร่การสำรวจ ● ค่าคงที่สำหรับตรวจสอบแบบสรุปสำรวจปริมาณจราจร ● สูตรคำนวณสมการ EF ● สูตรคำนวณสมการ PEAK (ในเมือง/นอกเมือง)	● ตรวจสอบความถูกต้องขอตำแหน่งสำรวจ ● เผยแพร่การสำรวจ ● ค่าคงที่สำหรับตรวจสอบแบบสรุปสำรวจปริมาณจราจร ● สูตรคำนวณสมการ EF ● สูตรคำนวณสมการ PEAK (ในเมือง/นอกเมือง) ● <u>การตั้งค่าเอกสาร “แจ้งเรื่องสำคัญ”</u> ● <u>จัดหมวดหมู่การตั้งค่า</u>	
1.11	แจ้งเรื่องสำคัญ	● เลือกไฟล์ และอัปโหลด ● ดาวน์โหลดไฟล์ ● ลบไฟล์	● ยกเลิกแจ้งเรื่องสำคัญ	ย้ายไปหน้าตั้งค่า

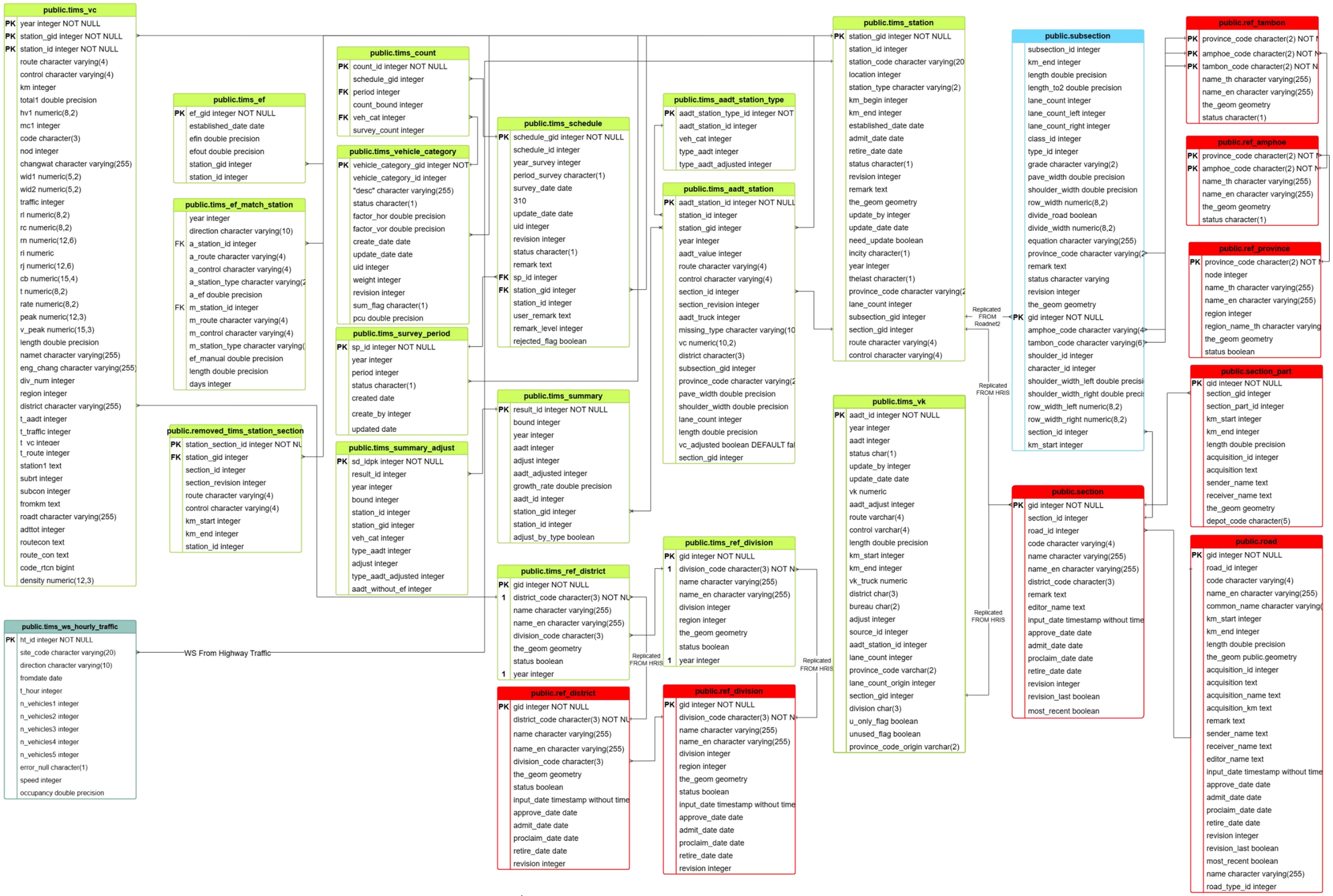
ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบการทำงานของระบบปัจจุบันและระบบที่ปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ระบบปัจจุบัน	ระบบที่ปรับปรุง	หมายเหตุ
1.12	Webservice	WS ให้บริการรูปแบบ Get Method เผยแพร่ให้ผู้ใช้ หรือระบบที่มี Link สามารถเข้าใช้งานได้ทั้งหมด โดยข้อมูลที่ให้บริการดังนี้ • aadt • hv • stationbyyear • aadt_miis	เผยแพร่ WS ในรูปแบบ Open API โดยมีหน้า UI ให้สามารถ Query ข้อมูลและมี API Document บนหน้าระบบ และมีการกำหนด Token เพื่อเข้าใช้งานตามสิทธิ โดยข้อมูลที่ให้บริการดังนี้ • aadt • hv • stationbyyear • aadt_miis • ปริมาณจราจรรายจุดสำรวจ • ปริมาณจราจรรายตอนควบคุม	
1.13	DASHBOARD	-	หน้าสรุปรายงานผู้บริหาร และสถิติข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้ Software Visualization	
1.14	ประมวลผล Image Detection ด้วย Machine Learning	-	• นำเข้า Video ประมวลผลปริมาณจราจรโดยใช้ Image Processing • บันทึกค่าสำรวจ/ลบค่าสำรวจ • สามารถส่งออกผลสำรวจในรูปแบบ PDF หรือ Excel • สามารถนำค่าไปใช้แทนที่การสำรวจด้วยการนับแบบ Manual	

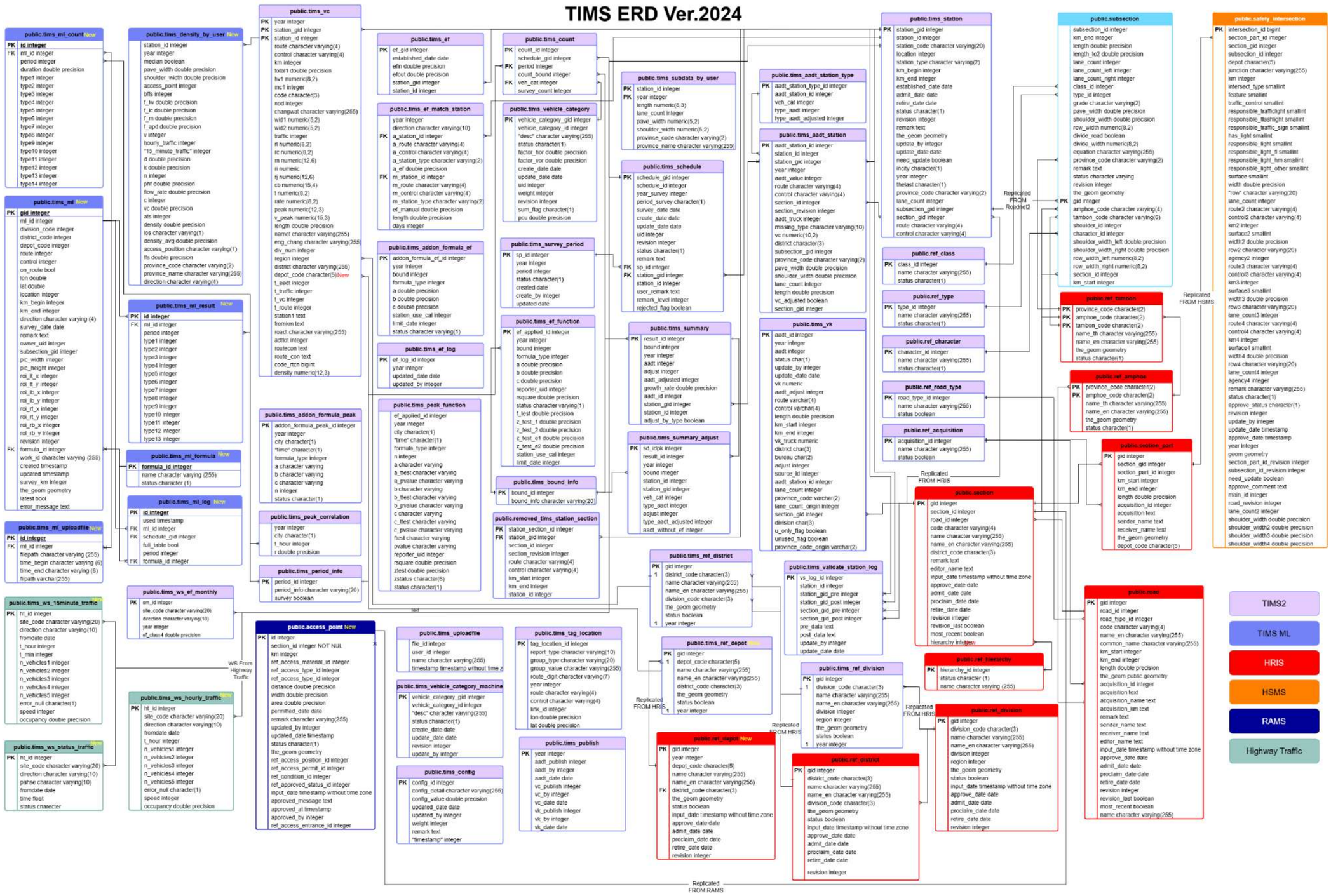
ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบการทำงานของระบบปัจจุบันและระบบที่ปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ระบบปัจจุบัน	ระบบที่ปรับปรุง	หมายเหตุ
2. ส่วนอื่น ๆ				
2.1	บทบาทของผู้ใช้งาน	• ผู้บริหาร • เจ้าหน้าที่สถิติสำนักอำนวยความปลอดภัย • เจ้าหน้าที่ส่วนกลางกรมทางหลวง • สำนักงานทางหลวง • แขวงทางหลวง	• ผู้บริหาร • เจ้าหน้าที่สถิติสำนักอำนวยความปลอดภัย • เจ้าหน้าที่ส่วนกลางกรมทางหลวง • สำนักงานทางหลวง • แขวงทางหลวง • หมวดทางหลวง	หมวดทางหลวงจะสามารถเข้าถึงข้อมูลในแขวงที่สังกัดได้
2.2	สิทธิการเข้าใช้งานระบบ	• Webmaster • BHS Admin • Executive • Editor • Viewer • Anonymous	• Webmaster • BHS Admin • Executive • Editor • Viewer • webservice • Anonymous	Webservice สามารถใช้งานส่วนของ webservice เท่านั้น

TIMS ERD Ver.2019



รูปที่ 3-9 ตัวอย่าง ER-Diagram ของระบบ TIMS ปัจจุบัน



รูปที่ 3-10 ตัวอย่าง ER-Diagram ของระบบ TIMS ที่ปรับปรุง

3.3 จัดทำคู่มือวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยมีรายละเอียดอย่างน้อยดังต่อไปนี้

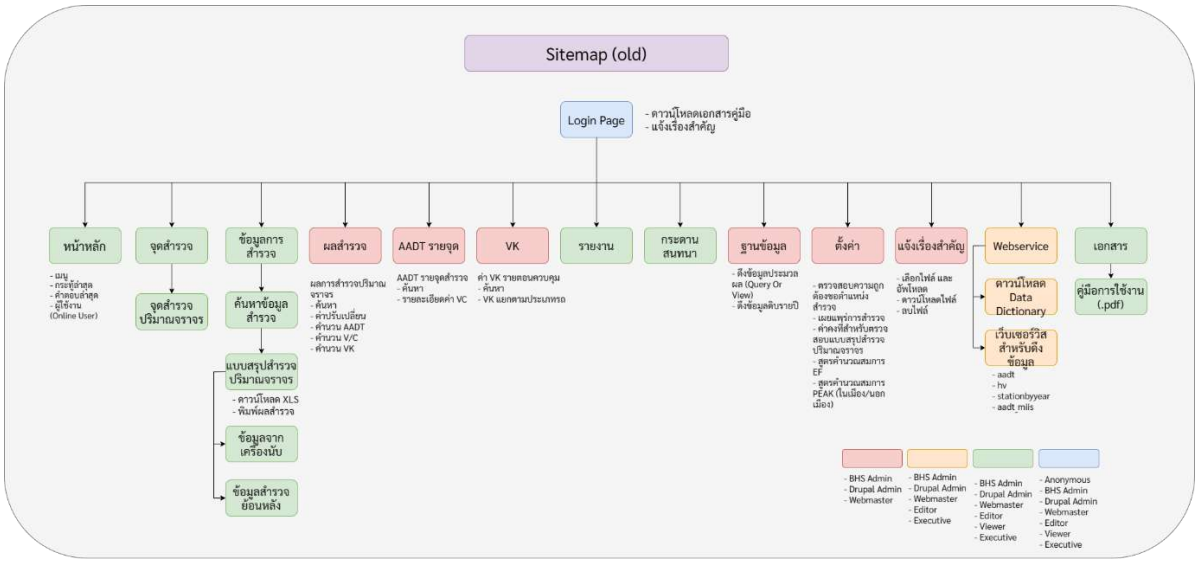
1) Use Case การกำหนดฟังก์ชันของผู้ใช้งาน
2) Use Case Description รายละเอียดการกำหนดฟังก์ชันของผู้ใช้งาน
3) Activity Diagram รายละเอียดฟังก์ชันในการทำงานของระบบ
4) ER-Diagram รายละเอียดโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์ระบบฐานข้อมูล
5) Data Dictionary รายละเอียดพจนานุกรมฐานข้อมูล



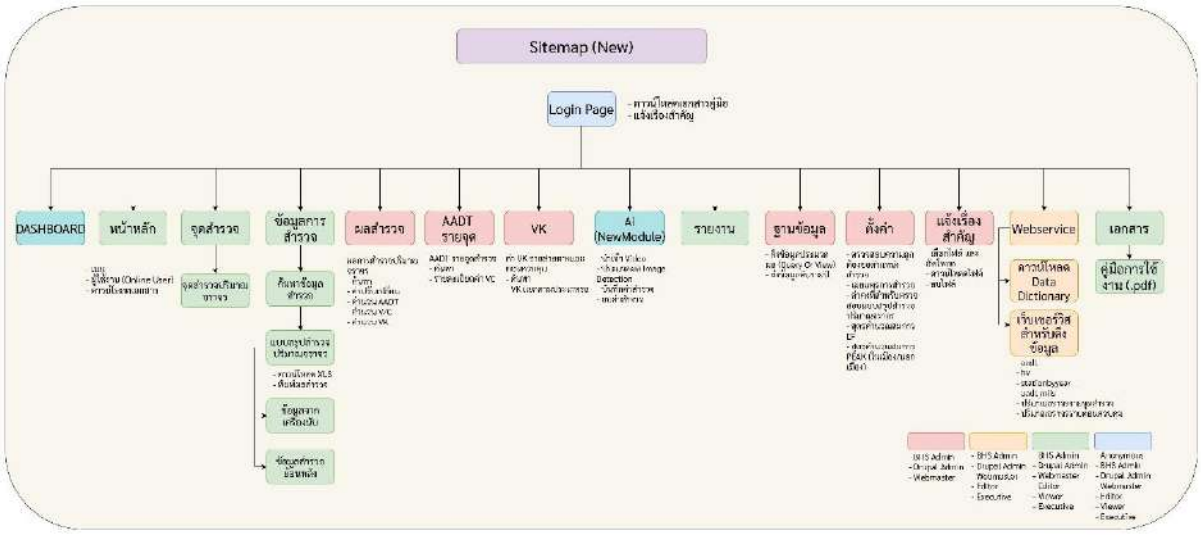
รูปที่ 3-11 คู่มือวิเคราะห์และออกแบบระบบ

บทที่ 4
งานพัฒนาระบบและปรับปรุงฐานข้อมูล

ที่ปรึกษาจะทำการศึกษาแนวทางการออกแบบและปรับปรุงหน้าจอระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ให้มีความทันสมัย ตรงกับความต้องการในการใช้งานของเจ้าหน้าที่ โดยวิเคราะห์จากความต้องการใช้งานของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง โดยมีแนวทางการปรับปรุงระบบดังรูปที่ 4-1 และรูปที่ 4-2

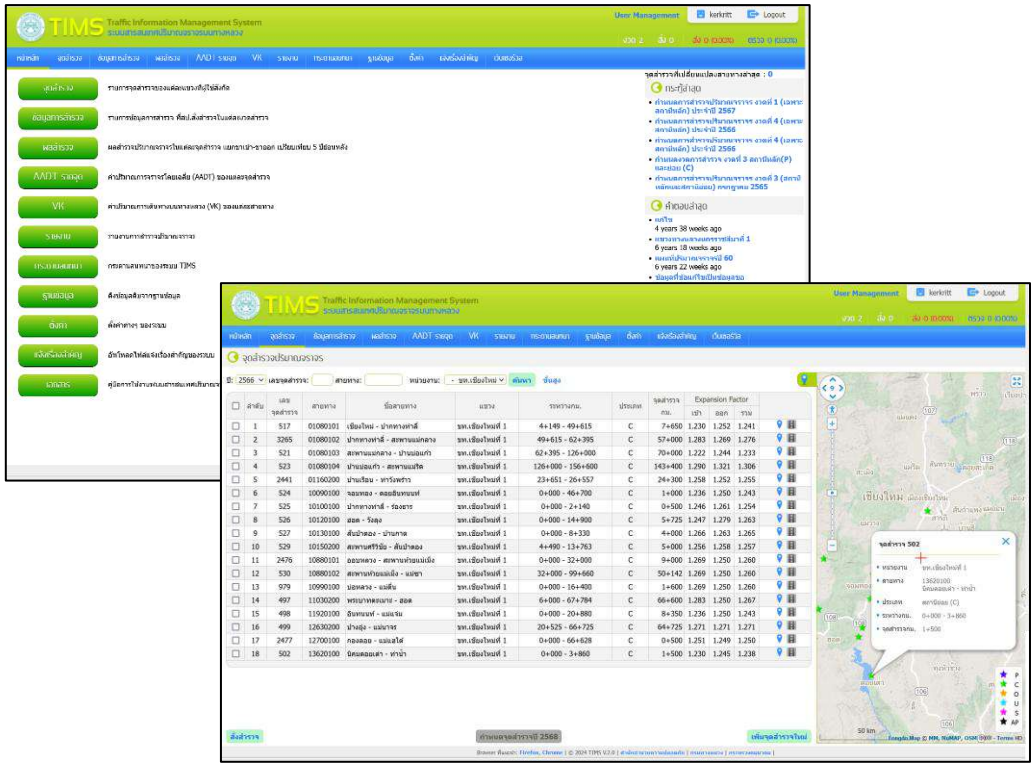


รูปที่ 4-1 แผนผังเว็บไซต์ระบบ ณ ปัจจุบัน

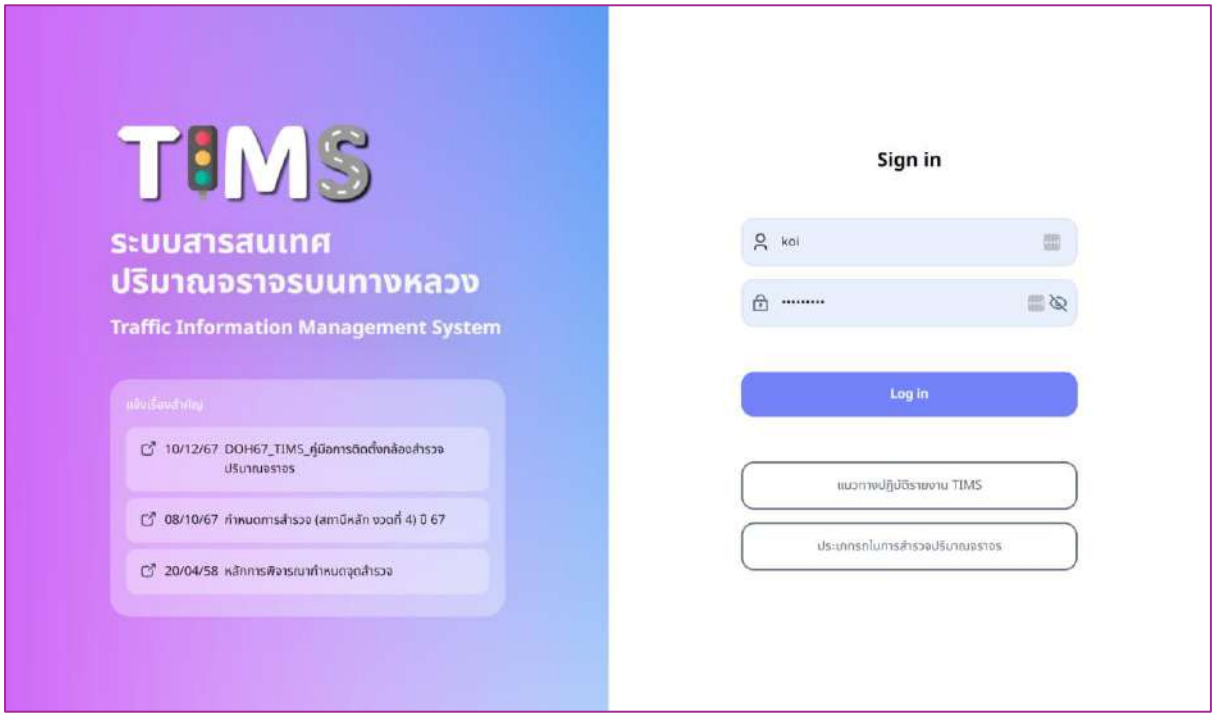


รูปที่ 4-2 แผนผังเว็บไซต์ระบบที่ปรับปรุง

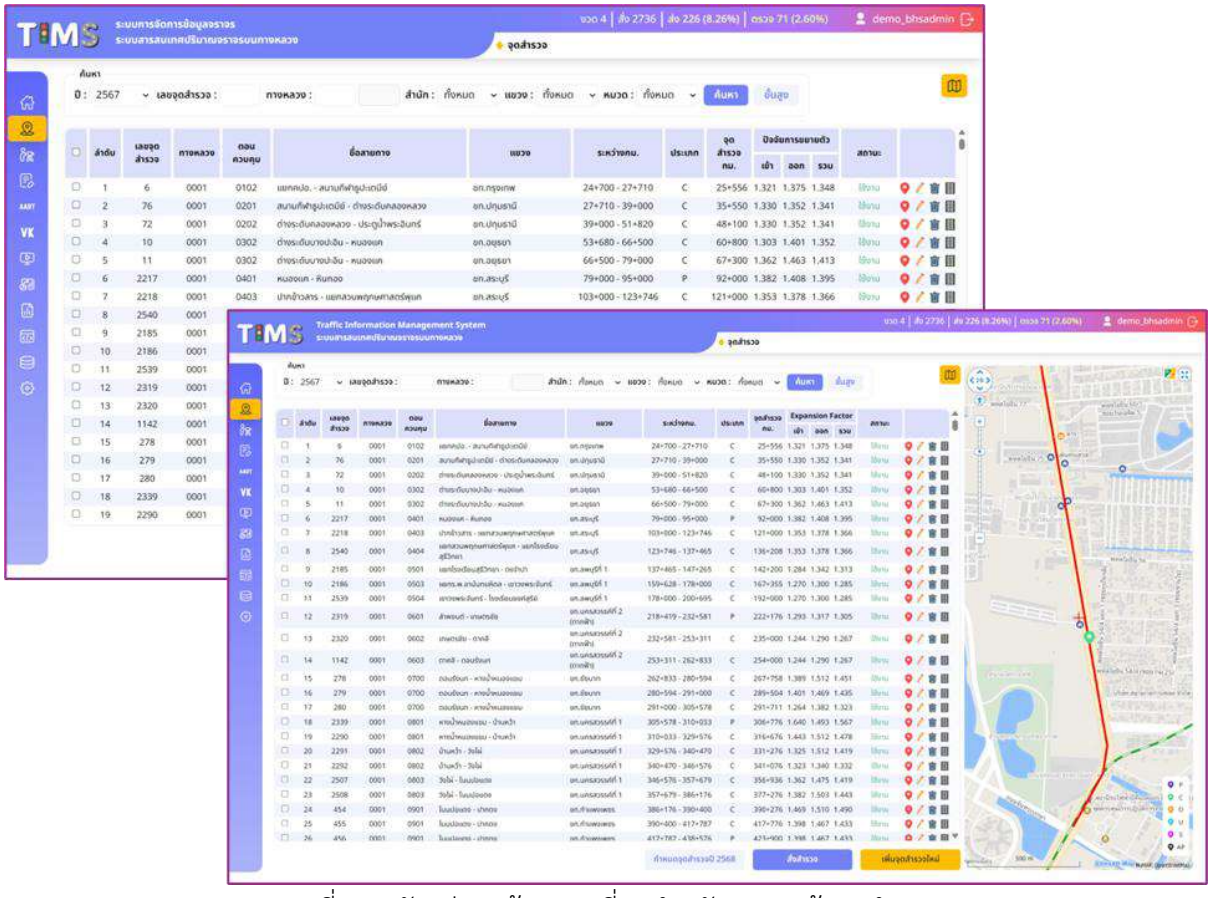
1) พัฒนาหน้าจอการใช้งานระบบ (User Interface) ฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ รองรับการใช้งานในปัจจุบัน ทั้งในส่วนของการค้นหา การแสดงผลข้อมูล การแก้ไข ตลอดจนการบันทึกข้อมูล รายละเอียดข้อมูล ตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ เช่น
   1.1) เพิ่มการแสดงผลหน้า Dashboard สำหรับแสดงผลสรุปข้อมูลค่าเฉลี่ยของ AADT โดยสามารถกรองข้อมูลทั้งโครงข่าย แยกตามหน่วยงาน หรือแยกตามสายทางได้
   1.2) ปรับปรุงการแสดงผลข้อมูลจุดสำรวจปริมาณจราจร เพิ่มช่องใส่หมายเหตุกรณียกเลิกจุดสำรวจปริมาณจราจร
   1.3) อัปเดตหน่วยงานที่สังกัด/ดูแลจุดสำรวจปริมาณจราจรโดยอ้างอิงจากบัญชีสายทางระบบ HRIS
   1.4) ปรับปรุงเงื่อนไขในการตรวจสอบตำแหน่งทิศทาง สายทางที่สังกัดของจุดสำรวจปริมาณจราจรอ้างอิงบัญชีสายทางระบบ HRIS
   1.5) ปรับปรุงเงื่อนไขในการตรวจสอบการนำเข้าข้อมูลค่าสำรวจปริมาณจราจร
   1.6) ฟังก์ชันการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณจราจรจากการสำรวจและข้อมูลปริมาณจราจรจากจุดสำรวจอัตโนมัติ
   1.7) โมดูลการประมวลผลค่าปริมาณจราจรจากวิดีโอด้วย Machine Learning
   1.8) ปรับปรุงการส่งออกรายงานสรุปบนหน้าระบบ
   1.9) ปรับปรุงหน้า Web Service ที่ให้บริการให้สอดคล้องกับมาตรฐานของกรมทางหลวง



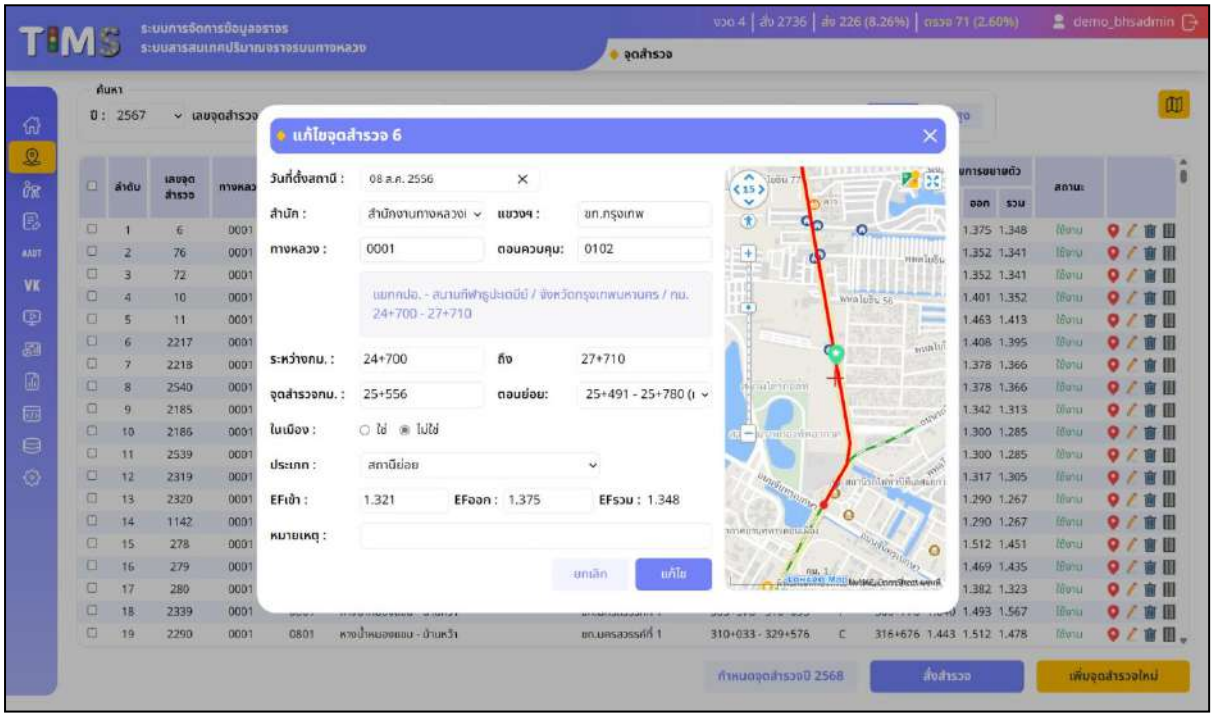
รูปที่ 4-3 ตัวอย่างหน้าระบบปัจจุบัน



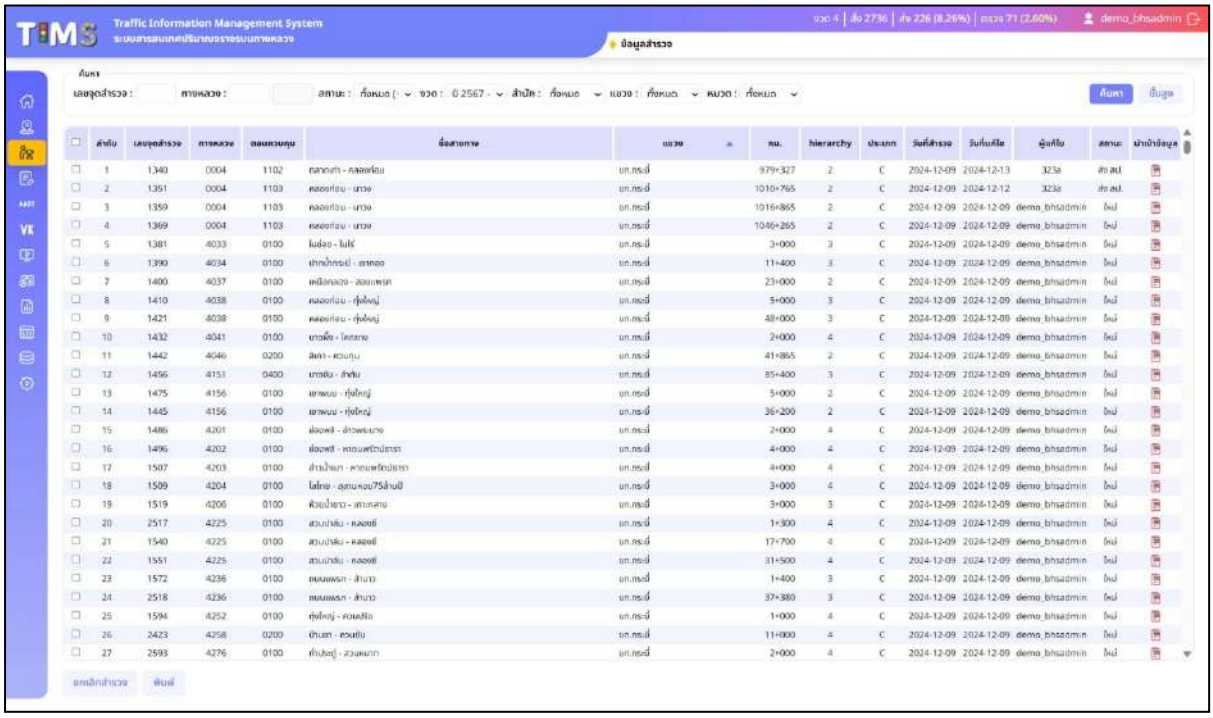
รูปที่ 4-4 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า Login



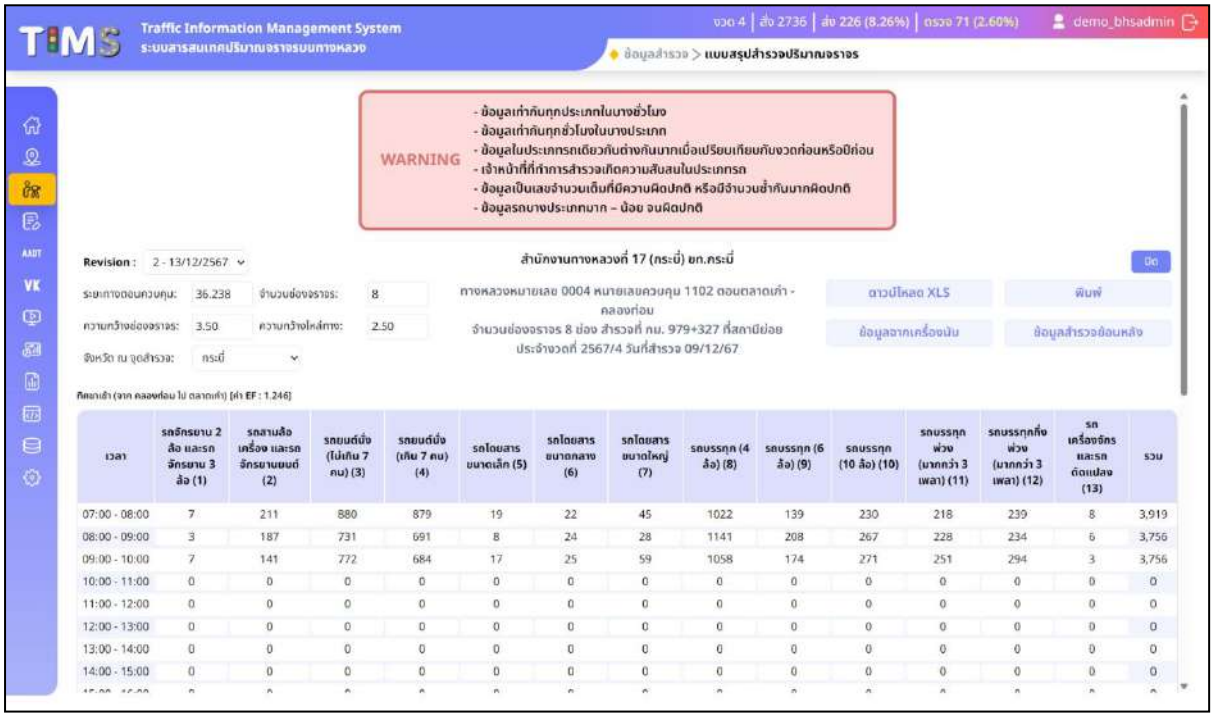
รูรูปที่ 4-5 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าจุดสำรวจ



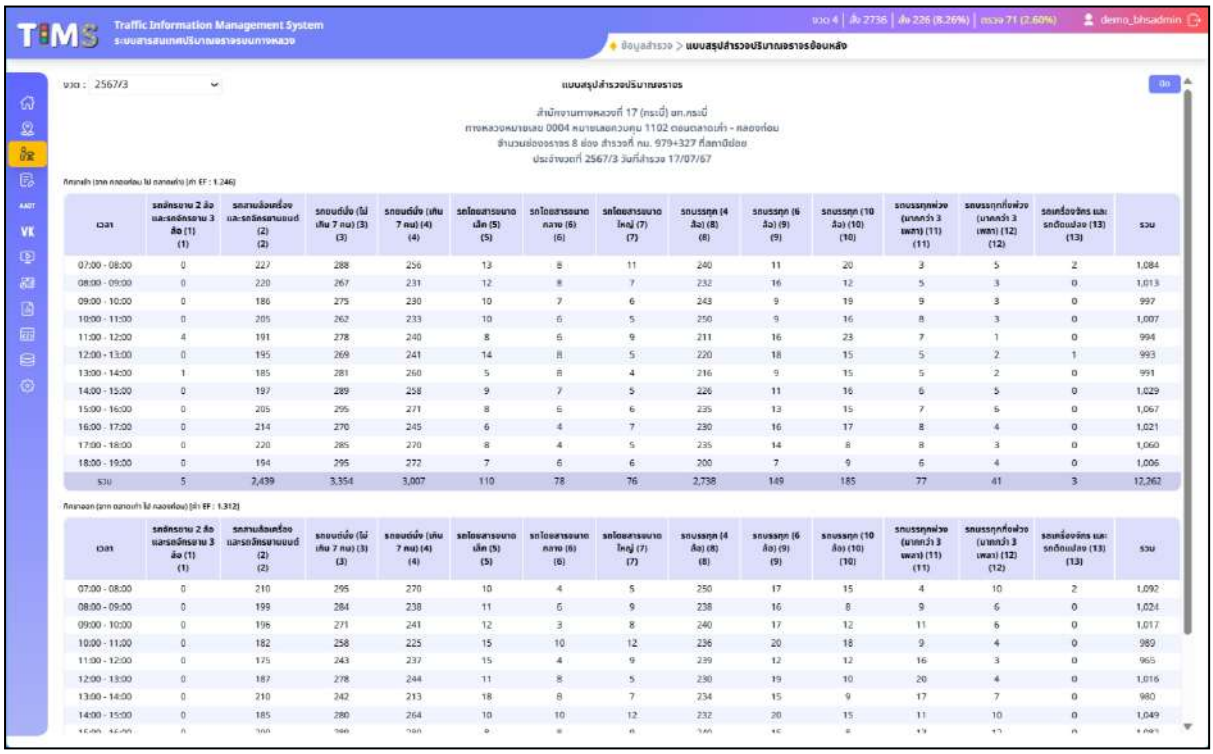
รูปที่ 4-6 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าแก้ไขจุดสำรวจ



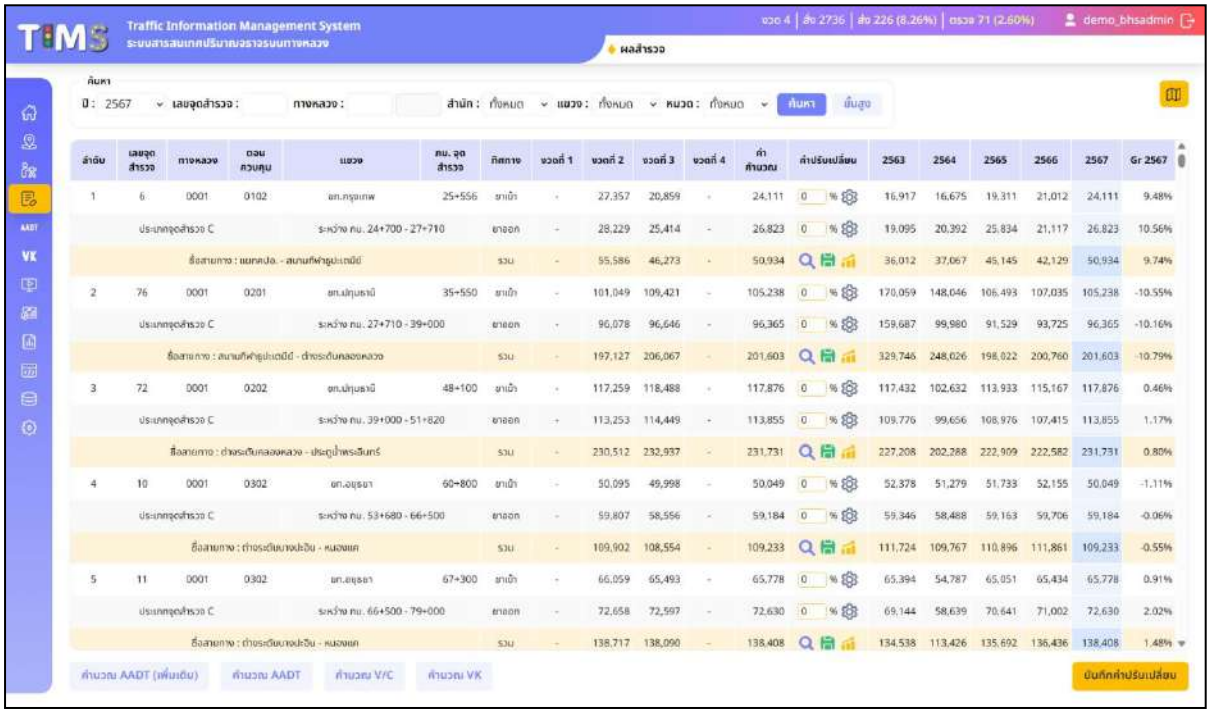
รูปที่ 4-7 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าข้อมูลสำรวจ



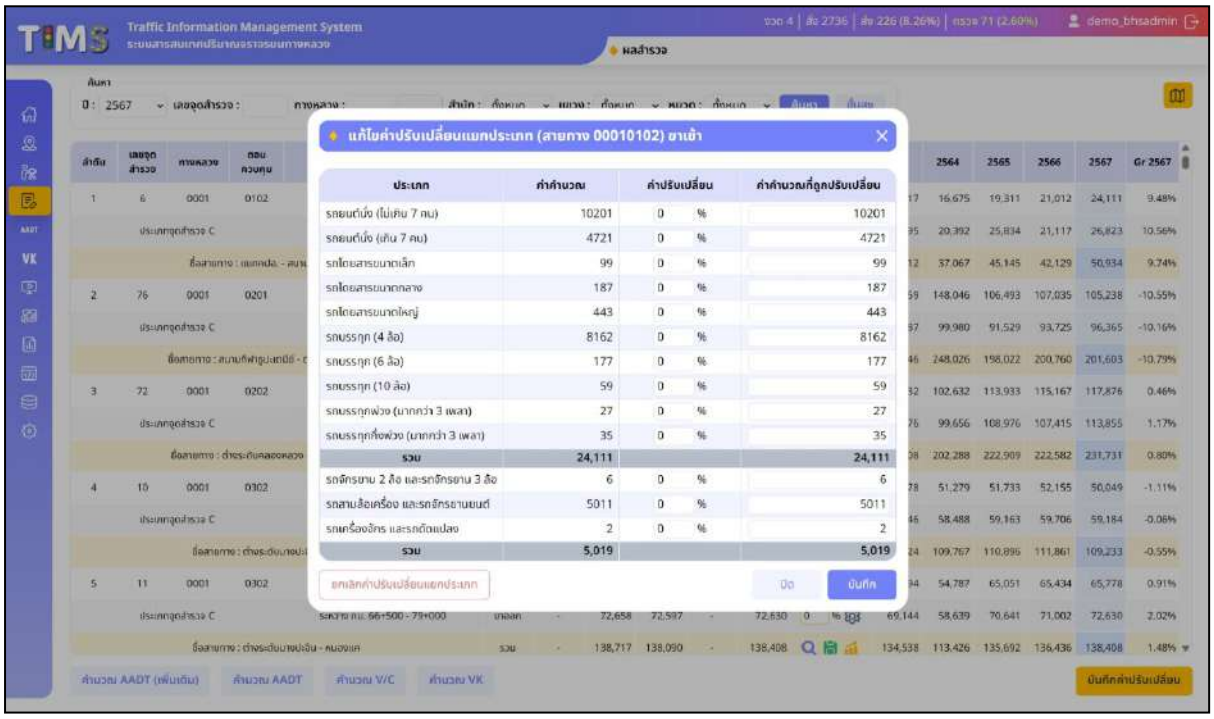
รูปที่ 4-8 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าแบบสรุปปริมาณจราจร



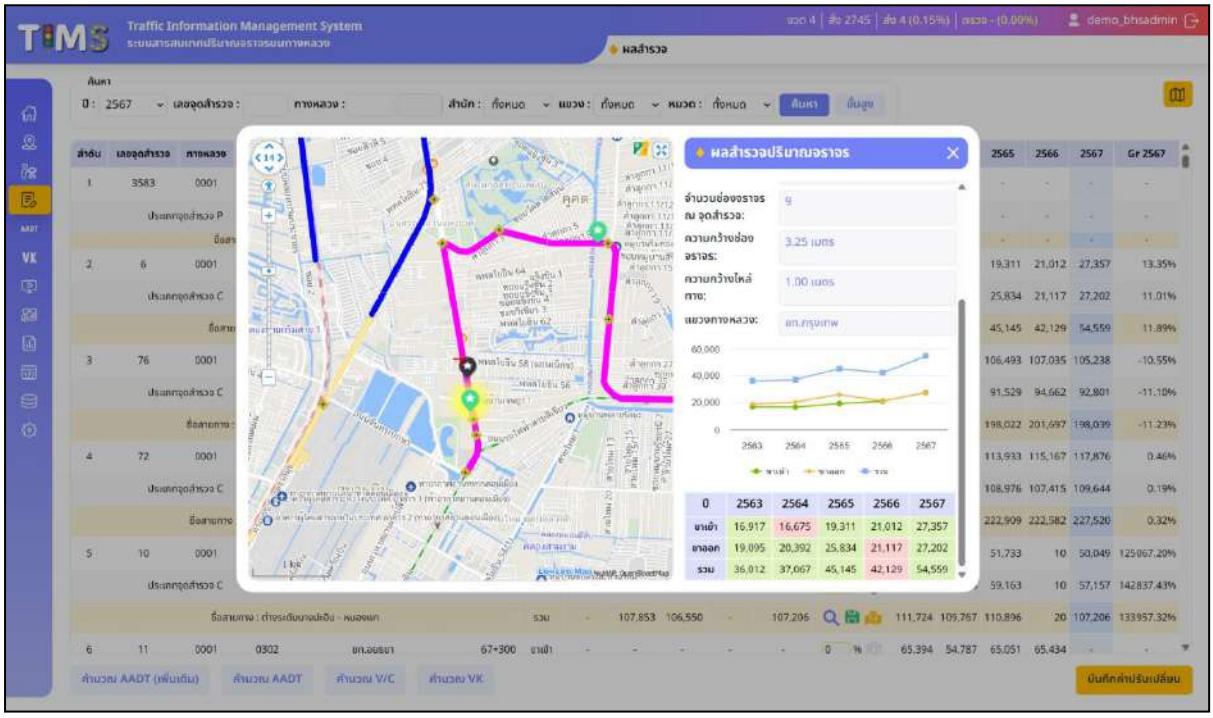
รูปที่ 4-9 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าแบบสรุปปริมาณจราจรย้อนหลัง



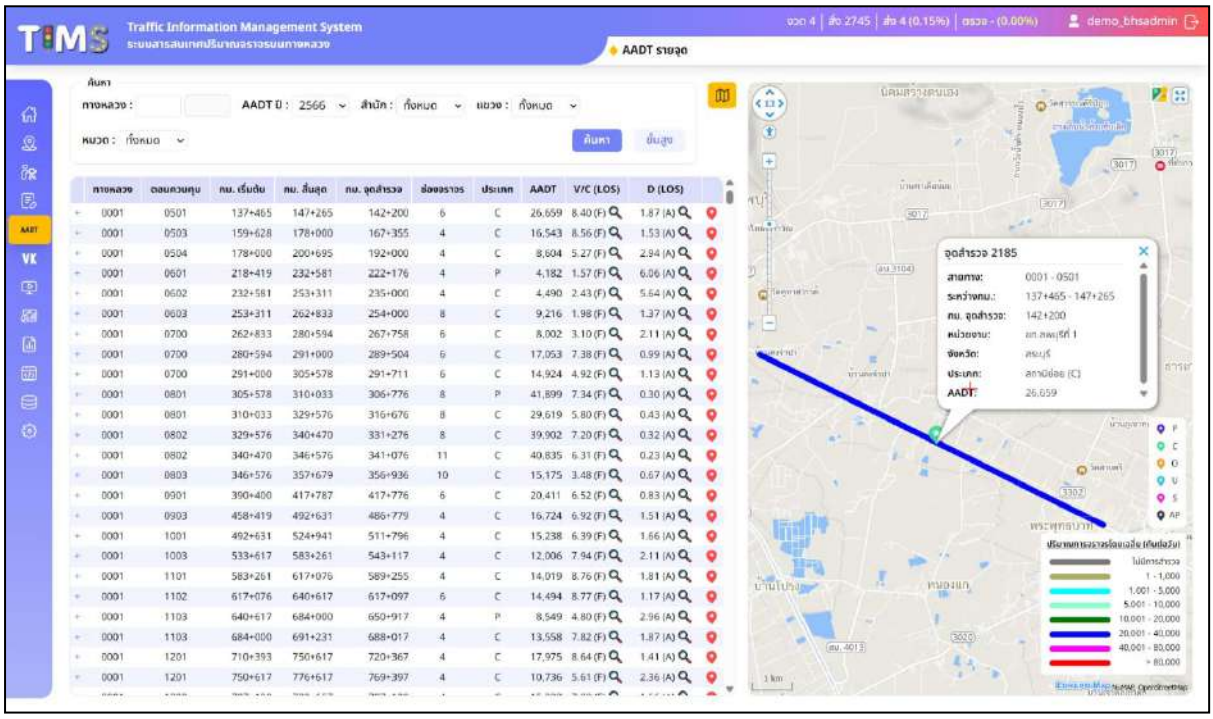
รูปที่ 4-10 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าผลสำรวจ



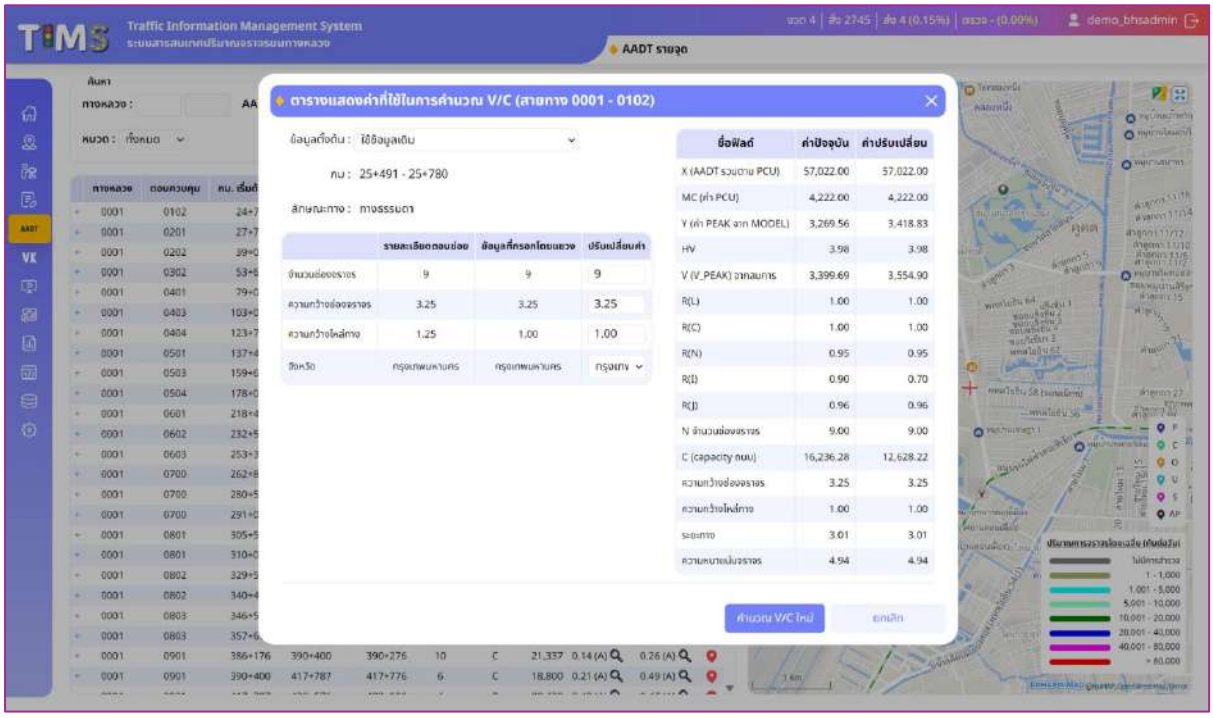
รูปที่ 4-11 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าผลสำรวจการปรับเปลี่ยนค่า



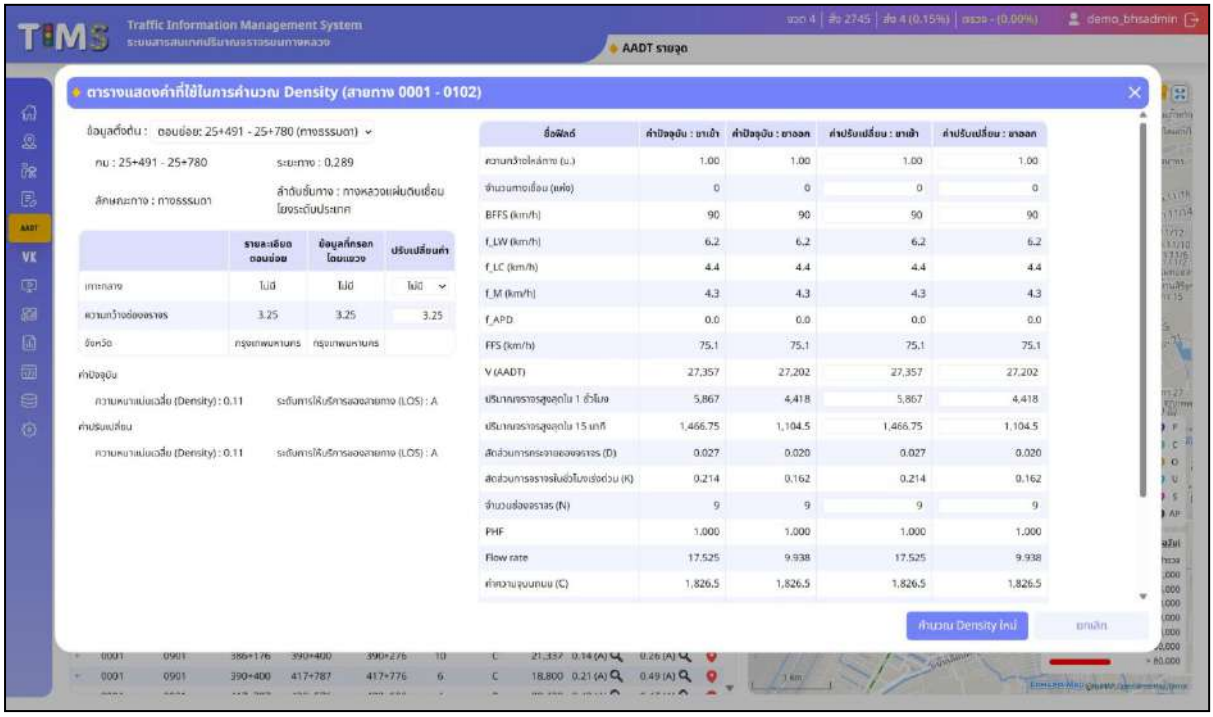
รูปที่ 4-12 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าผลสำรวจการเปรียบเทียบค่าสำรวจย้อนหลัง



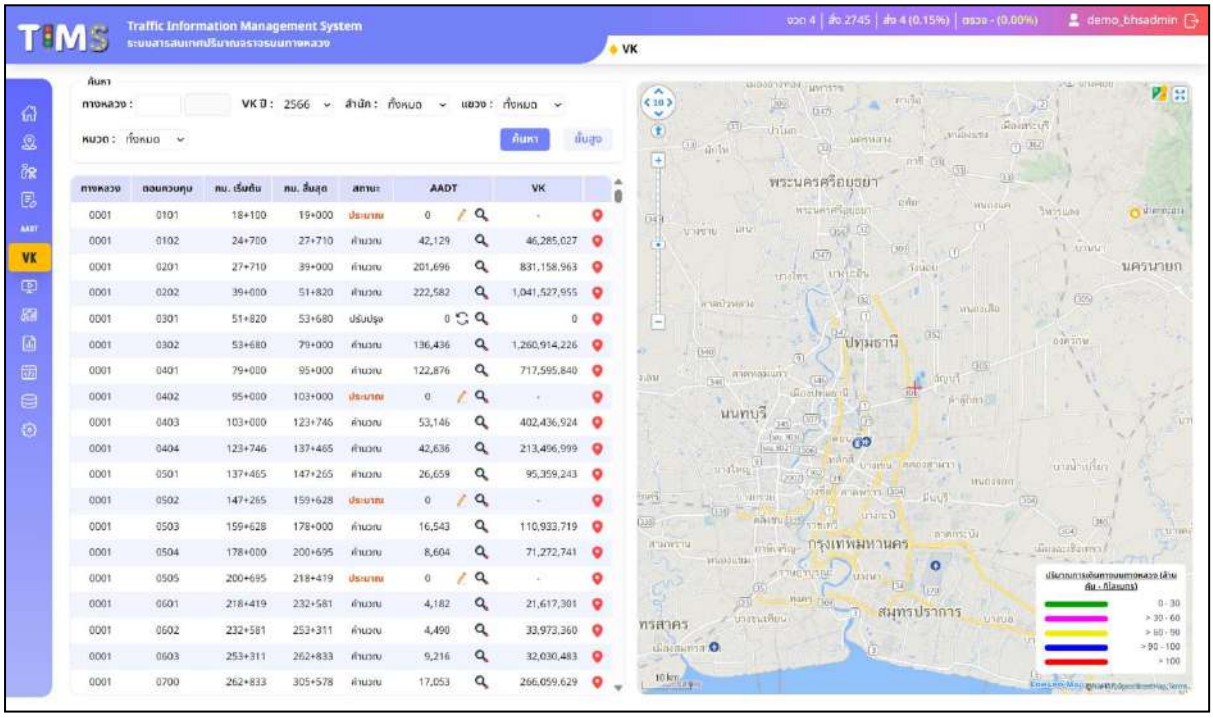
รูปที่ 4-13 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า AADT รายจุด



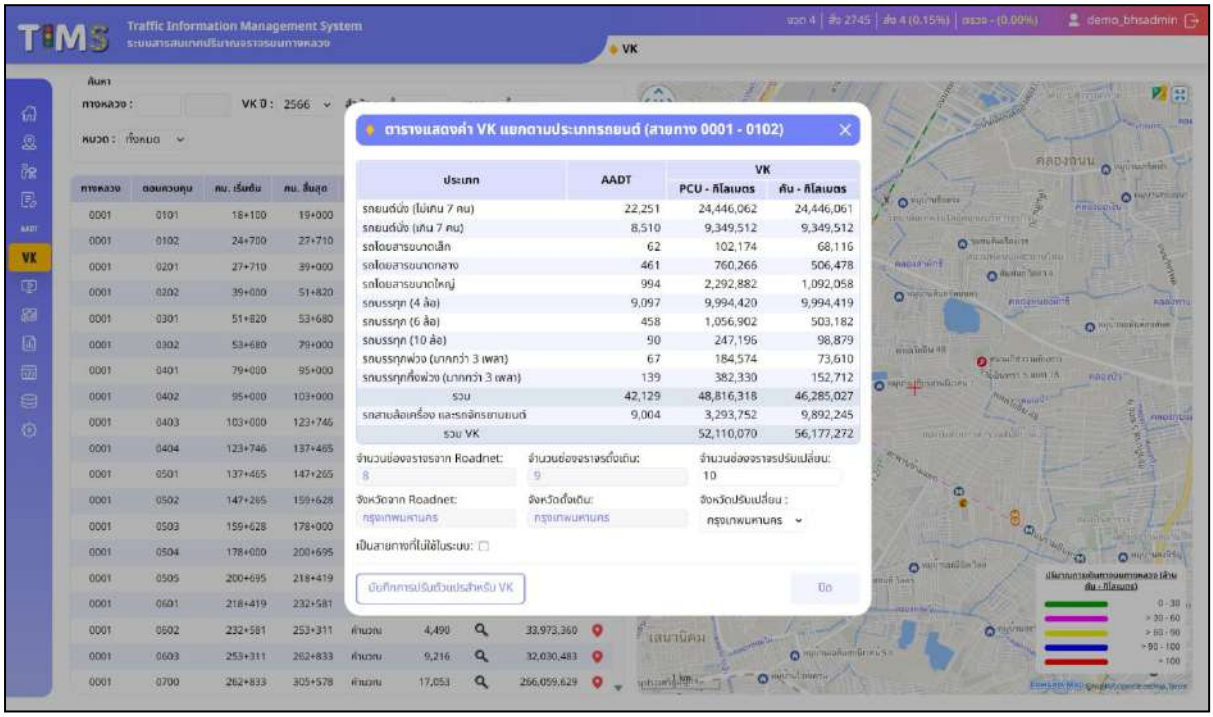
รูปที่ 4-14 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า AADT รายจุดการคำนวณค่า V/C



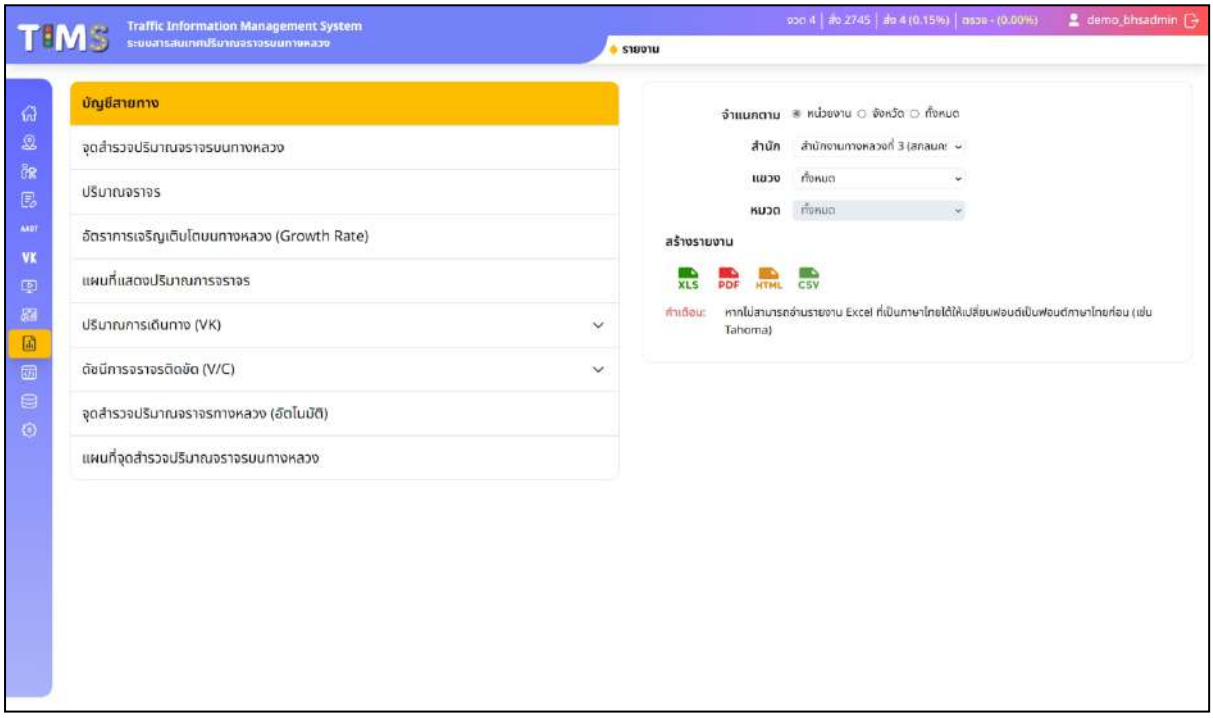
รูปที่ 4-15 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า AADT รายจุดการคำนวณค่า D (Density)



รูปที่ 4-16 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า VK



รูปที่ 4-17 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้า VK ตารางแยกตามประเภทรถยนต์

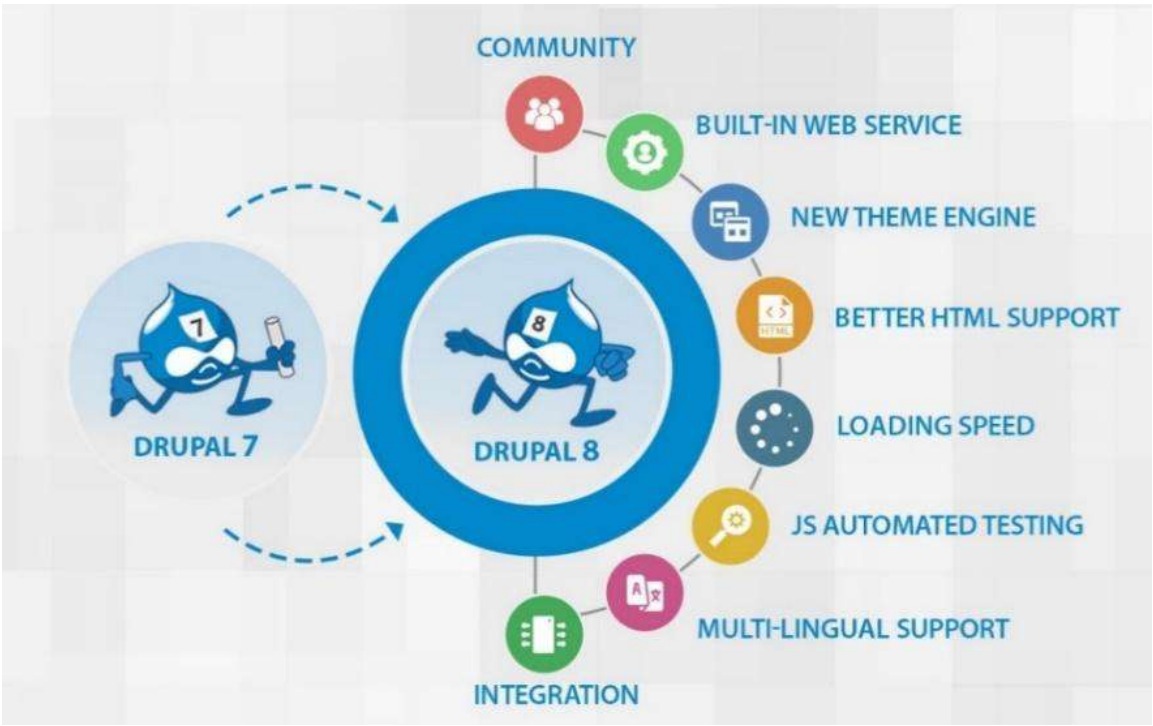


รูปที่ 4-18 ตัวอย่างหน้าระบบที่จะทำปรับปรุง-หน้าส่งออกรายงาน

1.10) ที่ปรึกษาทำการติดตั้งระบบจัดการเนื้อหา (Content Management System: CMS) ที่เป็นมาตรฐาน ง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน เพื่อใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูลผู้ใช้และสิทธิในการเข้าถึงระบบ รวมถึงควบคุมฟังก์ชันที่เข้าใช้งานระบบภายใต้การบริหารจัดการอันเดียวกัน โดยใช้ Software ที่เป็น Opensource ได้แก่ Drupal ซึ่งมีส่วนประกอบของ Drupal มีดังนี้

- User Management Drupal เป็น CMS ที่เราสามารถรองรับการการใช้งานของผู้ใช้ได้ไม่จำกัด พร้อมสามารถกำหนดสิทธิ์ในการใช้งาน การเข้าถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ เช่น ให้ดูเนื้อหาอย่างเดียว หรือ สร้างเนื้อหาได้แก้ไขได้เฉพาะ เนื้อหาของตนเอง เป็นต้น ทำให้เราสามารถสร้างทีมงานช่วยสร้างเนื้อหา (Contributor) ได้
- Configuration เป็นส่วนของการปรับแต่งส่วนประกอบภายในเว็บไซต์ ทั้งการเปิด/ปิดเว็บไซต์ การแก้ไขข้อมูลพื้นฐานของเว็บไซต์ Drupal มีความสามารถในการปรับแต่ง Performance ที่จะทำให้การโหลดเว็บไซต์เร็วขึ้น การตั้งค่าของ Editor การกำหนดค่าด้าน SEO เป็นต้น
- ส่วนของรายงาน (Report) ในส่วนนี้จะมีรายงานต่างๆ ที่จำเป็นต่อการตรวจสอบติดตาม สรุปผลข้อมูลของเว็บไซต์ของเราไม่ว่าจะเป็น
  - Status Report = รายงานแสดงสถานะของรายงานภาพรวมเว็บไซต์
  - Recent log messages = รายงาน log ของเว็บไซต์

- Top Referral Site = รายงานการเชื่อมโยงว่ามีการมาที่เว็บไซต์เราจากเว็บไซต์อื่น (Redirect) จำนวนเท่าใดบ้าง
- Top Search Phrases = รายงานคำค้นที่เกิดขึ้นในเว็บไซต์ว่าผู้เข้าชมเว็บไซต์ค้นหาจากคำค้นใด



ที่มา: https://drupalsun.com/sakshi-arora/2018/07/31/top-5-things-consider-when-migrating-drupal-7

รูปที่ 4-19 Framework ของ Drupal 7

การบริหารจัดการข้อมูลบัญชีผู้ใช้งานระบบจะใช้ Drupal ซึ่งเป็น Software สำหรับ Content Management System (CMS) สามารถบริหารจัดการผู้ใช้งานได้ (User Management System) สามารถสร้างบุคลากร พร้อมกำหนดค่าการเข้าถึงส่วนต่าง ๆ ได้ (Permission) โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

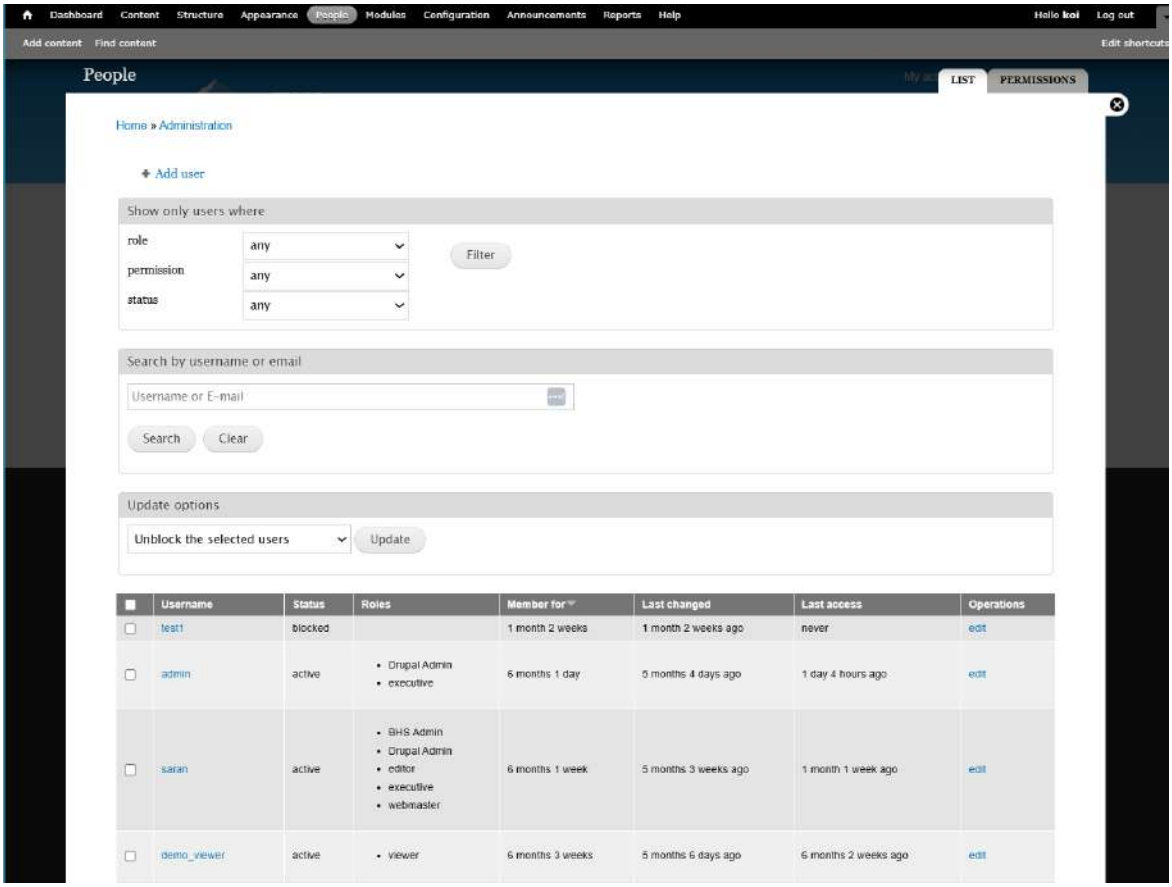
ขั้นตอนที่ 1

เข้าไปที่ URL : https://tims2.doh.go.th/ws/admin/people

ระบบจะแสดงหน้า Administrator โดยจะแสดงแถบ

List : สำหรับแสดงรายการ User ทั้งหมดที่ใช้งาน

Permission : สำหรับกำหนดสิทธิการเข้าใช้งานของแต่ละ Role

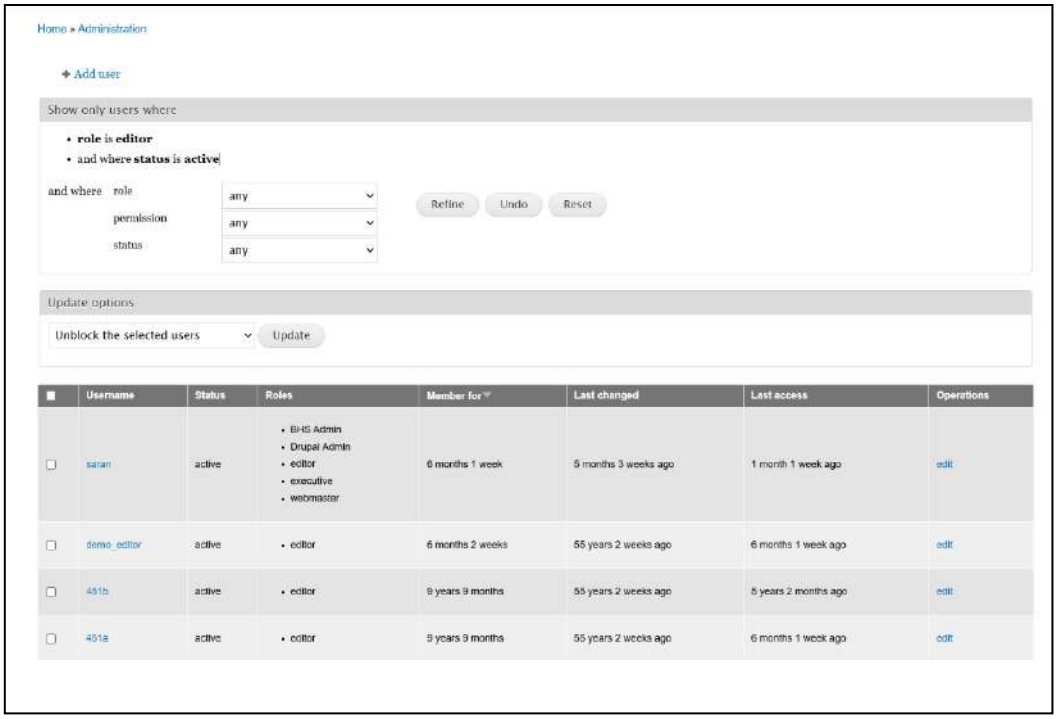


รูปที่ 4-20 หน้าจอการบริหารจัดการข้อมูลบัญชีผู้ใช้งานระบบ TIMS

ขั้นตอนที่ 2 การค้นหา User ผู้ใช้งานระบบ

เลือกแถบ List ระบบจะแสดงแถบค้นหาสามารถค้นหาด้วย

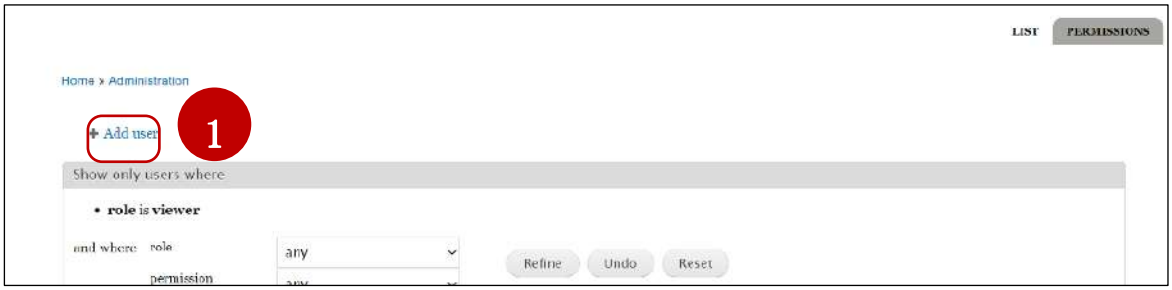
- Role (บทบาท)
- Permission
- สถานะผู้ใช้งาน
- ชื่อผู้ใช้หรืออีเมล
- และกด Filter

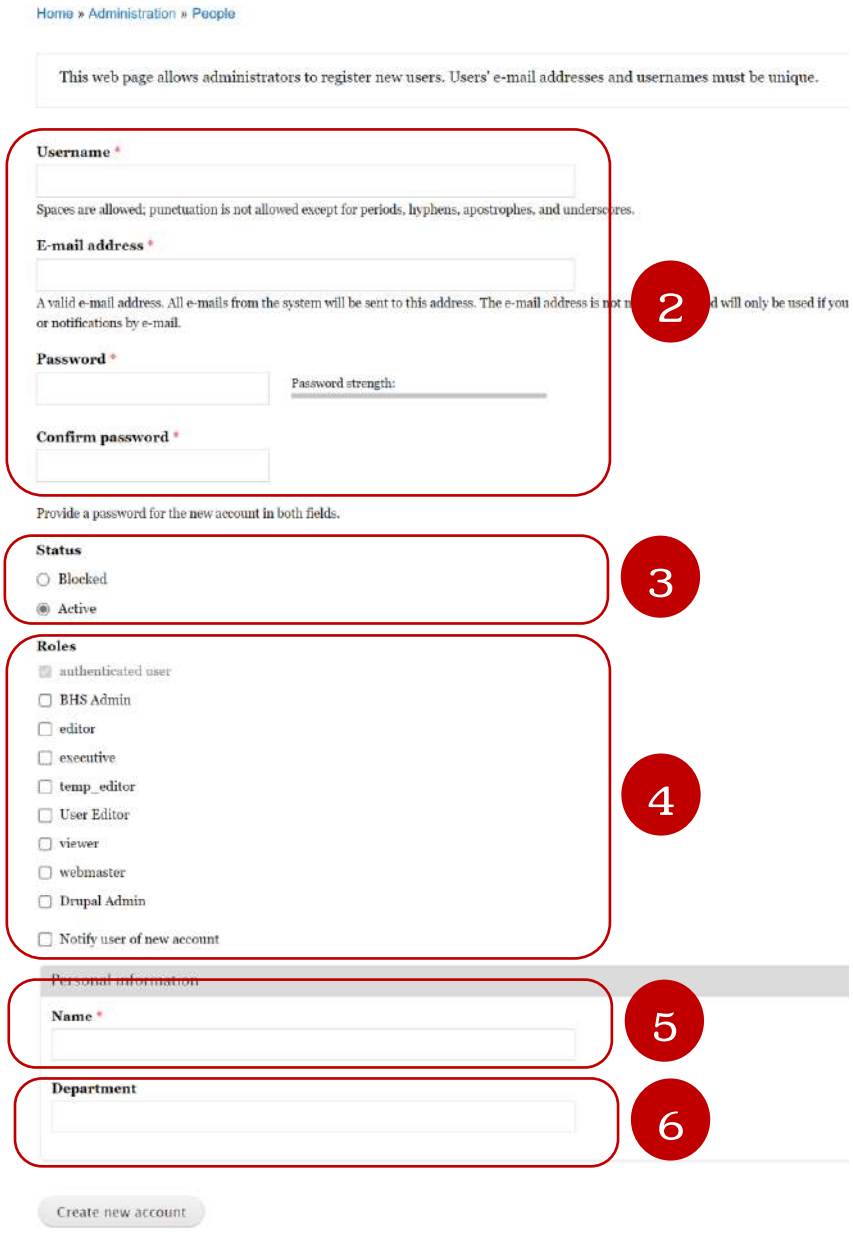


รูปที่ 4-21 หน้าจอการค้นหาบัญชีผู้ใช้งานระบบ TIMS

ขั้นตอนที่ 3 การเพิ่ม User ผู้ใช้งานสามารถทำได้โดยการ

1. เลือกแถบ List คลิกที่ปุ่ม + Add user
2. กรอก Username/Email/Password ของผู้ใช้งาน
3. เลือกสถานะผู้ใช้ (Block/Active)
4. เลือกบทบาท (Role) ของผู้ใช้โดยสามารถเลือกได้มากกว่า 1 Role
5. กรอกชื่อหน่วยงาน
6. รหัสหน่วยงาน (กรณีส่วนกลางไม่ต้องกรอก)
   - XX0 สำหรับ สทล. เช่น 420 สทล. 12 (ชลบุรี)
   - XXX สำหรับ ขท. เช่น 421 ขท. ฉะเชิงเทรา
7. คลิก Create new account

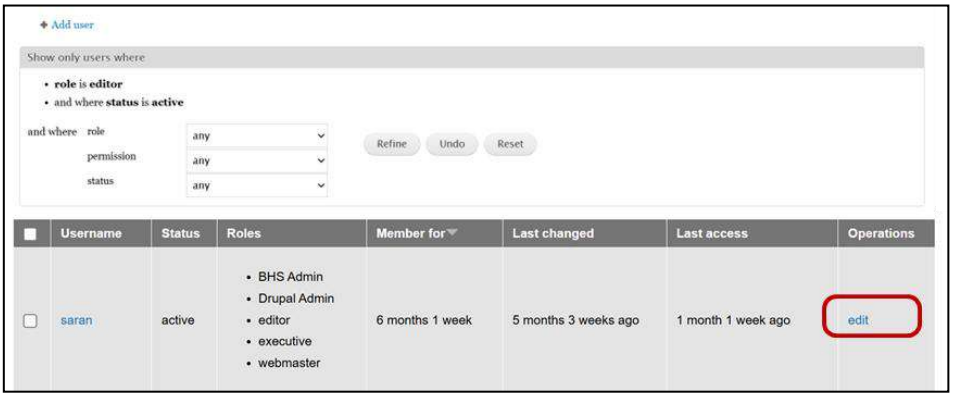




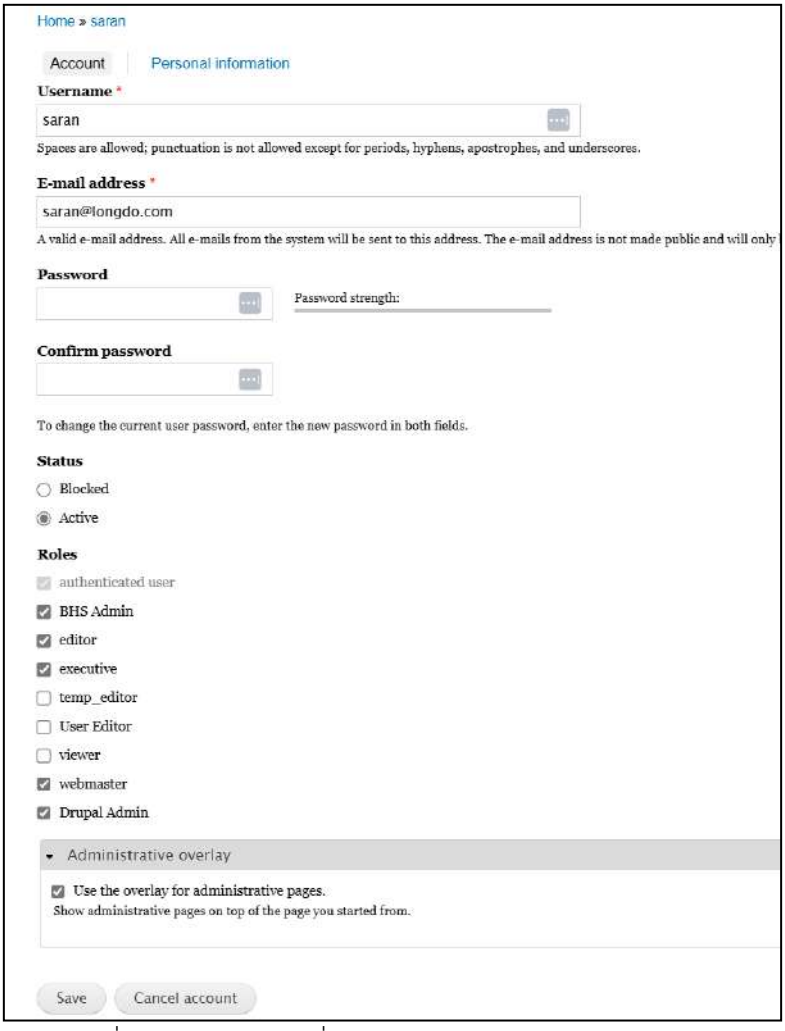
รูปที่ 4-22 หน้าจอการเพิ่มบัญชีผู้ใช้งานระบบ TIMS

ขั้นตอนที่ 4 การแก้ไข User ผู้ใช้งานสามารถทำได้โดยการ

1. เลือกแถบ List ทำการค้นหา User ที่ต้องการแก้ไข
2. คลิก Edit ที่ช่อง Operations
3. แก้ไขที่ต้องการและกด Save

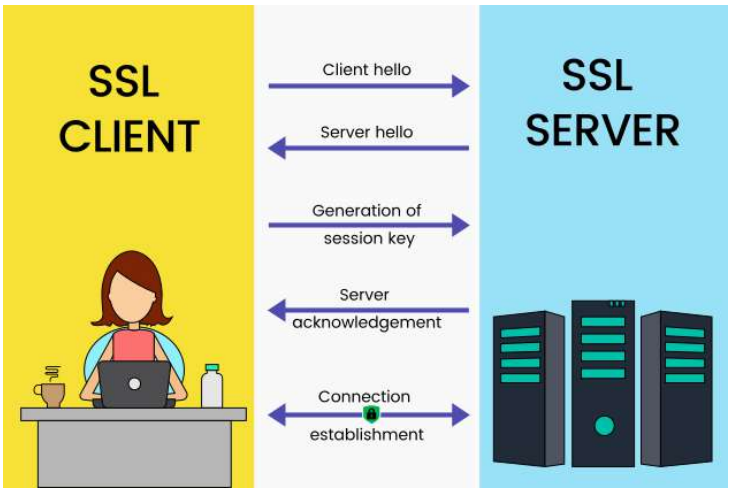


รูปที่ 4-23 หน้าจอการแก้ไขบัญชีผู้ใช้งานระบบ TIMS



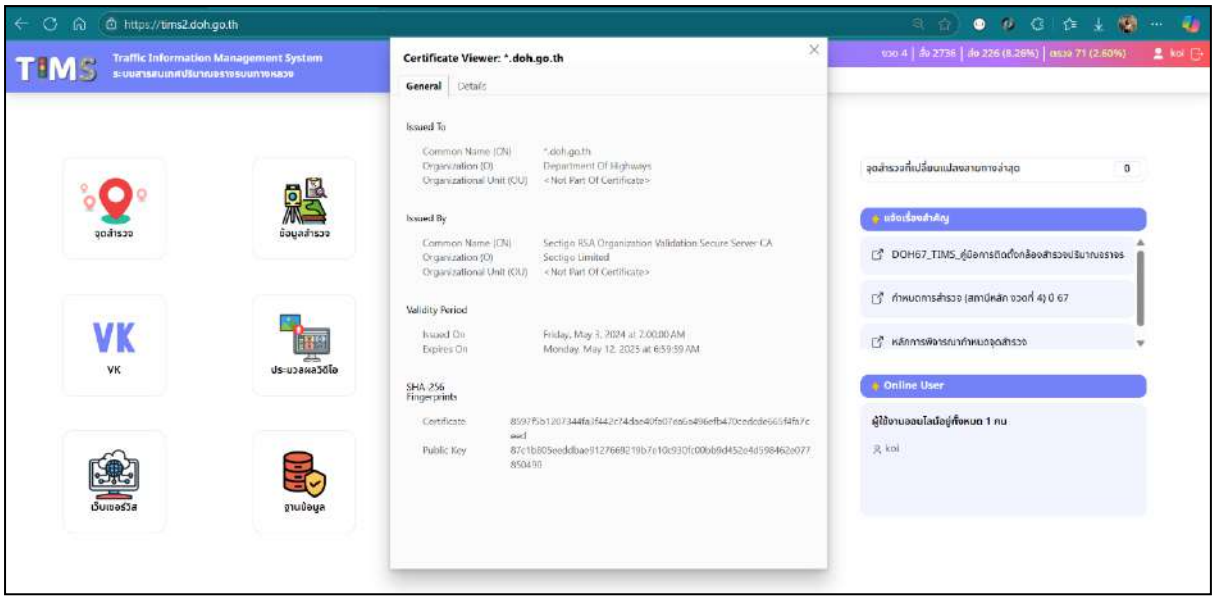
รูปที่ 4-24 ส่วนข้อมูลที่สามารถทำการแก้ไขในระบบ TIMS

1.11) ระบบที่พัฒนาจะต้องรองรับความปลอดภัยทางอิเล็กทรอนิกส์ (Secured Sockets Layer : SSL) ในการพัฒนาระบบเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพจนได้ผลลัพธ์หรือประสิทธิผลที่ถูกต้อง รวดเร็ว และสามารถนำมาวิเคราะห์หรือดำเนินงานต่อได้อย่างถูกต้อง การรักษาความปลอดภัยทั้งในตัวข้อมูลและระบบถือเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาระบบเช่นกัน ความปลอดภัยทางอิเล็กทรอนิกส์ SSL คือ เทคโนโลยีการเข้ารหัสข้อมูล เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการสื่อสารหรือส่งข้อมูลบนเครือข่าย Internet ระหว่างเครื่องแม่ข่าย (Server) กับการแสดงผลข้อมูล (Web Application) ที่ใช้งาน เพื่อให้ข้อมูลของท่านผ่านโปรโตคอล HTTPS หรือโปรโตคอล (Protocol) ความปลอดภัยอื่น ๆ ตามแต่วิธีการใช้งาน



ที่มา: https://infosecwriteups.com/understanding-ssl-secure-socket-layer-2023-a0ada4329842

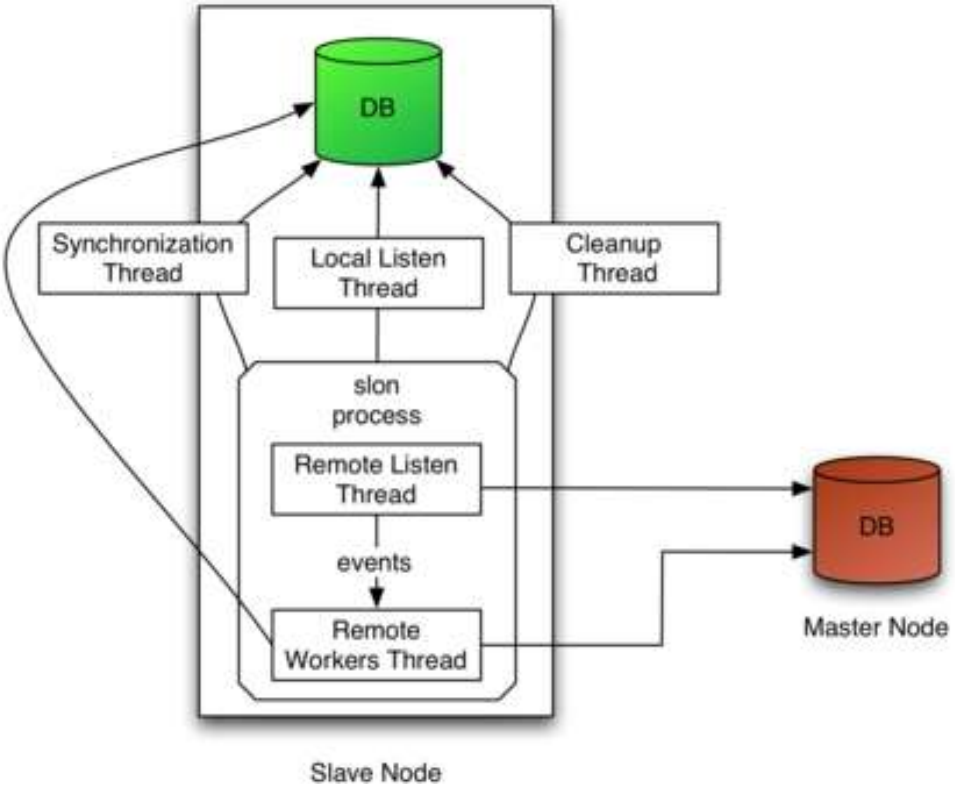
รูปที่ 4-25 แนวทางการพัฒนา Secured Sockets Layer : SSL



รูปที่ 4-26 SSL Certificate ที่ติดตั้งบนระบบ TIMS

4.1 พัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้สามารถรองรับกระบวนการทำงานใหม่ที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจปริมาณจราจร และเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) อย่างเป็นระบบ ได้แก่ข้อมูลบัญชีสายทาง ข้อมูลลำดับชั้นทาง ข้อมูลบัญชีผิวทาง เป็นต้น เพื่อให้โครงสร้างข้อมูลของระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถรองรับการเชื่อมโยงกับระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ตามผลการศึกษาข้อ 2.6.1

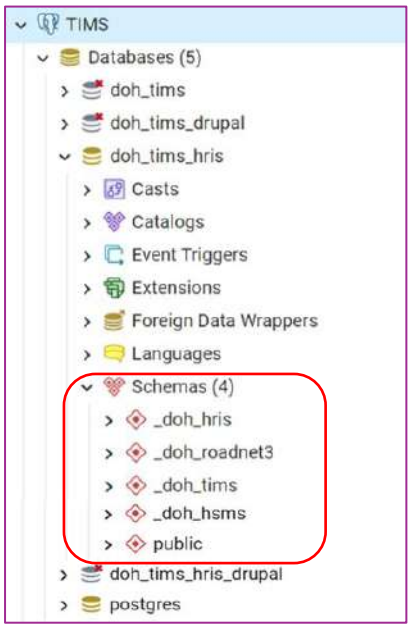
ที่ปรึกษาจะทำการศึกษาการเชื่อมโยงฐานข้อมูลจากระบบต่าง ๆ ภายในกรมทางหลวง โดยศึกษารูปแบบการเชื่อมโยงที่เหมาะสมกับฐานข้อมูลแต่ละชนิด เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาใช้งานได้อย่างครบถ้วนและถูกต้อง โดยการเชื่อมโยงในรูป เว็บเซอร์วิส และการสำเนาฐานข้อมูล (Database Replication) เพื่อทำการเชื่อมต่อข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาในการบูรณาการข้อมูลให้ข้อมูลแต่ละระบบเชื่อมโยงกันอย่างต่อเนื่องและเป็นปัจจุบัน โดยการเชื่อมโยงฐานข้อมูล PostgreSQL Database สามารถทำได้หลายเครื่องมือ ได้แก่ Slony-I คือ Package สำหรับการทำ Synchronous Database Replication สามารถสำเนาข้อมูลหรือสำรองข้อมูลสามารถช่วยในการกระจายโหลด การสำรองระบบกรณีตัวแม่เสียหาย ตัวลูกสามารถทำงานแทนได้ หรือจะสำรองข้อมูลแบบทันทีทันใดก็ได้โดยสามารถกำหนดการทำงานแบบ Master to multiple slaves replication system หลักการทำงาน ใช้ Trigger ฝั่งใน Database แล้วสำรองข้อมูลตารางต่าง ๆ โดยมีการสร้าง Key อ้างอิงร่วมกับ Primary key



รูปที่ 4-27 ตัวอย่างการ Replicate Database โดยใช้ Slony-I

โดยข้อมูลที่ทำการเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database) ประกอบไปด้วย

1) ระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง : HRIS (สำนักแผนงาน)
   - ข้อมูลบัญชีทะเบียนทางหลวง
   - ตำแหน่งหลักกิโลเมตรอ้างอิง
   - ข้อมูลระดับชั้นทาง (Road Hierarchy)
   - ตำแหน่งสำนักงาน (สทล. ขท. หมวดฯ)
   - ความหนาแน่นการใช้ประโยชน์ที่ดิน
2) ระบบสารสนเทศโครงข่ายทาง : Roadnet3 (สำนักบริหารบำรุงทาง)
   - ข้อมูลบัญชีผิวทาง
   - ข้อมูลโครงสร้างและกายภาพ ได้แก่ ข้อมูล กม.เริ่มต้น กม.สิ้นสุด ระยะทาง
   - มาตรฐานชั้นทาง
   - ความกว้างผิวทางต่อช่องจราจร ความกว้างไหล่ทางซ้ายและขวา
   - จำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจรซ้ายและขวา
3) ระบบสารสนเทศการบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนน : HSMS (สำนักอำนวยความปลอดภัย)
   - อุปกรณ์ความปลอดภัยประเภททางแยก
4) ระบบทรัพย์สินทางหลวง: RAMS (สำนักบริหารบำรุงทาง)
   - ข้อมูลทางเชื่อม



รูปที่ 4-28 ฐานข้อมูลที่ทำการ Replicate Database

4.2 พัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อวางแนวทางในการบูรณาการข้อมูลร่วมกันอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน มาแสดงผลในระบบอย่างเหมาะสม เช่น ข้อมูลจุดสำรวจอัตโนมัติ และรายงานข้อมูลจราจร กลุ่มสำรวจข้อมูลการจราจรและขนส่ง สำนักอำนวยความปลอดภัย

ที่ปรึกษาได้ทำการพัฒนาโดยแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลจุดสำรวจอัตโนมัติ และรายงานข้อมูลจราจร กลุ่มสำรวจข้อมูลการจราจรและขนส่ง สำนักอำนวยความปลอดภัยเพื่อแสดงผลเปรียบเทียบปริมาณจราจรบริเวณตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง แม่นยำของข้อมูลปริมาณจราจรจากคนแจงนับ หรือในกรณีที่ไม่มีการสำรวจ โดยการเชื่อมโยงข้อมูลจากฐานข้อมูลระบบบริหารจัดการระบบสำรวจปริมาณจราจร (Highway Traffic) ได้แก่

- DOH TDMS Site Master : สำหรับแสดงข้อมูลจุดสำรวจพร้อมพิกัดที่ตั้งและสถานะการทำงานของจุดสำรวจอัตโนมัติ
- REAL-TIME TRAFFIC SERVICE : ให้บริการข้อมูลจราจรแบบ real-time (ปัจจุบัน คือ ระดับ 5 นาทีล่าสุด)
- HISTORICAL TRAFFIC SERVICE (Hourly) : ให้บริการข้อมูลจราจรย้อนหลังรายชั่วโมง
- HISTORICAL TRAFFIC SERVICE (15 minutes) : ให้บริการข้อมูลจราจรย้อนหลังทุก 15 นาที
- ADT_EF_Monthly: ให้บริการข้อมูล EF ย้อนหลังรายปี

Traffic Detection and Management System

MASTER SITE SERVICE

สำหรับแสดงข้อมูลจุดสำรวจในระบบทั้งหมด โดย เลือกดูเฉพาะ จุดที่ Active/Inactive หรือ All ได้

Service Name :	DOH TDMS Site Master
Description :	สำหรับแสดงข้อมูลจุดสำรวจพร้อมพิกัดที่ตั้ง และ สถานะการทำงาน
HTTP Method:	POST
URL:	http://www.highwaytraffic.go.th/DOHTrafficWebServices2/api/V1.0.0/Master/Site
Request Parameters (JSON)	
TOKEN	รหัส TOKEN ของ User
SITE_STATUS	สถานะของจุดสำรวจที่ต้องการเรียกดูข้อมูล - ALL : เรียกดูทั้งหมด - ACTIVE : เรียกดูเฉพาะจุดที่เปิดให้บริการ - INACTIVE : เรียกดูเฉพาะจุดที่ไม่เปิดให้บริการ
Example of Request	{ "token": "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx", "SITE_STATUS": "ACTIVE" }
Response (JSON)	
CODE	1 = SUCCESS, 90 = ERROR
MESSAGE	กรณี CODE = 1 (SUCEESS) กรณี CODE = 90(ERROR) Message จะเป็น ข้อความต่อไปนี้ อย่างใดอย่างหนึ่ง • INVALID_TOKEN • USER_NOT_AUTHORIZE • CHECK_SITE_STATU
TITLE	N/A
DATA	[{ "SITE_CODE":<หมายเลขจุดสำรวจ>, "ROUTE_NO":<หมายเลขทางหลวง>, "CONTROL_SECTION_CODE":<หมายเลขตอนควบคุม>, "CONTROL_SECTION_NAME":<ชื่อตอนควบคุม>, "HWY_BUREAU":<ชื่อสำนักทางหลวง>, "HWY_DISTRICT":<ชื่อแขวงทางหลวง>, "HWY_DEPOT":<ชื่อหมวดทางหลวง>, "LOCATION_KM":<กม.จุดสำรวจ>, "LOCATION_LAT":<พิกัดจุดสำรวจ-latitude>, "LOCATION_LONG":<พิกัดจุดสำรวจ-longitude>, "LANDMARK":<จุดสังเกตบริเวณติดตั้ง>, "PROVINCE":<จังหวัดที่ติดตั้ง>, "DISTRICT":<อำเภอที่ติดตั้ง>, "NO_OF_LANE":<จำนวนช่องจราจร ขาและขากลับ>, "SITE_STATUS":<สถานะจุดสำรวจ ACTIVE, INACTIVE> }]
Example of Response Parameter	[{ "SITE_CODE":"PER-3-001", "ROUTE_NO":"1", "CONTROL_SECTION_CODE":"0401", "CONTROL_SECTION_NAME":"หลวงแค - จันทคง",

Confidential
Bureau of Highway Safety, Department of Highways *Page: 3 of 4*

รูปที่ 4-29 ตัวอย่าง API DOH TDMS Site Master

4.3 พัฒนาระบบ Web service เผยแพร่ข้อมูลปริมาณจราจร

1. รองรับการให้บริการข้อมูลในรูปแบบภาพแผนที่ Web Map Service (WMS) Web Feature Service (WFS) Web Map Tile Service (WMS-T) หรือดีกว่า
2. รองรับการให้บริการข้อมูลในรูปแบบข้อความ Web Service Query หรือดีกว่า

พัฒนาระบบ Web service เผยแพร่ข้อมูลปริมาณจราจรทั้งในรูปแบบภาพแผนที่ Web Map Service (WMS) Web Feature Service (WFS) หรือ Web Map Tile Service (WMS-T) หรือ Vector Tile Service และแบบ web service query (REST/JSON) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

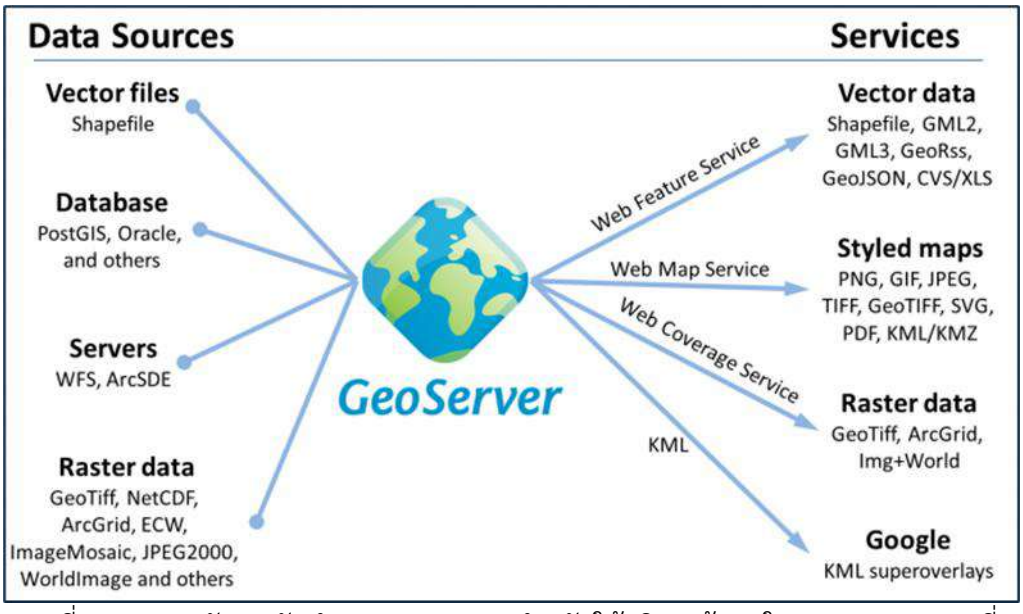
ตารางที่ 4-1 แสดงรูปแบบการให้บริการ Web service

WFS (Web Feature Service)	ระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่าย Internet/Intranet บน Server โดยเป็น Feature Class หรือ Vector ที่สามารถแสดงรายละเอียด Attribute ส่งออกเป็น Shapefile และวิเคราะห์ข้อมูลได้
WMS (Web Map Service)	ระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่าย Internet/Intranet บน Server ซึ่งมีมาตรฐานกำหนดการให้บริการรูปแบบ API ผ่าน URL จะเป็นรูปภาพ PNG หรือ JPEG นำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศ ซึ่งสามารถดูและแสดงรายละเอียดของ Attribute ได้ แต่จะส่งออกเป็น Shapefile หรือวิเคราะห์ข้อมูลไม่ได้
WMTS (Web Map Tile Service)	การให้บริการในรูปแบบ WMS โดยเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการแสดงผลของข้อมูลแผนที่ในประเภท Bitmap ได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น โดยหลักการคือ จะทำแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วน ๆ (Tiles) ตามระดับการซูม (Zoom level) แล้วส่งมาแสดงผลยังเครื่องผู้ใช้งานเรียกบริการ ซึ่งไฟล์แต่ละไฟล์ที่เป็นชิ้น ๆ จะมีขนาดเล็ก จึงทำให้ลดการใช้งานปริมาณการรับ - การส่งข้อมูล (Bandwidth) และเวลาในการโหลดข้อมูลจากเครื่องแม่ข่ายลง
Web service queries	คือการให้บริการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในโลก internet ซึ่งถูกออกแบบมาตอนแรกเพื่อใช้ระหว่าง human-to-machine ผ่าน HTTP ต้องถูกพัฒนามาใช้กับ machine-to-machine ในรูปแบบ XML และ JSON format

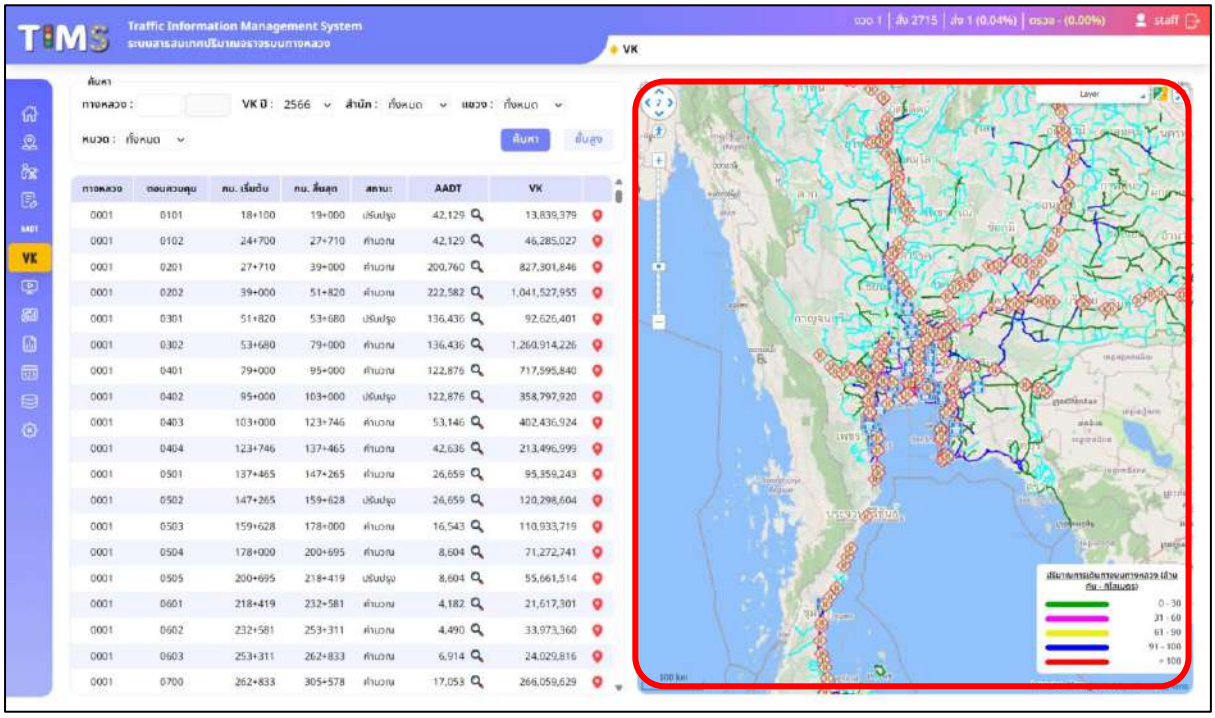
4.3.1 รองรับการให้บริการข้อมูลในรูปแบบภาพแผนที่ Web Map Service (WMS) Web Feature Service (WFS) Web Map Tile Service (WMS-T) หรือดีกว่า

พัฒนาการให้บริการข้อมูลในรูปแบบภาพแผนที่ Web Map Service (WMS) เพื่อแสดงผลข้อมูลบนหน้าแผนที่ รองรับการทำงานของเจ้าหน้าที่ โดยใช้ Software GeoServer ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ สามารถสร้างแผนที่ในรูปแบบเอาต์พุตที่หลากหลาย การแสดงผลแบบ OpenLayers ซึ่งเป็นไลบรารีการทำแผนที่ ทำให้การสร้างแผนที่ทำได้ง่าย และรวดเร็ว สามารถปรับแต่งรูปแบบ (Style) ของผลตามที่ต้องการได้ โดยข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล ได้แก่

- ตำแหน่งจุดสำรวจปริมาณจราจร
- ปริมาณจราจรรายสายทาง
- ตำแหน่งทางแยก
- ตำแหน่งทางแยกต่างระดับ
- ตำแหน่งจุดตัดทางรถไฟ
- ตำแหน่งจุดกลับรถ
- ตำแหน่งจุดกลับรถต่างระดับ
- ความหนาแน่นการใช้ประโยชน์ที่ดิน



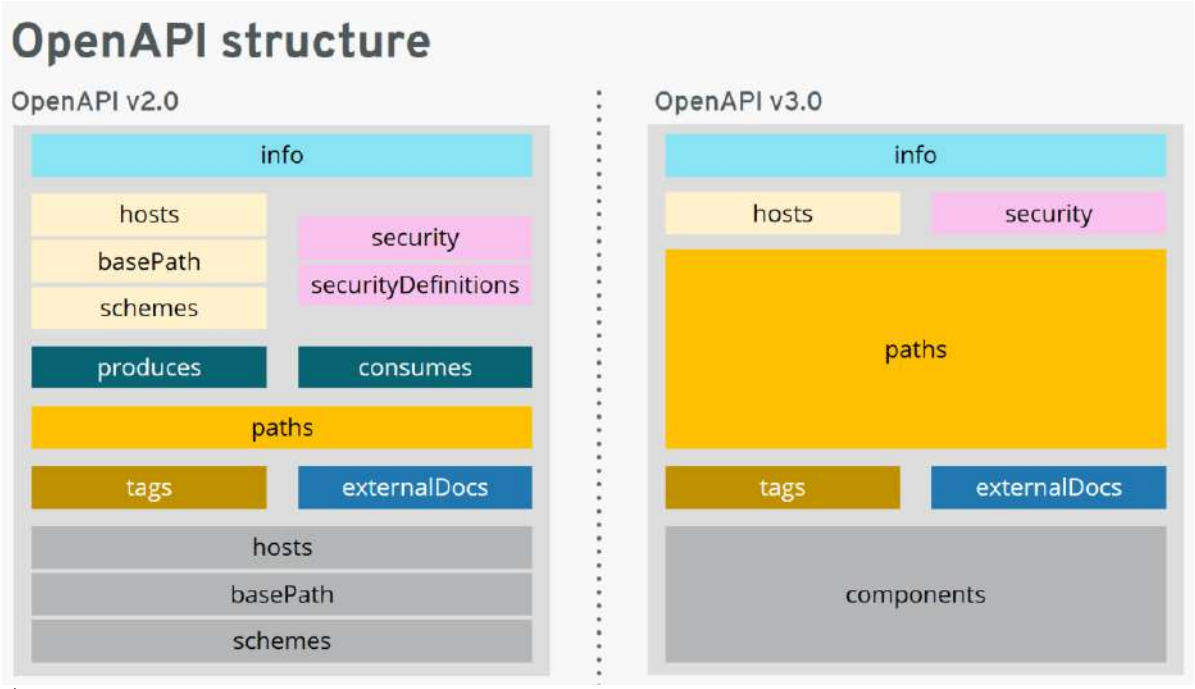
รูปที่ 4-30 แผนผังการจัดทำ Web Service สำหรับให้บริการข้อมูลในรูปแบบภาพแผนที่



รูปที่ 4-31 ตัวอย่าง Layer WMS ที่แสดงผลบนแผนที่

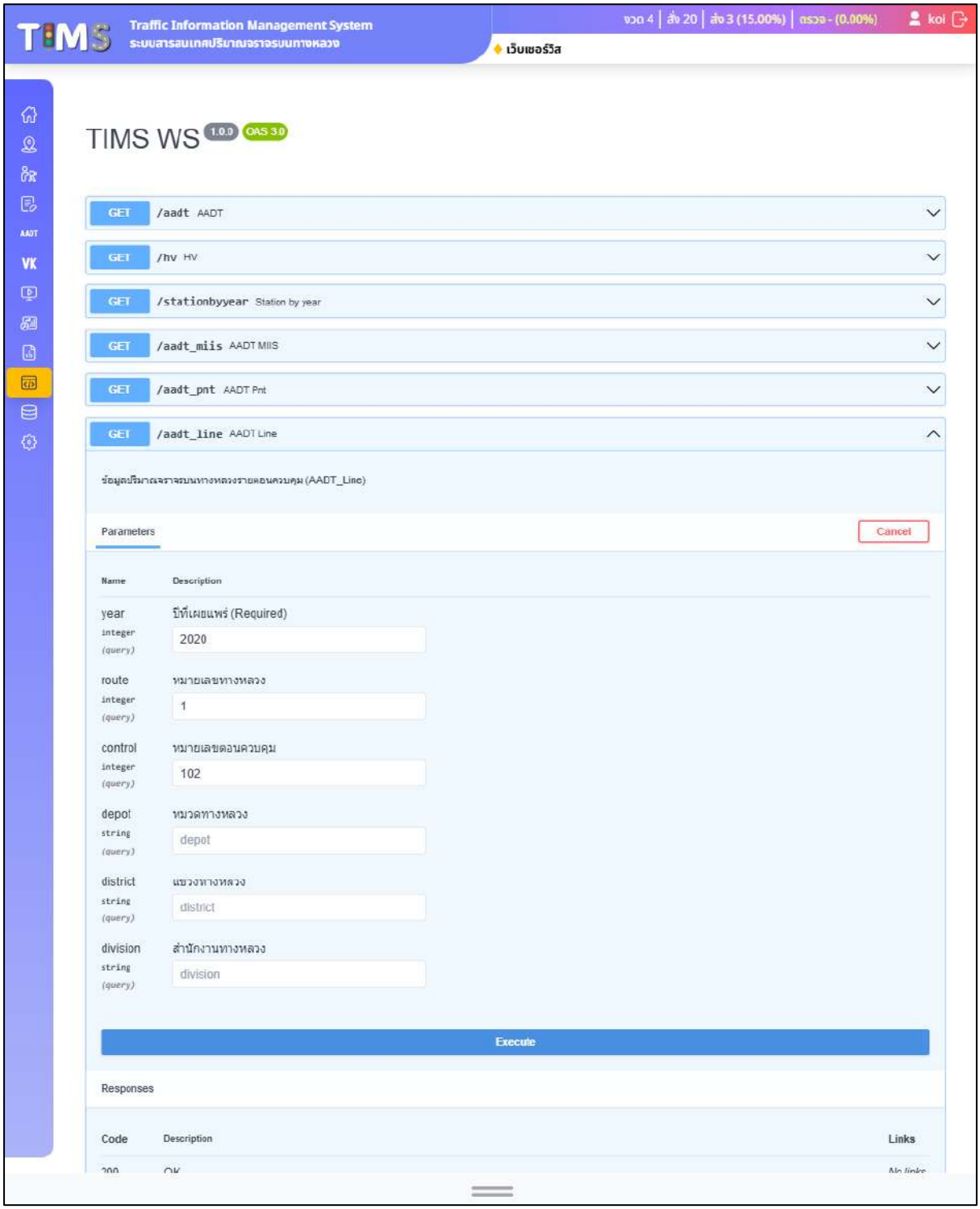
4.3.2 พัฒนาระบบรองรับการให้บริการข้อมูลในรูปแบบข้อความ Web Service Query

พัฒนาระบบรองรับการให้บริการข้อมูลในรูปแบบข้อความ Web Service Query หรือดีกว่าโดยที่ปรึกษาได้ทำการพัฒนาฟังก์ชัน Web Service API เพื่อให้บริการข้อมูลผ่าน HTTPS Protocol เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานระบบในรูปแบบ Open API โดย Open API Specification มีชื่อเดิม คือ Swagger Specification ถูกพัฒนาในปี 2011 โดย Tony Tam เป็น Co-founder ของบริษัททำระบบดิกชันนารีออนไลน์ Wordnik ได้พัฒนาพร้อมกับ Swagger UI ซึ่งเป็นโปรแกรมช่วยสร้างเอกสารจาก Specification ตัวนี้ เพื่อลดปัญหาความยุ่งยากในการสร้างเอกสารและ SDK (Software Development Kit) ระหว่างการพัฒนา Wordnik อยู่นั่นเอง หลังจากพัฒนาสำเร็จและได้ให้บริการเป็น Open-source ก็มีการใช้มากขึ้นอย่างกว้างขวาง เพราะในตอนนั้น Swagger เป็นโครงการแรกที่ออกแบบกลไกให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผล Specification ของ REST API ได้ ต่อมาในปี 2015 Smart Bear Software ก็ได้เข้ามาให้ความสนใจและสนับสนุนโครงการ Swagger ก่อนที่จะร่วมมือกับ Linux Foundation ตั้งบริษัทแยกขึ้นมา เพื่อพัฒนา Swagger Specification โดยเฉพาะ ชื่อว่า Open API Initiative (OAI) Swagger Specification ก็ได้ถูกตั้งชื่อใหม่เป็น Open API Specification ในปี 2016 และก็มีเวอร์ชัน 3.0.0 ออกมาในปี 2017 ตั้งแต่ตอนนั้น Open API Specification เวอร์ชั่น 3 ก็ได้รับพัฒนาเรื่อย ๆ จนถึงปัจจุบัน

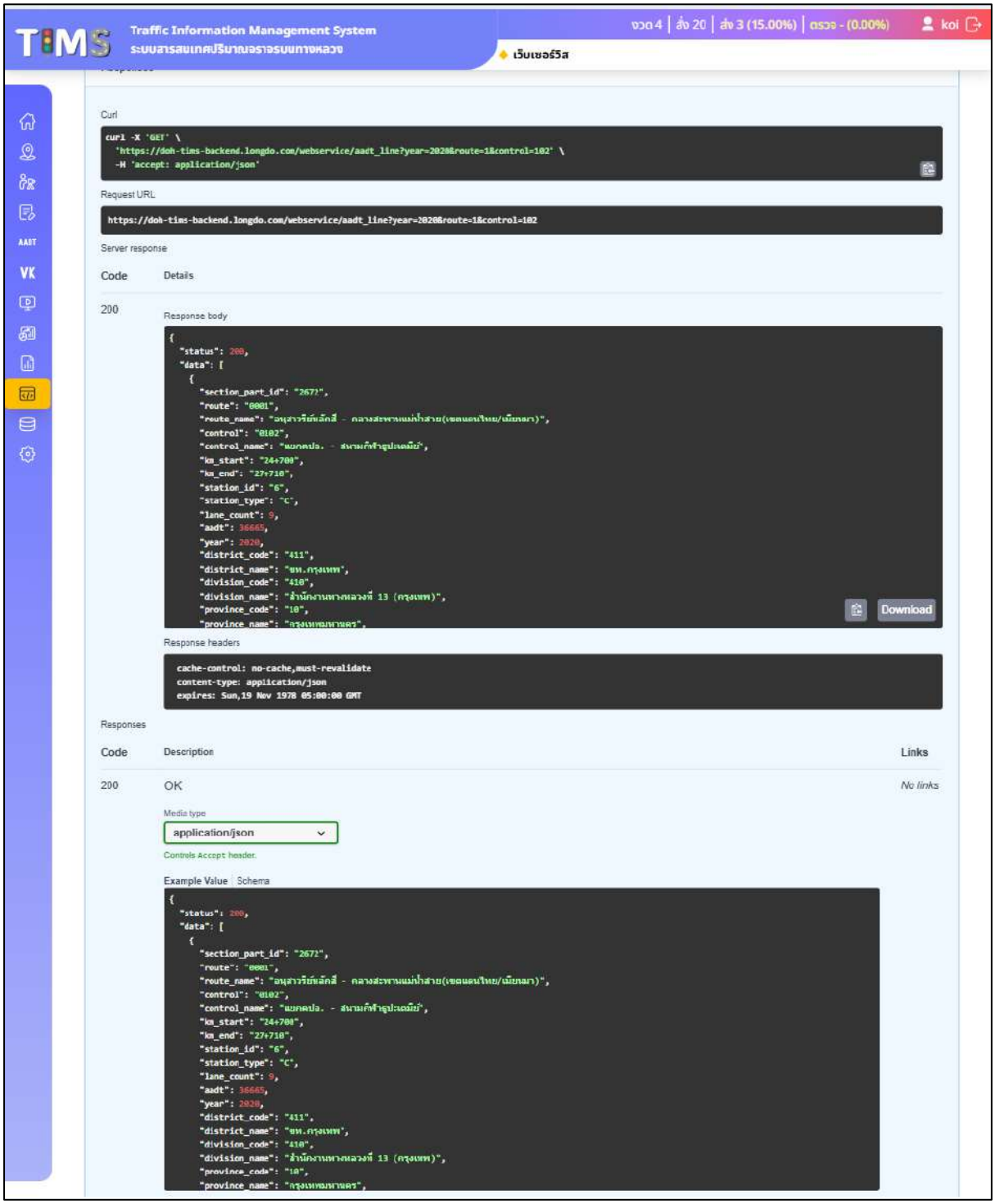


ที่มา: https://www.ionos.co.uk/digitalguide/websites/web-development/what-is-openapi/

รูปที่ 4-32 โครงสร้างของ Open API



รูปที่ 4-33 หน้าจอที่ให้บริการ Web Service



รูปที่ 4-34 หน้าจอที่ให้บริการ web Service ที่ให้บริการส่วน Responses

4.4 พัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรจากคนแจงนับและอุปกรณ์สำรวจในรูปแบบอื่น ๆ ตามข้อ 2.4 และออกแบบหน้าจอการรายงานผลสรุปข้อมูลสำรวจได้อย่างเหมาะสมพร้อมทั้งแสดงข้อมูลภาพถ่ายเพื่อตรวจสอบปริมาณจราจรผ่านหน้าระบบ TIMS

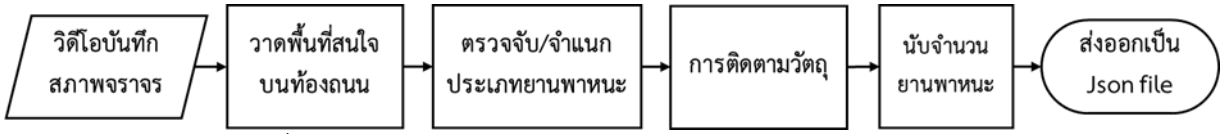
ที่ปรึกษาจะทำการพัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรจากคนแจงนับผ่านหน้าระบบ TIMS โดยทำการปรับปรุงหน้าจอการนำเข้าข้อมูลให้รองรับแนวทางการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่วนภูมิภาค และสำนักอำนวยความปลอดภัย

รวมถึงการพัฒนาส่วนการนำเข้าข้อมูลผลลัพธ์จากการศึกษาในข้อ 2.4 โดยเพิ่ม Flow การทำงานของระบบ เพื่อประสิทธิภาพในการนำเข้าและประมวลผลข้อมูลโดยสามารถประมวลผลปริมาณจราจรและจำแนกประเภทของยานพาหนะ และทำการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลระบบ รวมถึงการออกแบบการแสดงผลหน้าจอการรายงานผลสรุปข้อมูลสำรวจ และภาพถ่ายบนระบบ TIMS โดยที่ปรึกษาได้นำ Video Image Processing คือ ระบบอ่านวิดีโอ มาใช้ในการพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจร ซึ่งมีแนวคิดและหลักการทำงานดังนี้

4.4.1 แนวคิดการพัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจร

4.4.1.1 กระบวนการจำแนกประเภทและนับจำนวนยานพาหนะ

กระบวนการที่นำไปใช้งานสำหรับการตรวจจับและประเมินจำนวนยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังรูปที่ 4-35 โดยเริ่มต้นจากการเลือกส่วนที่สนใจบนท้องถนน (Road Region of Interest) จากนั้นตามด้วยการใช้เทคนิคการตรวจจับและคัดแยกประเภทยานพาหนะ (Vehicle Detection / Classification) และการติดตามยานพาหนะ (Vehicle Tracking) โดยเก็บรหัสประจำตัวของแต่ละยานพาหนะเพื่อสรุปผลการนับจำนวนยานพาหนะ (Counting) แต่ละประเภทและในแต่ละช่วงเวลาต่อไปได้



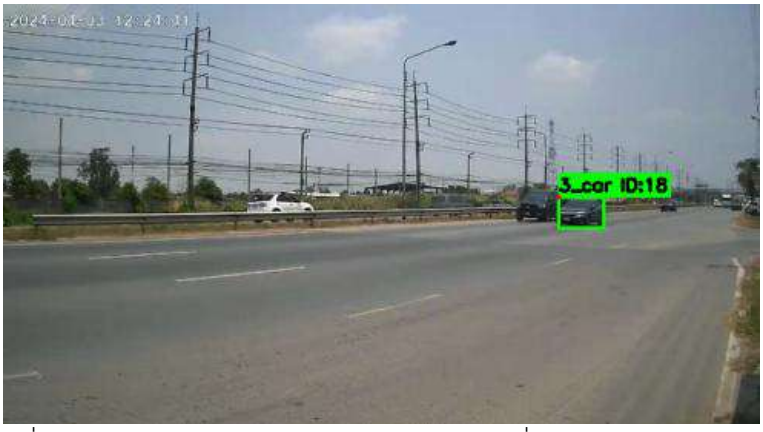
รูปที่ 4-35 กระบวนการจำแนกประเภทและนับจำนวนยานพาหนะ

4.4.1.2 ขั้นตอนการวาดส่วนที่สนใจบนท้องถนน (Road Region of Interest) หรือ ROI

การเลือกส่วนที่สนใจบนท้องถนน (Road Region of Interest) หรือจะเรียกว่า ROI ในภาพวิดีโอบันทึกการจราจร ในกรณีที่ยานพาหนะยังอยู่ห่างจากกล้อง จะทำให้มีความยากในการคัดแยกประเภทของยานพาหนะ การกำหนดส่วนที่สนใจบนท้องถนนเป็นกระบวนการเริ่มต้นที่ให้ผู้ใช้เป็นผู้เลือกบริเวณที่เหมาะสมสำหรับกล้องที่ติดตั้งแต่ละจุด เพื่อกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในบริเวณที่ต้องการจะนับยานพาหนะที่ปรากฏในวิดีโอ ซึ่งควรเป็นจุดที่มองเห็นยานพาหนะชัดเจน เพื่อคัดแยกประเภทได้อย่างถูกต้อง โดยมีหลักการเลือกพื้นที่เบื้องต้นดังนี้

1) เริ่มกำหนดบริเวณที่สนใจเมื่อสามารถเห็นลักษณะและประเภทของยานพาหนะชัดเจนด้วยตาเปล่าโดยมีขนาดไม่ต่ำกว่า 40 x 30 พิกเซล (กว้าง x ยาว) เทียบกับยานพาหนะประเภท 3_car กับวิดีโอขนาด 640 x 360 พิกเซล หรือขนาดไม่ต่ำกว่า 120 x 75 พิกเซล (กว้าง x ยาว) กับขนาดวิดีโอ 2304 x 1296 พิกเซล ดังรูปที่ 4-36 และ รูปที่ 4-37 ตามลำดับแต่การเปลี่ยนขนาดภาพที่ป้อนเข้าสำหรับโมเดลที่เรียนรู้ ไม่ได้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ ความแม่นยำอย่างชัดเจน เนื่องจาก

   - **โมเดลจะมีการปรับขนาดภาพให้เท่ากับขนาดอินพุตที่เทรน** : โมเดล YOLO ถูกออกแบบให้ปรับขนาดภาพใหม่ให้ตรงกับขนาดอินพุตที่ใช้ในการเทรน
   - **ความสามารถในการทำ Feature Extraction** : โมเดลที่ทำการเทรนแล้วจะสามารถดึง feature จากภาพได้ดีด้วยขนาดอินพุตที่กำหนด
   - **ภาระในการคำนวณ (Rescaling Overhead) :** การใช้ภาพขนาดใหญ่ขึ้นอาจเพิ่มภาระของการคำนวณ และเพิ่ม Latency โดยที่ไม่ได้ส่งผลมากในเชิง Accuracy เพราะโมเดลมักจะคุ้นเคยกับ Feature ที่อยู่ในระดับความละเอียดที่เทรนมาแล้ว ทำให้การเพิ่มขนาดภาพไม่ได้สร้าง Feature ใหม่ที่สำคัญเพิ่มเติม

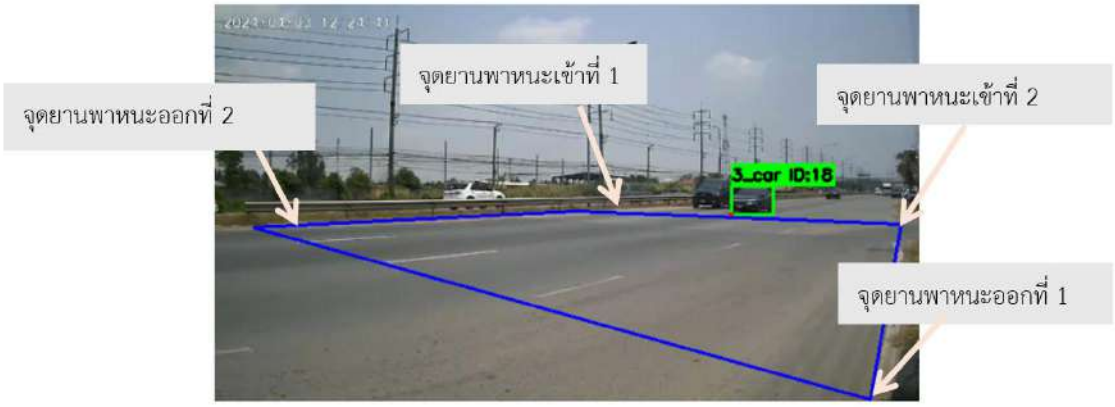


รูปที่ 4-36 ยานพาหนะประเภท 3_car ขนาดไม่ต่ำกว่า 40 x 30 พิกเซล



รูปที่ 4-37 ยานพาหนะประเภท 3_car ขนาดไม่ต่ำกว่า 120 x 75 พิกเซล

2) จากรูปที่ 4-38 แสดงการวาดพื้นที่บริเวณที่สนใจเป็นกรอบสี่เหลี่ยมเริ่มจากวาดเส้นเข้า ซึ่งเป็นจุดที่รถกำลังวิ่งเข้าบริเวณที่สนใจเป็นเส้นแรกโดยขีดเส้นจากจุดยานพาหนะเข้าที่ 1 (มุมซ้ายบนของถนนริมซ้ายสุดที่ยานพาหนะกำลังเข้าจราจร)
3) จากนั้นลากไปยังจุดยานพาหนะเข้าที่ 2 (มุมขวาบนของถนนริมขวาสุด) โดยความกว้างของกรอบบริเวณที่สนใจไม่ควรกว้างกว่าบริเวณถนนที่สนใจและไม่ควรเล็กจนเข้ามาบริเวณถนนเลนที่ใกล้กับกรอบบริเวณที่สนใจ
4) ลากเส้นออกซึ่งเป็นจุดที่เส้นที่รถกำลังออกจากบริเวณที่สนใจเป็นเส้นสุดท้ายโดยลากไปยังจุดยานพาหนะออกที่ 1 (มุมขวาล่างของถนนริมขวาสุด) โดยกำหนดความยาวของบริเวณที่สนใจไม่เกินจุดที่หน้ารถพ้นกล้องจราจร
5) ลากจุดยานพาหนะออกที่ 2 (มุมซ้ายล่างของถนนริมซ้ายสุด) โดยให้แน่ใจว่ารถทุกคันยังอยู่ในกรอบมุมกล้อง โดยความกว้าง
6) ยกเว้นกรณีมีทางแยก ควรวาดบริเวณที่สนใจหลังจากผ่านทางแยกนั้น
7) กรณีกลางคืนควรขีดเส้นบริเวณที่สนใจบริเวณที่มีแสงสว่างเพียงพอ



รูปที่ 4-38 ตัวอย่างการวาดบริเวณถนนที่สนใจ (Road Region of Interest) หรือ ROI แสดงบริเวณในกรอบสีน้ำเงิน

เชียงใหม่ ชลบุรี

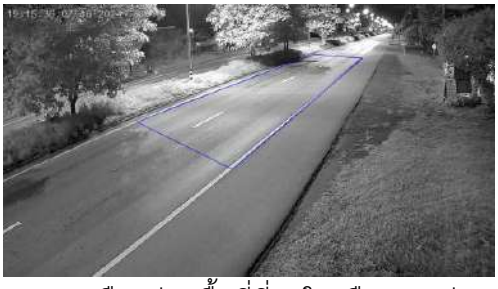


รูปที่ 4-39 การเลือกส่วนพื้นที่ที่สนใจหรือ ROI ช่วงกลางวัน

หนองคาย ตาก



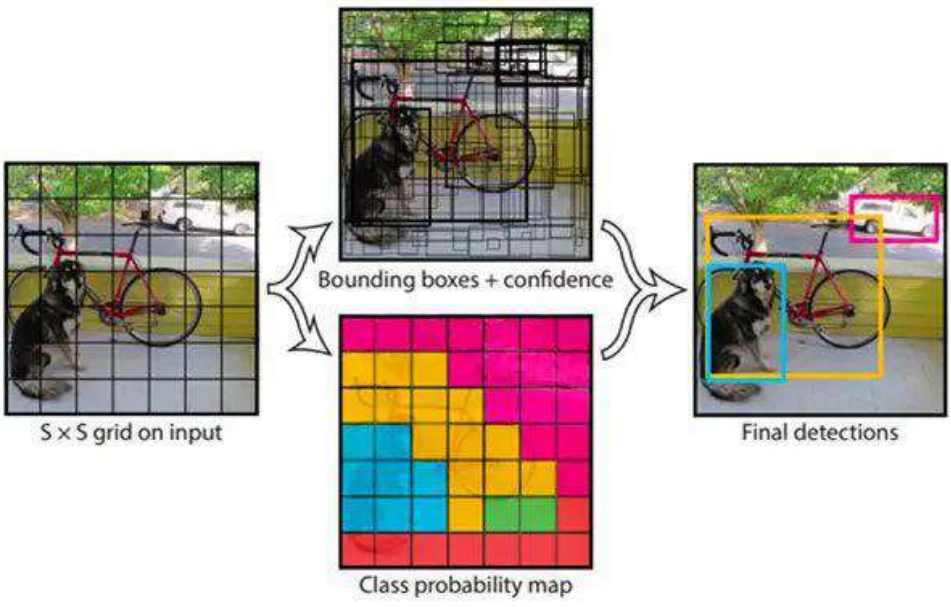
ชัยภูมิ



รูปที่ 4-40 การเลือกส่วนพื้นที่ที่สนใจหรือ ROI ช่วงกลางคืน

4.4.1.3 การตรวจจับวัตถุและจำแนกประเภทวัตถุ (Object Detection)

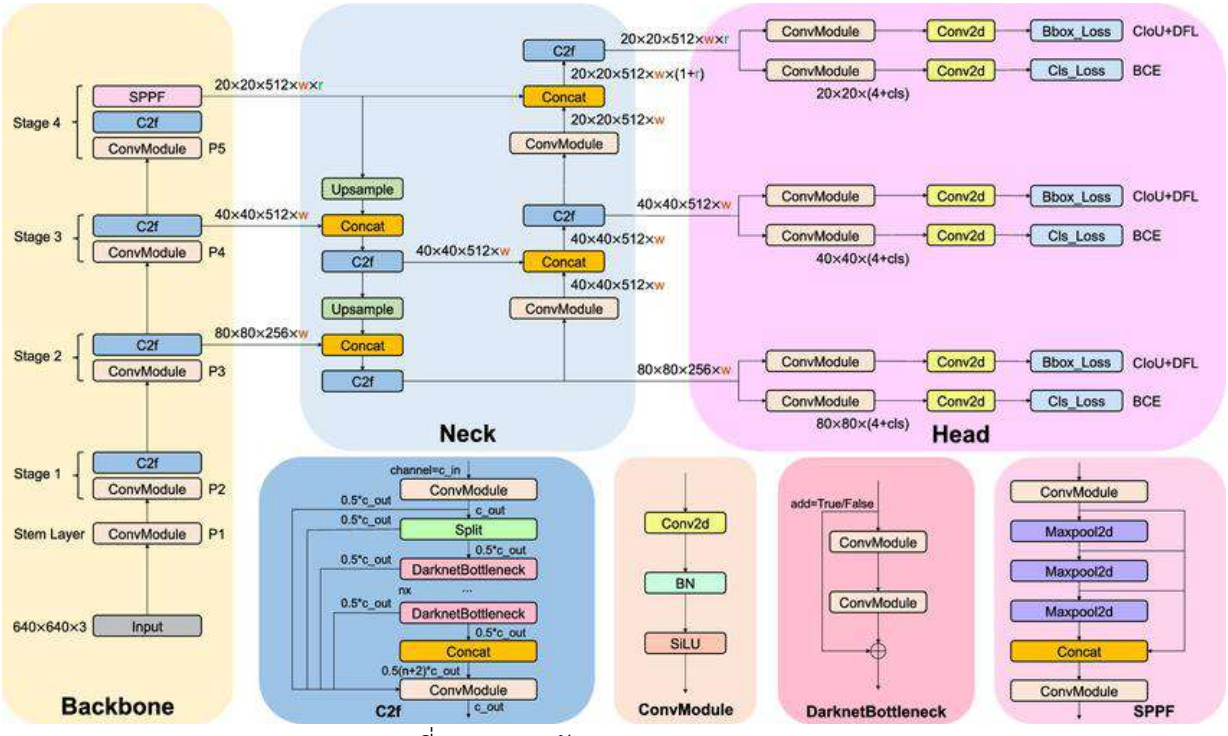
YOLO (You Only Look Once) [1] คือ ระบบตรวจจับวัตถุในภาพ (Object Detection) ที่ถูกเลือกใช้ในระบบตรวจจับและจำแนกประเภทยานพาหนะในโครงการนี้ โดย YOLO ถูกพัฒนาขึ้นโดย Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick และ Ali Farhadi ในปี 2016 ระบบสามารถดูภาพและตรวจจับวัตถุในรูปเดียวเท่านั้นโดยไม่ต้องแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยหรือคำนวณหลายครั้ง ซึ่งทำให้ YOLO มีความเร็วและประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับวัตถุ โดยรูปที่ 4-41 แสดงให้เห็นถึงหลักการทำงานสำหรับตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุ ในการใช้งานนั้นจำเป็นต้องจัดเตรียมข้อมูลตั้งต้น ได้แก่ รูปภาพและข้อมูลเฉลย (Label) สำหรับระบุประเภทของวัตถุภายในรูปภาพ เพื่อใช้ในการฝึกสอนโมเดล เมื่อมีข้อมูลตั้งต้นพร้อมแล้วกระบวนการตรวจจับวัตถุเริ่มต้นการแบ่งรูปภาพออกเป็นตาราง (Grid) ขนาดเล็กที่มีขนาดเท่ากัน หลังจากนั้นโมเดลทำการดึงเอาข้อมูลเฉลยที่เป็นลักษณะของกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบวัตถุที่ต้องการให้โมเดลจำแนกประเภทเพื่อบอกพื้นที่และขอบเขตของวัตถุที่อยู่ภายในรูปภาพเพื่อนำหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ในข้อมูลเฉลยกับตาราง (Grid) ที่โมเดลทำการแบ่งไว้ เมื่อได้ความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองส่วนโมเดล มีหน้าที่ค้นหาความเป็นได้ เพื่อกำหนดชนิดและจำแนกประเภทวัตถุให้ถูกต้อง เมื่อเกิดกระบวนการเรียนรู้นี้ซ้ำหลายครั้งผลลัพธ์ท้ายสุดคือโมเดลสามารถตรวจจับรวมถึงจำแนกประเภทของวัตถุทุกชนิดในภาพได้ตรงตามที่กำหนดอย่างถูกต้องและแม่นยำ



รูปที่ 4-41 หลักการตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุของ YOLO

โดยปัจจุบันโมเดล YOLO ได้มีการพัฒนาหลากหลายเวอร์ชั่น เช่น YOLOv3 [2] เป็นการพัฒนาขึ้น โดยใช้โมเดลคอนโวลูชันแบบ Darknet-53 แต่แทนที่ max-pooling layers ทั้งหมดด้วย stride convolutions และเพิ่ม residual connections รวมถึงมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงองค์ประกอบหลาย ๆ เช่น Bounding box prediction, Class Prediction, Spatial pyramid pooling (SPP), Multi-scale Predictions, Bounding box priors YOLOv5 (2020) เป็นการพัฒนาขึ้น YOLO เวอร์ชั่นก่อนหน้า การเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ใช้ CSPDarknet53 รวมถึงมีเพื่อลดจำนวน Memory ที่ใช้ ลดเวลาการประมวลผล และเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผล YOLOv8 (2023) [3] เป็นการพัฒนาขึ้นจาก YOLOv5 (2020) โดยมีการปรับปรุงโมเดลทั้งด้านความแม่นยำและความเร็วในการทำงานและจะถูกนำมาใช้ในโครงการนี้ โดยสถาปัตยกรรมของ YOLOv8 ดังรูปที่ 4-42 ประกอบไปด้วย

1) **Backbone** เป็นส่วนที่ภาพถูกสกัดคุณลักษณะออกมาในชั้นการสกัดต่าง ๆ สามารถสกัดคุณลักษณะสำคัญของข้อมูลมาได้หลากหลายขนาด โดยการสกัดคุณลักษณะนี้จะใช้ทำคอนโวลูชั่น (ConvModule) ระหว่างภาพและส่วนของคุณลักษณะที่เรียนรู้เองโดยโมเดล, C2f และ SPPF ส่วน C2f เป็นกระบวนการสกัดคุณลักษณะชั้นย่อยที่มีการใช้ Bottleneck ซึ่งเป็นการสกัดคุณลักษณะที่ใช้จำนวนพารามิเตอร์น้อย ผสมผสานกับการทำคอนโวลูชั่นแบบทั่วไป อีกทั้งภายในชั้น C2f ยังมีการใช้ Batch normalization และตามด้วยการใช้ฟังก์ชัน Sigmoid Linear Unit (SiLU) อีกด้วย ในส่วน SPPF เป็นส่วนที่ภาพถูกสกัดคุณลักษณะออกมาในรูปแบบลำดับชั้นโดยการใช้เทคนิค Max Pooling (Maxpool2d) สามารถสกัดคุณลักษณะสำคัญของข้อมูลมาได้หลากหลายขนาด
2) **Neck** เป็นส่วนของโมเดลที่ประมวลส่วนของคุณลักษณะที่สกัดออกมาก่อนจำส่งให้ส่วน Head โดยในส่วนนี้จะรวมคุณลักษณะที่สกัดจาก Backbone และข้อมูลบริบทเข้าด้วยกันแบบนำมาต่อกัน (Concatenate) และมีการ Upsample ขนาดของคุณลักษณะให้เท่ากันและสามารถรวมกับคุณลักษณะที่สกัดใน Backbone ได้
3) **Head** เป็นส่วนของโมเดลที่ให้ผลลัพธ์ในการทำนายผลในรูปแบบของตำแหน่งหรือกล่อง bbox และค่าความมั่นใจของประเภทของข้อมูลนั้น ๆ โดยจะเห็นได้ว่าส่วนผลลัพธ์มี 3 รูปแบบ สามารถจับวัตถุได้ 3 ขนาดในภาพเดียวกัน ช่วยให้ผลลัพธ์มีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

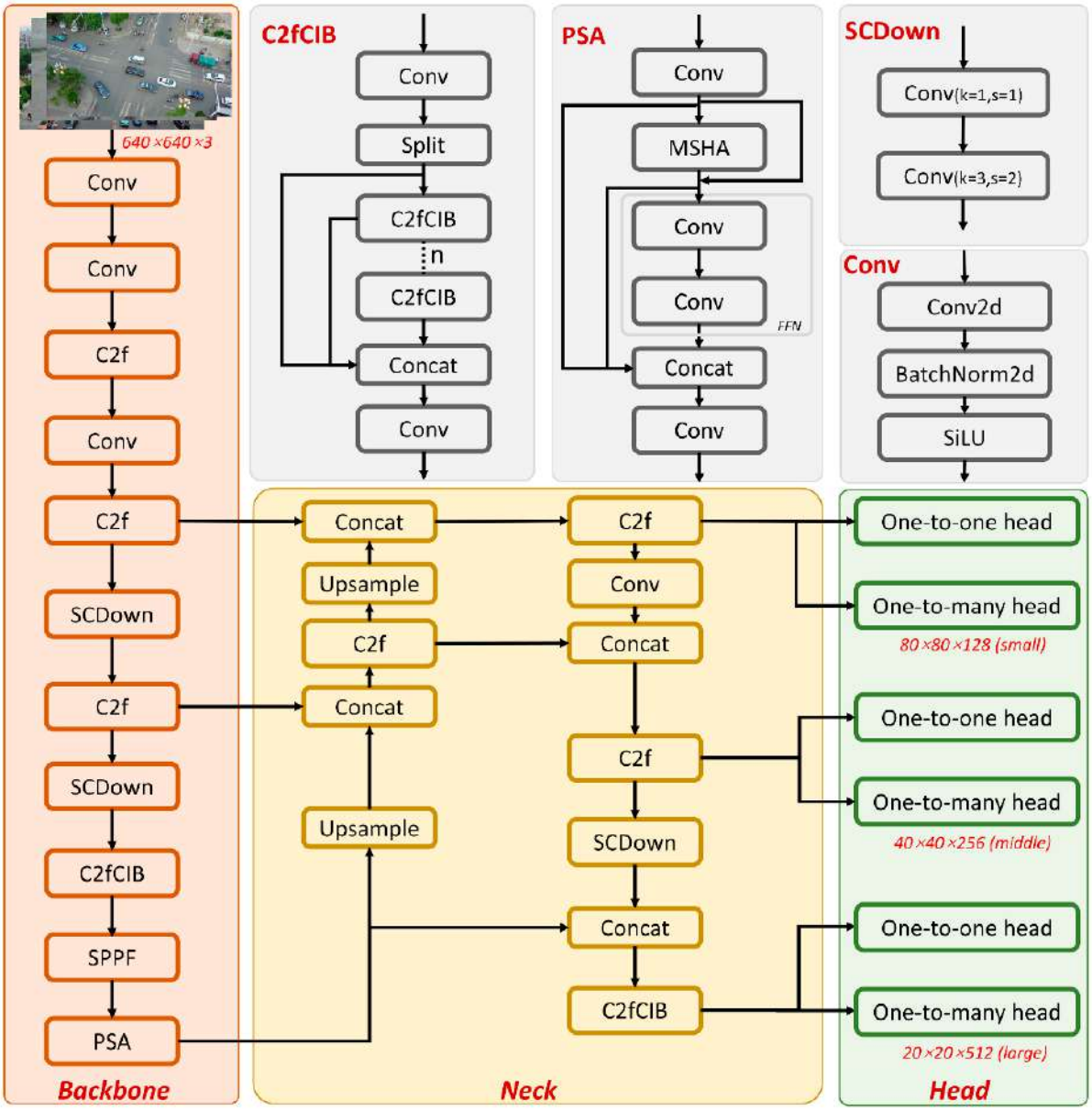


รูปที่ 4-42 สถาปัตยกรรมของ YOLOv8

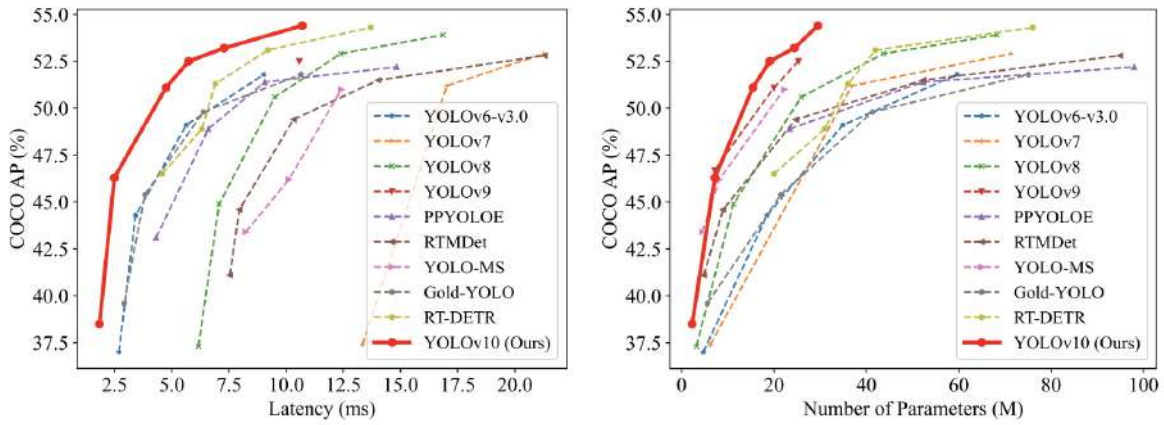
คุณลักษณะเด่นของ YOLOv8 ประกอบไปด้วย

- เทคนิค Anchor-free ซึ่งเป็นวิธีการที่ตรวจจับวัตถุโดยไม่มีการกำหนดขนาดและสัดส่วนกล่อง (bbox) ไว้ล่วงหน้า โดยโมเดลจะทำนายจุดศูนย์กลางของกล่อง จากนั้นจะขยายขอบเขตออกไปเป็นกล่องจนครบวัตถุ ทำให้ลดความซับซ้อนในการตรวจจับโดยไม่ต้องปรับแต่งขนาดและสัดส่วนของกล่องตรวจจับ โดยรวมจะช่วยให้โมเดลมีความยืดหยุ่นมากขึ้น สามารถประมวลผลได้รวดเร็วขึ้น และสามารถตรวจจับวัตถุที่มีขนาดและรูปทรงที่แตกต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- การปรับขนาด Kernel ในการสกัดคุณลักษณะจาก 6x6 เป็น 3x3 ในชั้น C2f และในชั้น Neck คุณลักษณะสามารถต่อกันได้โดยไม่ต้องมีการปรับให้มีขนาดของ Channel ของคุณลักษณะที่สกัดได้ให้เท่ากันก่อนได้

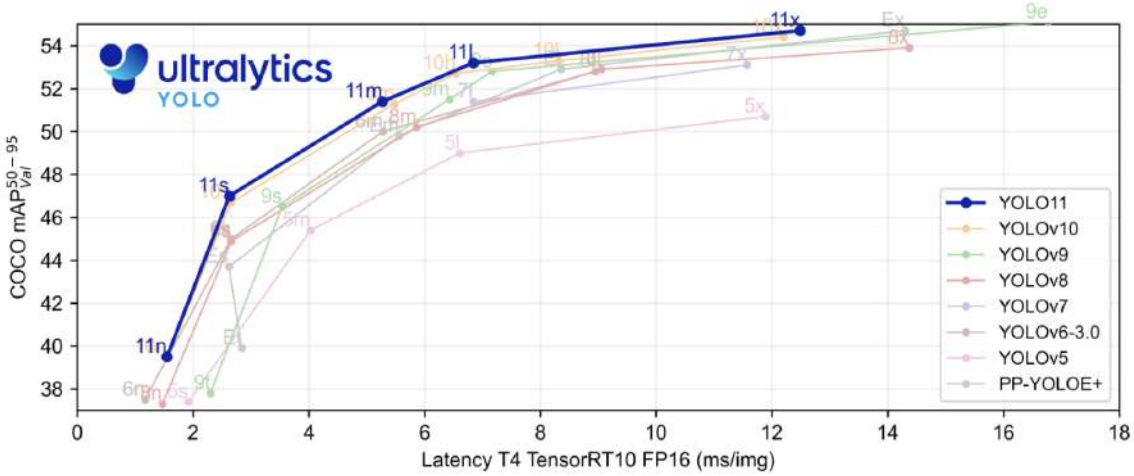
- ถัดมาในปี 2566 YOLOv10 ได้ถูกพัฒนาและปรับปรุงจากเวอร์ชันก่อนหน้า ให้มีส่วนสกัดคุณลักษณะใน Backbone โดยใช้โมเดลที่มีประสิทธิภาพสูง อย่าง EfficientNet หรือ CSPDarkNet และก็ยังมีการปรับปรุงให้เหมาะกับงานตรวจจับวัตถุอีกด้วย นอกจากนี้ YOLOv10 ยังมีการปรับปรุงส่วนของโครงข่ายสกัดคุณลักษณะแบบหลายขนาดให้สามารถตรวจจับวัตถุขนาดเล็กและใหญ่ให้แม่นยำมากยิ่งขึ้น รูปที่ 4-43 ในส่วนของ Head มีการปรับปรุงการปรับตัวได้ของตำแหน่งที่ตรวจจับทำให้ยืดหยุ่นกับวัตถุหลากหลายขนาด และหลากหลายสัดส่วนมากขึ้น โดยเฉพาะการตรวจจับวัตถุที่มีการบดบังกันได้ดียิ่งขึ้น ในส่วนการเรียนรู้ของโมเดล YOLOv10 ได้มีการเพิ่มฟังก์ชันแบบ Focal Loss ที่จะช่วยแก้ปัญหากรณีวัตถุแต่ละประเภทมีไม่เท่ากัน หรือ Imbalanced Problem ได้ดีนั่นเอง



รูปที่ 4-43 สถาปัตยกรรมของ YOLOv10



รูปที่ 4-44 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของ YOLOv10 เทียบเวอร์ชั่นต่าง ๆ และโมเดลอื่น ๆ



รูปที่ 4-45 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ประสิทธิภาพของโมเดล YOLOv11

ในเดือนตุลาคม 2567 ที่ผ่านมาได้มีการปล่อยโมเดล YOLOv11 โดยมีจุดเด่นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของ YOLOv11 เทียบเวอร์ชั่นอื่น ๆ บนชุดข้อมูล COCO พบว่า YOLOv11 มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันกับ YOLOv10 ดังนั้น จากการพิจารณาประสิทธิภาพของ YOLOv11 อาจจะได้ผลลัพธ์ดีขึ้นเล็กน้อยหรือเท่ากันกับ YOLO เวอร์ชันก่อนหน้า ในระบบนี้จึงเลือกใช้ YOLO เวอร์ชั่น 8 และ 10 ซึ่งมีการปล่อยให้ใช้งานมาในระยะเวลาหนึ่งรวมถึงยังมีการปรับปรุงให้มีความเสถียร เหมาะสำหรับการพัฒนาโปรแกรมในระบบอีกด้วย โดยในโครงการนี้จะเป็นการนำ YOLOv8 และ YOLOv10 มาใช้งานและปรับส่วน Head ให้มีผลลัพธ์ขาออกหรือจำนวนประเภทข้อมูลเป็น 14 ประเภท ได้แก่ รถจักรยาน จักรยานยนต์ รถยนต์ รถยนต์ 7 ที่นั่ง รถโดยสารขนาดเล็ก กลางและใหญ่ รถกระบะ รถบรรทุกขนาดเล็กและใหญ่ รถบรรทุกพ่วงมากกว่า 3 เพลา รถบรรทุกกึ่งพ่วงมากกว่า 3 เพลา รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง และคนเดินเท้า

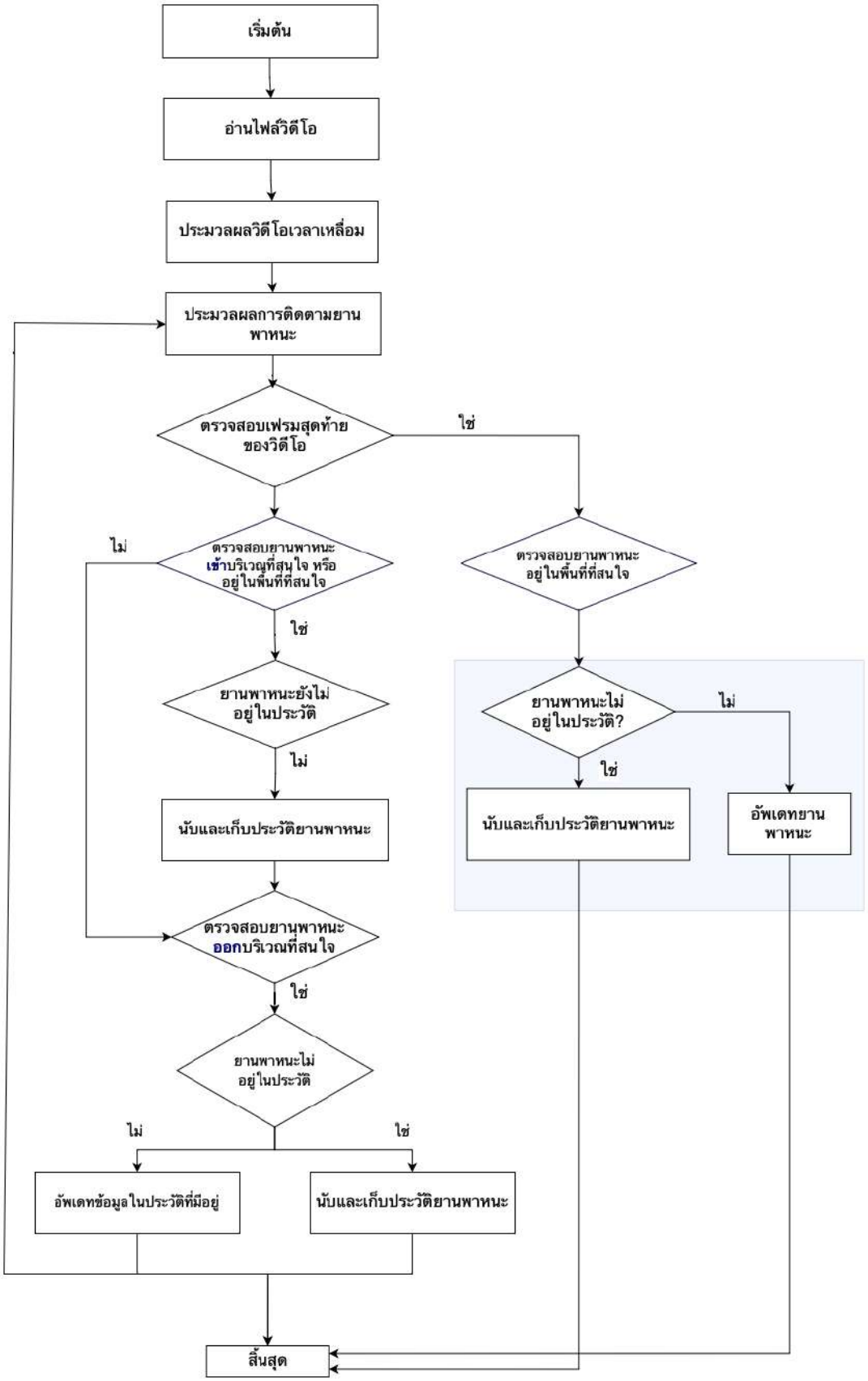
4.4.1.4 ระบบติดตามหลายวัตถุ

ระบบติดตามหลายวัตถุทำหน้าที่ในการติดตามผลลัพธ์ของระบบตรวจจับและจำแนกประเภทยานพาหนะเพื่อกำหนดหมายเลขประจำตัวให้กับยานพาหนะภายในภาพ และช่วยให้การนับจำนวนยานพาหนะแบบแยกประเภทเป็นไปแบบอัตโนมัติ โดยเลือกใช้ ByteTrack ซึ่งเป็นโมเดลสำหรับติดตามหลายวัตถุ (Multi-Object Tracking MOT) [7] ที่ทำงานร่วมกับ YOLO เป็นโมเดลสำหรับตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุ (Object detector) จากนั้นจะนำผลลัพธ์ของโมเดลสำหรับตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุมาใช้งานในการติดตามวัตถุโดยที่ ByteTrack จะใช้งานทั้งวัตถุที่มีคะแนนความเชื่อมั่นทั้งสูงและต่ำพร้อมกัน เพื่อเป็นการป้องกันกรณีที่วัตถุเกิดบดบัง (Occlusion) แล้วส่งผลกับคะแนนความเชื่อมั่นของวัตถุชิ้นนั้นที่ลดต่ำลง ด้วยจุดเด่นของ ByteTrack ที่ติดตาม

ทั้งวัตถุที่มีคะแนนสูงและคะแนนต่ำจึงทำให้ยังสามารถติดตามได้ครบทุกวัตถุในภาพ นอกจากการติดตามแล้ว ByteTrack สามารถเชื่อมโยงวัตถุที่อยู่คนละภาพเข้าด้วยกันผ่าน Kalman Filter (KF) โดยเป็นการทำนายตำแหน่งของวัตถุปัจจุบันจากข้อมูลของตำแหน่งวัตถุจากเวลา "t" _"t-1" เพื่อระบุตำแหน่งที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปที่เวลา t เมื่อได้ตำแหน่งทั้งสองเวลาแล้วจะทำการเชื่อมโยงด้วย Intersect Over Union (IOU) ในการเชื่อมโยงนั้นจะเริ่มต้นเชื่อมโยงตำแหน่งที่ทำนายไว้เข้ากับวัตถุที่มีความเชื่อมั่นสูงก่อน และเมื่อครบจำนวนวัตถุที่มีความเชื่อมั่นสูงจึงดำเนินการนำตำแหน่งที่ยังไม่ถูกใช้งานไปเชื่อมโยงกับวัตถุที่มีความเชื่อมั่น

กระบวนการติดตามยานพาหนะที่พัฒนาขึ้นในระบบ ดังรูปที่ 4-46 เริ่มจากการตั้งค่าต่าง ๆ (Initialization) เช่น ให้โมเดลอ่านที่อยู่ (Path) ของตัวโมเดลตรวจจับ (Model Object Detection) การตั้งค่า ROI ที่ได้รับจากผู้ใช้งาน กำหนดประเภทของยานพาหนะที่มีอยู่ สร้างชุดข้อมูล (Dict) เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการ การกำหนดเกณฑ์ของการติดตาม ขนาดของเฟรมรวมถึงอัตราเฟรม (FPS) และเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละวิดีโอ เพื่อนำมาคำนวณวิดีโอที่มีเหลือมกันจากนั้นจะทำการตรวจแต่ละเฟรมภาพว่ายังมีเข้ามาในกระบวนการ (Check if Last Frame) แล้วจึงเข้าสู่การประมวลผลเฟรมภาพ (Frame Processing) ซึ่งจะทำการตรวจจับยานพาหนะในรูปภาพและมีการให้ค่า ID แต่ละวัตถุก่อนที่จะมีการทำการวนซ้ำ (Loop) เพื่อทำการประมวลผลเฟรมรูปภาพและติดตามในเฟรมถัด ๆ ไป โดยการหาข้อมูลของยานพาหนะในแต่ละเฟรมของวิดีโอโดยใช้วิธีการ ByteTrack [7] ซึ่งมีความสามารถในการติดตามยานพาหนะที่ถูกบดบังในเฟรมก่อนหน้านั้น ให้ยังคงเป็น ID เดิม เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการนับจำนวนยานพาหนะ นอกจากนี้ Bytetrack ยังมีการเปรียบเทียบและติดตามวัตถุที่มีลักษณะคล้ายกันในเฟรมถัดไป และนำผลลัพธ์ของแต่ละเฟรมที่อยู่ในกรอบการจำแนกบริเวณที่สนใจ (ROI) เท่านั้นมาประมวลผลว่ามียานพาหนะประเภทใดบ้างรวมถึงยานพาหนะนั้นเข้า-ออก ณ วินาทีใด และนำมาเก็บรวบรวมไว้ในชุดข้อมูล (Vehicle history) และส่งไปใช้งานต่อในส่วนต่อประสานกระบวนการทำงานทั้งหมดของโมเดลติดตาม

โดยกรอบสีฟ้าจะพิจารณากรณีภาพเข้าเป็นเฟรมสุดท้ายของวิดีโอ กรอบสีส้มเป็นการนับยานพาหนะกรณีที่เข้าและออกจาก ROI และกรอบสีแดงคือกรณีที่เข้าหรือออกจาก ROI



รูปที่ 4-46 แผนผังกระบวนการทำงานของโมเดลติดตาม

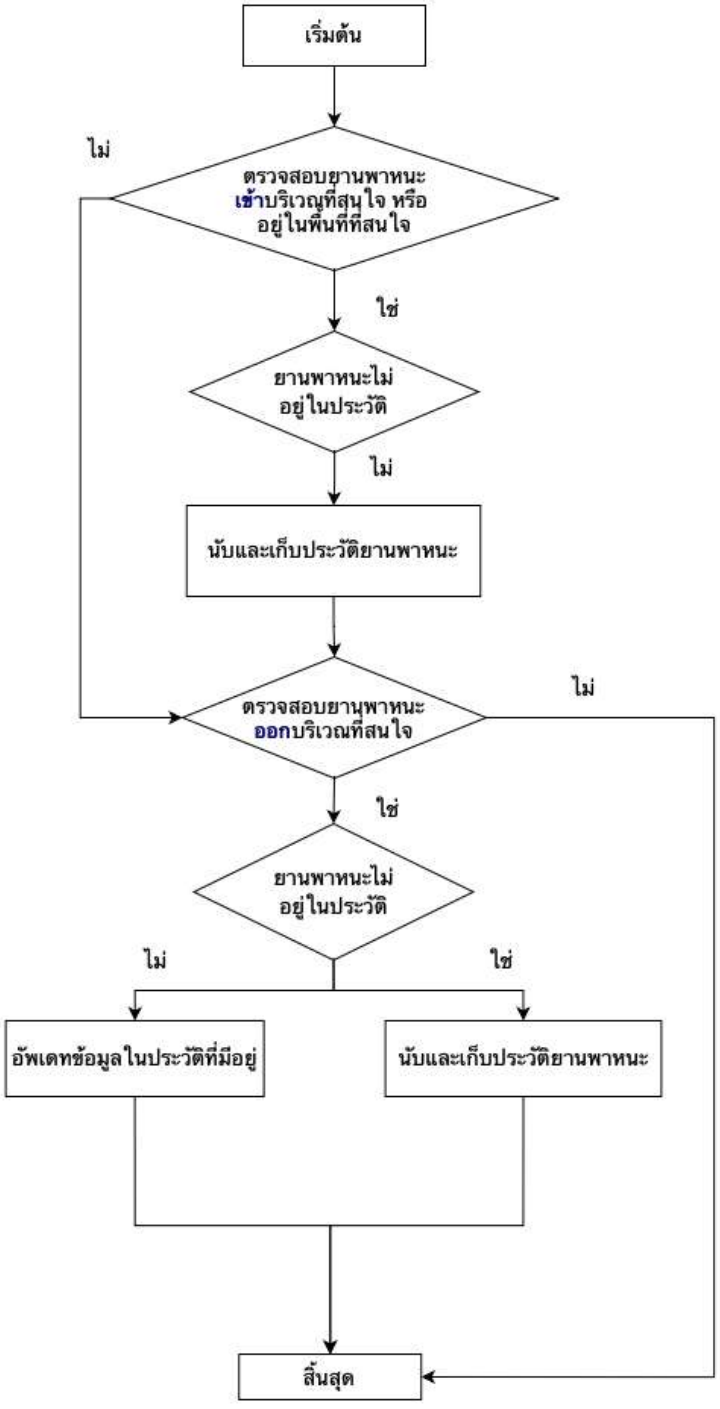
4.4.1.5 การนับยานพาหนะภายในบริเวณที่สนใจ

การเลือกนับและไม่นับยานพาหนะในบริเวณที่สนใจมีความสำคัญในการกำหนดความแม่นยำในการนับ โดยการนับแบ่งเป็นสองแบบ คือ การนับยานพาหนะในกรณีที่ผ่านทั้งเส้นเข้า หรือเส้นออก และที่ต้องผ่านทั้งเส้นเข้า และเส้นออก

1) **การนับยานพาหนะผ่านเส้นเข้าหรือเส้นออก** การตรวจจับยานพาหนะจะเริ่มตรวจจับตั้งแต่ยานพาหนะเข้าสู่กรอบบริเวณที่สนใจ (Region of Interest, ROI) ถ้าไม่เข้ากรอบบริเวณที่สนใจ จะไม่ทำการตรวจจับและนับจำนวน เมื่อยานพาหนะเข้าผ่านเส้นเข้า (Entry line) จะตรวจสอบว่ามี track_id อยู่ในข้อมูลที่เก็บไว้แล้วหรือไม่ (vehicle history) ถ้าไม่อยู่จะทำการอัพเดทยานพาหนะ และเก็บเวลาเข้าไปในข้อมูล เมื่อยานพาหนะผ่านเส้นออก (Exit line) จะตรวจสอบอีกครั้งว่ามี track_id อยู่ในข้อมูลแล้วหรือไม่ หากยังไม่อยู่จะทำการเก็บข้อมูลยานพาหนะเข้าไปรวมถึงการเก็บเวลาที่ยานพาหนะมีการออกจากเส้น แต่ถ้า track_id อยู่ในข้อมูลเรียบร้อยแล้วจะทำเก็บเวลาออกจากเส้นเท่านั้น โดยกระบวนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4-48



รูปที่ 4-47 ตัวอย่างภาพแสดงเส้นเข้า และเส้นออก



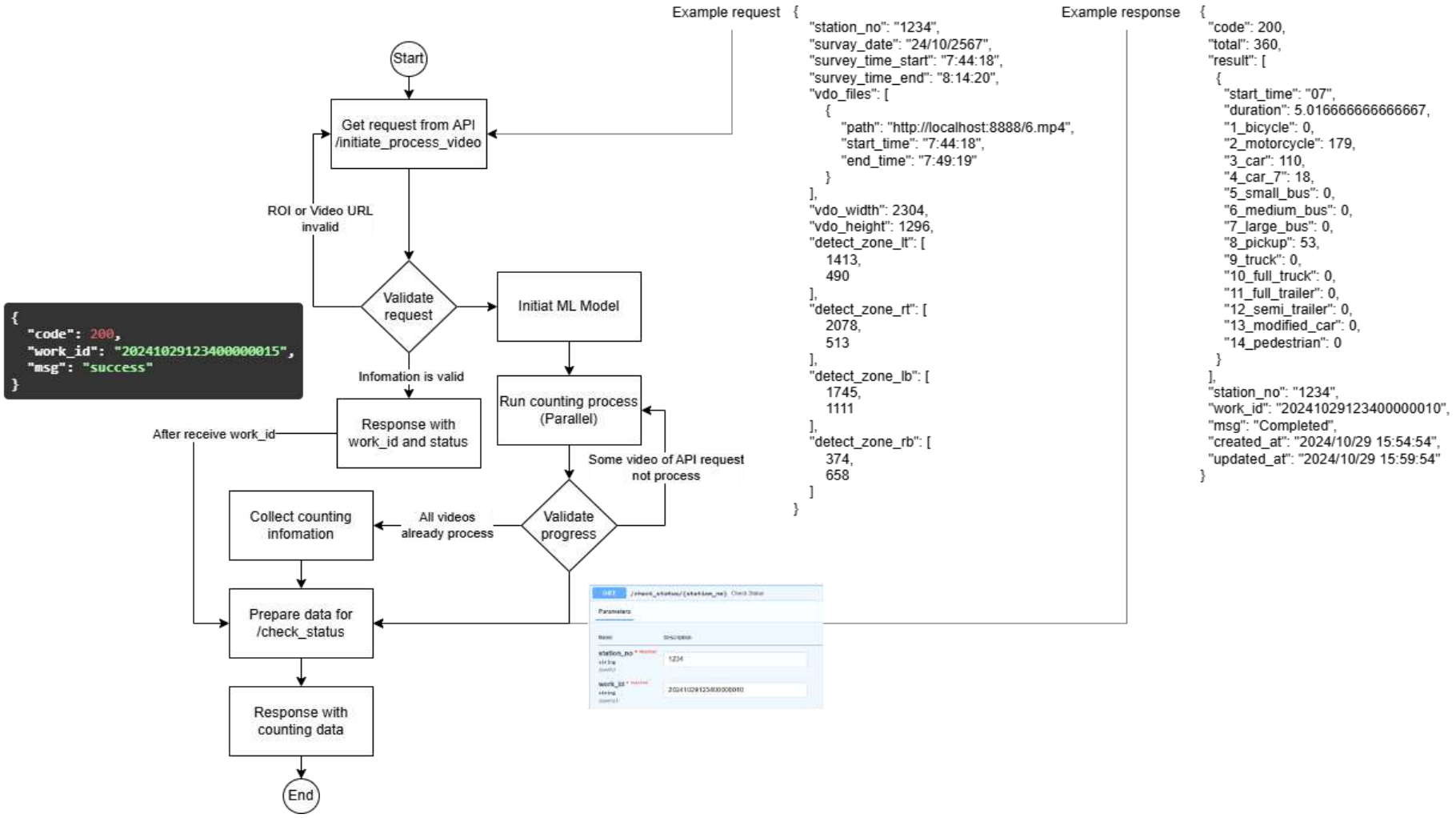
รูปที่ 4-48 กระบวนการนับในบริเวณที่สนใจแบบที่ผ่านเส้นเข้าหรือเส้นออก

4.4.1.6 ส่วนติดต่อกับแอพลิเคชัน TIMS (Application Programming Interface, API)

กระบวนการทำงานของส่วนติดต่อกับแอพลิเคชัน TIMS ด้วย API) โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ได้แก่

1) ขั้นตอนการประมวลผลวิดีทัศน์เพื่อนับจำนวน
2) ขั้นตอนการสรุปผลข้อมูลจากจำนวนยานพาหนะที่นับได้

โดยเป็นการทำงานที่ต่อเนื่องกัน การทำงานเริ่มต้นจาก API ในขั้นตอนแรกได้รับข้อมูลวิดีทัศน์ (Get request from API) และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Validate request) ตั้งแต่พิกัดตำแหน่งของจุดเริ่มต้นสำหรับสร้างพื้นที่สนใจต้องมีขนาดไม่เกินความกว้างและความยาวของภาพในวิดีทัศน์และการเปิดดูเนื้อหาของไฟล์วิดีทัศน์ผ่านการตรวจสอบแล้วจะนำไปสู่การเรียกใช้โมเดลสำหรับตรวจจับและจำแนกประเภทยานพาหนะ นอกจากนั้นยังมีการกำหนดสถานะการทำงานของ API ประกอบด้วย 2 สถานะ คือ “กำลังประมวลผล” (Processing) และ “ประมวลผลเสร็จสิ้น” (Complete) จากนั้นจะทำการนับจำนวนยานพาหนะโดยเป็นการทำงานแบบขนานพร้อมกันสูงสุด 3 วิดีทัศน์ ในระหว่างนี้ระบบจะทำการปรับสถานะให้เป็น “กำลังประมวลผล” (Processing) เมื่อประมวลผลวิดีทัศน์ครบถ้วนข้อมูลจำนวนยานพาหนะจะถูกบันทึกลงฐานข้อมูลและปรับสถานะเป็น “ประมวลผลเสร็จสิ้น” (Complete) (Run counting process) และทำการคืนค่าหมายเลขประจำตัวของการทำงานให้แก่ผู้เรียกใช้ (Response with workd_id status) จากนั้นเมื่อผู้ใช้งานส่งข้อมูลหมายเลขประจำตัวก็จะทำการสรุปผลข้อมูลทั้งหมด (Prepare data for /check status) และทำการคืนค่าจำนวนยานพาหนะให้กับผู้ใช้ (Response with counting data) แสดงดังรูปที่ 4-49



รูปที่ 4-49 แผนภาพกระบวนการทำงานของ API สำหรับประมวลผลและเรียกดูผลลัพธ์การนับจำนวนยานพาหนะ

4.4.2 การพัฒนาระบบโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรจากคนแจงนับและอุปกรณ์สำรวจในรูปแบบอื่น ๆ

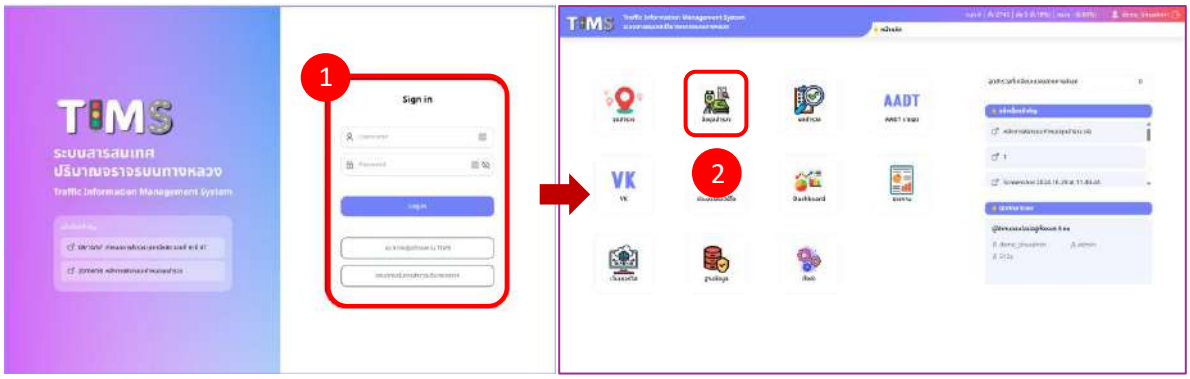
ในการพัฒนาระบบเพื่อรองรับการนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรสามารถนำเข้าได้ 2 วิธี ได้แก่

4.4.2.1 การนำเข้าข้อมูลจากการแจงนับ

ซึ่งเป็นวิธีการตรวจนับในรูปแบบที่มีการใช้งานอยู่ก่อนแล้ว โดยจะทำการกำหนดวันที่สำรวจและจุดสำรวจพร้อมกันทั้งประเทศ เมื่อทำการสำรวจเรียบร้อยแล้ว เจ้าหน้าที่ส่วนภูมิภาคที่ทำการสำรวจ จะทำการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ลงบนระบบ TIMS โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เจ้าหน้าที่ทำการ Login เข้าใช้งานระบบ

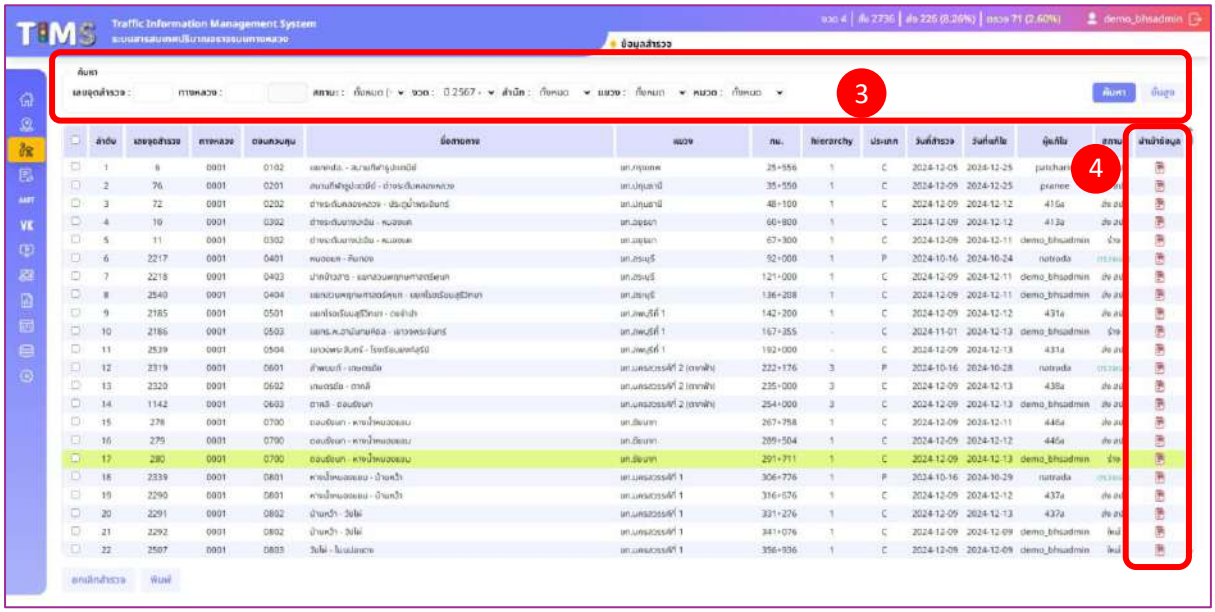
ขั้นตอนที่ 2 ทำการคลิกที่ปุ่มนำเข้าข้อมูลทำการเลือกเมนู “ข้อมูลสำรวจ” ดังรูปที่ 4-50



รูปที่ 4-50 เมื่อทำการ Login เข้าใช้งานระบบเลือกเมนูข้อมูลสำรวจ

ขั้นตอนที่ 3 ระบบจะแสดงหน้าข้อมูลสำรวจ ทำการค้นหาจุดสำรวจตามหมายเลขทางหลวงตอนควบคุม หรือรหัสจุดสำรวจ

ขั้นตอนที่ 4 ทำการคลิกที่ปุ่มนำเข้าข้อมูลดังรูปที่ 4-51

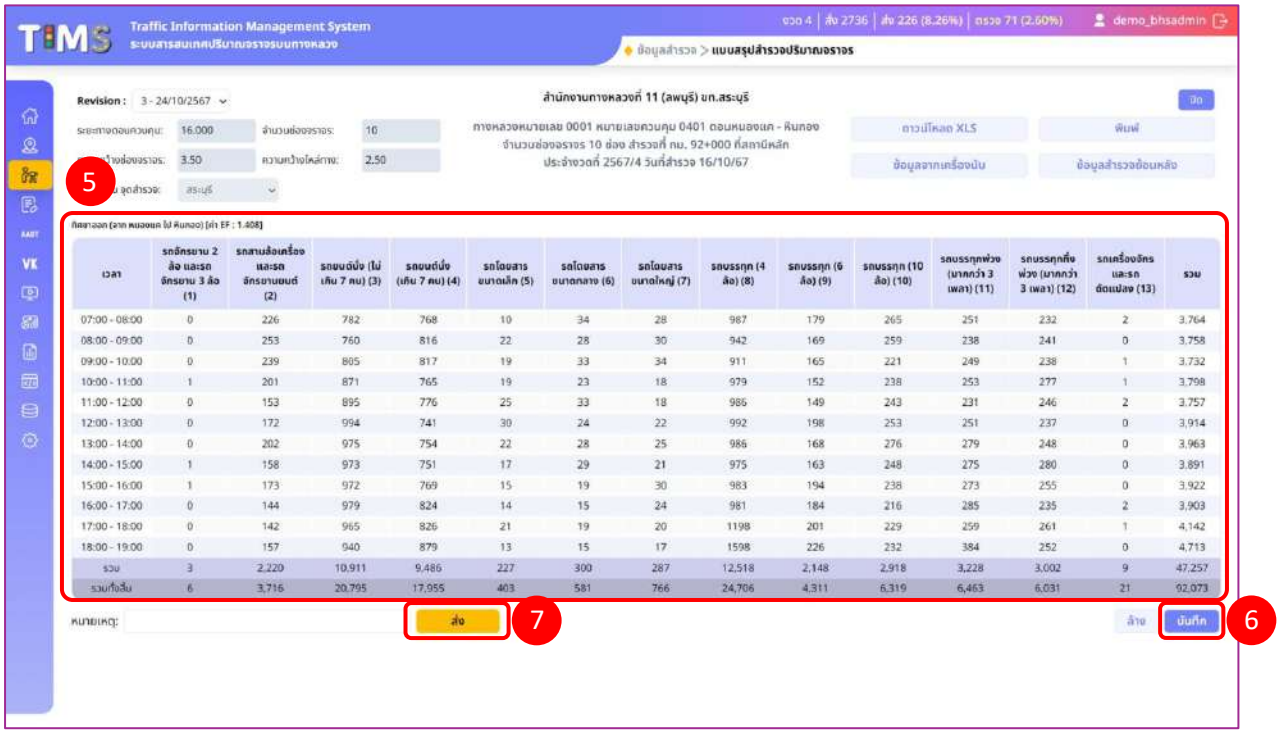


รูปที่ 4-51 ปุ่มสำหรับนำเข้าข้อมูลสำรวจ

ขั้นตอนที่ 5 บันทึกข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรด้วยการแจงนับ โดยสรุปรายชั่วโมงและจำแนกตามประเภทยานพาหนะ 13 ประเภท แยกขาเข้าและขาออก

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแล้ว กดปุ่ม “บันทึก”

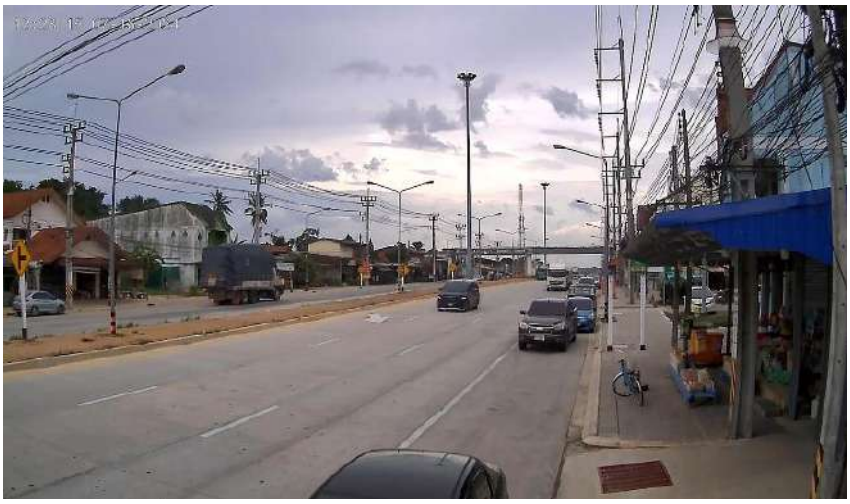
ขั้นตอนที่ 7 กดปุ่ม “ส่ง” เพื่อส่งข้อมูลให้ส่วนกลาง



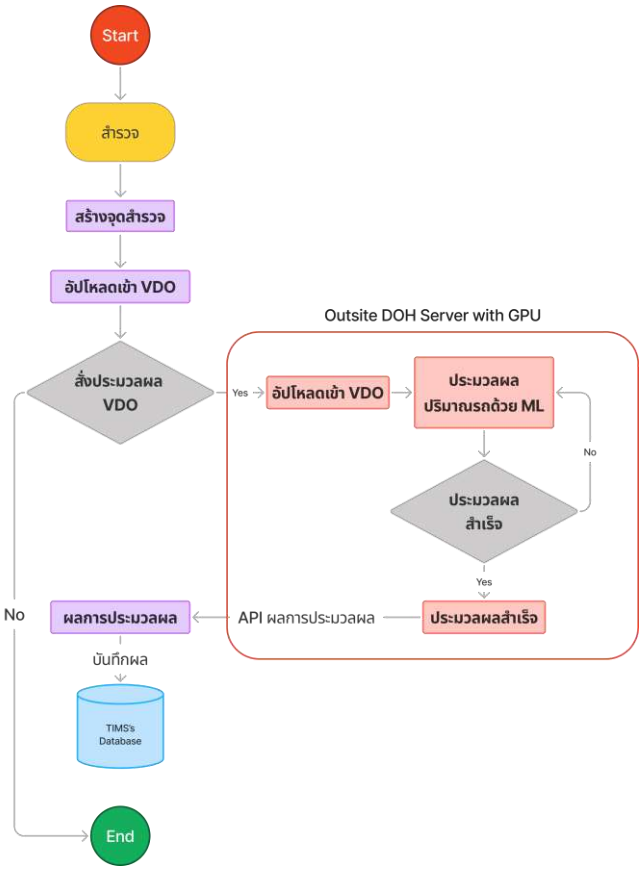
รูปที่ 4-52 หน้าจอนำเข้าข้อมูลสำรวจด้วยการแจงนับ

4.4.2.2 ประมวลผลด้วย Video Image Processing

ซึ่งเป็นวิธีการตรวจนับด้วย Video Image Processing ซึ่งมีการพัฒนาขึ้นในครั้งนี้ เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลปริมาณจราจรทั้ง 13 ประเภทด้วยการติดตั้งกล้องสำรวจบริเวณข้างทาง โดยมุมที่หันเข้าหาถนน ดังตัวอย่างรูปที่ 4-*53* และรูปแบบวิธีการติดตั้งดังรูปที่ 4-54

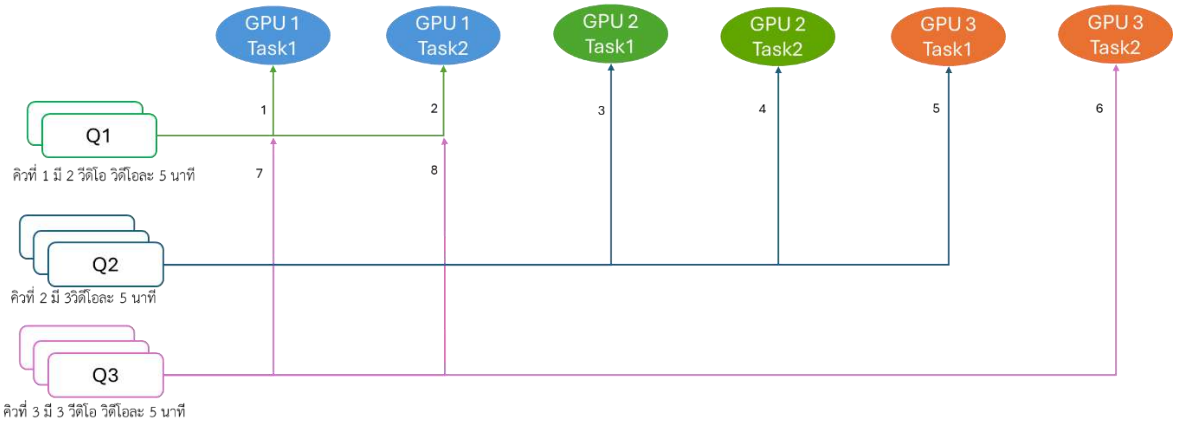


รูปที่ 4-53 ตัวอย่างมุมมองการติดตั้งกล้องสำรวจ



รูปที่ 4-54 แผนผังการทำงานของการประมวลผลวิดีโอบนระบบ TIMS

ในการประมวลผล Video จะทำการประมวลผลบนหน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) ทั้งหมด 3 GPU โดยแต่ละ GPU ทำการประมวลผลได้พร้อมกันสูงสุด 2 Video (ประมวลผลได้พร้อมกันทั้งหมด 6 Video) จากการทดสอบเบื้องต้น โดยใช้ Video ที่ความยาว 5 นาที ประมวลผลพร้อมกัน 6 Video ใช้เวลาทั้งสิ้น 4:44 นาที ดังรูปที่ 4-*55*

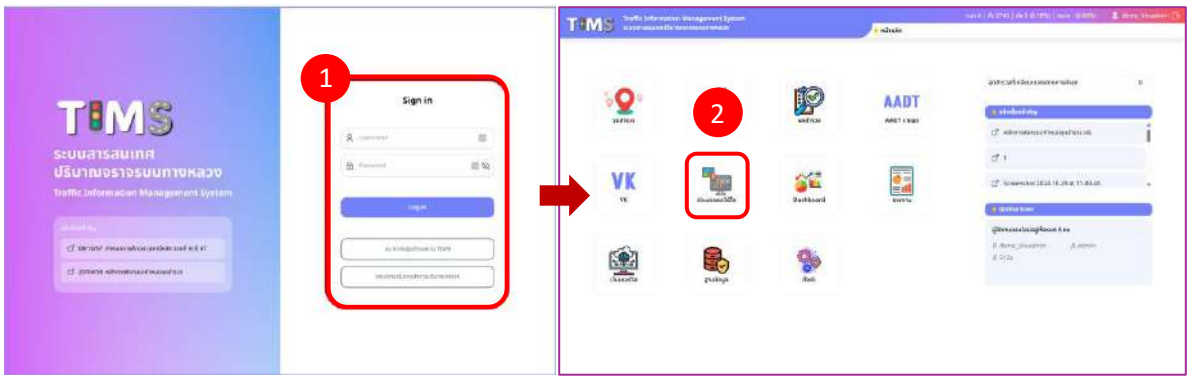


รูปที่ 4-55 การประมวลผล Video บนบนหน่วยประมวลผลกราฟิก

ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลในระบบมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เจ้าหน้าที่ทำการ Login เข้าใช้งานระบบ

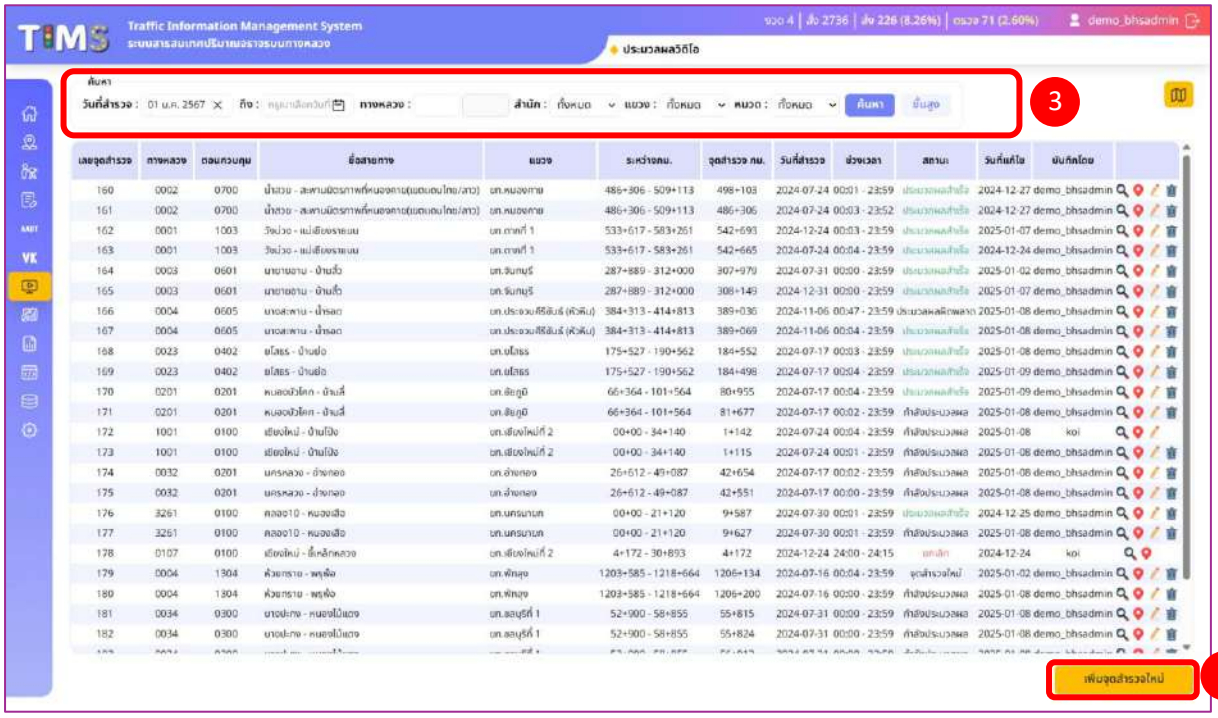
ขั้นตอนที่ 2 ทำการคลิกที่ปุ่มนำเข้าข้อมูลทำการเลือกเมนู “ประมวลผลภาพ”



รูปที่ 4-56 เมื่อทำการ Login เข้าใช้งานระบบเลือกเมนูประมวลผลภาพ

ขั้นตอนที่ 3 ระบบจะแสดงหน้าประมวลผลภาพ ทำการค้นหาจุดสำรวจตามหมายเลขทางหลวง ตอนควบคุม หรือรหัสจุดสำรวจ

ขั้นตอนที่ 4 ทำการคลิกที่ปุ่ม “เพิ่มจุดสำรวจใหม่” เพื่อระบุตำแหน่งที่ติดตั้งกล้องสำรวจ

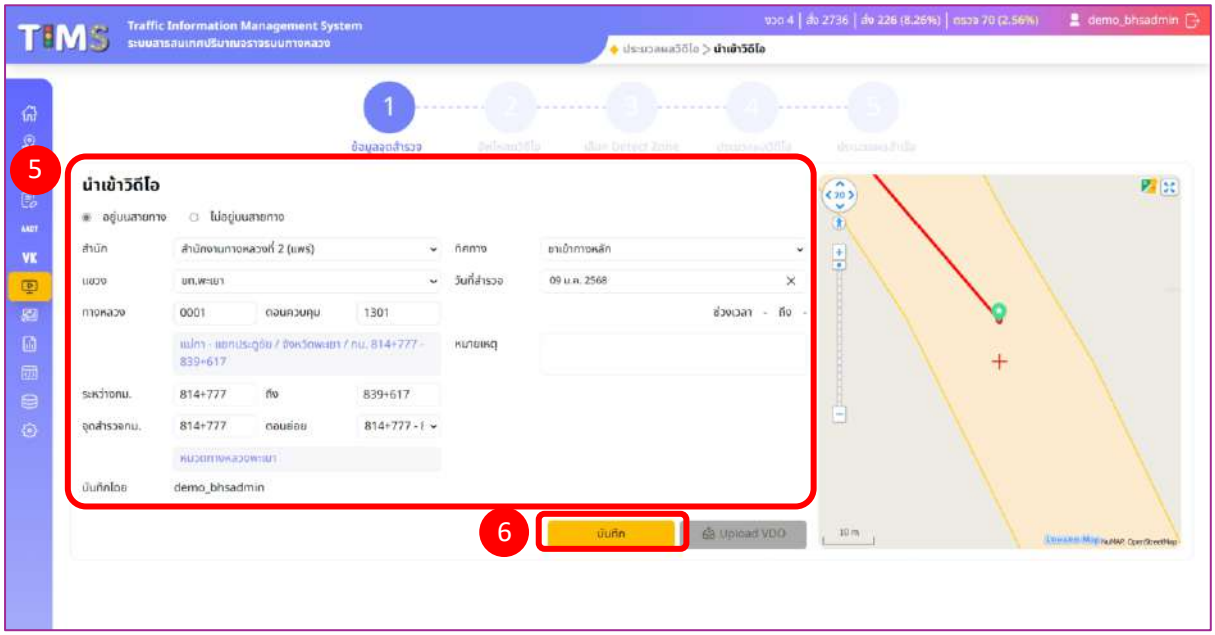


รูปที่ 4-57 ปุ่มสำหรับเพิ่มจุดสำรวจใหม่

ขั้นตอนที่ 5 บันทึกข้อมูลตำแหน่งที่ติดตั้งกล้องสำรวจ โดยทำการระบุรายละเอียดดังนี้

- ข้อมูล “อยู่สายทาง” เมื่อติดตั้งกล้องบนทางหลวง “ไม่อยู่บนสายทาง” เมื่อติดตั้งกล้องบนถนนของหน่วยงานอื่น
  - หน่วยงาน สำนักงานทางหลวง แขวงทางหลวง หมวดทางหลวง
  - หมายเลขทางหลวง ตอนควบคุม
  - ตำแหน่ง กม. ที่ตั้ง

ขั้นตอนที่ 6 กดปุ่ม “บันทึก” เพื่อทำการบันทึกจุดสำรวจ



รูปที่ 4-58 ตัวอย่างการสร้างจุดสำรวจเพื่อนำเข้าวิดีโอ

ขั้นตอนที่ 7 เมื่อบันทึกเรียบร้อยแล้ว หน้าระบบจะแสดงปุ่ม “Upload VDO” คลิกเพื่อทำการอัปโหลดวิดีโอที่ทำการสำรวจ

ขั้นตอนที่ 8 เมื่อคลิกที่ปุ่ม “Upload VDO” ระบบจะ Popup หน้าจอสำหรับอัปโหลดวิดีโอที่ทำการสำรวจ

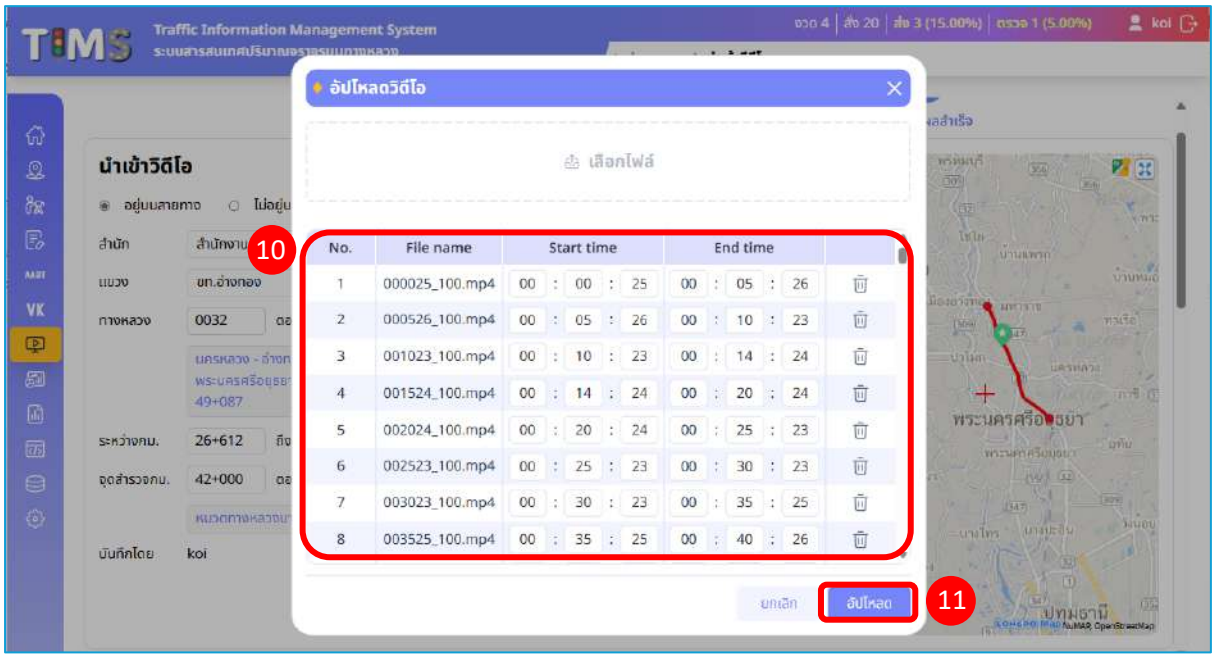
ขั้นตอนที่ 9 เมื่อคลิกที่ “เลือกไฟล์” ทำการ Browse ไฟล์วิดีโอ



รูปที่ 4-59 ตัวอย่างหน้าจออัปโหลดวิดีโอ

ขั้นตอนที่ 10 เมื่อเลือกไฟล์แล้วระบบจะทำการ List รายชื่อไฟล์ที่ต้องการอัปโหลด ให้ทำการกรอกเวลาเริ่มต้น – สิ้นสุดของวิดีโอนั้น ๆ โดยระบบจะ Default เวลา จาก Modify Date ของวิดีโอนั้น ๆ ให้ก่อน

ขั้นตอนที่ 11 เมื่อคลิกที่ปุ่ม “Upload VDO” ระบบจะ Popup หน้าจอสำหรับอัปโหลดวิดีโอที่ทำการสำรวจ



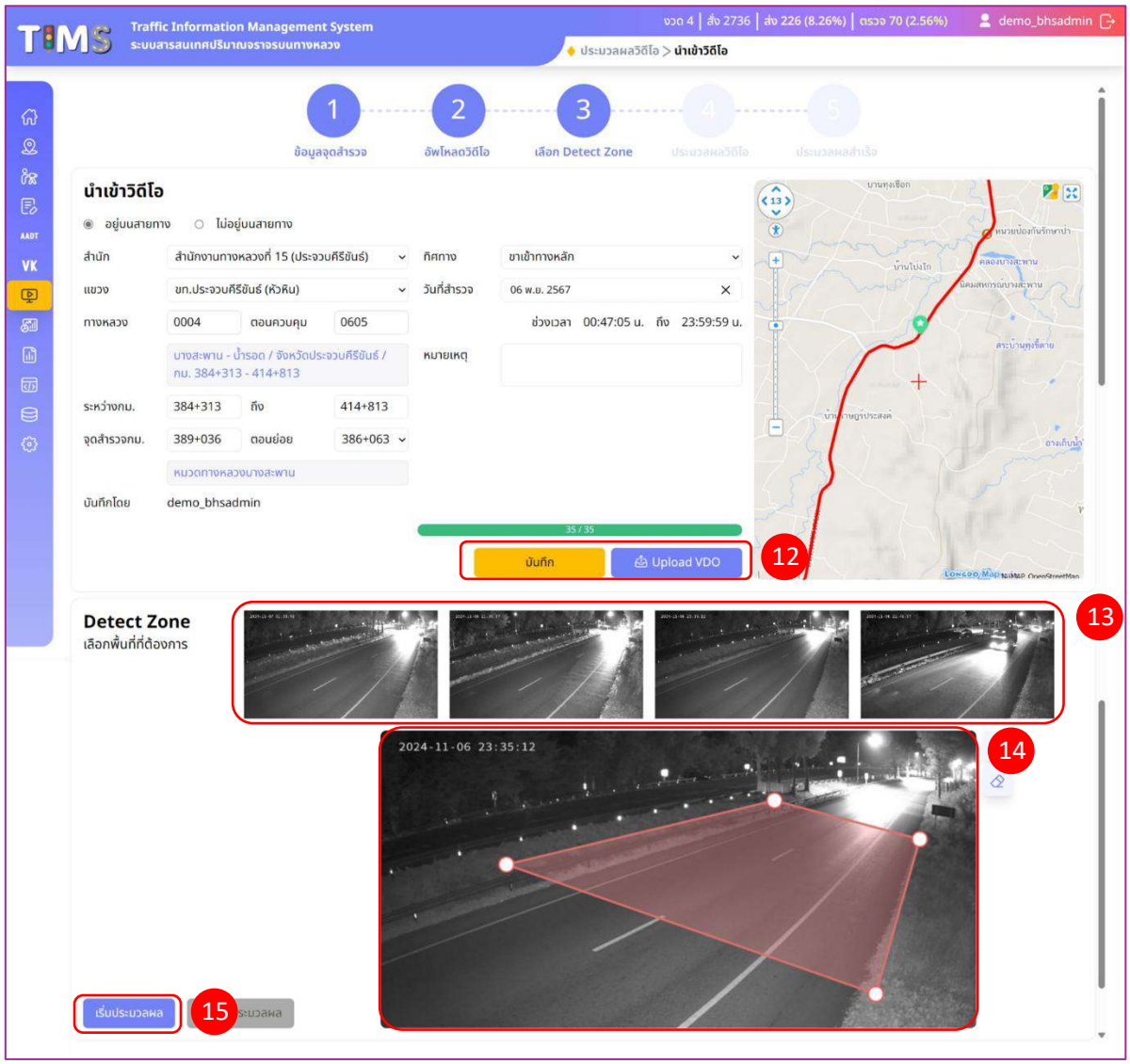
รูปที่ 4-60 ตัวอย่างการอัปโหลดวิดีโอ

ขั้นตอนที่ 12 เมื่ออัปโหลดสำเร็จระบบจะมีแถบความคืบหน้าการอัปโหลดข้อมูล โดยระหว่างที่อัปโหลดข้อมูล จะไม่สามารถกดปุ่ม “Upload VDO” ได้จนกว่าจะอัปโหลดสำเร็จ

ขั้นตอนที่ 13 เมื่ออัปโหลดสำเร็จระบบจะขึ้น Panel “Detect Zone” และแสดงตัวอย่างภาพ 4 ภาพจากการสุ่ม เพื่อใช้ในการวาดพื้นที่สนใจ (Region Of Interest : ROI) สำหรับประมวลผลวิดีโอ

ขั้นตอนที่ 14 คลิกที่เครื่องหมายดินสอ เพื่อวาด ROI โดยกำหนดจุดสำหรับเส้นเข้า (A,B) และจุดสำหรับเส้นออก (C,D) โดย A,B อยู่หลัง CD เสมอ

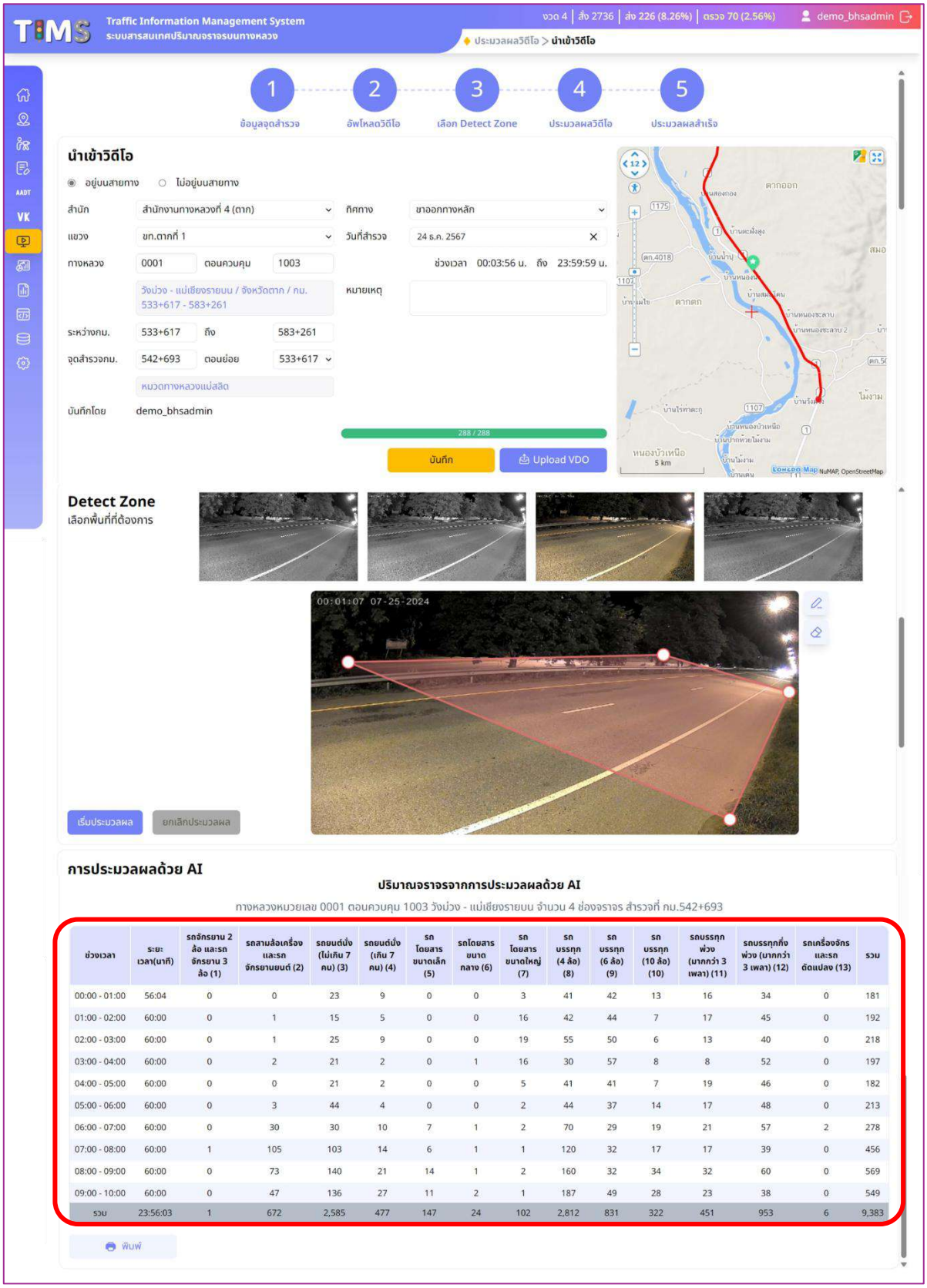
ขั้นตอนที่ 15 คลิกปุ่ม “เริ่มประมวลผล” เพื่อทำการประมวลผล



รูปที่ 4-61 ตัวอย่างการแสดงตัวอย่างวิดีโอเพื่อวาด Region of interest

4.4.3 ออกแบบหน้าจอการรายงานผลสรุปข้อมูลสำรวจได้อย่างเหมาะสมพร้อมทั้งแสดงข้อมูลภาพถ่าย เพื่อตรวจสอบปริมาณจราจรผ่านหน้าระบบ TIMS

เมื่อประมวลผลสำเร็จ จากขั้นตอนการนำเข้าในข้อ 2.3.4.2 ระบบจะแสดงตารางสรุปปริมาณยานพาหนะจากการประมวลผลด้วย Video Image Processing โดยจำแนกเป็นรายชั่วโมง และสามารถทำการส่งออกในรูปแบบ Excel ได้



ช่วงเวลา	ระยะเวลา(นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และรถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและรถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสารขนาดเล็ก (5)	รถโดยสารขนาดกลาง (6)	รถโดยสารขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกที่มีพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกที่มีพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00 - 01:00	56:04	0	0	23	9	0	0	3	41	42	13	16	34	0	181
01:00 - 02:00	60:00	0	1	15	5	0	0	16	42	44	7	17	45	0	192
02:00 - 03:00	60:00	0	1	25	9	0	0	19	55	50	6	13	40	0	218
03:00 - 04:00	60:00	0	2	21	2	0	1	16	30	57	8	8	52	0	197
04:00 - 05:00	60:00	0	0	21	2	0	0	5	41	41	7	19	46	0	182
05:00 - 06:00	60:00	0	3	44	4	0	0	2	44	37	14	17	48	0	213
06:00 - 07:00	60:00	0	30	30	10	7	1	2	70	29	19	21	57	2	278
07:00 - 08:00	60:00	1	105	103	14	6	1	1	120	32	17	17	39	0	456
08:00 - 09:00	60:00	0	73	140	21	14	1	2	160	32	34	32	60	0	569
09:00 - 10:00	60:00	0	47	136	27	11	2	1	187	49	28	23	38	0	549
รวม	23:56:03	1	672	2,585	477	147	24	102	2,812	831	322	451	953	6	9,383

รูปที่ 4-62 ตัวอย่างหน้าจอผลลัพธ์การประมวลผลในรูปแบบ Video Image Processing

ปริมาณจราจรจากการประมวลผลด้วย AI															
สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร) ขท.หนองคาย หมวดทางหลวงหนองคาย อยู่บนทางหลวงหมายเลข 2 ตอนควบคุม 0700 น้ำสวย - สะพานมิตรภาพที่หนองคาย(เขตแดนไทย/ลาว)															
บริเวณ ทางหลักขาเข้า กม. 498+103 วันที่สำรวจ 24/07/2024 ช่วงเวลา 00:01:58 น. ถึง 23:59:59 น.															
ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อและ รถจักรยาน 3 ล้อ	รถสามล้อ เครื่อง และ รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	รถเครื่องจักร และรถ ดัดแปลง (13)	รวม
00:00 - 01:00	58.03	0	3	9	0	0	0	0	4	1	1	0	3	0	21
01:00 - 02:00	60.	0	4	8	0	0	0	0	4	3	0	0	1	0	20
02:00 - 03:00	60.	0	6	8	0	1	0	0	5	0	0	0	2	0	22
03:00 - 04:00	60.	0	1	9	0	0	0	0	5	2	0	0	1	0	18
04:00 - 05:00	60.	0	2	9	0	1	0	0	10	4	0	0	5	0	31
05:00 - 06:00	60.	0	22	26	20	1	0	1	34	3	2	2	7	0	118
06:00 - 07:00	60.	2	64	76	51	0	0	0	103	9	0	11	9	0	325
07:00 - 08:00	60.	0	156	253	95	0	1	4	253	25	3	12	25	0	827
08:00 - 09:00	60.	0	109	286	126	0	0	1	329	34	7	12	9	0	913
09:00 - 10:00	60.	0	72	190	115	0	2	2	300	31	5	14	13	0	744
10:00 - 11:00	60.	0	72	202	108	0	3	2	280	27	3	18	24	0	739
11:00 - 12:00	60.	0	110	206	132	0	3	2	316	35	6	22	25	0	857
12:00 - 13:00	60.	0	85	215	126	1	1	4	289	27	9	18	23	1	799
13:00 - 14:00	60.	0	77	223	120	0	2	3	281	25	8	26	26	0	791
14:00 - 15:00	60.	0	97	214	139	0	3	0	282	39	12	17	31	0	834
15:00 - 16:00	60.	0	146	250	144	1	2	1	319	20	9	17	29	0	938
16:00 - 17:00	60.	0	214	255	143	0	2	0	360	24	17	25	32	0	1072
17:00 - 18:00	60.	0	488	387	189	0	1	6	395	28	10	11	30	0	1545
18:00 - 19:00	60.	0	203	226	108	0	1	9	205	18	8	13	39	0	830
19:00 - 20:00	60.	1	94	159	11	0	0	5	104	9	4	0	21	0	408
20:00 - 21:00	60.	0	39	98	4	1	1	2	67	13	1	0	13	0	239
21:00 - 22:00	60.	0	10	36	7	0	0	6	19	9	0	0	13	0	100
22:00 - 23:00	60.	0	1	9	1	1	0	0	5	8	0	0	9	0	34
23:00 - 00:00	59.98	0	1	19	0	0	0	0	4	1	0	0	13	0	38
รวม		3	2076	3373	1639	7	22	48	3973	395	105	3	403	1	12263

รูปที่ 4-63 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การประมวลผลในรูปแบบ Video Image Processing ในรูปแบบ Excel

4.5 ประเมินผลการทำงานและการใช้งานอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น ตามข้อ 2.3.4 พร้อมทั้งสรุปผล

ที่ปรึกษาทำการประเมินผลการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล โดยอ้างอิงจากการลงพื้นที่สำรวจทั้งหมด 11 จุด โดยนำผลลัพธ์ที่ได้ มาประมวลผลระบบที่ใช้ในการประมวลผลบนฟังก์ชัน Video Image Processing ที่ทำการพัฒนาขึ้นบนระบบ TIMS ทำการแปลผลข้อมูลปริมาณจราจรจากวิดีโอ จำแนกตามประเภทยานพาหนะประเมินผลความคลาดเคลื่อนของการประมวลผลข้อมูล รวมถึงเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการสำรวจ ณ ตำแหน่งเดียวกันกับวิธีการสำรวจรูปแบบอื่น พร้อมทั้งข้อเสนอแนะในการปรับปรุงพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานต่อไป

4.5.1 การวัดประสิทธิภาพการตรวจจับและคัดแยกประเภทยานพาหนะ

1) ชุดข้อมูลกรมทางหลวง (อัพเดทถึงวันที่ 24 ธันวาคม 2567)

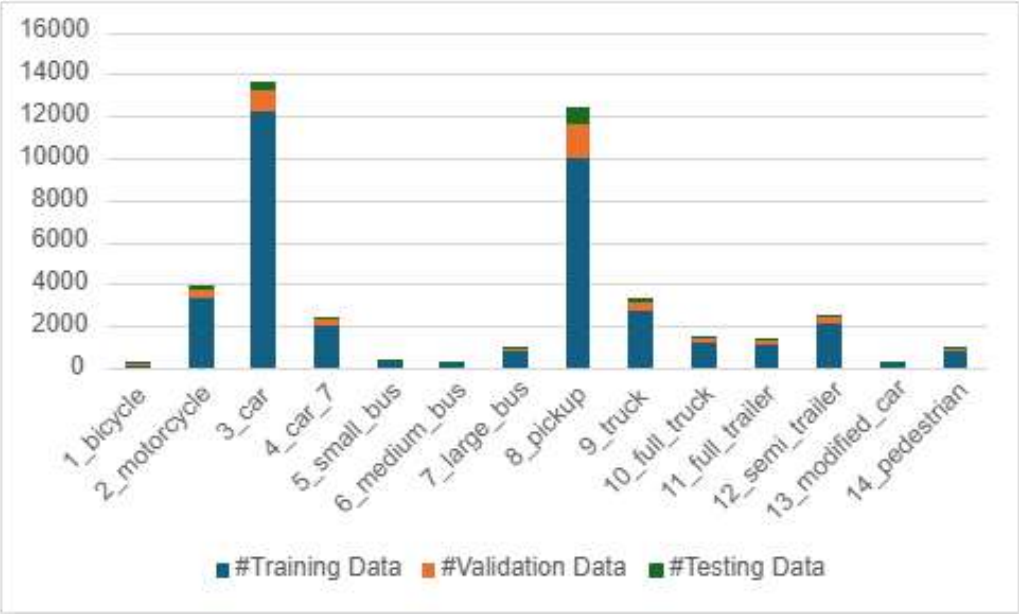
ชุดข้อมูลที่มีการทำผลเฉลยเพิ่มเติมจนถึงวันที่ 24 ธันวาคม 2567 ประกอบด้วยชุดข้อมูลที่มีความหลากหลายของมุมมองมากขึ้น รวมถึงภาพที่ถูกนำมาจาก Google Map ในมุมเอียงรูปแบบต่าง ๆ และมีการเพิ่มจำนวนรูปภาพด้วย การใส่เทคนิคพิเศษ เช่น การเพิ่มความเบลอ การปรับแสงสว่าง การเพิ่มจุดรบกวน (Noise) ให้กับชุดข้อมูลเรียนรู้ จำนวนชุดข้อมูลรวมทั้งหมดจำนวน 25,601 ภาพ โดยข้อมูลภาพทั้งหมดจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- ชุดข้อมูลการเรียนรู้ (Train) จำนวน 10,105 ภาพ (หลังเพิ่มจำนวนรูปภาพจะรวมเป็นจำนวน 20,893 ภาพ) คิดเป็น 70% ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด
- ชุดข้อมูลการตรวจสอบ (Validation) จำนวน 3,140 ภาพ คิดเป็น 20% ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด
- ชุดข้อมูลการทดสอบ (Test) จำนวน 1,568 ภาพ คิดเป็น 10% ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด

โดยจำนวนรถแต่ละประเภทจากข้อมูลทั้งหมด 25,601 ภาพ มีปริมาณดังตารางที่ 4-2 และรูปที่ 4-64

ตารางที่ 4-2 จำนวนยานพาหนะในชุดข้อมูลการเรียนรู้, ชุดข้อมูลการตรวจสอบ, และชุดข้อมูลการทดสอบ แยกตามประเภทรถ

Classes	จำนวนข้อมูลเรียนรู้	จำนวนข้อมูลเรียนรู้ (หลังเพิ่มข้อมูล)	จำนวนข้อมูลตรวจสอบ	จำนวนข้อมูลทดสอบ
1_bicycle	62	132	41	14
2_motorcycle	1,825	3,294	538	256
3_car	6,640	12,254	1,902	930
4_car_7	978	2,008	276	127
5_small_bus	154	261	33	17
6_medium_bus	106	210	35	16
7_large_bus	478	804	146	57
8_pickup	5,527	10,013	1,569	814
9_truck	1,298	2,689	404	211
10_full_truck	580	1,217	194	97
11_full_trailer	567	1,080	207	115
12_semi_trailer	879	2,084	287	140
13_modified_car	62	156	25	9
14_pedestrian	276	791	90	42
รวม	**19,432**	**36,993**	**5,747**	**2,845**



รูปที่ 4-64 แผนภาพแสดงจำนวนยานพาหนะในชุดข้อมูลการเรียนรู้ (Training Data), ชุดข้อมูลการตรวจสอบ (Validation Data), และชุดข้อมูลการทดสอบ (Testing Data) แยกตามประเภทรถ

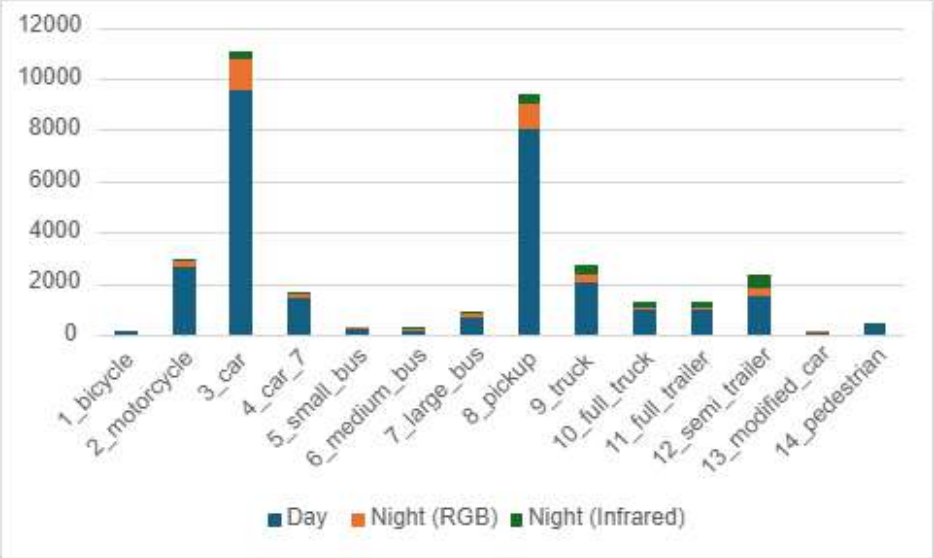
โดยประเภทของยานพาหนะที่มีมากสุด 3 อันดับแรก คือ 3_car, 8_pickup, และ 2_motorcycle ตามลำดับ ส่วนประเภทของยานพาหนะที่มีน้อยสุด 3 อันดับแรก คือ 1_bicycle, 5_ modified_car และ 6_medium_bus ตามลำดับ

นอกจากนี้ ในการทดลองได้แบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนๆ เพื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโมเดลในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยในชุดข้อมูลนั้นประกอบด้วยอัตราส่วนในช่วงเวลากลางวันคิดเป็นประมาณ 80% ต่อช่วงเวลากลางคืนคิดประมาณ 20% และชุดข้อมูลช่วงกลางคืนนั้นยังประกอบด้วยอัตราส่วนในข้อมูลภาพสีคิดเป็น 60% ต่อภาพประเภทอินฟาเรดคิดเป็น 40% ดังตารางที่ 4-3 และ รูปที่ 4-65

โดยข้อมูลประเภทของยานพาหนะรวมในเวลากลางวันมากกว่าประเภทของยานพาหนะรวมในเวลากลางคืน (ทั้งแบบ RGB และ Infrared) เป็นปริมาณประมาณ 5 เท่า อีกทั้งข้อมูลในเวลากลางคืนแบบอินฟาเรด ยังมีจำนวนประเภทของยานพาหนะรวมที่น้อยมาก เนื่องจากภาพแบบอินฟาเรดจะถูกเก็บเมื่อมีแสงในปริมาณที่น้อย ทั้งยังมีความยากในการแยกประเภทยานพาหนะ โดยเฉพาะยานพาหนะที่ขับเร็ว โดยตัวอย่างของภาพกลางวัน กลางคืนแบบสีและแบบอินฟาเรดถูก ดังรูปที่ 4-66

ตารางที่ 4-3 แสดงจำนวนยานพาหนะในชุดข้อมูลกลางวัน กลางคืนแบบข้อมูลภาพสี และกลางคืนแบบภาพอินฟาเรด แยกตามประเภทรถ (จำนวนก่อนการทำ Augmentation)

Classes	Day	Night (RGB)	Night (Infrared)
1_bicycle	119	0	0
2_motorcycle	2,282	245	108
3_car	8,064	1,175	324
4_car_7	1,136	197	72
5_small_bus	189	11	0
6_medium_bus	124	30	4
7_large_bus	500	164	38
8_pickup	6,662	981	370
9_truck	1,385	288	380
10_full_truck	631	105	235
11_full_trailer	668	104	204
12_semi_trailer	732	273	521
13_modified_car	92	4	0
14_pedestrian	386	7	11
รวม	**22,970**	**3,584**	**2,267**



รูปที่ 4-65 แผนภาพแสดงจำนวนยานพาหนะในชุดข้อมูลกลางวัน กลางคืนแบบข้อมูลภาพสี และกลางคืนแบบภาพอินฟาเรด แยกตามประเภทรถ


ภาพตัวอย่างข้อมูลที่เก็บตอนกลางวัน


ภาพตัวอย่างข้อมูลที่เก็บตอนกลางวัน


ภาพตัวอย่างข้อมูลที่เก็บตอนใกล้ค่ำ


ภาพตัวอย่างข้อมูลจาก Google Street View


ภาพตัวอย่างข้อมูลที่เก็บตอนค่ำแบบสี



ภาพตัวอย่างข้อมูลที่เก็บตอนค่ำแบบอินฟาเรด

รูปที่ 4-66 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการเทรน การตรวจสอบ และทดสอบโมเดล

2) การตรวจจับยานพาหนะ

การทดสอบการรวมโมเดลในการตรวจจับแบบกลางวันและกลางคืนเบื้องต้นได้มีการนำข้อมูลสาธารณะที่มีภาพข้อมูลทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนจากในมุมมองที่ใกล้เคียงกับภาพจราจรจากกรมทางหลวงมาทดสอบ โดยมีการใช้ทดสอบและวัดผลกระบวนการนับรถที่ได้นำเสนอ โดยจะมีการใช้โมเดล YOLOX และ ByteTrack เพื่อตรวจสอบสมมติฐานในการใช้โมเดลหลักโมเดลเดียวในการนับและคัดแยกยานพาหนะทั้งสองช่วงเวลา ดังรูปที่ 4-67



รูปที่ 4-67 ตัวอย่างชุดข้อมูลภาพกลางวัน (ซ้าย) และ ชุดข้อมูลภาพกลางคืน (ขวา)

โดยมีการแบ่งการทดสอบเป็น 6 รูปแบบดังนี้

(1) การเทรนโมเดลด้วยชุดข้อมูลภาพกลางวันมุมด้านข้างจาก จำนวน 817 รูป และมี 6 คลาส (รถบัส, รถยนต์, รถจักรยานยนต์, รถกระบะ, รถบรรทุก และรถตู้) โดยใช้สัดส่วนการเทรน (Train) การตรวจสอบ (Validation) และการทดสอบ (Testing) ในสัดส่วน 80:10:10

(2) การเทรนโมเดลด้วยชุดภาพเวลากลางวันด้านข้างเช่นเดียวกันกับ (1) แต่จะมีการใช้โมเดลที่ได้รับการฝึกฝนกับโมเดล Pretrained ก่อนหน้ากับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ชุดข้อมูล COCO

(3) การเทรนโมเดลด้วยชุดภาพเวลากลางคืนมุมข้างจำนวน 2,278 รูป และมี 6 คลาส (รถบัส, รถยนต์, รถจักรยานยนต์, รถกระบะ, รถบรรทุก และรถตู้) โดยใช้สัดส่วนการเทรน (Train) การตรวจสอบ (Validation) และการทดสอบ (Testing) ในสัดส่วน 80:10:10

(4) การเทรนโมเดลด้วยชุดภาพเวลากลางคืนมุมด้านข้างเช่นเดียวกันกับ (3) แต่จะมีการใช้โมเดลที่ได้รับการฝึกฝนกับโมเดล Pretrained ก่อนหน้ากับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ชุดข้อมูล COCO

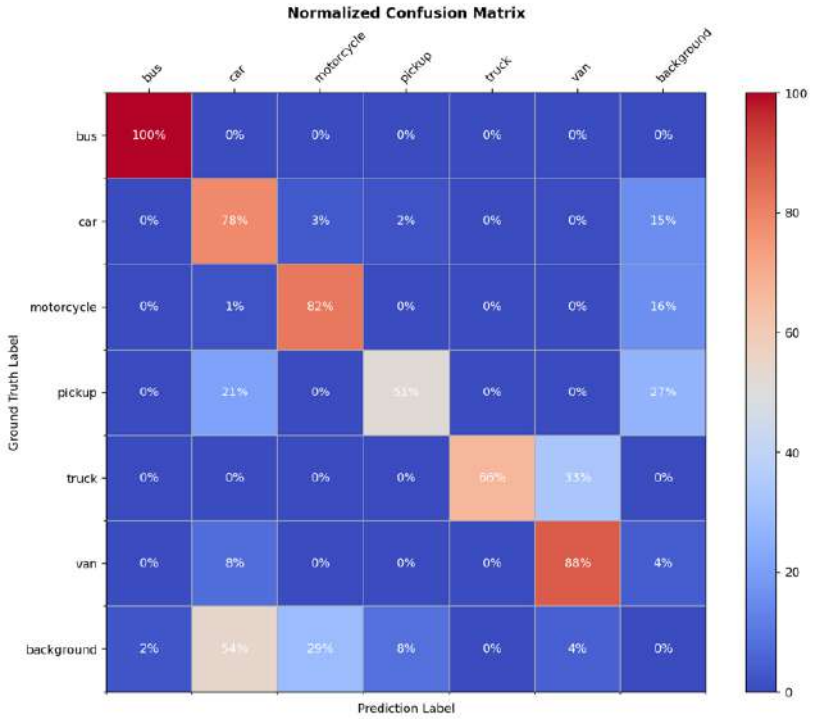
(5) การเทรนโมเดลด้วยชุดภาพเวลากลางวันและกลางคืนมุมรวมกัน

(6) การเทรนโมเดลด้วยชุดภาพเวลากลางวันและกลางคืนมุมรวมกัน แต่จะมีการใช้โมเดลที่ได้รับการฝึกฝนกับโมเดล Pretrained ก่อนหน้ากับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ชุดข้อมูล COCO

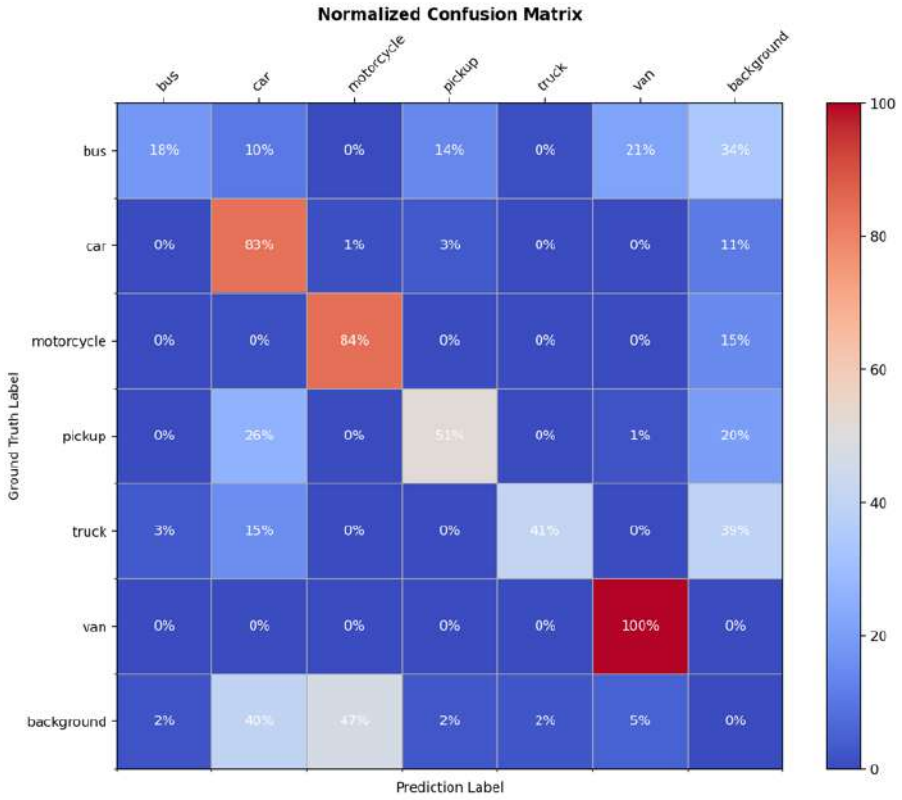
ตารางที่ 4-4 การเปรียบเทียบค่า mAP (Mean Average Precision) เทียบกับค่า IoU (Intersection over Union)

mAP	การทดลองที่ 1 กลางวันเท่านั้น	การทดลองที่ 2 กลางวัน + Pretrained	การทดลองที่ 3 กลางคืนเท่านั้น	การทดลองที่ 4 กลางคืน + Pretrained	การทดลองที่ 5 กลางวัน + กลางคืน	การทดลองที่ 6 กลางวัน + กลางคืน + Pretrained
IoU 0.50-0.95	0.316	0.500	0.442	0.595	0.337	0.570
IoU 0.50	0.561	0.744	0.739	0.834	0.537	0.825
IoU 0.75	0.306	0.577	0.488	0.674	0.392	0.685

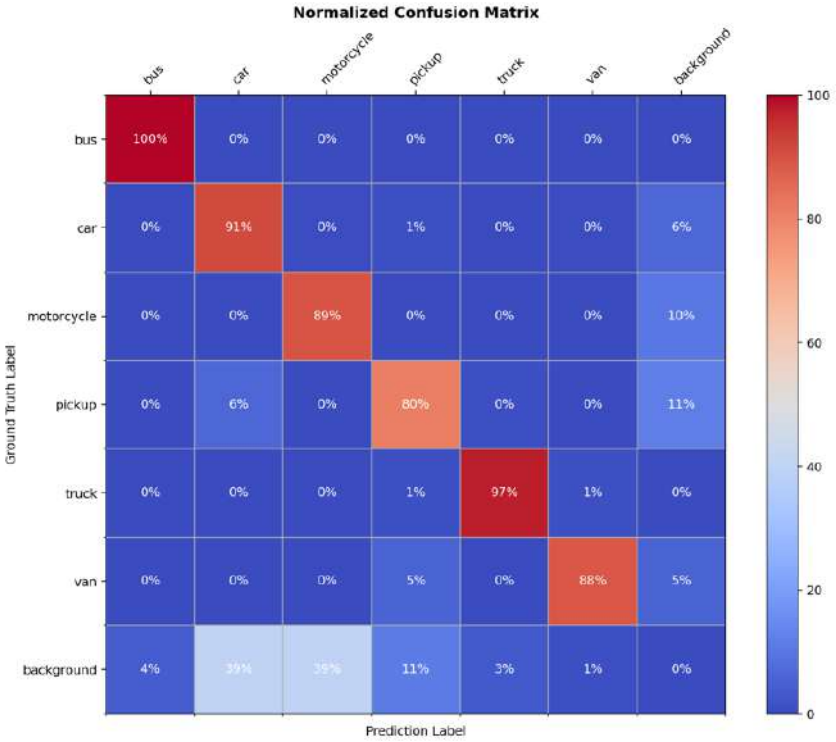
จากการทดลองในตารางที่ 4-4 แสดงให้เห็นค่า mAP กรณี IoU 0.5 – 0.95 และ IoU 0.5 มีค่าสูงที่สุดในโมเดลที่เป็นชุดข้อมูลช่วงเวลากลางคืน และในกรณี IoU 0.75 มีค่า mAP สูงที่สุดในโมเดลที่มีการรวมกันของชุดข้อมูลกลางวันและข้อมูลกลางคืน ทำให้ได้ความแม่นยำสูงสุด ซึ่งในกรณีรวมข้อมูลกลางวันและข้อมูลกลางคืนได้ผลที่แตกต่างเพียงเล็กน้อย จากโมเดลที่เป็นชุดข้อมูลกลางคืน แต่จะสามารถดึงประสิทธิภาพช่วงเวลากลางวันขึ้นมาได้



รูปที่ 4-68 Confusion Matrix จากการทดลองที่ 2 (กลางวัน + Pretrained)



รูปที่ 4-69 Confusion Matrix จากการทดลองที่ 4 (กลางคืน + Pretrained)



รูปที่ 4-70 Confusion Matrix จากการทดลองที่ 6 (กลางวัน + กลางคืน + Pretrained)

จากตาราง Confusion Matrix เปรียบเทียบกรณีมีการเทรนโมเดลต่อจากโมเดล pretrained กับชุดข้อมูลกลางวัน ดังรูปที่ 4-68 โมเดล pretrained กับชุดข้อมูลกลางคืน ดังรูปที่ 4-69 และโมเดล pretrained กับชุดข้อมูลกลางวัน และกลางคืน ดังรูปที่ 4-70 พบว่า การผสมข้อมูลกลางวันและกลางคืนสามารถทำนายรถบัส, รถกระบะ, และรถบรรทุกได้ถูกต้องกว่าการทดลองที่มีเฉพาะภาพเวลากลางคืน และยานพาหนะประเภทอื่นก็มีประสิทธิภาพในการตรวจจับมากกว่าทั้งสองโมเดลที่มีเฉพาะกลางวันและกลางคืน ทำให้สรุปเบื้องต้นว่าการทดลองจะใช้โมเดลเดียวเป็นหลักในการตรวจจับและนับยานพานะทั้งในเวลาแบบกลางวันและกลางคืน

4.5.2 การทดสอบการรวมโมเดลในการตรวจจับแบบกลางวันและกลางคืนกับชุดข้อมูลกรมทางหลวง

YOLOv8 และ YOLOv10 ได้ถูกใช้ในการเปรียบเทียบการเรียนรู้ข้อมูลในระบบโดยมีการเรียนรู้ต่อยอดจากโมเดลก่อนหน้าอย่าง Capcapcar และข้อมูล Visdrone โดยมีการเพิ่มความหลากหลายของข้อมูลโดยการใส่สัญญาณรบกวนแบบเกาส์ (Noise) การลดความคมชัดในภาพ (Blur) การเพิ่ม-ลดความต่างของสีภาพ (Contrast) แต่ละแบบบน 10% ของชุดข้อมูล และมีรูปแบบการรวมกันของทั้งสามกรณี (Noise+ Blur+Contrast) โดยพบว่าข้อมูลกลางคืนมีเป็นปริมาณน้อย จึงได้มีการเพิ่มปริมาณข้อมูลประเภทอินฟาเรดสำหรับยานพาหนะทุกประเภท และข้อมูลกลางคืนแบบสีสำหรับยานพาหนะเฉพาะประเภทรถยนต์ 7 ที่นั่ง (car_7) รถโดยสารขนาดกลาง (medium_bus) และ รถโดยสารขนาดใหญ่ (large_bus) เนื่องจากมีแม่นยำน้อยในการทดสอบก่อนหน้า จึงได้เสนอการเพิ่มข้อมูลเฉพาะประเภทขึ้นอีกด้วย

จะให้ชื่อของโมเดลสำหรับ YOLOv10 กรณีมี Data Augmentation จะให้ N หมายถึงการใส่สัญญาณรบกวน (Noise) B คือการใส่ความเบลอ (Blur) และ C จะเป็นการใส่ความแตกต่างสีลงไปบนภาพ (Contrast) ตามด้วยโมเดล Pretrained ที่มีการเลือกใช้ เช่น VIS คือโมเดล Visdrone และการเพิ่ม Augmentation ในส่วนของภาพเวลากลางคืนเป็นพิเศษจะใช้ Night เพิ่มเข้าไปในชื่อด้วย

โดยก่อนหน้าพบว่าโมเดล YOLOv10 ในรูปแบบที่มีการต่อยอดกับโมเดลที่เรียนรู้กับข้อมูลก่อนหน้าแบบ Visdrone และเพิ่มความหลากหลายของข้อมูลแบบเกาส์ (Noise) การลดความคมชัดในภาพ (Blur) การเพิ่ม-ลดความต่างของสีภาพ (Contrast) รวมกันของทั้งสามกรณี (Y10-VIS-NBC) จะได้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด รวมไปถึงกรณีที่มีการเพิ่มปริมาณข้อมูลประเภทอินฟาเรดสำหรับยานพาหนะทุกประเภท และข้อมูลกลางคืนแบบสีบางประเภท (Y10-VIS-NBC-Night) ก็ทำได้ดีโดยเฉพาะกับข้อมูลตอนกลางคืน ในการทดสอบนี้ จึงเน้นที่สองโมเดลนี้เป็นหลัก

ซึ่งผลลัพธ์ความแม่นยำการตรวจจับยานพาหนะแบบจำแนกประเภทจากข้อมูลทดสอบเปรียบเทียบโมเดล YOLOv10 ทั้งสองแบบ หากพิจารณาค่า mAP50 โมเดล Y10-VIS-NBC-Night จะมีค่า mAP50 สูงกว่าอยู่ที่ 0.844 ซึ่งมากกว่า Y10-VIS-NBC ประมาณ 1.1% โดยค่า Recall Accuracy และ F1-Score จะดีกว่าโมเดลแรก 1.8%, 0.3% และ 0.6% ตามลำดับ มีเพียง Precision ที่จะน้อยกว่าโมเดลแรก แสดงว่าโมเดลที่เพิ่มข้อมูลกลางคืน อาจมีการตรวจจับเกินมากกว่าปกติเล็กน้อย ดังตารางที่ 4-5 และ ตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-5 ผลลัพธ์ความแม่นยำการตรวจจับยานพาหนะแบบจำแนกประเภทจากข้อมูลทดสอบ (Test Data)

โมเดล	Yolo	รูปแบบการเรียนรู้	Augmentation Techniques	mAP50	Precision	Recall	Accuracy	F1 Score
1	V10	การเรียนรู้ต่อยอดจากโมเดล Visdrone[11]	Noise + Blur + Contrast +Night (RGB) + Night (IR) (Y10-VIS-NBC-Night)	**0.844**	80.3%	**78.3%**	**91.5%**	**88.9%**
2	V10	Visdrone	No Augmentation (Y10-Vis)	0.837	**86.0%**	74.3%	90.2%	87.3%
3	V10	No pretrained	No Augmentation (Y10)	0.833	84.4%	77.7%	90.9%	88.8%

ตารางที่ 4-6 ประสิทธิภาพและความแม่นยำของโมเดลตรวจจับยานพาหนะกับข้อมูลตรวจสอบ (Validation Data)

โมเดล	Yolo	รูปแบบการเรียนรู้	Augmentation Techniques	mAP50	Precision	Recall	Accuracy	F1 Score
1	V10	การเรียนรู้ต่อยอดจากโมเดล Visdrone[11]	Noise + Blur + Contrast +Night (RGB) + Night (IR) (Y10-VIS-NBC-Night)	0.825	85.0%	74.3%	90.6%	88.6%
2	V10	Visdrone	No Augmentation (Y10-Vis)	**0.832**	**85.7%**	74.3%	91.2%	88.2%
3	V10	No pretrained	No Augmentation (Y10)	0.827	84.4%	**74.6%**	**91.5%**	**89.0%**

การตรวจจับยานพาหนะแบบจำแนกประเภทจากข้อมูลทดสอบและข้อมูลตรวจสอบ ดังตารางที่ 4-7 และ ตารางที่ 4-8 ตามลำดับ โดยผลโดยรวมเปรียบเทียบแต่ละโมเดลจะไม่แตกต่างกันมาก แต่ประเภทที่แยกได้ดีที่สุดของโมเดล Y10-VIS-NBC-Night สำหรับข้อมูลทดสอบจะรถโดยสารขนาดกลาง (medium_bus) รถโดยสารขนาดใหญ่ (large_bus) และรถยนต์ (Car) และที่ตรวจจับได้น้อยที่สุด ได้แก่ รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (full_truck) รถดัดแปลง (modified_car) และคน (pedestrian) เนื่องจากมีปริมาณในการเรียนรู้เป็นจำนวนน้อย ผลมีความสอดคล้องกันกับข้อมูลตรวจสอบโดยส่วนมาก

ตารางที่ 4-7 ผลลัพธ์ความแม่นยำการตรวจจับยานพาหนะแบบจำแนกประเภทจากข้อมูลทดสอบ (Test Data)

ประเภทยานพาหนะ	ประเภทยานพาหนะ	mAP50 (1) Y10-VIS-NBC-Night	mAP50 (2) Y10-VIS	mAP50 (3) Y10
1_bicycle	จักรยาน	**0.914**	0.819	0.832
2_motorcycle	จักรยานยนต์	**0.914**	0.907	0.881
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	**0.915**	0.913	0.913
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	**0.76**	0.737	0.752
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0.91	**0.952**	0.951
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	**0.941**	0.884	0.912
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	**0.927**	0.903	0.974
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	**0.892**	0.885	0.893
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	0.816	**0.838**	0.825
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0.647	0.641	0.658
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0.9	**0.913**	0.911
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	**0.896**	0.884	0.909
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0.72	**0.735**	0.596
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0.668	**0.703**	0.649
all	**ทั้งหมด**	**0.844**	**0.837**	**0.833**

ตารางที่ 4-8 ผลลัพธ์ความแม่นยำการตรวจจับยานพาหนะแบบจำแนกประเภทจากข้อมูลตรวจสอบ (Validation data)

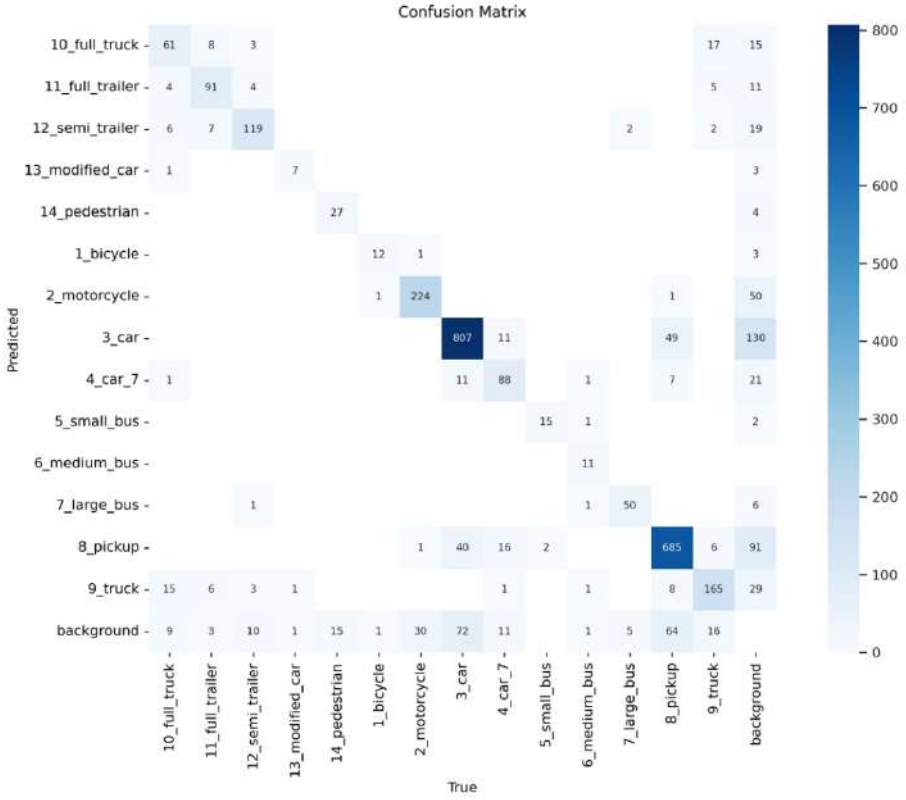
Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	mAP50 (1) Y10-VIS-NBC-Night	mAP50 (2) Y10-VIS	mAP50 (3) Y10
1_bicycle	จักรยาน	0.758	**0.794**	0.772
2_motorcycle	จักรยานยนต์	**0.889**	0.869	0.868
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	**0.896**	0.887	0.893
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	0.783	0.76	**0.788**
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	**0.89**	0.868	0.84
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0.765	0.796	**0.799**
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0.908	0.923	**0.934**
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	**0.885**	0.879	**0.885**
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	0.813	**0.823**	0.814
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0.674	**0.713**	0.687
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0.882	**0.892**	**0.892**
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	**0.869**	0.858	0.866
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0.784	0.79	**0.803**
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0.755	**0.794**	0.734
all	**ทั้งหมด**	**0.825**	**0.832**	**0.827**

1) โมเดล YOLOv10 Noise-Blur-Contrast Pretrained Visdrone (Y10-VIS-NBC-Night)

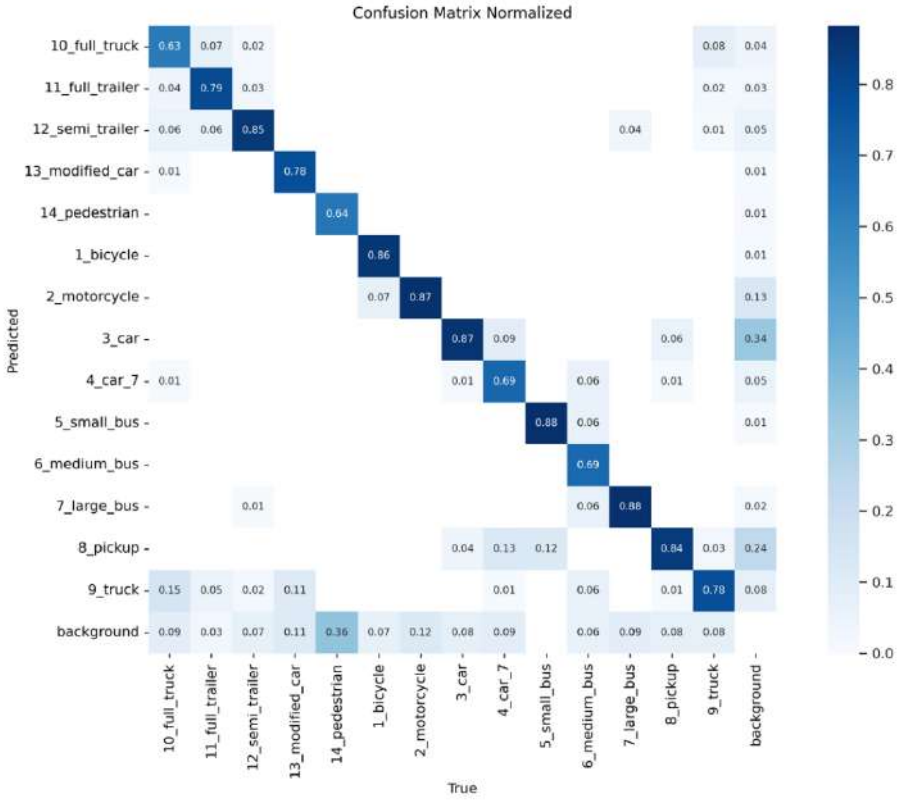
โมเดลมีความแม่นยำด้วย mAP50 เป็น 0.844 มีการเพิ่มข้อมูลให้มีสัญญาณรบกวน ความแตกต่างสีและการใส่ความเบลอแบบเกาส์ รวมไปถึงการเพิ่มประมาณข้อมูล (Image Augmentation) โดยเฉพาะภาพในเวลากลางคืนแบบอินฟาเรดกับยานพาหนะทุกประเภท และภาพในเวลากลางคืนแบบสีกับยานพาหนะบางประเภทที่มีน้อยโดยเฉพาะ เช่น รถยนต์ 7 ที่นั่ง (car_7) รถโดยสารขนาดกลาง (medium_bus) และ รถโดยสารขนาดใหญ่ (large_bus) โดยประสิทธิภาพความแม่นยำแยกออกเป็นยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังตารางที่ 4-9 และ Confusion Matrix ของโมเดล ดังรูปที่ 4-72 การทำนายยานพาหนะผิดพลาดไปเป็นประเภทอื่น ๆ มักจะมีความผิดพลาดเป็นกลุ่มต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับโมเดลก่อนหน้า แต่อย่างไรก็ดีจะมีรถหลายประเภทมักทำนายผิดเป็นรถกระบะ เช่น รถยนต์ 7 ที่นั่ง รถยนต์ และรถบรรทุก แต่น้อยกว่าโมเดล Y10-VIS

ตารางที่ 4-9 ประสิทธิภาพความแม่นยำของโมเดล Y10-VIS-NBC-Night

Class	Images	Instances	Precision	Recall	mAP50	mAP50-95	F1-score
1_bicycle	12	14	0.742	0.857	0.914	0.591	0.923
2_motorcycle	201	256	0.823	0.871	0.914	0.683	0.991
3_car	627	930	0.833	0.855	**0.915**	0.771	0.936
4_car_7	115	127	0.71	0.669	0.76	0.667	0.786
5_small_bus	17	17	0.808	0.882	0.91	0.853	0.909
6_medium_bus	15	16	1	0.724	**0.941**	0.804	0.846
7_large_bus	54	57	0.87	0.877	**0.927**	0.776	0.962
8_pickup	611	814	0.838	0.837	0.892	0.754	0.913
9_truck	195	211	0.759	0.768	0.816	0.684	0.835
10_full_truck	91	97	0.605	0.629	0.647	0.55	0.689
11_full_trailer	109	115	0.854	0.817	0.9	0.758	0.843
12_semi_trailer	127	140	0.806	0.864	0.896	0.742	0.895
13_modified_car	9	9	0.709	0.667	0.72	0.438	0.875
14_pedestrian	29	42	0.881	0.643	0.668	0.5	1.000
all	**1568**	**2,845**	**0.803**	**0.783**	**0.844**	**0.684**	**0.889**



รูปที่ 4-71 Confusion matrix ของโมเดล Y10-VIS-NBC-Night



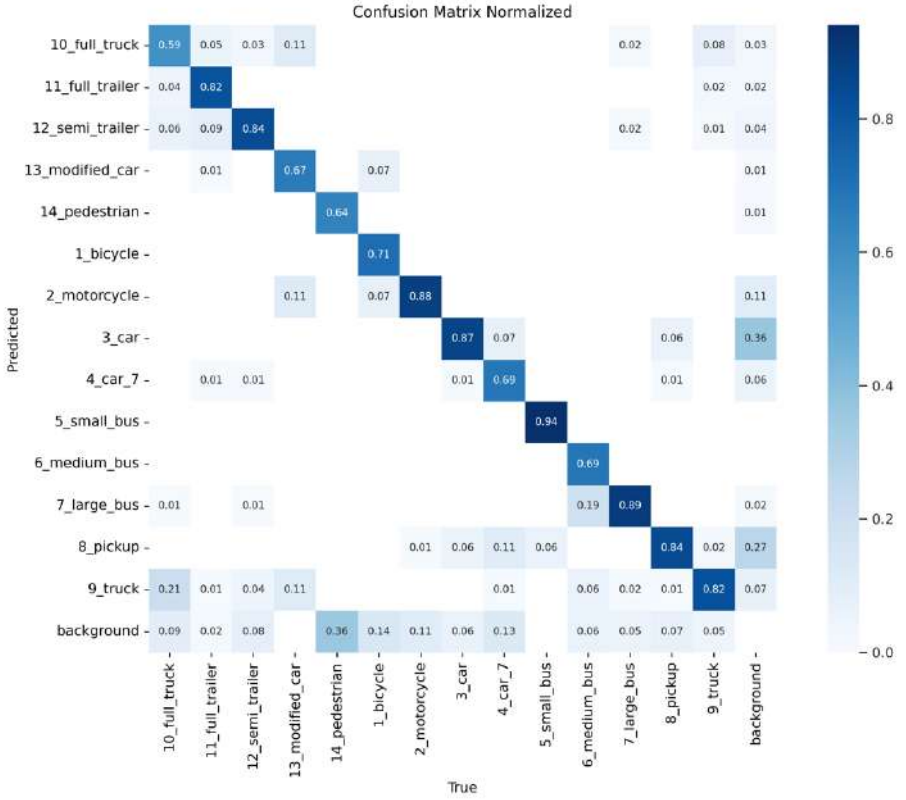
รูปที่ 4-72 Confusion matrix แบบ Normalized ของโมเดล Y10-VIS-NBC- Night

2) โมเดล YOLOv10 Pretrained Visdrone (Y10-VIS)

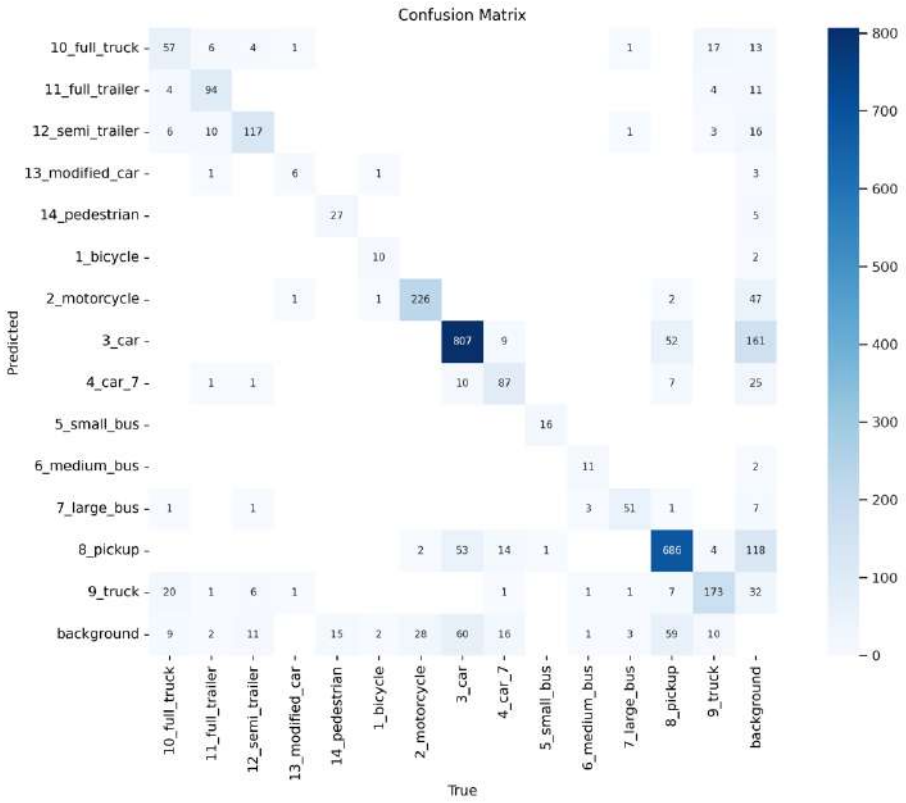
โมเดลมีความแม่นยำด้วย mAP50 เป็น 0.837 มีการใช้ Pretrained ด้วยโมเดลที่ถูกเทรนจากชุดข้อมูล Visdrone แสดงในตารางที่ 4-10 และ Confusion Matrix ของโมเดลดังรูปที่ 4-74 โดยการทำนายยานพาหนะผิดพลาดไปเป็นประเภทอื่น ๆ มักจะมีความผิดพลาดเป็นกลุ่มต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับโมเดลก่อนหน้า แต่อย่างไรก็ดีจะมีรถหลายประเภทมักทำนายผิดเป็นรถกระบะ เช่น รถยนต์ 7 ที่นั่ง รถยนต์ และรถบรรทุกเช่นเดียวกัน แต่น้อยกว่าโมเดล Y10

ตารางที่ 4-10 ประสิทธิภาพความแม่นยำของโมเดล Y10-VIS

Class	Images	Instances	Precision	Recall	mAP50	mAP50-95	F1-score
1_bicycle	12	14	0.726	0.643	0.819	0.514	0.909
2_motorcycle	201	256	0.866	0.835	**0.907**	0.668	0.987
3_car	627	930	0.871	0.829	**0.913**	0.777	0.930
4_car_7	115	127	0.755	0.657	0.737	0.651	0.806
5_small_bus	17	17	0.983	0.941	**0.952**	0.889	0.970
6_medium_bus	15	16	0.912	0.646	0.884	0.753	0.846
7_large_bus	54	57	0.877	0.86	0.903	0.764	0.919
8_pickup	611	814	0.854	0.809	0.885	0.755	0.908
9_truck	195	211	0.782	0.773	0.838	0.704	0.840
10_full_truck	91	97	0.702	0.535	0.641	0.542	0.655
11_full_trailer	109	115	0.937	0.78	**0.913**	0.769	0.874
12_semi_trailer	127	140	0.861	0.786	0.884	0.742	0.880
13_modified_car	9	9	0.962	0.667	0.735	0.369	0.706
14_pedestrian	29	42	0.952	0.643	0.703	0.534	1.000
all	**1,568**	**2,845**	**0.86**	**0.743**	**0.837**	**0.674**	**0.873**



รูปที่ 4-73 Confusion matrix ของโมเดล Y10-VIS



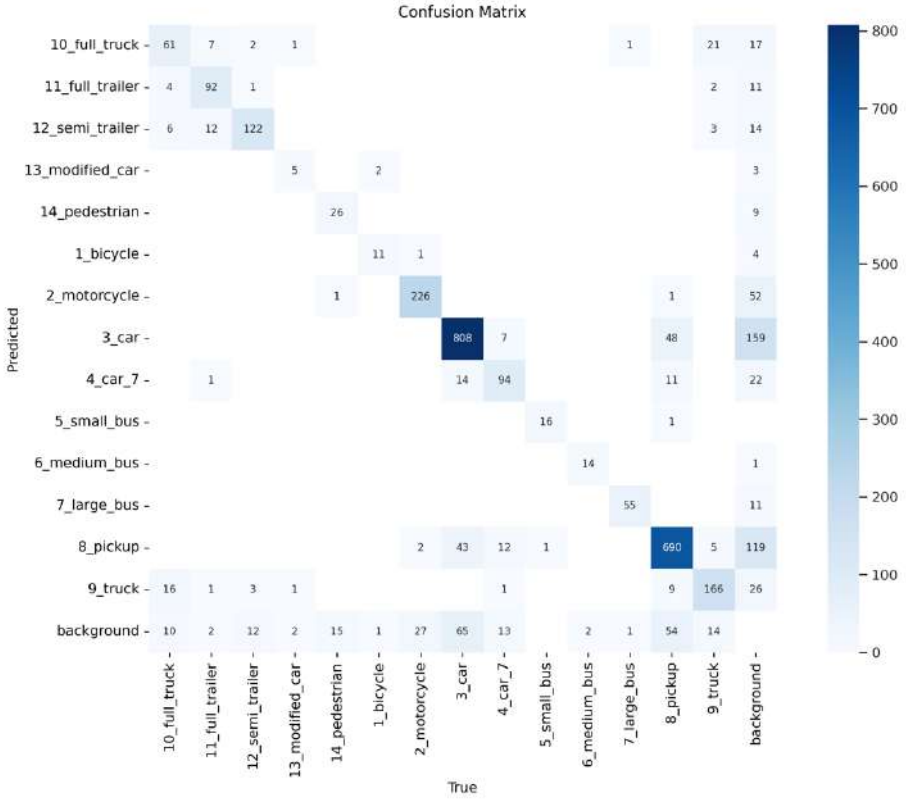
รูปที่ 4-74 Confusion matrix แบบ Normalized ของโมเดล Y10-VIS

3) โมเดล YOLOv10 No Pretrained (Y10)

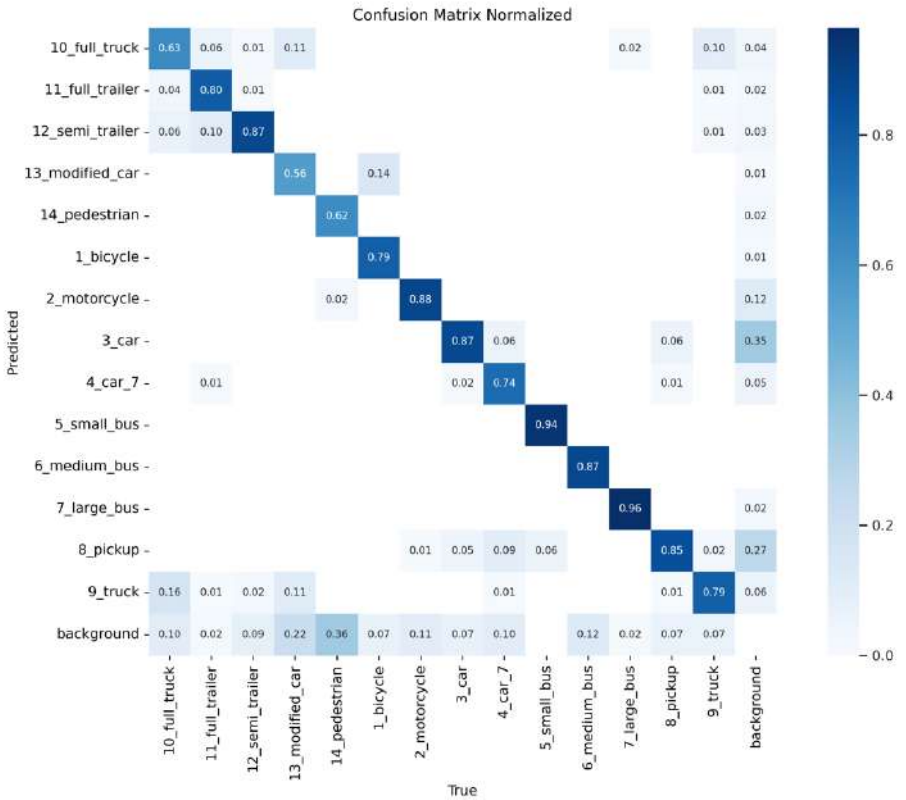
โมเดลมีความแม่นยำด้วย mAP50 เป็น 0.833 มีการใช้ Pretrained ด้วยโมเดล YOLOv10-L แสดงในตารางที่ 4-11 และ Confusion Matrix ของโมเดล ดังรูปที่ 4-76 โดยการทำนายยานพาหนะผิดพลาดไปเป็นประเภทอื่น ๆ มักจะมีความผิดพลาดเป็นกลุ่มต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับโมเดลก่อนหน้า แต่อย่างไรก็ดีจะมีรถหลายประเภทมักทำนายผิดเป็นรถกระบะ เช่น รถยนต์ 7 ที่นั่ง รถยนต์ และรถบรรทุกเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4-11 ประสิทธิภาพความแม่นยำของโมเดล Y10

Class	Images	Instances	Precision	Recall	mAP50	mAP50-95	F1-score
1_bicycle	12	14	0.798	0.845	0.832	0.583	0.880
2_motorcycle	201	256	0.857	0.84	0.881	0.651	0.989
3_car	627	930	0.867	0.839	**0.913**	0.78	0.937
4_car_7	115	127	0.727	0.69	0.752	0.661	0.795
5_small_bus	17	17	1	0.928	**0.951**	0.845	0.941
6_medium_bus	15	16	0.97	0.812	0.912	0.8	1.000
7_large_bus	54	57	0.9	0.949	**0.974**	0.879	0.991
8_pickup	611	814	0.856	0.819	0.893	0.759	0.914
9_truck	195	211	0.811	0.777	0.825	0.691	0.843
10_full_truck	91	97	0.661	0.608	0.658	0.55	0.678
11_full_trailer	109	115	0.902	0.774	0.911	0.76	0.868
12_semi_trailer	127	140	0.833	0.856	0.909	0.768	0.900
13_modified_car	9	9	0.831	0.549	0.596	0.431	0.714
14_pedestrian	29	42	0.804	0.595	0.649	0.459	0.981
all	**1,568**	**2,845**	**0.844**	**0.777**	**0.833**	**0.687**	**0.888**



รูปที่ 4-75 Confusion matrix ของโมเดล Y10



รูปที่ 4-76 Confusion matrix แบบ Normalized ของโมเดล Y10

4.5.3 การวัดประสิทธิภาพการนับยานพาหนะ

4.5.3.1 การวัดผลการนับยานพาหนะทั้ง 11 จุด

การวัดผลยานพาหนะทั้งรวมทั้ง 11 จุด แสดงในแบบการวัดผลทั้งกลางวัน (D) และกลางคืน (N) โดยกลางคืนอาจจะมีภาพแบบสี (N-RGB) และภาพกลางคืนแบบอินฟาเรด (N-IR) สรุปเป็นผลรวมได้ดังตารางที่ 4-12 โดยวิดีโอที่โมเดลไม่เคยได้รับการเทรนภาพในมุมเดียวกันจะถูกกำหนดว่าเป็น “ไม่เคยมองเห็น” หรือ “Unseen” และมุมของวิดีโอที่โมเดลเคยเห็นภาพยานพาหนะจากกล้องมุมนั้นจะถูกกำหนดว่าเป็น “เคยมองเห็น” หรือ “Seen” จะพบว่าโมเดล Y10-VIS-NBC-NIGHT แบบวิธีการนับแบบรถเข้า หรือออก หรือ YOLOv10 ที่ใช้ค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นเทรนมาจากชุดข้อมูล Visdrone และมีการเพิ่มข้อมูลสัญญาณรบกวน (Noise – N), ความเบลอของภาพ (Blur – B) และการเปลี่ยนแปลงความต่างสี (Contrast – C) รวมไปถึงการเพิ่มปริมาณข้อมูลในเวลากลางคืน มีค่าความผิดพลาดในการนับยานพาหนะแต่ละประเภทเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) น้อยที่สุดอยู่ที่ 21.53% การนับในเวลากลางวันมีการนับผิดพลาดในการนับเฉลี่ยสัมบูรณ์แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) อยู่ที่ 11.38% การนับในเวลากลางคืนแบบสีมีการนับผิดพลาดในการนับเฉลี่ยสัมบูรณ์แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) อยู่ที่ 41.12% ภาพเวลากลางคืนแบบอินฟาเรดซึ่งมีการนับผิดพลาดในการนับเฉลี่ยสัมบูรณ์แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) อยู่ที่ 54.07% โดยจะถูกใช้ในการวัดผลเป็นหลักสำหรับการนับยานพาหนะทั้ง 11 จุด และการแยกกรณีต่าง ๆ

จากการทดลองทั้งหมด 11 จุด จะได้ว่า จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดยโสธร มีผลการทดสอบดีที่สุด เนื่องจาก จังหวัดเชียงใหม่ เป็นช่วงเวลารถติด และมีการเคลื่อนตัวช้าจึงทำให้มีการตรวจจับรถได้ดี และจังหวัดยโสธร โมเดลเคยมีการเรียนรู้บางส่วนทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี แต่มีบางจังหวัดที่มีผลลัพธ์ที่ไม่ดี คือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์, จังหวัดอยุธยา และจังหวัดปทุมธานี โดยจังหวัดประจวบคีรีขันธ์และจังหวัดปทุมธานีมีรถสัญจรบริเวณไหล่ทางจำนวนมาก แต่การทดสอบกรอบบริเวณที่สนใจจะไม่สนใจบริเวณไหล่ทาง ในส่วนของอยุธยารถค่อนข้างสัญจรเร็วและมีรถขนาดใหญ่สัญจรทำให้บดบังการนับอีกทั้งยังมีการรบกวนของการเกาะของน้ำบริเวณกล้องทำให้โมเดลไม่สามารถตรวจจับยานพาหนะ



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดปทุมธานี



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดประจวบคีรีขันธ์



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดอยุธยา



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดอยุธยา



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดอยุธยา

รูปที่ 4-77 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดต่างๆ ที่มีผลลัพธ์ที่ไม่ดี

ตารางที่ 4-12 สรุปการวัดผลการนับยานพาหนะทั้ง 11 จุด

จุดทดสอบ	กลางวัน (D)/ กลางคืน (N)	ผลรวมทั้งหมด	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก	
			Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			นับได้ / MAPE รวม	Weighted MAPE
จุดที่ 1 ขท.ตากที่ 1 (Unseen) ทล. 1 ตอน 1003 วังม่วง – แม่เชียงรายบน กม. 543+117	D	67	67 / 0.00%	17.65%
	N-IR	48	35 / 27.08%	43.75%
จุดที่ 2 ขท.หนองคาย (Unseen) ทล. 2 ตอน 700 น้ำสวย – สะพาน มิตรภาพที่หนองคาย (เขตแดนไทย/ลาว) กม. 498+256	D	155	149 / 3.87%	16.77%
	N-IR	87	55 / 36.78%	45.65%
จุดที่ 3 ขท.จันทบุรี (Unseen) ทล. 3 ตอน 0601 นายายอาม - บ้านสิ้ว กม. 306+375	D	110	103 / 6.36%	11.61%
	N-RGB	91	93 / 2.20%	13.19%
จุดที่ 4 ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (Unseen) ทล. 4 ตอน 605 บางสะพาน - น้ำรอด กม. 387+313	D	131	117 / 10.69%	45.80%
	N-RGB	56	41 / 26.79%	55.00%
	N-IR	57	21 / 63.16%	66.67%
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) ทล. 4 ตอน 1304 ห้วยทราย - พรุพ้อ กม. 1205+559	D	266	240 / 9.77%	11.28%
	N-RGB	67	57 / 14.93%	32.84%
จุดที่ 6 ขท.ยโสธร (Unseen) ทล. 23 ตอน 0402 ยโสธร - บ้านย่อ กม. 184+449	D	173	174 / 0.58%	5.20%
	N-RGB	10	10 / 0.00%	20.00%
	N-IR	23	23 / 0.00%	33.33%
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) ทล. 32 ตอน 0201 นครหลวง - อ่างทอง กม. 43+000	D	272	272 / 0.00%	19.85%
	N-RGB	467	186 / 60.17%	63.33%
	N-IR	98	41 / 58.16%	64.29%

ตารางที่ 4-12 สรุปการวัดผลการนับยานพาหนะทั้ง 11 จุด (ต่อ)

จุดทดสอบ	กลางวัน (D)/ กลางคืน (N)	ผลรวมทั้งหมด	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก	
			Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			นับได้ / MAPE รวม	Weighted MAPE
จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) ทล. 201 ตอน 0201 หนองบัวโคก - บ้านลี่ กม. 81+164	D	106	108 / 1.89%	13.21%
	N-RGB	30	27 / 10.00%	23.33%
	N-IR	24	16 / 33.33%	71.43%
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) ทล. 1001 ตอน 0100 เชียงใหม่ – บ้านโป่ง กม. 1+000	D	2,000	1,906 / 4.70%	7.60%
	N-RGB	307	262 / 14.66%	24.52%
จุดที่ 10 ขท.นครนายก (Unseen) ทล. 3261 ตอน 0100 คลอง 10 - หนองเสือ กม. 10+000	D	86	82 / 4.65%	11.63%
	N-RGB	26	25 / 3.85%	33.33%
	N-IR	7	0 / 100.00%	100.00%
จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) ทล. 34 ตอน 0300 บางปะกง- หนองไม้แดง กม. 55+528	D	549	511 / 6.92%	12.02%
	N-RGB	156	136 / 12.82%	28.21%
	N-IR	149	87 / 41.61%	49.01%
จุดทดสอบทั้งหมด	D และ N	5,618	**4,910 / 12.6%**	**21.53%**
	D	3,915	3,729 / 4.75%	11.38%
	N-RGB	1,210	837 / 30.82%	41.12%
	N-IR	493	278 / 43.61%	54.07%

1) จุดที่ 1 ขท.ตากที่ 1 ทล. 1 ตอน 1003 (วังม่วง – แม่เชียงรายบน) กม. 543+117

จากตารางที่ 4-13 และ ตารางที่ 4-14 พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) ของการนับยานพาหนะในเวลากลางวันและกลางคืนมีค่า 7.60% และ 24.52% ตามลำดับ โดยพบว่ายานพาหนะประเภทรถโดยสารขนาดเล็ก, รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน และ รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำที่สุดและรถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา, รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) และ จักรยาน มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางวัน สำหรับเวลากลางคืน ยานพาหนะประเภทรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน, รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) และ จักรยานยนต์ มีการนับได้แม่นยำที่สุด รถโดยสารขนาดเล็ก, รถโดยสารขนาดใหญ่, รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ), รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ), รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา และรถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางคืน

ตารางที่ 4-13 การวัดผลจุดที่ 1 เวลากลางวัน

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	1	0	100.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	922	820	11.06%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	741	730	1.48%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	32	26	18.75%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	9	9	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	279	302	8.24%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	7	11	57.14%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	3	1	66.67%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	0	0.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1	3	200.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	5	4	20.00%
Total	**รวม**	**2,000**	**1,906**	**4.70%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**7.60%**

ตารางที่ 4-14 การวัดผลจุดที่ 1 เวลากลางคืนแบบสี (RGB)

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	133	105	21.05%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	123	95	22.76%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	5	7	40.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	3	0	100.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	41	48	17.07%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	0	1	100.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0	4	100.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	2	0	100.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	2	100.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**307**	**262**	**14.66%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**24.52%**

2) จุดที่ 2 ขท.หนองคาย (Unseen) ทล. 2 ตอน 700 น้ำสวย – สะพานมิตรภาพที่หนองคาย (เขตแดนไทย/ลาว) กม. 498+256

จากตารางที่ 4-15 และ ตารางที่ 4-16 พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) ของการนับยานพาหนะในเวลากลางวันและกลางคืนมีค่า 16.77% และ 45.65% ตามลำดับ โดยพบว่ายานพาหนะประเภทรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ), รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน และ จักรยานยนต์ มีการนับได้แม่นยำที่สุดและ คนเดินเท้า, รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) และรถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางวัน ส่วนความแม่นยำการนับยานพาหนะในเวลากลางคืนแบบอินฟาเรดทำได้ไม่ดีทุกประเภทยานพาหนะ

ตารางที่ 4-15 การวัดผลจุดที่ 2 เวลากลางวัน

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	20	17	15.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	45	51	13.33%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	9	6	33.33%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	61	57	6.56%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	5	9	80.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	1	0	100.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	5	4	20.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	8	5	37.50%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	1	0	100.00%
Total	**รวม**	**155**	**149**	**3.87%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**16.77%**

ตารางที่ 4-16 การวัดผลจุดที่ 2 เวลากลางคืนแบบอินฟาเรด

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	27	10	62.96%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	34	28	17.65%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	1	0	100.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	4	3	25.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	17	9	47.06%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	0	5	100.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	2	0	100.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1	0	100.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1	0	100.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**87**	**55**	**36.78%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**45.65%**

3) จุดที่ 3 ขท.จันทบุรี (Unseen) ทล. 3 ตอน 0601 นายายอาม – บ้านสิ้ว กม. 306+375

จากตารางที่ 4-17 และ ตารางที่ 4-18 พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) ของการนับยานพาหนะในเวลากลางวันและกลางคืนมีค่า 11.61% และ 13.19% ตามลำดับ โดยพบว่ายานพาหนะประเภทรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน, รถโดยสารขนาดกลาง และ จักรยานยนต์ มีการนับได้แม่นยำที่สุดและ รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ), รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา และรถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางวัน สำหรับเวลากลางคืน ยานพาหนะประเภทรถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา, รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) และ รถยนต์นั่งเกิน 7 คน มีการนับได้แม่นยำที่สุด รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน, รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) และ รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางคืน

ตารางที่ 4-17 การวัดผลจุดที่ 3 เวลากลางวัน

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	14	14	0.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	32	32	0.00%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	8	6	25.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	2	2	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	46	40	13.04%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	4	5	25.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	2	1	50.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	2	100.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	2	1	50.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**110**	**103**	**6.36%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**11.61%**

ตารางที่ 4-18 การวัดผลจุดที่ 3 เวลากลางคืนแบบสี (RGB)

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	0	0	0.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	32	38	18.75%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	7	6	14.29%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	43	41	4.65%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	3	4	33.33%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	1	0	100.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1	1	0.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	4	3	25.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**91**	**93**	**2.20%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**13.19%**

4) จุดที่ 4 ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (Unseen) ทล. 4 ตอน 605 บางสะพาน - น้ำรอดกม. 387+313

จากตารางที่ 4-19 ถึง ตารางที่ 4-21 พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) ของการนับยานพาหนะในเวลากลางวัน, กลางคืนแบบสี และ กลางคืนแบบอินฟาเรด มีค่า 45.80%, 55.00% และ 66.67% ตามลำดับ โดยพบว่ายานพาหนะประเภท รถยนต์นั่งเกิน 7 คน, รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) และรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน มีการนับได้แม่นยำที่สุด รถโดยสารขนาดใหญ่, รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ), และ จักรยานยนต์ มีการนับได้แม่นยำน้อยสุด ในเวลากลางวัน สำหรับเวลากลางคืน ความแม่นยำการนับยานพาหนะในเวลากลางคืนแบบสีทำได้ไม่ค่อนดีเกือบทุกประเภทยานพาหนะ ส่วนความแม่นยำการนับยานพาหนะในเวลากลางคืนแบบอินฟาเรดทำได้ไม่ดีทุกประเภทยานพาหนะ

ตารางที่ 4-19 การวัดผลจุดที่ 4 เวลากลางวัน

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	14	2	85.71%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	38	50	31.58%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	3	2	33.33%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	1	3	200.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	45	34	24.44%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	13	22	69.23%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	4	0	100.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	3	1	66.67%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	10	3	70.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**131**	**117**	**10.69%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**0.00%**

ตารางที่ 4-20 การวัดผลจุดที่ 4 เวลากลางคืนแบบสี (RGB)

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	6	0	100.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	18	22	22.22%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	0	4	100.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	22	10	54.55%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	2	2	0.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	5	0	100.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	2	1	50.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1	2	100.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**56**	**41**	**26.79%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**55.00%**

ตารางที่ 4-21 การวัดผลจุดที่ 3 เวลากลางคืนอินฟาเรด

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	9	0	100.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	14	7	50.00%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	2	0	100.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	17	3	82.35%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	3	1	66.67%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	2	1	50.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	2	0	100.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	8	9	12.50%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**57**	**21**	**63.16%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**66.67%**

5) จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) ทล. 4 ตอน 1304 ห้วยทราย – พรุพ้อ กม. 1205+559

จากตารางที่ 4-22 และ ตารางที่ 4-23 พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) ของการนับยานพาหนะในเวลากลางวันและกลางคืนมีค่า 11.28% และ 32.84% ตามลำดับ โดยพบว่ายานพาหนะประเภทรถโดยสารขนาดกลาง, รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ), รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน, และรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำที่สุด รถบรรทุกกึ่งพ่วงมากกว่า 3 เพลา และ คนเดินเท้า มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางวัน สำหรับเวลากลางคืน ยานพาหนะประเภท รถยนต์นั่งเกิน 7 คน, รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา, และ รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำที่สุดและ รถโดยสารขนาดใหญ่, รถโดยสารขนาดกลาง และจักรยานยนต์ มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางคืน

ตารางที่ 4-22 การวัดผลจุดที่ 5 เวลากลางวัน

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	44	42	4.55%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	68	66	2.94%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	16	12	25.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	1	1	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	89	86	3.37%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	14	15	7.14%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	5	5	0.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	5	6	20.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	8	5	37.50%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	16	2	87.50%
Total	**รวม**	**266**	**240**	**9.77%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**11.28%**

ตารางที่ 4-23 การวัดผลจุดที่ 5 เวลากลางคืนแบบสี (RGB)

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	3	0	100.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	6	8	33.33%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	6	6	0.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	8	0	100.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	2	0	100.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	17	16	5.88%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	7	8	14.29%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	4	2	50.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	4	4	0.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	10	13	30.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**67**	**57**	**14.93%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**32.84%**

6) จุดที่ 6 ขท.ยโสธร (Unseen) ทล. 23 ตอน 0402 ยโสธร – บ้านย่อ กม. 184+449

จากตารางที่ 4-24 ถึง ตารางที่ 4-26 พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) ของการนับยานพาหนะในเวลากลางวัน, กลางคืนแบบสี และกลางคืนแบบอินฟาเรด มีค่า 5.20%, 20.00%,และ 33.33% ตามลำดับ โดยพบว่ายานพาหนะประเภท รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน, รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ), และรถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำที่สุด จักรยานมีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางวัน สำหรับเวลากลางคืน ยานพาหนะประเภทจักรยานยนต์มีการนับได้แม่นยำที่สุด รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางคืนแบบสี และยานพาหนะประเภทรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำที่สุด รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา, รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา, และ รถยนต์นั่งเกิน 7 คน แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางคืนแบบอินฟาเรด

ตารางที่ 4-24 การวัดผลจุดที่ 6 เวลากลางวัน

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	2	0	100.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	60	65	8.33%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	37	36	2.70%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	5	5	0.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	61	60	1.64%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	4	4	0.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	1	1	0.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	0	0.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	0	0.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	3	3	0.00%
Total	**รวม**	**173**	**174**	**0.58%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**5.20%**

ตารางที่ 4-25 การวัดผลจุดที่ 6 เวลากลางคืนแบบสี (RGB)

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	3	3	0.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	5	4	20.00%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	0	0	0.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	2	3	50.00%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	0	0	0.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0	0	0.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	0	0.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	0	0.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**10**	**10**	**0.00%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**20.00%**

ตารางที่ 4-26 การวัดผลจุดที่ 6 เวลากลางคืนอินฟาเรด

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	7	6	14.29%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	5	8	60.00%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	1	0	100.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	9	8	11.11%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	0	0	0.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0	0	0.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	1	100.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1	0	100.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**23**	**23**	**0.00%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**33.33%**

7) จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) ทล. 32 ตอน 0201 นครหลวง – อ่างทอง กม. 43+000

จากตารางที่ 4-27 ถึง ตารางที่ 4-29 พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) ของการนับยานพาหนะในเวลากลางวัน, กลางคืนแบบสี และกลางคืนแบบอินฟาเรดมีค่า 19.85%, 63.33%, และ 64.29% ตามลำดับ โดยพบว่ายานพาหนะประเภทรถเครื่องจักร และดัดแปลง, รถยนต์นั่งเกิน 7 คน และรถโดยสารขนาดกลาง มีการนับได้แม่นยำที่สุด และรถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ), รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) และรถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางวัน สำหรับเวลากลางคืน ยานพาหนะประเภท รถโดยสารขนาดกลาง, จักรยานยนต์, และรถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำที่สุด และคนเดินเท้า, รถยนต์นั่งเกิน 7 คน และรถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางคืน ยานพาหนะ รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) และรถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา มีการนับได้แม่นยำที่สุดในเวลากลางคืนแบบอินฟาเรด ส่วนยานพาหนะประเภทอื่นทำได้ไม่ดีในเวลากลางคืนแบบอินฟาเรด

ตารางที่ 4-27 การวัดผลจุดที่ 7 เวลากลางวัน

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	19	15	21.05%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	90	109	21.11%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	17	15	11.76%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	1	1	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	21	18	14.29%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	79	69	12.66%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	14	21	50.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	3	4	33.33%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	7	4	42.86%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	20	15	25.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	1	1	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**272**	**272**	**0.00%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**19.85%**

ตารางที่ 4-28 การวัดผลจุดที่ 7 เวลากลางคืนแบบภาพสี (RGB)

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	13	6	53.85%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	149	43	71.14%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	29	6	79.31%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	1	0	100.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	20	14	30.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	134	25	81.34%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	33	39	18.18%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	21	4	80.95%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	28	19	32.14%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	39	28	28.21%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	2	100.00%
Total	**รวม**	**467**	**186**	**60.17%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**63.33%**

ตารางที่ 4-29 การวัดผลจุดที่ 7 เวลากลางคืนแบบภาพอินฟาเรด

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	7	0	100.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	22	5	77.27%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	4	1	75.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	2	2	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	16	4	75.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	26	8	69.23%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	7	8	14.29%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	2	0	100.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	3	5	66.67%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	9	8	11.11%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**98**	**41**	**58.16%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**64.29%**

8) จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) ทล. 201 ตอน 0201 หนองบัวโคก – บ้านลี่ กม. 81+164

จากตารางที่ 4-30 ถึงตารางที่ 4-32 พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) ของการนับยานพาหนะในเวลากลางวัน, กลางคืนแบบสี และกลางคืนแบบอินฟาเรด มีค่า 13.21%, 20.69% และ 71.43% ตามลำดับ โดยพบว่ายานพาหนะประเภท รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน, รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) และ รถยนต์นั่งเกิน 7 คน มีการนับได้แม่นยำที่สุด รถโดยสารขนาดกลาง, รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) และ รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางวัน สำหรับเวลากลางคืนแบบสี ยานพาหนะประเภทรถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา, รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา และรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำที่สุด และรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน, จักรยานยนต์ และ รถยนต์นั่งเกิน 7 คนแม่นยำน้อยสุดในเวลากลางคืนแบบสี ส่วนความแม่นยำการนับยานพาหนะในเวลากลางคืนแบบอินฟาเรดทำได้ไม่ดีทุกประเภทยานพาหนะ

ตารางที่ 4-30 การวัดผลจุดที่ 8 เวลากลางวัน

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	12	11	8.33%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	32	33	3.13%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	3	3	0.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	1	2	100.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	48	45	6.25%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	2	4	100.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	2	1	50.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	2	1	50.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1	4	300.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	3	4	33.33%
Total	**รวม**	**106**	**108**	**1.89%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**13.21%**

ตารางที่ 4-31 การวัดผลจุดที่ 8 เวลากลางคืนแบบสี

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	6	4	33.33%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	10	8	20.00%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	1	2	100.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	8	9	12.50%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	0	0	0.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0	0	0.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	2	2	0.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	2	2	0.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	1	0	0.00%
Total	**รวม**	**30**	**27**	**10.00%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**23.33%**

ตารางที่ 4-32 การวัดผลจุดที่ 8 เวลากลางคืนอินฟาเรด

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	3	0	100.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	10	6	40.00%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	1	3	200.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	2	0	100.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	6	2	66.67%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	2	1	50.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0	1	100.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	1	100.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	2	100.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**24**	**16**	**33.33%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**71.43%**

9) จุดที่ 9 เชียงใหม่ที่ 2 ทล. 1001 ตอน 0100 (เชียงใหม่ – บ้านโป่ง) กม. 1+000

จากตารางที่ 4-33 และ ตารางที่ 4-34 พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) ของการนับยานพาหนะในเวลากลางวันและกลางคืนมีค่า 7.60% และ 24.52% ตามลำดับ โดยพบว่ายานพาหนะประเภทรถโดยสารขนาดเล็ก, รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน และ รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำที่สุด และรถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา, รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) และจักรยาน มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางวัน สำหรับเวลากลางคืน ยานพาหนะประเภทรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน, รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) และจักรยานยนต์ มีการนับได้แม่นยำที่สุด รถโดยสารขนาดเล็ก, รถโดยสารขนาดใหญ่, รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ), รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ), รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา และรถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางคืน

ตารางที่ 4-33 การวัดผลจุดที่ 9 เวลากลางวัน

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	1	0	100.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	922	820	11.06%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	741	730	1.48%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	32	26	18.75%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	9	9	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	279	302	8.24%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	7	11	57.14%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	3	1	66.67%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	0	0.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1	3	200.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	5	4	20.00%
Total	**รวม**	**2,000**	**1906**	**4.70%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**7.60%**

ตารางที่ 4-34 การวัดผลจุดที่ 9 เวลากลางคืนแบบสี (RGB)

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	133	105	21.05%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	123	95	22.76%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	5	7	40.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	3	0	100.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	41	48	17.07%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	0	1	100.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0	4	100.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	2	0	100.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	2	100.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**307**	**262**	**14.66%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**24.52%**

10) จุดที่ 10 ขท.นครนายก (Unseen) ทล. 3261 ตอน 0100 คลอง 10 – หนองเสือ กม. 10+000

จากตารางที่ 4-35 ถึง ตารางที่ 4-37 พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) ของการนับยานพาหนะในเวลากลางวัน, กลางคืนแบบสี และ กลางคืนแบบอินฟาเรด มีค่า 11.63%, 33.33% และ 100.00% ตามลำดับ โดยพบว่ายานพาหนะประเภท รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา , รถยนต์นั่งเกิน 7 คน, รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) และรถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำที่สุด รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา, คนเดินเท้า และรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางวัน สำหรับเวลากลางคืนแบบสี ยานพาหนะประเภท จักรยานยนต์ และ รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำที่สุดและ รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา, รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา, รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน และรถยนต์นั่งเกิน 7 คน แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางคืนแบบสี ส่วนความแม่นยำการนับยานพาหนะในเวลากลางคืนแบบอินฟาเรดทำได้ไม่ดีทุกประเภทยานพาหนะ

ตารางที่ 4-35 การวัดผลจุดที่ 10 เวลากลางวัน

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	29	32	10.34%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	15	11	26.67%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	4	4	0.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	33	32	3.03%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	2	2	0.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0	0	0.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1	1	0.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1	0	100.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	1	0	100.00%
Total	**รวม**	**86**	**82**	**4.65%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**11.63%**

ตารางที่ 4-36 การวัดผลจุดที่ 10 เวลากลางคืนแบบสี (RGB)

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	15	14	6.67%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	2	5	150.00%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	1	0	100.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	7	5	28.57%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	0	0	0.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0	0	0.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1	0	100.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	1	100.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**26**	**25**	**3.85%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**33.33%**

ตารางที่ 4-37 การวัดผลจุดที่ 10 เวลากลางคืนอินฟาเรด

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	4	0	100.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	0	0	0.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	1	0	100.00%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	0	0	0.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	2	0	100.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	0	0	0.00%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	0	0	0.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0	0	0.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	0	0.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	0	0	0.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**7**	**0**	**100.00%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**100.00%**

11) จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) ทล. 34 ตอน 0300 บางปะกง-หนองไม้แดงกม. 55+528

จากตารางที่ 4-38 ถึง ตารางที่ 4-40 พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) ของการนับยานพาหนะในเวลากลางวัน, กลางคืนแบบสี และกลางคืนแบบอินฟาเรด มีค่า 12.02%, 28.21% และ 49.01% ตามลำดับ โดยพบว่ายานพาหนะประเภท รถโดยสารขนาดใหญ่, รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน และรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) มีการนับได้แม่นยำที่สุด จักรยานยนต์, รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) และรถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา มีการนับได้แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางวัน ยานพาหนะประเภท รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ), รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน และรถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา มีการนับได้แม่นยำที่สุด และรถโดยสารขนาดใหญ่, จักรยานยนต์ และคนเดินเท้า แม่นยำน้อยสุดในเวลากลางคืนแบบสี ส่วนความแม่นยำการนับยานพาหนะในเวลากลางคืนแบบอินฟาเรดทำได้ไม่ดีทุกประเภทยานพาหนะ

ตารางที่ 4-38 การวัดผลจุดที่ 11 เวลากลางวัน

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	9	4	55.56%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	163	156	4.29%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	48	40	16.67%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	4	5	25.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	2	2	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	162	149	8.02%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	45	58	28.89%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	23	12	47.83%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	16	13	18.75%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	77	72	6.49%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**549**	**511**	**6.92%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**12.02%**

ตารางที่ 4-39 การวัดผลจุดที่ 11 เวลากลางคืนแบบสี

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	22	13	40.91%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	26	33	26.92%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	9	9	0.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	2	1	50.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	33	21	36.36%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	24	28	16.67%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	15	16	6.67%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	3	2	33.33%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	19	13	31.58%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	3	0	100.00%
Total	**รวม**	**156**	**136**	**12.82%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**28.21%**

ตารางที่ 4-40 การวัดผลจุดที่ 11 เวลากลางคืนแบบอินฟราเรด

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			จำนวนที่นับได้	MAPE
1_bicycle	รถจักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	รถจักรยานยนต์	55	1	98.18%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	33	29	12.12%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	10	13	30.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	2	2	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	35	28	20.00%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	9	10	11.11%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	0	2	100.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	2	0	100.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	2	2	0.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	1	0	100.00%
Total	**รวม**	**149**	**87**	**41.61%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**49.01%**

4.5.3.2 การเลือกวิดีโอสำหรับการวัดผล

จากตารางที่ 4-41 แสดงการวิดีโอที่ถูกคัดเลือกมาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่จะถูกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ โดยวิดีโอที่โมเดลไม่เคยได้รับการเทรนภาพในมุมเดียวกันจะถูกกำหนดว่าเป็น “ไม่เคยมองเห็น” หรือ “Unseen” และมุมของวิดีโอที่โมเดลเคยเห็นภาพยานพาหนะจากกล้องมุมนั้นจะถูกกำหนดว่าเป็น “เคยมองเห็น” หรือ “Seen” โดยจะมีวิดีโอเวลากลางวัน (D) 29 วิดีโอและกลางคืน (N) 29 วิดีโอ วิดีโอกลางคืนมีทั้งกรณีภาพลักษณะสี (RGB) และกรณีเป็นภาพวิดีโออินฟาเรด (IR) วิดีโอจะมีปริมาณรถตั้งแต่น้อย (S) ปานกลาง (M) ถึงมาก (L) ปริมาณรถในเวลากลางคืนมักมีเป็นจำนวนน้อย มีบางกรณีที่กล้องไม่ชัด (Blur - CB) และสั่น (Shake - CS) รวมถึงกรณีฝนตก (Rain – R)

ตารางที่ 4-41 วิดีโอที่ถูกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในสถานการณ์ต่าง ๆ

จังหวัด	สถานการณ์ย่อย	กลางวัน (D)	กลางคืน (N)	ปริมาณรถ			ฝนตก (R)	กล้องไม่ชัด (CB)	กล้องสั่น (CS)
				น้อย (S)	ปานกลาง (M)	มาก (L)			
จุดที่ 1 ขท.ตากที่ 1 (Seen) File name : 191939_100	N-IR,RGB-S		/ (IR,RGB)	/					
จุดที่ 1 ขท.ตากที่ 1 (Unseen) File name : 093019_100	D-S-R	/		/			/		
จุดที่ 1 ขท.ตากที่ 1 (Seen) File name : 002358_100	N-IR,RGB-S		/ (RGB)	/					
จุดที่ 1 ขท.ตากที่ 1 (Unseen) File name : 100524_100	D-S-R	/		/			/		
จุดที่ 2 ขท.หนองคาย (Unseen) File name : 174830_100	N-IR-S		/ (IR)	/					
จุดที่ 2 ขท.หนองคาย (Unseen) File name : 155811_100	D-M-CB	/				/		/	
จุดที่ 2 ขท.หนองคาย (Unseen) File name : 102923_100	D-M	/			/				
จุดที่ 2 ขท.หนองคาย (Unseen) File name : 191155_100	N-IR-M		/ (IR)		/				
จุดที่ 3 ขท.จันทบุรี (Unseen) File name : 081745_100	D-RGB-M-R-CB-CS		/ (RGB)		/		/	/	/

ตารางที่ 4-41 วิดีโอที่ถูกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในสถานการณ์ต่าง ๆ (ต่อ)

จังหวัด	สถานการณ์ย่อย	กลางวัน (D)	กลางคืน (N)	ปริมาณรถ			ฝนตก (R)	กล้องไม่ชัด (CB)	กล้องสั่น (CS)
				น้อย (S)	ปานกลาง (M)	มาก (L)			
จุดที่ 3 ขท.จันทบุรี (Unseen) File name : 224146_100	N-RGB-S-R-F		/ (RGB)	/			/		
จุดที่ 3 ขท.จันทบุรี (Unseen) File name : 173616_100	D-M	/			/				
จุดที่ 3 ขท.จันทบุรี (Unseen) File name : 204622_100	N-RGB-S		/ (RGB)	/					
จุดที่ 4 ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (Unseen) File name : 175355_100	D-M	/			/				
จุดที่ 4 ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (Unseen) File name : 173003_100	N-RGB-M		/ (RGB)		/				
จุดที่ 4 ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (Unseen) File name : 180856_100	N-IR-M		/ (IR)		/				
จุดที่ 4 ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (Unseen) File name : 181356_100	D-L	/				/			
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 071121_100	D-M-R	/			/		/		
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 080101_100	N-IR-M		/ (IR)		/				

ตารางที่ 4-41 วิดีโอที่ถูกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในสถานการณ์ต่าง ๆ (ต่อ)

จังหวัด	สถานการณ์ย่อย	กลางวัน (D)	กลางคืน (N)	ปริมาณรถ			ฝนตก (R)	กล้องไม่ชัด (CB)	กล้องสั่น (CS)
				น้อย (S)	ปานกลาง (M)	มาก (L)			
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 055413_100	N-RGB-S		/ (RGB)	/					
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 033048_100	N-RGB-S-F		/ (RGB)	/					
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 055552_100	D-M	/			/				
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 063956_100	D-M-OC	/			/				
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 072912_100	D-M-OC	/			/				
จุดที่ 6 ขท.ยโสธร (Seen) File name : 075814_100	D-M	/			/				
จุดที่ 6 ขท.ยโสธร (Seen) File name : 075036_100	N-RGB-S		/ (RGB)	/					
จุดที่ 6 ขท.ยโสธร (Seen) File name : 203756_100	N-IR-S		/ (IR)	/					
จุดที่ 6 ขท.ยโสธร (Unseen) File name : 193532_100	D-M-R	/			/		/		

ตารางที่ 4-41 วิดีโอที่ถูกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในสถานการณ์ต่าง ๆ (ต่อ)

จังหวัด	สถานการณ์ย่อย	กลางวัน (D)	กลางคืน (N)	ปริมาณรถ			ฝนตก (R)	กล้องไม่ชัด (CB)	กล้องสั่น (CS)
				น้อย (S)	ปานกลาง (M)	มาก (L)			
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 081019_100	D-L	/				/			
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 070421_100	D-L	/				/			
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 053524_100	N-RGB-L		/ (RGB)				/		
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 054024_100	N-RGB-M		/ (RGB)		/				
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 052024_100	N-IR-M-CS-F		/ (IR)		/				/
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 222020_100	N-RGB-M-F		/ (RGB)		/				
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 224234_100	N-IR-M-R-F		/ (IR)		/		/		
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 183200_100	N-RGB-L-CB		/ (RGB)			/		/	
จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) File name : 191538_100	N-IR-S		/ (IR)	/					

ตารางที่ 4-41 วิดีโอที่ถูกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในสถานการณ์ต่าง ๆ (ต่อ)

จังหวัด	สถานการณ์ย่อย	กลางวัน (D)	กลางคืน (N)	ปริมาณรถ			ฝนตก (R)	กล้องไม่ชัด (CB)	กล้องสั่น (CS)
				น้อย (S)	ปานกลาง (M)	มาก (L)			
จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) File name : 144346_100	D-M-R	/			/		/		
จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) File name : 153531_100	D-S	/		/					
จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) File name : 204354_100	N-IR-S		/ (IR)	/					
จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) File name : 185536_100	N-RGB-S		/ (RGB)	/					
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 074419_100	D-L	/				/			
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 074919_100	D-L	/				/			
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 075420_100	D-L	/				/			
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 075920_100	D-L	/				/			
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 080420_100	D-L	/				/			

ตารางที่ 4-41 วิดีโอที่ถูกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในสถานการณ์ต่าง ๆ (ต่อ)

จังหวัด	สถานการณ์ย่อย	กลางวัน (D)	กลางคืน (N)	ปริมาณรถ			ฝนตก (R)	กล้องไม่ชัด (CB)	กล้องสั่น (CS)
				น้อย (S)	ปานกลาง (M)	มาก (L)			
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 080920_100	D-L	/				/			
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 150542_100	D-L	/				/			
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 192050_100	N-RGB-L		/ (RGB)			/			
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 215932_100	N-RGB-M		/ (RGB)		/				
จุดที่ 10 ขท.นครนายก (Unseen) File name : 071032_100	D-M	/			/				
จุดที่ 10 ขท.นครนายก (Unseen) File name : 133836_100	D-S	/		/					
จุดที่ 10 ขท.นครนายก (Unseen) File name : 185224_100	N-RGB-S		/ (RGB)	/					
จุดที่ 10 ขท.นครนายก (Seen) File name : 225232_100	N-IR-S-R		/ (IR)	/			/		
จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) File name : 130533_100	D-L-CS	/				/			/

ตารางที่ 4-41 วิดีโอที่ถูกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในสถานการณ์ต่าง ๆ (ต่อ)

จังหวัด	สถานการณ์ย่อย	กลางวัน (D)	กลางคืน (N)	ปริมาณรถ			ฝนตก (R)	กล้องไม่ชัด (CB)	กล้องสั่น (CS)
				น้อย (S)	ปานกลาง (M)	มาก (L)			
จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) File name : 194519_100	N-IR-L		/ (IR)			/			
จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) File name : 011508_100	N-RGB-M-CB		/ (RGB)		/			/	
จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) File name : 092023_100	D-L	/				/			
จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) File name : 054556_100	N-RGB-S		/ (RGB)	/					

4.5.3.3 ผลการทดสอบการนับวิดีโอ

1) การเลือกวิดีโอสำหรับการวัดผลสถานการณ์ต่าง ๆ

ผลการทดสอบวิดีโอในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งหมด ประกอบด้วยสถานการณ์ต่าง ๆ คือ เวลากลางวัน (D) เวลากลางคืน (N) ปริมาณรถน้อย (S) ปริมาณรถปานกลาง (M) ปริมาณรถมาก (L) กล้องไม่ชัด (CB) และกล้องสั่น (CS) รวมถึงกรณีฝนตก (R) โดยได้มีการทดสอบกับโมเดล Y10-VIS-NBC-NIGHT โดยทดสอบวิธีการนับแบบนับเมื่อยานพาหนะผ่านเส้นเข้าหรือเส้นออกพื้นที่ที่สนใจเท่านั้น ดังตารางที่ 4-42

ตารางที่ 4-42 ผลรวมของทุกจุดในแต่ละวิธีการที่นำเสนอ

จุดทดสอบ	สถานการณ์ย่อย	ผลรวมทั้งหมด	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก	
			Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			นับได้ / MAPE รวม	Weighted MAPE
จุดที่ 1 ขท.ตากที่ 1 (Seen) File name : 191939_100	N-IR,RGB-S	33	22 / 33.33%	45.45%
จุดที่ 1 ขท.ตากที่ 1 (Unseen) File name : 093019_100	D-S-R	33	34 / 3.03%	33.33%
จุดที่ 1 ขท.ตากที่ 1 (Seen) File name : 002358_100	N-IR,RGB-S	15	13 / 13.33%	40.00%
จุดที่ 1 ขท.ตากที่ 1 (Unseen) File name : 100524_100	D-S-R	34	22 / 35.29%	70.59%
จุดที่ 2 ขท.หนองคาย (Unseen) File name : 174830_100	N-IR-S	29	19 / 34.48%	50.00%
จุดที่ 2 ขท.หนองคาย (Unseen) File name : 155811_100	D-M-CB	78	73 / 7.59%	10.13%
จุดที่ 2 ขท.หนองคาย (Unseen) File name : 102923_100	D-M	76	76 / 0.00%	26.32%
จุดที่ 2 ขท.หนองคาย (Unseen) File name : 191155_100	N-IR-M	58	36 / 37.93%	50.00%
จุดที่ 3 ขท.จันทบุรี (Unseen) File name : 081745_100	D-RGB-M-R-CB-CS	66	67 / 1.52%	7.58%
จุดที่ 3 ขท.จันทบุรี (Unseen) File name : 224146_100	N-RGB-S-R-F	29	23 / 20.69%	38.71%
จุดที่ 3 ขท.จันทบุรี (Unseen) File name : 173616_100	D-M	81	80 / 1.23%	6.17%

ตารางที่ 4-42 ผลรวมของทุกจุดในแต่ละวิธีการที่นำเสนอ (ต่อ)

จุดทดสอบ	สถานการณ์ย่อย	ผลรวมทั้งหมด	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก	
			Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			นับได้ / MAPE รวม	Weighted MAPE
จุดที่ 3 ขท.จันทบุรี (Unseen) File name : 204622_100	N-RGB-S	25	26 / 4.00%	42.31%
จุดที่ 4 ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (Unseen) File name : 175355_100	D-M	58	52 / 10.34%	51.72%
จุดที่ 4 ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (Unseen) File name : 173003_100	D-M	73	65 / 10.96%	41.10%
จุดที่ 4 ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (Unseen) File name : 180856_100	N-RGB-M	56	41 / 26.79%	55.00%
จุดที่ 4 ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (Unseen) File name : 181356_100	N-IR-M	57	21 / 63.16%	66.67%
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 071121_100	D-S-R	46	45 / 2.17%	15.22%
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 080101_100	D-M-R	62	68 / 0.00%	20.00%
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 055413_100	N-IR-M	29	21 / 27.59%	55.17%
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 033048_100	N-RGB-S	19	19 / 0.00%	30.00%
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 055552_100	N-RGB-S-F	19	17 / 10.53%	50.00%
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 063956_100	D-M-OC	66	64 / 15.79%	23.68%
จุดที่ 5 ขท.พัทลุง (Unseen) File name : 072912_100	D-M-OC	76	63 / 17.11%	17.11%
จุดที่ 6 ขท.ยโสธร (Seen) File name : 075814_100	D-L	110	110 / 0.00%	1.80%

ตารางที่ 4-42 ผลรวมของทุกจุดในแต่ละวิธีการที่นำเสนอ (ต่อ)

จุดทดสอบ	สถานการณ์ย่อย	ผลรวมทั้งหมด	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก	
			Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			นับได้ / MAPE รวม	Weighted MAPE
จุดที่ 6 ขท.ยโสธร (Seen) File name : 075036_100	D-M	60	64 / 1.59%	14.29%
จุดที่ 6 ขท.ยโสธร (Seen) File name : 203756_100	N-RGB-S	10	10 / 0.00%	20.00%
จุดที่ 6 ขท.ยโสธร (Unseen) File name : 193532_100	N-IR-S	23	23 / 0.00%	33.33%
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 081019_100	D-L	168	153 / 8.93%	14.88%
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 070421_100	D-L	104	119 / 14.42%	37.14%
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 053524_100	N-RGB-L	101	57 / 43.56%	53.47%
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 054024_100	N-RGB-M	81	53 / 34.57%	56.79%
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 052024_100	N-IR-M-CS-F	98	41 / 58.16%	64.29%
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 222020_100	N-RGB-M-F	98	48 / 92.86%	93.88%
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 224234_100	N-IR-M-R-F	50	11 / 78.00%	98.00%
จุดที่ 7 ขท.อ่างทอง (Unseen) File name : 183200_100	N-RGB-L-CB	137	17 / 87.59%	89.21%
จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) File name : 191538_100	N-IR-S	15	8 / 46.67%	81.25%
จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) File name : 144346_100	D-M-R	56	59 / 0.00%	10.17%
จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) File name : 153531_100	D-S	47	49 / 4.26%	15.69%
จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) File name : 204354_100	N-IR-S	9	8 / 11.11%	58.33%

ตารางที่ 4-42 ผลรวมของทุกจุดในแต่ละวิธีการที่นำเสนอ (ต่อ)

จุดทดสอบ	สถานการณ์ย่อย	ผลรวมทั้งหมด	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก	
			Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			นับได้ / MAPE รวม	Weighted MAPE
จุดที่ 8 ขท.ชัยภูมิ (Unseen) File name : 185536_100	N-RGB-S	29	27 / 6.90%	20.69%
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 074419_100	D-L	407	378 / 7.13%	10.07%
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 074919_100	D-L	156	152 / 2.56%	7.59%
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 075420_100	D-L	450	411 / 8.67%	8.67%
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 075920_100	D-L	362	352 / 2.76%	6.59%
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 080420_100	D-L	105	101 / 2.88%	8.57%
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 080920_100	D-L	354	317 / 10.45%	10.45%
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 150542_100	D-L	167	195 / 16.77%	20.24%
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 192050_100	N-RGB-L	248	207 / 16.53%	28.85%
จุดที่ 9 ขท.เชียงใหม่ที่ 2 (Unseen) File name : 215932_100	N-RGB-M	59	55 / 6.78%	13.11%
จุดที่ 10 ขท.นครนายก(Unseen) File name : 071032_100	D-M	51	46 / 11.54%	15.38%
จุดที่ 10 ขท.นครนายก (Unseen) File name : 133836_100	D-S	34	36 / 5.88%	11.76%
จุดที่ 10 ขท.นครนายก (Unseen) File name : 185224_100	N-RGB-S	26	25 / 3.85%	33.33%
จุดที่ 10 ขท.นครนายก (Seen) File name : 225232_100	N-IR-S-R	7	0/ 100.00%	100.00%
จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) File name : 130533_100	D-L-CS	272	248 / 8.82%	10.29%

ตารางที่ 4-42 ผลรวมของทุกจุดในแต่ละวิธีการที่นำเสนอ (ต่อ)

จุดทดสอบ	สถานการณ์ย่อย	ผลรวมทั้งหมด	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก	
			Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			นับได้ / MAPE รวม	Weighted MAPE
จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) File name : 194519_100	N-IR-L	148	87 / 41.61%	49.01%
จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) File name : 011508_100	N-RGB-M-CB	56	50 / 10.71%	28.57%
จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) File name : 092023_100	D-L	277	263 / 5.05%	13.72%
จุดที่ 11 ขท.ชลบุรีที่ 1 (Seen) File name : 054556_100	N-RGB-S	97	86 / 14.00%	36.00%

*หมายเหตุ *โดย D - เวลากลางวัน N – เวลากลางคืน S, M, L – ปริมาณรถน้อย ปานกลาง และมากตามลำดับ CB – กล้องไม่ชัด CS – กล้องสั่น*

2) ผลการทดสอบการนับวิดีโอรวมสถานการณ์ต่าง ๆ แยกตามประเภทยานพาหนะ

จากการทดสอบวิดีโอทั้งหมด 58 วิดีโอ จากจุดจำนวน 11 จุด ประกอบด้วย เชียงใหม่ ชลบุรี หนองคาย ตาก ชัยภูมิ จันทบุรี ปทุมธานี อยุธยา พัทลุง ประจวบคิรีขันธ์ และยโสธร ได้ผลรวมทุกจุดแยกแต่ละประเภท ดังตารางที่ 4-43 แสดงผลรวมทุกจุดแยกแต่ละประเภทยานพาหนะ จะเห็นว่า วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก ด้วยโมเดล Y10-VIS-NBC-NIGHT ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) จะอยู่ที่ 15.95% โดยความแม่นยำในการตรวจจับมากที่สุดที่ประเภท รถดัดแปลง (modified_car) โดยค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) อยู่ที่ 0.00% รถยนต์ (car) โดยค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) อยู่ที่ 8.27% และ รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา (semi_trailer) โดยค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) อยู่ที่ 11.21% ส่วนการตรวจจับน้อยที่สุดที่ประเภทจักรยาน (bicycle) โดยค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) อยู่ที่ 100% คนเดินเท้า (pedestrian) โดยค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) อยู่ที่ 55.88% และ รถบรรทุกขนาดใหญ่ (full_truck) โดยค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) อยู่ที่ 44.44% จากการทดสอบโดยรวมนั้นแสดงให้เห็นว่าการนับสามารถทำได้ดีในยานพาหนะประเภท รถยนต์ (car) และ รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา (semi_trailer) และทำได้ไม่ดีในยานพาหนะประเภท จักรยาน (bicycle), และคนเดินเท้า (pedestrian)

ตารางที่ 4-43 ผลรวมทุกจุดแยกแต่ละประเภทยานพาหนะ

Type of Vehicle	ประเภท	Ground Truth	Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			Number	MAPE
1_bicycle	จักรยาน	7	0	100.00%
2_motorcycle	จักรยานยนต์	1456	1187	18.48%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	1790	1642	8.27%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	228	183	19.74%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	12	10	16.67%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	20	13	35.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	76	48	36.84%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	1356	1142	15.78%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	212	273	28.77%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	99	55	44.44%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	95	69	27.37%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	232	206	11.21%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	1	1	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	34	15	55.88%
Total		5617	4844	13.78%
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			15.95%

3) กรณีกลางวันปริมาณรถปานกลางถึงมาก

ในการพิจารณาประสิทธิภาพในกรณีย่อย ๆ ได้พิจารณาการใช้โมเดล Y10-VIS-NBC-NIGHT และการติดตามการนับแบบรถเข้าหรือรถออก เนื่องจากโมเดลได้รับการเรียนรู้ภาพยานพาหนะต่าง ๆ จากตอนกลางวันมากที่สุด จึงทำให้ผลการติดตามและนับยานพาหนะในตอนกลางวันมีความแม่นยำสูงสุด โดยจากตารางที่ 4-44 ค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) จะอยู่ที่ 6.78% โดยความแม่นยำในการตรวจจับมากที่สุดที่ประเภทรถโดยสารขนาดเล็ก (small bus) รถดัดแปลง (modified_car) ตามมาด้วยรถยนต์ (car) และรถกระบะ (pickup) รถจักรยาน (bicycle) จะมีความแม่นยำในการนับน้อย แต่ปริมาณที่ตรวจพบก็มีน้อยด้วยเช่นกัน



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดเชียงใหม่



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดชลบุรี

รูปที่ 4-78 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดที่มีรถปริมาณปานกลางถึงมาก

ตารางที่ 4-44 การวัดผลกรณีกลางวันปริมาณรถปานกลางถึงมาก

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			Number	MAPE
1_bicycle	จักรยาน	1	0	100.00%
2_motorcycle	จักรยานยนต์	1058	932	11.91%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	1180	1197	1.44%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	137	112	18.25%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	9	9	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	9	10	11.11%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	24	23	4.17%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	778	754	3.08%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	96	133	38.54%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	37	22	40.54%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	38	29	23.68%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	125	103	17.60%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	1	1	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	26	10	61.54%
Total	**รวม**	**3,519**	**3,335**	**5.23%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**6.78%**

4) กรณีกลางวันปริมาณรถน้อย

ในการพิจารณาประสิทธิภาพในกรณีย่อย ๆ ได้พิจารณาเลือกใช้อัลกอริที่มที่มีความแม่นยำมากที่สุดในการนับยานพาหนะโดยรวมนั่นคือ การใช้โมเดล Y10-VIS-NBC-NIGHT และการติดตามการนับแบบรถเข้าหรือรถออก เนื่องจากโมเดลได้รับการเรียนรู้ภาพยานพาหนะต่าง ๆ จากตอนกลางวันมากที่สุด จึงทำให้ผลการติดตามและนับยานพาหนะในตอนกลางวันมีความแม่นยำสูงสุด โดยจากตารางที่ 4-45 ค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) จะอยู่ที่ 6.67% โดยความแม่นยำในการตรวจจับมากที่สุดที่ประเภทรถจักรยาน (bicycle),รถยนต์ 7 ที่นั่ง (car_7), รถโดยสารขนาดเล็ก (small bus), รถโดยสารขนาดใหญ่ (large bus), รถดัดแปลง (modified_car) และคนเดินเท้า (pedestrian) โดยกรณีปริมาณรถน้อยจะทำได้ดี เนื่องจากไม่มีรถบังหรือทับกัน



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดชัยภูมิ



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดตาก

รูปที่ 4-79 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดที่มีปริมาณรถน้อย

ตารางที่ 4-45 การวัดผลกรณีกลางวันปริมาณรถน้อย

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground-truth	Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			Number	MAPE
1_bicycle	จักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	จักรยานยนต์	25	25	0.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	63	58	7.94%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	8	8	0.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	1	100.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	1	100.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	76	77	1.32%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	10	13	30.00%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	4	1	75.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	3	1	66.67%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	5	12	140.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**194**	**197**	**1.55%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**6.67%**

5) กรณีกลางคืน

ในกรณีกลางคืนเนื่องจากกล้องวิดีโอสามารถเปลี่ยนภาพเป็นกรณีภาพสีหากมีแสงเพียงพอ และเป็นภาพแบบอินฟาเรดหากแสงมีไม่เพียงพอ ดังตารางที่ 4-46 แสดงผลลัพธ์การนับยานพาหนะในเวลากลางคืน โดยรวมมีค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) อยู่ที่ 35.63% และหากดูในรายละเอียดจะพบว่ากรณีภาพแบบสีจะยังมีค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) อยู่ที่ 31.90% ในขณะที่ MAPE ของภาพแบบอินฟาเรด 45.01% ดังที่ได้เห็นปริมาณภาพประเภทอินฟาเรดจะมีน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับภาพตอนกลางวัน และกลางคืนแบบสี เนื่องจากการแยกประเภทรถจากภาพอินฟาเรดสามารถทำได้ยาก แม้แต่การตรวจสอบโดยผู้ใช้ก็ตาม ทำให้การติดตามและนับภาพกลางคืนแบบอินฟาเรดมีความแม่นยำน้อยมากที่สุด อาจแนะนำให้ตั้งกล้องให้ใช้การตรวจจับภาพเวลากลางคืนแบบสีเป็นหลัก พยายามให้มีการจับภาพอยู่ภายใต้แสงที่เพียงพอเพื่อความแม่นยำมากกว่าในการตรวจนับ แต่มีจังหวัดตากและจังหวัดชลบุรีที่ได้ผลการนับประเภทรถจากภาพอินฟาเรดได้ดีที่สุด เนื่องจากเป็นจังหวัดที่ได้นำภาพมาเรียนรู้ รองลงมาเป็นจังหวัดหนองคายที่มีความคมชัดของภาพค่อนข้างสูง สามารถแยกประเภทยานพาหนะได้ง่ายตามลำดับ จังหวัดปทุมธานีเป็นจังหวัดที่ได้ผลการนับประเภทรถจากภาพอินฟาเรดได้แย่ที่สุด เนื่องจากภาพมีฝนตกหนักและมีแสงสะท้อนจากหน้ารถและไฟข้างถนน



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดจันทบุรี



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดหนองคาย



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดปทุมธานี

รูปที่ 4-80 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีกลางคืนที่มีปัญหา

ตารางที่ 4-46 การวัดผลกรณีกลางคืนรวมกรณีภาพแบบสีและอินฟาเรด และกรณีแยกแบบสี และอินฟาเรด

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground Truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออกกลางคืนแบบสี + อินฟาเรด		Ground Truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออกกลางคืนแบบสี		Ground Truth	วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออกกลางคืนแบบอินฟาเรด	
			Number	MAPE		Number	MAPE		Number	MAPE
1_bicycle	จักรยาน	4	0	100.00%	0	0	0.00%	4	0	100.00%
2_motorcycle	จักรยานยนต์	310	162	47.74%	201	145	27.86%	109	17	84.40%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	504	347	31.15%	371	256	31.00%	133	91	31.58%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	78	58	25.64%	58	40	31.03%	20	18	10.00%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	3	0	100.00%	3	0	100.00%	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	11	2	81.82%	9	0	100.00%	2	2	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	52	25	51.92%	24	15	37.50%	28	10	64.29%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	427	242	43.33%	307	178	42.02%	120	64	46.67%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	99	119	20.20%	69	82	18.84%	30	37	23.33%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	55	30	45.45%	46	26	43.48%	9	4	55.56%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	54	37	31.48%	43	29	32.56%	11	8	27.27%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	101	91	9.90%	75	64	14.67%	26	27	3.85%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	5	2	60.00%	4	2	50.00%	1	0	100.00%
Total	**รวม**	**1,703**	**1,115**	**34.53%**	**1,210**	**837**	**30.83%**	**493**	**278**	**43.61%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**35.63%**			**31.90%**			**45.01%**

6) กรณีกล้องไม่ชัด

ในการวัดผลเฉพาะกรณีกล้องไม่ชัด ซึ่งจะแสดงผลในตารางที่ 4-47 โดยผลการประเมินค่าค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) อยู่ที่ 39.05% โดยกรณีกล้องไม่ชัดเกิดได้หลายกรณี เช่น มีรถสัญจรเร็ว, ความละเอียดของกล้อง และกรณีมีน้ำฝนเกาะบริเวณกล้องทำให้ไม่สามารถเห็นภาพได้ชัดเจน ในบางกรณีสามารถแก้ปัญหาได้โดยการทำ Augmentation เพิ่มขึ้น เพื่อให้โมเดลได้เรื่องรู้กรณีต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดชลบุรี



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดอยุธยา

รูปที่ 4-81 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีกล้องไม่ชัด

ตารางที่ 4-47 การวัดผลกรณีกล้องไม่ชัด

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground Truth	Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			Number	MAPE
1_bicycle	จักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	จักรยานยนต์	22	15	31.82%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	109	63	42.20%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	15	7	53.33%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	4	1	75.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	116	73	37.07%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	19	15	21.05%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	7	5	28.57%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	18	11	38.89%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	27	15	44.44%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	1	2	100.00%
Total	**รวม**	**338**	**207**	**38.76%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**39.05%**

7) กรณีกล้องสั่น

ในการวัดผลกรณีกล้องสั่นแสดงดังตารางที่ 4-48 โดยผลการประเมินค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) อยู่ที่ 19.27% พบว่า แม่นยำมากกว่ากรณีกล้องไม่ชัดอาจเป็นเพราะกรณีกล้องสั่นจะสั่นเป็นบางช่วงและยังเห็นรายละเอียดข้อมูลชัดอยู่ เป็นต้น



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดชลบุรี



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดอยุธยา

รูปที่ 4-82 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีกล้องไม่ชัด

ตารางที่ 4-48 การวัดผลกรณีกล้องสั่น

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground Truth	Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			Number	MAPE
1_bicycle	จักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	จักรยานยนต์	11	1	90.91%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	117	96	17.95%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	36	30	16.67%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	5	6	20.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	17	5	70.59%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	144	116	19.44%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	34	37	8.82%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	6	3	50.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	9	9	0.00%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	57	53	7.02%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	436	356	18.35%
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			19.27%

8) กรณีฝนตก

ในการวัดผลกรณีฝนตกแสดงดังตารางที่ 4-49 โดยผลการประเมินค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) อยู่ที่ 6.75% พบว่า แม่นยำมากกว่ากรณีกล้องไม่ชัดและกล้องสั่น อาจเป็นเพราะกรณีฝนตกยังเห็นรายละเอียดข้อมูลชัดอยู่ กรณีฝนตกยังสามารถทำได้ดีเนื่องจากกรณีฝนตกเพียงเล็กน้อยจะไม่ส่งผลกระทบในการตรวจจับยังสามารถเห็นยานพาหนะสัญจรชัดเจน แต่กรณีที่ฝนตกหนักจนเกิดการเกาะของหยดน้ำหรือแสงสะท้อนจะทำให้การตรวจจับของยานพาหนะได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจากกรณีฝนตกหนักในเวลากลางคืนดังภาพมีปริมาณยานพาหนะผ่านน้อย จึงทำให้ส่งผลต่อความผิดพลาดโดยรวมไม่มากนัก



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดตาก



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดพัทลุง



ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดปทุมธานี

รูปที่ 4-83 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีฝนตก

ตารางที่ 4-49 การวัดผลกรณีฝนตก

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground Truth	Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			Number	MAPE
1_bicycle	จักรยาน	4	0	100.00%
2_motorcycle	จักรยานยนต์	30	34	13.33%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	106	100	5.66%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	19	18	5.26%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	1	100.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	2	2	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	2	0	100.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	134	129	3.73%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	15	20	33.33%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	6	5	16.67%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	7	4	42.86%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	8	10	25.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	9	6	33.33%
Total	**รวม**	**342**	**329**	**3.80%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**6.75%**

9) กรณีแสงสะท้อน

ในการวัดผลกรณีแสงสะท้อนแสดงดังตารางที่ 4-50 โดยค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) อยู่ที่ 53.40% พบว่ากรณีแสงสะท้อนทำได้ไม่ดีกว่าหลายกรณี เนื่องจากมีการรบกวนของแสงทำให้โมเดลไม่สามารถตรวจจับได้




รูปที่ 4-84 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีแสงสะท้อน

ตารางที่ 4-50 การวัดผลกรณีฝนตก

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground Truth	Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			Number	MAPE
1_bicycle	จักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	จักรยานยนต์	14	3	78.57%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	81	24	70.37%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	9	2	77.78%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	2	2	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	19	11	42.11%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	95	30	68.42%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	27	29	7.41%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	12	3	75.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	9	10	11.11%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	26	26	0.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	0	0	0.00%
Total	**รวม**	**294**	**140**	**52.38%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**53.40%**

10) กรณีรถบัง

ในการวัดผลกรณีรถบังแสดงดังตารางที่ 4-51 โดยผลการประเมินค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) อยู่ที่ 17.76% กรณียังสามารถนับผลได้ดีกว่ากรณีแสงสะท้อน เนื่องจากไม่ได้บดบังการนับทั้งหมด ยังมีบางส่วนที่ยังสามารถตรวจจับยานพาหนะได้




รูปที่ 4-85 ภาพตัวอย่างข้อมูลจังหวัดกรณีรถบัง

ตารางที่ 4-51 การวัดผลกรณีฝนตก

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground Truth	Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			Number	MAPE
1_bicycle	จักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	จักรยานยนต์	25	19	24.00%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	35	34	2.86%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	11	8	27.27%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	0	0	0.00%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	0	0	0.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	0	0	0.00%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	53	49	7.55%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	8	7	12.50%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	2	2	0.00%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	3	5	66.67%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	5	3	40.00%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	0	0	0.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	10	0	100.00%
Total	**รวม**	**152**	**127**	**16.45%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**17.76%**

4.5.3.4 สรุปการวัดผล 24 ชม.

1) สรุปการวัดผล 24 ชม. จุดสำรวจที่ 9 เชียงใหม่

การวัดผลในรูปแบบ 24 ชั่วโมงได้มีการทดสอบในรูปแบบของการวัดผลต่อเนื่องกันเป็นเวลา 17 ชม. โดยวิดีโอถูกแบ่งออกเป็น 196 วิดีโอย่อยระยะเวลาต่อเนื่องกันประมาณ 17 ชม. ตั้งแต่ 7:44:18 น. – 23:59:59 น. โดยแต่ละวิดีโอมีระยะเวลาที่อาจทับกันตามลักษณะโดยทั่วไปของกล้องวงจรปิด จะมีการเก็บข้อมูลเวลาสำหรับแต่ละวิดีโอที่จะทับกัน 0-5 วินาที โดยผลลัพธ์จะแสดงดังตารางที่ 4-52 เป็นผลจากโมเดล Y10-VIS-NBC-NIGHT โดยมีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) จะอยู่ที่ 25.69% และ 25.68% สำหรับกรณีนับรถเข้าหรือออก อย่างไรก็ดี แม้ว่าการนับวิดีโอที่ต่อกัน โปรแกรมได้เลือกนับเฉพาะเวลาที่ต่อเนื่องกัน และตัดส่วนที่ทับกันออก แต่การนับผลเฉลยโดยมนุษย์จะนับทั้งวิดีโอที่มีเวลาทับกันซึ่งอาจจะมีค่าระหว่าง 3-5 วินาที และหากช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาเร่งด่วน ในสถานการณ์รถติดทำให้การนับยานพาหนะมีความผิดพลาดสูงมากกว่าปกติได้

ตารางที่ 4-52 ผลลัพธ์การนับรถแบบ 24 ชั่วโมง จุดสำรวจที่ 9 เชียงใหม่ โดยใช้โมเดล Y10-VIS-NBC-Night

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground Truth	Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			Number	MAPE
1_bicycle	จักรยาน	33	4	87.88%
2_motorcycle	จักรยานยนต์	14,377	12,782	11.09%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	17,383	16,635	4.30%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	1293	699	45.94%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	180	60	66.67%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	5	3	40.00%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	43	38	11.63%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	6,990	7,303	4.48%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	358	379	5.87%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	102	76	25.49%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	42	64	52.38%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	91	122	34.07%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	3	1	66.67%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	261	177	32.18%
Total	**รวม**	41,161	38,343	6.85%
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			8.73%

2) สรุปการวัดผล 24 ชม. จุดสำรวจที่ 11 ชลบุรี

การวัดผลในรูปแบบ 24 ชั่วโมงได้มีการทดสอบในรูปแบบของการวัดผลต่อเนื่องกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน โดยผลลัพธ์จะแสดงดังตารางที่ 4-53 โดยวิดีโอถูกแบ่งออกเป็น290 วิดีโอย่อย ระยะเวลาต่อเนื่องกันประมาณ 24 ชม. ตั้งแต่ 7:00:18 น. – 7:07:12 น. โดยแต่ละวิดีโอมีระยะเวลาที่อาจทับกันตามลักษณะโดยทั่วไปของกล้องวงจรปิดจะมีการเก็บข้อมูลเวลาสำหรับแต่ละวิดีโอที่จะทับกัน 0-5 วินาที เป็นผลจากโมเดล Y10-VIS-NBC-NIGHT โดยมีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) จะอยู่ที่ 8.93% และ 8.68% สำหรับกรณีนับรถเข้าหรือออก อย่างไรก็ดี แม้ว่าการนับวิดีโอที่ต่อกันโปรแกรมได้เลือกนับเฉพาะเวลาที่ต่อเนื่องกัน และตัดส่วนที่ทับกันออก แต่การนับผลเฉลยโดยมนุษย์จะนับทั้งวิดีโอที่มีเวลาทับกันซึ่งอาจจะมีค่าระหว่าง 3-5 วินาที และหากช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาเร่งด่วน ในสถานการณ์รถติดทำให้การนับยานพาหนะมีความผิดพลาดสูงมากกว่าปกติได้ โดยผลลัพธ์ที่นับได้จากชลบุรีดีกว่าเชียงใหม่ อาจเนื่องมากจาก มุมของชลบุรีมีการถูกเรียนรู้แต่ละประเภทยานพาหนะใช้ชุดข้อมูลเรียนรู้ หรือเป็นจุดที่โมเดลเคยมองเห็น (Seen) นั่นเอง จึงทำให้ชลบุรีได้ผลการนับที่แม่นยำกว่า

ตารางที่ 4-53 ผลลัพธ์การนับรถแบบ 24 ชั่วโมง จุดสำรวจที่ 11 ชลบุรี โดยใช้โมเดล Y10-VIS-NBC-Night

Type of Vehicle	ประเภทยานพาหนะ	Ground Truth	Y10-VIS-NBC-NIGHT	
			Number	MAPE
1_bicycle	จักรยาน	0	0	0.00%
2_motorcycle	จักรยานยนต์	1,895	931	50.87%
3_car	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	1,9547	19,104	2.27%
4_car_7	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	3,839	3,309	13.81%
5_small_bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	30	10	66.67%
6_medium_bus	รถโดยสารขนาดกลาง	172	171	0.58%
7_large_bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	450	377	16.22%
8_pickup	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	15,664	14,492	7.48%
9_truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	5,402	6,202	14.81%
10_full_truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	2,444	2,397	1.92%
11_full_trailer	รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา	1,189	911	23.38%
12_semi_trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	7,522	6,827	9.24%
13_modified_car	รถเครื่องจักรและดัดแปลง	30	6	80.00%
14_pedestrian	คนเดินเท้า	9	4	55.56%
Total	**รวม**	**58,193**	**54,741**	**5.93%**
Weighted MAPE	**ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก**			**8.68%**

4.5.3.5 การวัดประสิทธิภาพทางเวลาในการประมวลผล

1) การทดสอบประสิทธิภาพทางเวลาของการประมวลผลเครื่องแม่ข่าย (Server)

การทดสอบประสิทธิภาพทางของการประมวลผลเครื่องแม่ข่าย (Server) เพื่อทดสอบระยะเวลาและความแม่นยำในการนับจำนวนยานพาหนะ โดยแบ่งการทดลองเป็น 5 การทดลอง ดังต่อไปนี้

- ทดสอบการประมวลผลวิดีโอทุกเฟรม
- ทดสอบการประมวลผลวิดีโอ 1 เฟรม เว้น 1 เฟรม (ประมวลผลทุก ๆ 2 เฟรม)
- ทดสอบการประมวลผลวิดีโอ 1 เฟรม เว้น 2 เฟรม (ประมวลผลทุก ๆ 3 เฟรม)
- ทดสอบการประมวลผลวิดีโอ 1 เฟรม เว้น 3 เฟรม (ประมวลผลทุก ๆ 4 เฟรม)
- ทดสอบการประมวลผลวิดีโอ 1 เฟรม เว้น 4 เฟรม (ประมวลผลทุก ๆ 5 เฟรม)

การทดสอบจะแบ่งเป็นสองส่วน คือ การประมวลผลนับยานพาหนะที่ผ่านบริเวณที่สนใจแบบ (1) ผ่านเส้นเข้าหรือเส้นออก (2) ยานพาหนะต้องผ่านทั้งเส้นเข้าและเส้นออก โดยผลการทดลองดังตารางที่ 4-54

ตารางที่ 4-54 สรุปผลการทดลองการทดสอบการประมวลผลการนับยานพาหนะผ่านเส้นเข้าหรือเส้นออก

จุดทดสอบ	สถานการณ์ย่อย	ผลรวมทั้งหมด	จำนวนเฟรม	MAPE วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก			
				Y10-VIS-NBC-NIGHT			
				Total	Weight MAPE	Frame/ second	Elapsed time
จุดทดสอบทั้งหมด	**สถานการณ์ทั้งหมด**	**474**		**239.2 / 49.54%**	**66.13%**	**18.3895 fps**	**1m 33.85**
จุดทดสอบทั้งหมด	**สถานการณ์ทั้งหมด**	118.5	ทุกเฟรม	365 / 23.00%	29.75%	20.3875 fps	3m 7.75s
จุดทดสอบทั้งหมด	**สถานการณ์ทั้งหมด**	118.5	1 เฟรม เว้น 1 เฟรม	336 / 29.11%	36.29%	19.1275 fps	1m 43s
จุดทดสอบทั้งหมด	**สถานการณ์ทั้งหมด**	118.5	1 เฟรม เว้น 2 เฟรม	225 / 52.53%	57.17%	18.3875 fps	1m 13s
จุดทดสอบทั้งหมด	**สถานการณ์ทั้งหมด**	118.5	1 เฟรม เว้น 3 เฟรม	148 / 68.78%	72.57%	16.9625 fps	57.5 s
จุดทดสอบทั้งหมด	**สถานการณ์ทั้งหมด**	118.5	1 เฟรม เว้น 4 เฟรม	122 / 74.26%	74.26%	17.0825 fps	48 s
ชัยภูมิ (144346_100) 15 fps 5m	D-S	58	ทุกเฟรม	57 / 1.72%	36.21%	17.18 fps	4m 22s
ชัยภูมิ (144346_100) 15 fps 5m	D-S	58	1 เฟรม เว้น 1 เฟรม	56 / 3.45%	37.93%	15.63 fps	2m 24s

ตารางที่ 4-54 สรุปผลการทดลองการทดสอบการประมวลผลการนับยานพาหนะผ่านเส้นเข้าหรือเส้นออก (ต่อ)

จุดทดสอบ	สถานการณ์ย่อย	ผลรวมทั้งหมด	จำนวนเฟรม	MAPE วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก			
				Y10-VIS-NBC-NIGHT			
				Total	Weight MAPE	Frame/ second	Elapsed time
ชัยภูมิ (144346_100) 15 fps 5m	D-S	58	1 เฟรม เว้น 2 เฟรม	35 / 39.66%	53.45%	14.57 fps	1m 43s
ชัยภูมิ (144346_100) 15 fps 5m	D-S	58	1 เฟรม เว้น 3 เฟรม	19 / 67.24%	70.69%	14.25 fps	1m 19s
ชัยภูมิ (144346_100) 15 fps 5m	D-S	58	1 เฟรม เว้น 4 เฟรม	16 / 72.41%	75.86%	13.45 fps	1m 7s
ชลบุรี (092023_100) 15 fps 4m 58s	D-L	276	ทุกเฟรม	260 / 5.80%	15.94%	16.67 fps	4m 29s
ชลบุรี (092023_100) 15 fps 4m 58s	D-L	276	1 เฟรม เว้น 1 เฟรม	238 / 13.77%	21.01%	15.57 fps	2m 24s
ชลบุรี (092023_100) 15 fps 4m 58s	D-L	276	1 เฟรม เว้น 2 เฟรม	160 / 42.03%	46.38%	14.38 fps	1m 44s
ชลบุรี (092023_100) 15 fps 4m 58s	D-L	276	1 เฟรม เว้น 3 เฟรม	105 / 61.96%	64.86%	13.35 fps	1m 24s
ชลบุรี (092023_100) 15 fps 4m 58s	D-L	276	1 เฟรม เว้น 4 เฟรม	87 / 68.48%	68.48%	13.0 fps	1m 9s

ตารางที่ 4-54 สรุปผลการทดลองการทดสอบการประมวลผลการนับยานพาหนะผ่านเส้นเข้าหรือเส้นออก (ต่อ)

จุดทดสอบ	สถานการณ์ย่อย	ผลรวมทั้งหมด	จำนวนเฟรม	MAPE วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก			
				Y10-VIS-NBC-NIGHT			
				Total	Weight MAPE	Frame/ second	Elapsed time
หนองคาย (191155_100) 10 fps 5m	N-IR-S	58	ทุกเฟรม	15 / 74.14%	80.33%	30.01 fps	1m 40s
หนองคาย (191155_100) 10 fps 5m	N-IR-S	58	1 เฟรม เว้น 1 เฟรม	8 / 86.21%	90.00%	29.43 fps	51s
หนองคาย (191155_100) 10 fps 5m	N-IR-S	58	1 เฟรม เว้น 2 เฟรม	3 / 94.83%	96.61%	29.44 fps	34s
หนองคาย (191155_100) 10 fps 5m	N-IR-S	58	1 เฟรม เว้น 3 เฟรม	2 / 96.55%	98.31%	28.88 fps	26s
หนองคาย (191155_100) 10 fps 5m	N-IR-S	58	1 เฟรม เว้น 4 เฟรม	3 / 94.83%	98.33%	28.62 fps	21s
อยุธยา (054024_100) 15 fps 3m 51s	N-RGB-S	82	ทุกเฟรม	33 / 59.76%	67.07%	17.69 fps	2m 11m
อยุธยา (054024_100) 15 fps 3m 51s	N-RGB-S	82	1 เฟรม เว้น 1 เฟรม	34 / 58.54%	65.85%	15.88 fps	1m 13s
อยุธยา (054024_100) 15 fps 3m 51s	N-RGB-S	82	1 เฟรม เว้น 2 เฟรม	27 / 67.07%	74.39%	15.16 fps	51s

ตารางที่ 4-54 สรุปผลการทดลองการทดสอบการประมวลผลการนับยานพาหนะผ่านเส้นเข้าหรือเส้นออก (ต่อ)

จุดทดสอบ	สถานการณ์ย่อย	ผลรวมทั้งหมด	จำนวนเฟรม	MAPE วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออก			
				Y10-VIS-NBC-NIGHT			
				Total	Weight MAPE	Frame/ second	Elapsed time
อยุธยา (054024_100) 15 fps 3m 51s	N-RGB-S	82	1 เฟรม เว้น 3 เฟรม	22 / 73.17%	80.49%	11.37 fps	41s
อยุธยา (054024_100) 15 fps 3m 51s	N-RGB-S	82	1 เฟรม เว้น 4 เฟรม	16 / 80.49%	80.49%	13.26 fps	35s

จากการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพทางเวลาของการประมวลผลเครื่องแม่ข่าย หากพิจารณาการนับความผิดพลาดโดยรวมจะมีความผิดพลาดในแต่ละประเภทแบบถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยโดยรวมน้อยสุดถึง 29.75% ซึ่งการทดสอบเป็นการประมวลผลนับยานพาหนะที่ผ่านบริเวณที่สนใจแบบผ่านเส้นเข้าหรือเส้นออก กรณีนับทุกเฟรม โดยค่าความผิดพลาดในแต่ละประเภทแบบถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยการนับแบบ 1 เฟรม เว้น 1 เฟรม ค่าความผิดพลาดในแต่ละประเภทแบบถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยจะอยู่ที่ 36.29% กรณีการนับ 1 เฟรม เว้น 2 เฟรม ค่าความผิดพลาดในแต่ละประเภทแบบถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยจะอยู่ที่ 57.17% กรณีการนับ 1 เฟรม เว้น 3 เฟรม ค่าความผิดพลาดในแต่ละประเภทแบบถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยจะอยู่ที่ 72.57% กรณีการนับ1 เฟรม เว้น 4 เฟรม ค่าความผิดพลาดในแต่ละประเภทแบบถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยจะอยู่ที่ 74.26%

2) การวัดผลทางเวลาเมื่อมีการส่งข้อมูลจริงผ่าน API

จากตารางที่ 4-55 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการทำงานแบบต่อเนื่อง (Sequential) และแบบขนาน (Parallel) โดยในการทำงานแบบต่อเนื่องเวลาในการประมวลผลจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนวิดีทัศน์ส่งผลให้การใช้งานในสถานการณ์ที่ต้องประมวลผลวิดีทัศน์จากกล้องจราจรหลายจุดไม่สามารถประมวลผลได้ภายในวันเดียวกัน ซึ่งต่างจากการทำงานแบบขนานที่เป็นการประมวลผลวิดีทัศน์พร้อมกันในเวลาเดียวกัน ส่งผลให้รองรับการใช้งานได้ทุกรูปแบบและใช้ทรัพยากรสำหรับประมวลผลได้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงเลือกใช้การทำงานแบบขนานสำหรับการประมวลผลวิดีทัศน์

ตารางที่ 4-55 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางเวลาระหว่างการประมวลผลแบบต่อเนื่องและแบบขนาน

Video length	Total of videos	Inference Time (Second)	Overhead Time (Second)	Total Time (Second)
5 minutes (Sequential)	1	260	0.0012	260
	3	763	0.0008	763
	6	1,507	0.0014	1,507
5 minutes (Parallel)	1	260	0.0004	260
	3	284	0.0013	284
	6	562	0.0024	562

4.5.3.6 สรุปผล

ระบบการตรวจจับ คัดแยกประเภทและนับยานพาหนะได้นำเสนอขั้นตอนการวาดส่วนที่สนใจบนท้องถนน และผลการทดสอบระบบในแต่ละขั้นตอนประกอบด้วยการตรวจจับและคัดแยกยานพาหนะ และการนับยานพาหนะในบริเวณพื้นที่ที่สนใจ เนื่องจากกระบวนการแรกการเลือกบริเวณที่สนใจ โดยระบบจะจำกัดการนับทิศทางเดียวต่อ 1 กล้อง โดยรถวิ่งจากขวาไปซ้าย บริเวณที่สนใจจะถูกเลือกโดยผู้ใช้งานตีกรอบเลือกบริเวณถนนให้ครบทุกเลน (เฉพาะรถวิ่งซ้ายไปขวา) โดยบริเวณที่เลือกอาจจะใหญ่กว่าถนนเล็กน้อย เพื่อให้ครอบคลุมยานพาหนะที่บริเวณขอบ กรอบขาเข้าของรถ (ด้านขวา) ควรเลือกที่สามารถมองเห็นและแยกประเภทยานพาหนะได้ด้วยตาชัดเจน โดยมีข้อกำหนดเป็นขนาดเล็กสุดยานพาหนะที่เส้นเข้า 40 x 30 พิกเซล (กว้าง x ยาว) เทียบกับยานพาหนะประเภท 3_car กับวิดีโอขนาด 640 x 360 พิกเซล หรือขนาดไม่ต่ำกว่า 120 x 75 พิกเซล (กว้าง x ยาว) กับขนาดวิดีโอ 2304 x 1296 ส่วนกรอบขาออกของรถ (ด้านซ้าย) ให้เลือกตำแหน่งที่ลากแล้วยังครบทุกเลน จะได้ทำให้ได้ผลการนับยานพาหนะที่ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด หากต้องการพิจารณายานพาหนะสองทิศทางจำต้องตั้งกล้อง 2 ตัว โดยแต่ละตัวสำหรับแต่ละทิศทาง

โมเดล Y10-VIS-NBC-NIGHT เป็นโมเดลที่ถูกทดสอบและคัดเลือกมาจากการทดลองก่อนหน้า มีผลที่ดีทั้งการตรวจจับ คัดแยกประเภท โดยมีประสิทธิภาพการตรวจจับ mAP50 ที่ 0.844 และค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) เฉลี่ยในแต่ละจุดทดสอบ อยู่ที่ 21.53% โดยโมเดล โมเดล Y10-VIS-NBC-NIGHT เป็นโมเดล YOLO เวอร์ชั่น 10 ที่มีการเรียนรู้ข้อมูลจากข้อมูลสาธารณะอย่าง Visdrone และเพิ่มการเรียนรู้กับข้อมูลภาพจากกรมทางหลวง และเพิ่มเติมภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของสี (Contrast) โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาพที่มีความไม่ชัดเจน (Blur) ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จาก ความไม่ชัดของกล้องในกรณีต่าง ๆ เช่น ฝนตก รวมไปถึงการเพิ่มข้อมูลภาพกลางคืน

การทดสอบประสิทธิภาพการนับยานพาหนะ เป็นการใช้โมเดล Y10-VIS-NBC-NIGHT ร่วมกับการติดตามโดยใช้เทคนิค ByteTrack ที่สามารถติดตามยานพาหนะแม้ถูกบดบังได้ดี ร่วมกับการนับในบริเวณที่สนใจโดยใช้วิธีการนับแบบรถเข้าหรือออกจากการทดสอบวิดีโอทั้งหมด 58 วิดีโอ จากจุดจำนวน 11 จุด การนับมีความแม่นยำที่สุดในเวลากลางวันโดยค่าเฉลี่ยการนับผิดพลาดสัมบูรณ์แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) อยู่ที่ 11.38% กลางคืนภาพแบบสี 41.12% และกลางคืนภาพแบบอินฟาเรด 54.07% โดยกล้องจะทำการเก็บภาพแบบสีเมื่อมีแสงเพียงพอ แต่หากแสงไม่เพียงพอจะมีการเก็บภาพแบบอินฟาเรด โดยมีผลการนับข้อมูลภาพอินฟาเรดมีความผิดพลาดมากที่สุด อาจนับได้น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมด เนื่องจากปริมาณภาพประเภทอินฟาเรดสำหรับการเรียนรู้นั้นมีน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับภาพตอนกลางวันและกลางคืนแบบสี เนื่องจากการแยกประเภทรถจากภาพอินฟาเรดสามารถทำได้ยากแม้แต่ตรวจสอบโดยผู้ใช้ก็ตาม ทำให้การติดตาม และนับภาพกลางคืนแบบอินฟาเรดมีความแม่นยำน้อยมากที่สุด อาจแนะนำให้ตั้งกล้องให้ใช้การตรวจจับภาพเวลากลางคืนแบบสีเป็นหลักพยายามให้มีการจับภาพอยู่ภายใต้แสงที่เพียงพอเพื่อความแม่นยำมากกว่าในการตรวจนับการทดลองของกลางคืนแบบสีมีผลห่างจากกลางวันค่อนข้างมากเนื่องจากวิดีโอทดสอบมีกรณีแสงสะท้อนและกล้องไม่ชัดที่บดบังการตรวจจับยานพาหนะ

จากการทดสอบกรณีต่าง ๆ นอกจากกรณีกลางคืนหากเรียงลำดับกรณีมีผลกระทบกับการนับมากที่สุดจะเป็นกรณีแสงสะท้อนมักจะเกิดในเวลากลางคืนทั้งกรณีภาพแบบสีและอินฟาเรดโดยผลการนับความผิดพลาดจะสูงมากอยู่ที่ 53.40% ตามด้วยกรณีกล้องไม่ชัดจะมีมีความผิดพลาดสูงถึง 39.05% เนื่องจากวิดีโอไม่ชัด และมักเกิดในเวลากลางคืน กรณีกล้องสั่นและกรณีรถบดบังมีผลใกล้เคียงกันประมาณ 20% กรณีกล้องสั่นมีผลไม่มากทั้งกลางวันกลางคืน รวมอยู่ที่ประมาณค่าความผิดพลาดในการนับ 19.27% และในส่วนกรณีรถบังมักเกิดขึ้นตอนกลางวันตอนยานพาหนะมีมาก ทำให้การนับมีความผิดพลาด 17.76% กรณีที่มีผลกับการนับน้อยที่สุดคือกรณีกลางวันรถน้อยหรือรถปานกลางถึงมาก และกรณีฝนตก ค่าความผิดพลาดในการนับแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted MAPE) จะอยู่ที่ไม่เกิน 7% ทั้งสามกรณี ในกรณีฝนตกยังสามารถนับได้ดี อาจเนื่องมาจากวิดีโอทดสอบกลางคืนมีปริมาณยานพาหนะจำนวนน้อย โดยความแม่นยำในการตรวจจับมากที่สุดที่ประเภท รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน (car) รถโดยสารขนาดเล็ก รถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา (semi_trailer) และรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) (pickup) ตามลำดับ ส่วนความแม่นยำในการตรวจจับน้อยที่สุดคือ จักรยาน (bicycle) และรถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) (full_truck) และรถโดยสารขนาดใหญ่ (Large_bus) ตามลำดับ อย่างไรก็ดีรถดัดแปลงมีเพียง 1 คันสำหรับทดสอบและได้ความแม่นยำ 100%

การทดสอบประสิทธิภาพทางเวลาของการประมวลผลเครื่องแม่ข่ายความเร็วในการประมวลเพื่อความแม่นยำสูงสุด ระบบของเรามีการประมวลผลด้วยความเร็วที่ 27.10 เฟรมต่อวินาที จากวิดีโอความเร็ว 15 เฟรมต่อวินาที และในกรณีการนับทุกเฟรมหรือเว้น 1 เฟรม จะประมวลผลเร็วขึ้นอีกประมาณสองเท่า แต่ค่าความผิดพลาดก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนเฟรมที่ใช้น้อยลง

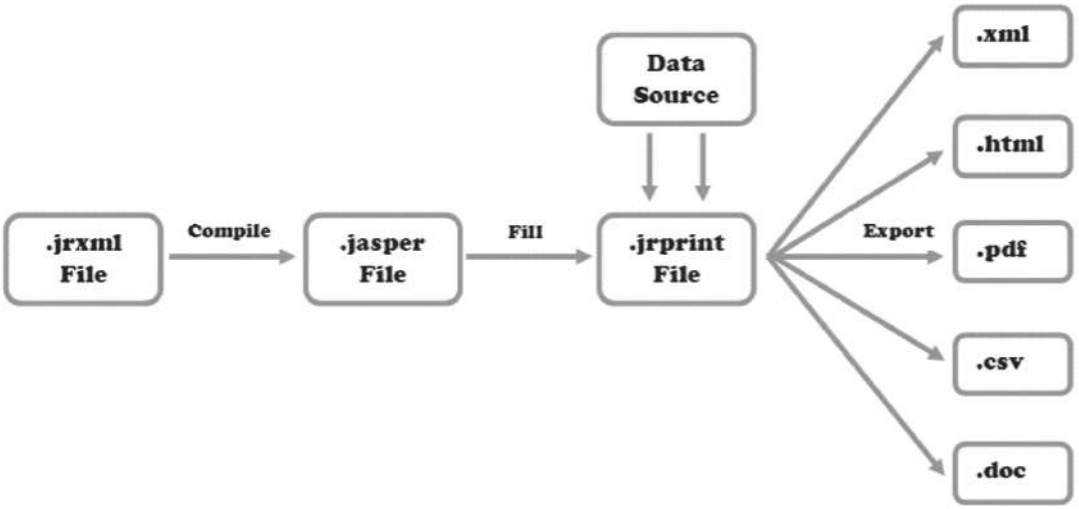
การประมวลผลวิดีโอที่ได้ทำการติดตั้งกล้องสำรวจปริมาณจราจรในพื้นที่นำร่อง 11 จุด โดยใช้ระบบ Video Image Processing ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยผลลัพธ์ที่ได้ดังตารางที่ 4-56

ตารางที่ 4-56 สรุปการประมวลผล Video Image Processing ในพื้นที่สำรวจ 11 จุด

ลำดับที่	รหัสจุดสำรวจ	ทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอนควบคุม	หมวดทางหลวง	แขวงทางหลวง	สำนักงานทางหลวง	วันที่สำรวจ	ทิศทาง	ตำแหน่ง กม. สำรวจจริง	รถจักรยาน 2 ล้อและรถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและรถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสารขนาดเล็ก (5)	รถโดยสารขนาดกลาง (6)	รถโดยสารขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
1	381	1	1003	วังม่วง - แม่เชียงรายบน	แม่สลิด	ตากที่ 1	สทล.ที่ 4 (ตาก)	24 ก.ค. 67	ซ้ายทาง	542+693	1	672	2,585	477	147	24	102	2,812	831	322	1	953	6	9,383
									ขวาทาง	542+665	0	564	1571	1260	16	15	62	2506	736	144	0	449	1	7,575
2	1701	2	700	น้ำสวย – สะพานมิตรภาพที่หนองคาย (เขตแดนไทย/ลาว)	หนองคาย	หนองคาย	สทล.ที่ 3 (สกลนคร)	24 ก.ค. 67	ซ้ายทาง	497+929	3	1,959	3,086	1,249	8	20	31	3,583	504	48	1	308	0	11,011
									ขวาทาง	498+103	3	2,076	3,373	1,639	7	22	48	3,973	395	105	218	403	1	12,263
3	2092	3	601	นายายอาม - บ้านสิ้ว	ท่าใหม่	จันทบุรี	สทล.ที่ 14 (ชลบุรี)	31 ก.ค. 67	ซ้ายทาง	307+979	3	742	1,998	1,272	23	35	19	3,431	482	48	71	109	0	8,233
									ขวาทาง	308+149	0	834	4,502	742	14	45	40	6,533	737	162	232	213	2	14,056
4	1930	4	605	บางสะพาน - น้ำรอด	บางสะพาน	ประจวบคีรีขันธ์ (หัวหิน)	สทล.ที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์)	6 พ.ย. 67	ซ้ายทาง	389+069	0	680	2,484	572	26	8	139	3,368	1,678	295	284	1,507	0	11,041
									ขวาทาง	389+036	2	922	2,156	533	82	8	51	3,944	1,890	572	419	1,885	1	12,465
5	2056	4	1304	ห้วยทราย - พรุพ้อ	ป่าบอน	พัทลุง	สทล.ที่ 16 (นครศรีธรรมราช)	16 ก.ค. 67	ซ้ายทาง	1206+134	3	1,333	2,528	433	19	17	65	3,746	520	398	314	683	0	10,059
									ขวาทาง	1206+200	1	1,811	3,646	645	34	36	66	4,778	863	513	407	1,120	3	13,923
6	1479	23	402	ยโสธร - บ้านย่อ	ยโสธร	ยโสธร	สทล.ที่ 8 (มหาสารคาม)	16 ก.ค. 67	ซ้ายทาง	184+498	2	2,405	3,175	339	82	10	23	4,201	311	68	85	68	4	10,773
									ขวาทาง	184+552	0	2,277	2,789	382	16	14	23	4,192	234	98	77	61	0	10,163
7	325	32	201	นครหลวง - อ่างทอง	บางปะหัน	อ่างทอง	สทล.ที่ 12 (สุพรรณบุรี)	17 ก.ค. 67	ซ้ายทาง	42+654	0	709	8,320	1,625	46	124	399	7,443	1,788	1,135	1,030	2,146	131	24,896
									ขวาทาง	42+551	1	771	11,738	2,068	88	106	453	9,943	2,268	874	1,506	1,941	10	31,767
8	1347	201	201	หนองบัวโคก - บ้านลี่	จตุรัส	ชัยภูมิ	สทล.ที่ 7 (ขอนแก่น)	17 ก.ค. 67	ซ้ายทาง	81+677	0	1,119	2,282	376	34	10	58	3,317	520	191	250	458	0	8,619
									ขวาทาง	80+955	2	980	1,930	380	10	13	55	3,096	528	171	315	446	2	7,928
9	537	1001	100	เชียงใหม่ - บ้านโป่ง	สันทราย	เชียงใหม่ที่ 2	สทล.ที่ 1 (เชียงใหม่)	24 ก.ค. 67	ซ้ายทาง	1+142	1	13,006	17,241	965	152	12	31	7,684	459	112	46	137	6	39,852
									ขวาทาง	1+115	22	13,083	17,743	1,153	244	25	41	7,257	405	110	65	97	1	40,246
10	56	3261	100	คลอง10 - หนองเสือ	หนองเสือ	นครนายก	สทล.ที่ 13 (กรุงเทพ)	30 ก.ค. 67	ซ้ายทาง	9+627	6	2,002	1,159	98	14	8	5	1,877	190	35	116	84	6	5,600
									ขวาทาง	9+587	10	2,604	946	391	7	5	12	1,684	182	27	97	35	6	6,006
11	2053	34	300	บางปะกง- หนองไม้แดง	หนองไม้แดงที่ 1	ชลบุรีที่ 1	สทล.ที่ 14 (ชลบุรี)	31 ก.ค. 67	ทางหลักซ้ายทาง	55+815	0	792	17,940	2,808	70	138	289	11,515	3,565	1,633	748	5,562	0	45,060
									ทางหลักขวาทาง	56+013	0	982	19,091	3,329	31	176	384	14,720	5,602	2,335	1,148	7,179	2	54,979
									ทางขนานซ้ายทาง	55+824	1	5,343	7,231	2,300	109	94	255	6,481	3,576	1,536	443	2,609	2	29,980
									ทางขนานขวาทาง	55+971	3	2,704	2,491	916	98	53	180	3,272	1,501	554	198	963	0	12,933

4.6 พัฒนาระบบให้สามารถส่งออกรายงานและสรุปผลในรูปแบบไฟล์เอกสารดิจิทัลในรูปแบบหลากหลาย HTML, Excel, CSV, PDF และ SHP

สามารถส่งออกรายงานและสรุปผลข้อมูลรายการบัญชี ผ่านระบบส่งออกรายงานตามความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น ส่งออกข้อมูลตามพื้นที่รับผิดชอบ โดยที่ปรึกษาจะจัดโครงสร้างข้อมูลรายงานตามหมวดหมู่การส่งออกรายงาน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกส่งออกข้อมูลได้ ดังรูปที่ 4-86



รูปที่ 4-86 Flow การทำงานซอฟต์แวร์ในการส่งออกรายงานสรุปผลในรูปแบบไฟล์เอกสารดิจิทัล

โดยปัจจุบันระบบสามารถส่งออกรายงานได้รูปแบบ HTML, Excel, CSV, PDF และ SHP และสามารถ ส่งออกรายงานสรุปข้อมูลต่างๆ ได้ทั้งหมด 25 รายงาน พร้อมทั้งสามารถกรองข้อมูลที่ต้องการส่งออกได้ ไม่ว่าจะเป็น จำแนกตามหน่วยงาน (สำนักงานทางหลวง แขวงทางหลวง หมวดทางหลวง) สายทาง ตอนควบคุม ประเภทจุดสำรวจปริมาณจราจร ปีที่สำรวจ เป็นต้น โดยรายงานที่สามารถส่งออกได้ประกอบไปด้วย

1) รายงานบัญชีสายทาง
   - จำแนกตามหน่วยงาน
   - จำแนกตามจังหวัด
2) รายงานจุดสำรวจปริมาณจราจรบนทางหลวง
   - จำแนกตามหน่วยงาน
   - จำแนกตามจังหวัด
   - จำแนกตามประเภทจุดสำรวจ

3) รายงานปริมาณจรจรายงวด/รายปี
   - จำแนกตามหน่วยงาน
   - จำแนกตามจังหวัด
   - จำแนกตามภาค
4) อัตราการเจริญเติบโตบนทางหลวง (Growth Rate)
   - จำแนกตามหน่วยงาน
   - จำแนกตามจังหวัด
   - จำแนกตามประเภทจุดสำรวจ
5) แผนที่แสดงปริมาณจราจร
   - จำแนกตามหน่วยงาน
   - จำแนกตามจังหวัด
6) รายงานจุดสำรวจปริมาณจราจรทางหลวง (อัตโนมัติ)
   - จำแนกตามเดือน
   - จำแนกตามปี
7) แผนที่จุดสำรวจปริมาณจราจรบนทางหลวง
   - จำแนกหน่วยงาน
   - จำแนกตามจังหวัด

รายงานปริมาณการเดินทาง (VK)

8) แผนที่แสดงปริมาณการเดินทาง (VK)
   - จำแนกตามหน่วยงาน
   - จำแนกตามจังหวัด
   - จำแนกตามภาค
9) รายงานปริมาณการเดินทางบนทางหลวงแผ่นดิน (คัน-กิโลเมตร)
   - จำแนกตามปี
10) รายงานปริมาณการเดินทางเพื่อการขนส่งสินค้า
   - จำแนกตามปี
11) รายงานประมาณการปริมาณการเดินทางบนทางหลวง
   - จำแนกตามปี

12) กราฟแนวโน้มปริมาณการเดินทาง

- จำแนกตามปี

13) รายงานปริมาณการเดินทางบนทางหลวงทั่วประเทศย้อนหลัง 15 ปี

- จำแนกตามปี

14) รายงานอัตราการเพิ่มของปริมาณการเดินทางบนทางหลวงย้อนหลัง 5 ปี

- จำแนกตามปี

15) รายงานปริมาณการเดินทางบนทางหลวง

- จำแนกตามจังหวัดและแขวงทางหลวง
- จำแนกตามภาคและสำนักงานทางหลวง
- จำแนกตามสายทาง

16) กราฟปริมาณการเดินทางบนทางหลวงจำแนกตามภาค

- จำแนกตามปี

รายงานดัชนีการจราจรติดขัด (V/C)

17) ตารางแสดงค่ากลางและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของดัชนีการจราจรและความหนาแน่นบนทางหลวง

- จำแนกตามปี

18) กราฟแสดงการกระจายค่า VC และ Density

- จำแนกตามหมายเลขทางหลวงและช่องจราจร
- จำแนกตามหมายเลขทางหลวง

19) รายงานตารางวิเคราะห์ค่า V/C ตามระดับชั้นของค่า V/C

- จำแนกตามปี

20) รายงานค่าดัชนีการจราจรติดขัดและความหนาแน่นการจราจรบนทางหลวงจำแนกตามสายทาง

- จำแนกตามระดับการให้บริการ

21) รายงานค่าดัชนีการจราจรติดขัด (V/C) ตามระดับบริการ จำแนกตามประเภททางหลวง

- จำแนกตามปี

22) รายงานค่าดัชนีการจราจรติดขัดบนทางหลวงตามระดับบริการ

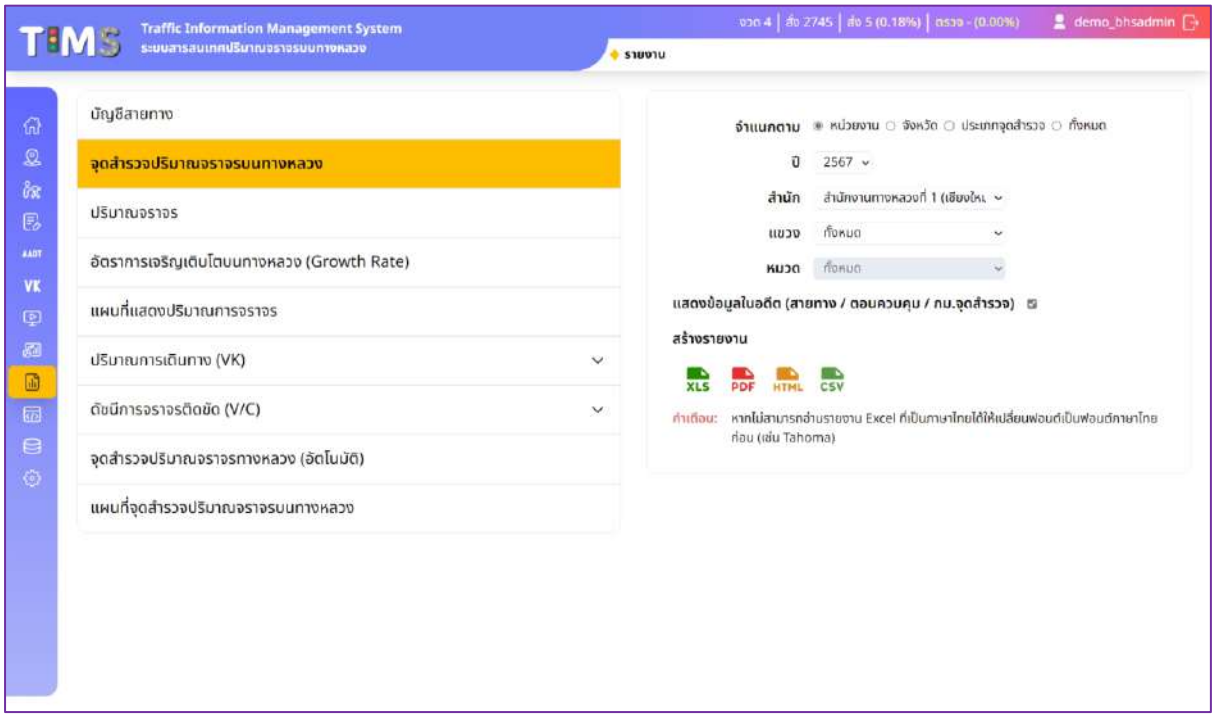
- จำแนกตามสำนักงานทางหลวง
- จำแนกตามแขวงทางหลวง
- จำแนกตามภาค
- จำแนกตามจังหวัด

23) รายงานค่าดัชนีการจราจรติดขัดบนทางหลวงแผ่นดินตามปริมาณจราจร

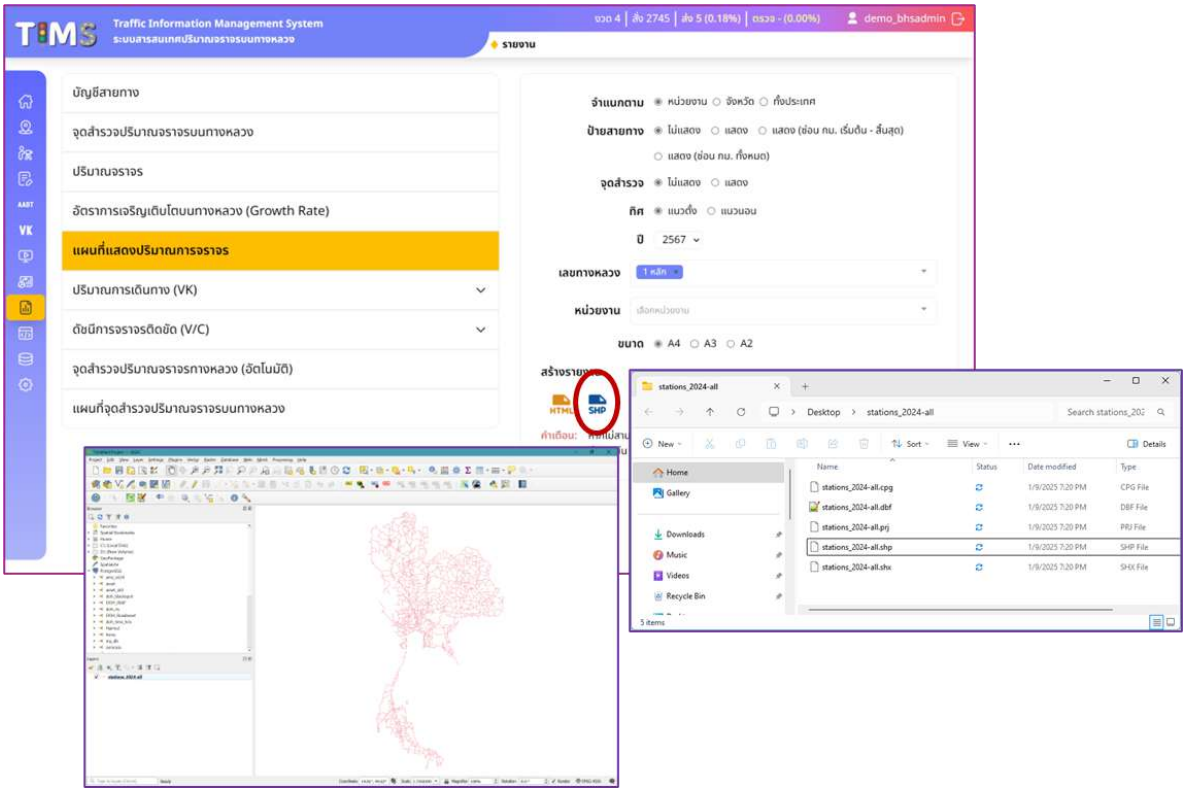
- จำแนกตามปี

24) แผนที่แสดงดัชนีการจราจรติดขัดบนทางหลวงแผ่นดิน

- จำแนกตามหน่วยงาน
- จำแนกตามจังหวัด



รูปที่ 4-87 ตัวอย่างหน้าส่งออกรายงาน



รูปที่ 4-88 ตัวอย่างหน้าส่งออกข้อมูลในรูปแบบ Shape file (SHP)

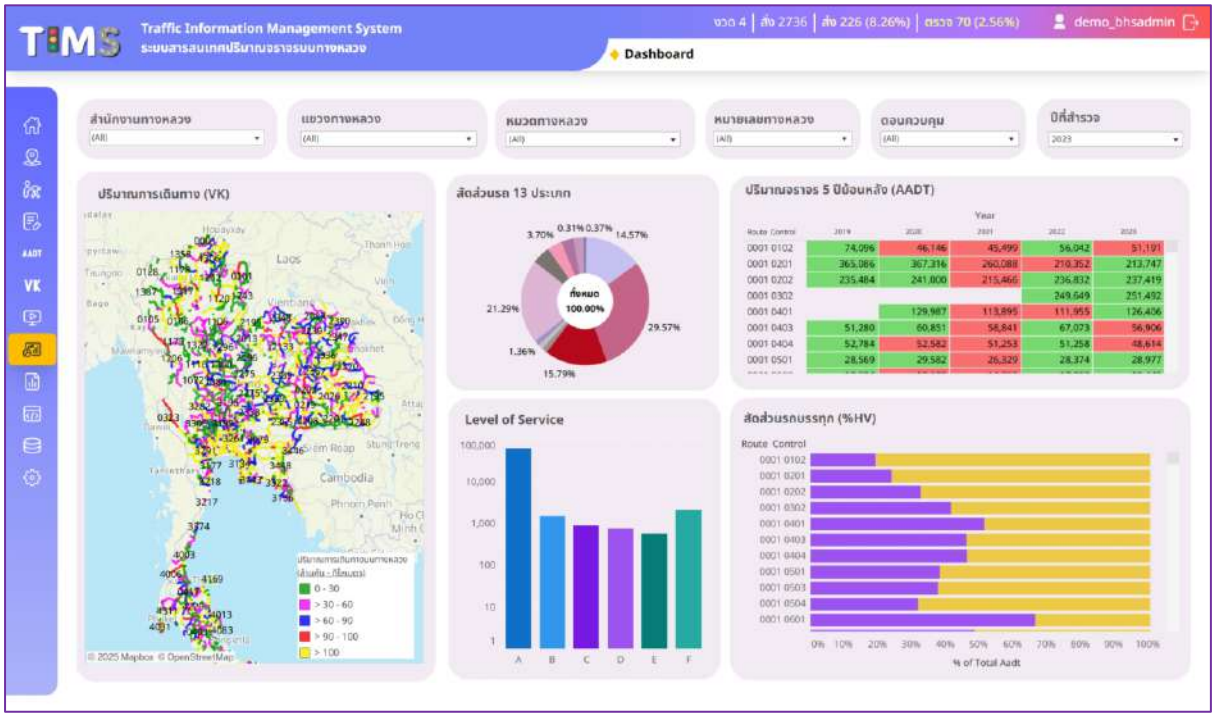
4.7 พัฒนาระบบให้รองรับการจัดทำรายงานสรุปข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจร ข้อมูลปริมาณการเดินทาง ข้อมูลดัชนีการจราจรติดขัด และข้อมูลอื่น ๆ แสดงผลในลักษณะหน้าจอสรุปภาพรวม Dashboard แสดงผลข้อมูลตามสถานการณ์และรายงานข้อมูล โดยใช้เทคนิค Data Visualization ในการนำเสนอข้อมูลเชิงปริมาณ เชิงแผนที่ และรูปแบบอื่น ๆ และรองรับการใช้งานแบบ Drill Down/Bottom Up และการปรับแต่งเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูลให้มีความยืดหยุ่นต่อการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ในอนาคต (Pivot Table)

ระบบที่ออกแบบจะต้องสามารถวิเคราะห์ ประมวลผล และแสดงข้อมูลแบบหลายมิติ (Pivot Table) ต้องมีคุณสมบัติอย่างน้อย ดังนี้

1) สามารถวิเคราะห์ ประมวลผล และแสดงข้อมูลในมิติต่าง ๆ ได้
2) สามารถค้นหา คัดกรอง เลือก ข้อมูล และคำนวณข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น SUM AVG COUNT เป็นต้นได้
3) สามารถสร้างรายการคำนวนจากข้อมูลหลักได้
4) สามารถ Export ผลการแสดงข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น CSV Excel PDF เป็นต้นได้
5) สามารถแสดงได้ทั้งรูปแบบตารางและรูปแบบกราฟ เช่น Column Bar Line Pie Heat Map เป็นต้นได้
6) สามารถ Import ข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น CSV JSON เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์ในรูปแบบหลายมิติได้

ระบบได้รับการพัฒนาขึ้นโดยใช้ซอฟต์แวร์ Tableau ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์สำหรับการสร้าง Data Visualization เพื่อความสะดวกในการปรับแก้ข้อมูล และสามารถสร้าง Dashboard หรือเพิ่ม-ลดรายงานสรุปผลข้อมูลได้ตามความเหมาะสม (Ad hoc Report) ที่ปรึกษาได้ดำเนินการศึกษาเทคนิค Data Visualization เพื่อปรับปรุงและออกแบบหน้าจอการใช้งานระบบ (User Interface) ในการแสดงผลข้อมูลการสรุปภาพรวม โดยใช้ข้อมูลเชิงสถิติ เพื่อมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูลและนำผลที่วิเคราะห์ได้มาแสดงผลในรูปแบบ (Dashboard) หรือ รายงาน (Report) ทั้งในรูปแบบของ แผนภูมิ แผนภาพ รวมถึงการแสดงผลใช้เชิงพื้นที่หรือแผนที่ ตัวอย่างเช่น ข้อมูลเชิงตัวเลข (Numeric) ข้อมูลหมวดหมู่ (Categorical) และข้อมูลที่จัดเรียงลำดับเวลา (Time Series) เป็นต้น โดยเครื่องมือที่ใช้ มีทั้งในรูปแบบสำเร็จรูปหรือสามารถพัฒนาขึ้นมาเอง เพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานของผู้ใช้งานมากที่สุด โดยต้องคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ความสวยงาม และเข้าใจง่ายโดยที่ปรึกษาได้ทำการศึกษา Data Visualization Tools ที่ใช้ในการแสดงผลที่น่าสนใจ เหมาะกับการแสดงผลข้อมูลในระบบได้แก่ Tableau เป็น Business Intelligence Tool สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ใช้สามารถสร้างและแจกจ่าย Dashboard ทั้งแบบ Interactive และ Sharable แสดงถึงแนวโน้ม

การเปลี่ยนแปลง และความหนาแน่น ของข้อมูลใน Graph และ Charts ได้ Tableau สามารถเชื่อมต่อกับ Files Relational Data Sources และ Big Data Sources เพื่อรับและประมวลผลข้อมูล โดยข้อดีของ Tableau คือ เป็น Business Intelligence Tool เรียบง่ายที่สุดใน Desktop System ไม่บังคับให้ผู้ใช้ต้องเขียน Custom Code ขึ้นมาเอง Software จะช่วยในการผสมข้อมูลและการทำงานร่วมกันแบบ Realtime



รูปที่ 4-89 การออกแบบหน้าจอการแสดงผล Dashboard

4.8 ระบบจะต้องสามารถใช้งานบนเครือข่ายผ่าน Web browser ที่เป็นมาตรฐานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ได้แก่ Microsoft Edge (เวอร์ชั่นล่าสุด) Google Chrome และ Mozilla Firefox ได้เป็นอย่างน้อย และต้องพัฒนาด้วยเทคโนโลยี Web Responsive สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์ Mobile Device ที่มีหลายขนาดได้อย่างเหมาะสม

ที่ปรึกษาจะทำการพัฒนาระบบที่สามารถใช้งานบนเครือข่าย Internet ผ่าน Web browser ที่เป็นมาตรฐานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ได้แก่ Microsoft Edge หรือ IE Google Chrome และ Mozilla Firefox ได้เป็นอย่างน้อย โดยเวอร์ชั่นของ Web browser ที่สามารถรองรับได้เป็นอย่างน้อยมีดังต่อไปนี้

- Mozilla Firefox 9.0 ขึ้นไป
- Google Chrome 9.1 ขึ้นไป
- Microsoft Edge 9.1 ขึ้นไป

ปัจจุบันอุปกรณ์ประเภทอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Device) มีการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็น Smart Phone หรือ Tablet ทำให้พฤติกรรมการใช้งานเว็บไซต์ของผู้คนเปลี่ยนไป โดยเริ่มหันมาใช้งานเว็บไซต์ผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือ Tablet มากขึ้น การออกแบบเว็บไซต์จึงต้องคำนึงถึง การใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ด้วย และเนื่องจากหน้าจอของโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือ Tablet มีพื้นที่จำกัด การใช้รูปแบบแสดงผลเว็บไซต์แบบเดียวกันที่อยู่บน Desktop จะถูกจัดเพื่อให้พอดีกับหน้าจอจนตัวหนังสือมีขนาดเล็กมาก และปุ่มต่าง ๆ ก็จะกดไม่สะดวกนัก จึงจำเป็นต้องออกแบบเว็บที่สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ได้ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานเว็บไซต์ได้ง่ายขึ้นบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ และ Tablet เนื่องจากอุปกรณ์เคลื่อนที่มีหน้าจอขนาดเล็กกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ Desktop มากเพื่อให้การแสดงผลสวยงามและใช้งานง่าย เมื่อดูในโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือ Tablet รวมทั้งอาจปิดไม่ให้แสดงผลในส่วนของเนื้อหาจุดที่ไม่สำคัญ หรือรูปแบบการใช้งานใดที่มีขนาดใหญ่เกินไปหรือ Touch ไม่สะดวก จะถูกเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานให้ง่ายขึ้น Responsive Web Design คือการออกแบบเว็บไซต์ให้รองรับขนาดหน้าจอของอุปกรณ์ทุกชนิด ตั้งแต่คอมพิวเตอร์ที่มีขนาดหน้าจอหลากหลายไปจนถึงโทรศัพท์เคลื่อนที่ Smart Phone และ Tablet ต่าง ๆ ที่มีมาตรฐานขนาดหน้าจอที่แตกต่างกัน โดยเป็นการออกแบบครั้งเดียวที่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกหน้าจอ ทั้งนี้ Responsive Web Design เป็นการออกแบบเว็บไซต์ โดยใช้เทคนิคของ CSS CSS3 และ JavaScript ในการออกแบบเพื่อให้เว็บไซต์สามารถจัดลำดับเรียงข้อมูลบนเว็บไซต์ให้รองรับการแสดงผลผ่านหน้าจอที่มีขนาดแตกต่างกันได้โดยอัตโนมัติ โดยผู้ใช้งานเว็บไซต์สามารถเปิดใช้งานเว็บไซต์ได้ โดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดของหน้าจอหรือชนิดของอุปกรณ์สื่อสาร อีกทั้งในปัจจุบัน ในเรื่องการออกแบบ User Interface (UI) หรือ User Experience Design (UI/UX) เป็นการออกแบบการใช้งานส่วนที่ใช้แสดงผล ติดต่อและตอบโต้กับผู้ใช้จะเน้นการออกแบบในลักษณะที่เรียกว่า User Interface Design (UI) ในการออกแบบควรมีการใช้งานง่าย เพราะถ้าใช้งานยากก็จะไม่มีคนอยากใช้งานระบบ รวมทั้งสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย



รูปที่ 4-90 Web Responsive Design

บทที่ 5
งานจัดซื้อและติดตั้งระบบ

5.1 การจัดซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย แบบที่ 2 ทำหน้าที่เป็น Application Sever และ Database Server จำนวน 1 ชุด โดยมีคุณลักษณะเฉพาะอย่างน้อยดังต่อไปนี้

1) มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ 16 แกนหลัก (16 core) หรือดีกว่า สำหรับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) โดยเฉพาะและมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาพื้นฐานไม่น้อยกว่า 2.9 GHz จำนวนไม่น้อยกว่า 2 หน่วย
2) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) รองรับการประมวลผลแบบ 64 bit มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันไม่น้อยกว่า 24 MB
3) มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด ECC DDR4 หรือดีกว่า ขนาดไม่น้อยกว่า 32 GB
4) สนับสนุนการทำงาน RAID ไม่น้อยกว่า RAID 0, 1, 5
5) มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SCSI หรือ SAS ที่มีความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 10,000 รอบ/นาที ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 2 TB หรือ ชนิด Solid State Drive หรือดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 960 GB จำนวนไม่น้อยกว่า 4 หน่วย
6) มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10 Gb Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
7) Power Supply แบบ Redundant หรือ Hot Swap จำนวน 2 หน่วย

ที่ปรึกษาได้เสนอเพื่อพิจารณาการจัดหาครุภัณฑ์เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายโดยเปรียบเทียบคุณสมบัติให้สามารถเทียบเท่า หรือสูงกว่าข้อกำหนด ซึ่งมีคุณลักษณะดังตารางที่ 5-1 โดยได้ทำการจัดซื้อและส่งมอบเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 2567

ตารางที่ 5-1 เปรียบเทียบรายละเอียดเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ระหว่างรายการข้อกำหนด TOR กับรายการที่เสนอเพื่อพิจารณาภายในโครงการ

ลำดับ	รายการข้อกำหนด TOR	รายละเอียดคุรุภัณฑ์ที่จัดหา	คุณสมบัติ	
			สูงกว่า	เทียบเท่า
1	มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ 16 แกนหลัก (16 core) หรือดีกว่า สำหรับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) โดยเฉพาะและมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาพื้นฐานไม่น้อยกว่า 2.9 GHz จำนวนไม่น้อยกว่า 2 หน่วย	มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ 16 แกนหลัก (16 core) หรือดีกว่า สำหรับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) โดยเฉพาะและมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาพื้นฐานกว่า 2.9 GHz จำนวน 2 หน่วย		√
2	หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) รองรับการประมวลผลแบบ 64 bit มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกัน ไม่น้อยกว่า 24 MB	หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) รองรับการประมวลผลแบบ 64 bit มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกัน 24 MB		√
3	มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด ECC DDR4 หรือดีกว่า ขนาดไม่น้อยกว่า 32 GB	มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด ECC DDR4 ขนาด 2x32GB (64GB)	√	
4	สนับสนุนการทำงาน RAID ไม่น้อยกว่า RAID 0, 1, 5	สนับสนุนการทำงาน RAID ไม่น้อยกว่า RAID 0, 1, 5		√
5	มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SCSI หรือ SAS ที่มีความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 10,000 รอบ ต่อนาที ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 2 TB หรือ ชนิด Solid State Drive หรือดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 960 GB จำนวนไม่น้อยกว่า 4 หน่วย	มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด Solid State Drive ขนาดความจุ 960 GB จำนวน 4 หน่วยและ SAS ที่มีความเร็วรอบ 7.2K ต่อนาที ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 8 TB จำนวน 3 หน่วย	√	
6	มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10 Gb Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง	มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10 Gb Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง		√
7	Power Supply แบบ Redundant หรือ Hot Swap จำนวน 2 หน่วย	Power Supply แบบ Redundant หรือ Hot Swap จำนวน 2 หน่วย		√

ที่ อว 64.29/๐๙๑๘

สถาบันการขนส่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ชั้น 6 อาคารประชาธิปก-รำไพพรรณี
วังใหม่ ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

๒ ตุลาคม 2567

เรื่อง ขอส่งมอบครุภัณฑ์
เรียน ผู้อำนวยการสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง
อ้างถึง สัญญาเลขที่ สป.3/2567 ลงวันที่ 17 พฤษภาคม 2567
สิ่งที่แนบมาด้วย ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติครุภัณฑ์

ตามที่ สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง ได้ว่าจ้าง สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นที่ปรึกษา "โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System : TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ" ค่างานตามสัญญา 13,720,000.00 บาท (สิบสามล้านเจ็ดแสนสองหมื่นบาทถ้วน) นั้น โดยขอบเขตงานกำหนดให้ที่ปรึกษา ดำเนินการจัดหาอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ตามขอบเขต TOR ข้อ 3.4.1 จัดซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย แบบที่ 2 Application Server และ Database Server จำนวน 1 ชุด ดังรายละเอียดที่แนบมานี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และดำเนินการต่อไป จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มาโนช โลหเตปานนท์)
ผู้รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันการขนส่ง

ฝ่ายบริหาร
โทรศัพท์ 02-181-1770, 063-583-5055
โทรสาร 02-1811768, 0-2218-7446

รูปที่ 5-1 หนังสือส่งมอบครุภัณฑ์เครื่องแม่ข่าย



รูปที่ 5-2 การตรวจรับเครื่องแม่ข่าย

5.2 การจัดซื้อโปรแกรมสำหรับแสดงข้อมูลภาพรวม โดยการปรับแต่งเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูลให้มีความยืดหยุ่นต่อการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ในอนาคต (Pivot Table) โดยมีคุณลักษณะพื้นฐานดังต่อไปนี้

1) สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลแผนภูมิและส่วนประกอบตารางให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น Bar Chart Line Chart Scatter Pie Chart หรือแบบผสม เป็นต้น
2) สามารถปรับเปลี่ยนการแสดงผลให้สามารถเรียงลำดับข้อมูลอย่างเหมาะสมโดยสามารถปรับเปลี่ยน Fields เลือกการแสดงผลข้อมูลหรือคำนวณค่าเฉลี่ยทางสถิติได้เบื้องต้น
3) สามารถส่งออกข้อมูลในรูปแบบไฟล์เอกสาร เช่น ไฟล์ PDF Excel CSV เป็นต้น
4) สามารถแสดงผลข้อมูลภาพรวมในรูปแบบ Dashboard และสามารถปรับการแสดงผลข้อมูลหรือปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลได้อย่างอิสระ

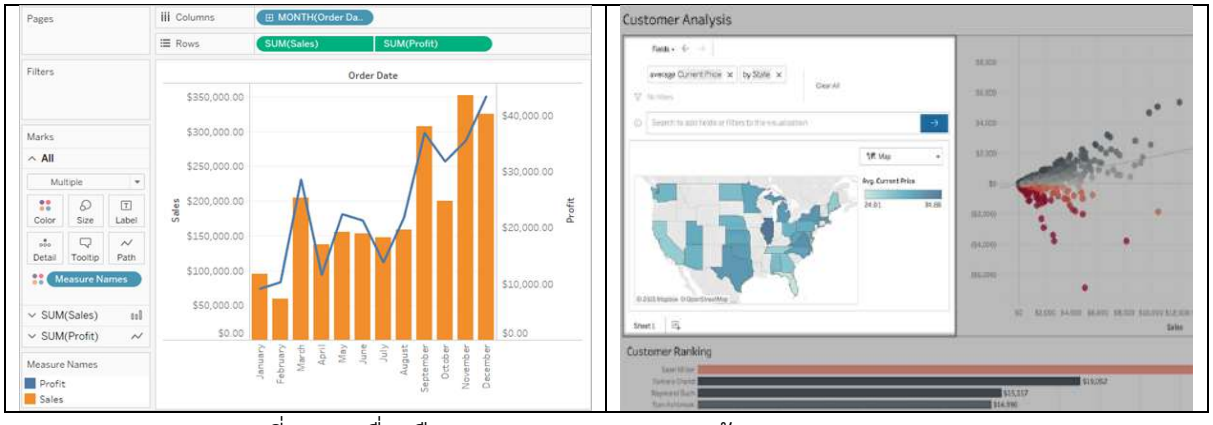
ที่ปรึกษาได้ทำการจัดหาโปรแกรมสำหรับแสดงข้อมูลภาพรวม (Pivot Table) โดยซอฟต์แวร์ที่ทำการจัดหา ได้แก่ Tableau จำนวน 1 License โดยมีอายุการใช้งาน 10 ปี โดย Package Tableau Creator ประกอบไปด้วย

- Tableau Desktop 1 License
- Tableau Prep Builder 1 License
- Creator license of Tableau Server 1 License

คุณสมบัติของ Tableau มีดังนี้

1) มีเครื่องมือและรูปแบบการแสดงผลข้อมูล (Visualizations) ให้เลือกหลากหลาย เช่น
    - Bar Chart (แผนภูมิแท่ง)
    - Box Plot (แผนภูมิกราฟกล่อง)
    - Bullet Graph (แผนภูมิแบบกระสุน)
    - Density Marks (Heatmap) (แผนที่ความร้อน)
    - Gantt Chart (แผนภูมิแสดงกิจกรรม)
    - Highlight Table (ตารางไฮไลท์สี)
    - Histogram (แผนภูมิฮิสโตแกรม)
    - Line Chart (แผนภูมิแบบเส้น)
    - Packed Bubble Chart (แผนภูมิฟองสบู่)
    - Pie Chart (แผนภูมิวงกลม)
    - Scatter Plot (แผนภูมิแบบกระจาย)

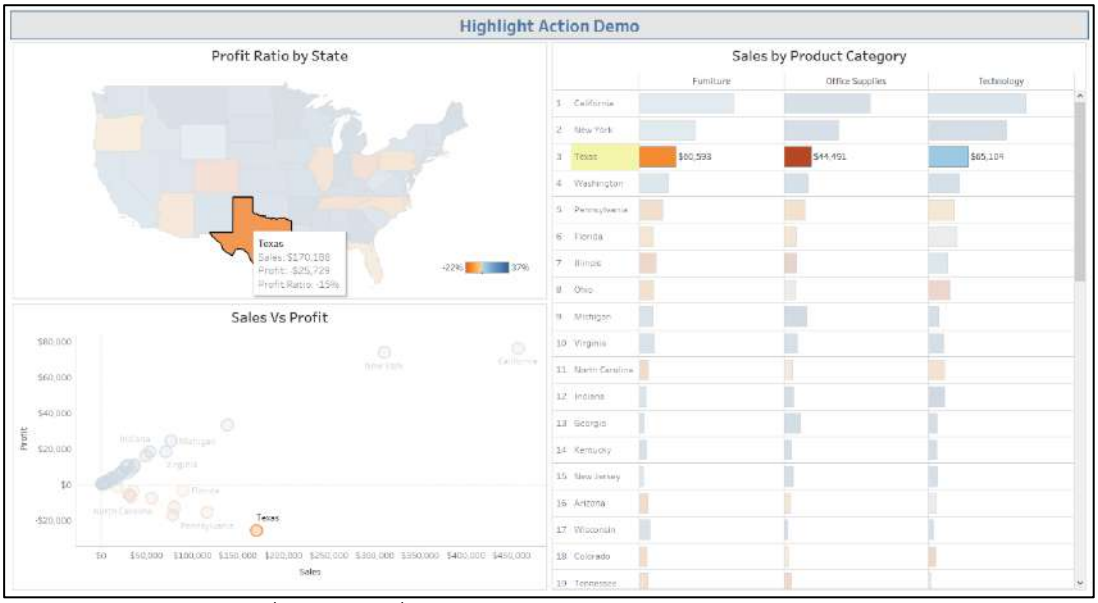
- Text Table (ตารางข้อความ)
- Treemap (แผนภูมิทรีแม็ป)
- Combination Charts (แผนภูมิผสม)
- แผนที่ (Maps)



รูปที่ 5-3 เครื่องมือและรูปแบบการแสดงผลข้อมูล (Visualizations)

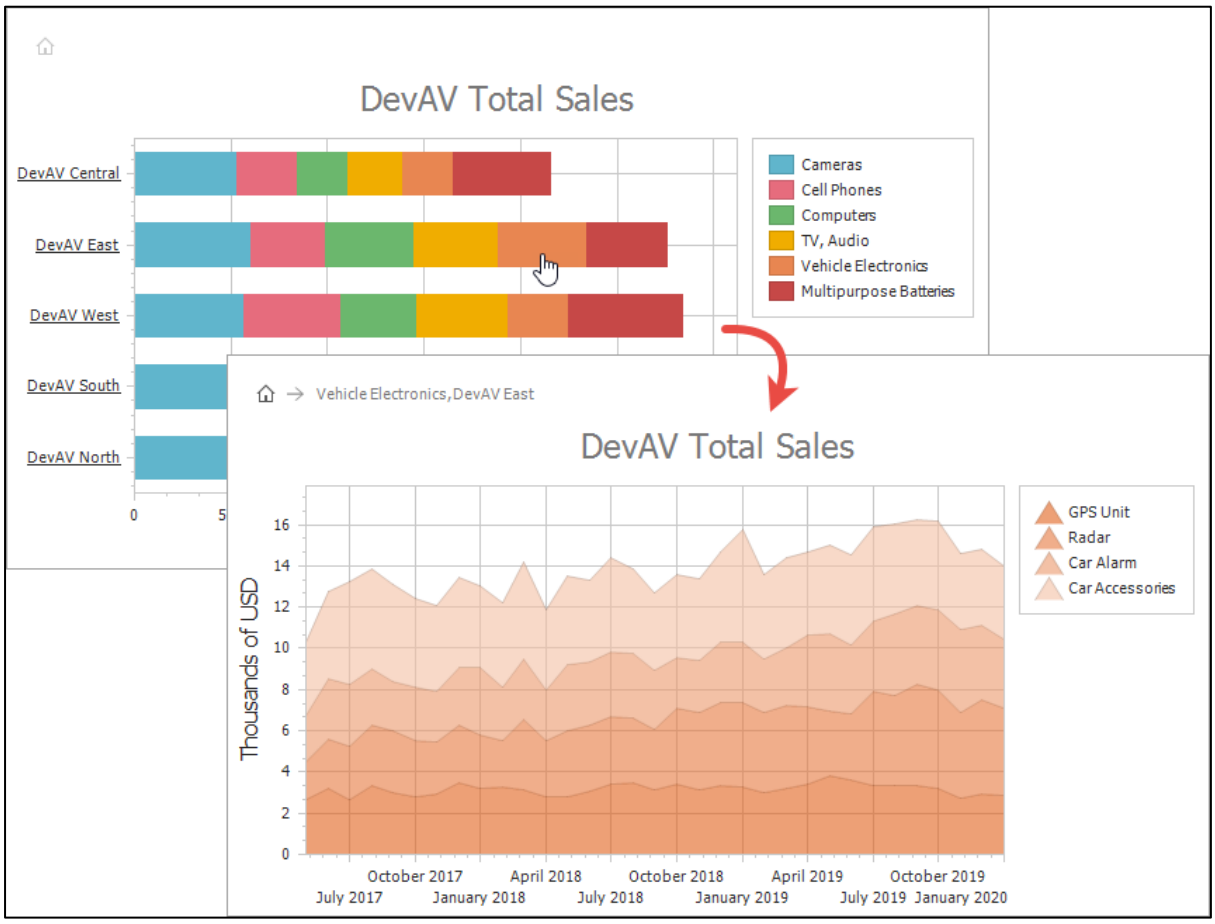
2) มีการเชื่อมโยงระหว่างกราฟ (Highlight Actions) สามารถเชื่อมโยงระหว่างกราฟ (Highlight Actions) โดยแสดงผลข้อมูลในกราฟหนึ่งจะส่งผลต่อการแสดงผลในกราฟอื่นทันที

- กำหนดจุดที่สนใจด้วยตนเอง (Select marks)
- การใช้คำอธิบายสัญลักษณ์ (Legends)
- การใช้การเชื่อมโยงขั้นสูง (Highlighter)



รูปที่ 5-4 การเชื่อมโยงระหว่างกราฟ (Highlight Actions)

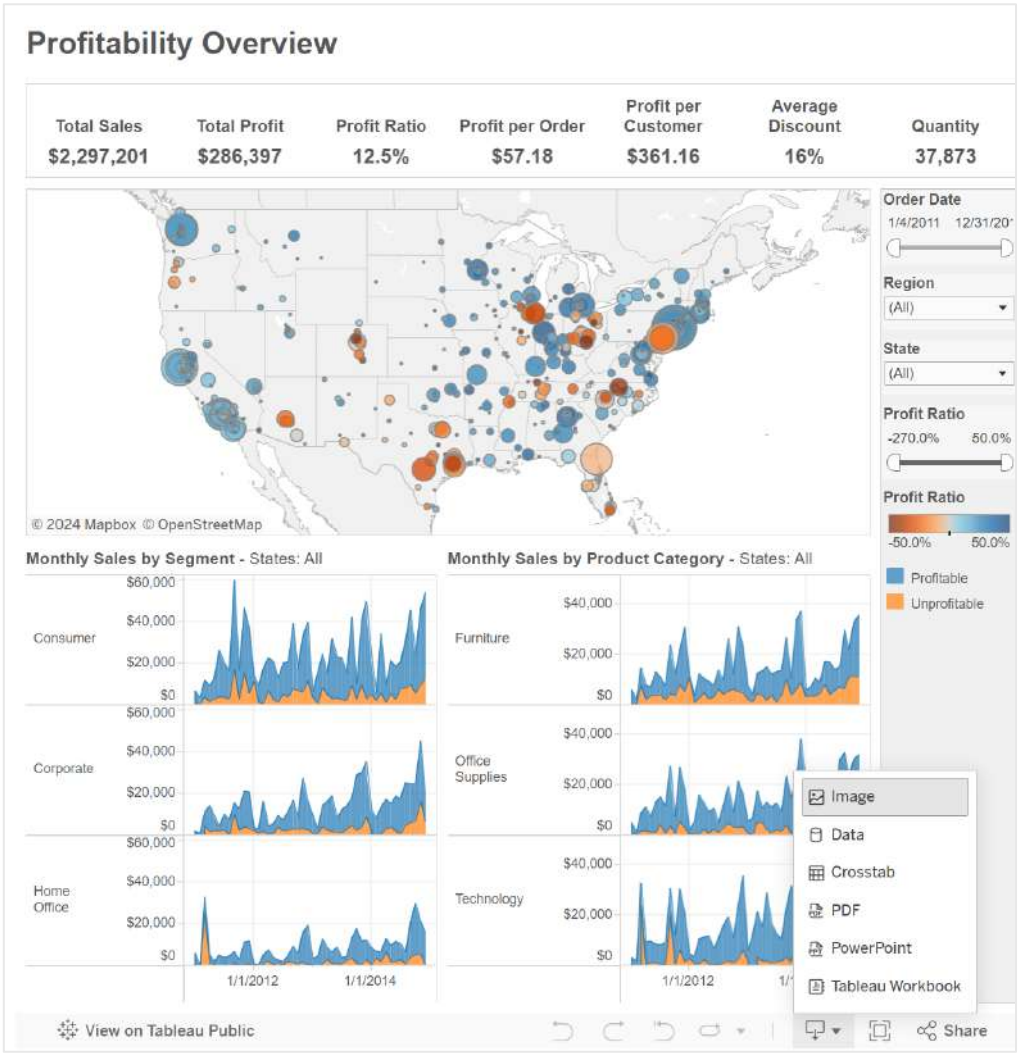
3) สามารถสร้าง Dashboard แบบ Interactive ที่สามารถกรองข้อมูล (Filter) หรือคลิกเจาะลึกข้อมูล (Drill Down) ได้ Dashboard สามารถสร้างตัวกรอง (Filter) แบบ Interactive โดย Action บน Sheet Dashboard และ Story และคลิกเจาะลึกข้อมูล (Drill Down) ได้



รูปที่ 5-5 Dashboard แบบ Interactive

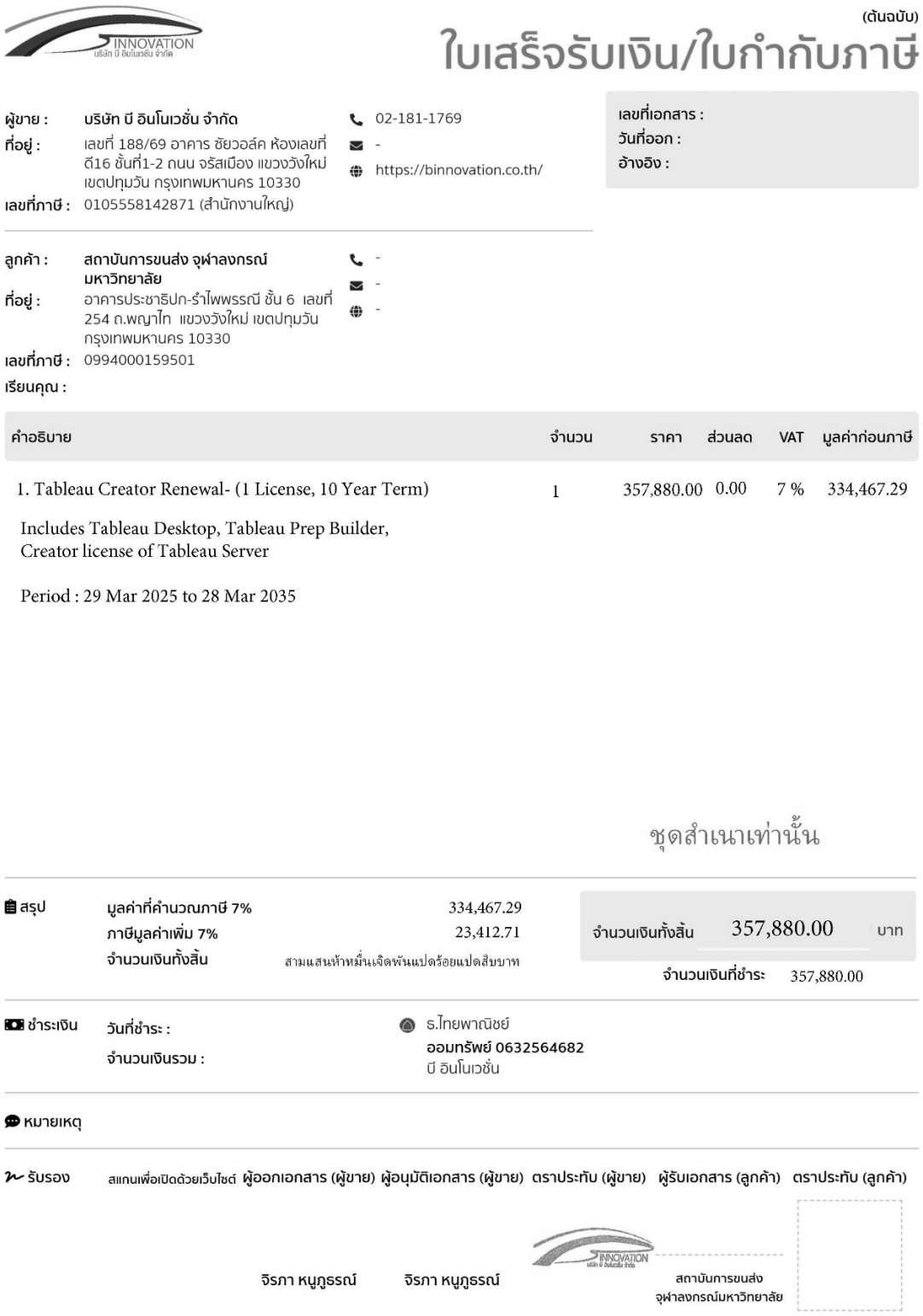
4) สามารถออกรายงาน (Exports) เป็นรูปแบบต่าง ๆ ได้ เช่น

- Image
- Data (View Data)
- Crosstab (Excel, CSV)
- PDF
- Power Point
- Work Sheet



ที่มา : https://help.tableau.com/current/api/embedding_api/en-us/index.html

รูปที่ 5-6 ตัวอย่างฟังก์ชันการส่งออก Work Sheet



(ต้นฉบับ)

ใบเสร็จรับเงิน/ใบกำกับภาษี

ผู้ขาย : บริษัท บี อินโนเวชั่น จำกัด
ที่อยู่ : เลขที่ 188/69 อาคาร ซัยวอล์ค ห้องเลขที่ ดี16 ชั้นที่1-2 ถนน จรัสเมือง แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
เลขที่ภาษี : 0105558142871 (สำนักงานใหญ่)
02-181-1769
-
https://binnovation.co.th/

เลขที่เอกสาร :
วันที่ออก :
อ้างอิง :

ลูกค้า : สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ : อาคารประชาธิปก-รำไพพรรณี ชั้น 6 เลขที่ 254 ถ.พญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
เลขที่ภาษี : 0994000159501
เรียนคุณ :
-
-
-

คำอธิบาย	จำนวน	ราคา	ส่วนลด	VAT	มูลค่าก่อนภาษี
1. Tableau Creator Renewal- (1 License, 10 Year Term) Includes Tableau Desktop, Tableau Prep Builder, Creator license of Tableau Server Period : 29 Mar 2025 to 28 Mar 2035	1	357,880.00	0.00	7 %	334,467.29

ชุดสำเนาเท่านั้น

สรุป
มูลค่าที่คำนวณภาษี 7% 334,467.29
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% 23,412.71
จำนวนเงินทั้งสิ้น สามแสนห้าหมื่นเจ็ดพันแปดร้อยแปดสิบบาท
จำนวนเงินทั้งสิ้น 357,880.00 บาท
จำนวนเงินที่ชำระ 357,880.00

ชำระเงิน
วันที่ชำระ :
จำนวนเงินรวม :
ธ.ไทยพาณิชย์
ออมทรัพย์ 0632564682
บี อินโนเวชั่น

หมายเหตุ

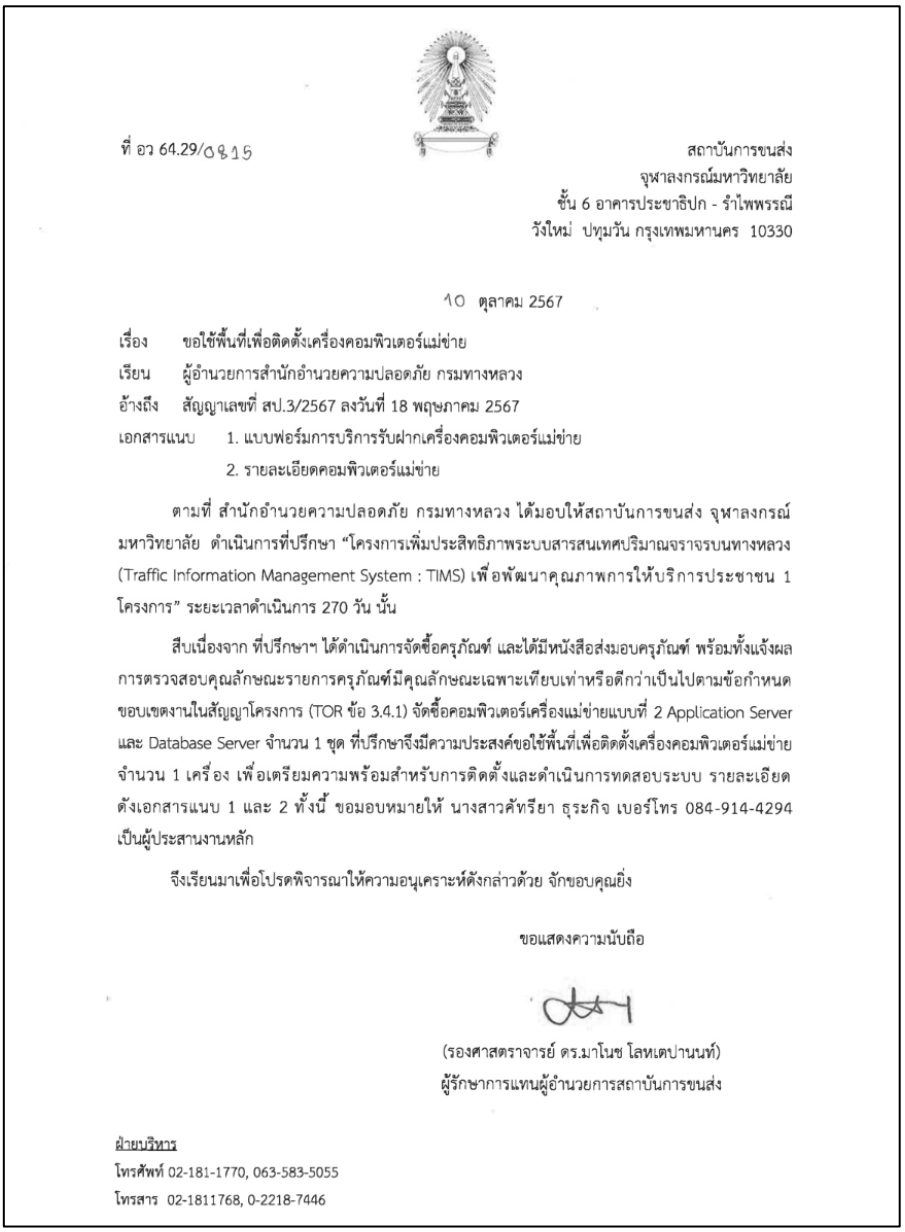
รับรอง สแกนเพื่อเปิดด้วยเว็บไซต์ ผู้ออกเอกสาร (ผู้ขาย) ผู้อนุมัติเอกสาร (ผู้ขาย) ตราประทับ (ผู้ขาย) ผู้รับเอกสาร (ลูกค้า) ตราประทับ (ลูกค้า)
จิรภา หนูภูธรณ์ จิรภา หนูภูธรณ์
สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5-7 เอกสารการสั่งซื้อ Tableau License

5.3 ติดตั้ง ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขระบบ ดำเนินการติดตั้งระบบที่ได้ดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพ ทดสอบข้อผิดพลาดของการเขียนโปรแกรมพัฒนาระบบและทดสอบการใช้งาน User Acceptance Test (UAT) พร้อมทั้งปรับปรุงระบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด

5.3.1 การติดตั้ง ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขระบบ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการติดตั้งเครื่องแม่ข่าย (Server) ณ ศูนย์สารสนเทศ กรมทางหลวง ณ วันที่ 10 ตุลาคม 2567 โดยทำการติดตั้งเครื่องแม่ข่าย เชื่อมต่อ Network และติดตั้งระบบ เมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2567



ที่ อว 64.29/๐๘15

สถาบันการขนส่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ชั้น 6 อาคารประชาธิปก - รำไพพรรณี
วังใหม่ ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

10 ตุลาคม 2567

เรื่อง ขอใช้พื้นที่เพื่อติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย
เรียน ผู้อำนวยการสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง
อ้างถึง สัญญาเลขที่ สป.3/2567 ลงวันที่ 18 พฤษภาคม 2567
เอกสารแนบ 1. แบบฟอร์มการบริการรับฝากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย
2. รายละเอียดคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

ตามที่ สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง ได้มอบให้สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดำเนินการที่ปรึกษา "โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System : TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ" ระยะเวลาดำเนินการ 270 วัน นั้น

สืบเนื่องจาก ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการจัดซื้อครุภัณฑ์ และได้มีหนังสือส่งมอบครุภัณฑ์ พร้อมทั้งแจ้งผลการตรวจสอบคุณลักษณะรายการครุภัณฑ์มีคุณลักษณะเฉพาะเทียบเท่าหรือดีกว่าเป็นไปตามข้อกำหนดขอบเขตงานในสัญญาโครงการ (TOR ข้อ 3.4.1) จัดซื้อคอมพิวเตอร์เครื่องแม่ข่ายแบบที่ 2 Application Server และ Database Server จำนวน 1 ชุด ที่ปรึกษาจึงมีความประสงค์ขอใช้พื้นที่เพื่อติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย จำนวน 1 เครื่อง เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการติดตั้งและดำเนินการทดสอบระบบ รายละเอียดดังเอกสารแนบ 1 และ 2 ทั้งนี้ ขอมอบหมายให้ นางสาวศัทรียา ธุระกิจ เบอร์โทร 084-914-4294 เป็นผู้ประสานงานหลัก

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ดังกล่าวด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มาโนช โลหเตปานนท์)
ผู้รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันการขนส่ง

ฝ่ายบริหาร
โทรศัพท์ 02-181-1770, 063-583-5055
โทรสาร 02-1811768, 0-2218-7446

รูปที่ 5-8 หนังสือขอติดตั้งเครื่องแม่ข่าย

ที่ อว 64.29/ 0816

สถาบันการขนส่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ชั้น 6 อาคารประชาธิปก - รำไพพรรณี
วังใหม่ ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

10 ตุลาคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเปิดที่อยู่ IP และจดทะเบียน DNS (เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย)
เรียน ผู้อำนวยการสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง
อ้างถึง สัญญาเลขที่ สป.3/2567 ลงวันที่ 18 พฤษภาคม 2567

ตามที่ สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง ได้มอบให้สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดำเนินการที่ปรึกษา "โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System : TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ" ระยะเวลาดำเนินการ 270 วัน นั้น

บัดนี้ สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ดำเนินการพัฒนาระบบดังกล่าวและมีความคืบหน้าเป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการติดตั้ง และดำเนินการทดสอบระบบที่ปรึกษาฯ ขอความอนุเคราะห์สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง ประสานงานในการขอเปิดที่อยู่ IP และจดทะเบียน DNS โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ขอเปิดเลขที่อยู่ (IP Address) โดยแบ่งเป็น Public IP 1 ชุด และ Private IP 2 ชุด
- ขอจดทะเบียน DNS ในชื่อ tims2.doh.go.th
- เปิด port ให้เข้าถึงได้จากภายนอก port 80 (HTTP), 443 (HTTPS)
- เปิด port ให้ระบบสามารถเชื่อมต่อจากภายในไปยังอินเทอร์เน็ตได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ดังกล่าวด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มาโนช โลหเตบานนท์)
ผู้รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันการขนส่ง

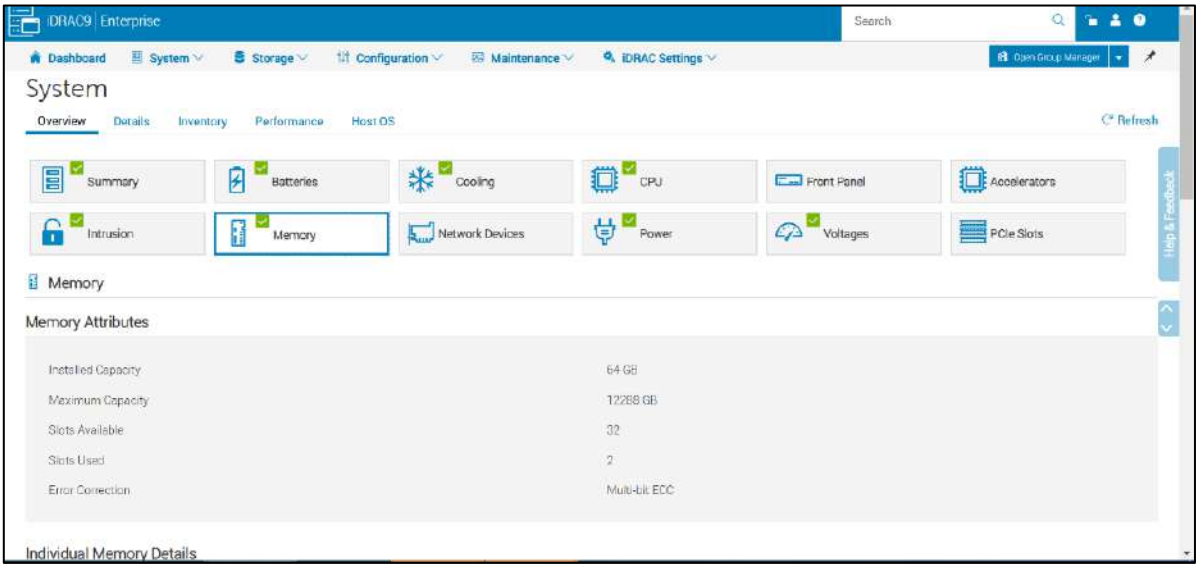
สำนักงาน
10 ต.ค. 2567

ฝ่ายบริหาร
โทรศัพท์ 02-181-1770, 063-583-5055
โทรสาร 02-1811768, 0-2218-7446

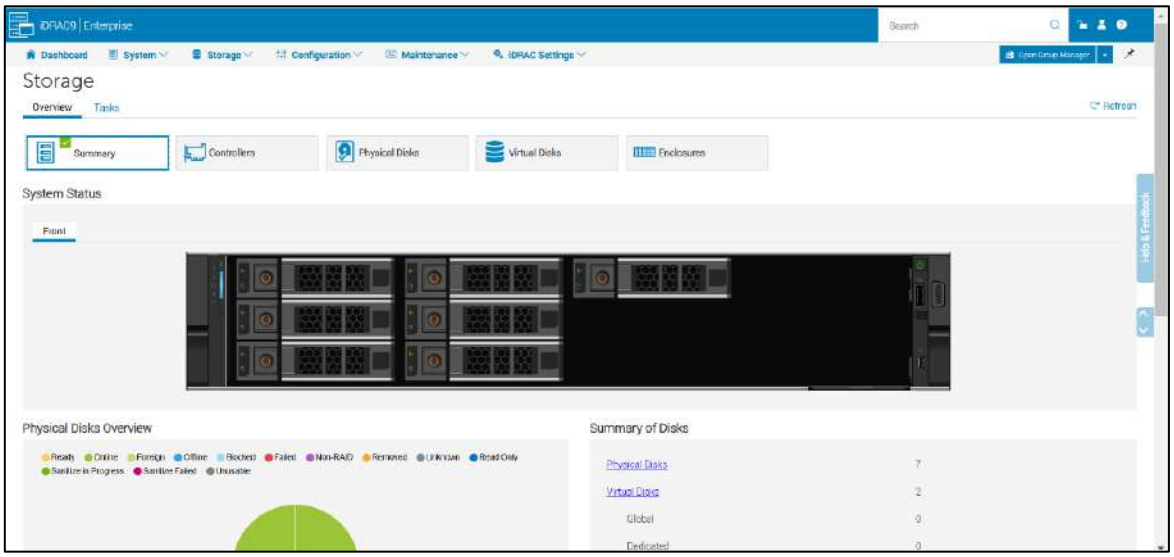
รูปที่ 5-9 หนังสือขอความอนุเคราะห์ IP และ DNS



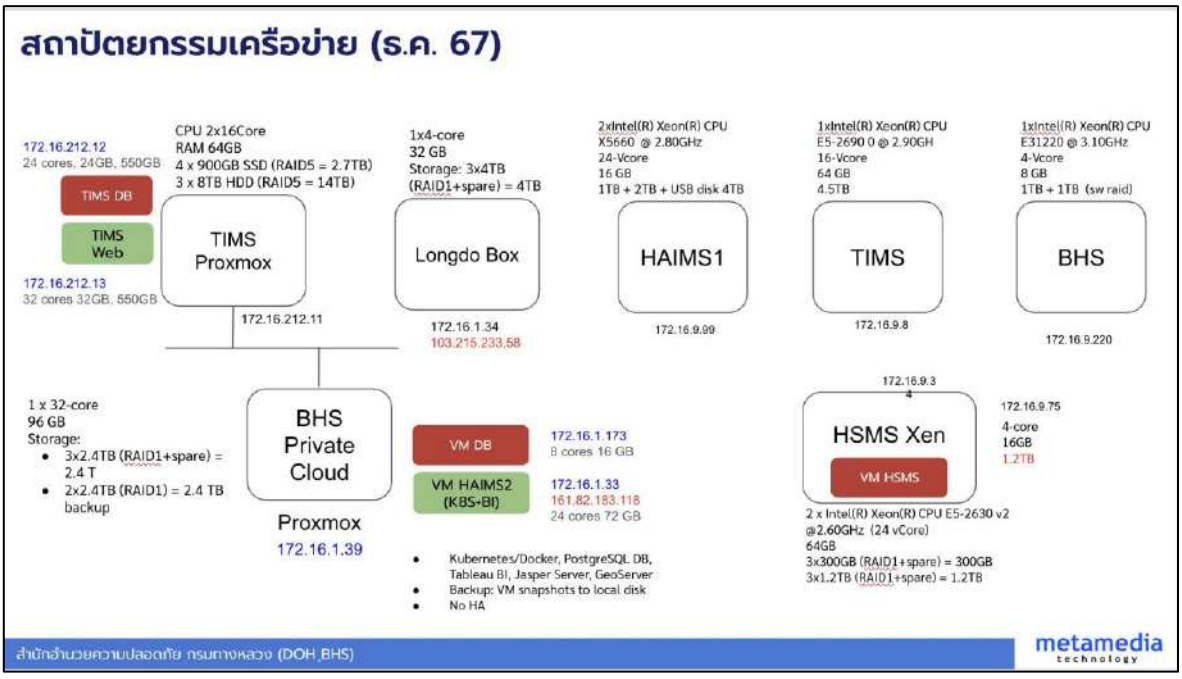
รูปที่ 5-10 ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องแม่ข่าย



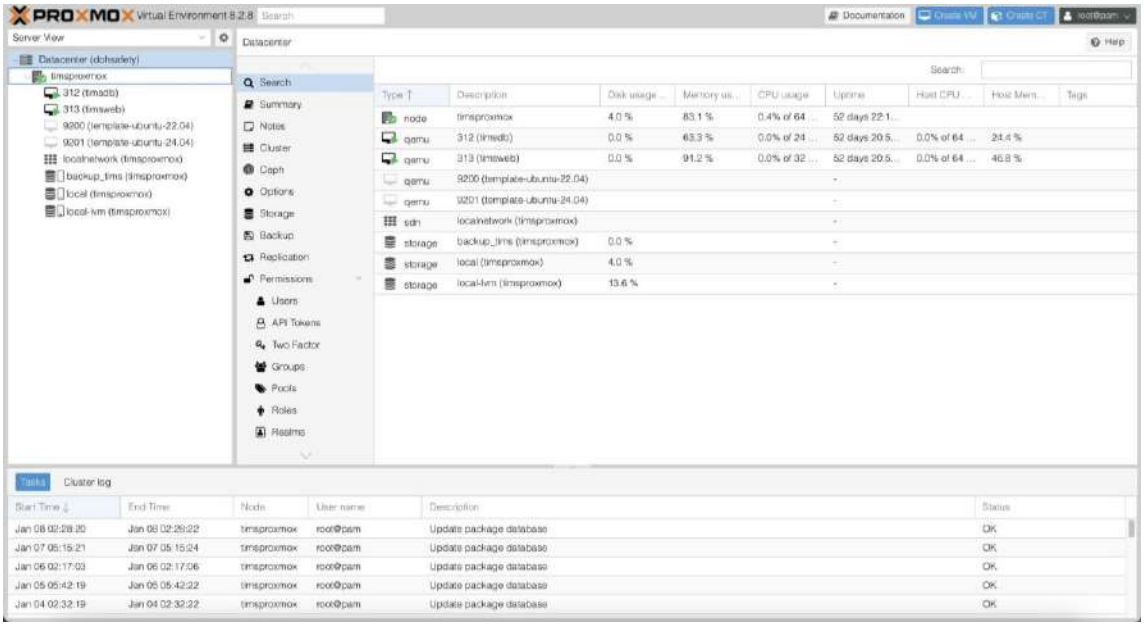
รูปที่ 5-11 หน้าต่างแสดงผลสถานะของ Server (iDEAC9) - 1



รูปที่ 5-12 หน้าต่างแสดงผลสถานะของ Server (iDEAC9) – 2



รูปที่ 5-13 สถาปัตยกรรมเครือข่ายระบบ TIMS

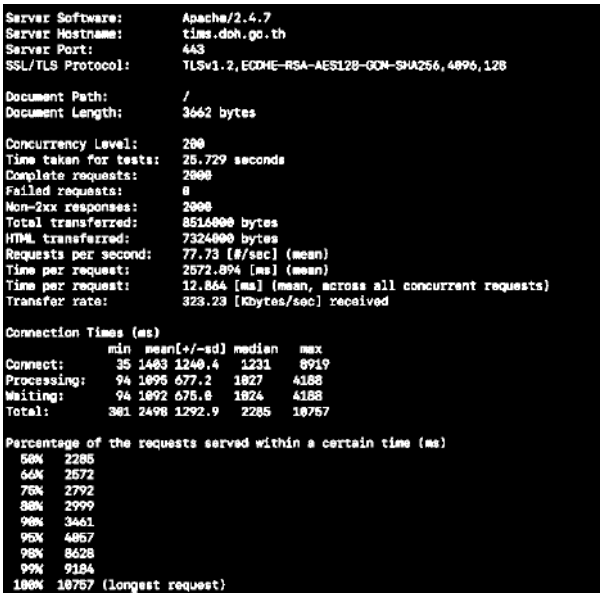


รูปที่ 5-14 หน้าต่างแสดงผลการติดตั้ง VM ของระบบ TIMS

5.3.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพการรองรับการเข้าใช้งานระบบดังนี้

ตารางที่ 5-2 เปรียบเทียบผลการทดสอบระบบประสิทธิภาพระบบ TIMS

รายการตรวจสอบ	ระบบ TIMS	ระบบ TIMS2
ระบบในปัจจุบันสามารถรองรับการใช้งานได้ที่	77 Request/Sec	175 Request/Sec
ในการเรียกใช้งาน 1 ครั้งใช้เวลาเฉลี่ย	2572.81 millisecond	1140.304 millisecond
การถ่ายโอนข้อมูลเฉลี่ย	323.23 Kbytes/Sec	503.57 Kbytes/Sec



รูปที่ 5-15 ผลการทดสอบ Concurrent Test ระบบ TIMS

```
root@haims2:~# ab -c 200 -n 2000 https://tims2.doh.go.th/ws/notices/get
This is ApacheBench, Version 2.3 <$Revision: 1879490 $>
Copyright 1996 Adam Twiss, Zeus Technology Ltd, http://www.zeustech.net/
Licensed to The Apache Software Foundation, http://www.apache.org/

Benchmarking tims2.doh.go.th (be patient)
Completed 200 requests
Completed 400 requests
Completed 600 requests
Completed 800 requests
Completed 1000 requests
Completed 1200 requests
Completed 1400 requests
Completed 1600 requests
Completed 1800 requests
Completed 2000 requests
Finished 2000 requests


Server Software:        nginx/1.24.0
Server Hostname:        tims2.doh.go.th
Server Port:            443
SSL/TLS Protocol:       TLSv1.2,ECDHE-RSA-AES256-GCM-SHA384,4096,256
Server Temp Key:        X25519 253 bits
TLS Server Name:        tims2.doh.go.th

Document Path:          /ws/notices/get
Document Length:        2365 bytes

Concurrency Level:      200
Time taken for tests:   11.403 seconds
Complete requests:      2000
Failed requests:        0
Total transferred:      5880000 bytes
HTML transferred:       4730000 bytes
Requests per second:    175.39 [#/sec] (mean)
Time per request:       1140.304 [ms] (mean)
Time per request:       5.702 [ms] (mean, across all concurrent requests)
Transfer rate:          503.57 [Kbytes/sec] received

Connection Times (ms)
              min  mean[+/-sd] median   max
Connect:        5   34  80.3      8     318
Processing:    97 1070 283.3   1025    1807
Waiting:       88 1070 283.4   1025    1807
Total:        103 1104 283.5   1050    1943

Percentage of the requests served within a certain time (ms)
  50%   1050
  66%   1176
  75%   1263
  80%   1324
  90%   1538
  95%   1667
  98%   1752
  99%   1816
 100%   1943 (longest request)
root@haims2:~#
0 bash  1 bash
```

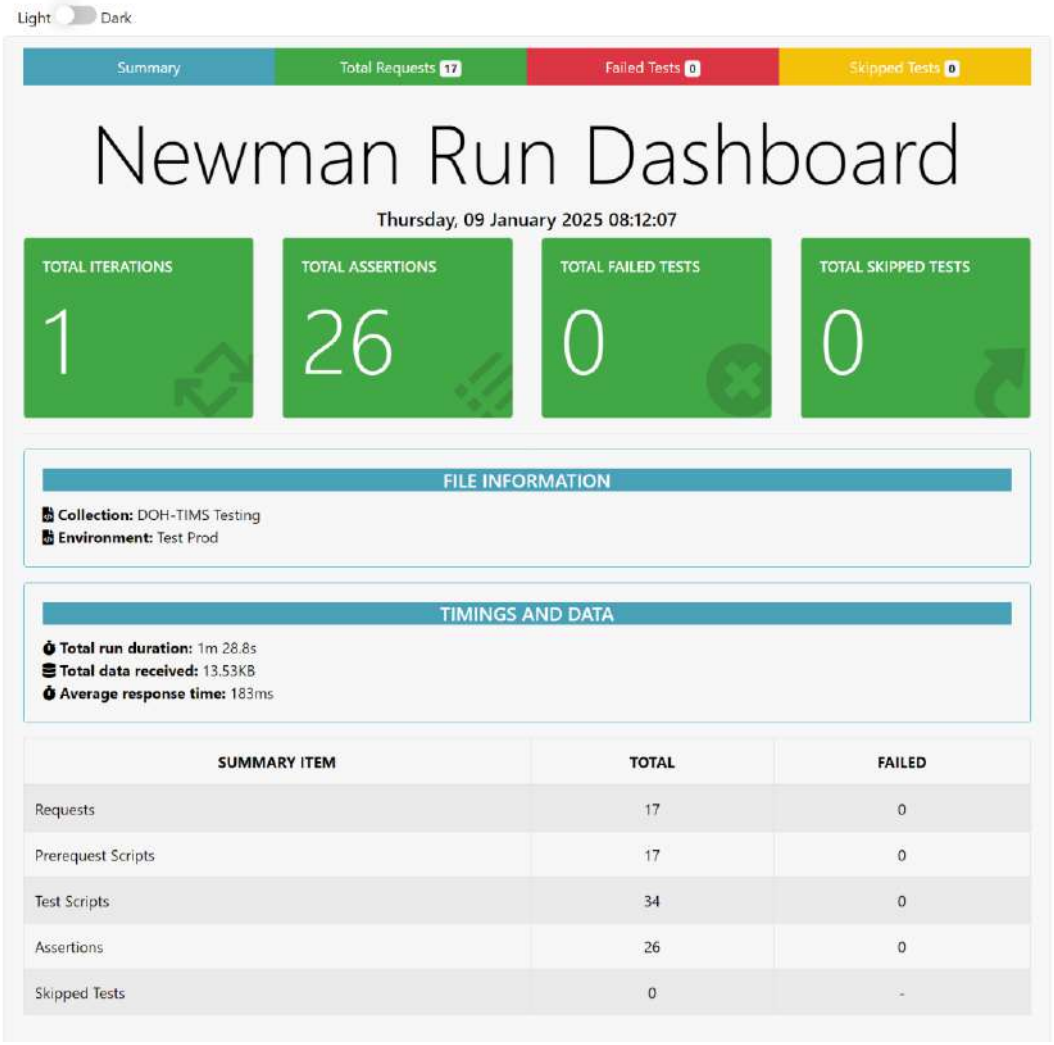
รูปที่ 5-16 ผลการทดสอบ Concurrent Test ระบบ TIMS2

5.3.3 ทดสอบข้อผิดพลาดของการเขียนโปรแกรมพัฒนาระบบ

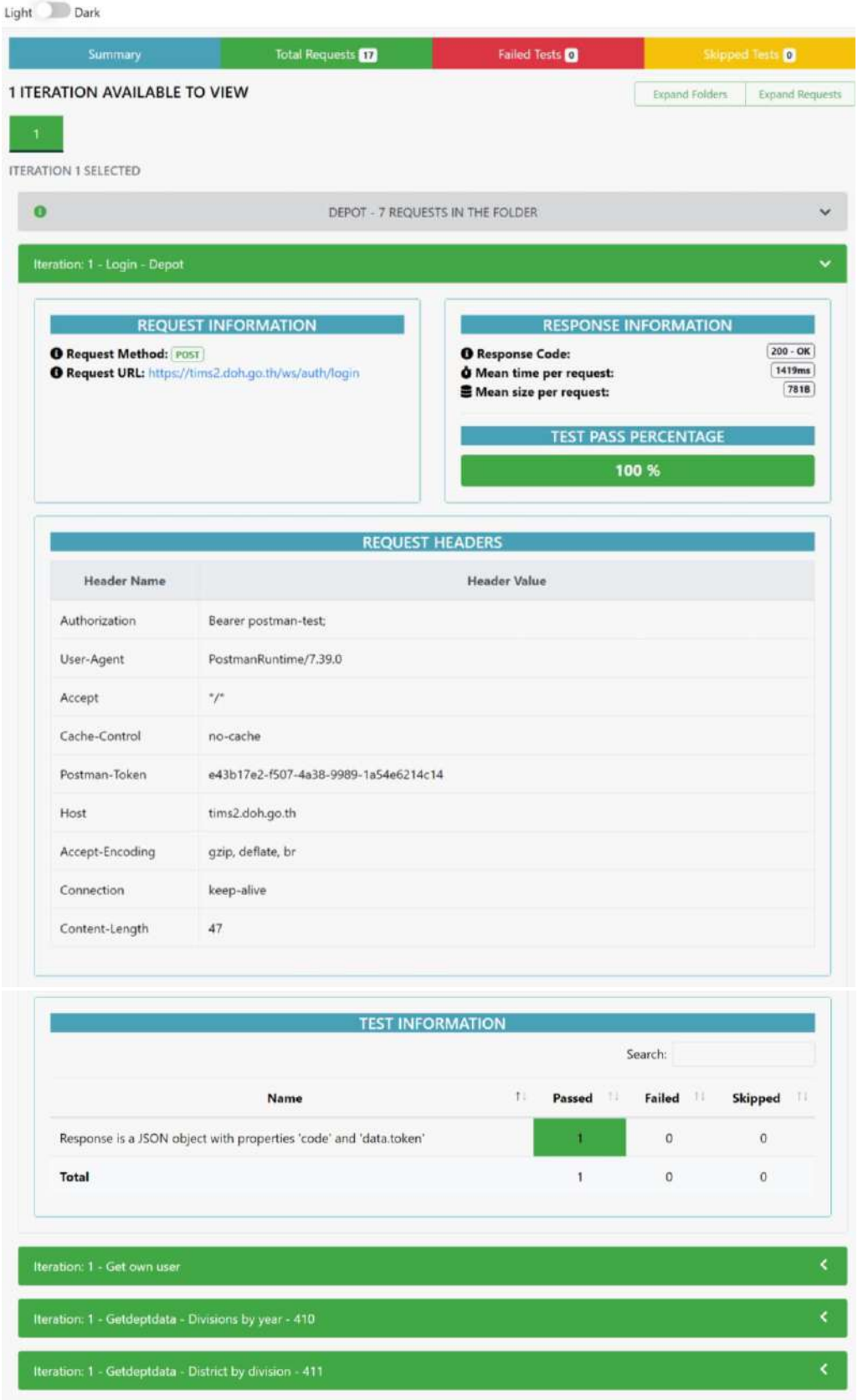
ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบข้อผิดพลาดของการเขียนโปรแกรมพัฒนาระบบด้วย Web Automated Test ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เครื่องมืออัตโนมัติ (Automation Tools) ในการตรวจสอบข้อผิดพลาด (Bugs) หรือปัญหาในระบบ Web Application โดยไม่ต้องทดสอบด้วยมือทุกครั้ง ช่วยเพิ่มความเร็วและความแม่นยำในกระบวนการทดสอบโดยวัตถุประสงค์ของ Web Automated Test มีดังนี้

- ตรวจสอบการทำงานของระบบ (Functional Testing) เช่น การคลิกปุ่ม, การส่งแบบฟอร์ม.
- ค้นหาข้อผิดพลาดที่เกิดจากการเขียนโค้ด.
- ตรวจสอบการแสดงผล (UI/UX) บนเบราว์เซอร์หรืออุปกรณ์ที่ต่างกัน.
- ทดสอบการทำงานที่เปลี่ยนแปลงเมื่อระบบถูกพัฒนาเพิ่มเติม (Regression Testing)

1) **การทดสอบด้วย Newman Run** คือการรันชุดทดสอบ API ซึ่งเป็น Command Line Interface (CLI) ของ Postman ที่ช่วยให้คุณสามารถรันชุดคำขอ (Requests) และทดสอบ API จาก Postman Collections ได้แบบอัตโนมัติ และรวมเข้ากับเครื่องมือ DevOps หรือ CI/CD Pipeline เช่น Jenkins, GitHub Actions, หรือ GitLab CI ได้อย่างมีประสิทธิภาพผลการทดสอบชุดคำสั่ง API ด้วย Newman Run เมื่อวันที่ 9 มกราคม 2568 ดังรูปที่ 5-17 และ รูปที่ 5-18



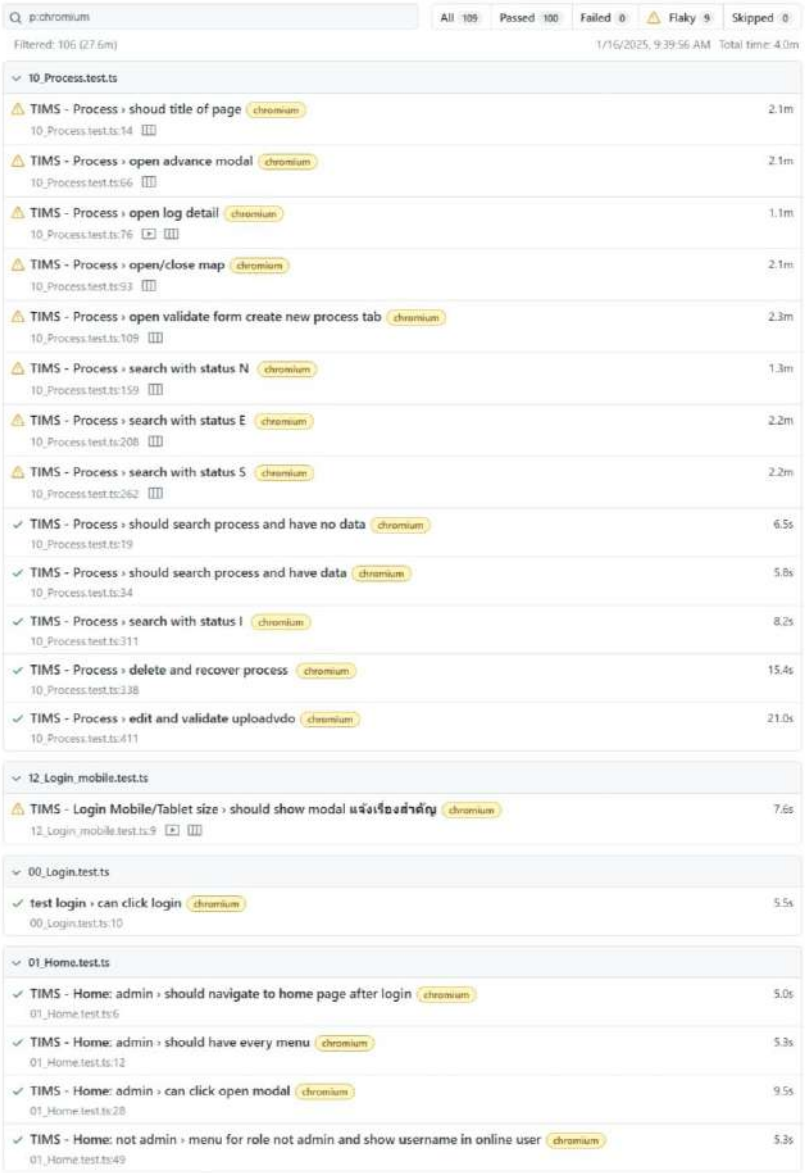
รูปที่ 5-17 ผลการทดสอบชุดคำสั่ง API ด้วย Newman Run



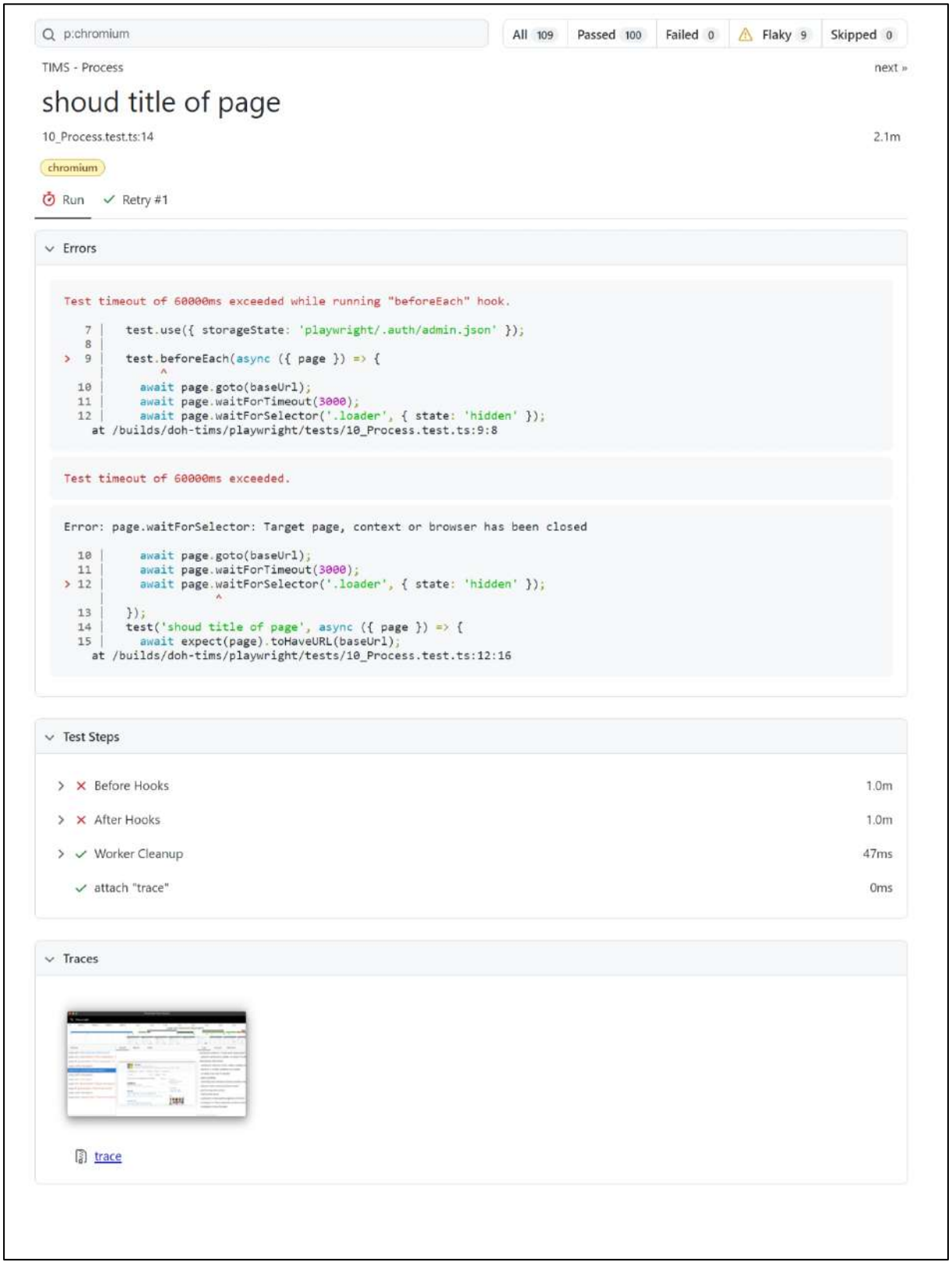
รูปที่ 5-18 ตัวอย่างการทดสอบชุดคำสั่ง API ด้วย Newman Run

2) **การ**ทดสอบ **E2E testing** หรือ End-to-End Testing เป็นกระบวนการทดสอบซอฟต์แวร์ตั้งแต่ต้นจนจบ โดยการเลียนแบบพฤติกรรมการใช้งานของมนุษย์ตาม Use Case ที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยแนวคิดการเขียน Test Case เพื่อทดสอบจะประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่

- prepare data : เตรียมข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ
- do somethings : กิจกรรมหรือฟังก์ชันที่ User ต้องใช้งานบนระบบ
- verify : ฟังก์ชันที่ต้องการทดสอบการทำงาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์หลังจากการทดสอบ



รูปที่ 5-19 ตัวอย่างผลการทดสอบชุดคำสั่ง API ด้วย E2E testing



รูปที่ 5-20 ตัวอย่างรายละเอียดการทดสอบชุดคำสั่ง API ด้วย E2E testing

5.3.4 การจัดทำ User Acceptance Test (UAT)

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำ User Acceptance Test (UAT) ก็เพื่อตรวจสอบว่า ระบบตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานตรงกับสิ่งที่กำหนดไว้หรือไม่ และสอดคล้องกับเป้าหมายธุรกิจหรือเปล่า โดยผลลัพธ์ภายหลังการทดสอบ คือ ผ่านเกณฑ์ที่เรียกกว่า "Acceptance Criteria" หรือเกณฑ์ที่ยอมรับได้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ ผู้ใช้งานระบบจริงจะต้องมีส่วนร่วมในการทดสอบ และการทดสอบควรจะต้องจำลองหรือเป็นสภาพแวดล้อมจริงในการใช้งาน ผลลัพธ์ทดสอบจึงจะน่าเชื่อถือ โดยที่ปรึกษาจะทำการ UAT ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ



ที่มา: https://www.initialyze.com/insights/why-user-acceptance-testing-matters

รูปที่ 5-21 แผนภาพการทดสอบการใช้งาน User Acceptance Test (UAT)

ที่ อว 64.29/1190

สถาบันการขนส่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ชั้น 6 อาคารประชาธิปก – รำไพพรรณี
วังใหม่ ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

19 ธันวาคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เข้าทดสอบระบบด้วยวิธีการ UAT (User Acceptance Test)
เรียน ผู้อำนวยการสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง
อ้างถึง สัญญาเลขที่ สป.3/2567 ลงวันที่ 18 พฤษภาคม 2567

ตามที่ สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง ได้มอบให้สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดำเนินการที่ปรึกษา "โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System : TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ" ระยะเวลาดำเนินการ 270 วัน

โดยขอบเขตการดำเนินงานข้อ 3.4.3 ดำเนินนำเสนอ การทดสอบระบบร่วมกับเจ้าหน้าที่หรือการทำ UAT (User Acceptance Test) ในการนี้ ที่ปรึกษามีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เจ้าหน้าที่สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการเข้าทดสอบระบบด้วยวิธีการ UAT (User Acceptance Test) เพื่อตรวจสอบและแก้ปัญหาการใช้งานระบบ ตามฟังก์ชั่นต่าง ๆ ในวันที่ 25 ธันวาคม 2567 หรือตามที่คณะกรรมการเห็นสมควร ทั้งนี้ ขอมอบหมายให้ นางสาวกฤติญา พิชเศียน เบอร์โทร 0806774705เป็นผู้ประสานงานหลักต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มาโนช โลหเตปานนท์)
ผู้รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันการขนส่ง

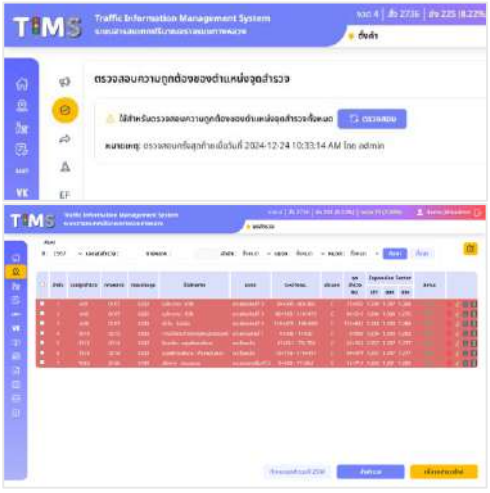
โทรศัพท์ 02-181-1770, 063-583-5055
โทรสาร 02-181-1768

รูปที่ 5-22 หนังสือขอความอนุเคราะห์เข้าทดสอบระบบด้วยวิธีการ UAT (User Acceptance Test)

ส่วนของรายละเอียดการทดสอบระบบด้วยวิธีการ UAT (User Acceptance Test) ในหัวข้อการพัฒนาระบบและปรับปรุงฐานข้อมูลประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

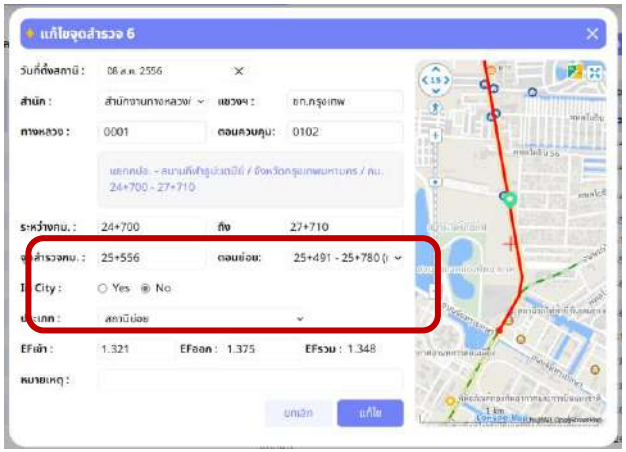
1) พัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้สามาถรถรองรับกระบวนการทำงานใหม่ที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจปริมาณจราจร และเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) อย่างเป็นระบบ ได้แก่ ข้อมูลบัญชีสายทาง ข้อมูลลำดับชั้นทาง ข้อมูลบัญชีผิวทาง เป็นต้น เพื่อให้โครงสร้างข้อมูลของระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับการเชื่อมโยงกับระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ตามผลการศึกษาข้อ 3.1.6

ตารางที่ 5-3 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้สามารถรองรับการเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server)

Function Name :		**การเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) ระบบ HRIS**			
TOR :		3.3.1			
Date :		24 ธันวาคม 2567			
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
1	ระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง : HRIS (สำนักแผนงาน) ● ข้อมูลบัญชีทะเบียนทางหลวง ● ตำแหน่งหลักกิโลเมตรอ้างอิง ● ข้อมูลระดับชั้นทาง ● ตำแหน่งสำนักงาน (สทล. ขท. หมวดฯ) จราจร ตำแหน่ง กม. และหน่วยงานที่ดูแลพื้นที่	เพื่อใช้ในการระบุรายละเอียดสังกัดของจุดสำรวจปริมาณจราจร		ทดสอบแล้ว	

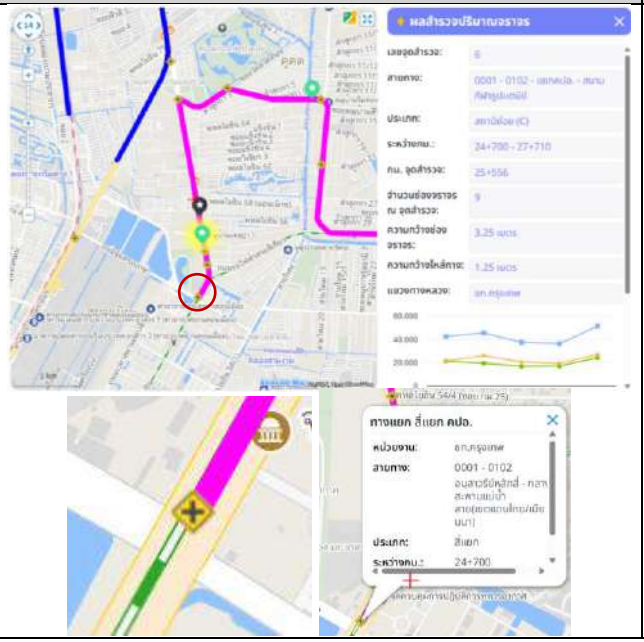
Link : *https://tims2.doh.go.th/station , https://tims2.doh.go.th/survey , https://tims2.doh.go.th/result , https://tims2.doh.go.th/aadt , https://tims2.doh.go.th/vk , https://tims2.doh.go.th/process , https://tims2.doh.go.th/report , https://tims2.doh.go.th/setting*

ตารางที่ 5-3 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้สามารถรองรับการเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) (ต่อ)

Function Name :		**การเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) ระบบ ROADNET3**			
TOR :		3.3.1			
Date :		24 ธันวาคม 2567			
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
2	ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง : Roadnet3 (สำนักบริหารบำรุงทาง) ● ข้อมูลโครงสร้างและกายภาพ ได้แก่ ข้อมูล กม. เริ่มต้น กม.สิ้นสุด ระยะทาง มาตรฐานชั้นทาง ● ความกว้างผิวทางต่อช่องจราจร ความกว้างไหล่ทางซ้ายและขวา จำนวนช่องจราจร	เลือกตำแหน่ง กม. ของจุดสำรวจเพื่อระบุตอนควบคุมย่อย ลักษณะผิวทาง ช่องจราจรของจุดสำรวจ		☐ ทดสอบแล้ว	

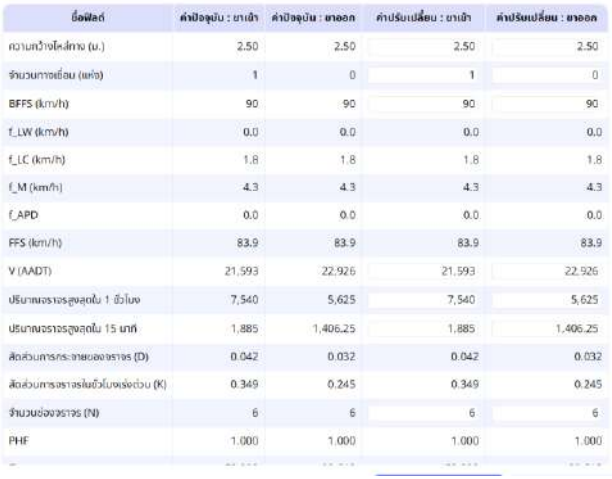
Link : *https://tims2.doh.go.th/station , https://tims2.doh.go.th/survey , https://tims2.doh.go.th/result , https://tims2.doh.go.th/aadt , https://tims2.doh.go.th/vk , https://tims2.doh.go.th/process*

ตารางที่ 5-3 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้สามารถรองรับการเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) (ต่อ)

Function Name :	**การเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) ระบบ HSMS**				
TOR :	3.3.1				
Date :	24 ธันวาคม 2567				
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
3	ระบบสารสนเทศการบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนน : HSMS (สำนักอำนวยความปลอดภัย) ● อุปกรณ์ความปลอดภัยประเภททางแยก	- สำหรับแสดงผลหน้าผลสำรวจ - VK เพื่อประเมิน Flow ของการจราจรของสายทาง		☐ ทดสอบแล้ว	

Link : *https://tims2.doh.go.th/result*

ตารางที่ 5-3 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้สามารถรองรับการเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) (ต่อ)

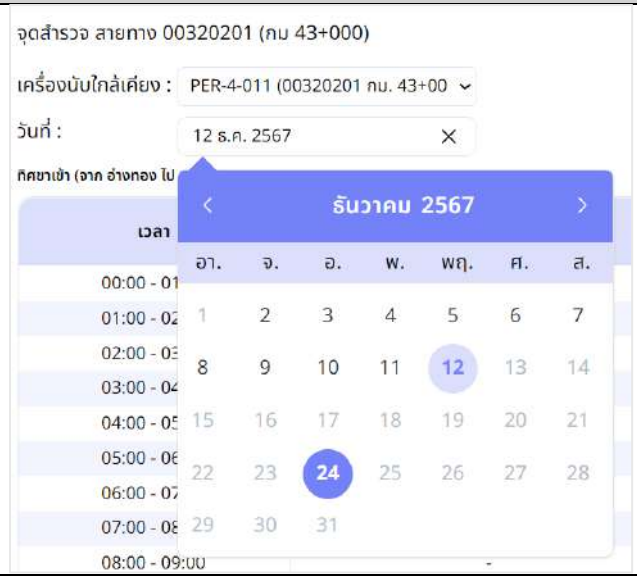
Function Name :	**การเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) ระบบ RAMS**				
TOR :	3.3.1				
Date :	24 ธันวาคม 2567				
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
4	ระบบบริหารจัดการทรัพย์สินทางหลวง: RAMS (สำนักบริหารบำรุงทาง) • ข้อมูลทางเชื่อม	ใช้สำหรับคำนวณค่า D (LOS) : Density ที่แสดงในหน้า AADT		☐ ทดสอบแล้ว	

ชื่อฟิลด์	ค่าปัจจุบัน : ขาเข้า	ค่าปัจจุบัน : ขาออก	ค่าปรับเปลี่ยน : ขาเข้า	ค่าปรับเปลี่ยน : ขาออก
ความกว้างโค้งทาง (ม.)	2.50	2.50	2.50	2.50
จำนวนการเชื่อม (แห่ง)	1	0	1	0
BFFS (km/h)	90	90	90	90
f_LW (km/h)	0.0	0.0	0.0	0.0
f_LC (km/h)	1.8	1.8	1.8	1.8
f_M (km/h)	4.3	4.3	4.3	4.3
f_APD	0.0	0.0	0.0	0.0
FFS (km/h)	83.9	83.9	83.9	83.9
V (AADT)	21,593	22,926	21,593	22,926
ปริมาณจราจรสูงสุดใน 1 ชั่วโมง	7,540	5,625	7,540	5,625
ปริมาณจราจรสูงสุดใน 15 นาที	1,885	1,406.25	1,885	1,406.25
สัดส่วนการกระจายของจราจร (D)	0.042	0.032	0.042	0.032
สัดส่วนการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน (K)	0.349	0.245	0.349	0.245
จำนวนช่องจราจร (N)	6	6	6	6
PHF	1.000	1.000	1.000	1.000

Link : *https://tims2.doh.go.th/aadt*

2) พัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อวางแนวทางในการบูรณาการข้อมูลร่วมกันอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานมาแสดงผลในระบบอย่างเหมาะสม เช่น ข้อมูลจุดสำรวจอัตโนมัติ และรายงานข้อมูลจราจร กลุ่มสำรวจข้อมูลการจราจรและขนส่ง สำนักอำนวยความปลอดภัย

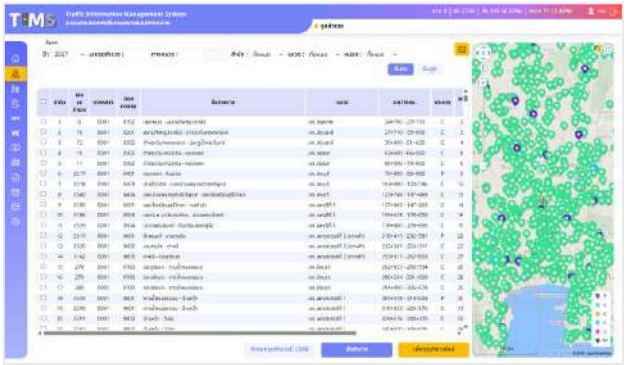
ตารางที่ 5-4 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาการเชื่อมโยงข้อมูลกลุ่มสำรวจข้อมูลการจราจรและขนส่ง

Function Name :	**พัฒนาการเชื่อมโยงข้อมูลกลุ่มสำรวจข้อมูลการจราจรและขนส่ง**				
TOR :	3.3.2				
Date :	24 ธันวาคม 2567				
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
5	ระบบบริหารจัดการระบบสำรวจปริมาณจราจร : Highway Traffic (สำนักอำนวยความปลอดภัย) ● จุดสำรวจปริมาณจราจรอัตโนมัติ (AP) ● ข้อมูลปริมาณจราจรรายชั่วโมง ● ข้อมูลปริมาณจราจรทุก 15 นาที ● ข้อมูลความเร็วรถ	- สำหรับคำนวณ Density ในหน้า AADT - ปริมาณจราจรจากเครื่องนับอัตโนมัติ ในหน้าข้อมูลสำรวจ		☐ ทดสอบแล้ว	

Link : *https://tims2.doh.go.th/surveyFormMachine/138397*

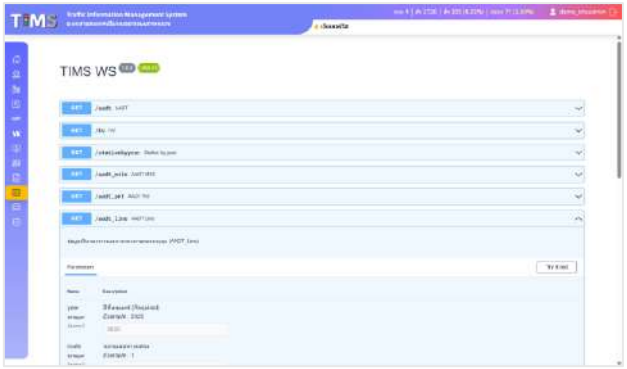
3) พัฒนาระบบ Web service เผยแพร่ข้อมูลปริมาณจราจร

ตารางที่ 5-5 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาระบบ Web service เผยแพร่ข้อมูลปริมาณจราจร

Function Name :		**Layer แสดงข้อมูลแผนที่**			
TOR :		3.3.3			
Date :		24 ธันวาคม 2567			
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
6	1) รองรับการให้บริการข้อมูลในรูปแบบภาพแผนที่ Web Map Service (WMS) Web Feature Service (WFS) Web Map Tile Service (WMS-T) หรือดีกว่า	- เครื่องนับอัตโนมัติ		☐ ทดสอบแล้ว	เดิมแสดงชั้นข้อมูล ● จุดสำรวจ ● ปริมาณจราจรรายเส้น ให้เพิ่มชั้นข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ● ทางแยก ● ทางเชื่อม ● ทางแยกต่างระดับ ● จุดกลับรถ ● จุดกลับรถต่างระดับ ความหนาแน่นประชากร

Link : *https://tims2.doh.go.th/surveyFormMachine/138397*

ตารางที่ 5-5 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาระบบ Web service เผยแพร่ข้อมูลปริมาณจราจร (ต่อ)

Function Name :	**พัฒนาระบบ Web service เผยแพร่ข้อมูลปริมาณจราจร**				
TOR :	3.3.3				
Date :	24 ธันวาคม 2567				
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
7	2) รองรับการให้บริการข้อมูลในรูปแบบข้อความ Web Service Query หรือดีกว่า	หน้า Web Service ที่ให้บริการสามารถเลือกข้อมูลที่ต้องการและทำการระบุ Parameter หรือตัวกรองข้อมูล เพื่อแสดงผลลัพธ์		☐ ทดสอบแล้ว	

Link : *https://tims2.doh.go.th/webservice*

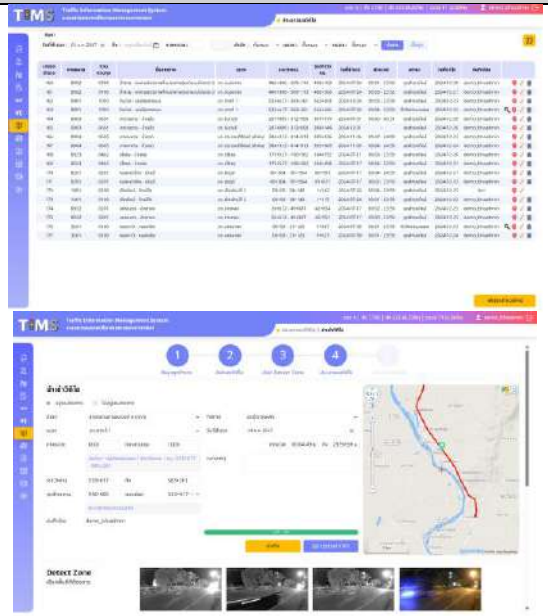
4) พัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรจากคนแจงนับ และอุปกรณ์สำรวจในรูปแบบอื่น ๆ ตามข้อ 3.1.4 และออกแบบหน้าจอการรายงานผลสรุปข้อมูลสำรวจได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งแสดงข้อมูลภาพถ่าย เพื่อตรวจสอบปริมาณจราจรผ่านหน้าระบบ TIMS

ตารางที่ 5-6 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลจากคนแจงนับ และอุปกรณ์สำรวจในรูปแบบอื่น

Function Name :		**การนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรจากคนแจงนับ**			
TOR :		3.3.4			
Date :		24 ธันวาคม 2567			
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
8	1) พัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรจากคนแจงนับ	เลือกที่หน้า**ข้อมูลสำรวจ** เลือกจุดสำรวจที่ต้องการ กดปุ่มนำเข้าเพื่อทำการกรอกข้อมูลและบันทึกเป็นร่าง ส่ง สปว. หรือ ส่งกลับแก้ไข		☐ ทดสอบแล้ว	

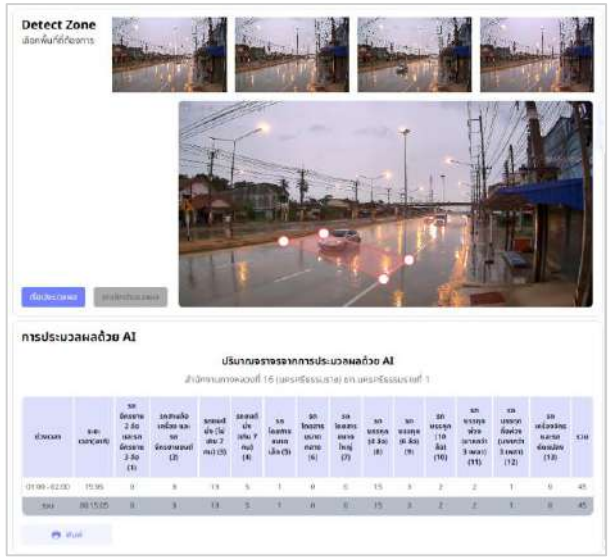
Link : *https://tims2.doh.go.th/survey*

ตารางที่ 5-6 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลจากคนแจงนับ และอุปกรณ์สำรวจในรูปแบบอื่น (ต่อ)

Function Name :		**การนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรด้วย Video Image Processing**			
TOR :		3.3.4			
Date :		24 ธันวาคม 2567			
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
9	2) พัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรจากอุปกรณ์สำรวจในรูปแบบอื่น ๆ ตามข้อ 3.1.4	เลือกที่หน้า**ประมวลผลวิดีโอ** นำเข้าข้อมูลที่ทำการสำรวจ กดประมวลผลเพื่อประมวลผลจำนวนปริมาณจราจร		☐ ทดสอบแล้ว	

Link : *https://tims2.doh.go.th/process*

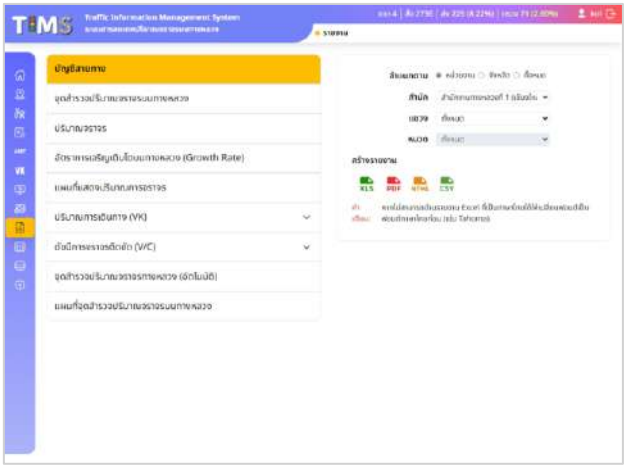
ตารางที่ 5-6 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลจากคนแจงนับ และอุปกรณ์สำรวจในรูปแบบอื่น (ต่อ)

Function Name :	**การแสดงผลข้อมูลสำรวจปริมาณจราจรด้วย Video Image Processing**				
TOR :	3.3.4				
Date :	24 ธันวาคม 2567				
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
10	3) ออกแบบหน้าจอการรายงานผลสรุปข้อมูลสำรวจได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งแสดงข้อมูลภาพถ่าย เพื่อตรวจสอบปริมาณจราจรผ่านหน้าระบบ TIMS	เมื่อประมวลผลวิดีโอในข้อ 1.9 แล้วเสร็จ ระบบจะแสดงหน้าสรุปจำนวนปริมาณจรจร รายชั่วโมงได้ สามารถส่งออกเป็น Excel ได้		☐ ทดสอบแล้ว	

Link : *https://tims2.doh.go.th/process*

5) พัฒนาระบบให้สามารถส่งออกรายงาน และสรุปผลในรูปแบบไฟล์เอกสารดิจิทัล ในรูปแบบหลากหลาย HTML, Excel, CSV, PDF และ SHP

ตารางที่ 5-7 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาระบบส่งออกรายงาน

Function Name :	**ส่งออกรายงาน**				
TOR :	3.3.6				
Date :	24 ธันวาคม 2567				
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
11	ส่งออกรายงานสรุปปริมาณจราจรต่างๆ ในรูปแบบ HTML, Excel, CSV, PDF และ SHP	เลือกหน้า**<u>รายงาน</u>**สามารถส่งออกรายงานสรุปปริมาณจราจรต่างๆ โดยระบุรายงาน และตัวกรองข้อมูล เช่น หน่วยงาน ปี เพื่อส่งออกรายงานในรูปแบบของ HTML, Excel, CSV, PDF และแสดงผลบนแผนที่		☐ ทดสอบแล้ว	

Link : *https://tims2.doh.go.th/report*

6) พัฒนาระบบให้รองรับการจัดทำรายงานสรุปข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจร ข้อมูลปริมาณการเดินทาง ข้อมูลดัชนีการจราจรติดขัดและข้อมูลอื่น ๆ แสดงผลในลักษณะหน้าจอสรุปภาพรวม Dashboard แสดงผลข้อมูลตามสถานการณ์ และรายงานข้อมูลโดยใช้เทคนิค Data Visualizationในการนำเสนอข้อมูลเชิงปริมาณ เชิงแผนที่ และรูปแบบอื่น ๆ และรองรับการใช้งานแบบ Drill Down/Bottom Up และการปรับแต่งเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูลให้มีความยืดหยุ่นต่อการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ในอนาคต (Pivot Table)

ตารางที่ 5-8 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาการแสดงผลสรุปปริมาณจราจรต่างๆ ในรูปแบบ ของหน้าจอ Dashboard

Function Name :	**การแสดงผลสรุปปริมาณจราจรต่างๆ ในรูปแบบ ของหน้าจอ Dashboard**				
TOR :	3.3.7				
Date :	24 ธันวาคม 2567				
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
12	การแสดงผลสรุปปริมาณจราจรต่างๆ ในรูปแบบ ของหน้าจอ Dashboard	เลือกหน้า**Dashboard**สามารถสรุปปริมาณจราจรต่างๆ ในรูปแบบ ของหน้าจอ Dashboard โดยสามารถแสดงผลตามตัวกรอง หน่วยงาน ปี ได้		☐ ทดสอบแล้ว	

Link : *https://tims2.doh.go.th/dashboard*

7) ระบบจะต้องสามารถใช้งานบนเครือข่ายผ่าน Web Browser ที่เป็นมาตรฐานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ได้แก่ Microsoft Edge (เวอร์ชั่นล่าสุด) Google Chrome และ Mozilla Firefox ได้เป็นอย่างน้อย และต้องพัฒนาด้วยเทคโนโลยี Web Responsive สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์ Mobile Device ที่มีหลายขนาดได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ 5-9 ตารางทดสอบ UAT ส่วนการพัฒนาด้วย Web Responsive

Function Name :	**การพัฒนาด้วย Web Responsive**				
TOR :	3.3.8				
Date :	24 ธันวาคม 2567				
Case No.	**รายละเอียด**	**ขั้นตอนการทำงาน**	**ภาพประกอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
1.11	สามารถใช้งานบนเครือข่ายผ่าน Web Browser ที่เป็นมาตรฐานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ได้แก่ Microsoft Edge (เวอร์ชั่นล่าสุด) Google Chrome และ Mozilla Firefox ได้เป็นอย่างน้อย และต้องพัฒนาด้วยเทคโนโลยี Web Responsive สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์ Mobile Device ที่มีหลายขนาดได้อย่างเหมาะสม	สามารถทำการแสดงผล Web site บน Browser บนเครื่องคอมพิวเตอร์และ Mobile Device โดยหน้าระบบจะปรับขนาดหน้าจอให้เหมาะสม โดยสามารถเปิดบน Web Browser ที่เป็นมาตรฐานได้ เช่น Microsoft Edge Mozilla Firefox และ Google Chrome		☐ ทดสอบแล้ว	

บทที่ 6
งานฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้

6.1 จัดอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ที่พัฒนาแก่เจ้าหน้าที่กรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง อย่างน้อย 3 ครั้ง ๆ ละ ไม่น้อยกว่า 100 คน

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดสัมมนาถ่ายทอดความรู้ให้เจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงสามารถใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยฝึกอบรมภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติให้เจ้าหน้าที่กรมทางหลวงในส่วนกลาง และในภูมิภาค จำนวน 3 รุ่น โดยมีผู้เข้าร่วมไม่น้อยกว่า 300 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6-1 แผนการจัดฝึกอบรมการใช้งานระบบ

อบรมถ่ายทอดความรู้สำหรับผู้ใช้งาน
ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS)
“โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System: TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ”
วันที่ 11 12 และ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2567 เวลา 08.30 - 12.00 น.
ณ ห้องแกรนด์ บอลลูม ชั้น 4 โรงแรมเบสท์เวสเทิร์น นาดา ดอนเมือง แอร์พอร์ต

เวลา	หัวข้อวิชา	ผู้รับผิดชอบ/วิทยากร
08.30 – 09.00 น.	ลงทะเบียน	
09.00 – 9.20 น.	ประธานกล่าวเปิดงาน	ผู้แทนกรมทางหลวง
09.20 – 09.40 น.	ภาพรวมของโครงการ	ที่ปรึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
09.40 – 10.30 น.	การสำรวจวิเคราะห์ปริมาณจราจร - วิธีการสำรวจปริมาณจราจร - อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจปริมาณจราจร - การนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์	ที่ปรึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10.30 – 10.45 น.	พักเบรก	
10.45 – 11.30 น.	สอนการใช้งานระบบสารสนเทศปริมาณจราจร - ภาพรวมของระบบ - การนำเข้าข้อมูลในระบบ - การออกรายงานในระบบ - นำเสนอการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning	ที่ปรึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
11.30 – 12.00 น.	การรับฟังแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ	

โดยภาพบรรยากาศการการจัดอบรมถ่ายทอดความรู้ ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) รุ่นที่ 1 ดังรูปที่ 6-1 รวมถึงรายละเอียดผู้เข้าร่วมอบรมแต่ละสำนักงานทางหลวง และหน่วยงานในสังกัด ดังนี้

รุ่นที่ 1 ดำเนินการจัดการอบรมถ่ายทอดความรู้ เมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 2567 โดยมีผู้เข้าอบรมจาก

- สำนักงานทางหลวงที่ 1 (เชียงใหม่) และหน่วยงานในสังกัด 21 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 2 (แพร่) และหน่วยงานในสังกัด 13 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 4 (ตาก) และหน่วยงานในสังกัด 13 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 5 (พิษณุโลก) และหน่วยงานในสังกัด 16 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 6 (เพชรบูรณ์) และหน่วยงานในสังกัด 16 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 12 (สุพรรณบุรี) และหน่วยงานในสังกัด 19 ท่าน
- แขวงทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง 3 ท่าน



รูปที่ 6-1 ภาพบรรยากาศการอบรมถ่ายทอดความรู้สำหรับผู้ใช้งานวันที่ 1

ทั้งนี้ ที่ปรึกษาได้ดำเนินการสรุปผลแบบประเมินการจัดอบรมถ่ายทอดความรู้ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) “โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System: TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ” ในวันที่ 11 – 13 ธันวาคม 2567 เวลา 08.30 – 12.00 น. ณ ห้องแกรนด์ บอลลูม ชั้น 4 โรงแรม เบสท์เวสเทิร์น นาดา ดอนเมือง แอร์พอร์ต รุ่นที่ 1 ดังตารางที่ 6-2 ถึง ตารางที่ 6-7

ตารางที่ 6-2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
1.1 ได้รับความรู้ความเข้าใจกระบวนการเก็บข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสำนักอำนวยความปลอดภัยได้ครบถ้วน	62	40	5	-	-	4.53
1.2 ได้รับความรู้ความเข้าใจหลังจากที่ปรึกษาได้ปรับปรุงและพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ได้อย่างครบถ้วน	66	34	7	-	-	4.55
1.3 ได้รับความรู้ความเข้าใจ การเชื่อมโยงข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับการบริหารจัดการข้อมูลปริมาณจราจร เช่นข้อมูลกายภาพสายทาง ข้อมูลปริมาณจราจรจากจุดสำรวจอัตโนมัติ กับระบบสารสนเทศปริมาณจราจร (TIMS)	46	54	6	1	-	4.36
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.48**

จากตารางที่ *6-2* พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม ดังนี้ การได้รับความรู้ความเข้าใจหลังจากที่ปรึกษาได้ปรับปรุงและพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจร บนทางหลวง (TIMS) ได้อย่างครบถ้วน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.55 รองลงมา คือ การได้รับความรู้ความเข้าใจกระบวนการเก็บข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสำนักอำนวยความปลอดภัย ได้ครบถ้วน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.53 และมีค่าเฉลี่ยรวม 4.48 คิดเป็นร้อยละ 89.60

ตารางที่ 6-3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	เหมาะสม (ร้อยละ)	ไม่เหมาะสม (ร้อยละ)	
2.1 หัวข้อบรรยาย / ประเด็นสำคัญในการอบรม	106 (99.07)	1 (0.93)	107 (100.00)
2.2 วัตถุประสงค์ของแต่ละหัวข้อบรรยาย	107 (100.00)	-	107 (100.00)
2.3 วิธีการ / เทคนิคในการอบรม	107 (100.00)	-	107 (100.00)
2.4 วิทยากรในภาพรวม	107 (100.00)	-	107 (100.00)
2.5 คุณสมบัติของผู้เข้าร่วมอบรม	107 (100.00)	-	107 (100.00)
2.6 ระยะเวลาการอบรม	99 (92.52)	8 (7.48)	107 (100.00)

จากตารางที่ 6-3 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของแต่ละหัวข้อบรรยาย วิธีการ/เทคนิคในการอบรม วิทยากรในภาพรวม และคุณสมบัติของผู้เข้าร่วมอบรม อยู่ในระดับเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 100.00

ตารางที่ 6-4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการ

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	เหมาะสม (ร้อยละ)	ไม่เหมาะสม (ร้อยละ)	
3.1 การจัดห้อง / สถานที่จัดอบรม	107 (100.00)	-	107 (100.00)
3.2 แสงสว่าง อุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ	105 (98.13)	2 (1.87)	107 (100.00)
3.3 ระบบเสียง ความพร้อมของโสตทัศนูปกรณ์	106 (99.07)	1 (0.93)	107 (100.00)
3.4 อาหารว่างและเครื่องดื่ม (ความสะอาด, รสชาติ)	106 (99.07)	1 (0.93)	107 (100.00)
3.5 อาหาร (ความสะอาด, รสชาติ)	107 (100.00)	-	107 (100.00)
3.6 วิธีการ/ช่องทางเข้าถึงเอกสารประกอบการบรรยาย	107 (100.00)	-	107 (100.00)

จากตารางที่ 6-4 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจ ในการจัดดำเนินการ ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดห้อง/สถานที่จัดอบรมอาหาร (ความสะอาด, รสชาติ) วิธีการ/ช่องทางเข้าถึงเอกสารประกอบการบรรยาย การติดต่อประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่และผู้เข้ารับการฝึกอบรม และการจัดดำเนินการและการอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ประจำโครงการ อยู่ในระดับเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 100.00

ตารางที่ 6-5 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
4.1 ท่านคิดว่าการเข้ารับการฝึกอบรมครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานและตอบสนองเป้าหมายขององค์กรได้ในระดับใด	67	34	4	1	1	4.54
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.54**

จากตารางที่ 6-5 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.54 คิดเป็นร้อยละ 90.8

ตารางที่ 6-6 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	คุ้มค่า (ร้อยละ)	ไม่คุ้มค่า (ร้อยละ)	
5.1 ท่านคิดว่าเป็นการคุ้มค่าหรือไม่ที่ท่านได้เข้ารับโครงการฝึกอบรมนี้	104 (97.20)	3 (2.80)	107 (100.00)

จากตารางที่ 6-6 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า อยู่ในระดับคุ้มค่า คิดเป็นร้อยละ 97.20

ตารางที่ 6-7 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
6.1 ท่านมีความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรมในครั้งนี้มากน้อยเพียงใด	68	34	4	1	-	4.58
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.58**

จากตารางที่ 6-7 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.58 คิดเป็นร้อยละ 91.60

ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่อการอบรมถ่ายทอดความรู้ รุ่นที่ 1 ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) และผลงานตามที่ได้ศึกษาในโครงการฯ และการกำหนดแนวทางในการประเมินผลงานโครงการฯ ของกรมทางหลวงในอนาคต ดังนี้

ข้อดี ของการเข้ารับการฝึกอบรม/สัมมนา ในครั้งนี้

1. ได้รับความรู้ และเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งานระบบ TIMS ที่นำเทคโนโลยี ระบบ AI ที่ทันสมัยมาใช้ เช่น การนำเข้าวีดีโอสำรวจปริมาณจราจร
2. เนื้อหาการนำเสนอเข้าใจง่าย
3. ระบบสะดวก และใช้งานง่ายขึ้น

ข้อควรปรับปรุง ของการเข้ารับการฝึกอบรม/สัมมนา ในครั้งนี้

1.ระยะเวลาอบรมน้อยไปทำให้การอัพโหลดวีดีโอยังไม่เสร็จสิ้น

2.การจัดโต๊ะที่นั่ง ควรเว้นระยะช่องทางเดิน ให้เดินเข้าห้องน้ำได้ง่าย

3.ความเร็ว internet

4.ควรอบรมผ่าน zoom

ท่านคิดว่าควรจะเพิ่มเติม**หัวข้อ/เรื่องอะไรที่สามารถทำให้การฝึกอบรม <u>หรือ</u> การสัมมนาครั้งนี้ครบถ้วนสมบูรณ์**

1. สามารถนำไปประยุกต์งานสถิติ
2. การนำรายงานไปใช้ประโยชน์ เมื่อ Export รายงาน สามารถนำไปใช้ในลักษณะใดได้บ้าง

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

- ไม่มี -

การจัดอบรมถ่ายทอดความรู้ ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) รุ่นที่ 2 โดยภาพบรรยากาศการจัดอบรม ดังรูปที่ *6-2* รวมถึงรายละเอียดผู้เข้าร่วมอบรมแต่ละสำนักงานทางหลวงและหน่วยงานในสังกัด ดังนี้

รุ่นที่ 2 ดำเนินการจัดการอบรมถ่ายทอดความรู้ เมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2567 โดยมีผู้เข้าอบรมจาก

- สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร) และหน่วยงานในสังกัด 19 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น) และหน่วยงานในสังกัด 18 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม) และหน่วยงานในสังกัด 13 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 9 (อุบลราชธานี) และหน่วยงานในสังกัด 18 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 10 (นครราชสีมา) และหน่วยงานในสังกัด 19 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี) และหน่วยงานในสังกัด 19 ท่าน



รูปที่ 6-2 ภาพบรรยากาศการอบรมถ่ายทอดความรู้สำหรับผู้ใช้งานวันที่ 2

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการสรุปผลแบบประเมินการจัดอบรมถ่ายทอดความรู้ ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) “โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System: TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ” รุ่นที่ 2 ดังตารางที่ 6-8 ถึง ตารางที่ 6-13

ตารางที่ 6-8 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
1.1 ได้รับความรู้ความเข้าใจกระบวนการเก็บข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสำนักอำนวยความปลอดภัยได้ครบถ้วน	63	35	4	1	1	4.52
1.2 ได้รับความรู้ความเข้าใจหลังจากที่ปรึกษาได้ปรับปรุงและพัฒนาระบบารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ได้อย่างครบถ้วน	61	35	7	-	1	4.49
1.3 ได้รับความรู้ความเข้าใจ การเชื่อมโยงข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับการบริหารจัดการข้อมูลปริมาณจราจร เช่นข้อมูลกายภาพสายทาง ข้อมูลปริมาณจราจรจากจุดสำรวจอัตโนมัติ กับระบบสารสนเทศปริมาณจราจร (TIMS)	56	35	12	1	-	4.40
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.47**

จากตารางที่ 6-8 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม ดังนี้ การได้รับความรู้ความเข้าใจกระบวนการเก็บข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับสำนักอำนวยความปลอดภัยได้ครบถ้วน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.52 รองลงมา คือ การได้รับความรู้ความเข้าใจหลังจากที่ปรึกษาได้ปรับปรุงและพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ได้อย่างครบถ้วน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.49 และมีค่าเฉลี่ยรวม 4.47 คิดเป็นร้อยละ 89.40

ตารางที่ 6-9 ความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	เหมาะสม (ร้อยละ)	ไม่เหมาะสม (ร้อยละ)	
2.1 หัวข้อบรรยาย / ประเด็นสำคัญในการอบรม	103 (99.04)	1 (0.96)	104 (100.00)
2.2 วัตถุประสงค์ของแต่ละหัวข้อบรรยาย	104 (100.00)	-	104 (100.00)
2.3 วิธีการ / เทคนิคในการอบรม	103 (99.04)	1 (0.96)	104 (100.00)
2.4 วิทยากรในภาพรวม	104 (100.00)	-	104 (100.00)
2.5 คุณสมบัติของผู้เข้าร่วมอบรม	103 (99.04)	1 (0.96)	104 (100.00)
2.6 ระยะเวลาการอบรม	93 (89.42)	11 (10.58)	104 (100.00)

จากตารางที่ 6-9 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของแต่ละหัวข้อบรรยาย และวิทยากรในภาพรวมอยู่ในระดับเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 100.00

ตารางที่ 6-10 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการ

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	เหมาะสม (ร้อยละ)	ไม่เหมาะสม (ร้อยละ)	
3.1 การจัดห้อง / สถานที่จัดอบรม	102 (98.08)	2 (1.92)	104 (100.00)
3.2 แสงสว่าง อุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ	101 (97.12)	3 (2.88)	104 (100.00)
3.3 ระบบเสียง ความพร้อมของโสตทัศนูปกรณ์	85 (81.73)	19 (18.27)	104 (100.00)
3.4 อาหารว่างและเครื่องดื่ม (ความสะอาด, รสชาติ)	100 (96.15)	4 (3.85)	104 (100.00)
3.5 อาหาร (ความสะอาด, รสชาติ)	101 (97.12)	3 (2.88)	104 (100.00)
3.6 วิธีการ/ช่องทางเข้าถึงเอกสารประกอบการบรรยาย	103 (99.04)	1 (0.96)	104 (100.00)
3.7 การติดต่อประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่และผู้เข้ารับการฝึกอบรม	104 (100.00)	-	104 (100.00)
3.8 การจัดดำเนินการและการอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ประจำโครงการ	103 (99.04)	1 (0.96)	104 (100.00)

จากตารางที่ 6-10 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการส่วนใหญ่เกี่ยวกับมีความคิดเห็นเรื่องการติดต่อประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่และผู้เข้ารับการฝึกอบรม อยู่ในระดับเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 100.00 รองลงมาคือ วิธีการ/ช่องทางเข้าถึงเอกสารประกอบการบรรยาย และการจัดดำเนินการและการอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ประจำโครงการอยู่ในระดับเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 99.04

ตารางที่ 6-11 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
4.1 ท่านคิดว่าการเข้ารับการฝึกอบรมครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานและตอบสนองเป้าหมายขององค์กรได้ในระดับใด	61	34	9	-	-	4.50
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.50**

จากตารางที่ 6-11 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.50 คิดเป็นร้อยละ 90.00

ตารางที่ 6-12 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	คุ้มค่า (ร้อยละ)	ไม่คุ้มค่า (ร้อยละ)	
5.1 ท่านคิดว่าเป็นการคุ้มค่าหรือไม่ที่ท่านได้เข้ารับโครงการฝึกอบรมนี้	99 (99.19)	5 (4.81)	104 (100.00)

จากตารางที่ 6-12 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า อยู่ในระดับคุ้มค่า คิดเป็นร้อยละ 99.19

ตารางที่ 6-13 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
6.1 ท่านมีความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรมในครั้งนี้มากน้อยเพียงใด	55	37	12	-	-	4.41
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.41**

จากตารางที่ 6-13 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.41 คิดเป็นร้อยละ 88.20

ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่อการอบรมถ่ายทอดความรู้ รุ่นที่ 2 ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) และผลงานตามที่ได้ศึกษาในโครงการฯ และการกำหนดแนวทางในการประเมินผลงานโครงการฯ ของกรมทางหลวงในอนาคต ดังนี้

ข้อดี ของการเข้ารับการฝึกอบรม/สัมมนา ในครั้งนี้

1. ได้เรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจ การใช้งานระบบและการนำข้อมูลสำรวจปริมาณจราจรที่เป็นวีดีโอเข้าระบบ
2. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการเก็บข้อมูลปริมาณจราจร โดย กล้องนับปริมาณจราจร (AI)
3. ได้รับความรู้เรื่องที่สามารถนำไปพัฒนาและปรับใช้ในงานได้

ข้อควรปรับปรุง ของการเข้ารับการฝึกอบรม/สัมมนา ในครั้งนี้

1. ปรับปรุงระบบเครื่องเสียง ไมโครโฟน
2. เพิ่มเวลาในการอบรมเพื่อจะได้ทดลองปฏิบัติได้มากขึ้น
3. ควรอบรมโดยระบบ zoom มากกว่าเดินทางมายังสถานที่อบรม

ท่านคิดว่าควรจะเพิ่มเติมหัวข้อ/เรื่องอะไรที่สามารถทำให้การฝึกอบรม หรือ การสัมมนาครั้งนี้ครบถ้วนสมบูรณ์

1. การกรอกข้อมูลควรใช้ Tap ลูกศรได้
2. ควรเพิ่มการปฏิบัติจริงภาคสนาม
3. ควรปรับปรุงระบบอินเตอร์เน็ตให้เร็วต่อการประมวลผล

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

1. อยากให้เพิ่มเมนูการอัพโหลดข้อมูลจราจร จากแบบฟอร์ม ส1-02 ที่เป็นไฟล์ภาพหรือไฟล์เอกเซล เข้าสู่ระบบได้เลยและการจัดอบรมถ่ายทอดความรู้ ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) รุ่นที่ 3 โดยภาพบรรยากาศการจัดอบรม ดังรูปที่ 6-3 รวมถึงรายละเอียดผู้เข้าร่วมอบรมแต่ละสำนักงานทางหลวงและหน่วยงานในสังกัด ดังนี้

รุ่นที่ 3 ดำเนินการจัดการอบรมถ่ายทอดความรู้ เมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2567 โดยมีผู้เข้าอบรมจาก

- สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ) และหน่วยงานในสังกัด 25 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี) และหน่วยงานในสังกัด 19 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์) และหน่วยงานในสังกัด 20 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 16 (นครศรีธรรมราช) และหน่วยงานในสังกัด 18 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 17 (กระบี่) และหน่วยงานในสังกัด 16 ท่าน
- สำนักงานทางหลวงที่ 18 (สงขลา) และหน่วยงานในสังกัด 19 ท่าน



รูปที่ 6-3 ภาพบรรยากาศการอบรมถ่ายทอดความรู้สำหรับผู้ใช้งานวันที่ 3

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการสรุปผลแบบประเมินการจัดอบรมถ่ายทอดความรู้ ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) “โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System: TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ” รุ่นที่ 3 ดังตารางที่ 6-14 ถึง ตารางที่ 6-19

ตารางที่ 6-14 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
1.1 ได้รับความรู้ความเข้าใจกระบวนการเก็บข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสำนักอำนวยความปลอดภัยได้ครบถ้วน	75	32	7	-	-	4.60
1.2 ได้รับความรู้ความเข้าใจหลังจากที่ปรึกษาได้ปรับปรุงและพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ได้อย่างครบถ้วน	70	39	5	-	-	4.57
1.3 ได้รับความรู้ความเข้าใจ การเชื่อมโยงข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับการบริหารจัดการข้อมูลปริมาณจราจร เช่นข้อมูลกายภาพสายทาง ข้อมูลปริมาณจราจรจากจุดสำรวจอัตโนมัติ กับระบบสารสนเทศปริมาณจราจร (TIMS)	72	39	3	-	-	4.61
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.59**

จากตารางที่ 6-14 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม ดังนี้ การได้รับความรู้ความเข้าใจ การเชื่อมโยงข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับการบริหารจัดการข้อมูลปริมาณจราจร เช่นข้อมูลกายภาพสายทาง ข้อมูลปริมาณจราจรจากจุดสำรวจอัตโนมัติกับระบบสารสนเทศปริมาณจราจร (TIMS) อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.61 รองลงมา คือ การได้รับความรู้ความเข้าใจกระบวนการเก็บข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสำนักอำนวยความปลอดภัยได้ครบถ้วน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.60 และมีค่าเฉลี่ยรวม 4.59 คิดเป็นร้อยละ 91.80

ตารางที่ 6-15 ความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	เหมาะสม (ร้อยละ)	ไม่เหมาะสม (ร้อยละ)	
2.1 หัวข้อบรรยาย / ประเด็นสำคัญในการอบรม	114 (100.00)	-	114 (100.00)
2.2 วัตถุประสงค์ของแต่ละหัวข้อบรรยาย	104 (100.00)	-	114 (100.00)
2.3 วิธีการ / เทคนิคในการอบรม	104 (100.00)	-	114 (100.00)
2.4 วิทยากรในภาพรวม	104 (100.00)	-	114 (100.00)
2.5 คุณสมบัติของผู้เข้าร่วมอบรม	104 (100.00)	-	114 (100.00)
2.6 ระยะเวลาการอบรม	105 (92.11)	9 (7.89)	114 (100.00)

จากตารางที่ 6-15 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับหัวข้อบรรยาย/ประเด็นสำคัญในการอบรม วัตถุประสงค์ของแต่ละหัวข้อบรรยาย วิธีการ/เทคนิค ในการอบรม วิทยากรในภาพรวม และคุณสมบัติของผู้เข้าร่วมอบรม อยู่ในระดับเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 100.00

ตารางที่ 6-16 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการ

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	เหมาะสม (ร้อยละ)	ไม่เหมาะสม (ร้อยละ)	
3.1 การจัดห้อง / สถานที่จัดอบรม	104 (100.00)	-	114 (100.00)
3.2 แสงสว่าง อุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ	108 (94.74)	6 (5.26)	114 (100.00)
3.3 ระบบเสียง ความพร้อมของโสตทัศนูปกรณ์	109 (95.61)	5 (4.39)	114 (100.00)
3.4 อาหารว่างและเครื่องดื่ม (ความสะอาด, รสชาติ)	113 (99.12)	1 (0.88)	114 (100.00)
3.5 อาหาร (ความสะอาด, รสชาติ)	113 (99.12)	1 (0.88)	114 (100.00)
3.6 วิธีการ/ช่องทางเข้าถึงเอกสารประกอบการบรรยาย	104 (100.00)	-	114 (100.00)
3.7 การติดต่อประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่และผู้เข้ารับการฝึกอบรม	104 (100.00)	-	114 (100.00)
3.8 การจัดดำเนินการและการอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ประจำโครงการ	104 (100.00)	-	114 (100.00)

จากตารางที่ 6-16 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการ ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเรื่องการจัดห้อง/สถานที่จัดอบรม วิธีการ/ช่องทางเข้าถึงเอกสารประกอบการบรรยาย การติดต่อประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่และผู้เข้ารับการฝึกอบรม และการจัดดำเนินการและการอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ประจำโครงการอยู่ในระดับเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 100.00

ตารางที่ 6-17 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
4.1 ท่านคิดว่าการเข้ารับการฝึกอบรมครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานและตอบสนองเป้าหมายขององค์กรได้ในระดับใด	75	36	3	-	-	4.63
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.63**

จากตารางที่ 6-17 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.63 คิดเป็นร้อยละ 92.60

ตารางที่ 6-18 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	คุ้มค่า (ร้อยละ)	ไม่คุ้มค่า (ร้อยละ)	
5.1 ท่านคิดว่าเป็นการคุ้มค่าหรือไม่ที่ท่านได้เข้ารับโครงการฝึกอบรมนี้	113 (99.12)	1 (0.88)	114 (100.00)

จากตารางที่ 6-18 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า อยู่ในระดับคุ้มค่าคิดเป็นร้อยละ 99.12

ตารางที่ 6-19 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
6.1 ท่านมีความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรมในครั้งนี้มากน้อยเพียงใด	76	35	3	-	-	4.64
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.64**

จากตารางที่ 6-19 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.64 คิดเป็นร้อยละ 92.80

ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่อการอบรมถ่ายทอดความรู้ รุ่นที่ 3 ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) และผลงานตามที่ได้ศึกษาในโครงการฯ และการกำหนดแนวทางในการประเมินผลงานโครงการฯ ของกรมทางหลวงในอนาคต ดังนี้

<u>ข้อดี</u> ของการเข้ารับการฝึกอบรม/สัมมนา ในครั้งนี้

1. การบรรยายมีความกระชับ เข้าใจง่าย
2. ขั้นตอนการทำงานของระบบง่ายขึ้น
3. ได้ทบทวนการใช้งานระบบ TIMS ที่เคยใช้และได้เรียนรู้รูปแแบการใช้งานแบบใหม่เพิ่มมากขึ้น
4. ได้นำเทคโนโลยี AI มาใช้ในการสำรวจปริมาณจราจร
5. ได้ทดลองปฏิบัติจริงในการลงระบบ
6. ได้รับทราบการทำงานของระบบในรูปแบบใหม่ ๆ
7. ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้สะดวกขึ้น

<u>ข้อควรปรับปรุง</u> ของการเข้ารับการฝึกอบรม/สัมมนา ในครั้งนี้

1. การประมวลผลข้อมูล ใช้เวลานานเกินไป
2. ระยะเวลาการอบรมน้อยเกินไปควรเพิ่มระยะเวลา
3. ความเร็วอินเตอร์เน็ตช้าเกินไป
4. เสียงของวิทยากรเบาเกินไป

ท่านคิดว่าควรจะเพิ่มเติมหัวข้อ/เรื่องอะไรที่สามารถทำให้การฝึกอบรม <u>หรือ</u> การสัมมนาครั้งนี้ครบถ้วนสมบูรณ์

1. ควรเพิ่มเวลาภาคปฏิบัติมากขึ้น

<u>ข้อเสนอแนะอื่นๆ</u>

1. การพัฒนากล้องตรวจจับปริมาณจราจรติดทุกแขวงทางหลวงแล้วใช้ระบบเหมือนกันโดยให้ทาง AIดำเนินการเองทั้งหมด
2. ควรจัดอบรมต่างจังหวัด

6.2 จัดอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ที่พัฒนาแก่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ 1 ครั้ง จำนวน 5 คน

ที่ปรึกษาจะต้องดำเนินการจัดสัมมนาถ่ายทอดความรู้ให้เจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงสามารถใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจัดอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ที่พัฒนาแก่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ 1 ครั้ง จำนวน 5 คน โดยภาพบรรยากาศการการจัดอบรมถ่ายทอด ดังรูปที่ 6-4 และมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6-20 แผนการจัดฝึกอบรมแก่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ

อบรมถ่ายทอดความรู้สำหรับผู้ดูแลระบบ ระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) “โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System: TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ” วันพุธที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2567 เวลา 08.30 - 12.00 น. ณ Reno Hotel Bangkok		
เวลา	**หัวข้อวิชา**	**ผู้รับผิดชอบ/วิทยากร**
08.30 – 09.00 น.	ลงทะเบียน	08.30 – 09.00 น.
09.00 – 09.20 น.	ประธานกล่าวเปิดงาน	ผู้แทนกรมทางหลวง
09.20 – 09.40 น.	ภาพรวมของโครงการ	ที่ปรึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
09.40 – 10.30 น.	การทำงานของระบบสำหรับแอดมิน - เมนูที่แสดงผลสำหรับแอดมิน -การใช้งานประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning - การส่งออกรายงาน - การเผยแพร่เว็บเซอร์วิส	ที่ปรึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10.30 – 10.45 น.	พักเบรก	
10.45 – 11.15 น.	การใช้งานหน้าตั้งค่า - การเผยแพร่เอกสารแจ้งเรื่องสำคัญ -ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งจุดสำรวจ - การเผยแพร่ข้อมูลสำรวจ - การตั้งค่าสมการต่าง บนระบบ	ที่ปรึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
11.15 – 11.30 น.	การบริหารจัดการข้อมูลบัญชีผู้ใช้งานระบบ	ที่ปรึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
11.30 – 12.00 น.	การรับฟังแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ	

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการสรุปผลแบบประเมินการจัดอบรมถ่ายทอดความรู้การใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นในโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง(Traffic Information Management System : TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ “แก่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ” ดังตารางที่ 6-21 ถึง ตารางที่ 6-26

ตารางที่ 6-21 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
1.1 ได้รับความรู้ความเข้าใจกระบวนการเก็บข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสำนักอำนวยความปลอดภัยได้ครบถ้วน	4	1	-	-	-	4.80
1.2 ได้รับความรู้ความเข้าใจหลังจากที่ปรึกษาได้ปรับปรุงและพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ได้อย่างครบถ้วน	4	1	-	-	-	4.80
1.3 ได้รับความรู้ความเข้าใจ การเชื่อมโยงข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับการบริหารจัดการข้อมูลปริมาณจราจร เช่นข้อมูลกายภาพสายทาง ข้อมูลปริมาณจราจรจากจุดสำรวจอัตโนมัติ กับระบบสารสนเทศปริมาณจราจร (TIMS)	4	1	-	-	-	4.80
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.80**

จากตารางที่ 6-21 พบว่า เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ ที่เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการบรรลุวัตถุประสงค์การอบรม อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.80 คิดเป็นร้อยละ 96.00

ตารางที่ 6-22 ความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	เหมาะสม (ร้อยละ)	ไม่เหมาะสม (ร้อยละ)	
2.1 หัวข้อบรรยาย / ประเด็นสำคัญในการอบรม	5 (100.00)	-	5 (100.00)
2.2 วัตถุประสงค์ของแต่ละหัวข้อบรรยาย	5 (100.00)	-	5 (100.00)
2.3 วิธีการ / เทคนิคในการอบรม	5 (100.00)	-	5 (100.00)
2.4 วิทยากรในภาพรวม	5 (100.00)	-	5 (100.00)
2.5 คุณสมบัติของผู้เข้าร่วมอบรม	5 (100.00)	-	5 (100.00)
2.6 ระยะเวลาการอบรม	5 (100.00)	-	5 (100.00)

จากตารางที่ 6-22 พบว่า เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ ที่เข้ารับการอบรม มีความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตรอยู่ในระดับเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 100.00

ตารางที่ 6-23 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการ

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	เหมาะสม (ร้อยละ)	ไม่เหมาะสม (ร้อยละ)	
3.1 การจัดห้อง / สถานที่จัดอบรม	5 (100.00)	-	5 (100.00)
3.2 แสงสว่าง อุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ	4 (80.00)	1 (20.00)	5 (100.00)
3.3 ระบบเสียง ความพร้อมของโสตทัศนูปกรณ์	5 (100.00)	-	5 (100.00)
3.4 อาหารว่างและเครื่องดื่ม (ความสะอาด รสชาติ)	5 (100.00)	-	5 (100.00)
3.5 อาหาร (ความสะอาด รสชาติ)	5 (100.00)	-	5 (100.00)
3.6 วิธีการ/ช่องทางเข้าถึงเอกสารประกอบการบรรยาย	5 (100.00)	-	5 (100.00)
3.7 การติดต่อประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่และผู้เข้ารับการฝึกอบรม	5 (100.00)	-	5 (100.00)
3.8 การจัดดำเนินการและการอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ประจำโครงการ	5 (100.00)	-	5 (100.00)

จากตารางที่ 6-23 พบว่า เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ ที่เข้ารับการอบรม มีความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม/พึงพอใจในการจัดดำเนินการ ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดห้อง/สถานที่จัดอบรม ระบบเสียง ความพร้อมของโสตทัศนูปกรณ์ อาหารว่างและเครื่องดื่ม (ความสะอาด รสชาติ) อาหาร (ความสะอาด รสชาติ) วิธีการ/ช่องทางเข้าถึงเอกสารประกอบการบรรยาย การติดต่อประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่และผู้เข้ารับการฝึกอบรม และการจัดดำเนินการและการอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ประจำโครงการ อยู่ในระดับเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 100.00

ตารางที่ 6-24 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
4.1 ท่านคิดว่าการเข้ารับการฝึกอบรมครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานและตอบสนองเป้าหมายขององค์กรได้ในระดับใด	4	1	-	-	-	4.80
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.80**

จากตารางที่ 6-24 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และตอบสนองเป้าหมายขององค์กร อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.80 คิดเป็นร้อยละ 96.00

ตารางที่ 6-25 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า

รายการ	ระดับความคิดเห็น		รวม (ร้อยละ)
	คุ้มค่า (ร้อยละ)	ไม่คุ้มค่า (ร้อยละ)	
5.1 ท่านคิดว่าเป็นการคุ้มค่าหรือไม่ที่ท่านได้เข้ารับโครงการฝึกอบรมนี้	5 (100.00)	-	5 (100.00)

จากตารางที่ 6-25 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความคุ้มค่า อยู่ในระดับคุ้มค่า คิดเป็นร้อยละ 100.00

ตารางที่ 6-26 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม

รายการ	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
6.1 ท่านมีความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรมในครั้งนี้มากน้อยเพียงใด	4	1	-	-	-	4.80
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.80**

จากตารางที่ 6-26 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในภาพรวมของการเข้ารับการฝึกอบรม อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.80 คิดเป็นร้อยละ 96.00

ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่อการอบรมอบรมถ่ายทอดความรู้การใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นในโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System :TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ “แก่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ” และผลงานตามที่ได้ศึกษาในโครงการฯ และการกำหนดแนวทางในการประเมินผลงานโครงการฯ ของกรมทางหลวงในอนาคต ดังนี้

<u>ข้อดี</u> ของการเข้ารับการฝึกอบรมในครั้งนี้

1. ได้รับทราบรายละเอียดความสามารถของระบบ

<u>ข้อควรปรับปรุง</u> ของการเข้ารับการฝึกอบรมในครั้งนี้

- ไม่มี -

ท่านคิดว่าควรจะเพิ่มเติมหัวข้อ/เรื่องอะไรที่สามารถทำให้การฝึกอบรมครั้งนี้ครบถ้วนสมบูรณ์

- ไม่มี -

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

- ไม่มี -



รูปที่ 6-4 ภาพบรรยากาศการอบรมอบรมถ่ายทอดความรู้สำหรับผู้ดูแลระบบ

บทที่ 7
การส่งมอบงาน แผนการดำเนินงานโครงการ และปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ

7.1 การส่งมอบรายงานและเอกสาร

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System : TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ กำหนดระยะเวลาดำเนินการทั้งสิ้น 270 วัน ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำรายงานและเอกสารต่าง ๆ โดยรูปแบบและเนื้อหาจะต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการกำกับโครงการ ดังต่อไปนี้

7.1.1 รายงานขั้นต้น (Inception Report)

ที่ปรึกษาต้องจัดทำรายงานขั้นต้นที่เป็นรูปเล่ม และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้ จำนวน 20 ฉบับ และนำเสนองานประกอบการส่งรายงานภายใน 30 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยรายงานขั้นต้นจะต้องประกอบด้วยรายละเอียดอย่างน้อย ดังนี้

- ที่มาของโครงการ
- ขั้นตอน และวิธีการดำเนินการ
- แนวทางการจัดทำและนำเสนอรายละเอียดของการศึกษา
- ผังการบริหารของโครงการ (Organization Chart) แผนการปฏิบัติงาน (Project Schedule) และแผนการทำงานของบุคลากร (Manpower Schedule)
- ความก้าวหน้าการดำเนินงานตามขอบเขตการศึกษา
- สรุปปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ พร้อมแนวทางในการแก้ไขปัญหา
- แผนงานที่จะปฏิบัติในงวดต่อไป

7.1.2 รายงานความก้าวหน้าฉบับที่หนึ่ง (Progress Report I)

ที่ปรึกษาต้องจัดทำรายงานความก้าวหน้าฉบับที่หนึ่งที่เป็นรูปเล่ม และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้ จำนวน 20 ฉบับ และนำเสนองานประกอบการส่งรายงานภายใน 90 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยรายงานความก้าวหน้าฉบับที่หนึ่ง จะต้องประกอบด้วยรายละเอียดอย่างน้อย ดังนี้

- ผลการดำเนินงานตามขอบเขตการศึกษา ข้อ 3.1.1 ข้อ 3.1.2 ข้อ 3.1.4 ข้อ 3.1.5 และข้อ 3.1.6 แล้วเสร็จ
- สรุปปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ พร้อมแนวทางในการแก้ไขปัญหา
- สรุปผลงานที่ทำสำเร็จแล้ว และแผนงานที่จะปฏิบัติในงวดต่อไป

7.1.3 รายงานขั้นกลาง (Interim Report)

ที่ปรึกษาต้องจัดทำรายงานขั้นกลางที่เป็นรูปเล่ม และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้ จำนวน 20 ฉบับ และนำเสนองานประกอบการส่งรายงานภายใน 120 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยรายงานขั้นกลางจะต้องประกอบด้วยรายละเอียดอย่างน้อย ดังนี้

- ผลการดำเนินงานตามขอบเขตการศึกษา ข้อ 3.1.3 ข้อ 3.2.1 ข้อ 3.2.2 และ ข้อ 3.4.1 แล้วเสร็จ
- สรุปปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ พร้อมแนวทางในการแก้ไขปัญหา
- สรุปผลงานที่ทำสำเร็จแล้ว และแผนงานที่จะปฏิบัติในงวดต่อไป

7.1.4 รายงานความก้าวหน้าฉบับที่สอง (Progress Report II)

ที่ปรึกษาต้องจัดทำรายงานความก้าวหน้าฉบับที่สองที่เป็นรูปเล่ม และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้ จำนวน 20 ฉบับ และนำเสนองานประกอบการส่งรายงานภายใน 180 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยรายงานความก้าวหน้าฉบับที่สอง จะต้องประกอบด้วยรายละเอียดอย่างน้อย ดังนี้

- ผลการดำเนินงานตามขอบเขตการศึกษา ข้อ 3.3.4 และข้อ 3.3.5 แล้วเสร็จ
- สรุปปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ พร้อมแนวทางในการแก้ไขปัญหา
- สรุปผลงานที่ทำสำเร็จแล้ว และแผนงานที่จะปฏิบัติในงวดต่อไป

7.1.5 ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ (Draft Final Report)

ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ที่เป็นรูปเล่ม และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้ จำนวน 20 ฉบับ และนำเสนองานประกอบการส่งรายงาน ภายใน 240 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ จะต้องประกอบด้วยรายละเอียดอย่างน้อยดังนี้

- ผลการดำเนินงานตามขอบเขตการศึกษา ข้อ 3.2.3 ข้อ 3.3.1 ข้อ 3.3.2 ข้อ 3.3.3 ข้อ 3.3.6 ข้อ 3.3.7 ข้อ 3.3.8 ข้อ 3.4.2 ข้อ 3.4.3 และข้อ 3.5 แล้วเสร็จ
- สรุปปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ พร้อมแนวทางในการแก้ไขปัญหา
- สรุปผลงานที่ทำสำเร็จแล้ว และแผนงานที่จะปฏิบัติในงวดต่อไป

7.1.6 รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ที่เป็นรูปเล่ม (สี) และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้ จำนวน 20 ฉบับ และนำเสนองานประกอบการส่งรายงาน ภายใน 270 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญารายงานฉบับสมบูรณ์จะต้องประกอบด้วย

- ผลการดำเนินงานตามขอบเขตการศึกษาแล้วเสร็จสมบูรณ์ทั้งโครงการ
- รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report) พร้อมสำเนาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 ฉบับ
- คู่มือการใช้งานระบบสารสนเทศ พร้อมสำเนาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 ฉบับ
- คู่มือการดูแลระบบสารสนเทศ พร้อมสำเนาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 ฉบับ
- วีดิทัศน์สื่อการสอนใช้งานระบบ (ไม่น้อยกว่า 5 นาที) จำนวน 1 ชุด
- วีดิทัศน์สื่อประชาสัมพันธ์การใช้งานระบบ (ไม่น้อยกว่า 5 นาที) จำนวน 1 ชุด
- Flash drive สำหรับจัดเก็บ Soft Copy จำนวน 5 ชุด
- ชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์ (Backdrop) จำนวน 1 ชุด
- ชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์ (Rollup) จำนวน 3 ชุด

ทั้งนี้ ที่ปรึกษาได้สรุปรายงาน และเอกสารที่ต้องดำเนินการส่งมอบรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7-*1*

ตารางที่ 7-1 สรุปรายงาน และเอกสารที่ต้องดำเนินการส่งมอบ

ลำดับ	วันส่งมอบ	รายงาน	จำนวน (ฉบับ/ชุด)
1	13 มิ.ย. 67	รายงานขั้นต้น (Inception Report) และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้	20
2	15 ส.ค 67	รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 (Progress Report I) และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้	20
3	13 ก.ย. 67 (14 ก.ย. 67 ตรงกับวันเสาร์)	รายงานขั้นกลาง (Interim Report) และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้	20
4	13 พ.ย. 67	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่สอง (Progress Report II) และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้	20
5	10 ม.ค. 68 (12 ม.ค. 68 ตรงกับวันอาทิตย์)	ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ (Draft Final Report) และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้	20
8	**11 ก.พ. 68**	**รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้**	**20**
9		**รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report) พร้อมสำเนาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์**	**20**
8		**คู่มือการใช้งานระบบสารสนเทศ พร้อมสำเนาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์**	**20**
9		**คู่มือการดูแลระบบสารสนเทศ พร้อมสำเนาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์**	**20**
10		**วีดิทัศน์สื่อการสอนใช้งานระบบ (ไม่น้อยกว่า 5 นาที)**	**1**
11		**วีดิทัศน์สื่อประชาสัมพันธ์การใช้งานระบบ (ไม่น้อยกว่า 5 นาที)**	**1**
12		**Flash drive สำหรับจัดเก็บ Soft Copy**	**5**
13		**ชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์ (Backdrop)**	**1**
14		**ชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์ (Rollup)**	**3**

โดยที่ปรึกษาได้ดำเนินการส่งมอบตามสัญญา รายละเอียดดังรูปที่ 7-1 ถึง รูปที่ 7-9

1) ผลการดำเนินงานตามขอบเขตการศึกษาแล้วเสร็จสมบูรณ์ทั้งโครงการ รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแก้ไขได้ จำนวน 20 ฉบับ



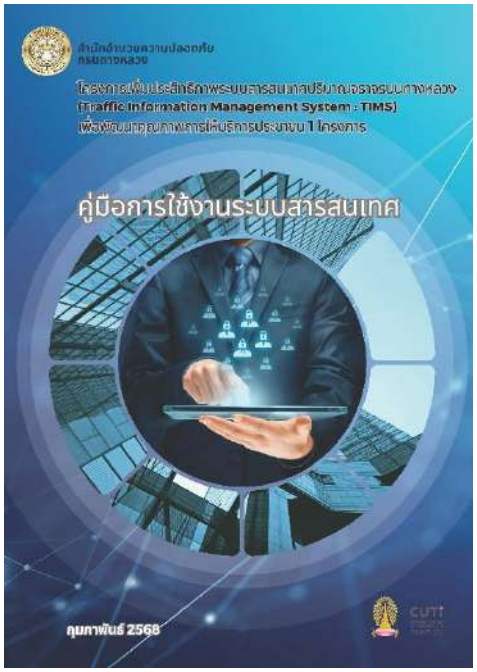
รูปที่ 7-1 รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

2) รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report) พร้อมสำเนาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 ฉบับ



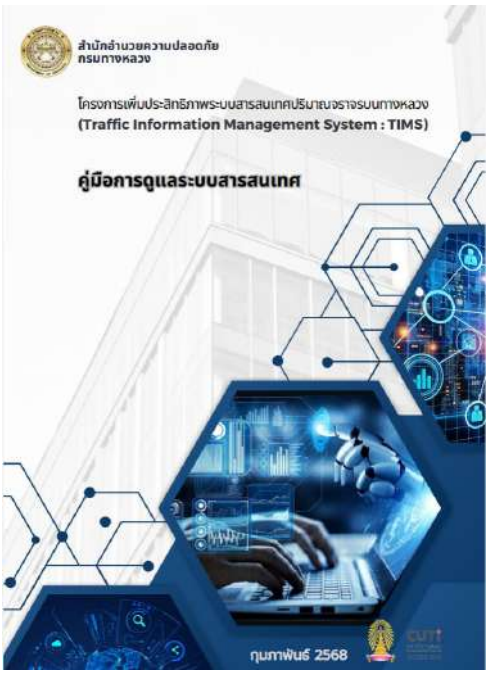
รูปที่ 7-2 รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

3) คู่มือการใช้งานระบบสารสนเทศ พร้อมสำเนาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 ฉบับ



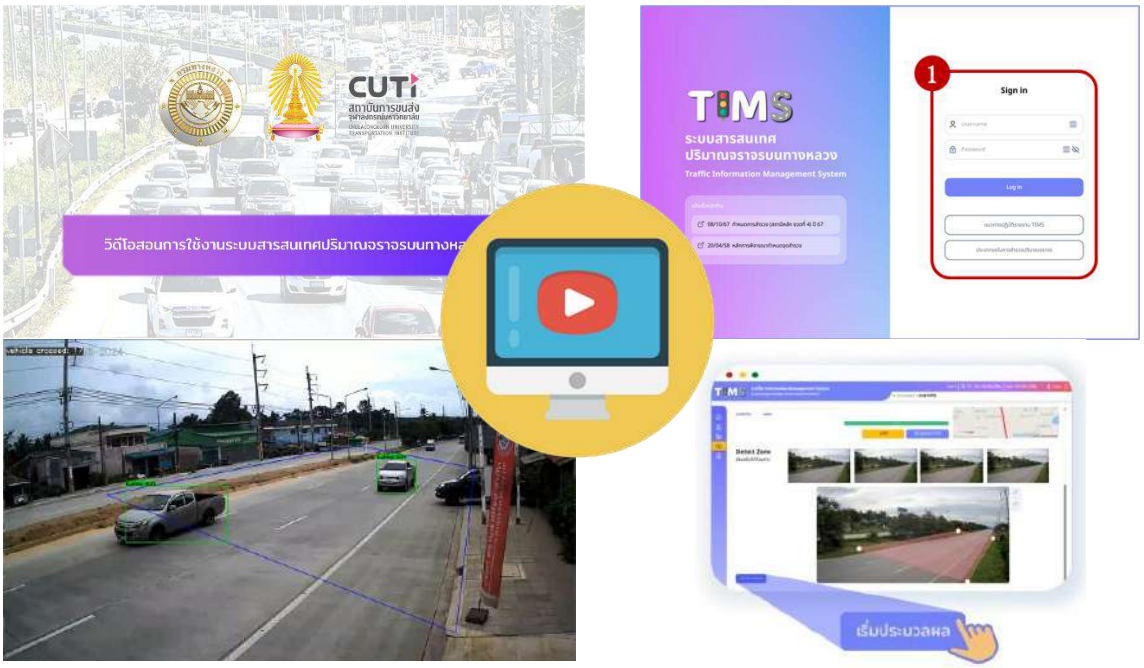
รูปที่ 7-3 คู่มือการใช้งานระบบสารสนเทศ

4) คู่มือการดูแลระบบสารสนเทศ พร้อมสำเนาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 ฉบับ



รูปที่ 7-4 คู่มือการดูแลระบบสารสนเทศ

5) วีดิทัศน์สื่อการสอนใช้งานระบบ (ไม่น้อยกว่า 5 นาที) จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 7-5 วีดิทัศน์สื่อการสอนใช้งานระบบ

6) วีดิทัศน์สื่อประชาสัมพันธ์การใช้งานระบบ (ไม่น้อยกว่า 5 นาที) จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 7-6 วีดิทัศน์สื่อประชาสัมพันธ์การใช้งานระบบ

7) Flash drive สำหรับจัดเก็บ Soft Copy จำนวน 5 ชุด

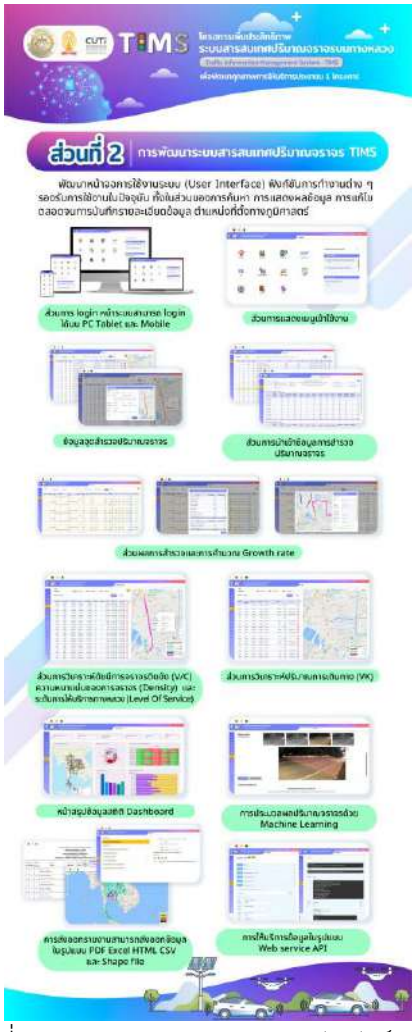
8) ชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์ (Backdrop) จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 7-7 ชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์ (Backdrop)

9) ชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์ (Rollup) จำนวน 3 ชุด







รูปที่ 7-8 ชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์ (Rollup)



รูปที่ 7-9 ภาพรวมชุดนิทรรศการประชาสัมพันธ์

7.2 ระยะเวลาดำเนินการและแผนดำเนินการ

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System : TIMS) เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการประชาชน 1 โครงการ มีกำหนดระยะเวลาดำเนินการทั้งสิ้น 270 วัน ที่ปรึกษาได้วางแผนการดำเนินงานโครงการ ดังตารางที่ 7-2

ตารางที่ 7-2 ระยะเวลาดำเนินการและแผนดำเนินการ

ลำดับ	การดำเนินงาน	ร้อยละของงาน	ระยะเวลาดำเนินการ 270 วัน
			พ.ค. 67 (3,4) · มิ.ย. 67 (1,2,3,4) · ก.ค. 67 (1,2,3,4) · ส.ค. 67 (1,2,3,4) · ก.ย. 67 (1,2,3,4) · ต.ค. 67 (1,2,3,4) · พ.ย. 67 (1,2,3,4) · ธ.ค. 67 (1,2,3,4) · ม.ค. 68 (1,2,3,4) · ก.พ. 68 (1,2)
ศึกษาและทบทวนการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS)		18.400	
1.1	ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์กระบวนการทำงานของระบบเดิม เช่น การค้นหาข้อมูล การแสดงผลข้อมูล การนำเข้าข้อมูล และรูปแบบรายงานที่ใช้งานในปัจจุบัน รวบรวมปัญหาอุปสรรค เพื่อวางแนวทางปรับปรุง หรือปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งานระบบในปัจจุบัน ให้ครบทุกกระบวนการ โดยรวบรวมความคิดเห็นจากผู้ใช้งาน ทั้งในส่วนของหน่วยงานภายใน สำนักทางหลวงพิเศษ ความปลอดภัย และหน่วยงานอื่น ๆ ภายในกรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง ผ่านระบบการรวบรวมข้อมูล อาทิเช่น	2.950	0.275 · 0.275 · 0.275 · 0.275 · 0.275 · 0.275 · 0.275 · 0.275 · 0.250 · 0.250 · 0.250
	• การจัดการประชุมกลุ่มย่อย (Focus group)	2.950	0.275 · 0.275 · 0.275 · 0.300 · 0.300 · 0.275 · 0.400 · 0.275 · 0.275 · 0.200 · 0.100
	• การจัดทำแบบสำรวมความคิดเห็น (Questionnaire)		
1.2	ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์เทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นมาตรฐานสากลในการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับในการปรับปรุงสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) ออกแบบหน้าจอการใช้งานระบบ (User Interface) โครงสร้างฐานข้อมูล การตรวจสอบข้อมูล การให้บริการข้อมูลอย่างเป็นระบบ ความปลอดภัยของระบบและข้อมูล รวมไปถึงรอรับการพัฒนาในอนาคต	2.250	0.500 · 0.500 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250
		2.250	0.500 · 0.500 · 0.250 · 0.300 · 0.300 · 0.250 · 0.150
1.3	ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network System) ที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) พร้อมแสดงแผนผังแนวทางการพัฒนาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network System) เพื่อให้ครบถ้วนมีความพร้อมสำหรับการใช้งานข้อมูลสารสนเทศจราจรที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้	3.000	0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250
	• วิเคราะห์ปริมาณการใช้งานระบบเครือข่าย ที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ในปัจจุบัน		
	• นำเสนอแนวทางการปรับปรุงระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เพื่อการให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพ	3.000	0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250
	• ศึกษาและออกแบบระบบให้บริการข้อมูลผ่านช่องทางต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ให้สามารถใช้งานข้อมูลจากระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ		
1.4	ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์กระบวนการจราจรบนข้อมูลการจราจร และอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลสำหรับนำเข้าฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) เพื่อวิเคราะห์ถึงปัญหา และข้อจำกัดในการรวบรวมข้อมูลปริมาณจราจร โดยพิจารณาร่องสงแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวง และดำเนินการศึกษากระบวนการจัดเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่หลากหลาย ในพื้นที่ตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 จุด สำรวจ เพื่อจัดทำเป็นข้อเสนอแนะในการจัดเก็บข้อมูลการจราจรด้วยเจ้าหน้าที่ให้กับกรมทางหลวง	4.600	0.100 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.400 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.600
		4.600	0.100 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.600
1.5	ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์ความต้องการในการใช้งานข้อมูลด้านการจราจร เพื่อปรับปรุงรูปแบบการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่นข้อมูลปริมาณการเดินทาง ข้อมูลลักษณะการจราจรจัดหลัก ที่กรมทางหลวงได้ดำเนินการ รวมไปถึงการเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	4.000	0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500
		4.000	0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500
1.6	ศึกษา ทบทวน และวิเคราะห์รายละเอียดและรูปแบบโครงสร้างฐานข้อมูล สถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) ของระบบต่าง ๆ ที่จะมีขยายปลงไป รวมถึง	1.600	0.100 · 0.500 · 0.500 · 0.500
	ศึกษาความต้องการในการใช้งานระบบและฐานข้อมูลที่จำเป็น เพื่อวางแนวทางในการรวบรวมการข้อมูลร่วมกันอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน	1.600	0.100 · 0.500 · 0.500 · 0.500
วิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS)		9.500	
2.1	วิเคราะห์ และออกแบบแนวทางการพัฒนาระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) เพื่อให้บริการข้อมูล รองรับระบบสารสนเทศที่งานอื่นและภายนอกองค์กรทั้งหมายสม สอดคล้องกับวิทยาการและเทคโนโลยีปัจจุบัน โดยคำนึงถึง	3.500	0.250 · 0.250 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500
	ความสำคัญของการบริหารข้อมูลด้านการจราจร วิเคราะห์ข้อมูลการจราจรต่างๆ รวมถึงปริมาณการใช้งานระบบเครือข่าย ที่เกี่ยวข้อง	3.500	0.250 · 0.250 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500
2.2	วิเคราะห์ และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริมาณจราจร ข้อมูลสำรวจจากกลุ่มตัวรวจข้อมูลการจราจรนอกจุดต่าง และข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ให้สามารถใช้งานตามกระบวนการดำเนินงานของสำนักย่านวดความปลอดภัย ได้อย่างเป็นระบบ	4.500	0.250 · 0.250 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500
		4.500	0.250 · 0.250 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500
2.3	จัดทำคู่มือวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยมีรายละเอียดอย่างน้อยดังต่อไปนี้ (1) Use Case การกำหนดฟังก์ชันของผู้ใช้งาน (2) Use Case Description รายละเอียดการกำหนดฟังก์ชันของผู้ใช้งาน (3) Activity Diagram รายละเอียดฟังก์ชันในการทำงานของระบบ (4) ER-Diagram รายละเอียดโครงสร้างและความสัมพันธ์ระบบฐานข้อมูล (5) Data Dictionary รายละเอียดพจนานุกรมฐานข้อมูล	1.500	0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250
		1.500	0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250
พัฒนาระบบและบริบรูปข้อมูล		46.000	
3.1	พัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้สามารถรองรับกระบวนการทำงานในหน้าที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจปริมาณจราจร และเชื่อมโยงฐานข้อมูล (Replication Database Server) อย่างเป็นระบบ ได้แก่ ข้อมูลปัญหาสายทาง ข้อมูลลำดับขึ้นทาง ข้อมูลหัวมิติว่า	9.750	1.000 · 1.000 · 1.000 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750
	ทาง เป็นต้น เพื่อให้ครอบคลุมข้อมูลของระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถรองรับการเชื่อมโยงกับระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ตามแผนการศึกษาข้อ 3.1.6	9.750	1.000 · 1.000 · 1.000 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750
3.2	พัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อวางแนวทางในการบูรณาการข้อมูลร่วมกันอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน มาแสดงผลในระบบอย่างเหมาะสม เช่น ข้อมูลสำรวจจัดในมิติ และรายงานข้อมูลจราจร กลุ่มตัวรวจ	6.750	1.000 · 1.000 · 1.000 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750
	ข้อมูลจราจรและชนส่ง สำนักย่านวดความปลอดภัย	6.750	0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750
3.3	พัฒนาระบบ Web service และแพร่ข้อมูลปริมาณจราจร (1) รองรับการให้บริการข้อมูลในรูปแบบมาตรฐานที่ Web Map Service (WMS) Web Feature Service (WFS) Web Map Tile Service (WMS-T) หรือดีกว่า	3.000	0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750
	(2) รองรับการให้บริการข้อมูลในรูปแบบข้อความ Web Service Query หรือดีกว่า	3.000	0.750 · 0.750 · 0.750 · 0.750
3.4	พัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโดยสามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจร จากอุปกรณ์สำรวจในรูปแบบอื่นๆ ตามข้อ 3.1.4 และออกแบบหน้าจอการวางแผนสรุปข้อมูลสำรวจได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งแสดงข้อมูล	8.000	1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000
	ภาพถ่าย เพื่อตรวจสอบบริบานจราจรผ่านหน้าระบบ TIMS	8.000	0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000
3.5	ประเมินผลการทำงานและการใช้งานอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น ตามข้อ 3.3.4 พร้อมทั้งสรุปผล	6.000	1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000
		6.000	0.500 · 0.750 · 0.750 · 1.000 · 1.000 · 1.000 · 1.000
3.6	พัฒนาระบบให้สามารถส่งออกรายงานและสรุปผลในรูปแบบไฟล์เอกสารดิจิทัล ตารางแสดงข้อมูลตามรูปแบบหน้าจอการทำงาน HTML, Excel, PDF และ SHP	5.000	0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500
3.7	พัฒนาระบบให้รองรับจัดทำรายงานสรุปข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลสำรวจปริมาณจราจร ข้อมูลปริมาณการสินทาง ปริมาณจราจรชั่วโมงเค้งสั้ง และแสดงผลในลักษณะหน้าจอสรุปภาพรวม Dashboard และผลข้อมูลตามสถานการณ์และรายงานข้อมูลโดย	4.750	0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.750 · 0.750 · 0.750
	ใช้เทคนิค Data Visualization ในการนำเสนอข้อมูลเชิงปริมาณ เช่นแผนที่ และรูปแบบอื่นๆ และรองรับการใช้งานแบบ Drill Down/Bottom Up และการปรับแต่งเลือนไขการสืบค้นข้อมูลให้มีความยืดหยุ่นต่อการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ในแบบ		
	Pivot Table)	4.750	0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.500 · 0.250
3.8	ระบบของค์สามารถใช้งานบนเครื่องช่ายผ่าน Web browser ที่เป็นมาตรฐานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ได้แก่ Microsoft Edge (เวอร์ชั่นล่าสุด) Google Chrome และ Mozilla Firefox ได้เป็นอย่างน้อย และต้องพัฒนาด้วยเทคโนโลยี Web	2.750	0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250
	Responsive สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์ Mobile Device ที่มีหลายขนาดได้อย่างเหมาะสม	2.750	0.100 · 0.100 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.250 · 0.300
การจัดซื้อและติดตั้งระบบ		8.850	
4.1	การจัดซื้อครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย แบบที่ 2 ทำหน้าที่เป็น Application Server และ Database Server จำนวน 1 ชุด โดยมีคุณลักษณะเฉพาะอย่างน้อย ดังต่อไปนี้ 1) มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ 16 แกนหลัก (16 core) หรือดีกว่า สำหรับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) โดยเฉพาะและมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาพื้นฐานไม่น้อยกว่า 2.9 GHz จำนวนไม่น้อยกว่า 2 หน่วย 2) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) รองรับการประมวลผลแบบ 64 bit มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันไม่น้อยกว่า 24 MB 3) มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด ECC DDR4 หรือดีกว่า ขนาดไม่น้อยกว่า 32 GB 4) สนับสนุนการทำงาน RAID ไม่น้อยกว่า RAID 0, 1, 5 5) มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SCSI หรือ SAS ที่มีความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 10,000 รอบ ต่อนาที ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 2 TB หรือ ชนิด Solid State Drive หรือดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 960 GB จำนวนไม่น้อยกว่า 4 หน่วย 6) มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10 Gb Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง 7) Power Supply แบบ Redundant หรือ Hot Swap จำนวน 2 หน่วย	1.650	0.125 · 0.125 · 0.100 · 0.100 · 0.100

7.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ พร้อมแนวทางในการแก้ไขปัญหา

จากการดำเนินงานโครงการในตลอดระยะเวลาโครงการที่ปรึกษาพบปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานโครงการ และเสนอแนะแนวทางแก้ไข ดังตารางที่ 7-3

ตารางที่ 7-3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ พร้อมแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
1	มุมมองของภาพที่ทำการติดตั้งกล้องสำรวจ ไม่เหมาะสม เนื่องจากมีการจราจรที่พลุกพล่าน และมีการจอดรถบริเวณข้างทาง ทำให้บดบังถนน	ที่ปรึกษาทำการปรับเปลี่ยนตำแหน่งที่ทำการติดตั้งกล้องสำรวจ และทำการเพิ่มความสูงในการติดตั้ง ให้สามารถจัดเก็บภาพและวิดีโอในมุมมองที่เหมาะสม
2	อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจมีการสูญหายเนื่องจากมีการโจรกรรม โดยเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งบริเวณจุดสำรวจ หมายเลข 1930 ทางหลวงหมายเลข 4 ตอนควบคุม 0605 บางสะพาน – น้ำรอด สูญหายทั้งหมด 2 ครั้ง เป็นชุดอุปกรณ์ทั้งหมด 6 ชุด โดยทำการลงพื้นที่สำรวจช่วงวันที่ • 14 – 21 สิงหาคม 2567 • 3 – 5 กันยายน 2567	ที่ปรึกษาได้ทำการลงพื้นที่สำรวจใหม่ และจัดหาอุกรณ์ทดแทนสำหรับติดตั้งบริเวณดังกล่าว และหาเจ้าหน้าที่สำหรับเฝ้าระวังการโจรกรรมในช่วงที่มีการติดตั้งอุปกรณ์สำรวจ ** ทั้งนี้ที่ปรึกษาได้ทำการแจ้งความที่ สภ. บางสะพาน เป็นที่เรียบร้อยแล้ว*
3	การ Labeling ภาพเพื่อทำการระบุประเภทของยานพาหนะ สำหรับการ Train Model Machine Leaning สำหรับภาพในช่วงกลางคืนทำได้ยาก เนื่องจากรถมีการเคลื่อนที่เร็ว ทำให้จับภาพได้ไม่ชัดเจน และไม่สามารถระบุประเภทของยานพาหนะได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของ Model ในช่วงกลางคืนลดลง โดยเฉพาะประเภทยานพหนะที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้แก่ • รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน และรถยนต์นั่งเกิน 7 คน • รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) และรถยนต์นั่งเกิน 7 คน • รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) และรถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) • รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) และรถบรรทุกกึ่งพ่วง มากกว่า 3 เพลา	ปรึกษาได้มีแนวคิดในการแก้ไขแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้ 1. การปรับปรุงอุปกรณ์ • ปรับปรุงอุปกรณ์สำรวจให้สามารถรองรับการถ่ายภาพที่มีความละเอียด (Resolution) หรือ Fram Rate ที่มากขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ • ติดฟิล์ม หรือ เพิ่ม Glare Protect ที่ช่วยลดการสะท้อนของแสง แต่อาจทำให้สีของภาพผิดเพี้ยนไปได้ 2. ปรับปรุงตำแหน่งที่ติดตั้ง • ติดตั้งในตำแหน่งที่มีแสงสว่างเพียงพอ เช่น บริเวณที่มีเสาไฟฟ้าแสงสว่าง 3. การจัดกลุ่มประเภทรถ • เนื่องจากปัจจัยด้านความสว่าง ความเร็วรถ ซึ่งทำให้ภาพที่ได้มีความไม่ชัดเจน สั่นไหว ทำให้การจำแนกประเภทยานพาหนะที่มีความละเอียด อาจทำได้ยาก จึงมีการเสนอให้ทำการจัดกลุ่มประเภทยานพาหนะที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เช่น

ตารางที่ 7-3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ พร้อมแนวทางในการแก้ไขปัญหา (ต่อ)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
		- รถยนต์นั่ง ได้แก่ รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) รถตู้ รถสองแถวเล็ก รถปิคอัพ รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) - รถบรรทุก ได้แก่ รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) รถบรรทุกพ่วง มากกว่า 3 เพลา
4	การประมวลผลข้อมูลปริมาณจราจรด้วย Video Image Processing ซึ่งเป็นส่วน ที่พัฒนาบนระบบ TIMS ที่ปรึกษาได้ทำติดตั้ง Server สำหรับประมวลผลกราฟิก (GPU) ที่จัดหาเอง ซึ่งในโครงการนี้ยังเป็นงานศึกษา ทำให้การประมวลผลวิดีโอยังประมวลผลได้ล่าช้า โดยเดิมใช้เวลาในการประมวลผลประมาณ 15 ชั่วโมง ต่อข้อมูลสำรวจ 24 ชั่วโมง ที่ปรึกษาได้ทำการปรับปรุงโมเดลให้ประมวลผลได้เร็วขึ้นในระดับหนึ่ง โดยใช้เวลาประมวลผลประมาณ 4-5 ชั่วโมง ต่อข้อมูลสำรวจ 24 ข้อมูล ซึ่งหากเทียบกับปริมาณข้อมูลที่อาจมีปริมาณมากกรณีมีการเปิดใช้งานในอนาคต อาจไม่เพียงพอ	ที่ปรึกษาทำการปรับแก้ Model ที่ใช้ในการประมวลผล โดยจัดการลำดับในการประมวลผล และใช้ GPU ในการประมวลผลให้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น ● จากเดิมใช้เวลา 14-15 ชั่วโมงต่อประมวลผลวิดีโอ 24 ชั่วโมง ● ปัจจุบันใช้เวลา 4-5 ชั่วโมงต่อประมวลผลวิดีโอ 24 ชั่วโมง

7.4 ข้อเสนอแนะในการดำเนินการในระยะถัดไป

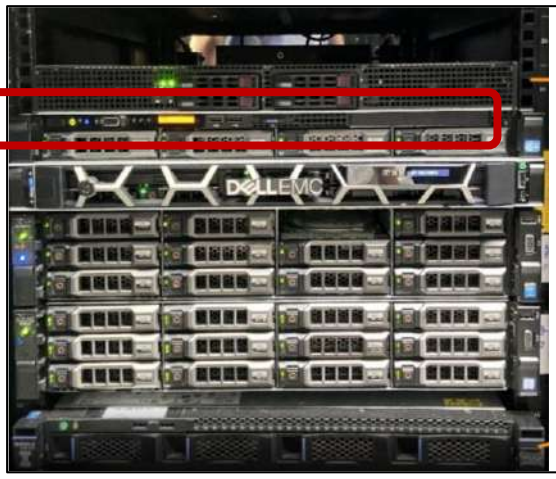
1) ขยายผลให้แขวงทางหลวงสามารถใช้กล้องในการนับรถ และหาทางให้เก็บข้อมูลให้ครบอย่างน้อย 12 ชั่วโมง และสามารถเอาเข้าระบบได้จริง โดยที่ปรึกษาได้ทำการเสนองบประมาณที่ใช้ในการจัดหาอุปกรณ์และติดตั้ง ดังตารางที่ 7-4

ตารางที่ 7-4 รายละเอียดการจัดหาอุปกรณ์และประมาณการงบประมาณ

รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	จุด P = 70 จุด (จุดละ 2 แห่ง) (บาท)	จุด C = 2,645 จุด (จุดละ 2 แห่ง) (บาท)	ราคารวม (บาท)
กล้อง CCTV	2,000-2,500	350,000	13,225,000	13,575,000
อุปกรณ์แบตเตอรี่และขาจับสำหรับติดตั้ง	3,300	462,000	17,457,000	17,919,000
SC Card 64 GB	200	28,000	1,058,000	1,086,000
Sim card และ Package Internet IoT สำหรับ 1 ปี (Add On)	2,268	317,520	11,997,720	12,315,240
รวม	8,268	1,157,520	43,737,720	42,180,240

2) การจัดหาชุดอุปกรณ์สำหรับประมวลผล

เนื่องจากโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบในครั้งนี้ มีการพัฒนา Module สำหรับประมวลผลปริมาณจราจร โดยใช้ Machine Learning ซึ่งต้องใช้หน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) ในการประมวลผล ทางที่ปรึกษาได้ทำการจัดหา GPU ในการดำเนินการในโครงการนี้ ซึ่งเพียงพอสำหรับการประมวลผลข้อมูลนำร่อง 11 จุด แต่ยังไม่เพียงพอสำหรับการใช้งานทั้งประเทศ ทั้งนี้ที่ปรึกษาได้ทำการเสนอแนะคุณสมบัติของหน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) ดังรูปที่ 7-10



CPU 2 X INTEL Xeon E5-2683 V4 2.1GHz 32core 64thread

M/B Supermicro X10DRG-HF

RAM ECC REG 16GB/2400 x 4 = 64GB

NVIDIA TESLA M40 12GB x 3

NVMe m.2 SSD 1TB

Power supply 1800W 80+ Platinum x 2 (Redundant)

รูปที่ 7-10 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) ที่ใช้ในปัจจุบัน

3) จัดหาข้อมูลปริมาณจราจรจากแหล่งข้อมูลอื่นเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมุลปริมาณจราจรให้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น เช่น TOMTOM

4) เพิ่มโมดูลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจร เพื่อรองรับการนำไปใช้ในการวางแผนการก่อสร้างขยายช่องจราจร หรือกิจกรรมด้านการอำนวยความปลอดภัยอื่น ๆ เช่น

- คาดการณ์แนวโน้มการเติบโต ร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงประชากร สถิติรถจดทะเบียน
- วิเคราะห์จุดคอขวด ในช่วงเวลาเร่งด่วน (วิเคราะห์ข้อมูลรายชั่วโมง)
- วิเคราะห์การขยายตัวของเมืองกับปริมาณจาจร เพื่อวางแผนปรับปรุงให้รองรับความเป็นเมือง

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning

1. ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning

1.1 จุดที่ 1 ขท.เชียงใหม่ที่ 2

ทางหลวงหมายเลข : 1001 ตอน 0100

ชื่อตอน : เชียงใหม่ – บ้านโป่ง

กม.: 1+000

หน่วยงาน : หมวดทางหลวงสันทราย แขวงทางหลวงเชียงใหม่ที่ 2
สำนักงานทางหลวงที่ 1 (เชียงใหม่)

ตารางที่ ก-1 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 1 ขาเข้าทางหลัก กม. 1+115 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	58:59	0	154	134	1	0	0	0	41	2	0	0	0	0	332
01:00-02:00	60:00	0	120	65	2	0	0	0	22	2	0	1	0	0	212
02:00-03:00	60:00	0	76	47	0	0	0	0	37	2	0	0	0	0	162
03:00-04:00	60:00	0	64	48	2	2	0	0	49	5	1	4	1	0	176
04:00-05:00	60:00	0	127	99	2	1	1	0	44	2	0	0	0	0	276
05:00-06:00	60:00	0	201	163	17	2	2	0	114	6	2	0	4	0	511
06:00-07:00	60:00	3	803	1400	135	32	3	5	427	7	1	0	2	1	2,819
07:00-08:00	60:00	2	1941	2186	106	24	2	1	619	8	1	0	0	0	4,890
08:00-09:00	60:00	1	1175	1254	59	26	3	1	576	28	4	1	3	0	3,131
09:00-10:00	60:00	1	717	1057	91	29	2	5	678	40	15	5	6	0	2,646
10:00-11:00	60:00	2	650	1022	60	13	1	1	638	57	14	26	10	0	2,494
11:00-12:00	60:00	1	578	1065	74	13	1	0	488	34	11	2	9	0	2,276

ตารางที่ ก-2 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 1 ขาเข้าทางหลัก กม. 1+115 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถ ดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	2	567	1023	88	20	2	2	481	31	14	2	3	0	2,235
13:00-14:00	60:00	0	571	1041	92	18	0	0	533	32	8	2	7	0	2,304
14:00-15:00	60:00	0	586	925	86	18	1	1	457	39	5	3	16	0	2,137
15:00-16:00	60:00	1	628	1105	121	16	0	9	480	31	7	1	5	0	2,404
16:00-17:00	60:00	2	685	1050	61	8	1	3	378	29	9	4	8	0	2,238
17:00-18:00	60:00	5	865	872	56	6	1	2	317	13	2	0	6	0	2,145
18:00-19:00	60:00	2	776	898	42	10	1	8	284	5	5	1	9	0	2,041
19:00-20:00	60:00	0	537	788	27	1	2	2	168	7	7	2	5	0	1,546
20:00-21:00	60:00	0	419	579	14	2	1	1	153	9	2	5	2	0	1,187
21:00-22:00	60:00	0	338	453	11	1	1	0	141	5	1	4	1	0	956
22:00-23:00	60:00	0	302	285	5	2	0	0	66	6	0	2	0	0	668
23:00-24:00	60:00	0	203	184	1	0	0	0	66	5	1	0	0	0	460
รวม	23:58:59	22	13,083	17,743	1,153	244	25	41	7,257	405	110	65	97	1	40,246

ตารางที่ ก-3 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 1 ขาออกทางหลัก กม. 1+142 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	59:20	0	246	210	5	0	1	1	74	2	1	0	5	0	545
01:00-02:00	60:00	0	110	119	1	0	0	0	40	5	1	0	3	0	279
02:00-03:00	60:00	0	76	51	3	0	0	0	38	4	0	0	2	0	174
03:00-04:00	60:00	0	106	57	5	0	0	1	36	5	0	1	4	0	215
04:00-05:00	60:00	0	79	58	5	0	0	1	42	6	2	1	4	0	198
05:00-06:00	60:00	0	132	87	9	2	0	5	88	16	5	3	9	0	356
06:00-07:00	60:00	0	356	319	28	5	1	7	176	17	7	2	7	0	925
07:00-08:00	60:00	0	951	1172	58	2	1	7	375	11	3	1	5	0	2,586
08:00-09:00	60:00	0	852	1071	94	10	1	1	444	28	6	3	4	0	2,514
09:00-10:00	60:00	0	538	785	83	16	4	2	490	42	6	3	7	0	1,976
10:00-11:00	60:00	0	517	753	51	14	1	0	506	50	12	2	4	0	1,910
11:00-12:00	60:00	0	522	818	53	12	1	0	509	37	11	1	10	2	1,976

ตารางที่ ก-4 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 1 ขาออกทางหลัก กม. 1+142 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาด กลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	588	907	53	16	0	0	491	31	14	1	8	1	2,110
13:00-14:00	60:00	0	517	856	64	13	0	0	472	26	10	2	10	0	1,970
14:00-15:00	60:00	0	509	902	42	17	1	0	528	59	11	6	9	0	2,084
15:00-16:00	60:00	0	880	1202	59	9	0	0	524	39	4	2	9	1	2,729
16:00-17:00	60:00	1	1014	1320	78	8	0	1	569	24	6	5	4	1	3,031
17:00-18:00	60:00	0	1246	1672	80	17	0	1	657	15	4	5	5	1	3,703
18:00-19:00	60:00	0	1213	1589	65	8	1	0	539	13	0	3	6	0	3,437
19:00-20:00	60:00	0	793	1150	45	2	0	3	394	9	4	2	7	0	2,409
20:00-21:00	60:00	0	622	828	28	0	0	0	253	9	2	1	1	0	1,744
21:00-22:00	60:00	0	485	608	30	1	0	0	189	5	1	1	4	0	1,324
22:00-23:00	60:00	0	365	414	20	0	0	1	152	1	1	0	5	0	959
23:00-24:00	60:00	0	289	293	6	0	0	0	98	5	1	1	5	0	698
รวม	23:59:20	1	13,006	17,241	965	152	12	31	7,684	459	112	46	137	6	39,852

1.2 จุดที่ 2 ขท.ชัยภูมิ

ทางหลวงหมายเลข : 201 ตอน 0201

ชื่อตอน : หนองบัวโคก - บ้านลี่

กม.: 81+164

หน่วยงาน : หมวดทางหลวงจัตุรัส แขวงทางหลวงชัยภูมิ สำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น)

ตารางที่ ก-5 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 2 ขาเข้าทางหลัก กม. 80+955 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	55:57	0	0	9	4	0	0	2	23	29	0	7	3	0	77
01:00-02:00	60:00	0	1	7	2	0	0	2	24	14	2	5	1	0	58
02:00-03:00	60:00	0	1	6	4	0	0	0	23	9	0	12	2	0	57
03:00-04:00	60:00	0	0	4	2	0	0	0	22	10	1	6	3	0	48
04:00-05:00	60:00	0	5	15	7	0	0	0	21	11	1	15	6	0	81
05:00-06:00	60:00	0	9	20	4	0	0	1	49	8	2	7	21	0	121
06:00-07:00	60:00	0	37	57	15	0	1	1	84	8	5	10	28	0	246
07:00-08:00	60:00	2	177	123	27	0	6	2	172	11	13	11	13	0	557
08:00-09:00	60:00	0	156	138	14	1	1	3	203	19	10	12	18	0	575
09:00-10:00	60:00	0	83	123	21	1	0	3	223	33	10	18	24	0	539
10:00-11:00	60:00	0	52	142	21	2	0	4	276	22	10	19	39	0	587
11:00-12:00	60:00	0	63	153	25	0	0	5	268	27	11	13	22	1	588

ตารางที่ ก-6 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 2 ขาเข้าทางหลัก กม. 80+955 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	46	170	26	1	0	7	231	27	8	12	31	0	559
13:00-14:00	60:00	0	42	147	20	0	0	6	258	32	12	10	27	0	554
14:00-15:00	60:00	0	48	148	38	0	2	4	218	32	16	11	30	0	547
15:00-16:00	60:00	0	63	139	30	1	1	6	226	32	14	12	32	0	556
16:00-17:00	60:00	0	47	163	25	1	0	2	229	37	14	17	36	1	572
17:00-18:00	60:00	0	88	134	23	3	1	1	215	33	13	16	29	0	556
18:00-19:00	60:00	0	43	95	7	0	0	5	144	20	15	14	27	0	370
19:00-20:00	60:00	0	7	44	18	0	0	0	53	38	2	16	19	0	197
20:00-21:00	60:00	0	9	38	22	0	0	0	38	11	6	19	13	0	156
21:00-22:00	60:00	0	3	31	9	0	0	0	30	24	3	27	8	0	135
22:00-23:00	60:00	0	0	15	6	0	0	0	28	19	2	18	11	0	99
23:00-24:00	60:00	0	0	9	10	0	1	1	38	22	1	8	3	0	93
รวม	23:55:57	2	980	1,930	380	10	13	55	3,096	528	171	315	446	2	7,928

ตารางที่ ก-7 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 2 ขาออกทางหลัก กม. 81+677 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และรถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาด กลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	57:26	0	10	41	3	0	0	6	28	26	5	7	10	0	136
01:00-02:00	60:00	0	4	27	6	0	0	1	26	24	3	7	14	0	112
02:00-03:00	60:00	0	3	24	1	0	0	2	25	23	0	2	16	0	96
03:00-04:00	60:00	0	2	24	2	0	0	0	32	23	4	6	8	0	101
04:00-05:00	60:00	0	3	25	3	0	0	0	47	26	3	2	15	0	124
05:00-06:00	60:00	0	19	28	3	0	0	0	75	25	5	12	21	0	188
06:00-07:00	60:00	3	46	57	10	0	1	3	123	18	18	24	24	0	327
07:00-08:00	60:00	0	104	123	31	2	3	2	202	21	19	19	33	0	559
08:00-09:00	60:00	1	116	115	25	2	0	1	216	21	11	13	36	0	557
09:00-10:00	60:00	0	82	132	33	0	0	2	242	25	14	8	26	0	564
10:00-11:00	60:00	0	65	131	22	3	1	2	241	13	9	6	23	0	516
11:00-12:00	60:00	0	63	139	28	1	0	3	226	30	9	12	21	0	532

ตารางที่ ก-8 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 2 ขาออกทางหลัก กม. 81+677 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และรถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	51	133	20	10	1	2	212	16	8	8	13	0	474
13:00-14:00	60:00	0	57	167	19	4	0	7	261	23	4	13	13	0	568
14:00-15:00	60:00	0	95	161	29	3	0	3	242	21	12	12	16	0	594
15:00-16:00	60:00	0	127	171	34	1	3	5	273	13	18	10	13	0	668
16:00-17:00	60:00	0	101	222	36	6	1	7	247	15	12	17	21	0	685
17:00-18:00	60:00	0	89	134	16	2	0	4	220	22	7	14	18	0	526
18:00-19:00	60:00	0	38	134	17	0	0	3	168	17	14	12	34	0	437
19:00-20:00	60:00	0	21	86	6	0	0	3	77	17	5	12	30	0	257
20:00-21:00	60:00	0	9	81	9	0	0	1	33	29	4	8	17	0	191
21:00-22:00	60:00	0	4	51	5	0	0	0	38	21	4	11	20	0	154
22:00-23:00	60:00	0	4	41	12	0	0	0	32	18	3	4	9	0	123
23:00-24:00	60:00	0	6	35	6	0	0	1	31	33	0	11	7	0	130
รวม	23:57:26	0	1,119	2,282	376	34	10	58	3,317	520	191	250	458	0	8,619

1.3 จุดที่ 3 ขท.จันทบุรี

ทางหลวงหมายเลข : 3 ตอน 0601

ชื่อตอน : นายายอาม - บ้านสิ้ว

กม.: 306+375

หน่วยงาน : หมวดทางหลวงท่าใหม่ แขวงทางหลวงจันทบุรี สำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี)

ตารางที่ ก-9 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 3 ขาเข้าทางหลัก กม. 308+149 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และรถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	58:09	0	5	29	0	0	0	1	42	5	0	4	3	0	89
01:00-02:00	60:00	0	2	14	0	0	0	1	25	4	6	2	1	0	55
02:00-03:00	60:00	0	7	18	1	0	0	1	37	5	1	5	1	0	76
03:00-04:00	60:00	0	1	26	1	0	0	1	33	6	3	5	4	0	80
04:00-05:00	60:00	0	3	22	5	0	0	0	46	9	5	4	4	0	98
05:00-06:00	60:00	0	8	60	12	0	2	0	98	8	3	9	0	0	200
06:00-07:00	60:00	0	30	118	15	1	1	0	155	12	3	4	2	0	341
07:00-08:00	60:00	0	49	228	45	0	2	2	276	24	2	13	4	0	645
08:00-09:00	60:00	0	50	274	49	2	6	5	462	47	5	13	7	0	920
09:00-10:00	60:00	0	52	247	56	4	4	1	443	66	7	9	11	0	900
10:00-11:00	60:00	0	44	230	50	1	4	4	455	51	10	18	14	0	881
11:00-12:00	60:00	0	59	279	58	1	4	4	484	61	17	8	21	1	997

ตารางที่ ก-10 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 3 ขาเข้าทางหลัก กม. 308+149 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน ล้อและรถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและรถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสารขนาดเล็ก (5)	รถโดยสารขนาดกลาง (6)	รถโดยสารขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	38	306	46	1	3	3	457	51	13	10	16	0	944
13:00-14:00	60:00	0	45	335	65	0	5	1	469	60	16	11	11	0	1,018
14:00-15:00	60:00	0	45	330	66	0	5	1	486	65	14	14	14	0	1,040
15:00-16:00	60:00	0	43	346	49	2	4	6	514	44	6	10	12	1	1,037
16:00-17:00	60:00	0	65	359	79	0	1	3	497	37	9	14	18	0	1,082
17:00-18:00	60:00	0	135	317	80	0	2	3	439	44	10	12	19	0	1,061
18:00-19:00	60:00	0	47	298	24	2	1	3	291	30	8	9	13	0	726
19:00-20:00	60:00	0	32	218	10	0	0	0	318	42	7	15	9	0	651
20:00-21:00	60:00	0	26	194	8	0	1	0	228	19	5	16	10	0	507
21:00-22:00	60:00	0	24	125	13	0	0	0	153	20	7	7	2	0	351
22:00-23:00	60:00	0	17	69	8	0	0	0	72	18	2	12	14	0	212
23:00-24:00	60:00	0	7	60	2	0	0	0	53	9	3	8	3	0	145
รวม	23:58:09	0	834	4,502	742	14	45	40	6,533	737	162	232	213	2	14,056

ตารางที่ ก-11 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 3 ขาออกทางหลัก กม.307+979 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	58:17	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	6
01:00-02:00	60:00	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	4
02:00-03:00	60:00	0	0	1	0	1	0	0	6	3	0	0	0	0	11
03:00-04:00	60:00	1	0	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	6
04:00-05:00	60:00	0	0	4	0	1	0	0	4	3	0	0	0	0	12
05:00-06:00	60:00	0	0	4	1	0	0	0	16	8	0	0	0	0	29
06:00-07:00	60:00	0	47	73	77	1	0	1	121	45	1	6	14	0	386
07:00-08:00	60:00	0	116	130	113	1	1	1	285	53	1	4	12	0	717
08:00-09:00	60:00	0	56	109	70	1	3	0	254	41	3	6	9	0	552
09:00-10:00	60:00	0	44	105	97	4	2	7	286	44	4	12	12	0	617
10:00-11:00	60:00	0	28	111	103	0	2	1	268	34	11	9	6	0	573
11:00-12:00	60:00	0	52	149	120	0	7	2	270	26	6	7	9	0	648

ตารางที่ ก-12 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 3 ขาออกทางหลัก กม.307+979 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 3 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	54	113	94	0	4	0	237	22	5	3	5	0	537
13:00-14:00	60:00	0	29	144	140	0	4	1	335	30	4	8	12	0	707
14:00-15:00	60:00	0	39	166	119	1	4	2	364	29	5	7	5	0	741
15:00-16:00	60:00	0	53	172	110	2	3	3	289	33	2	4	8	0	679
16:00-17:00	60:00	2	80	203	115	0	1	1	291	33	2	1	6	0	735
17:00-18:00	60:00	0	95	186	82	0	2	0	278	28	4	4	7	0	686
18:00-19:00	60:00	0	29	124	29	1	1	0	86	11	0	0	4	0	285
19:00-20:00	60:00	0	6	85	0	2	0	0	6	6	0	0	0	0	105
20:00-21:00	60:00	0	5	48	1	1	0	0	5	6	0	0	0	0	66
21:00-22:00	60:00	0	2	32	1	3	1	0	8	8	0	0	0	0	55
22:00-23:00	60:00	0	4	17	0	2	0	0	8	5	0	0	0	0	36
23:00-24:00	60:00	0	1	20	0	2	0	0	8	9	0	0	0	0	40
รวม	23:58:17	3	742	1,998	1,272	23	35	19	3,431	482	48	71	109	0	8,233

1.4 จุดที่ 4 ขท.ชลบุรีที่ 1

ทางหลวงหมายเลข : 34 ตอน 0300

ชื่อตอน : บางปะกง- หนองไม้แดง

กม.: 55+528

หน่วยงาน : หมวดทางหลวงหนองไม้แดงที่ 1 แขวงทางหลวงชลบุรีที่ 1
สำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี)

ตารางที่ ก-13 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 4 ขาเข้าทางหลัก กม. 56+013 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถ ดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	59:52	0	13	167	10	0	1	1	128	114	37	38	169	0	678
01:00-02:00	60:00	0	15	127	4	0	0	0	119	107	50	40	211	0	673
02:00-03:00	60:00	0	14	84	3	0	0	3	135	126	56	35	199	0	655
03:00-04:00	60:00	0	13	98	5	0	1	2	128	168	105	45	288	0	853
04:00-05:00	60:00	0	21	151	16	0	1	5	169	190	117	56	292	0	1,018
05:00-06:00	60:00	0	25	327	89	0	4	17	358	215	147	57	335	0	1,574
06:00-07:00	60:00	0	79	740	232	5	9	54	534	200	158	44	361	0	2,416
07:00-08:00	60:00	0	169	1449	226	6	10	14	751	220	161	50	382	0	3,438
08:00-09:00	60:00	0	55	940	272	2	13	32	796	238	132	63	407	0	2,950
09:00-10:00	60:00	0	30	807	180	2	14	16	911	334	115	74	392	0	2,875
10:00-11:00	60:00	0	35	810	171	1	9	10	966	431	165	65	401	1	3,065
11:00-12:00	60:00	0	34	862	135	4	13	8	921	426	138	55	392	0	2,988

ตารางที่ ก-14 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 4 ขาเข้าทางหลัก กม. 56+013 ช่วงเวลา 12:00 น.– 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	47	942	169	2	12	20	851	348	123	60	387	0	2,961
13:00-14:00	60:00	0	28	1051	228	0	15	16	1005	278	97	58	423	1	3,200
14:00-15:00	60:00	0	40	1234	202	1	14	19	1097	390	78	71	371	0	3,517
15:00-16:00	60:00	0	37	1264	257	1	8	20	1057	338	81	52	295	0	3,410
16:00-17:00	60:00	0	51	1533	309	4	13	22	1051	314	74	47	286	0	3,704
17:00-18:00	60:00	0	74	1691	378	1	9	46	883	220	64	32	241	0	3,639
18:00-19:00	60:00	0	69	1324	202	2	14	17	772	201	54	36	213	0	2,904
19:00-20:00	60:00	0	41	1209	66	0	9	17	655	159	101	29	198	0	2,484
20:00-21:00	60:00	0	25	982	106	0	2	28	557	140	114	41	289	0	2,284
21:00-22:00	60:00	0	25	644	41	0	2	10	384	161	80	32	248	0	1,627
22:00-23:00	60:00	0	25	382	16	0	2	4	281	144	56	30	192	0	1,132
23:00-24:00	60:00	0	17	273	12	0	1	3	211	140	32	38	207	0	934
รวม	23:59:52	0	982	19,091	3,329	31	176	384	14,720	5,602	2,335	1,148	7,179	2	54,979

ตารางที่ ก-15 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 4 ขาออกทางหลัก กม. 55+815 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถ ดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	59:14	0	5	175	21	0	0	0	42	60	26	20	105	0	454
01:00-02:00	60:00	0	0	111	8	0	0	0	30	71	18	14	81	0	333
02:00-03:00	60:00	0	1	110	17	0	0	3	20	74	28	7	88	0	348
03:00-04:00	60:00	0	0	92	24	0	0	2	29	73	25	23	106	0	374
04:00-05:00	60:00	0	4	124	28	0	0	3	46	116	53	11	140	0	525
05:00-06:00	60:00	0	10	272	77	0	3	10	195	176	64	25	179	0	1,011
06:00-07:00	60:00	0	60	734	216	6	7	21	601	279	130	17	207	0	2,278
07:00-08:00	60:00	0	123	1397	241	6	7	28	799	181	69	29	149	0	3,029
08:00-09:00	60:00	0	78	1107	219	8	8	28	893	166	72	25	212	0	2,816
09:00-10:00	60:00	0	28	1051	215	12	9	20	915	225	58	25	255	0	2,813
10:00-11:00	60:00	0	25	995	183	7	15	8	918	229	124	54	341	0	2,899
11:00-12:00	60:00	0	29	1006	168	8	14	7	855	266	144	43	457	0	2,997

ตารางที่ ก-16 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 4 ขาออกทางหลัก กม. 55+815 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถ ดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	31	981	135	4	9	10	776	227	132	57	457	0	2,819
13:00-14:00	60:00	0	25	946	165	2	13	18	764	212	118	46	400	0	2,709
14:00-15:00	60:00	0	34	939	173	2	14	21	791	204	111	30	374	0	2,693
15:00-16:00	60:00	0	40	983	161	2	8	23	752	190	90	39	376	0	2,664
16:00-17:00	60:00	0	57	1111	162	6	9	12	764	161	74	38	348	0	2,742
17:00-18:00	60:00	0	100	1324	279	5	14	33	790	142	61	35	260	0	3,043
18:00-19:00	60:00	0	69	1257	136	2	6	14	625	116	51	30	219	0	2,525
19:00-20:00	60:00	0	29	1045	56	0	0	11	383	92	40	69	196	0	1,921
20:00-21:00	60:00	0	24	860	48	0	2	12	224	76	48	49	194	0	1,537
21:00-22:00	60:00	0	16	612	33	0	0	2	178	87	37	24	146	0	1,135
22:00-23:00	60:00	0	3	443	25	0	0	1	80	84	33	23	148	0	840
23:00-24:00	60:00	0	1	265	18	0	0	2	45	58	27	15	124	0	555
รวม	23:59:14	0	792	17,940	2,808	70	138	289	11,515	3,565	1,633	748	5,562	0	45,060

ตารางที่ ก-17 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 4 ขาเข้าทางขนาน กม. 55+971 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	58:12	0	0	10	0	0	0	0	13	8	2	1	41	0	75
01:00-02:00	60:00	0	1	7	0	0	0	1	8	18	3	3	48	0	89
02:00-03:00	60:00	0	0	10	1	0	0	0	8	15	5	5	45	0	89
03:00-04:00	60:00	0	1	14	1	0	0	2	16	16	10	1	18	0	79
04:00-05:00	60:00	0	7	25	9	0	0	0	21	17	8	9	17	0	113
05:00-06:00	60:00	0	33	37	26	2	1	10	53	44	16	7	47	0	276
06:00-07:00	60:00	1	244	91	95	1	5	24	102	49	18	2	35	0	667
07:00-08:00	60:00	1	403	182	89	11	6	15	188	46	27	4	44	0	1,016
08:00-09:00	60:00	0	256	230	73	10	4	15	230	61	30	6	66	0	981
09:00-10:00	60:00	1	135	99	65	8	5	6	216	115	47	15	65	0	777
10:00-11:00	60:00	0	103	92	31	7	3	8	248	99	66	13	50	0	720
11:00-12:00	60:00	0	121	106	37	6	3	11	214	158	42	16	50	0	764

ตารางที่ ก-18 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 4 ขาเข้าทางขนาน กม. 55+971 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และ รถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	103	121	37	3	1	7	195	91	36	21	57	0	672
13:00-14:00	60:00	0	101	110	40	6	1	4	222	105	35	11	48	0	683
14:00-15:00	60:00	0	123	111	44	6	3	5	234	157	42	14	80	0	819
15:00-16:00	60:00	0	133	89	50	6	5	6	235	103	38	10	55	0	730
16:00-17:00	60:00	0	212	184	73	15	4	13	260	97	41	15	31	0	945
17:00-18:00	60:00	0	409	303	89	14	7	25	272	63	26	6	22	0	1,236
18:00-19:00	60:00	0	275	212	67	3	3	13	184	70	19	8	18	0	872
19:00-20:00	60:00	0	16	197	25	0	1	6	131	46	12	4	35	0	473
20:00-21:00	60:00	0	6	124	39	0	1	8	111	39	15	5	27	0	375
21:00-22:00	60:00	0	8	78	20	0	0	1	66	37	7	11	26	0	254
22:00-23:00	60:00	0	9	38	2	0	0	0	27	27	6	8	25	0	142
23:00-24:00	60:00	0	5	21	3	0	0	0	18	20	3	3	13	0	86
รวม	23:58:12	3	2,704	2,491	916	98	53	180	3,272	1,501	554	198	963	0	12,933

ตารางที่ ก-19 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 4 ขาออกทางขนาน กม. 55+824 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	59:36	0	3	32	6	0	0	0	5	28	28	6	57	0	165
01:00-02:00	60:00	0	3	24	6	0	0	0	9	36	35	5	46	0	164
02:00-03:00	60:00	0	1	13	5	0	0	0	11	44	39	4	51	0	168
03:00-04:00	60:00	0	3	32	5	0	0	0	5	53	42	5	63	0	208
04:00-05:00	60:00	0	7	47	14	0	0	0	18	52	68	6	97	0	309
05:00-06:00	60:00	0	84	110	71	0	0	5	94	107	86	6	107	0	670
06:00-07:00	60:00	1	570	212	146	26	8	19	251	184	59	17	82	0	1,575
07:00-08:00	60:00	0	1051	432	177	19	4	30	344	159	35	13	53	0	2,317
08:00-09:00	60:00	0	654	351	219	6	6	37	418	195	63	19	89	0	2,057
09:00-10:00	60:00	0	303	360	121	3	7	9	519	284	101	30	127	0	1,864
10:00-11:00	60:00	0	137	316	100	4	4	5	555	308	107	53	206	0	1,795
11:00-12:00	60:00	0	178	365	86	10	6	10	542	364	120	45	212	0	1,938

ตารางที่ ก-20 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 4 ขาออกทางขนาน กม. 55+824 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	212	381	88	5	7	3	498	241	104	28	206	1	1,774
13:00-14:00	60:00	0	165	407	113	9	6	5	514	238	76	38	177	0	1,748
14:00-15:00	60:00	0	156	406	111	6	7	7	531	314	88	33	156	0	1,815
15:00-16:00	60:00	0	189	429	107	7	10	9	463	227	74	42	156	0	1,713
16:00-17:00	60:00	0	320	625	186	1	11	26	495	209	42	38	121	1	2,075
17:00-18:00	60:00	0	772	880	358	10	11	51	429	112	31	14	87	0	2,755
18:00-19:00	60:00	0	423	690	127	3	7	26	369	141	28	15	85	0	1,914
19:00-20:00	60:00	0	51	446	90	0	0	6	171	70	53	5	98	0	990
20:00-21:00	60:00	0	41	334	120	0	0	6	144	42	62	0	99	0	848
21:00-22:00	60:00	0	11	192	34	0	0	1	59	65	90	10	82	0	544
22:00-23:00	60:00	0	6	92	6	0	0	0	24	50	49	7	83	0	317
23:00-24:00	60:00	0	3	55	4	0	0	0	13	53	56	4	69	0	257
รวม	23:59:36	1	5,343	7,231	2,300	109	94	255	6,481	3,576	1,536	443	2,609	2	29,980

1.5 จุดที่ 5 ขท.หนองคาย

ทางหลวงหมายเลข : 2 ตอน 0700

ชื่อตอน : น้ำสวย – สะพาน มิตรภาพที่หนองคาย (เขตแดนไทย/ลาว)

กม.: 498+256

หน่วยงาน : หมวดทางหลวงหนองคาย แขวงทางหลวงหนองคาย สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร)

ตารางที่ ก-21 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 5 ขาเข้าทางหลัก กม. 498+103 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	58:02	0	3	9	0	0	0	0	4	1	1	0	3	0	21
01:00-02:00	60:00	0	4	8	0	0	0	0	4	3	0	0	1	0	20
02:00-03:00	60:00	0	6	8	0	1	0	0	5	0	0	0	2	0	22
03:00-04:00	60:00	0	1	9	0	0	0	0	5	2	0	0	1	0	18
04:00-05:00	60:00	0	2	9	0	1	0	0	10	4	0	0	5	0	31
05:00-06:00	60:00	0	22	26	20	1	0	1	34	3	2	2	7	0	118
06:00-07:00	60:00	2	64	76	51	0	0	0	103	9	0	11	9	0	325
07:00-08:00	60:00	0	156	253	95	0	1	4	253	25	3	12	25	0	827
08:00-09:00	60:00	0	109	286	126	0	0	1	329	34	7	12	9	0	913
09:00-10:00	60:00	0	72	190	115	0	2	2	300	31	5	14	13	0	744
10:00-11:00	60:00	0	72	202	108	0	3	2	280	27	3	18	24	0	739
11:00-12:00	60:00	0	110	206	132	0	3	2	316	35	6	22	25	0	857

ตารางที่ ก-22 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 5 ขาเข้าทางหลัก กม. 498+103 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และ รถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	85	215	126	1	1	4	289	27	9	18	23	1	799
13:00-14:00	60:00	0	77	223	120	0	2	3	281	25	8	26	26	0	791
14:00-15:00	60:00	0	97	214	139	0	3	0	282	39	12	17	31	0	834
15:00-16:00	60:00	0	146	250	144	1	2	1	319	20	9	17	29	0	938
16:00-17:00	60:00	0	214	255	143	0	2	0	360	24	17	25	32	0	1,072
17:00-18:00	60:00	0	488	387	189	0	1	6	395	28	10	11	30	0	1,545
18:00-19:00	60:00	0	203	226	108	0	1	9	205	18	8	13	39	0	830
19:00-20:00	60:00	1	94	159	11	0	0	5	104	9	4	0	21	0	408
20:00-21:00	60:00	0	39	98	4	1	1	2	67	13	1	0	13	0	239
21:00-22:00	60:00	0	10	36	7	0	0	6	19	9	0	0	13	0	100
22:00-23:00	60:00	0	1	9	1	1	0	0	5	8	0	0	9	0	34
23:00-24:00	60:00	0	1	19	0	0	0	0	4	1	0	0	13	0	38
รวม	23:58:02	3	2,076	3,373	1,639	7	22	48	3,973	395	105	218	403	1	12,263

ตารางที่ ก-23 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 5 ขาออกทางหลัก กม. 497+929 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	56:35	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3
01:00-02:00	60:00	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	5
02:00-03:00	60:00	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	4
03:00-04:00	60:00	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	6
04:00-05:00	60:00	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
05:00-06:00	60:00	0	37	34	7	0	1	1	24	15	0	2	3	0	124
06:00-07:00	60:00	0	151	77	27	0	2	4	152	34	2	19	13	0	481
07:00-08:00	60:00	0	584	385	144	0	2	3	434	33	8	22	36	0	1,651
08:00-09:00	60:00	0	267	284	100	1	1	2	364	45	1	24	47	0	1,136
09:00-10:00	60:00	1	152	195	100	2	0	6	339	55	4	19	39	0	912
10:00-11:00	60:00	0	110	181	94	0	2	3	302	47	6	17	31	0	793
11:00-12:00	60:00	0	88	235	101	2	1	0	316	38	5	23	31	0	840

ตารางที่ ก-24 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 5 ขาออกทางหลัก กม. 497+929 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	91	227	85	1	1	2	252	30	7	19	31	0	746
13:00-14:00	60:00	0	88	222	112	0	1	3	279	28	5	20	33	0	791
14:00-15:00	60:00	0	70	233	120	1	4	2	263	32	5	14	17	0	761
15:00-16:00	60:00	0	94	309	152	0	1	3	301	26	1	14	13	0	914
16:00-17:00	60:00	0	139	367	152	0	1	1	302	16	3	10	5	0	996
17:00-18:00	60:00	0	72	245	54	1	3	1	155	11	1	10	9	0	562
18:00-19:00	60:00	0	5	28	0	0	0	0	33	16	0	0	0	0	82
19:00-20:00	60:00	0	3	24	0	0	0	0	18	12	0	1	0	0	58
20:00-21:00	60:00	0	3	20	1	0	0	0	12	20	0	0	0	0	56
21:00-22:00	60:00	0	4	8	0	0	0	0	15	5	0	0	0	0	32
22:00-23:00	60:00	0	1	7	0	0	0	0	10	9	0	0	0	0	27
23:00-24:00	60:00	0	0	3	0	0	0	0	9	15	0	0	0	0	27
รวม	23:56:35	1	1,959	3,086	1,249	8	20	31	3,583	504	48	214	308	0	11,011

1.6 จุดที่ 6 ขท.นครนายก

ทางหลวงหมายเลข : 3261 ตอน 0100

ชื่อตอน : คลอง 10 - หนองเสือ

กม.: 10+000

หน่วยงาน : หมวดทางหลวงหนองเสือ แขวงทางหลวงนครนายก สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)

ตารางที่ ก-25 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 6 ขาเข้าทางหลัก กม. 9+587 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	58:56	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
01:00-02:00	60:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00-03:00	60:00	0	1	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	5
03:00-04:00	60:00	0	1	3	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	11
04:00-05:00	60:00	0	2	5	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	13
05:00-06:00	60:00	0	15	11	0	0	0	0	18	5	0	3	3	0	55
06:00-07:00	60:00	1	191	59	19	0	0	1	70	12	1	8	1	0	363
07:00-08:00	60:00	2	356	85	32	0	0	1	148	11	0	2	5	0	642
08:00-09:00	60:00	1	207	73	28	0	1	1	122	11	2	5	1	2	454
09:00-10:00	60:00	3	179	53	26	1	1	0	141	9	2	7	3	0	425
10:00-11:00	60:00	0	165	54	30	0	0	0	124	12	2	11	3	1	402
11:00-12:00	60:00	1	177	79	34	1	0	1	111	25	2	10	0	1	442

ตารางที่ ก-26 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 6 ขาเข้าทางหลัก กม. 9+587 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	100	63	39	2	0	0	106	10	3	7	1	0	331
13:00-14:00	60:00	0	113	47	27	0	2	1	123	11	2	11	3	0	340
14:00-15:00	60:00	0	121	64	34	1	0	1	115	12	3	4	2	0	357
15:00-16:00	60:00	0	167	58	34	0	1	0	129	11	2	14	2	1	419
16:00-17:00	60:00	1	259	91	29	0	0	0	140	11	3	9	4	0	547
17:00-18:00	60:00	0	358	97	39	1	0	1	155	8	2	6	2	0	669
18:00-19:00	60:00	1	159	70	18	1	0	2	118	7	2	0	2	0	380
19:00-20:00	60:00	0	24	18	0	0	0	2	35	6	0	0	1	0	86
20:00-21:00	60:00	0	3	10	0	0	0	0	11	3	0	0	2	1	30
21:00-22:00	60:00	0	4	3	1	0	0	0	8	3	0	0	0	0	19
22:00-23:00	60:00	0	2	3	0	0	0	1	5	2	1	0	0	0	14
23:00-24:00	60:00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
รวม	23:58:56	10	2,604	946	391	7	5	12	1,684	182	27	97	35	6	6,006

ตารางที่ ก-27 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 6 ขาออกทางหลัก กม. 9+627 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	58:08	0	2	1	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	17
01:00-02:00	60:00	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	3
02:00-03:00	60:00	0	0	1	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	14
03:00-04:00	60:00	0	0	0	0	0	0	0	9	4	1	1	4	0	19
04:00-05:00	60:00	0	1	0	0	0	0	0	16	7	0	0	1	0	25
05:00-06:00	60:00	0	20	16	0	0	0	0	30	7	0	6	12	0	91
06:00-07:00	60:00	1	129	65	11	1	0	1	64	6	0	11	6	0	295
07:00-08:00	60:00	3	246	145	8	4	3	1	156	11	1	5	6	2	591
08:00-09:00	60:00	1	142	97	7	0	1	1	156	13	2	7	4	0	431
09:00-10:00	60:00	0	124	68	8	4	1	0	110	15	3	6	3	0	342
10:00-11:00	60:00	0	103	63	8	0	0	0	121	11	6	6	6	0	324
11:00-12:00	60:00	0	122	84	10	0	0	1	122	18	6	11	4	1	379

ตารางที่ ก-28 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 6 ขาออกทางหลัก กม. 9+627 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	86	75	4	1	0	0	127	8	3	9	2	1	316
13:00-14:00	60:00	0	102	66	6	1	0	1	126	13	2	13	2	1	333
14:00-15:00	60:00	0	89	88	3	2	0	0	116	13	1	6	4	0	322
15:00-16:00	60:00	1	121	79	7	1	0	0	108	18	1	10	5	0	351
16:00-17:00	60:00	0	187	74	11	0	0	0	106	13	8	11	5	0	415
17:00-18:00	60:00	0	297	113	9	0	1	0	130	10	1	8	1	1	571
18:00-19:00	60:00	0	204	80	6	0	2	0	101	6	0	3	1	0	403
19:00-20:00	60:00	0	17	16	0	0	0	0	110	4	0	3	5	0	155
20:00-21:00	60:00	0	3	6	0	0	0	0	72	8	0	0	2	0	91
21:00-22:00	60:00	0	6	6	0	0	0	0	43	3	0	0	3	0	61
22:00-23:00	60:00	0	1	9	0	0	0	0	23	1	0	0	1	0	35
23:00-24:00	60:00	0	0	7	0	0	0	0	2	1	0	0	6	0	16
รวม	23:58:8	6	2,002	1,159	98	14	8	5	1,877	190	35	116	84	6	5,600

1.7 จุดที่ 7 ขท.ตากที่ 1

ทางหลวงหมายเลข : 1 ตอน 1003

ชื่อตอน : วังม่วง - แม่เชียงรายบน

กม.: 543+117

หน่วยงาน : หมวดทางหลวงแม่สลิด แขวงทางหลวงตากที่ 1 สำนักงานทางหลวงที่ 4 (ตาก)

ตารางที่ ก-29 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 7 ขาเข้าทางหลัก กม. 542+665 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	60:00	0	0	12	0	0	0	4	43	65	3	13	29	0	169
01:00-02:00	60:00	0	1	8	1	0	0	1	59	48	3	12	19	0	152
02:00-03:00	60:00	0	1	8	2	0	0	0	31	41	6	15	9	0	113
03:00-04:00	60:00	0	1	8	1	0	0	0	26	37	3	5	10	0	91
04:00-05:00	60:00	0	5	8	1	0	0	0	31	21	1	6	16	0	89
05:00-06:00	60:00	0	16	26	3	0	0	0	35	20	5	11	20	0	136
06:00-07:00	60:00	0	40	51	19	0	4	5	94	16	5	21	21	0	276
07:00-08:00	60:00	0	111	176	28	5	5	6	161	19	15	9	21	0	556
08:00-09:00	60:00	0	55	142	18	7	0	3	178	22	12	20	18	0	475
09:00-10:00	60:00	0	40	148	24	11	1	2	209	18	10	9	13	1	486
10:00-11:00	60:00	0	40	208	40	10	0	4	199	24	15	19	8	0	567
11:00-12:00	60:00	0	41	220	44	6	1	3	174	20	11	10	27	0	557

ตารางที่ ก-30 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 7 ขาเข้าทางหลัก กม. 542+665 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	35	203	36	6	1	4	211	30	13	12	29	0	580
13:00-14:00	60:00	0	30	189	58	8	0	6	190	32	15	21	30	0	579
14:00-15:00	60:00	0	27	220	41	5	1	2	189	46	18	18	50	0	617
15:00-16:00	60:00	0	29	231	34	5	0	1	211	31	21	24	52	0	639
16:00-17:00	60:00	0	49	234	40	1	0	7	260	42	34	25	47	0	739
17:00-18:00	60:00	0	55	188	33	2	0	4	221	33	21	31	42	0	630
18:00-19:00	60:00	0	32	111	25	3	0	5	133	49	21	26	59	0	464
19:00-20:00	60:00	0	11	52	16	0	2	0	69	62	6	21	39	0	278
20:00-21:00	60:00	0	5	18	5	0	0	0	61	70	6	16	56	0	237
21:00-22:00	60:00	0	1	15	4	0	0	0	46	71	12	26	64	0	239
22:00-23:00	60:00	0	3	11	3	0	0	3	50	87	7	15	46	0	225
23:00-24:00	60:00	0	0	11	3	0	0	4	52	68	11	14	51	0	214
รวม	24:00:00	0	628	2,498	479	69	15	64	2,933	972	274	399	776	1	9,108

ตารางที่ ก-31 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 7 ขาออกทางหลัก กม. 542+693 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	56:04	0	0	23	9	0	0	3	41	42	13	16	34	0	181
01:00-02:00	60:00	0	1	15	5	0	0	16	42	44	7	17	45	0	192
02:00-03:00	60:00	0	1	25	9	0	0	19	55	50	6	13	40	0	218
03:00-04:00	60:00	0	2	21	2	0	1	16	30	57	8	8	52	0	197
04:00-05:00	60:00	0	0	21	2	0	0	5	41	41	7	19	46	0	182
05:00-06:00	60:00	0	3	44	4	0	0	2	44	37	14	17	48	0	213
06:00-07:00	60:00	0	30	30	10	7	1	2	70	29	19	21	57	2	278
07:00-08:00	60:00	1	105	103	14	6	1	1	120	32	17	17	39	0	456
08:00-09:00	60:00	0	73	140	21	14	1	2	160	32	34	32	60	0	569
09:00-10:00	60:00	0	47	136	27	11	2	1	187	49	28	23	38	0	549
10:00-11:00	60:00	0	38	150	29	26	0	1	184	31	21	16	40	0	536
11:00-12:00	60:00	0	39	190	38	18	0	1	212	30	13	12	35	0	588

ตารางที่ ก-32 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 7 ขาออกทางหลัก กม. 542+693 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	42	185	38	8	0	2	193	23	11	17	33	0	552
13:00-14:00	60:00	0	43	220	37	13	2	2	208	20	17	15	29	0	606
14:00-15:00	60:00	0	22	192	64	10	0	3	222	14	14	16	22	2	581
15:00-16:00	60:00	0	30	229	39	6	2	6	204	21	17	20	28	0	602
16:00-17:00	60:00	0	62	204	30	13	9	12	173	17	12	18	18	1	569
17:00-18:00	60:00	0	69	236	32	6	3	1	178	36	16	14	34	0	625
18:00-19:00	60:00	0	41	171	23	9	1	3	140	19	11	17	33	0	468
19:00-20:00	60:00	0	12	87	8	0	1	1	53	26	4	21	25	0	238
20:00-21:00	60:00	0	7	69	12	0	0	0	49	30	9	25	41	1	243
21:00-22:00	60:00	0	1	44	10	0	0	0	67	49	7	29	60	0	267
22:00-23:00	60:00	0	3	25	4	0	0	0	64	62	11	27	51	0	247
23:00-24:00	60:00	0	1	25	10	0	0	3	75	40	6	21	45	0	226
รวม	23:56:04	1	672	2,585	477	147	24	102	2,812	831	322	451	953	6	9,383

1.8 จุดที่ 8 ขท.ยโสธร

ทางหลวงหมายเลข : 23 ตอน 0402

ชื่อตอน : ยโสธร - บ้านย่อ

กม.: 184+449

หน่วยงาน : หมวดทางหลวงยโสธร แขวงทางหลวงยโสธร สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม)

ตารางที่ ก-33 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 8 ขาเข้าทางหลัก กม. 184+552 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	56:59	0	12	9	1	0	0	0	17	0	2	0	0	0	41
01:00-02:00	60:00	0	7	10	1	0	0	0	20	1	0	0	0	0	39
02:00-03:00	60:00	0	7	3	1	0	0	0	23	0	1	1	0	0	36
03:00-04:00	60:00	0	6	10	0	0	0	0	21	1	1	1	0	0	40
04:00-05:00	60:00	0	30	11	3	0	0	0	28	2	2	0	0	0	76
05:00-06:00	60:00	0	51	36	5	0	0	0	73	15	2	1	1	0	184
06:00-07:00	60:00	0	118	64	7	0	0	0	119	5	3	1	0	0	317
07:00-08:00	60:00	0	388	295	35	2	5	1	294	12	2	1	0	0	1,035
08:00-09:00	60:00	0	282	249	15	2	6	3	324	13	2	1	1	0	898
09:00-10:00	60:00	0	142	164	28	2	0	2	303	14	3	3	1	0	662
10:00-11:00	60:00	0	89	148	28	0	0	2	265	21	7	4	7	0	571
11:00-12:00	60:00	0	102	156	35	0	0	4	286	14	9	6	6	0	618

ตารางที่ ก-34 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 8 ขาเข้าทางหลัก กม. 184+552 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	99	144	29	4	1	1	284	8	7	3	4	0	584
13:00-14:00	60:00	0	97	159	31	3	0	0	248	21	5	7	6	0	577
14:00-15:00	60:00	0	87	175	30	1	0	2	267	17	5	8	3	0	595
15:00-16:00	60:00	0	125	204	27	0	1	1	282	24	9	4	4	0	681
16:00-17:00	60:00	0	180	303	34	1	1	0	316	17	5	10	8	0	875
17:00-18:00	60:00	0	162	251	35	0	0	2	306	20	5	7	10	0	798
18:00-19:00	60:00	0	121	184	17	0	0	1	244	17	2	3	4	0	593
19:00-20:00	60:00	0	53	78	9	0	0	3	199	2	6	7	3	0	360
20:00-21:00	60:00	0	33	63	5	1	0	0	100	2	8	4	1	0	217
21:00-22:00	60:00	0	35	35	1	0	0	1	82	4	7	3	1	0	169
22:00-23:00	60:00	0	19	21	3	0	0	0	46	2	3	1	1	0	96
23:00-24:00	60:00	0	32	17	2	0	0	0	45	2	2	1	0	0	101
รวม	23:56:59	0	2,277	2,789	382	16	14	23	4,192	234	98	77	61	0	10,163

ตารางที่ ก-35 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 8 ขาออกทางหลัก กม. 184+498 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	58:02	0	10	30	5	0	0	0	21	5	0	1	0	0	72
01:00-02:00	60:00	0	6	15	1	0	0	1	15	8	1	2	1	0	50
02:00-03:00	60:00	0	11	7	0	0	0	0	16	4	0	0	1	0	39
03:00-04:00	60:00	0	12	11	4	0	0	0	17	7	0	2	2	0	55
04:00-05:00	60:00	0	16	15	3	1	0	0	44	10	0	2	2	0	93
05:00-06:00	60:00	0	25	23	5	0	0	0	84	18	1	3	0	0	159
06:00-07:00	60:00	1	75	80	12	2	0	1	88	14	4	5	5	0	287
07:00-08:00	60:00	0	144	185	14	5	1	3	182	13	4	3	3	0	557
08:00-09:00	60:00	1	121	225	26	3	1	0	299	23	4	9	5	0	717
09:00-10:00	60:00	0	106	162	16	8	0	3	300	37	5	7	1	0	645
10:00-11:00	60:00	0	90	161	29	8	0	1	330	13	5	8	1	3	649
11:00-12:00	60:00	0	92	194	24	9	2	1	343	16	7	4	4	0	696

ตารางที่ ก-36 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 8 ขาออกทางหลัก กม. 184+498 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	118	193	19	8	0	2	262	15	5	8	6	0	636
13:00-14:00	60:00	0	98	181	30	6	1	2	313	21	5	5	2	0	664
14:00-15:00	60:00	0	117	190	32	4	0	2	311	13	6	3	3	0	681
15:00-16:00	60:00	0	172	203	18	6	1	3	304	19	4	3	3	0	736
16:00-17:00	60:00	0	326	330	34	15	0	0	377	13	2	8	3	0	1,108
17:00-18:00	60:00	0	422	337	22	6	0	2	338	19	5	4	3	1	1,159
18:00-19:00	60:00	0	209	216	18	1	0	1	213	8	8	3	1	0	678
19:00-20:00	60:00	0	88	184	7	0	2	1	141	11	1	1	6	0	442
20:00-21:00	60:00	0	64	110	8	0	1	0	89	7	0	2	7	0	288
21:00-22:00	60:00	0	40	56	7	0	0	0	58	3	1	0	3	0	168
22:00-23:00	60:00	0	18	39	5	0	1	0	27	5	0	2	5	0	102
23:00-24:00	60:00	0	25	28	0	0	0	0	29	9	0	0	1	0	92
รวม	23:58:02	2	2,405	3,175	339	82	10	23	4,201	311	68	85	68	4	10,773

1.9 จุดที่ 9 ขท.อ่างทอง

ทางหลวงหมายเลข : 32 ตอน 0201

ชื่อตอน : นครหลวง - อ่างทอง

กม.: 43+000

หน่วยงาน : หมวดทางหลวงบางปะหัน แขวงทางหลวงอ่างทอง สำนักงานทางหลวงที่ 12 (สุพรรณบุรี)

ตารางที่ ก-37 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 9 ขาเข้าทางหลัก กม. 42+551 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	59:35	0	4	105	15	0	0	7	118	62	27	35	100	0	473
01:00-02:00	60:00	0	1	62	13	0	0	1	100	48	14	21	46	0	306
02:00-03:00	60:00	0	4	44	11	0	0	0	55	60	13	12	54	0	253
03:00-04:00	60:00	0	4	67	11	0	0	1	137	55	17	19	59	0	370
04:00-05:00	60:00	0	6	100	13	0	0	0	162	75	19	18	44	0	437
05:00-06:00	60:00	0	10	215	41	0	1	3	269	91	22	27	56	0	735
06:00-07:00	60:00	0	61	442	100	7	1	7	467	126	28	35	64	0	1,338
07:00-08:00	60:00	0	70	619	118	10	3	31	546	91	27	44	61	0	1,620
08:00-09:00	60:00	0	66	699	201	8	8	87	544	85	10	48	61	1	1,818
09:00-10:00	60:00	0	54	823	185	5	9	13	584	75	19	68	68	0	1,903
10:00-11:00	60:00	0	30	811	178	10	8	19	709	110	29	107	55	0	2,066
11:00-12:00	60:00	0	31	851	129	10	11	9	729	126	21	118	86	0	2,121

ตารางที่ ก-38 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 9 ขาเข้าทางหลัก กม. 42+551 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและรถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสารขนาดเล็ก (5)	รถโดยสารขนาดกลาง (6)	รถโดยสารขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	30	810	103	6	10	9	690	111	31	103	91	0	1,994
13:00-14:00	60:00	0	28	863	133	4	6	11	724	125	44	77	86	0	2,101
14:00-15:00	60:00	0	33	804	133	8	10	9	672	111	49	95	107	0	2,031
15:00-16:00	60:00	0	35	759	112	1	9	11	675	115	50	115	117	1	2,000
16:00-17:00	60:00	0	62	858	138	4	11	17	652	146	53	113	98	0	2,152
17:00-18:00	60:00	0	114	859	157	8	7	32	646	124	58	75	86	0	2,166
18:00-19:00	60:00	1	82	592	112	7	7	53	464	110	61	83	79	7	1,658
19:00-20:00	60:00	0	17	394	41	0	3	19	298	62	83	65	94	0	1,076
20:00-21:00	60:00	0	19	348	66	0	2	52	313	91	66	67	125	1	1,150
21:00-22:00	60:00	0	3	287	24	0	0	36	137	100	42	75	120	0	824
22:00-23:00	60:00	0	6	172	13	0	0	21	127	104	39	40	91	0	613
23:00-24:00	60:00	0	1	154	21	0	0	5	125	65	52	46	93	0	562
รวม	23:59:35	1	771	11,738	2,068	88	106	453	9,943	2,268	874	1,506	1,941	10	31,767

ตารางที่ ก-39 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 9 ขาออกทางหลัก กม. 42+654 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	57:24	0	0	9	13	0	1	3	10	26	47	23	115	0	247
01:00-02:00	60:00	0	0	6	10	0	0	3	25	48	38	24	108	0	262
02:00-03:00	60:00	0	0	12	18	0	1	6	45	72	29	28	121	0	332
03:00-04:00	60:00	0	1	10	11	0	1	30	25	74	46	34	129	0	361
04:00-05:00	60:00	0	0	25	41	0	1	30	49	76	48	42	93	0	405
05:00-06:00	60:00	0	13	148	59	0	11	71	159	103	43	57	80	1	745
06:00-07:00	60:00	0	67	111	53	2	6	33	106	35	36	39	50	1	539
07:00-08:00	60:00	0	126	503	71	1	7	3	402	96	46	47	92	0	1,394
08:00-09:00	60:00	0	70	501	81	4	8	22	487	101	33	46	59	0	1,412
09:00-10:00	60:00	0	49	490	101	1	8	6	504	119	54	52	70	1	1,455
10:00-11:00	60:00	0	42	595	95	5	8	1	535	78	67	41	98	2	1,567
11:00-12:00	60:00	0	25	627	113	6	11	6	561	97	59	43	87	0	1,635

ตารางที่ ก-40 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 9 ขาออกทางหลัก กม. 42+654 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	36	684	111	3	8	3	643	106	52	70	112	0	1,828
13:00-14:00	60:00	0	42	787	110	7	10	19	684	108	57	68	84	0	1,976
14:00-15:00	60:00	0	31	815	157	6	13	7	769	128	50	61	92	0	2,129
15:00-16:00	60:00	0	50	843	155	4	6	20	705	109	49	72	120	0	2,133
16:00-17:00	60:00	0	52	922	168	3	15	13	744	117	56	64	117	0	2,271
17:00-18:00	60:00	0	66	864	119	3	4	94	672	120	50	62	84	0	2,138
18:00-19:00	60:00	0	15	238	53	1	3	14	195	58	25	37	40	101	780
19:00-20:00	60:00	0	20	18	3	0	0	1	9	5	18	9	16	25	124
20:00-21:00	60:00	0	1	60	31	0	1	3	53	38	60	49	83	0	379
21:00-22:00	60:00	0	1	33	24	0	0	8	44	22	68	28	101	0	329
22:00-23:00	60:00	0	1	9	16	0	1	2	11	28	51	15	87	0	221
23:00-24:00	60:00	0	1	10	12	0	0	1	6	24	53	19	108	0	234
รวม	23:57:24	0	709	8,320	1,625	46	124	399	7,443	1,788	1,135	1,030	2,146	131	24,896

1.10 จุดที่ 10 ขท.พัทลุง

ทางหลวงหมายเลข : 4 ตอน 1304

ชื่อตอน : ห้วยทราย - พรุพ้อ

กม.: 1205+559

หน่วยงาน : หมวดทางหลวงป่าบอน แขวงทางหลวงพัทลุง สำนักงานทางหลวงที่ 16 (นครศรีธรรมราช)

ตารางที่ ก-41 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 10 ขาเข้าทางหลัก กม. 1206+200 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	58:58	0	14	26	4	0	0	0	74	19	9	11	23	0	180
01:00-02:00	60:00	0	9	22	4	0	0	0	49	33	3	9	10	0	139
02:00-03:00	60:00	0	8	15	1	0	0	1	52	32	9	8	23	0	149
03:00-04:00	60:00	0	17	11	3	0	1	1	55	31	12	20	24	0	175
04:00-05:00	60:00	0	11	24	3	0	0	2	72	30	11	13	43	0	209
05:00-06:00	60:00	0	24	71	7	0	0	3	125	41	22	22	35	0	350
06:00-07:00	60:00	0	90	163	25	2	0	5	179	31	32	23	47	0	597
07:00-08:00	60:00	1	181	238	24	4	3	3	265	35	27	15	36	0	832
08:00-09:00	60:00	0	107	217	30	5	0	4	242	50	37	17	44	2	755
09:00-10:00	60:00	0	77	199	36	4	4	4	302	52	23	6	39	0	746
10:00-11:00	60:00	0	83	220	40	4	3	4	292	47	41	22	56	0	812
11:00-12:00	60:00	0	53	116	29	0	1	0	167	32	13	7	31	0	449

ตารางที่ ก-42 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 10 ขาเข้าทางหลัก กม. 1206+200 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	95	210	44	2	2	1	310	38	34	15	85	0	836
13:00-14:00	60:00	0	78	244	64	4	5	3	345	39	37	13	78	0	910
14:00-15:00	60:00	0	84	226	61	1	4	6	341	47	40	23	97	0	930
15:00-16:00	60:00	0	147	284	51	3	3	6	307	33	34	21	71	0	960
16:00-17:00	60:00	0	182	313	49	2	1	2	309	36	19	20	47	1	981
17:00-18:00	60:00	0	188	371	65	3	6	8	382	38	28	26	60	0	1,175
18:00-19:00	60:00	0	132	235	41	0	2	7	265	34	19	14	51	0	800
19:00-20:00	60:00	0	81	166	22	0	0	2	207	38	16	21	50	0	603
20:00-21:00	60:00	0	47	111	15	0	1	1	146	37	13	27	33	0	431
21:00-22:00	60:00	0	43	68	14	0	0	3	129	27	9	25	65	0	383
22:00-23:00	60:00	0	40	62	7	0	0	0	93	32	17	17	41	0	309
23:00-24:00	60:00	0	20	34	6	0	0	0	70	31	8	12	31	0	212
รวม	23:58:58	1	1,811	3,646	645	34	36	66	4,778	863	513	407	1,120	3	13,923

ตารางที่ ก-43 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 10 ขาออกทางหลัก กม. 1206+134 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	56:00	0	29	15	1	0	0	2	47	15	4	7	12	0	132
01:00-02:00	60:00	0	28	15	3	0	0	0	50	16	12	7	11	0	142
02:00-03:00	60:00	0	15	11	1	0	0	1	51	12	7	11	11	0	120
03:00-04:00	60:00	0	13	15	2	0	1	2	68	10	6	3	11	0	131
04:00-05:00	60:00	0	14	18	3	0	1	1	89	8	11	7	23	0	175
05:00-06:00	60:00	0	27	38	5	0	0	1	115	12	15	2	28	0	243
06:00-07:00	60:00	0	78	74	19	0	1	2	93	14	12	6	25	0	324
07:00-08:00	60:00	1	137	198	28	1	0	4	261	21	14	11	37	0	713
08:00-09:00	60:00	0	67	175	22	1	3	7	258	15	8	18	16	0	590
09:00-10:00	60:00	0	108	196	33	2	0	4	249	27	34	16	44	0	713
10:00-11:00	60:00	0	75	273	51	4	5	3	347	39	46	29	55	0	927
11:00-12:00	60:00	0	102	277	51	1	1	5	301	53	42	21	40	0	894

ตารางที่ ก-44 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 10 ขาออกทางหลัก กม. 1206+134 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	72	195	40	1	1	3	214	39	27	16	35	0	643
13:00-14:00	60:00	0	148	204	31	1	0	4	253	49	22	15	42	0	769
14:00-15:00	60:00	0	129	230	50	1	1	4	287	54	33	16	43	0	848
15:00-16:00	60:00	1	77	202	27	2	1	3	266	17	10	17	25	0	648
16:00-17:00	60:00	1	76	201	24	3	2	6	269	16	7	17	21	0	643
17:00-18:00	60:00	0	25	94	23	2	0	2	123	11	18	35	40	0	373
18:00-19:00	60:00	0	21	31	9	0	0	0	96	19	18	9	37	0	240
19:00-20:00	60:00	0	20	16	0	0	0	0	81	11	6	7	21	0	162
20:00-21:00	60:00	0	11	6	5	0	0	1	50	14	9	12	17	0	125
21:00-22:00	60:00	0	13	8	2	0	0	0	63	12	5	10	20	0	133
22:00-23:00	60:00	0	19	17	1	0	0	7	55	21	14	11	36	0	181
23:00-24:00	60:00	0	29	19	2	0	0	3	60	15	18	11	33	0	190
รวม	23:56:00	3	1,333	2,528	433	19	17	65	3,746	520	398	314	683	0	10,059

1.11 จุดที่ 11 ขท.ประจวบคีรีขันธ์

ทางหลวงหมายเลข : 4 ตอน 0605

ชื่อตอน : บางสะพาน – น้ำรอด

กม.: 387+313

หน่วยงาน : หมวดทางหลวงบางสะพาน แขวงทางหลวงประจวบคีรีขันธ์ (หัวหิน)
สำนักงานทางหลวงที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์)

ตารางที่ ก-45 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 11 ขาเข้าทางหลัก กม. 389+036 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่อง และ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	60:00	0	9	20	6	0	0	2	47	85	5	14	113	0	301
01:00-02:00	60:00	0	4	15	5	0	0	4	39	75	7	6	101	0	256
02:00-03:00	60:00	0	4	14	10	0	0	1	42	61	6	4	99	0	241
03:00-04:00	60:00	0	1	16	4	0	0	2	29	49	6	8	88	0	203
04:00-05:00	60:00	0	0	7	1	0	0	1	21	41	5	4	90	0	170
05:00-06:00	60:00	1	4	19	4	0	0	3	18	46	1	10	99	0	205
06:00-07:00	60:00	0	27	59	23	3	0	0	114	84	21	16	53	0	400
07:00-08:00	60:00	0	123	132	25	11	3	2	224	65	23	19	66	0	693
08:00-09:00	60:00	0	75	104	9	1	0	1	184	50	18	9	58	0	509
09:00-10:00	60:00	0	59	126	47	4	0	1	227	69	35	22	58	0	648
10:00-11:00	60:00	0	69	158	25	7	0	4	239	72	32	25	56	0	687
11:00-12:00	60:00	0	45	151	32	5	0	4	231	68	27	21	51	0	635

ตารางที่ ก-46 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 11 ขาเข้าทางหลัก กม. 389+036 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	67	192	35	8	3	1	246	88	47	23	52	0	762
13:00-14:00	60:00	0	55	190	40	12	1	1	232	67	44	19	51	0	712
14:00-15:00	60:00	0	52	197	41	14	0	6	269	80	37	28	62	1	787
15:00-16:00	60:00	0	58	151	41	5	0	2	231	70	62	20	51	0	691
16:00-17:00	60:00	1	77	160	51	3	1	3	271	90	71	27	57	0	812
17:00-18:00	60:00	0	84	130	34	9	0	2	246	77	37	18	68	0	705
18:00-19:00	60:00	0	34	80	15	0	0	2	203	93	17	17	81	0	542
19:00-20:00	60:00	0	24	65	23	0	0	1	217	99	7	21	115	0	572
20:00-21:00	60:00	0	26	53	19	0	0	1	208	114	22	20	108	0	571
21:00-22:00	60:00	0	12	58	23	0	0	2	134	115	13	22	103	0	482
22:00-23:00	60:00	0	8	34	10	0	0	2	145	122	14	28	95	0	458
23:00-24:00	60:00	0	5	25	10	0	0	3	127	110	15	18	110	0	423
รวม	24:00:00	2	922	2,156	533	82	8	51	3,944	1,890	572	419	1,885	1	12,465

ตารางที่ ก-47 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 11 ขาออกทางหลัก กม. 389+069 ช่วงเวลา 00:00 น. – 12:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
00:00-01:00	60:00	0	0	3	1	0	0	3	3	53	4	3	66	0	136
01:00-02:00	60:00	0	1	1	2	0	0	4	0	51	6	8	83	0	156
02:00-03:00	60:00	0	0	2	1	0	0	3	1	30	3	4	91	0	135
03:00-04:00	60:00	0	1	0	1	0	0	11	2	28	9	5	62	0	119
04:00-05:00	60:00	0	0	6	0	0	0	3	2	31	2	3	63	0	110
05:00-06:00	60:00	0	0	1	0	0	0	3	2	34	3	5	64	0	112
06:00-07:00	60:00	0	19	52	6	0	2	5	65	104	9	22	58	0	342
07:00-08:00	60:00	0	39	95	25	3	0	0	169	120	22	27	78	0	578
08:00-09:00	60:00	0	52	114	22	2	0	7	221	81	18	16	83	0	616
09:00-10:00	60:00	0	41	146	39	2	0	3	242	96	12	25	74	0	680
10:00-11:00	60:00	0	57	206	57	7	0	0	282	86	16	17	41	0	769
11:00-12:00	60:00	0	53	263	67	4	0	5	292	82	11	17	63	0	857

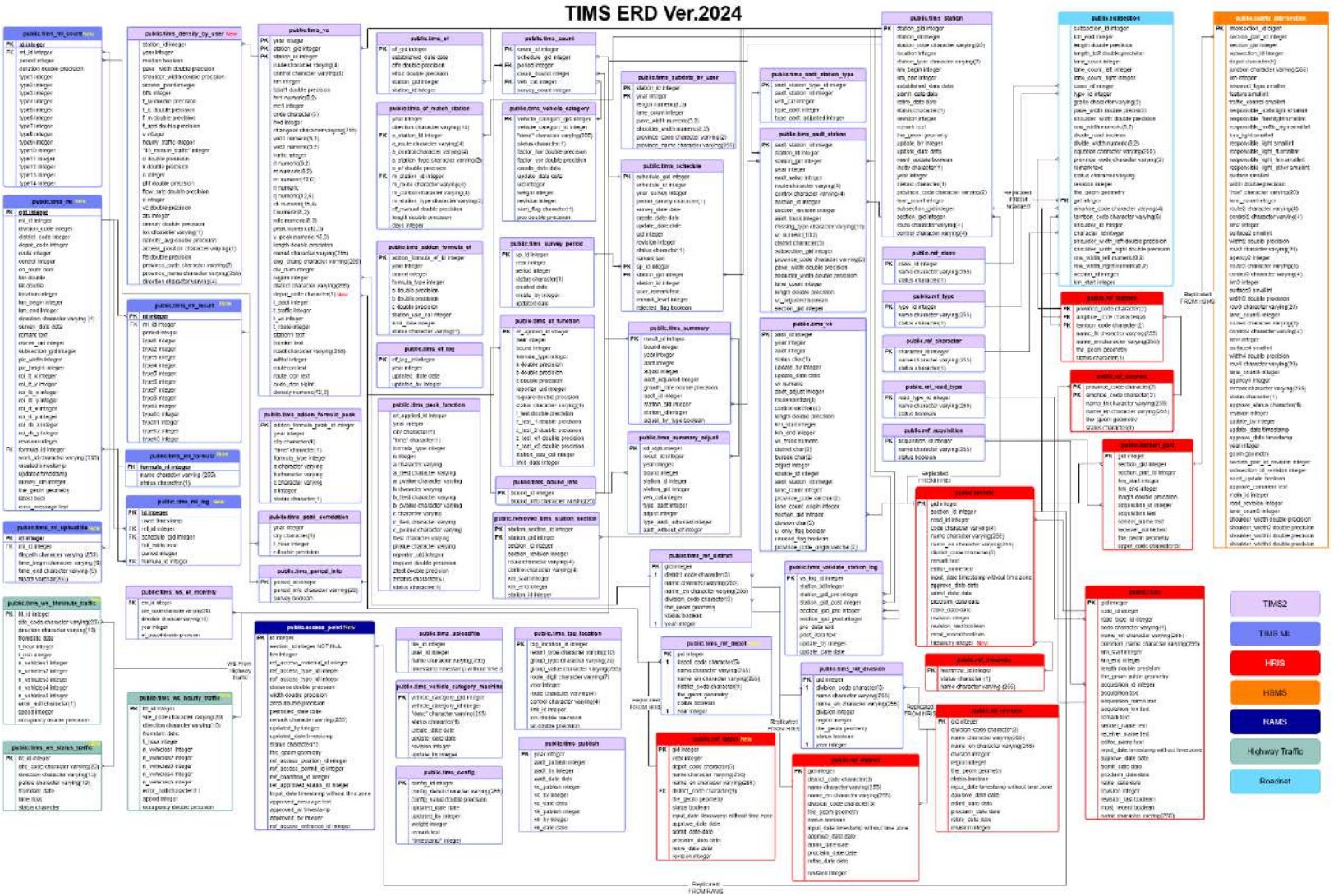
ตารางที่ ก-48 ผลการประมวลผลปริมาณจราจรด้วย Machine Learning จุดที่ 11 ขาออกทางหลัก กม. 389+069 ช่วงเวลา 12:00 น. – 24:00 น.

ช่วงเวลา	ระยะเวลา (นาที)	รถจักรยาน 2 ล้อ และ รถจักรยาน 3 ล้อ (1)	รถสามล้อเครื่องและ รถจักรยานยนต์ (2)	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน) (3)	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน) (4)	รถโดยสาร ขนาดเล็ก (5)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (6)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (7)	รถบรรทุก (4 ล้อ) (8)	รถบรรทุก (6 ล้อ) (9)	รถบรรทุก (10 ล้อ) (10)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (11)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) (12)	รถเครื่องจักรและรถดัดแปลง (13)	รวม
12:00-13:00	60:00	0	59	231	45	3	1	2	293	99	30	22	51	0	836
13:00-14:00	60:00	0	55	234	57	2	2	6	339	103	15	14	48	0	875
14:00-15:00	60:00	0	46	233	52	0	0	6	375	78	26	17	39	0	872
15:00-16:00	60:00	0	72	246	74	1	0	4	328	77	8	13	31	0	854
16:00-17:00	60:00	0	87	268	66	2	2	3	331	111	17	9	36	0	932
17:00-18:00	60:00	0	78	261	35	0	1	4	328	91	24	19	39	0	880
18:00-19:00	60:00	0	16	92	7	0	0	11	62	71	17	10	47	0	333
19:00-20:00	60:00	0	1	10	6	0	0	19	12	52	10	1	70	0	181
20:00-21:00	60:00	0	1	13	4	0	0	17	8	46	15	1	81	0	186
21:00-22:00	60:00	0	1	5	3	0	0	12	7	56	9	2	79	0	174
22:00-23:00	60:00	0	1	0	1	0	0	4	3	61	3	12	82	0	167
23:00-24:00	59:10	0	0	2	1	0	0	4	1	37	6	12	78	0	141
รวม	23:59:10	0	680	2,484	572	26	8	139	3,368	1,678	295	284	1,507	0	11,041

ภาคผนวก ข

ER Diagram และ Datadictionary

1. ER Diagram ของระบบ TIMS



2. รายละเอียดพจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary)

คำอธิบาย

PK = Primary Key

ลำดับ ของ PK ถ้าเป็น Composite หลาย Field จะเป็น PK (1) คือลำดับที่ 1 และ PK (2) คือ ลำดับที่ 2 ถ้ามีตัวเดียวไม่มีลำดับ

FKn = Foreign Key ตัวที่ n (เอ็น)

2.1 Data Dictionary ข้อมูลบัญชีทะเบียนสายทางจากระบบ HRIS

ตารางที่ ข-1 พจนานุกรมฐานข้อมูลทางหลวง

Table Name: road
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลทางหลวง
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	road_id	integer	Y	FK1	Id อ้างอิงตาราง road
3	road_type_id	integer	Y	FK2	ประเภททางหลวง 1 = ทางหลวงแผ่นดิน 2 = ทางหลวงพิเศษ 3 = ทางหลวงสัมปทาน 4 = ทางหลวงท้องถิ่น 5 = ทางหลวงชนบท
4	code	character varying (4)	Y		หมายเลขทางหลวง
5	name	character varying (255)	Y		ชื่อทางหลวง
6	name_en	character varying (255)	Y		ชื่อทางหลวง (ภาษาอังกฤษ)
7	common_name	character varying (255)	Y		ชื่อเรียกท้องถิ่น
8	km_start	integer	Y		กม.เริ่มต้นทางหลวง
9	km_end	integer	Y		กม.สิ้นสุดทางหลวง
10	length	double precision	Y		ระยะทาง
11	the_geom	geometry			พิกัดภูมิศาสตร์

ตารางที่ ข-1 พจนานุกรมฐานข้อมูลทางหลวง (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
12	input_date	timestamp without time zone			วันที่นำเข้าข้อมูล
13	approve_date	date			วันที่อนุมัติรัฐมนตรี
14	admit_date	date			วันที่นายทะเบียนลงนาม
15	proclaim_date	date			วันที่อนุมัติลงทะเบียน
16	retire_date	date			วันที่ยกเลิกทะเบียน
17	revision	integer			ลำดับที่แก้ไข
18	revision_last	boolean			เป็นข้อมูลที่แก้ไขล่าสุด T =ใช่ F = ไม่ใช่
19	most_recent	boolean			เป็นข้อมูลที่ใช่งานล่าสุด T =ใช่ F = ไม่ใช่

ตารางที่ ข-2 พจนานุกรมฐานข้อมูลตอนควบคุม

Table Name: section
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลตอนควบคุม
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	gid	integer	Y	PK,FK3	คีย์หลัก
2	section_id	integer	Y	FK4	Id อ้างอิงตาราง section
3	road_id	integer	Y	FK1	Id อ้างอิงตาราง road
4	code	character varying (4)	Y		หมายเลขตอนควบคุม
5	name	character varying (255)	Y		ชื่อตอนควบคุม
6	name_en	character varying (255)			ชื่อตอนควบคุม (ภาษาอังกฤษ)
7	district_code	Character (3)		FK5	รหัสตารางข้อมูลแขวงทางหลวง
8	remark	text			หมายเหตุ
9	editor_name	text			ผู้แก้ไขข้อมูล
10	input_date	timestamp without time zone			วันที่นำเข้าข้อมูล
11	approve_date	date			วันที่อนุมัติรัฐมนตรี

ตารางที่ ข-2 พจนานุกรมฐานข้อมูลตอนควบคุม (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
12	admit_date	date			วันที่นายทะเบียนลงนาม
13	proclaim_date	date			วันที่อนุมัติลงทะเบียน
14	retire_date	date			วันที่ยกเลิกทะเบียน
15	revision	integer			ลำดับที่แก้ไข
16	revision_last	boolean			เป็นข้อมูลที่แก้ไขล่าสุด T =ใช่ F = ไม่ใช่
17	most_recent	boolean			เป็นข้อมูลที่ใช่งานล่าสุด T =ใช่ F = ไม่ใช่
18	hierarchy	integer			รหัสลำดับชั้นทางหลวง 0 = ไม่ระบุ 1 = ทางหลวงแผ่นดินเชื่อมโยงระดับประเทศ 2 = ทางหลวงแผ่นดินเชื่อมโยงในภูมิภาค 3 = ทางหลวงแผ่นดินเชื่อมโยงระดับจังหวัด 4 = ทางหลวงแผ่นดินเชื่อมโยงระดับอำเภอ 9 = ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง

ตารางที่ ข-3 พจนานุกรมฐานข้อมูลรายละเอียดตอนควบคุม

Table Name: section_part
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดตอนควบคุม
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	gid	integer		PK	คีย์หลัก
2	section_gid	integer		FK3	คีย์หลักของตาราง section
3	section_part_id	integer		FK6	Id อ้างอิงตาราง section_part
4	km_start	integer			กม. เริ่มต้นของตอนควบคุม

ตารางที่ ข-3 พจนานุกรมฐานข้อมูลรายละเอียดตอนควบคุม (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	gid	integer		PK	คีย์หลัก
2	section_gid	integer		FK3	คีย์หลักของตาราง section
3	section_part_id	integer		FK6	Id อ้างอิงตาราง section_part
4	km_start	integer			กม. เริ่มต้นของตอนควบคุม
5	km_end	integer			กม. สิ้นสุดของตอนควบคุม
6	length	double precision			ระยะทางตอนควบคุม
7	acquisition_id	integer			รหัสการได้มาของสายทาง 1 = รับมอบจากหน่วยงานอื่น 2 = โอนไปให้หน่วยงานอื่น 3 = กรมทางหลวงนำไปขึ้นทะเบียนเอง 4 = อื่น ๆ
8	acquisition	text			รายละเอียดหลักฐานการได้มา
9	sender_name	text			ชื่อผู้ส่งมอบ
10	receiver_name	text			ชื่อผู้รับมอบ
11	the_geom	geometry			พิกัดภูมิศาสตร์
12	depot_code	character(5)		FK7	รหัสแขวงทางหลวง

ตารางที่ ข-4 พจนานุกรมฐานข้อมูลอำเภอ

Table Name: ref_amphoe
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลอำเภอ
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	province_code	character(2)	Y	PK	คีย์หลัก
2	amphoe_code	character(2)	Y	PK	คีย์หลักของตาราง ref_amphoe
3	name_th	character varying(255)			ชื่อภาษาไทย
4	name_en	character varying(255)			ชื่อภาษาอังกฤษ
5	the_geom	geometry			พิกัดภูมิศาสตร์
6	status	character(1)			สถานะ

ตารางที่ ข-5 พจนานุกรมฐานข้อมูลตำบล

Table Name: ref_tambon **Description:** ตารางจัดเก็บข้อมูลตำบล **Author** : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568					
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	province_code	character(2)	Y	PK	คีย์หลัก
2	amphoe_code	character(2)	Y	PK	คีย์หลักของตาราง ref_amphoe
3	tambon_code	character(2)	Y	PK	คีย์หลักของตาราง ref_tambon
4	name_th	character varying(255)			ชื่อภาษาไทย
5	name_en	character varying(255)			ชื่อภาษาอังกฤษ
6	the_geom	geometry			พิกัดภูมิศาสตร์
7	status	character(1)			สถานะ

ตารางที่ ข-6 พจนานุกรมฐานข้อมูลสำนักงานทางหลวง

Table Name: ref_division **Description:** ตารางจัดเก็บข้อมูลสำนักงานทางหลวง **Author** : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568					
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	division_code	character(3)	Y		รหัสสำนักงานทางหลวง
3	name	character varying(255)			ชื่อสำนักงานทางหลวง
4	name_en	character varying(255)			ชื่อสำนักงานทางหลวง ภาษาอังกฤษ
5	division	integer			รหัสสำนักงานทางหลวง
6	region	integer			รหัสภาค
7	the_geom	geometry			พิกัดภูมิศาสตร์
8	status	boolean			สถานะ (TRUE = Active, FALSE = Inactive)
9	input_date	timestamp without time zone			วันที่นำเข้าข้อมูล
10	approve_date	date			วันที่นำเข้าข้อมูล
11	admit_date	date			วันที่ตรวจสอบ

ตารางที่ ข-6 พจนานุกรมฐานข้อมูลสำนักงานทางหลวง (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
12	proclaim_date	date			วันที่อนุมัติ
13	retire_date	date			Main date (วันที่ประกาศ)
14	revision	integer			ลำดับการแก้ไขข้อมูล

ตารางที่ ข-7 พจนานุกรมฐานข้อมูลแขวงทางหลวง

Table Name: ref_district
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลแขวงทางหลวง
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	district_code	character(3)	Y		รหัสแขวงทางหลวง
3	name	character varying(255)			ชื่อแขวงทางหลวง
4	name_en	character varying(255)			ชื่อแขวงทางหลวงภาษาอังกฤษ
5	division_code	character(3)			รหัสสำนักงานทางหลวง
6	the_geom	geometry			พิกัดภูมิศาสตร์
7	status	boolean			สถานะ (TRUE = Active, FALSE = Inactive)
8	input_date	timestamp without time zone			วันที่นำเข้าข้อมูล
9	approve_date	date			วันที่นำเข้าข้อมูล
10	admit_date	date			วันที่ตรวจสอบ
11	proclaim_date	date			วันที่อนุมัติ
12	retire_date	date			Main date (วันที่ประกาศ)
13	revision	integer			ลำดับการแก้ไขข้อมูล

ตารางที่ ข-8 พจนานุกรมฐานข้อมูลหมวดทางหลวง

Table Name: ref_depot **Description:** ตารางจัดเก็บข้อมูลหมวดทางหลวง **Author** : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568					
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	depot_code	character(5)	Y		รหัสหมวดทางหลวง
3	name	character varying(255)			ชื่อหมวดทางหลวง
4	name_en	character varying(255)			ชื่อหมวดทางหลวงภาษาอังกฤษ
5	district_code	character(3)			รหัสแขวงทางหลวง
6	the_geom	geometry			พิกัดภูมิศาสตร์
7	status	boolean			สถานะ (TRUE = Active, FALSE = Inactive)
8	input_date	timestamp without time zone			วันที่นำเข้าข้อมูล
9	approve_date	date			วันที่นำเข้าข้อมูล
10	admit_date	date			วันที่ตรวจสอบ
11	proclaim_date	date			วันที่อนุมัติ
12	retire_date	date			Main date (วันที่ประกาศ)
13	revision	integer			ลำดับการแก้ไขข้อมูล

ตารางที่ ข-9 พจนานุกรมฐานข้อมูลระดับชั้นทาง

Table Name: ref_hierarchy **Description:** ตารางจัดเก็บข้อมูลระดับชั้นทาง **Author** : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568					
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	hierarchy_id	integer			รหัสระดับชั้นทาง
2	name	character varying(255)			ชื่อระดับชั้นทาง
3	status	character(1)			สถานะ

2.2 Data Dictionary ข้อมูลจากระบบ HSMS

ตารางที่ ข-10 พจนานุกรมฐานข้อมูลทางแยกระดับเดียวกัน

Table Name: safety_intersection

Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลทางแยกระดับเดียวกัน

Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	id	integer	Y	PK,FK115	คีย์หลักของ hsms_intersection
2	section_id	integer	Y	FK4	อ้างอิงตาราง section
3	km	integer	Y		ตำแหน่ง กม.
4	location	character varying (255)			ชื่อบริเวณทางแยก
5	intersect_type	character varying (50)			รายละเอียดทางแยก
6	feature_type	character varying (10)			ลักษณะทางแยก
7	surface_type	character varying (50)			ลักษณะผิวทาง
8	width	double precision			ความกว้างผิวทาง
9	shoulder_width	double precision			ความกว้างไหล่ทาง
10	sub1_agency	character varying (50)			หน่วยงาน สายทางรอง 1
11	sub1_route	character varying (4)			หมายเลขทางหลวง สายทางรอง 1
12	sub1_control	character varying (4)			ตอนควบคุม สายทางรอง 1
13	sub1_km	integer			กม.สายทางรอง 1
14	sub1_surface	character varying (50)			ลักษณะผิวทาง สายทางรอง 1
15	sub1_width	double precision			ความกว้างผิวทาง สายทางรอง 1
16	sub1_shoulder_width	double precision			ความกว้างไหล่ทาง สายทางรอง 1
17	sub1_row	character varying (20)			ความกว้างเขตทาง สายทางรอง 1
18	sub2_agency	character varying (50)			หน่วยงาน สายทางรอง 2
19	sub2_route	character varying (4)			หมายเลขทางหลวง สายทางรอง 2
20	sub2_control	character varying (4)			ตอนควบคุม สายทางรอง 2
21	sub2_km	integer			กม.สายทางรอง 2
22	sub2_surface	character varying (50)			ลักษณะผิวทาง สายทางรอง 2
23	sub2_width	double precision			ความกว้างผิวทาง สายทางรอง 2
24	sub2_shoulder_width	double precision			ความกว้างไหล่ทาง สายทางรอง 2
25	sub2_row	character varying (20)			ความกว้างเขตทาง สายทางรอง 2
26	sub3_agency	character varying (50)			หน่วยงาน สายทางรอง 3
27	sub3_route	character varying (4)			หมายเลขทางหลวง สายทางรอง 3

ตารางที่ ข-10 พจนานุกรมฐานข้อมูลทางแยกระดับเดียวกัน (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
28	sub3_control	character varying (4)			ตอนควบคุม สายทางรอง 3
29	sub3_km	integer			กม.สายทางรอง 3
30	sub3_surface	character varying (50)			ลักษณะผิวทาง สายทางรอง 3
31	sub3_width	double precision			ความกว้างผิวทาง สายทางรอง 3
32	sub3_shoulder_width	double precision			ความกว้างไหล่ทาง สายทางรอง 3
33	sub3_row	character varying (20)			ความกว้างเขตทาง สายทางรอง 3
34	traffic_control	character varying (20)			การควบคุมจราจร
35	traffic_light	character varying (20)			สัญญาณไฟจราจร
36	flash_light	character varying (20)			สัญญาณไฟกระพริบ
37	traffic_sign	character varying (20)			ป้ายจราจร
38	light_control	character varying (20)			ระบบไฟฟ้า
39	street_light	character varying (20)			ไฟตามมาตรฐานกรมทางหลวง
40	light_flu	character varying (20)			ไฟฟลูออเรสเซน 220 โวลต์
41	light_hm	character varying (20)			High Mast
42	light_other	character varying (20)			ไฟฟ้าอื่น ๆ
43	remark	character varying (255)			หมายเหตุ
44	update_date	timestamp without time zone	Y		วันที่แก้ไขข้อมูล
45	status	Character (1)	Y		สถานะของข้อมูล I: inactive, A: active
46	the_geom	geometry			geometry point

2.3 Data Dictionary ข้อมูลจากระบบ RAMS

ตารางที่ ข-11 พจนานุกรมฐานข้อมูลทางเชื่อม

Table Name: access_point
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลทางเชื่อม
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	id	integer	Y	PK, FK8	คีย์หลักของ access_point
2	section_id	integer	Y	FK4	อ้างอิงตาราง section
3	km	integer	Y		ตำแหน่ง กม.
4	ref_access_material_id	integer	Y	FK9	ชนิดผิวทางเชื่อม 1 = คอนกรีต 2 = ลาดยาง 3 = ลูกรัง/หินคลุก
5	ref_access_type_id	integer	Y	FK10	ประเภททางเชื่อม 1 = บ้านพักอาศัย 2 = อาคารพาณิชย์ 3 = สถานีบริการน้ำมัน 4 = ถนนท้องถิ่น สาธารณประโยชน์ 5 = สถานที่ราชการ 6 = ที่ดินว่างเปล่า 7 = อื่น ๆ
6	ref_access_position_id	integer	Y	FK11	ตำแหน่งทางเชื่อม 1 = ซ้ายทาง 2 = ขวาทาง
7	distance	double precision	Y		ความยาว (ม.)
8	width	double precision			ความกว้าง (ม.)
9	area	double precision			พื้นที่ (ตร.ม)
10	permitted_date	date	Y		วันที่ได้รับอนุญาต
11	remark	character varying (255)			หมายเหตุ
12	updated_by	integer	Y		uid ของผู้แก้ไขข้อมูล

ตารางที่ ข-11 พจนานุกรมฐานข้อมูลทางเชื่อม (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
13	updated_date	timestamp without time zone	Y		วันที่แก้ไขข้อมูล
14	status	character (1)	Y		สถานะของข้อมูล I: inactive, A: active
15	the_geom	geometry			geometry point
16	ref_access_permit_id	integer	Y	FK12	การขออนุญาตทางเชื่อม 1 = ดำเนินการแล้ว 2 = ยังไม่ได้ดำเนินการ
17	ref_condition_id	integer	Y	FK13	สภาพทรัพย์สิน 1 = ดี 2 = พอใช้ 3 = ชำรุด 4 = ให้หน่วยงานอื่นดูแล 5 = ยกเลิก/รื้อถอน/ยังไม่เปิดให้บริการ
18	ref_approved_status_id	integer	Y	FK14	สถานะแก้ไข 1 = ร่าง 2 = รอตรวจสอบ 3 = ตรวจสอบแล้ว 4 = แจ้งแก้ไข
19	approved_message	text			แจ้งกลับแก้ไข
20	approved_at	timestamp without time zone			วันที่ตรวจสอบ
21	approved_by	integer			uid ของผู้ตรวจสอบ
22	ref_access_entrance_id	integer	Y	FK15	ทางเข้าออกทางเชื่อม 1 = เข้าออกทางเดียว 2 = ทางเข้า 3 = ทางออก

2.4 Data Dictionary ข้อมูลจากระบบ Roadnet

ตารางที่ ข-12 พจนานุกรมฐานข้อมูลบัญชีผิวทางหลวง

Table Name: subsection

Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลบัญชีผิวทางหลวง

Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	subsection_id	integer			รหัสบัญชีผิวทางหลวง
2	section_id	integer			รหัสตอนควบคุม
3	km_start	integer			กม.เริ่มต้น
4	km_end	integer			กม.สิ้นสุด
5	length	double precision			ความยาว
6	length_to2	double precision			ความยาวต่อ 2 ช่องจราจร
7	lane_count	integer			จำนวนช่องจราจร
8	lane_count_left	integer			จำนวนช่องจราจรซ้ายทาง
9	lane_count_right	integer			จำนวนช่องจราจรขวาทาง
10	class_id	integer			ภาระกิจ อ้างอิงจากตาราง ref_class
11	type_id	integer			ประเภททาง อ้างอิงจากตาราง ref_type
12	grade	character varying(2)			มาตรฐานชั้นทาง
13	pave_width	double precision			ความกว้างผิวทาง
14	shoulder_width	double precision			ความกว้างไหล่ทาง
15	row_width	numeric(8,2)			ความกว้างเขตทาง
16	divide_road	boolean			ฉนวนกั้นกลาง (True = มี, False = ไม่มี)
17	divide_width	numeric(8,2)			ความกว้างฉนวนกั้นกลาง
18	equation	character varying(255)			ความคาดเคลื่อนของระยะทาง
19	province_code	character varying(2)			รหัสจังหวัด
20	remark	text			หมายเหตุ
21	status	character varying			สถานะ (A = Active, I = Inactive)
22	revision	integer			ลำดับการแก้ไข
23	the_geom	geometry			ตำแหน่งตอนย่อย (Line)
24	gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
25	amphoe_code	character varying(4)			รหัสอำเภอ
26	tambon_code	character varying(6)			รหัสตำบล
27	shoulder_id	integer			ไหล่ทาง

ตารางที่ ข-12 พจนานุกรมฐานข้อมูลบัญชีผิวทางหลวง (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
28	character_id	integer			ลักษณะทาง อ้างอิงจากตาราง ref_character
29	shoulder_width_left	double precision			ความกว้างไหล่ทางด้านซ้าย
30	shoulder_width_right	double precision			ความกว้างไหล่ทางด้านขวา
31	row_width_left	numeric(8,2)			ความกว้าง เขตทาง ฝั่งซ้าย
32	row_width_right	numeric(8,2)			ความกว้าง เขตทาง ฝั่งขวา
33	divide_id	integer			ประเภทฉนวนกั้นกลาง 1 = เกาะกลางแบบสี 2 = เกาะกลางแบบดินถมยกขึ้น 3 = เกาะกลางแบบร่อง 4 = อุปกรณ์กั้นกลางถนน (แบริเออร์) 5 = อุปกรณ์กั้นกลางถนน (การ์ดเรล) 6 = ไม่มีเกาะกลาง
34	approved	boolean			ได้รับอนุมัติ (True = Yes, Fault = No)

2.5 Data Dictionary ข้อมูล Web Service จาก Highway Traffic

ตารางที่ ข-13 พจนานุกรมฐานข้อมูลปริมาณจราจรรายชั่วโมง

Table Name: tims_ws_hourly_traffic
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรรายชั่วโมง
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	ht_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	site_code	character varying(20)			ชื่อจุดสำรวจ
3	direction	character varying(10)			ทิศทาง (IN = ขาข้า, OUT = ขาออก)
4	fromdate	date			วันที่สำรวจ
5	t_hour	integer			ช่วงเวลา
6	n_vehicles1	integer			ปริมาณจราจรรถจักรยาน 2 ล้อ
7	n_vehicles2	integer			ปริมาณจราจรรถยนต์ 4 ล้อ
8	n_vehicles3	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุก 6 ล้อ
9	n_vehicles4	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุก 10 ล้อ
10	n_vehicles5	integer			ปริมาณจราจรรถพ่วงหรือรถโดยสารขนาดใหญ่
11	error_null	character(1)			ข้อมูลเป็น NULL (Y = Yes, N = No)
12	speed	integer			ความเร็ว
13	occupancy	double precision			การครอบครองผิวจราจร

ตารางที่ ข-14 พจนานุกรมฐานข้อมูลปริมาณจราจรราย 15 นาที

Table Name: tims_ws_15minute_traffic

Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรราย 15 นาที

Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	ht_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	site_code	character varying(20)			ชื่อจุดสำรวจ
3	direction	character varying(10)			ทิศทาง (IN = ขาข้า, OUT = ขาออก)
4	fromdate	date			วันที่สำรวจ
5	t_hour	integer			ช่วงเวลาเป็นชั่วโมง
6	t_min	integer			ช่วงเวลาเป็นนาที
7	n_vehicles1	integer			ปริมาณจราจรรถจักรยาน 2 ล้อ
8	n_vehicles2	integer			ปริมาณจราจรรถยนต์ 4 ล้อ
9	n_vehicles3	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุก 6 ล้อ
10	n_vehicles4	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุก 10 ล้อ
11	n_vehicles5	integer			ปริมาณจราจรรถพ่วงหรือรถโดยสารขนาดใหญ่
12	error_null	character(1)			ข้อมูลเป็น NULL (Y = Yes, N = No)
13	speed	integer			ความเร็ว
14	occupancy	double precision			การครอบครองผิวจราจร

ตารางที่ ข-15 พจนานุกรมฐานข้อมูลสถานะปริมาณจราจร

Table Name: tims_ws_status_traffic

Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลเสถานะปริมาณจราจร

Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	ht_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	site_code	character varying(20)			ชื่อจุดสำรวจ
3	direction	character varying(10)			ทิศทาง (IN = ขาข้า, OUT = ขาออก)
4	pahse	character varying(10)			เฟส
5	fromdate	integer			วันที่สำรวจ
6	time	float			เวลา (นาที)
7	status	character			สถานะ

2.6 Data Dictionary ระบบ TIMS

ตารางที่ ข-16 พจนานุกรมฐานข้อมูล AADT รายจุด

Table Name: tims_aadt_station
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูล AADT รายจุด
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	aadt_station_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	station_id	integer			เลขจุดสำรวจ
3	station_gid	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง tims_station
4	year	integer			ปี
5	aadt_value	integer			ค่าปริมาณจราจร
6	route	character varying(4)			หมายเลขทางหลวง
7	control	character varying(4)			ตอนควบคุม
8	section_id	integer			รหัสตอนควบคุม
9	section_revision	integer			ลำดับแสดงการแก้ไขข้อมูล
10	aadt_truck	integer			ค่าปริมาณจราจร (เฉพาะรถบรรทุก)
11	missing_type	character varying(10)			ประเภทสายทางที่ไม่ทราบปริมาณจราจร
12	vc	numeric(10,2)			ค่า V/C
13	district	character(3)			รหัสแขวงทางหลวง
14	subsection_gid	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง subsection
15	province_code	character varying(2)			รหัสจังหวัด
16	pave_width	double precision			ความกว้างผิวทาง
17	shoulder_width	double precision			ความกว้างไหล่ทาง
18	lane_count	integer			จำนวนช่องจราจร
19	length	double precision			ระยะทาง
20	vc_adjusted	boolean			ค่า V/C ปรับเปลี่ยน
21	section_gid	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง section

ตารางที่ ข-17 พจนานุกรมฐานข้อมูล AADT แยกตามประเภทรายจุดสำรวจ

Table Name:	tims_aadt_station_type				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูล AADT แยกตามประเภทรายจุดสำรวจ				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			**Last Update**: 10 ม.ค. 2568		
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	aadt_station_type_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	aadt_station_id	integer			เลขจุดสำรวจ
3	veh_cat	integer			ประเภทยานพาหนะ อ้างอิงตาราง tims_vehicle_category
4	type_aadt	integer			AADT แยกตามประเภทรายจุดสำรวจ
5	type_aadt_adjusted	integer			AADT ที่ปรับแก้แยกตามประเภทรายจุดสำรวจ

ตารางที่ ข-18 พจนานุกรมฐานข้อมูลการคำนวณ EF

Table Name:	tims_addon_formula_ef				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลการคำนวณ EF				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			**Last Update**: 10 ม.ค. 2568		
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	addon_formula_ef_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	year	integer			ปี
3	bound	integer			ทิศทาง (1 = ขาเข้า, 2 = ขาออก)
4	formula_type	integer			สูตรที่ใช้ในการคำนวณ ef
5	a	double precision			ค่าคงที่ a
6	b	double precision			ค่าคงที่ b
7	c	double precision			ค่าคงที่ c
8	station_use_cal	integer			จำนวนวันที่ใช้คัดเลือกข้อมูล
9	limit_date	integer			จำนวนข้อมูลใช้คำนวณ
10	status	character varying(1)			สถานะ (A = สมการที่เลือกโดยผู้ใช้งาน, P = สมการที่เลือกด้วย python)

ตารางที่ ข-19 พจนานุกรมฐานข้อมูลรายละเอียดการกำหนดค่าต่าง ๆ ในระบบ

Table Name: tims_config

Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดการกำหนดค่าต่างๆ ในระบบ

Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	config_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	config_detail	character varying(255)			รายละเอียดการกำหนดค่า
3	config_value	double precision			ค่า / ปีที่ทำการบันทึก
4	updated_date	date			วันที่แก้ไขข้อมูล
5	updated_by	integer			id ผู้ที่แก้ไข
6	weight	integer			ค่าน้ำหนัก
7	remark	text			หมายเหตุ
8	timestamp	integer			timestamp

ตารางที่ ข-20 พจนานุกรมฐานข้อมูลปริมาณจราจรจากการสำรวจ

Table Name:	tims_count				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรจากการสำรวจ				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			**Last Update**: 10 ม.ค. 2568		
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	count_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	schedule_gid	integer			รหัสหลักของตาราง
3	period	integer		FK	ช่วงเวลา อ้างอิงจากตาราง tims_period_info
4	count_bound	integer			ทิศทาง อ้างอิงจากตาราง tims_bound_info
5	veh_cat	integer		FK	ประเภทรถ อ้างอิงจากตาราง tims_vehicle_category
6	survey_count	integer			ค่าสำรวจ

ตารางที่ ข-21 พจนานุกรมฐานข้อมูลความหนาแน่นโดยผู้ใช้งาน

Table Name:	tims_density_by_user (ใหม่)				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลความหนาแน่นโดยผู้ใช้งาน				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			**Last Update**: 10 ม.ค. 2568		
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	station_id	integer	Y		หมายเลขจุดสำรวจ
2	year	integer	Y		ปี
3	median	boolean			เกาะกลางถนน (True = มี, False = ไม่มี)
4	pave_width	double precision			ความกว้างทางเท้า
5	shoulder_width	double precision			ความกว้างไหล่ทาง
6	access_point	integer			จำนวนทางเชื่อม
7	bffs	integer			ค่าความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางในสภาพพื้นฐาน (กม./ชม.)
8	f_lw	double precision			ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความกว้างช่องจราจร (กม./ชม.)
9	f_lc	double precision			ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความกว้างไหล่ทางรวม 2 ฝั่ง (กม./ชม.)
10	f_m	double precision			ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากประเภทเกาะกลาง (กม./ชม.)

ตารางที่ ข-21 พจนานุกรมฐานข้อมูลความหนาแน่นโดยผู้ใช้งาน (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
11	f_apd	double precision			ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน
12	v	integer			ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (pcu/วัน)
13	hourly_traffic	integer			ช่วงเวลาเป็นชั่วโมง
14	15_minute_traffic	integer			ช่วงเวลาเป็นนาที
15	d	double precision			สัดส่วนการกระจายของการจราจร (สัดส่วนในแต่ละทิศทาง)
16	k	double precision			สัดส่วนการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน
17	n	integer			จำนวนช่องจราจร
18	phf	double precision			ค่าตัวประกอบในชั่วโมงเร่งด่วน
19	flow	double precision			อัตราการไหลสูงสุดเฉลี่ยต่อช่องจราจร (pcu/ชม./ช่องจราจร)
20	c	integer			ค่าความจุ
21	vc	double precision			ค่าดัชนีการจราจรติดขัด
22	ats	integer			ความเร็วความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง-ขาออก (กม./ชม.)
23	density	double precision			ความหนาแน่น
24	los	character varying(1)			การประเมินระดับการให้บริการ (Level of Service)
25	density_avg	double precision			ความหนาแน่นเฉลี่ย
26	access_position	character varying(1)			ค่า access_position
27	ffs	double precision			ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางในสภาพพื้นฐาน
28	province_code	character varying(2)			รหัสจังหวัด
29	province_name	character varying(255)			ชื่อจังหวัด
30	direction	character varying(4)	Y		ทิศทาง

ตารางที่ ข-22 พจนานุกรมฐานข้อมูล EF

Table Name: tims_ef **Description:** ตารางจัดเก็บข้อมูล EF **Author** : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568					
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	ef_gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	established_date	date			วันที่ข้อมูลถูกสร้าง
3	efin	double precision			EF ขาเข้า
4	efout	double precision			EF ขาออก
5	station_gid	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง tims_station
6	station_id	integer			เลขจุดสำรวจ

ตารางที่ ข-23 พจนานุกรมฐานการบันทึกข้อมูล EF function

Table Name: tims_ef **Description:** ตารางจัดเก็บการบันทึกข้อมูล EF function **Author** : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568					
#	**Name**	**Type**	**Not Nul**	**Constraint**	**Comment**
1	ef_applied_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	year	integer			ปี
3	bound	integer			ทิศทาง (1 = ขาเข้า, 2 = ขาออก)
4	formula_type	integer			สูตร
5	a	double precision			ค่าคงที่ a
6	b	double precision			ค่าคงที่ b
7	c	double precision			ค่าคงที่ c
8	reporter_uid	integer			id ผู้ใช้งาน
9	rsquare	double precision			ค่าคงที่ rsquare
10	status	character varying(1)			สถานะ (A = สมการที่เลือกโดยผู้ใช้งาน , P = สมการที่เลือกด้วย python)
11	f_test	double precision			id ผู้ใช้งาน
12	z_test_1	double precision			ค่า Z-test-1
13	z_test_2	double precision			ค่าคงที่ Z_test_2
14	z_test_e1	double precision			ค่าคงที่ Z_test_e1
15	z_test_e2	double precision			ค่าคงที่ Z_test_e2

ตารางที่ ข-23 พจนานุกรมฐานการบันทึกข้อมูล EF function (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
16	station_use_cal	integer			จำนวนวันที่ใช้คัดเลือกข้อมูล
17	limit_date	integer			จำนวนข้อมูลใช้คำนวณ

ตารางที่ ข-24 พจนานุกรมฐานข้อมูลการบันทึกประวัติการอัปเดตข้อมูล EF

Table Name: tims_ef_log
Description: ตารางจัดเก็บการบันทึกประวัติการอัปเดตข้อมูล EF
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	ef_log_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	year	integer			ปี
3	updated_date	date			วันที่อัปเดตข้อมูล
4	updated_by	integer			id ผู้ที่อัปเดตข้อมูล

ตารางที่ ข-25 พจนานุกรมฐานข้อมูล EF ของจุดสำรวจอัตโนมัติและจุดสำรวจแบบแจงนับ

Table Name: tims_ef_match_station
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูล EF ของจุดสำรวจอัตโนมัติและจุดสำรวจแบบแจงนับ
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	year	integer			ปี
2	direction	character varying(10)			ทิศทาง (IN = ขาเข้า, OUT = ขาออก)
3	a_station_id	integer			เลขจุดสำรวจอัตโนมัติ
4	a_route	character varying(4)			หมายเลขทางหลวงจุดสำรวจอัตโนมัติ
5	a_control	character varying(4)			ตอนควบคุมจุดสำรวจอัตโนมัติ
6	a_station_type	character varying(2)			ประเภทจุดสำรวจ
7	a_ef	double precision			ค่า ef จุดสำรวจอัตโนมัติ
8	m_station_id	integer			เลขจุดสำรวจแบบคนแจงนับ
9	m_route	character varying(4)			หมายเลขทางหลวงจุดสำรวจแบบคนแจงนับ
10	m_control	character varying(4)			ตอนควบคุมจุดสำรวจแบบคนแจงนับ

ตารางที่ ข-25 พจนานุกรมฐานข้อมูล EF ของจุดสำรวจอัตโนมัติและจุดสำรวจแบบแจงนับ (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
11	m_station_type	character varying(2)			ประเภทจุดสำรวจของจุดสำรวจแบบคนแจงนับ
12	ef_manual	double precision			ค่า ef จุดสำรวจแบบคนแจงนับ
13	length	double precision			ระยะห่างระหว่างจุดสำรวจอัตโนมัติและจุดสำรวจแบบคนแจงนับ
14	days	integer			จำนวนวันที่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-26 พจนานุกรมฐานข้อมูลการประมวลผล

Table Name: tims_ml (ใหม่)
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลการประมวลผล
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	ml_id	integer			รหัสการประมวลผล
3	on_route	boolean			อยู่บนสายทาง (True = Yes, False = No)
4	division_code	character varying(3)			รหัสสำนักงานทางหลวง
5	district_code	character varying(3)			รหัสแขวงทางหลวง
6	depot_code	character varying(5)			รหัสหมวดทางหลวง
7	direction	character varying(4)			ทิศทาง INM = IN MAIN = ขาเข้าทางหลัก OUTM = OUT MAIN = ขาออกทางหลัก INP = IN PARALLEL = ขาเข้าทางขนาน OUTP = PARALLEL = ขาออกทางขนาน
8	survey_date	date			วันที่สำรวจ
9	route	character varying(4)			หมายเลขทางหลวง
10	control	character varying(4)			ตอนควบคุม
11	km_begin	integer			กม.เริ่มต้น
12	km_end	integer			กม.สิ้นสุด
13	survey_km	integer			กม.ที่สำรวจ
14	subsection_gid	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง subsection
15	lat	double precision			ละติจูด
16	lon	double precision			ลองจิจูด

ตารางที่ ข-26 พจนานุกรมฐานข้อมูลการประมวลผล (ต่อ)

Table Name: tims_ml (ใหม่)
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลการประมวลผล
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
17	remark	text			หมายเหตุ
18	owner_uid	integer			uid ของผู้ใช้งานที่ทำการสร้างจุดสำรวจ
19	pic_width	integer			ความกว้างภาพ
20	pic_height	integer			ความสูงภาพ
21	roi_lt_x	double precision			ค่า x ของ roi มุมบนซ้าย
22	roi_lt_y	double precision			ค่า y ของ roi มุมบนซ้าย
23	roi_lb_x	double precision			ค่า x ของ roi มุมล่างซ้าย
24	roi_lb_y	double precision			ค่า y ของ roi มุมล่างซ้าย
25	roi_rt_x	double precision			ค่า x ของ roi มุมบนขวา
26	roi_rt_y	double precision			ค่า y ของ roi มุมบนขวา
27	roi_rb_x	double precision			ค่า x ของ roi มุมล่างขวา
28	roi_rb_y	double precision			ค่า y ของ roi มุมล่างขวา
29	formula_id	integer			id สูตรที่ใช้คูณขยาย
30	work_id	character varying(255)			id ของจุดสำรวจใหม่ที่เพิ่มในหน้าประมวลผล
31	revision	integer			ลำดับการแก้ไขข้อมูล
32	updated	timestamp without time zone			วันที่แก้ไขข้อมูล
33	status	character varying(1)			สถานะ (S = ประมวลผลสำเร็จ, P = กำลังประมวลผล, N = จุดสำรวจใหม่, I = ยกเลิก)
34	the_geom	geometry			ตำแหน่งจุดสำรวจ (Point)
35	created	timestamp without time zone			วันที่สร้างจุดสำรวจ
36	latest	boolean			ล่าสุด (True = Yes, False = No)
37	error_message	text			ข้อผิดพลาด

ตารางที่ ข-27 พจนานุกรมฐานข้อมูลปริมาณจราจรที่ได้จากการประมวลผล Machine Learning

Table Name: tims_ml_count (ใหม่)
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจรที่ได้จากการประมวลผล Machine Learning
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	id	integer	Y		คีย์หลัก
2	ml_id	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง tims_ml
3	period	integer			ช่วงเวลา อ้างอิงจากตาราง tims_period_info
4	duration	double precision			ระยะเวลา (นาที)
5	type1	integer			ปริมาณจราจรรถจักรยาน 2 ล้อ และรถจักรยาน 3 ล้อ
6	type2	integer			ปริมาณจราจรรถสามล้อเครื่อง และรถจักรยานยนต์
7	type3	integer			ปริมาณจราจรรถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน)
8	type4	integer			ปริมาณจราจรรถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน)
9	type5	integer			ปริมาณจราจรรถโดยสารขนาดเล็ก
10	type6	integer			ปริมาณจราจรรถโดยสารขนาดกลาง
11	type7	integer			ปริมาณจราจรรถโดยสารขนาดใหญ่
12	type8	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุก (4 ล้อ)
13	type9	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุก (6 ล้อ)
14	type10	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุก (10 ล้อ)
15	type11	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)
16	type12	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)
17	type13	integer			ปริมาณจราจรรถเครื่องจักร และรถดัดแปลง
18	type14	integer			ปริมาณคนเดินเท้า

ตารางที่ ข-28 พจนานุกรมฐานข้อมูลการบันทึกการประมวลผล

Table Name:	tims_ml_log (ใหม่)				
Description:	ตารางจัดเก็บการบันทึกการประมวลผล				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย				**Last Update**: 10 ม.ค. 2568	
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	ml_id	integer		FK	รหัสเชื่อมคีย์หลักตาราง tims_ml
3	schedule_gid	integer		FK	รหัสเชื่อมคีย์หลักตาราง tims_schedule
4	full_table	boolean			ประมวลผลด้วยข้อมูลทั้งหมดของปริมาณจราจรจากการประมวลผลด้วย AI
5	period	integer			ช่วงเวลา อ้างอิงจากตาราง tims_period_info
6	formula_id	integer		FK	รหัสเชื่อมคีย์หลักตาราง tims_ml_formular
7	used	timestamp without time zone			เวลานำเข้าข้อมูล

ตารางที่ ข-29 พจนานุกรมฐานข้อมูลผลลัพธ์ปริมาณจราจรที่ได้จากการประมวลผล Machine Learning

Table Name:	tims_ml_result (ใหม่)				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลผลลัพธ์ปริมาณจราจรที่ได้จากการประมวลผล Machine Learning				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย				**Last Update**: 10 ม.ค. 2568	
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	ml_id	integer		FK	รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง tims_ml
3	period	integer			ช่วงเวลา
4	type1	integer			ปริมาณจราจรรถจักรยาน 2 ล้อ และรถจักรยาน 3 ล้อ
5	type2	integer			ปริมาณจราจรรถสามล้อเครื่อง และรถจักรยานยนต์
6	type3	integer			ปริมาณจราจรรถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน)
7	type4	integer			ปริมาณจราจรรถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน)
8	type5	integer			ปริมาณจราจรรถโดยสารขนาดเล็ก
9	type6	integer			ปริมาณจราจรรถโดยสารขนาดกลาง

ตารางที่ ข-29 พจนานุกรมฐานข้อมูลผลลัพธ์ปริมาณจราจรที่ได้จากการประมวลผล Machine Learning (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
10	type7	integer			ปริมาณจราจรรถโดยสารขนาดใหญ่
11	type8	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุก (4 ล้อ)
12	type9	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุก (6 ล้อ)
13	type10	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุก (10 ล้อ)
14	type11	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)
15	type12	integer			ปริมาณจราจรรถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)
16	type13	integer			ปริมาณจราจรรถเครื่องจักร และรถดัดแปลง

ตารางที่ ข-30 พจนานุกรมฐานข้อมูลสูตรคูณขยาย

Table Name: tims_ml_formula (ใหม่)
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลสูตรคูณขยาย
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	formular_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	name	character varying(255)			สูตรคูณขยาย
3	status	character(1)			สถานะ

ตารางที่ ข-31 พจนานุกรมฐานข้อมูลไฟล์วิดีโอ

Table Name: tims_ml_uploadfile (ใหม่)
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลไฟล์วิดีโอ
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	ml_id	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง tims_ml
3	filepath	character varying(255)			path ไฟล์วิดีโอ
4	time_begin	character varying(6)			เวลาเริ่มต้น
5	time_end	character varying(6)			เวลาสิ้นสุด
6	filename	character varying(255)			ชื่อไฟล์วิดีโอ

ตารางที่ ข-32 พจนานุกรมฐานข้อมูลค่า PEAK

Table Name:	tims_peak_correlation				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลค่า PEAK				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			**Last Update**: 10 ม.ค. 2568		
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	year	integer			ปี
2	city	character(1)			เมือง (Y = Yes, N = No)
3	t_hour	integer			ช่วงเวลา อ้างอิงจากตาราง tims_period_info
4	r	double precision			ค่า r

ตารางที่ ข-33 พจนานุกรมฐานข้อมูล function ที่ใช้ในการคำนวณ peak

Table Name:	tims_peak_function				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูล function ที่ใช้ในการคำนวณ peak				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			**Last Update**: 10 ม.ค. 2568		
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	ef_applied_id	integer	Y		คีย์หลัก
2	year	integer			ปี
3	city	character(1)			เมือง (Y = Yes, N = No)
4	time	character(1)			ช่วงเวลา (M = Morning, E = Evening)
5	formula_type	integer			สูตรที่ใช้คำนวณค่า peak
6	n	integer			จำนวนจุดสำรวจ
7	a	character varying			ค่า a
8	a_ttest	character varying			ค่า ta
9	a_pvalue	character varying			ค่า p-value ของ a
10	b	character varying			ค่า b
11	b_ttest	character varying			ค่า tb
12	b_pvalue	character varying			ค่า p-value ของ b
13	c	character varying			ค่า c
14	c_ttest	character varying			ค่า tc
15	c_pvalue	character varying			ค่า p-value ของ c
16	ftest	character varying			ค่า F-test
17	pvalue	character varying			ค่า p-value ของ F-test
18	reporter_uid	integer			id ผู้ใช้งาน

ตารางที่ ข-33 พจนานุกรมฐานข้อมูล function ที่ใช้ในการคำนวณ peak (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
19	rsquare	double precision			ค่า R Square
20	ztest	double precision			ค่า Z-test
21	zstatus	character(6)			สถานะการทดสอบสมมติฐาน (Accept = ยอมรับ, Reject = ปฏิเสธ)
22	status	character(1)			สถานะ (A = สมการที่เลือกโดยผู้ใช้งาน, P = สมการที่เลือกด้วย python)

ตารางที่ ข-34 พจนานุกรมฐานข้อมูลอ้างอิงช่วงเวลาที่สำรวจ

Table Name: tims_peak_info
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลอ้างอิงช่วงเวลาที่สำรวจ
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	period_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	period_info	character varying(20)			ช่วงเวลา
3	survey	boolean			สถานะสำรวจ (True = สำรวจ, False = ไม่สำรวจ)

ตารางที่ ข-35 พจนานุกรมฐานข้อมูลสถานะการเผยแพร่ข้อมูล

Table Name: tims_publish
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลสถานะการเผยแพร่ข้อมูล
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	year	integer	Y	PK	ปีที่เผยแพร่
2	aadt_publish	integer			1 เผยแพร่, 0 ยังไม่เผยแพร่
3	aadt_by	integer			uid ที่เผยแพร่/ยกเลิก
4	aadt_date	date			วันที่เผยแพร่/ยกเลิก
5	vc_publish	integer			1 เผยแพร่, 0 ยังไม่เผยแพร่
6	vc_by	integer			uid ที่เผยแพร่/ยกเลิก
7	vc_date	date			วันที่เผยแพร่/ยกเลิก
8	vk_publish	integer			1 เผยแพร่, 0 ยังไม่เผยแพร่

ตารางที่ ข-35 พจนานุกรมฐานข้อมูลสถานะการเผยแพร่ข้อมูล (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
9	vk_by	integer			uid ที่เผยแพร่/ยกเลิก
10	vk_date	date			วันที่เผยแพร่/ยกเลิก

ตารางที่ ข-36 พจนานุกรมฐานข้อมูลหมวดทางหลวง

Table Name: tims_ref_depot
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลหมวดทางหลวง
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	depot_code	character(5)	Y		รหัสหมวดทางหลวง
3	name	character varying(255)			ชื่อหมวดทางหลวงภาษาไทย
4	name_en	character varying(255)			ชื่อหมวดทางหลวงภาษาอังกฤษ
5	district_code	character(3)			รหัสแขวงทางหลวง เชื่อม district_code ตาราง tims_ref_district
6	the_geom	geometry			พิกัดหมวดทางหลวง (Point)
7	status	boolean			สถานะ (TRUE = Active, FALSE = Inactive)
8	year	integer	Y		ปี

ตารางที่ ข-37 พจนานุกรมฐานข้อมูลแขวงทางหลวง

Table Name: tims_ref_district
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลแขวงทางหลวง
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	district_code	character(3)	Y		รหัสแขวงทางหลวง
3	name	character varying(255)			ชื่อแขวงทางหลวง
4	name_en	character varying(255)			ชื่อแขวงทางหลวง ภาษาอังกฤษ
5	division_code	character(3)			รหัสสำนักทางหลวง เชื่อม division_code ตาราง tims_ref_division
6	the_geom	geometry			พิกัดภูมิศาสตร์

ตารางที่ ข-37 พจนานุกรมฐานข้อมูลแขวงทางหลวง (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
7	status	boolean			สถานะ (TRUE = Active, FALSE = Inactive)
8	year	integer			ปี

ตารางที่ ข-38 พจนานุกรมฐานข้อมูลสำนักงานทางหลวง

Table Name: tims_ref_division
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลสำนักงานทางหลวง
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	division_code	character(3)	Y		รหัสสำนักงานทางหลวง
3	name	character varying(255)			ชื่อสำนักงานทางหลวง
4	name_en	character varying(255)			ชื่อสำนักงานทางหลวงภาษาอังกฤษ
5	division	integer			รหัสสำนักงานทางหลวง
6	region	integer			รหัสภาค
7	the_geom	geometry			พิกัด
8	status	boolean			สถานะ (TRUE = Active, FALSE = Inactive)
9	year	integer			ปี

ตารางที่ ข-39 พจนานุกรมฐานข้อมูลการสำรวจ

Table Name: tims_schedule
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลการสำรวจ
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	schedule_gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	schedule_id	integer			รหัสการสำรวจ
3	year_survey	integer			ปีสำรวจ
4	period_survey	character(1)			งวดสำรวจ
5	survey_date	date			วันที่สำรวจ
6	create_date	date			วันที่สร้างข้อมูล
7	update_date	date			วันที่แก้ไขข้อมูล

ตารางที่ ข-39 พจนานุกรมฐานข้อมูลการสำรวจ (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
8	uid	integer			รหัสผู้แก้ไขข้อมูล
9	revision	integer			ลำดับแสดงการแก้ไขข้อมูล
10	status	character(1)			สถานะ (N = new, D = draft, S = submit, R = reject, A = approve, C = cancel, V = revision)
11	remark	text			หมายเหตุ
12	sp_id	integer		FK	รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง tims_survey_period
13	station_gid	integer		FK	รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง tims_station
14	station_id	integer			เลขจุดสำรวจ
15	user_remark	text			หมายเหตุที่กรอกโดยแขวง
16	remark_level	integer			ระดับความสำคัญของหมายเหตุ
17	rejected_flag	boolean			สถานะ rejected (True = Yes, False = No)

ตารางที่ ข-40 พจนานุกรมฐานข้อมูลจุดสำรวจ

Table Name: tims_station
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลจุดสำรวจ
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	station_gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	station_id	integer			เลขจุดสำรวจ
3	station_code	character varying(20)			รหัสจุดสำรวจ
4	station_type	character varying(2)			ประเภทจุดสำรวจ
5	location	integer			กม. จุดสำรวจ
6	km_begin	integer			กม. เริ่มต้น
7	km_end	integer			กม. สิ้นสุด
8	established_date	date			วันที่ข้อมูลถูกสร้าง
9	admit_date	date			วันที่อนุมัติข้อมูล
10	retire_date	date			วันที่ยกเลิกข้อมูล
11	status	character(1)			สถานะข้อมูล
12	revision	integer			ลำดับการแก้ไขข้อมูล
13	remark	text			หมายเหตุ

ตารางที่ ข-40 พจนานุกรมฐานข้อมูลจุดสำรวจ (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
14	the_geom	geometry			พิกัดจุดสำรวจ
15	update_by	integer			ผู้แก้ไขข้อมูล
16	update_date	date			วันที่แก้ไขข้อมูล
17	need_update	boolean			ข้อมูลสายทางมีความผิดพลาด ต้องแก้ไขในหน้า station
18	incity	character(1)			อยู่ใน/นอกเขตเมือง
19	year	integer			ปี
20	thelast	character(1)			เป็นข้อมูลที่แก้ไขล่าสุดของปี
21	province_code	character varying(2)			รหัสจังหวัด
22	lane_count	integer			จำนวนช่องจราจร
23	subsection_gid	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง subsection
24	section_gid	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง section
25	route	character varying(4)			หมายเลขทางหลวง
26	control	character varying(4)			ตอนควบคุม

ตารางที่ ข-41 พจนานุกรมฐานข้อมูลสายทางที่ปรับแก้โดยผู้ใช้

Table Name: tims_subdata_by_user
Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลสายทางที่ปรับแก้โดยผู้ใช้
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	station_id	integer	Y	PK	หมายเลขจุดสำรวจ
2	year	integer	Y	PK	ปี
3	length	numeric(8,3)			ความยาว
4	lane_count	integer			จำนวนช่องจราจร
5	pave_width	numeric(5,2)			ความกว้าง
6	shoulder_width	numeric(5,2)			ความกว้างไหล่ทาง
7	province_code	character varying(2)			รหัสจังหวัด
8	province_name	character varying(255)			ชื่อจังหวัดภาษาไทย

ตารางที่ ข-42 พจนานุกรมฐานข้อมูลผลสำรวจ

Table Name:	tims_summary				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลผลสำรวจ				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย				**Last Update**: 10 ม.ค. 2568	
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	result_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	bound	integer			ทิศทาง (1 = ขาเข้า, 2 = ขาออก)
3	year	integer			ปี
4	aadt	integer			ค่าปริมาณจราจร
5	adjust	integer			ค่าปรับเปลี่ยน (%)
6	aadt_adjusted	integer			ค่าปริมาณจราจรที่ปรับเปลี่ยนแล้ว
7	growth_rate	double precision			ค่า Growth Rate
8	aadt_id	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง tims_aadt_station
9	station_gid	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง tims_station
10	station_id	integer			เลขจุดสำรวจ
11	adjust_by_type	boolean			มี/ไม่มีการแก้ไขข้อมูลแบบแยกประเภท

ตารางที่ ข-43 พจนานุกรมฐานข้อมูลผลสำรวจที่ปรับเปลี่ยน

Table Name:	tims_summary_adjust				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลผลสำรวจที่ปรับเปลี่ยน				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย				**Last Update**: 10 ม.ค. 2568	
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	sd_idpk	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	result_id	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง tims_summary
3	year	integer			ปี
4	bound	integer			ทิศทาง (1 = ขาเข้า, 2 = ขาออก)
5	station_id	integer			เลขจุดสำรวจ
6	station_gid	integer			รหัสที่ใช้เชื่อมคีย์หลักตาราง tims_station
7	veh_cat	integer			ประเภทยานพาหนะ
8	type_aadt	integer			ค่า AADT
9	adjust	integer			ค่าปรับเปลี่ยน (%)
10	type_aadt_adjusted	integer			ค่า AADT ที่ปรับเปลี่ยนแล้ว
11	aadt_without_ef	integer			ค่า AADT ที่ไม่คูณ ef

ตารางที่ ข-44 พจนานุกรมฐานข้อมูลงวดสำรวจ

Table Name: tims_survey_period **Description:** ตารางจัดเก็บข้อมูลงวดสำรวจ **Author** : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568					
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	sp_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	year	integer			ปี
3	period	integer			งวดสำรวจ
4	status	character(1)			สถานะ (A = Active, I = Inactive)
5	created	date			วันที่สร้าง
6	create_by	integer			id ผู้สร้าง
7	updated	date			วันที่แก้ไขข้อมูล

ตารางที่ ข-45 พจนานุกรมฐานข้อมูล tag รายงาน

Table Name: tims_tag_location **Description:** ตารางจัดเก็บข้อมูล tag รายงาน **Author** : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568					
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	tag_location_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	report_type	character varying(10)			ประเภทรายงาน (aadt, vc, vk)
3	group_type	character varying(20)			ประเภทกลุ่มข้อมูล (province, department, whole)
4	group_value	character varying(255)			ชุดข้อมูลแต่ละกลุ่ม
5	route_digit	character varying(7)			ชุดข้อมูลจำนวนหลักของหมายเลขทางหลวง
6	year	integer			ปี
7	route	character varying(4)			หมายเลขทางหลวง
8	control	character varying(4)			ตอนควบคุม
9	link_id	integer			รหัสเชื่อม
10	lon	double precision			ลองจิจูด
11	lat	double precision			ละติจูด

ตารางที่ ข-46 พจนานุกรมฐานข้อมูลไฟล์แจ้งเรื่องสำคัญ

Table Name:	tims_uploadfile				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลไฟล์แจ้งเรื่องสำคัญ				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย				**Last Update**: 10 ม.ค. 2568	
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	file_id	integer	Y		id ไฟล์
2	user_id	integer			id ผู้ใช้งาน
3	name	character varying(255)			ชื่อไฟล์
4	timestamp	timestamp without time zone			วันที่อัปโหลด

ตารางที่ ข-47 พจนานุกรมฐานข้อมูลการปรับแก้จุดสำรวจ

Table Name:	tims_validate_station_log				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลการปรับแก้จุดสำรวจ				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย				**Last Update**: 10 ม.ค. 2568	
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	vs_log_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	station_id	integer			เลขจุดสำรวจ
3	station_gid_pre	integer			รหัสจุดสำรวจก่อนปรับแก้ เชื่อมกับตาราง tims_station
4	station_gid_post	integer			รหัสจุดสำรวจหลังปรับแก้ เชื่อมกับตาราง tims_station
5	section_gid_pre	integer			รหัสตอนควบคุมก่อนปรับแก้
6	section_gid_post	integer			รหัสตอนควบคุมหลังปรับแก้
7	pre_data	text			ข้อมูลก่อนปรับแก้
8	post_data	text			ข้อมูลหลังปรับแก้
9	update_by	integer			id ผู้แก้ไข
10	update_date	date			วันที่แก้ไขข้อมูล

ตารางที่ ข-48 พจนานุกรมฐานข้อมูลค่าดัชนีการจราจรติดขัด

Table Name:	tims_vc				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลค่าดัชนีการจราจรติดขัด				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย				**Last Update**: 10 ม.ค. 2568	
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	year	integer	Y	PK	ปี
2	station_gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
3	station_id	integer	Y	PK	รหัสจุดสำรวจ
4	route	character varying(4)			หมายเลขทางหลวง
5	control	character varying(4)			ตอนควบคุม
6	km	integer			กม.
7	total1	double precision			ปริมาณจราจรทั้งหมด (เป็น PCU)
8	hv1	numeric(8,2)			% รถใหญ่
9	mc1	integer			ปริมาณรถจักรยานยนต์ (เป็น PCU)
10	code	character(3)			รหัสแขวง ฯ
11	nod	integer			รหัสจังหวัด
12	changwat	character varying(255)			ชื่อจังหวัด (ไทย)
13	wid1	numeric(5,2)			ความกว้างผิวจราจร
14	wid2	numeric(5,2)			ความกว้างของไหล่ทาง
15	traffic	integer			จำนวนช่องจราจร
16	rl	numeric(8,2)			ค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวง เนื่องจากความกว้างของช่องจราจร
17	rc	numeric(8,2)			ค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวง เนื่องจากความกว้างของไหล่ทาง
18	rn	numeric(12,6)			ค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวง เนื่องจากยานพาหนะ 2 ล้อ
19	ri	numeric			ค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวง เนื่องจากสภาพสองข้างทาง
20	rj	numeric(12,6)			ค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวง เนื่องจากปริมาณรถยนต์ขนาดใหญ่
21	cb	numeric(15,4)			ค่าขีดความสามารถของทางหลวง
22	t	numeric(8,2)			% ของรถใหญ่ (ADT = HVTOT)
23	rate	numeric(8,2)			ค่าดัชนีการจราจรติดขัด (V/C)
24	peak	numeric(12,3)			ปริมาณจราจรบนทางหลวงในชั่วโมงคับคั่ง
25	v_peak	numeric(15,3)			ปริมาณจราจรบนทางหลวงในเวลาคับคั่ง
26	length	double precision			ระยะทาง

ตารางที่ ข-48 พจนานุกรมฐานข้อมูลค่าดัชนีการจราจรติดขัด (ต่อ)

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
27	namet	character varying(255)			ชื่อสายทาง (ไทย)
28	eng_chang	character varying(255)			ชื่อจังหวัด (อังกฤษ)
29	div_num	integer			รหัส สำนักทางหลวง
30	region	integer			รหัสภาค
31	district	character varying(255)			ชื่อ แขวงทางหลวง (ไทย)
32	t_aadt	integer			ระดับชั้น AADT
33	t_traffic	integer			ระดับของผิวจราจร
34	t_vc	integer			ระดับของ V/C
35	t_route	integer			ระดับสายทาง
36	station1	text			จุดสำรวจ xxxx+xxx
37	fromkm	text			ระหว่าง กม. - กม.
38	roadt	character varying(255)			ชื่อถนน (ไทย)
39	adttot	integer			ปริมาณจราจร (คัน)
40	routecon	text			ROUTE X 10000 + CONTROL
41	route_con	text			ROUTE(xxxx) + CONTROL(xxxx) = xxxxyyyy
42	code_rtcn	bigint			CODE x 100000000 + ROUTE x 10000 + CONTROL
43	density	numeric(12,3)			ความหนาแน่นจราจร
44	namee	character varying(255)			ชื่อสายทาง (อังกฤษ)
45	district_eng	character varying(255)			ชื่อ แขวงทางหลวง (อังกฤษ)

ตารางที่ ข-49 พจนานุกรมฐานข้อมูลยานพาหนะแต่ละประเภทแบ่งตามระบบ TIMS

Table Name: tims_vehicle_category

Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลยานพาหนะแต่ละประเภทแบ่งตามระบบ TIMS

Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	vehicle_category_gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	vehicle_category_id	integer			รหัสประเภทรถ
3	desc	character varying(255)			ประเภทรถ
4	status	character(1)			สถานะ (A = Active, I = Inactive)
5	factor_hor	double precision			factor กรณีทางราบ
6	factor_vor	double precision			factor กรณีทางลาดชัน
7	create_date	date			วันที่สร้างข้อมูล
8	update_date	date			วันที่แก้ไขข้อมูล
9	uid	integer			รหัสผู้แก้ไขข้อมูล
10	weight	integer			ค่าน้ำหนัก
11	revision	integer			ลำดับการแก้ไขข้อมูล
12	sum_flag	character(1)			Flag ในการคำนวณรวม
13	pcu	double precision			PCU

ตารางที่ ข-50 พจนานุกรมฐานข้อมูลประเภทยานพาหนะแบ่งตาม HTOC

Table Name:	tims_vehicle_category_machine				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลประเภทยานพาหนะแบ่งตาม HTOC				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			**Last Update**: 10 ม.ค. 2568		
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	vehicle_category_gid	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	vehicle_category_id	integer			id ประเภทยานพาหนะ
3	desc	character varying(255)			ชื่อประเภทยานพาหนะ
4	status	character(1)			สถานะ
5	create_date	date			วันที่สร้าง
6	update_date	date			วันที่แก้ไขข้อมูล
7	revision	integer			ลำดับการแก้ไขข้อมูล
8	update_by	integer			id ผู้แก้ไข

ตารางที่ ข-51 พจนานุกรมฐานข้อมูลปริมาณการเดินทาง

Table Name: tims_vk

Description: ตารางจัดเก็บข้อมูลปริมาณการเดินทาง

Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **Last Update**: 10 ม.ค. 2568

#	Name	Type	Not Null	Constraint	Comment
1	aadt_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	year	integer			ปี
3	aadt	integer			ค่าปริมาณจราจร
4	status	character(1)			สถานะ (A = คำนวณ, E = ประมาณ, J = ปรับปรุง)
5	update_by	integer			ผู้แก้ไขข้อมูล
6	update_date	date			วันที่แก้ไขข้อมูล
7	vk	numeric			ค่าปริมาณการเดินทาง
8	aadt_adjust	integer			ค่าปริมาณจราจรปรับเปลี่ยน
9	route	character varying(4)			หมายเลขทางหลวง
10	control	character varying(4)			ตอนควบคุม
11	length	double precision			ระยะทาง
12	km_start	integer			กม. เริ่มต้น
13	km_end	integer			กม. สิ้นสุด
14	vk_truck	numeric			ค่าปริมาณการเดินทาง (เฉพาะรถบรรทุก)
15	district	character(3)			รหัสแขวงทางหลวง
16	bureau	character(2)			รหัสสำนักงานทางหลวง
17	adjust	integer			ค่าปรับเปลี่ยน (%)
18	source_id	integer			รหัสของข้อมูลต้นฉบับ
19	aadt_station_id	integer			รหัสที่ใช้เชื่อม aadt_station_id ตาราง tims_aadt_station
20	lane_count	integer			จำนวนช่องจราจร
21	province_code	character varying(2)			รหัสจังหวัด
22	lane_count_origin	integer			จำนวนช่องจราจร (ก่อนแก้ไข)
23	section_gid	integer			รหัสที่ใช้เชื่อม section_gid ตาราง section
24	division	character(3)			รหัสสำนักงานทางหลวง
25	u_only_flag	boolean			เป็นตอนควบคุมที่มีแต่จุด U เท่านั้น
26	unused_flag	boolean			เป็น VK ของตอนที่ไม่นำมาใช้ภายในระบบ
27	province_code_origin	character varying(2)			รหัสจังหวัด (ก่อนแก้ไข)

ตารางที่ ข-52 พจนานุกรมฐานข้อมูลค่า EF รายจุดสำรวจ

Table Name:	tims_ws_ef_monthly				
Description:	ตารางจัดเก็บข้อมูลค่า EF รายจุดสำรวจ				
Author : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย				**Last Update**: 10 ม.ค. 2568	
#	**Name**	**Type**	**Not Null**	**Constraint**	**Comment**
1	em_id	integer	Y	PK	คีย์หลัก
2	site_code	character varying(20)			ชื่อจุดสำรวจ
3	direction	character varying(10)			ทิศทาง (IN = ขาข้า, OUT = ขาออก)
4	year	integer			ปี
5	ef_class4	double precision			ค่า ef