สำนักบริหารบำรุงทาง
กรมทางหลวง



รายงานขั้นสุดท้าย
FINAL REPORT

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพ ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง



CUTI
สถาบันการขนส่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY TRANSPORTATION INSTITUTE

ธันวาคม 2567

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ 1-1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ 1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 1-2
1.3 ขอบเขตงานจ้างที่ปรึกษา 1-2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 1-11
1.5 วัตถุประสงค์ของรายงาน 1-13
1.6 โครงสร้างของรายงาน 1-13
1.7 สรุปความก้าวหน้าการดำเนินงานของที่ปรึกษา 1-17
บทที่ 2 งานที่ดำเนินการแล้วเสร็จ 2-1
2.1 งานส่วนที่ 1 งานศึกษาทบทวนการบริหารบำรุงทาง และระบบที่เกี่ยวข้อง 2-2
2.2 งานส่วนที่ 2 แนวทางการพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อยกระดับการวิเคราะห์แผนการซ่อมบำรุง ทั้งในมิติของความราบเรียบของผิวทาง และด้านความเสียดทานผิวทาง 2-86
2.3 งานส่วนที่ 3 งานพัฒนา และปรับปรุง แบบจำลองการที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทางในระบบ TPMS 2-107
2.4 งานส่วนที่ 4 การปรับปรุงและพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) 2-156
2.5 งานส่วนที่ 5 การเชื่อมต่อข้อมูลจากระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และการทดสอบระบบ 2-174
2.6 งานส่วนที่ 6 งานวิเคราะห์ความเหมาะสมในงานสำรวจสภาพทางและการวิเคราะห์ความต้องการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS 2-177
2.7 งานส่วนที่ 7 การจัดทำคู่มือสอนการใช้งานระบบ และสื่อวีดิทัศน์ 2-206
2.8 งานส่วนที่ 8 การจัดหาและส่งมอบอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย 2-219
บทที่ 3 ความล่าช้าและปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการ 3-1
3.1 การศึกษาแบบจำลองการเสื่อมสภาพจากการศึกษาของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง 3-1
3.2 การสำรวจข้อมูลความเสียดทาน 3-1
3.3 การนำเข้าข้อมูลความเสียดทานจากการสำรวจ 3-2
3.4 การจัดหาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย 3-2
3.5 การปรับแก้แบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทาง 3-3
3.6 ความล่าช้าในการปรับปรุงและพัฒนาระบบ 3-3

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายงานการตรวจสอบการนำเข้าระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (Material and Inspection Information System : MIIS)..... ก-1

ภาคผนวก ข ตัวอย่างรายการคำนวณสมการการเสื่อมสภาพ และรายการคำนวณผลกระทบผู้ใช้ทาง พร้อมทั้งข้อมูลสายทางสำหรับใช้สอบเทียบแบบจำลองผิวทางลาดยาง..... ข-1

ภาคผนวก ค รายงานตัวอย่างข้อมูลสำรวจค่าความเสียดทาน ค-1

ภาคผนวก ง เอกสารการทดสอบระบบ UAT (User Acceptance Test) สำหรับระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง..... ง-1

ภาคผนวก จ ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจกับแบบจำลองความเสียดทาน จากการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง..... จ-1

เอกสารอ้างอิง (References)

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 ความสอดคล้องของเนื้อในรายงานและ TOR 1-13
ตารางที่ 1-2 รายละเอียดของร่างรายงานขั้นสุดท้าย 1-13
ตารางที่ 1-3 ความก้าวหน้าการดำเนินงานโครงการ 1-20
ตารางที่ 2-1 ตัวอย่างการตั้งค่าการใช้ความเร็วของยานพาหนะ (Speed Flow) ใน HDM 2-7
ตารางที่ 2-2 การตั้งค่าความชื้น (Moisture) ใน HDM 2-7
ตารางที่ 2-3 การตั้งค่าอุณหภูมิ (Temperature) ใน HDM 2-8
ตารางที่ 2-4 ตัวแปรปรับแก้แบบจำลอง (Model Calibration) ใน HDM 2-8
ตารางที่ 2-5 ค่าสัมประสิทธิ์สิ่งแวดล้อม (m) ตามเขตภูมิอากาศ 2-25
ตารางที่ 2-6 ค่า TLF 2-28
ตารางที่ 2-7 ค่าสัมประสิทธิ์ (a0 a1 a2) เริ่มต้นสำหรับองค์ประกอบความขรุขระ 2-29
ตารางที่ 2-8 ประเภทชั้นผิวทางคอนกรีต 2-33
ตารางที่ 2-9 ค่า Present Serviceability Rating (PSR) 2-33
ตารางที่ 2-10 ตัวแทนยานพาหนะติดเครื่องยนต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง 2-39
ตารางที่ 2-11 ค่าพารามิเตอร์ตั้งต้น สำหรับ Speed Volume Model 2-44
ตารางที่ 2-12 ผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลอง Random Forest ของดัชนี SCI 2-51
ตารางที่ 2-13 ผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลอง Random Forest ของดัชนี IFI 2-53
ตารางที่ 2-14 ผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลอง Neural Network ของดัชนี IRI 2-55
ตารางที่ 2-15 รายละเอียดงานซ่อมบำรุงทางที่ใช้วิเคราะห์ผลกระทบจากการซ่อมบำรุง 2-57
ตารางที่ 2-16 วิธีการปรับปรุงผิวทางเพื่อเพิ่มความเสียดทาน 2-62
ตารางที่ 2-17 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ 2-63
ตารางที่ 2-18 ตารางแสดงเกณฑ์ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level) และค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level) ด้วยค่าดัชนีความเสียดทานสากล (IFI) ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ) และค่า BPN 2-72
ตารางที่ 2-19 สมการดัชนีความเสียดทานสากล 2-74
ตารางที่ 2-20 พจนานุกรมฐานข้อมูลของระบบ ROADNET (Data Dictionary) 2-79
ตารางที่ 2-21 ตารางแสดงเกณฑ์ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level) และค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level) ด้วยค่าดัชนีความเสียดทานสากล (IFI) ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ) และค่า BPN 2-86
ตารางที่ 2-22 ระยะทางที่สำรวจแยกตามประเภทผิว 2-96
ตารางที่ 2-23 ค่าสัมประสิทธิ์ของชั้นผิวทาง 2-104

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 2-24 Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 5+750 - 5+840 2-107
ตารางที่ 2-25 ค่าสัมประสิทธิ์ a และ b ของเครื่องมือทดสอบลักษณะพื้นผิวของผิวทาง 2-108
ตารางที่ 2-26 ค่าสัมประสิทธิ์ A, B และ C ของเครื่องมือทดสอบค่าความเสียดทาน 2-109
ตารางที่ 2-27 Friction ราย 1 กม. ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 8+000 – 14+660 2-109
ตารางที่ 2-28 จำนวนสายทางที่มีค่าความเสียดทานย้อนหลัง 2-110
ตารางที่ 2-29 สรุปจำนวนสายทางและระยะทางที่นำมาปรับปรุงแบบจำลองความเสียดทาน 2-110
ตารางที่ 2-30 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี พ.ศ. 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับแบบจำลอง Random Forest 2-113
ตารางที่ 2-31 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี พ.ศ. 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับสมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14e-0.00009(X) 2-115
ตารางที่ 2-32 สรุปค่า a, b, และ c จากการปรับปรุงแบบจำลอง 2-116
ตารางที่ 2-33 เปรียบเทียบค่า a b c จากการปรับปรุงแบบจำลองกับงานวิจัยเดิมของกรมทางหลวง 2-119
ตารางที่ 2-34 ปัจจัยการสอบเทียบที่ใช้ในแบบจำลองการเสื่อมสภาพ 2-131
ตารางที่ 2-35 ผลการสอบเทียบค่า K 2-138
ตารางที่ 2-36 แสดงผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทางคอนกรีต ด้วยวิธี MAPE (Mean Absolute Percentage Error) 2-143
ตารางที่ 2-37 จำนวนสายทางที่ได้จากการคัดเลือก 2-145
ตารางที่ 2-38 ภาพรวมค่าความเรียบภายหลังการซ่อมด้วยวิธีการเสริมผิว 2-145
ตารางที่ 2-39 ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านยานพาหนะ 2-152
ตารางที่ 2-40 สรุปจำนวนสายทางและระยะทางที่นำมาปรับปรุงแบบจำลอง 2-154
ตารางที่ 2-41 สรุปผลการและความเชื่อมั่นของแต่ละแบบจำลอง 2-154
ตารางที่ 2-42 กำหนดการสำรวจความต้องการของระบบจากผู้ใช้งาน (User Requirements) 2-156
ตารางที่ 2-43 การเพิ่มขึ้นของค่า IRI ตามปริมาณจราจรและร้องละของปริมาณรถบรรทุกหนัก 2-178
ตารางที่ 2-44 ตัวแปรที่สำคัญที่เสนอแนะเพิ่มเติม 2-182
ตารางที่ 2-45 สภาพโครงข่ายทางหลวงจากการวิเคราะห์โดย TPMS ในปี 2567 จำแนกตามสำนักงานทางหลวง 2-183

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 2-46 สรุปผลข้อมูลสภาพโครงข่ายทางหลวงจากฐานข้อมูลโปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง TPMS (Thailand Pavement Management System) ของกรมทางหลวง พ.ศ. 2567 2-185

ตารางที่ 2-47 การเปรียบเทียบงบประมาณของผลการวิเคราะห์ซ่อมแบบไม่จำกัดงบประมาณ เมื่อเกณฑ์ต่างกัน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2568 2-196

ตารางที่ 2-48 ค่า IRI เฉลี่ยตามแผนและปีงบประมาณ 5 ปี 2-202

ตารางที่ 2-49 ผลการวิเคราะห์งบประมาณ ปี 2568 2-203

ตารางที่ 2-50 สรุปความต้องการงบประมาณการซ่อมบำรุงในปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 2-205

ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO).....2-208

ตารางที่ 2-52 รายละเอียดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย 2-219

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 แผนการดำเนินงานโครงการ 1-12
รูปที่ 2-1 โครงสร้างของโปรแกรม HDM 2-5
รูปที่ 2-2 การไหลของปริมาณจราจรประเภท Seasonal 2-6
รูปที่ 2-1 โครงสร้างของโปรแกรม HDM 2-5
รูปที่ 2-2 การไหลของปริมาณจราจรประเภท Seasonal 2-6
รูปที่ 2-3 การไหลของปริมาณจราจรประเภท Commuter 2-6
รูปที่ 2-4 การไหลของปริมาณจราจรประเภท Inter-urban 2-6
รูปที่ 2-5 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลนำเข้าและการนำเข้าข้อมูล Road Network 2-10
รูปที่ 2-6 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลนำเข้าและการนำเข้าข้อมูล Vehicle Fleet 2-11
รูปที่ 2-7 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลนำเข้าและการนำเข้าข้อมูล Roadworks 2-12
รูปที่ 2-8 การกำหนดรายละเอียดการวิเคราะห์ประเภท Project 2-13
รูปที่ 2-9 การกำหนดรายละเอียดการวิเคราะห์ประเภท Program 2-14
รูปที่ 2-10 การกำหนดรายละเอียดการวิเคราะห์ประเภท Program 2-14
รูปที่ 2-11 ร้อยละของรถบรรทุกที่แล่นผ่านช่องจราจรออกแบบ (Design Lane) 2-17
รูปที่ 2-12 ตัวประกอบเติบโตสะสม (Growth Factor) 2-18
รูปที่ 2-13 ข้อมูลจากระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) 2-19
รูปที่ 2-14 Load Equivalency Factor for Axle 2-20
รูปที่ 2-15 พิกัดและน้ำหนักบรรทุกตามกฎหมาย 2-21
รูปที่ 2-16 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันร้าว กรณี: ไม่มีลูกเดือย 2-31
รูปที่ 2-17 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันร้าว กรณี: มีลูกเดือย 2-31
รูปที่ 2-18 รูปแบบถนนคอนกรีตที่เสริมเหล็กกันร้าว 2-32
รูปที่ 2-19 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างโดยไม่มีรอยต่อตามขวาง 2-32
รูปที่ 2-20 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองผลกระทบของผู้ใช้ทาง 2-37
รูปที่ 2-21 แบบจำลองการพยากรณ์ความเร็วของ Watanatada, et al 2-40
รูปที่ 2-22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI และความเร็วของพาหนะแต่ละประเภท 2-42
รูปที่ 2-23 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลการจราจร 2-44
รูปที่ 2-24 ค่า SCI ที่ได้จากแบบจำลอง Random Forest 2-52
รูปที่ 2-25 ค่า SCI ที่ได้จากแบบจำลอง Random Forest 2-52
รูปที่ 2-26 ค่า IFI ที่ได้จากแบบจำลอง Random Forest 2-53
รูปที่ 2-27 ค่า IFI ที่ได้จากแบบจำลอง Random Forest 2-54

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2-28 ค่า IRI ที่ได้จากแบบจำลอง Neural Network 2-55
รูปที่ 2-29 ค่า IRI ที่ได้จากแบบจำลอง Neural Network 2-56
รูปที่ 2-30 ผลการเปรียบเทียบวิธีการซ่อมบำรุงแต่ละวิธีของดัชนีความเรียบของถนน 2-57
รูปที่ 2-31 ตัวอย่างหน้าระบบที่เพิ่มผลการวิเคราะห์จากแบบจำลอง
ของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023 2-59
รูปที่ 2-32 แผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อล้อรถยนต์ขณะมีการเคลื่อนที่ 2-73
รูปที่ 2-33 เครื่องมือ British Pendulum Tester (BPT) 2-74
รูปที่ 2-34 สถาปัตยกรรมระบบ ROADNET (System Architecture) 2-77
รูปที่ 2-35 แผนผังอธิบายโครงสร้าง
และความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลระบบ ROADNET (ER-Diagram) 2-78
รูปที่ 2-36 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลค่า IRI ในระบบ MIIS 2-80
รูปที่ 2-37 รูปแบบการเชื่อมโยงของข้อมูลบัญชีสายทางในระบบ MIIS (MIIS ER-Diagram) 2-81
รูปที่ 2-38 ผลหน้าระบบบริหารแผนงานทางหลวง 2-82
รูปที่ 2-39 แสดงความสัมพันธของขอมูลจราจร (ER-Diagram) 2-84
รูปที่ 2-40 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลจราจร (ER-Diagram) 2-84
รูปที่ 2-41 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลจราจร (ER-Diagram) 2-85
รูปที่ 2-42 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลจราจร (ER-Diagram) 2-85
รูปที่ 2-43 แสดงตัวอย่างหน้าระบบที่สามารถปรับเกณฑ์ 2-86
รูปที่ 2-44 แสดงตัวอย่างหน้าระบบตั้งค่าค่าความเสียดทานหลังการซ่อมบำรุง 2-87
รูปที่ 2-45 แสดงตัวอย่างหน้าระบบตั้งค่ามูลค่าความสูญหาย 2-87
รูปที่ 2-46 แสดงตัวอย่างหน้าระบบการแสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเสียดทาน 2-88
รูปที่ 2-47 ตัวอย่างหน้าระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)
ที่แสดงข้อมูลค่าความเสียดทาน 2-89
รูปที่ 2-48 ตัวอย่างสายทางที่มีข้อมูลค่าความเสียดทานจากระบบ MIIS 2-90
รูปที่ 2-49 ตัวอย่างแนวทางการคัดเลือกสายทางตามปริมาณจราจร 2-91
รูปที่ 2-50 การคัดเลือกสายทางตามร้อยละรถบรรทุก 2-92
รูปที่ 2-51 ตัวอย่างแนวทางการคัดเลือกสายทางตาม %HV 2-92
รูปที่ 2-52 อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวม พ.ศ. 2565 2-93
รูปที่ 2-53 แผนที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 2-94
รูปที่ 2-54 สายทางบนเขาหมายเลข ทล. 1090 ตอน 102 2-94

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2-55 ตัวอย่างสายทางที่คัดเลือกเพื่อสำรวจความเสียดทานนำร่อง....2-95
รูปที่ 2-56 การกระจายตัวของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน....2-97
รูปที่ 2-57 การกระจายตัวของค่าความลึกเฉลี่ยผิวทาง....2-97
รูปที่ 2-58 การกระจายตัวของค่าดัชนีความเสียดทานสากล....2-97
รูปที่ 2-59 ทางหลวงหมายเลข 35 ตอนควบคุม 100 ดาวคะนอง – แสมดำ กม.ที่ 5+750 – กม.ที่ 14+660 ค่าสัมประสิทธ์ความเสียดทาน เลน L....2-98
รูปที่ 2-60 ทางหลวงหมายเลข 35 ตอนควบคุม 100 ดาวคะนอง – แสมดำ กม.ที่ 5+750 – กม.ที่ 14+660 ค่า MPD เลน L....2-98
รูปที่ 2-61 การเปลี่ยนแปลงค่าความเสียดทานสากลของแผ่นแอสฟัลต์คอนกรีตที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการ....2-99
รูปที่ 2-62 แสดงสมการคำนวนค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI)....2-100
รูปที่ 2-63 ตัวอย่างตารางข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านยานพาหนะ....2-101
รูปที่ 2-64 กรอบและผังการพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทาง (TPMS) ทั้งในส่วนของแบบจำลองด้านความเสียดทาน และในงานส่วนของแบบจำลองต่าง ๆ ในระบบ....2-102
รูปที่ 2-65 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์....2-105
รูปที่ 2-66 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจร (AADT) กับ ค่าการแอ่นตัว (FWD)....2-105
รูปที่ 2-67 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจร (AADT) กับ SNP....2-106
รูปที่ 2-68 ตัวอย่างค่าความเสียดทานจากฐานข้อมูล MIIS....2-110
รูปที่ 2-69 การกระจายตัวของค่า IFI จากการสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง....2-111
รูปที่ 2-70 แผนภูมิเปรียบเทียบค่า IFI ปี พ.ศ. 2567 สำรวจ กับ แบบจำลอง Random Forest....2-112
รูปที่ 2-71 แผนภูมิเปรียบเทียบค่า IFI ปี พ.ศ. 2567 สำรวจกับสมการทำนายค่า IFI (X)= 0.25 + 0.14e-0.00009(X)....2-114
รูปที่ 2-72 แบบจำลองค่าความเสียดทานของรวมทุกชนิดผิว....2-117
รูปที่ 2-73 แบบจำลองค่าความเสียดทานของ AC60/70....2-118
รูปที่ 2-74 แบบจำลองค่าความเสียดทานของ AC40/50....2-118
รูปที่ 2-75 แบบจำลองค่าความเสียดทานของ PMA....2-119
รูปที่ 2-76 แผนภูมิเปรียบเทียบแบบจำลองค่าความเสียดทานของชนิดผิว PMA ในโครงการกับการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง....2-120
รูปที่ 2-77 การตั้งค่าใช้ฟังก์ชั่น Solver (ข้อมูลในรูปเป็นเพียงแค่ตัวอย่างเท่านั้น)....2-133

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2-78 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kgp และค่าผลรวมกำลังสอง (ข้อมูลในรูปเป็นเพียงแค่ตัวอย่างเท่านั้น) 2-133
รูปที่ 2-79 การกระจายของข้อมูลที่มีค่ากลางและการกระจายเหมือนกัน แต่ระดับความสัมพันธ์ต่างกัน 2-135
รูปที่ 2-80 การกระจายตัวของค่าดัชนีความขรุขระสากล 2-135
รูปที่ 2-81 การกระจายตัวของค่าความลึกร่องล้อ 2-136
รูปที่ 2-82 การกระจายตัวของค่าความเสียหายผิวหลุดร่อน 2-136
รูปที่ 2-83 การกระจายตัวของค่ารอยแตกต่อเนื่อง 2-137
รูปที่ 2-84 การกระจายตัวของค่ารอยแตกตามยาว 2-137
รูปที่ 2-85 การกระจายตัวของค่าความเสียหายหลุมบ่อ 2-138
รูปที่ 2-86 ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน เมื่อคำนวณโดยใช้ค่า Kgp ต่าง ๆ 2-139
รูปที่ 2-87 ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน เมื่อคำนวณโดยใช้ค่า Kgp ต่าง ๆ 2-140
รูปที่ 2-88 การเปลี่ยนแปลงของค่า IRI เมื่อไม่มีการซ่อมบำรุง 2-141
รูปที่ 2-89 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่า IRI ที่ได้จากแบบจำลองกับค่า IRI ของปี 2023 2-142
รูปที่ 2-90 การคัดเลือกช่วงอายุผิวทาง 2-144
รูปที่ 2-91 ภาพรวมของค่าความเรียบก่อนและหลังการเสริมผิวในแต่ละสายทาง 2-145
รูปที่ 2-92 ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างค่า IRI หลังการซ่อมแบบเสริมผิว 2-146
รูปที่ 2-93 ผลสำรวจ IRI หลังการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่ 2-147
รูปที่ 2-94 ผลสำรวจ IRI หลังการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการบูรณะผิวทาง 2-147
รูปที่ 2-95 หน้าตั้งค่ากำลังขับเคลื่อนของรถแต่ละประเภท 2-148
รูปที่ 2-96 หน้าตั้งค่าความเร็วรถยนต์ของรถแต่ละประเภท 2-149
รูปที่ 2-97 หน้าตั้งค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแต่ละประเภท 2-150
รูปที่ 2-98 ตัวอย่างข้อมูลจากกรมขนส่งทางบก 2-151
รูปที่ 2-99 ข้อมูลจำนวนการจดทะเบียนครั้งแรกของยานพาหนะแต่ละประเภท 2-151
รูปที่ 2-100 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่า (Road user effects model) 2-153
รูปที่ 2-101 ภาพบรรยากาศการประชุมสำรวจความต้องการของระบบจากผู้ใช้งาน (User Requirements) ผู้ใช้งานระดับผู้บริหาร (Executive Level) 2-157
รูปที่ 2-102 ภาพบรรยากาศการประชุมสำรวจความต้องการของระบบจากผู้ใช้งาน (User Requirements) ผู้ใช้งานระดับโครงข่าย (Network Level) 2-159

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2-103 ภาพบรรยากาศการประชุมสำรวจความต้องการของระบบจากผู้ใช้งาน (User Requirements) ผู้ใช้งานระดับปฏิบัติการ (Project Level).....2-161
รูปที่ 2-104 ตัวอย่างแบบสอบถามออนไลน์สำหรับสอบถามความต้องการของผู้ใช้งาน ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS).....2-162
รูปที่ 2-105 จำนวนและตำแหน่งของเจ้าหน้าที่ที่ตอบแบบสอบถามออนไลน์.....2-162
รูปที่ 2-106 หน้าคัดเลือกสายทาง.....2-165
รูปที่ 2-107 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบจำกัดงบ.....2-167
รูปที่ 2-108 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบไม่จำกัดงบ.....2-167
รูปที่ 2-109 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบจำกัดงบตามหน่วยงาน.....2-168
รูปที่ 2-110 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบจำกัดงบตามวิธีซ่อม.....2-168
รูปที่ 2-111 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบ IRI เป้าหมาย.....2-169
รูปที่ 2-112 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบ IFI เป้าหมาย.....2-169
รูปที่ 2-113 ตัวอย่างการแสดงผล ข้อมูลหลังการวิเคราะห์รูปแบบกราฟ.....2-170
รูปที่ 2-114 ตัวอย่างการแสดงผล ข้อมูลหลังการวิเคราะห์รูปแบบแผนภูมิ.....2-171
รูปที่ 2-115 แสดงตัวอย่างปุ่มส่งออกข้อมูล.....2-171
รูปที่ 2-116 ตัวอย่างการส่งออกรายงานในรูปแบบรายงาน.....2-172
รูปที่ 2-117 ตัวอย่างการส่งออกรายงานในรูปแบบแผนภูมิ.....2-173
รูปที่ 2-118 แผนผังการเชื่อมโยงข้อมูลของแต่ละระบบ.....2-174
รูปที่ 2-119 ตัวอย่างการเพิ่มขึ้นของค่า IRI ณ ร้อยละรถบรรทุกหนักเท่ากับ 2.....2-179
รูปที่ 2-120 สายทางที่สามารถเว้นระยะการสำรวจ.....2-180
รูปที่ 2-121 ตัวอย่างข้อมูลที่มนำวิเคราะห์.....2-180
รูปที่ 2-122 การทำงานของระบบบริหารงานบำรุงทาง TPMS (Thailand Pavement Management System).....2-186
รูปที่ 2-123 การคัดเลือกข้อมูลก่อนนำเข้าโปรแกรม TPMS.....2-187
รูปที่ 2-124 หน้า Dashboard ภาพรวผลการวิเคราะห์ประจำปี แบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Roadnet.....2-188
รูปที่ 2-125 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Roadnet งานบำรุงตามกำหนดเวลา.....2-188
รูปที่ 2-126 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Roadnet งานบำรุงพิเศษ.....2-188
รูปที่ 2-127 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Roadnet งานบำรุงบูรณะ.....2-189

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2-128 สรุปปริมาณงานและค่าซ่อมบำรุงการวิเคราะห์ประจำปี แบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Roadnet....2-189
รูปที่ 2-129 หน้า Dashboard ภาพรวผลการวิเคราะห์ประจำปี แบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet....2-190
รูปที่ 2-130 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบำรุงตามกำหนดเวลา....2-191
รูปที่ 2-131 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบำรุงพิเศษ....2-191
รูปที่ 2-132 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบำรุงบูรณะ....2-191
รูปที่ 2-133 สรุปปริมาณงานและค่าซ่อมบำรุงการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet....2-192
รูปที่ 2-134 หน้า Dashboard ภาพรวผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet....2-193
รูปที่ 2-135 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบำรุงตามกำหนดเวลา....2-194
รูปที่ 2-136 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบำรุงพิเศษ....2-194
รูปที่ 2-137 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบูรณะ....2-194
รูปที่ 2-138 สรุปปริมาณงานและค่าซ่อมบำรุงการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทาง จาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet....2-195
รูปที่ 2-139 แสดงผลการเปรียบเทียบงบประมาณของผลการวิเคราะห์....2-197
รูปที่ 2-140 กราฟแสดงค่า IRI ของแผนงบประมาณที่ได้รับในแต่ละปี....2-201
รูปที่ 2-141 ร้อยละของค่า IRI ที่น้อยกว่า 3.5 ในแต่ละปีงบประมาณ....2-201
รูปที่ 2-142 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของระยะทางที่ค่า IRI<3.5 กับผลประโยชน์ผู้ใช้ทาง....2-204
รูปที่ 2-143 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของถนนในโครงข่ายที่ค่า IRI < 3.5 ม./กม. กับงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในปี พ.ศ. 2568 (เฉพาะถนนลาดยาง)....2-204
รูปที่ 2-144 คู่มือผู้ใช้งานระบบ....2-206
รูปที่ 2-145 คู่มือผู้ดูแลระบบ....2-207

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2-146 รูปประกอบการนำส่งอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย 2-221

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง มีบทบาทหน้าที่ในการกำหนดกลยุทธ์ แผนงาน โครงการ งานบำรุงรักษาทางหลวง รวมทั้ง ศึกษาและพัฒนาการบริหารและบำรุงรักษาทางหลวง ดังนั้น การวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงทาง จึงเป็นหนึ่งในภารกิจที่มีความสำคัญต่อสำนักเป็นอย่างมาก จากในอดีต กรมทางหลวงได้นำระบบบริหารงานบำรุงทาง (Pavement Management System) มาใช้งาน โดยการช่วยเหลือจากธนาคารโลก ซึ่งอ้างอิงแนวทางการวิเคราะห์จาก (Highway Development & Management, HDM) ต่อมาได้มีการพัฒนาปรับปรุงระบบให้เข้ากับสภาพถนนและการจราจรของประเทศไทย และนำมาใช้สำหรับงานบริหารบำรุงรักษาทางทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2530 โดยเรียกระบบบริหารงานบำรุงทางว่าระบบ TPMS (Thailand Pavement Management System) แต่ด้วยระบบ TPMS มีพื้นฐานการวิเคราะห์ในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และเงื่อนไขการซ่อมบำรุงทางวิศวกรรมในภาพรวมระดับโครงข่ายเท่านั้น ยังมิได้สะท้อนถึงการกระจายงบประมาณตามพื้นที่ หรือการวิเคราะห์ละเอียดระดับรายโครงการ รวมทั้งปัจจัยด้านความปลอดภัย ดังเช่นค่าความเสียดทาน เป็นผลให้ในปัจจุบันการวางแผนงบประมาณบำรุงทางของกรมทางหลวง ด้วยระบบ TPMS สามารถทำได้ในเฉพาะปัจจัยด้านระดับการให้บริการงานทาง และวิเคราะห์ระดับโครงข่ายเท่านั้น

ในปัจจุบัน กรมทางหลวงเป็นหน่วยงานที่ดูแลโครงข่ายสายทางที่มีสายทางอยู่ในความรับผิดชอบ 79,010 กิโลเมตร (ระยะต่อ 2 ช่องจราจร) ประกอบด้วย ผิวลาดยางประมาณ 70,722 กิโลเมตร ผิวทางผิวคอนกรีตประมาณ 8,234 กิโลเมตร และผิวทางลูกรังประมาณ 54 กิโลเมตร (ข้อมูลบัญชีลักษณะผิวทาง ณ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2567) และยังมีการสำรวจจัดเก็บข้อมูลสภาพความเสียหายของผิวทางในความรับผิดชอบของทางหลวงทั่วประเทศ เพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นในการวางแผนบริหารจัดการงบประมาณบำรุงทาง ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างมาก ที่จะต้องนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการบริหารงานบำรุงรักษาทาง โดยระบบการวิเคราะห์งบประมาณที่มีความแม่นยำ และครอบคลุมทุกมิติปัจจัย ทั้งด้านการให้บริการและการยกระดับความปลอดภัย เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ทั้งในระดับโครงข่าย และระดับรายสายทาง

ทั้งนี้ เนื่องด้วยความต้องการในการวิเคราะห์งบประมาณซ่อมบำรุงทางที่เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งความต้องการให้เจ้าหน้าที่ระดับงานทางหลวงสำนักหรือแขวงทางหลวง สามารถมีส่วนในการช่วยวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางในระดับรายโครงการ ทั้งในระดับโครงข่าย และระดับรายสายทาง จึงมีความจำเป็นจะต้องพัฒนา และปรับปรุงระบบ TPMS ทั้งการพัฒนาแบบจำลองทำนายการเสื่อมสภาพ (Deterioration Model) แบบจำลองผลกระทบจากมาตรฐานการซ่อม (Road Work Effect Model) และแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง (Road User Effect Model) การจัดสรรงบประมาณ รวมทั้งกระบวนการวิเคราะห์ในมิติ และตัวแปรต่าง ๆ ทั้งความเรียบ และความเสียดทาน ที่ใช้ในการบริหารแผนและงบประมาณการซ่อมบำรุง เพื่อยกระดับการปฏิบัติงาน รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพพัฒนาการบริหารและบำรุงรักษาทางหลวงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาและทบทวนระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

1.2.2 เพื่อจัดทำเกณฑ์การเก็บข้อมูลสภาพผิวทางที่สอดคล้องกับหลักการของระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

1.2.3 เพื่อดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพ การปรับปรุงและพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน

1.2.4 เพื่อดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อรองรับมิติด้านความปลอดภัยและเกณฑ์คุณภาพตามทางหลวงประเภทต่าง ๆ

1.2.5 เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับการวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง เช่น ข้อมูลปริมาณจราจร ข้อมูลการสำรวจสภาพทางกับระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ระบบ Plannet และระบบอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.6 เพื่อพัฒนาระบบการนำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบรายงาน (Info Graphical Report) ให้สอดคล้องกับการใช้งาน และรายงานการวิเคราะห์ความต้องการงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวง

1.3 ขอบเขตงานจ้างที่ปรึกษา

ที่ปรึกษาดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวงของกรมทางหลวง ภายใต้การกำกับของ “คณะกรรมการกำกับงานจ้างที่ปรึกษา” โดยมีขอบเขตของการดำเนินงาน ดังนี้

งานส่วนที่ 1 งานศึกษาทบทวนการบริหารบำรุงทาง และระบบที่เกี่ยวข้อง

1.1) ศึกษาระบบการบริหารจัดการงานบำรุงทาง (Pavement Management System) ที่ใช้ในต่างประเทศ เช่น ประเทศออสเตรเลีย และประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น (TOR 4.1.1)

1.2) ศึกษาแนวทางการดำเนินงานของระบบการบริหารจัดการและพัฒนาด้านงานทาง (HDM) ซึ่งพัฒนาโดยธนาคารโลก (World Bank) (TOR 4.1.2)

1.3) ศึกษาทบทวน ตัวแปรที่สำคัญ สำหรับใช้ในการเตรียมนำเข้าข้อมูล ทั้งในส่วนของข้อมูลทั่วไปของสายทาง (Inventory Data) และข้อมูลสภาพการใช้งาน (Condition Data) รวมถึงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ที่สามารถส่งออกได้ของ HDM (TOR 4.1.3)

1.4) ศึกษาทบทวนแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การบริหารจัดการและพัฒนาด้านงานทางทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง และผลกระทบจากการซ่อมบำรุง (Road Deterioration and Work Effects) แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่า (Road User Effects: RUE) ทั้งผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต และผิวทางคอนกรีต (TOR 4.1.4)

1.5) ศึกษา และเสนอแนวทาง การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเสื่อมสภาพ จากการศึกษาของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (TOR 4.1.5)

1.6) ศึกษา ทบทวน แนวทางการตรวจวัด และประเมินความเสียดทานของผิวทาง ทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เหมาะสมกับการเก็บข้อมูลในระดับโครงข่าย และนำเสนอเครื่องมือสำรวจความเสียดทานผิวทาง โดยต้องเป็นการสำรวจความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ที่เหมาะสมกับการสำรวจความเสียดทานของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในระดับโครงข่าย (TOR 4.1.6)

1.7) ศึกษา ทบทวน เกณฑ์การพิจารณาสภาพความความเสียดทานของผิวทางผ่านมาทั้งในประเทศ และต่างประเทศ รวมถึงแนวทางการนำค่าดังกล่าวไปใช้พิจารณาการซ่อมบำรุงทาง (TOR 4.1.7)

1.8) ศึกษา ค่าปรับแก้ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ (Crash Modification Factors: CMF) ทั้งในประเทศและต่างประเทศ (TOR 4.1.8)

1.9) ศึกษา ทบทวนรายละเอียดและรูปแบบข้อมูล โครงสร้างฐานข้อมูล สถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) แผนผังอธิบายโครงสร้างและความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) ของระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่ดูแลระบบ เพื่อผนวกรวม และเชื่อมโยงข้อมูลตามความต้องการผู้ใช้งานสำนักบริหารบำรุงทาง (TOR 4.1.9)

งานส่วนที่ 2 แนวทางการพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพี่ยกระดับการวิเคราะห์แผนการซ่อมบำรุง ทั้งในมิติของความราบเรียบของผิวทางและด้านความเสียดทานผิวทาง

2.1) แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการความเสียดทานผิวทาง เพื่อยกระดับการวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวงโดยระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) (TOR 4.2.1) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1) กรอบ และผังแสดงการนำเข้า วิเคราะห์ และผลลัพธ์ของการนำความเสียดทานมาร่วมวิเคราะห์กับระบบ TPMS โดยจะต้องประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

- เกณฑ์ของค่าความเสียดทานผิวทาง
- ค่าความเสียดทานแนะนำหลังการซ่อมบำรุง
- แนวทางการวิเคราะห์ผลประโยชน์ จากการลดลงของมูลค่าความสูญเสียจากอุบัติเหตุ (ACC) ของการยกระดับความเสียดทานผิวทาง
- แนวทางการวิเคราะห์รวมกับระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

2.1.2) เสนอแนวทางการนำเข้าค่าความเสียดทานจากฐานข้อมูลที่เหมาะสมของกรมทางหลวงหรือระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (MIIS) เข้าสู่ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

2.2) การทดสอบเก็บตัวอย่างข้อมูลความเสียดทานนำร่องของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง เพื่อเตรียมรองรับข้อมูลค่าความเสียดทานที่กรมทางหลวงจะดำเนินการสำรวจในอนาคต (TOR 4.2.2)

2.2.1) รวบรวมข้อมูลประวัติสายทางแอสฟัลต์คอนกรีตในประเทศไทยของกรมทางหลวง มาคัดเลือกสายทางนำร่อง เพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นในการทดสอบการวิเคราะห์ในมิติของความปลอดภัยจากการซ่อมบำรุง ซึ่งที่ปรึกษาต้องจัดทำเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา รวมระยะทางสำรวจไม่น้อยกว่า 900 กิโลเมตรต่อ 1 ช่องจราจร โดยเกณฑ์ที่กำหนด จะต้องพิจารณาถึงชนิดผิวทาง ปริมาณจราจร อายุผิวทาง และได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการ ก่อนที่จะดำเนินการสำรวจ

2.2.2) ดำเนินการสำรวจเก็บข้อมูลสภาพสายทางที่คัดเลือกแล้ว ด้วยเครื่องมือสำรวจความเสียดทานผิวทาง ประเภทการสำรวจความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ไม่น้อยกว่า 900 กิโลเมตรต่อ 1 ช่องจราจร และสำรวจข้อมูลค่า Mean Profile Depth จากกรมทางหลวงในสายทางเดียวกัน

2.2.3) การนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ โดยนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในระบบสารสนเทศโครงข่ายกรมทางหลวง (Roadnet) หรือฐานข้อมูลอื่นที่เหมาะสม

2.3) นำเสนอแบบจำลองด้านความเสียดทานที่เหมาะสม กับการนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการงบประมาณบำรุงทาง (TOR 4.2.3)

2.4) ทบทวน และเสนอแนะแนวทางการปรับปรุง แบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทาง (TOR 4.2.4) ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองอย่างน้อยดังนี้ ภาพรวมการดำเนินการ

2.4.1) แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Road deterioration model)

2.4.2) แบบจำลองลองผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road works effects model)

2.4.3) แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่าที่เหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวง (Road user effects model

2.5) ที่ปรึกษาต้องนำเสนอกรอบและผังการพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ทั้งในงานส่วนของแบบจำลองด้านความเสียดทาน (ข้อ 4.2.3) และในงานส่วนของแบบจำลองต่าง ๆ ในระบบ (ข้อ 4.2.4) (TOR 4.2.5)

2.6) เสนอแนวทางการเลือกใช้ค่า Average annual adjusted structural number (SNP) หรือ Structural Coefficient Index (SCI) หรือ ข้อมูลทางด้านความแข็งแรงอื่น ๆ เพื่อการบริหารจัดการทางด้านงานทาง (TOR 4.2.6)

งานส่วนที่ 3 งานพัฒนา และปรับปรุง แบบจำลองการที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทาง ในระบบ TPMS

3.1) รวบรวมข้อมูลสำรวจจากข้อ 4.2.2 และฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองความเสียดทาน จากการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง รวมถึงสรุปสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ผลการสอบเทียบ และความเชื่อมั่นของแบบจำลองด้วยค่าทางสถิติ (TOR 4.3.1)

3.2) ปรับปรุงและพัฒนาแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการด้านงานทาง (TOR 4.3.2) ดังนี้

3.2.1) แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Road deterioration model) โดยที่ปรึกษาจะต้องวิเคราะห์สายทางที่มีข้อมูลประวัติการซ่อมบำรุง และไม่มีประวัติซ่อมบำรุงได้อย่างน้อยต่อเนื่องอย่างน้อย 3 ปี โดยใช้ข้อมูลจริงที่หน่วยงานมีอยู่

3.2.2) แบบจำลองลองผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road works effects model) โดยต้องสามารถสะท้อนถึงผลกระทบต่อความความเรียบจากการซ่อมบำรุงตามที่สภาพจริงในสายทางของกรมทางหลวง โดยที่ปรึกษาจะต้องวิเคราะห์สายทางที่มีข้อมูลประวัติการซ่อมบำรุง โดยรวบรวมข้อมูลย้อนหลังอย่างน้อย 3 ปี โดยใช้ข้อมูลจริงที่หน่วยงานมีอยู่

3.2.3) แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่าที่เหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวง (Road user effects model) เช่น ข้อมูลตัวแทนยานพาหนะ ข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้ำมันหล่อลื่น ระยะเวลาในการเดินทาง เป็นต้น

3.2.4) ที่ปรึกษาจะต้องสรุปสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ผลการสอบเทียบและความเชื่อมั่นของแบบจำลอง ด้วยค่าทางสถิติ จากแบบจำลองข้างต้น

งานส่วนที่ 4 การปรับปรุงและพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) โดยมีรายละเอียดการ ดังนี้

4.1) ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำ User Requirement เพื่อรับฟังความต้องการใช้งานจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง (TOR 4.4.1)

4.2) พัฒนาเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) สำหรับการคัดเลือกสายทาง เพื่อเลือกข้อมูลการสำรวจและข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์บริหารงานบำรุง พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการนำเข้า ตามความต้องการของกรมทางหลวง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (TOR 4.4.2)

4.2.1) รองรับการนำเข้า หรือเชื่อมโยงรูปแบบแผนรายประมาณการจากระบบ Plannet โดยระบบจะต้องรองรับการนำเข้าแผนรายประมาณการในรูปแบบที่กรมทางหลวงกำหนด โดยจะต้องสามารถนำเข้า File ในรูปแบบ MS Excel หรือ CSV ได้เป็นอย่างน้อย

4.2.2) เชื่อมโยงรหัสงานซ่อมบำรุงจากระบบ planet

4.2.3) ระบบจะต้องรองรับการเลือกแหล่งที่มาของฐานข้อมูลสภาพความเสียหายของสายทางพร้อมทั้งเปรียบเทียบข้อมูลที่ใช้ประกอบในการวิเคราะห์แผนการซ่อมบำรุงรักษาทางหลวงจากแหล่งที่มาอย่างน้อย 2 แห่งโดยให้ระบบเลือกจากการตั้งค่าของผู้ดูแลระบบ ได้แก่ ระบบ Roadnet หรือ ระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์ และตรวจสอบสภาพทางหลวง (MIIS)

4.2.4) ระบบจะต้องรองรับตัวแปรในการคัดเลือกสายทาง ได้หลายเงื่อนไข อย่างน้อยดังนี้

- ตามลำดับชั้นทางหลวง
- ปริมาณจราจร
- จำนวนหลักทางหลวง
- ช่วงค่า IRI
- ร้อยละของค่า IRI ที่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด
- ร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนัก
- หมวดทางหลวง แขวงทางหลวง สำนักงานทางหลวง ส่วนบริหารการดำเนินงาน ส่วนภูมิภาคของสำนักบริหารบำรุงทาง ตามเขตการปกครองเช่น จังหวัด เป็นต้น

4.2.5) ระบบจะต้องสามารถเลือกสายทางในลักษณะของการวิเคราะห์รายโครงการเพื่อรองรับการจัดกลุ่มสายทางตามความต้องการของกรมทางหลวงในความละเอียดระดับเมตรได้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ให้สะดวกต่อการใช้งานยิ่งขึ้น เช่น วิเคราะห์ข้อมูลรายสายทางของหน่วยหลักและหน่วยงานย่อย

4.2.6) ระบบจะต้องรองรับการจัดลำดับความสำคัญของวิธีการซ่อมบำรุงได้

4.2.7) ระบบจะต้องรองรับการบันทึกรูปแบบของการคัดเลือกสายทาง และสามารถเรียกดูสายทางที่ได้ทำการคัดเลือกได้แล้วก่อนหลังได้

4.2.8) ระบบจะต้องสามารถแจกแจง และส่งออกค่าดัชนีและตัวแปรต่าง ๆ ที่จะนำเข้าสู่การวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงได้

4.2.9) ระบบจะต้องสามารถอนุญาต ให้ผู้ใช้งานดำเนินการเลือกแผนงานที่มีความสำคัญในการซ่อมบำรุงให้นำไปวิเคราะห์ในระบบได้

4.3) งานพัฒนาระบบการวิเคราะห์ โดยระบบที่พัฒนาต้องสามารถรองรับการจัดทำแผนการบำรุงรักษาได้ตามระยะเวลาในการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบและเงื่อนไข มีความยืดหยุ่นปรับเปลี่ยนตัวแปรในสมการและแบบจำลองรูปแบบในการซ่อมบำรุง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (TOR 4.4.3)

4.3.1) สามารถกำหนดรูปแบบการซ่อมบำรุงให้สอดคล้องกับปัจจุบัน และสอดคล้องกับวิธีซ่อมบำรุงของหน่วยงาน

4.3.2) รองรับการลด เพิ่มเติม และแก้ไขวิธีการซ่อมบำรุงและราคาต่อหน่วย รวมถึงการแก้ไขเกณฑ์การซ่อมบำรุงได้

4.3.3) สามารถวิเคราะห์งบประมาณและความคุ้มค่าให้สอดคล้องกับเป้าหมายตามความต้องการของหน่วยงาน เช่น งบประมาณในการบำรุงรักษาเป้าหมายตามค่าความขรุขระสากล (IRI) ค่าความฝืดสากล (IFI) เป็นต้น

4.3.4) ระบบจะต้องมีหน้าจอการตั้งค่าและการกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์การบริหารจัดการความเสียดทานผิวทาง ตามเกณฑ์การพิจารณาสภาพความเสียดทานของผิวทางที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดได้

4.3.5) ผู้ใช้สามารถเลือกค่าผลรวมของผลประโยชน์ผู้ใช้ทางระหว่าง ค่าใช้จ่ายในการใช้รถ (Vehicle Operating Costs: VOC) มูลค่าเวลาในการเดินทาง (Value of Time: VOT มูลค่าความสูญเสียจากอุบัติเหตุ (Road Accident Cost: ACC) ได้

4.3.6) ผู้ใช้สามารถเลือกแบบจำลองย่อย ในสมการหลักของ แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Road deterioration model) ได้

4.3.7) รองรับการกำหนดเกณฑ์ค่า IRI หรือค่าความเสียหายต่าง ๆ เช่น หลุมบ่อ เป็นต้น ตามลำดับชั้นทางต่าง ๆ และสามารถวิเคราะห์งบประมาณตามลำดับชั้นทางต่าง ๆ ได้

4.3.8) พัฒนาหน้าจอการวิเคราะห์รายสายทางอย่างง่าย เพื่ออำนวยความสะดวกของผู้ใช้งานระดับทั่วไป โดยเงื่อนไขการซ่อมบำรุงถูกกำหนดโดยผู้ดูแลระบบ

4.3.9) ระบบจะต้องสามารถรองรับการบริหารจัดการระดับของผู้ใช้งานได้ (Level of User)

4.4) งานพัฒนาระบบการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการส่งออกรายงาน โดยระบบที่พัฒนาจะต้องนำเสนอข้อมูลรูปแบบ เช่น แดชบอร์ด (Dashboard) กราฟ (Graph) แผนภูมิ (Chart) เพื่อนำเสนอผลการวิเคราะห์ในมิติต่าง ๆ ได้ (TOR 4.4.4) อย่างน้อยดังนี้

4.4.1) การแสดงผลการวิเคราะห์แยกตามข้อมูลที่ผู้ใช้กำหนดได้ เพื่อการจัดสรรงบประมาณได้เหมาะสมกับลักษณะของสายทาง โดยจะต้องสามารถจัดกลุ่มการแสดงผลได้อย่างน้อยดังต่อไปนี้

- ปริมาณจราจร
- จำนวนหลักทางหลวง หรือ ลำดับชั้นทางหลวง
- ช่วงดัชนีความขรุขระสากล (IRI) หรือดัชนีความฝืดสากล (IFI)
- หมวดทางหลวง แขวงทางหลวง สำนักงานทางหลวง ส่วนบริหารการดำเนินงาน ส่วนภูมิภาคของสำนักบริหารบำรุงทาง ตามเขตการปกครอง เช่น จังหวัด เป็นต้น
- ประเภทกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวง

4.4.2) การแสดงผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงที่แนะนำโดยผู้ดูแลระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์สำหรับผู้ใช้ทั่วไป

4.4.3) การแสดงการกระจายตัวของสายทางในระดับเกณฑ์คุณภาพต่าง ๆ ในรูปแบบของกราฟการกระจายตัวของระดับค่า IRI โดยจะต้องสามารถกำหนดกลุ่มสายทางตามปริมาณจราจร ประเภททางหลวง และร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนักได้

4.4.4) การแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การยกระดับคุณภาพสายทางจากงบประมาณที่จัดสรร โดยแสดงค่า IRI ในงบประมาณต่าง ๆ และปีที่วิเคราะห์

4.4.5) การแสดงกราฟ หรือสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณที่ต้องการกับตัวแปรต่าง ๆ ได้ อย่างน้อยดังนี้ ค่าร้อยละของค่า IRI ที่กำหนด และค่า IRI เฉลี่ย

4.4.6) การแสดงผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงความต้องการของงบประมาณของทั้งผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต และผิวทางคอนกรีต

4.5) สามารถแสดงผลการวิเคราะห์และส่งออกในรูปแบบต่าง ๆ ตามความต้องการของหน่วยงาน ยกตัวอย่าง ในรูปแบบ .pdf .JPEG .CSV ได้เป็นอย่างน้อยโดยประกอบด้วยรายงานในมิติ (TOR 4.4.5) อย่างน้อยดังต่อไปนี้

4.5.1) รายงานสรุป สภาพโครงข่ายทางหลวงทั้งประเทศ และรายสำนักงานทางหลวง

4.5.2) แขวงทางหลวง หมวดทางหลวง โดยแสดงจำนวนระยะทางทั้งหมด ค่า IRI เฉลี่ย และระยะทางตามค่า IRI ที่ผู้ใช้กำหนด (สภาพโครงข่ายก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล)

4.5.3) รายงานสรุปการวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงประจำปี

4.5.4) รายงานสรุปการวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงเชิงกลยุทธ์

4.5.5) รายงานรายละเอียดแผนการซ่อมบำรุงประจำปี

4.5.6) รายงานรายละเอียดแผนการซ่อมบำรุงกลยุทธ์

4.5.7) รายงานการวิเคราะห์ร้อยละของ IRI ตามเกณฑ์คุณภาพ

งานส่วนที่ 5 การเชื่อมต่อข้อมูลจากระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และการทดสอบระบบ

5.1) ที่ปรึกษาจะต้องเชื่อมโยงข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งโดยตรงและโดยอ้อม ตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 4.1.9 เพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์ของข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ (TOR 4.5.1) โดยระบบที่ต้องเชื่อมโยงจะประกอบไปด้วยอย่างน้อยดังต่อไปนี้

5.1.1) ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet)

5.1.2) ระบบสารสนเทศปริมาณจราจร (Traffic Information Management System, TIMS)

5.1.3) ระบบรายงานอุบัติเหตุบนทางหลวง (Highway Accident Information Management System, HAIMS)

5.1.4) ระบบบริหารแผนงานทางหลวง (Plannet)

5.1.5) ระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง กรมทางหลวง (Highway Registration Information System, HRIS)

5.1.6) ระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์ และตรวจสอบสภาพทางหลวง (Material and Inspection Information System, MIIS)

5.2) ที่ปรึกษาจะต้องดำเนินติดตั้งและดำเนินการทดสอบเพื่อการยอมรับ User Acceptance Test (UAT) โดยใช้ข้อมูลล่าสุดในฐานข้อมูลของระบบที่ถูกเชื่อมโยง และแบบจำลองต่าง ๆ ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสมของแบบจำลองต่าง ๆ ที่ได้ทำการปรับปรุงในโครงการ (TOR 4.5.2)

งานส่วนที่ 6 งานวิเคราะห์ความเหมาะสมในงานสำรวจสภาพทาง และการวิเคราะห์ความต้องการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS

6.1) วิเคราะห์เงื่อนไข และรอบระยะเวลาของการสำรวจค่าความเสียหายที่เหมาะสม เพื่อให้ครอบคลุมโครงข่ายทางหลวงทั่วประเทศ โดยพิจารณาประกอบกับปัจจัยหลายประเภท เช่น การเสื่อมสภาพทาง ปริมาณจราจร สัดส่วนรถบรรทุก ค่าใช้จ่ายผู้ใช้ทาง เป็นต้น (TOR 4.6.1)

6.2) เสนอแนะหลักเกณฑ์การเก็บข้อมูลสภาพผิวทาง จากความสัมพันธ์ระหว่างการเสื่อมสภาพทาง การวางแผนสำรวจ และปัจจัยที่ได้ศึกษา เพื่อการยกระดับการเก็บข้อมูลสภาพผิวทางให้มีความคุ้มค่าและประสิทธิผลสูงสุด (TOR 4.6.2)

6.3) เสนอแนะค่าตัวแปรที่สำคัญ ซึ่งควรสำรวจเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่สำนักบริหารบำรุงทางได้ว่าจ้างที่ปรึกษาสำรวจ เพื่อการวิเคราะห์ความต้องการงบประมาณที่มีความแม่นยำมากขึ้นโดยระบบ TPMS พร้อมแนะนำเครื่องมือในการจัดเก็บค่าตัวแปรดังกล่าว (TOR 4.6.3)

6.4) วิเคราะห์แผนการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS ทั้งแบบกลยุทธ์และประจำปี (TOR 4.6.4)

งานส่วนที่ 7 การจัดทำคู่มือสอบการใช้งานระบบ และสื่อวิดีทัศน์

7.1) ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำคู่มือผู้ใช้งานระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) (User Manual) (TOR 4.7.1)

7.2) ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำคู่มือผู้ดูแลระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) (Administrator Manual) (TOR 4.7.2)

7.3) ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำจัดทำวีดิทัศน์สื่อการสอน ความยาวไม่น้อยกว่า 5 นาที (Instructional Video) (TOR 4.7.3)

งานส่วนที่ 8 การจัดหาและส่งมอบอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย

8.1) ที่ปรึกษาจะจัดส่งเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย แบบที่ 2 สำหรับให้บริการจัดการระบบและฐานข้อมูล (TOR 4.8) โดยมีคุณสมบัติพื้นฐานอย่างน้อยดังต่อไปนี้

8.1.1) มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ 16 แกนหลัก (16 core) หรือดีกว่าสำหรับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) โดยเฉพาะและมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาพื้นฐานไม่น้อยกว่า 2.9 GHz จำนวนไม่น้อยกว่า 2 หน่วย

8.1.2) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) รองรับการประมวลผลแบบ 64 bit มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันไม่น้อยกว่า 24 MB

8.1.3) มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด ECC DDR4 หรือดีกว่า ขนาดไม่น้อยกว่า 32 GB

8.1.4) สนับสนุนการทำงาน RAID ไม่น้อยกว่า RAID 0, 1, 5

8.1.5) มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SCSI หรือ SAS ที่มีความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 10,000 รอบ/นาที ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 2 TB หรือ ชนิด Solid State Drive หรือดีกว่าขนาดความจุไม่น้อยกว่า 960 GB จำนวนไม่น้อยกว่า 4 หน่วย

8.1.6) มี DVD-ROM หรือดีกว่า แบบติดตั้งภายใน (Internal) หรือภายนอก (External) จำนวน 1 หน่วย

8.1.7) มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10 Gb Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง

8.1.8) มีจอแสดงภาพขนาดไม่น้อยกว่า 19 นิ้ว จำนวน 1 หน่วย

8.1.9) มี Power Supply แบบ Redundant หรือ Hot Swap จำนวน 2 หน่วย

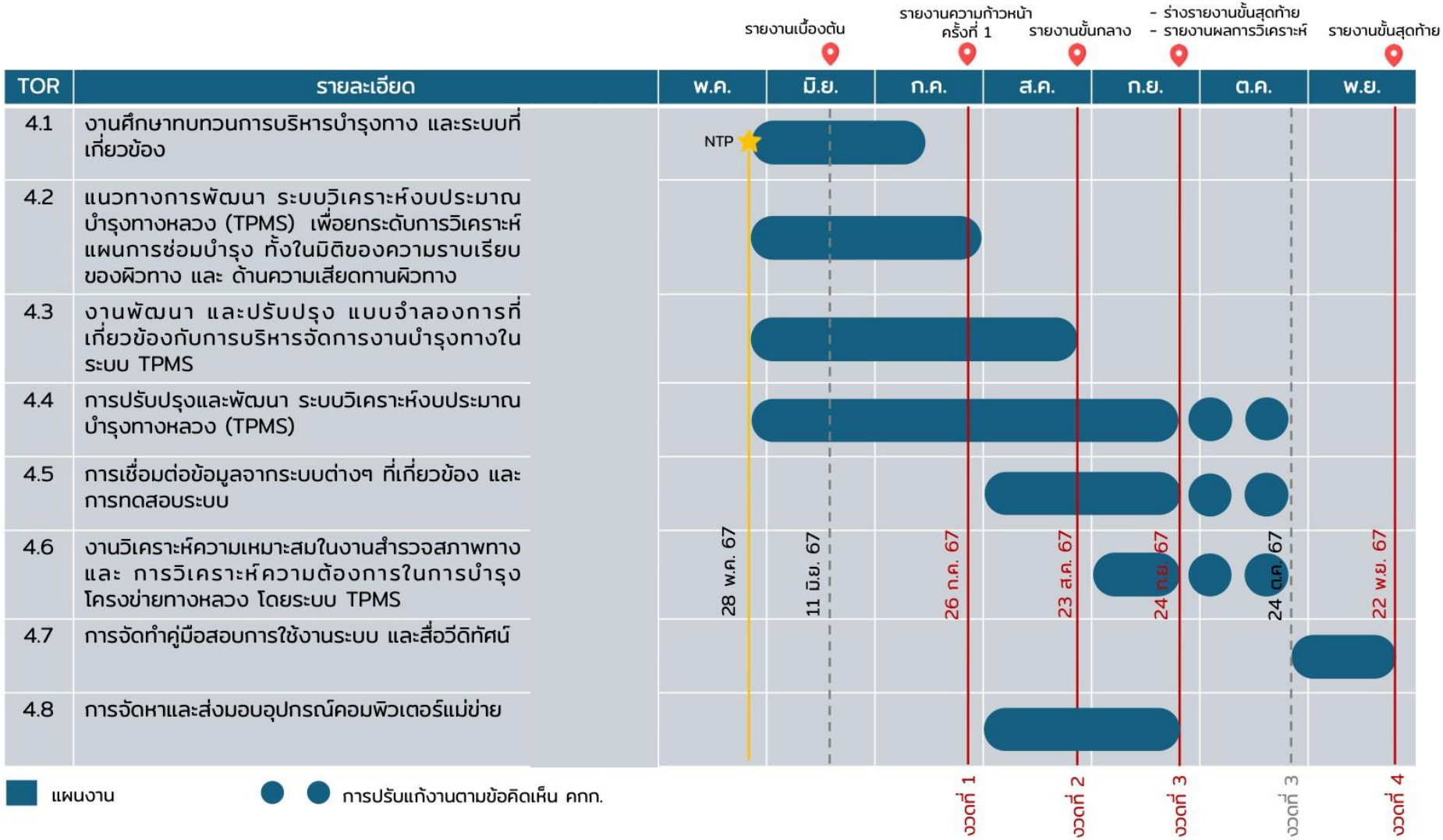
8.1.10) มีแป้นพิมพ์มาตรฐาน ซึ่งแป้นพิมพ์ของฟังก์ชันแยกออกจากแป้นพิมพ์ตัวอักษรอย่างชัดเจนโดยมีตัวอักษรภาษาไทย ภาษาอังกฤษ ติดอยู่บนแป้นพิมพ์อย่างถาวร จำนวน 1 ชุด

8.1.11) มี Scroll Optical Mouse แบบ USB จำนวน 1 ชุด

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ตามขอบเขตงานที่กล่าวถึงในหัวข้อ 1.3 ที่ปรึกษาได้จัดทำสรุปภาพรวมการดำเนินงาน แสดงดังรูปที่ 1-1 แบ่งเป็นการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2) การปรับปรุงและพัฒนาระบบ
3) วิเคราะห์และเสนอความเหมาะสมในการสำรวจสภาพทาง
4) การทำวีดิทัศน์สื่อการสอน



รูปที่ 1-1 แผนการดำเนินงานโครงการ

1.5 วัตถุประสงค์ของรายงาน

รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อรายงานผลการดำเนินงานของงานแต่ละส่วนตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดขอบเขตของงานตามสัญญา (TOR) ข้อที่ 6.6 แสดงรายละเอียดผลการศึกษาและผลการดำเนินงานในช่วง 5 เดือนที่ผ่านมา นับตั้งแต่วันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 โดยเนื้อหาในรายงานฯ มีความสอดคล้องกับรายละเอียดที่ระบุในข้อกำหนดขอบเขตงาน (TOR) แสดงดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 ความสอดคล้องของเนื้อในรายงานและ TOR

ลำดับ	รายละเอียดใน TOR	หัวข้อในรายงาน
1	ผลสรุปการปฏิบัติงานทั้งโครงการ	บทที่ 2
2	ข้อ 4.7 (งานส่วนที่ 7) แล้วเสร็จ	บทที่ 2

1.6 โครงสร้างของรายงาน

รายงานฉบับนี้เป็นรายงานขั้นสุดท้ายของโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-2 รายละเอียดของรายงานขั้นสุดท้าย

ชื่อหัวข้อ	ขอบเขตงาน (TOR)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	-
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	-
1.3 ขอบเขตงานจ้างที่ปรึกษา	-
1.4 ระยะเวลาของโครงการ	-
1.5 วัตถุประสงค์ของรายงาน	-
1.6 โครงสร้างของรายงาน	-
1.7 สรุปความก้าวหน้าการดำเนินงานของที่ปรึกษา	-
บทที่ 2 งานที่ดำเนินการแล้วเสร็จ	
2.1 งานส่วนที่ 1 งานศึกษาทบทวนการบริหารบำรุงทาง และระบบที่เกี่ยวข้อง	4.1
2.1.1 การศึกษาระบบการบริหารจัดการงานบำรุงทาง (Pavement Management System) ที่ใช้ในต่างประเทศ	4.1.1
2.1.2 การศึกษาแนวทางการดำเนินงานของระบบการบริหารจัดการและพัฒนาด้านงานทาง (HDM) ซึ่งพัฒนาโดยธนาคารโลก (World Bank)	4.1.2
2.1.3 การศึกษาทบทวน ตัวแปรที่สำคัญ สำหรับใช้ในการเตรียมนำเข้าข้อมูลทั้งในส่วนของข้อมูลทั่วไปของสายทาง (Inventory Data) และข้อมูลสภาพการใช้งาน (Condition Data) รวมถึงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ที่สามารถส่งออกได้ ของ HDM	4.1.3

ตารางที่ 1-2 รายละเอียดของรายงานขั้นสุดท้าย (ต่อ)

ชื่อหัวข้อ	ขอบเขตงาน (TOR)
บทที่ 2 งานที่ดำเนินการแล้วเสร็จ (ต่อ)	
2.1.4 การศึกษาทบทวนแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การบริหารจัดการและพัฒนาด้านงานทาง ทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง และผลกระทบจากการซ่อมบำรุง (Road Deterioration and Work Effects) แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่า (Road User Effects: RUE) ทั้งผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต และ ผิวทางคอนกรีต	4.1.4
2.1.5 การศึกษา และเสนอแนวทาง การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเสื่อมสภาพ จากการศึกษาของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง	4.1.5
2.1.6 การศึกษา ทบทวน แนวทางการตรวจวัดและประเมินความเสียดทานของผิวทาง (Skid Resistance) ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ที่เหมาะสมกับการเก็บข้อมูลในระดับโครงข่าย และนำเสนอเครื่องมือสำรวจความเสียดทานผิวทาง โดยต้องเป็นการสำรวจความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ที่เหมาะสมกับการสำรวจความเสียดทานของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในระดับโครงข่าย	4.1.6
2.1.7 การศึกษา ทบทวน เกณฑ์การพิจารณาสภาพความเสียดทานของผิวทาง ผ่านมาทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงแนวทางการนำค่าดังกล่าวไปใช้พิจารณาการซ่อมบำรุงทาง	4.1.7
2.1.8 การศึกษา ค่าปรับแก้ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ (Crash Modification Factors: CMF) ทั้งในประเทศและต่างประเทศ	4.1.8
2.1.9 การศึกษา ทบทวนรายละเอียดและรูปแบบข้อมูล โครงสร้างฐานข้อมูล สถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) แผนผังอธิบายโครงสร้าง และความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) ของระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่ดูแลระบบ เพื่อผนวกรวมและเชื่อมโยงข้อมูลตามความต้องการผู้ใช้งาน สำนักบริหารบำรุงทาง	4.1.9
2.2 งานส่วนที่ 2 แนวทางการพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อยกระดับการวิเคราะห์แผนการซ่อมบำรุง ทั้งในมิติของความราบเรียบของผิวทาง และ ด้านความเสียดทานผิวทาง	4.2
2.2.1 แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการความเสียดทานผิวทาง เพื่อยกระดับการวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวงโดยระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)	4.2.1
2.2.2 การทดสอบเก็บตัวอย่างข้อมูลความเสียดทานนำร่องของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง เพื่อเตรียมรองรับข้อมูลค่าความเสียดทางที่กรมทางหลวงจะดำเนินการสำรวจในอนาคต	4.2.2
2.2.3 การนำเสนอแบบจำลองด้านความเสียดทาน ที่เหมาะสม กับการนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการงบประมาณบำรุงทาง	4.2.3
2.2.4 การนำเสนอแนวทางการปรับปรุง แบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทาง ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลอง	4.2.4

ตารางที่ 1-2 รายละเอียดของรายงานขั้นสุดท้าย (ต่อ)

ชื่อหัวข้อ	ขอบเขตงาน (TOR)
บทที่ 2 งานที่ดำเนินการแล้วเสร็จ (ต่อ)	
2.2.5 การนำเสนอกรอบและผังการพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทาง (TPMS) ทั้งในส่วนของแบบจำลองด้านความเสียดทาน (ข้อ 4.2.3) และในงานส่วนของแบบจำลองต่าง ๆ ในระบบ (ข้อ 4.2.4)	4.2.5
2.2.6 การเสนอแนวทางการเลือกใช้ค่า Average Annual Adjusted Structural Number (SNP) หรือ Structural Coefficient Index (SCI) หรือ ข้อมูลทางด้านความแข็งแรงอื่น ๆ เพื่อการบริหารจัดการทางด้านงานทาง	4.2.6
2.3 งานส่วนที่ 3 งานพัฒนา และปรับปรุง แบบจำลองการที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทางในระบบ TPMS	4.3
2.3.1 การเสนอแนวทางการเลือกใช้ค่า Average Annual Adjusted Structural Number (SNP) หรือ Structural Coefficient Index (SCI) หรือ ข้อมูลทางด้านความแข็งแรงอื่น ๆ เพื่อการบริหารจัดการทางด้านงานทาง	4.3.1
2.3.2 การปรับปรุง และพัฒนาแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการด้านงานทาง	4.3.2
2.4 งานส่วนที่ 4 การปรับปรุงและพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)	4.4
2.4.1 การจัดทำ User requirement เพื่อรับฟังความต้องการใช้งานจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งสรุปผลเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนา	4.4.1
2.4.2 พัฒนาเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) สำหรับการคัดเลือกสายทาง เพื่อเลือกข้อมูล การสำรวจและข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์บริหารงานบำรุง พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการนำเข้า ตามความต้องการของกรมทางหลวง	4.4.2
2.4.3 งานพัฒนาระบบการวิเคราะห์ โดยระบบที่พัฒนาต้องสามารถรองรับการจัดทำแผนการบำรุงรักษาได้ตามระยะเวลาในการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบและเงื่อนไข มีความยืดหยุ่นปรับเปลี่ยนตัวแปรในสมการและแบบจำลองรูปแบบในการซ่อมบำรุง	4.4.3
2.4.4 การพัฒนาระบบการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการส่งออกรายงาน โดยระบบที่พัฒนาจะต้องนำเสนอข้อมูลรูปแบบ เช่น แดชบอร์ด (Dashboard) กราฟ (Graph) แผนภูมิ (Chart) เพื่อนำเสนอผลการวิเคราะห์ในมิติต่างๆ ได้	4.4.4
2.4.5 สามารถแสดงผลการวิเคราะห์และส่งออกในรูปแบบต่าง ๆ ตามความต้องการของหน่วยงาน	4.4.5
2.5 งานส่วนที่ 5 การเชื่อมต่อข้อมูลจากระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และการทดสอบระบบ	4.5
2.5.1 การเชื่อมโยงข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งโดยตรงและโดยอ้อม เพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์ของข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์	4.5.1
2.5.2 การติดตั้งและดำเนินการทดสอบเพื่อการยอมรับ User Acceptance Test (UAT) โดยใช้ข้อมูลล่าสุดในฐานข้อมูลของระบบที่ถูกเชื่อมโยง และแบบจำลองต่าง ๆ ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสมของแบบจำลองต่าง ๆ ที่ได้ถูกทำการปรับปรุงในโครงการ	4.5.2

ตารางที่ 1-2 รายละเอียดของรายงานขั้นสุดท้าย (ต่อ)

ชื่อหัวข้อ	ขอบเขตงาน (TOR)
บทที่ 2 งานที่ดำเนินการแล้วเสร็จ (ต่อ)	
2.6 งานส่วนที่ 6 งานวิเคราะห์ความเหมาะสมในงานสำรวจสภาพทาง และการวิเคราะห์ความต้องการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS	4.6
2.6.1 การวิเคราะห์เงื่อนไขและรอบระยะเวลาของการสำรวจค่าความเสียหายที่เหมาะสม เพื่อให้ครอบคลุมโครงข่ายทางหลวงทั่วประเทศ โดยพิจารณาประกอบกับปัจจัยหลายประเภท	4.6.1
2.6.2 การเสนอแนะหลักเกณฑ์การเก็บข้อมูลสภาพผิวทาง จากความสัมพันธ์ระหว่างการเสื่อมสภาพทาง การวางแผนสำรวจ และปัจจัยที่ได้ศึกษา เพื่อการยกระดับการเก็บข้อมูลสภาพผิวทางให้มีความคุ้มค่าและประสิทธิผลสูงสุด	4.6.2
2.6.3 การเสนอแนะค่าตัวแปรที่สำคัญ ซึ่งควรสำรวจเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่สำนักบริหารบำรุงทางได้ว่าจ้างที่ปรึกษาสำรวจ เพื่อการวิเคราะห์ความต้องการงบประมาณที่มีความแม่นยำมากขึ้นโดยระบบ TPMS พร้อมแนะนำเครื่องมือในการจัดเก็บค่าตัวแปรดังกล่าว	4.6.3
2.6.4 การวิเคราะห์แผนการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS ทั้งแบบกลยุทธ์ (แผนการซ่อมระยะยาว) และประจำปี	4.6.4
2.7 งานส่วนที่ 7 การจัดทำคู่มือสอนการใช้งานระบบ และสื่อวีดิทัศน์	4.7
2.7.1 การจัดทำคู่มือผู้ใช้งานระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) (User Manual)	4.7.1
2.7.2 การจัดทำคู่มือผู้ดูแลระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) (Administrator Manual)	4.7.2
2.7.3 การจัดทำสื่อวีดีทัศน์ สื่อการสอน (Instructional Video)	4.7.3
2.8 งานส่วนที่ 8 การจัดหาและส่งมอบอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย	4.8
บทที่ 3 ความล่าช้าและปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการ	
3.1 การศึกษาแบบจำลองการเสื่อมสภาพ จากการศึกษาของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง	-
3.2 การสำรวจข้อมูลความเสียดทาน	-
3.3 การนำเข้าข้อมูลความเสียดทานจากการสำรวจ	-
3.4 การจัดหาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย	-
3.5 การปรับแก้แบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทาง	-
3.6 ความล่าช้าในการปรับปรุงและพัฒนาระบบ	-
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รายงานการตรวจสอบการนำเข้าระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (Material and Inspection Information System : MIIS)	-
ภาคผนวก ข ตัวอย่างรายการคำนวณสมการการเสื่อมสภาพ และรายการคำนวณผลกระทบผู้ใช้ทางพร้อมทั้งข้อมูลสายทางสำหรับใช้สอบเทียบแบบจำลองผิวทางลาดยาง	-

ตารางที่ 1-2 รายละเอียดของรายงานขั้นสุดท้าย (ต่อ)

ชื่อหัวข้อ	ขอบเขตงาน (TOR)
ภาคผนวก ค รายงานตัวอย่างข้อมูลสำรวจค่าความเสียดทาน	-
ภาคผนวก ง เอกสารการทดสอบระบบ UAT (User Acceptance Test) สำหรับระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง	-
ภาคผนวก จ ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจกับแบบจำลองความเสียดทานจากการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง	-
เอกสารอ้างอิง (References)	-

1.7 สรุปความก้าวหน้าการดำเนินงานของที่ปรึกษา

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง เริ่มปฏิบัติงานตั้งแต่วันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2567 และจะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จภายใน 180 วัน ซึ่งตรงกับวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ขณะนี้ที่ปรึกษาได้ดำเนินงานตามขอบเขตงานของโครงการมาแล้วเป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยสามารถสรุปความก้าวหน้าการดำเนินงานได้ดังนี้

1.7.1 งานส่วนที่ 1 งานศึกษาทบทวนการบริหารบำรุงทาง และระบบที่เกี่ยวข้อง

ที่ปรึกษาได้ทำการศึกษาและทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบริหารบำรุงทาง ทั้งในประเทศและในต่างประเทศตามที่ระบุใน TOR ข้อที่ 4.1 เสร็จเรียบร้อย และแสดงผลการดำเนินงานในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.1

1.7.2 งานส่วนที่ 2 แนวทางการพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อยกระดับการวิเคราะห์แผนการซ่อมบำรุง ทั้งในมิติของความราบเรียบของผิวทางและด้านความเสียดทานผิวทาง

ที่ปรึกษาได้ทำการทบทวนข้อมูลการวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวงทั้งในมิติของความราบเรียบและความเสียดทานของผิวทาง และได้ทำการออกแบบแนวทางการใช้งานตัวแปรที่เกี่ยวข้องในหน้าจอระบบ (User Interface) เรียบร้อยแล้ว นอกจากนั้น ที่ปรึกษาได้ลงพื้นที่เพื่อสำรวจความเสียดบนสายทางที่ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการฯ พร้อมนำเข้าข้อมูลแล้วไม่น้อยกว่า 900 กม. โดยเป็นการนำเข้าในทั้งระบบ Roadnet และระบบ MIIS แล้วเสร็จทั้งหมด โดยแสดงผลการดำเนินงานในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.2

1.7.3 งานส่วนที่ 3 งานพัฒนา และปรับปรุง แบบจำลองการที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทางในระบบ TPMS

ที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลสำรวจและฐานข้อมูล เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองความเสียดทาน จากการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง รวมถึง สรุปสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ผลการสอบเทียบ และความเชื่อมั่นของแบบจำลอง ด้วยค่าทางสถิติแล้วเสร็จ และได้เสนอแนะการปรับปรุง การพัฒนาแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการบริหารจัดการด้านงานทางแล้วเสร็จ โดยแสดงผลการดำเนินงานในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.3

1.7.4 งานส่วนที่ 4 การปรับปรุงและพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

ที่ปรึกษาได้จัดประชุมรับความต้องการผู้ใช้งานระบบ (User's Requirements) และนำข้อคิดเห็นจากผู้ใช้งานระดับต่าง ๆ มาปรับหน้าจอระบบ (User Interface) เรียบร้อยแล้ว โดยได้ทำการสรุปหน้าจอระบบ (User Interface) ร่วมกับฝ่ายเลขาฯ และคณะกรรมการเรียบร้อย ปัจจุบันที่ปรึกษากำลังดำเนินการการพัฒนาระบบตามที่ได้ออกแบบไว้แล้วเสร็จทั้งหมดตามระบุในข้อกำหนดของเขตงาน (TOR)

1.7.5 งานส่วนที่ 5 การเชื่อมต่อข้อมูลจากระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และการทดสอบระบบ

ที่ปรึกษาได้มีหนังสือถึงหน่วยงานภายในกรมทางหลวง ที่เป็นผู้พัฒนาระบบสารสนเทศที่มีการใช้งานตามภารกิจของกรมทางหลวงเรียบร้อยแล้ว โดยขณะนี้ ที่ปรึกษาได้รับการติดต่อกลับจากหน่วยงานผู้ดูแลระบบ Planned และได้รับ URL สำหรับเชื่อมโยง API เรียบร้อยแล้ว ในส่วนของระบบ TIMS และ Roadnet ผู้ดูแลระบบได้มีการประสานกลับมายังที่ปรึกษา และได้แจ้งในเบื้องต้นว่าสามารถเชื่อมโยงข้อมูลที่ต้องการไปยังระบบ TPMS ได้ ทั้งนี้ ในส่วนของระบบ HAIMS ทางผู้ดูแลระบบได้ประสานมายังที่ปรึกษาเพื่อขอข้อมูลเพิ่มเติมว่าจะเป็นการเชื่อมโยงระบบแบบใดเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งานมากที่สุด

1.7.6 งานส่วนที่ 6 งานวิเคราะห์ความเหมาะสมในงานสำรวจสภาพทาง และการวิเคราะห์ความต้องการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS

ที่ปรึกษาได้วิเคราะห์เงื่อนไขและรอบระยะเวลาของการสำรวจค่าความเสียหายที่เหมาะสม เพื่อให้ครอบคลุมโครงข่ายทางหลวงทั่วประเทศ โดยพิจารณาประกอบกับปัจจัยหลายประเภท ในรายงานขั้นสุดท้าย บทที่ 2 หัวข้อที่ 2.6.1 และเสนอแนะหลักเกณฑ์การเก็บข้อมูลสภาพผิวทางจากความสัมพันธ์ระหว่างการเสื่อมสภาพทาง การวางแผนสำรวจ และปัจจัยที่ได้ศึกษา คุ้มค่าและประสิทธิผลสูงสุด เพื่อการยกระดับการเก็บข้อมูลสภาพผิวทางให้มีความคุ้มค่าและประสิทธิผลสูงสุดในรายงานขั้นสุดท้าย บทที่ 2 หัวข้อที่ 2.6.2 และได้เสนอแนะค่าตัวแปรที่สำคัญซึ่งควรสำรวจเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่สำนักบริหารบำรุงทางได้ ว่าจ้างที่ปรึกษาสำรวจ

เพื่อการวิเคราะห์ความต้องการงบประมาณที่มีความแม่นยำมากขึ้น โดย ระบบ TPMS พร้อมแนะนำเครื่องมือในการจัดเก็บค่าตัวแปรดังกล่าวในรายงานขั้นสุดท้าย บทที่ 2 หัวข้อที่ 2.6.3 และวิเคราะห์แผนการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS ทั้งแบบกลยุทธ์ (แผนการซ่อมระยะยาว) และประจำปีในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.6.4

1.7.7 งานส่วนที่ 7 การจัดทำคู่มือสอนการใช้งานระบบ และสื่อวีดิทัศน์

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำสื่อวีดิทัศน์ โดยจัดทำเป็นโครงร่างสื่อวิดีทัศน์ (Storyboard) และนำเสนอให้ฝ่ายเลขาฯ เพื่อทำให้ความสมบูรณ์ และได้มีการลงพื้นที่ถ่ายทำสำหรับนำมาใช้ในการจัดทำสื่อวีดิทัศน์ ปัจจุบันที่ปรึกษาได้ดำเนินการการจัดทำคู่มือสอนการใช้งานระบบและสื่อวีดิทัศน์แล้วเสร็จ

1.7.8 งานส่วนที่ 8 การจัดหาและส่งมอบอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย

ที่ปรึกษาได้นำส่งคุณสมบัติและติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่สอดคล้องกับคุณสมบัติที่ระบุในข้อกำหนดของเขตงาน (TOR) ให้คณะกรรมการโดยผ่านการอนุมัติเรียบร้อยแล้ว

จากการดำเนินงานโครงการเป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน นับตั้งแต่วันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ที่ปรึกษามีผลการดำเนินงานอยู่ที่ ร้อยละ 100 ซึ่งเท่ากับแผนที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 100 แสดงดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 ความก้าวหน้าการดำเนินงานโครงการ

ลำดับ	TOR	การดำเนินงาน	ร้อยละของงาน		รอบเรตงาน 180 วัน																											
					พ.ค.	มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม					กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
					สป 5	สป 1	สป 2	สป 3	สป 4	สป 1	สป 2	สป 3	สป 4	สป 1	สป 2	สป 3	สป 4	สป 5	สป 1	สป 2	สป 3	สป 4	สป 1	สป 2	สป 3	สป 4	สป 1	สป 2	สป 3	สป 4	สป 1	สป 2	สป 3	สป 4
1	(TOR 4.1) งานส่วนที่ 1 งานศึกษาทบทวนการบริหารบำรุงทาง และระบบที่เกี่ยวข้อง (แล้วเสร็จ Progress Report 1)		แผน	10.00																												
			ผล	10.00																												
1.1	4.1.1	ศึกษาระบบการบริหารจัดการงานบำรุงทาง (Pavement Management System) ที่ใช้ในต่างประเทศ เช่น ประเทศออสเตรเลีย และประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น	แผน	1.20	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10																				
			ผล	1.20	0.30	0.30	0.20	0.20	0.10	0.10																						
1.2	4.1.2	ศึกษาแนวทางการดำเนินงานของระบบการบริหารจัดการและพัฒนาด้านงานทาง (HDM) ซึ่งพัฒนาโดยธนาคารโลก (World Bank)	แผน	1.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10																				
			ผล	1.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10																						
1.3	4.1.3	ศึกษาทบทวน ตัวแปรที่สำคัญ สำหรับใช้ในการเตรียมนำเข้าข้อมูลทั้งในส่วนของ ข้อมูลทั่วไปของสายทาง (Inventory Data) และข้อมูลสภาพการใช้งาน (Condition Data) รวมถึงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ที่สามารถส่งออกได้ของ HDM	แผน	1.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10																				
			ผล	1.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10																						
1.4	4.1.4	ศึกษาทบทวนแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การบริหารจัดการและพัฒนาด้านงานทาง ทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง และผลกระทบจากการซ่อมบำรุง(Road Deterioration and Work Effects) แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่า (Road User Effects: RUE) ทั้งมีทางและสิ่งก่อสร้างบนถนน และ นิวทางตอนถนน	แผน	1.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10																				
			ผล	1.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10																						
1.5	4.1.5	ศึกษา และเสนอแนวทาง การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเสื่อมสภาพ จากการศึกษาของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง	แผน	1.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10																				
			ผล	1.10	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10																				
1.6	4.1.6	ศึกษา ทบทวน แนวทางการตรวจวัดและประเมินความเสียหายทางของผิวทาง (Skid Resistance) ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ที่เหมาะสมกับการเก็บข้อมูลในระดับโครงข่าย และนำเสนอเครื่องมือสำรวจความเสียหายทางผิวทาง โดยต้องเป็นการสำรวจความเสียหายแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ที่เหมาะสมกับการสำรวจความเสียหายของผิวทางและผิวทางบนสิ่งก่อสร้างในระดับโครงข่าย	แผน	1.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10																				
			ผล	1.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10																						
1.7	4.1.7	ศึกษา ทบทวน เกณฑ์การพิจารณาสภาพความเสียหายของผิวทาง ผ่านมาที่ใช้ในประเทศ และต่างประเทศ รวมถึงแนวทางการนำค่าดังกล่าวไปใช้พิจารณาการซ่อมบำรุงทาง	แผน	1.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10																				
			ผล	1.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10																						
1.8	4.1.8	ศึกษา ค่าปรับแก้ให้กับพฤติกรรมการเกิดอุบัติเหตุ (Crash Modification Factors: CMF) ทั้งในประเทศ และ ต่างประเทศ	แผน	1.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10																				
			ผล	1.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10																						
1.9	4.1.9	ศึกษา ทบทวนรายละเอียดและรูปแบบข้อมูล โครงสร้างฐานข้อมูล สถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) แผนผังอีกาแสดงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) ของระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่ดูแลระบบ เพื่อนบวกรวมและเชื่อมโยงข้อมูลตามความต้องการผู้ใช้งาน สำนักบริหารบำรุงทาง	แผน	1.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10																				
			ผล	1.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10																						
2	(TOR 4.2) งานส่วนที่ 2 แนวทางการพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อยกระดับการวิเคราะห์แผนการซ่อมบำรุง ทั้งในมิติของความราบเรียบของผิวทาง และ ด้านความเสียหายทางผิวทาง		แผน	15.00																												
			ผล	15.00																												
2.1	4.2.1	แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการความเสียหายทางผิวทาง เพื่อยกระดับการวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง โดยระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง(TPMS) โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้	แผน	1.00	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10																				
			ผล	1.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20																							
		1) กรอบและผังผลลการนำเข้า วิเคราะห์ และผลลัพธ์ของการนำความเสียหายบนถนนวิเคราะห์งบประมาณ TPMS โดยจะต้องประกอบด้วยเนื้อหา ดังต่อไปนี้	แผน	1.00	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10																				
			ผล	1.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20																							
		2) เสนอแนวทางการนำเข้าค่าความเสียหายจากฐานข้อมูลที่เหมาะสมของ กรมทางหลวง หรือ ระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และควรจัดสถานทางหลวง (MIS) เข้าสู่ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)	แผน	1.00	0.50	0.30	0.20																									
			ผล	1.00	0.50	0.30	0.20																									
		การทดสอบเก็บตัวอย่างข้อมูลความเสียหายนำร่องของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ในความบริเวณของกรมทางหลวง เพื่อเตรียมรองรับข้อมูลค่าความเสียหายที่กรมทางหลวงจะดำเนินการสำรวจในอนาคต	แผน	1.00	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	0.20	0.05	0.05																				
		1) รวบรวมข้อมูลประวัติสายทางแอสฟัลต์คอนกรีต ในประเทศไทยของกรมทางหลวงมาคัดเลือกสายทางนำร่อง เพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นในการทดสอบการวิเคราะห์ในมิติของความปลอดภัยจากการซ่อมบำรุง ซึ่งที่ปรึกษาต้องจัดทำแผนที่การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา	ผล	1.00	0.50	0.30	0.20																									
		2) คำเนินการสำรวจเก็บข้อมูลสภาพสายทางที่คัดเลือกแล้ว ด้วยเครื่องมือสำรวจความเสียหายผิวทาง ประเภทการสำรวจความเสียหายแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ไม่น้อยกว่า 300 กิโลเมตรต่อ 1 ช่องจราจร และสำรวจข้อมูลค่า Mean Profile Depth จากกรมทางหลวง ในสายทางเดียวกัน	แผน	1.00	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	0.20	0.05	0.05																				
			ผล	1.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20																							
	4.2.2	3) การนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไม่น้อยกว่า 300 กิโลเมตร โดยนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในระบบสารสนเทศโครงข่ายกรมทางหลวง (Roadnet) หรือ ฐานข้อมูลอื่นที่เหมาะสม	แผน	1.00	0.10	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10	0.05	0.05																				
			ผล	1.00	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10																				
		4) คำเนินการสำรวจเก็บข้อมูลสภาพสายทางที่คัดเลือกแล้ว ด้วยเครื่องมือสำรวจความเสียหายผิวทาง ประเภทการสำรวจความเสียหายแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ไม่น้อยกว่า 900 กิโลเมตรต่อ 1 ช่องจราจร และสำรวจข้อมูลค่า Mean Profile Depth จากกรมทางหลวง ในสายทางเดียวกัน	แผน	1.30	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05																
			ผล	1.30	0.20	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20																						
		4) การนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ โดยนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในระบบสารสนเทศโครงข่ายกรมทางหลวง (Roadnet) หรือ ฐานข้อมูลอื่นที่เหมาะสม	แผน	1.30	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05																
			ผล	1.30	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10																	
2.3	4.2.3	นำเสนอแบบจำลองด้านความเสียหาย ที่เหมาะสม กับการนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการงบประมาณบำรุงทาง	แผน	2.00	0.30	0.50	0.50	0.20	0.20	0.20	0.05	0.05																				
			ผล	2.00	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.20	0.20	0.25																				
2.4	4.2.4	ทบทวนและเสนอแนวแนวทางการปรับปรุง แบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทางซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองอย่างน้อย ดังนี้ 1) แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Road deterioration model) 2) แบบจำลองผลลผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road works effects model) 3) แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่าที่เหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวง (Road user effects model	แผน	1.80	0.30	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	0.05	0.05																				
			ผล	1.80	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10																				
2.5	4.2.5	ที่ปรึกษาต้องนำเสนอกรอบและมีการพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ทั้งในงานส่วนของแบบจำลองด้านความเสียหาย (ข้อ 4.2.3) และในงานส่วนของแบบจำลองต่างๆในระบบ (ข้อ 4.2.4)	แผน	1.80	0.30	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	0.05	0.05																				
			ผล	1.80	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10																				
2.6	4.2.6	เสนอแนวทางการเลือกใช้ค่า Average annual adjusted structural number (SNP) หรือ Structural Coefficient Index (SCI) หรือ ข้อมูลทางด้านความยั่งยืนอื่น ๆ เพื่อการบริหารจัดการทางด้านงานทาง	แผน	1.80	0.30	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	0.05	0.05																				
			ผล	1.80	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10																				
3	(TOR 4.3) งานส่วนที่ 3 งานพัฒนา และปรับปรุง แบบจำลองการที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทางในระบบ TPMS		แผน	10.00																												
			ผล	10.00																												
3.1	4.3.1	รวบรวมข้อมูลสำรวจ จากข้อ 4.2.2 และ ฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองความเสียหาย จากการศึกษาสัมของกรมทางหลวง รวมถึง สรุปสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ผลการสอบเทียบ และความเชื่อมั่นของแบบจำลอง ด้วยค่าทางสถิติ	แผน	5.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40	0.40	0.40	0.20	0.10																
			ผล	5.00	0.50	0.50	0.60	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.10	0.10	0.10																
3.2	4.3.2	ปรับปรุง และพัฒนาแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการด้านงานทาง ดังนี้ 1) แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Road deterioration model) โดยที่ปรึกษาจะต้องวิเคราะห์สายทางที่มีข้อมูลประวัติการซ่อมบำรุง และไม่มีประวัติซ่อมบำรุงใด อย่างน้อยต่อเนื่องอย่างน้อย 3 ปี โดยใช้ข้อมูลจริงที่หน่วยงานมีอยู่	แผน	5.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40	0.40	0.40	0.20	0.10																
			ผล	5.00	0.50	0.50	0.60	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.10	0.10	0.10																
4	(TOR 4.4) งานส่วนที่ 4 การปรับปรุงและพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) โดยมีรายละเอียดการ ดังนี้		แผน	30.00																												
			ผล	30.00																												
4.1	4.4.1	ที่ปรึกษาจะต้องการจัดทำ User requirement เพื่อรับฟังความต้องการใช้งานจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งสรุปผลเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนา	แผน	2.00	0.70	0.80	0.50																									
			ผล	2.00	0.70	0.80	0.50																									
4.2	4.4.2	พัฒนาเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) สำหรับการคัดเลือกสายทาง เพื่อเลือกข้อมูลการสำรวจและข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์บริหารงานบำรุง พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการนำเข้า ตามความต้องการของกรมทางหลวง	แผน	7.00	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.60	0.60											
			ผล	7.00	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.60	0.60											
4.3	4.4.3	งานพัฒนาระบบการวิเคราะห์ โดยระบบที่พัฒนาต้องสามารถรองรับการจัดทำแผนการบำรุงรักษาให้ความยืดหยุ่นเวลาในการวิเคราะห์ตัวรูปแบบและเงื่อนไข มีความยืดหยุ่น ปรับเปลี่ยนตัวแปรในสมการและแบบจำลองรูปแบบในการซ่อมบำรุง	แผน	7.00	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.60	0.60										
			ผล	7.00	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	1.00	1.00								
4.4	4.4.4	งานพัฒนาระบบการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการส่งออกรายงาน โดยระบบที่พัฒนาจะต้องนำเสนอข้อมูลรูปแบบ เช่น แดชบอร์ด (Dashboard) กราฟ (Graph) แผนภูมิ (Chart) เพื่อนำเสนอผลการวิเคราะห์ในมิติต่าง ๆ	แผน	7.00	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.60	0.60										
			ผล	7.00	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.80	0.60	0.50	0.50					
4.5	4.4.5	สามารถแสดงผลการวิเคราะห์และส่งออกในรูปแบบต่าง ๆ ตามความต้องการของหน่วยงาน ยกตัวอย่าง ในรูปแบบ .pdf ,JPEG ,CSV	แผน	7.00	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.60	0.60										
			ผล	7.00	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.80	0.80	0.50	0.50					
5	(TOR 4.5) งานส่วนที่ 5 การเชื่อมต่อข้อมูลจากระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และการทดสอบระบบ		แผน	10.00																												
			ผล	10.00																												
5.1	4.5.1	ปรึกษาจะต้องเชื่อมโยงข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งโดยตรงและโดยอ้อม ตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 4.1.9 เพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์ของข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์	แผน	5.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.80	0.70											
			ผล	5.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	0.10	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.50										
5.2	4.5.2	ปรึกษาจะต้องดำเนินคดีและดำเนินการทดสอบเพื่อการยอมรับ User Acceptance Test (UAT) โดยใช้ข้อมูลล่าสุดในฐานข้อมูลของระบบที่ถูกเชื่อมโยง และแบบจำลองต่าง ๆ ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสมของแบบจำลองต่าง ๆ ที่ได้ถูกทำการปรับปรุงในโครงการ	แผน	5.00												0.50	0.50	0.60	0.60	1.10	1.10											
			ผล	5.00												0.50	0.50	0.50	0.50	0.10	0.10	0.10	2.60	0.10								
6	(TOR 4.6) งานส่วนที่ 6 งานวิเคราะห์ความเหมาะสมในงานสำรวจสภาพทาง และ การวิเคราะห์ความต้องการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS		แผน	10.00																												
			ผล	10.00																												
6.1	4.6.1	วิเคราะห์เรือนใยและรอบระยะเวลาของการสำรวจค่าความเสียหายที่เหมาะสม เพื่อให้ครอบคลุมโครงข่ายทางหลวงทั่วประเทศ โดยพิจารณาประกอบกับปัจจัยหลายประเภท เช่น การเสื่อมสภาพทาง ปริมาณจราจร สัดส่วนรถบรรทุก ค่าใช้จ่ายผู้ใช้ทาง เป็นต้น	แผน	2.50												0.10	0.30	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30										
			ผล	2.50												0.10	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40										
6.2	4.6.2	เสนอแนวหลักเกณฑ์การเก็บข้อมูลสภาพผิวทาง จากความสัมพันธ์ระหว่างการเสื่อมสภาพทาง การวางแผนสำรวจ และปัจจัยที่ได้ศึกษา เพื่อการยกระดับการเก็บข้อมูลสภาพผิวทางเพื่อให้มีความคุ้มค่าและประสิทธิผลสูงสุด	แผน	2.50												0.10	0.30	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30										
			ผล	2.50												0.10	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40										
6.3	4.6.3	เสนอแนวค่าตัวแปรที่สำคัญ ซึ่งควรสำรวจเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่สำนักบริหารบำรุงทางได้ว่าจ้างที่ปรึกษาสำรวจ เพื่อการวิเคราะห์ความต้องการงบประมาณที่มีความแม่นยำมากขึ้น โดยระบบ TPMS พร้อมแนะนำเครื่องมือในการจัดเก็บค่าตัวแปรดังกล่าว	แผน	2.50												0.10	0.30	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30										
			ผล	2.50												0.10	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40										
6.3	4.6.4	วิเคราะห์แผนการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS ทั้งแบบกลยุทธ์และประจำปี	แผน	2.50												0.10	0.30	0.30	0.60	0.60	0.30	0.30										
			ผล	2.50												0.10	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40										
7	(TOR 4.7) งานส่วนที่ 7 การจัดทำคู่มือสอบการใช้งานระบบ และสื่อวิดีทัศน์		แผน	10.00																												
			ผล	10.00																												
7.1	4.7.1	ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำคู่มือผู้ใช้งานระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) (User Manual)	แผน	3.30												0.10	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10					
			ผล	3.30												0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	0.20			
7.2	4.7.2	ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำคู่มือผู้ดูแลระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) (Administrator Manual)	แผน	3.30												0.10	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10				
			ผล	3.30												0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	0.20			
7.3	4.7.3	ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำวิดีทัศน์สื่อการสอน ความยาวไม่น้อยกว่า 5 นาที (Instructional Video)	แผน	3.40												0.10	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.10				
			ผล	3.40				0.10	0.30	1.00	1.00	0.50	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10															
8	(TOR 4.8) งานส่วนที่ 8 การจัดหาและส่งมอบอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย		แผน	5.00																												
			ผล	5.00																												
8.1	4.8	จัดหาและส่งมอบอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย	แผน	5.00												0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50							
			ผล	5.00				0.50	0.50	1.00	1.00	0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.50									
			แผน	100.00																												
			แผน	% แผนงานประจำเดือน	6.40	8.20	8.40	5.00	5.80	5.60	4.00	3.80	2.80	2.80	2.30	3.90	4.70	4.80	6.00	6.00	6.90	6.80	1.40	1.40	1.40	0.90	0.40	0.30					
				% แผนงานสะสม	6.40	14.60	23.00	28.00	33.80	39.40	43.40	47.20	50.00	52.80	55.10	59.00	63.70	68.50	74.50	80.50	87.40	94.20	95.60	97.00	98.40	99.30	99.70	100.00					
			ผล	% ผลงานประจำเดือน	7.65	8.90	8.50	7.00	6.90	6.50	5.50	4.55	2.75	1.95	1.75	2.35	3.70	3.40	3.40	3.00	3.30	3.50	6.70	3.50	2.00	1.60	0.60	0.60					
				% ผลงานสะสม	7.65	16.55	25.05	32.05	38.95	45.45	50.95	55.50	58.25	60.20	61.95	64.30	68.00	71.40	74.80	77.80	81.10	84.60	91.30	94.80	96.80	98.40	99.00	100.00					

วันเริ่มต้นสัญญา
28 พฤษภาคม 2567

วันสิ้นสุดสัญญา
23 พฤศจิกายน 2567

รายงานผลการดำเนินงานโครงการ
แผนการดำเนินงานสะสม ร้อยละ 100
ผลการดำเนินงานสะสม ร้อยละ 100

บทที่ 2
งานที่ดำเนินการแล้วเสร็จ

ตามที่ระบุในข้อกำหนดขอบเขตงาน (TOR) ข้อที่ 6.6 ที่ปรึกษาจะต้องจัดส่งรายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) ที่มีผลการดำเนินงานแล้วเสร็จ ดังนี้

- TOR ข้อที่ 4.1 งานส่วนที่ 1 งานศึกษาทบทวนการบริหารบำรุงทาง และระบบที่เกี่ยวข้อง
- TOR ข้อที่ 4.2 งานส่วนที่ 2 แนวทางการพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อยกระดับการวิเคราะห์แผนการซ่อมบำรุง ทั้งในมิติของความราบเรียบของผิวทาง และด้านความเสียดทานผิวทาง
- TOR ข้อที่ 4.3 งานส่วนที่ 3 งานพัฒนา และปรับปรุง แบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทางในระบบ TPMS
- TOR ข้อที่ 4.4 งานส่วนที่ 4 การปรับปรุงและพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง
- TOR ข้อที่ 4.5 งานส่วนที่ 5 การเชื่อมต่อข้อมูลจากระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และการทดสอบระบบ
- TOR ข้อที่ 4.6 งานส่วนที่ 6 งานวิเคราะห์ความเหมาะสมในงานสำรวจสภาพทาง และการวิเคราะห์ความต้องการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS
- TOR ข้อที่ 4.7 งานส่วนที่ 7 การจัดทำคู่มือสอนการใช้งานระบบ และสื่อวีดิทัศน์
- TOR ข้อที่ 4.8 งานส่วนที่ 8 การจัดหาและส่งมอบอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย

ในการนี้ ที่ปรึกษาได้ดำเนินงานส่วนดังกล่าวแล้วเสร็จ โดยผลการดำเนินงานมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 งานส่วนที่ 1 งานศึกษาทบทวนการบริหารบำรุงทาง และระบบที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การศึกษาระบบการบริหารจัดการงานบำรุงทาง (Pavement Management System) ที่ใช้ในต่างประเทศ

ที่ปรึกษาได้ทำการศึกษาระบบการบริหารจัดการงานบำรุงทาง (Pavement Management System) ที่มีการใช้งานอยู่ในต่างประเทศ รายละเอียดดังนี้

2.1.1.1 ประเทศออสเตรเลีย

มีการใช้ระบบการบริหารจัดการงานบำรุงทาง Pavement Management Systems (PMS) ในการวิเคราะห์และประเมินผลการบำรุงรักษาเพื่อให้มีการจัดการสินทรัพย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อ้างอิงตาม Guide to Asset Management, Guide to Pavement Technology (Austroads, 2018) เป็นหลัก โดยมีการเก็บข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ดังนี้

1) ข้อมูลการออกแบบผิวถนน เช่น ข้อมูลการทดสอบวัสดุก่อนก่อสร้าง ข้อมูลการออกแบบ ข้อมูลโครงสร้างของผิวทางและวัสดุที่ใช้ รวมถึงข้อมูลแผนที่ทางธรณีของผิวถนน
2) ข้อมูลรายละเอียดการก่อสร้าง เช่น การบันทึกและการรายงานในรูปแบบเป็นทางการ แบบก่อสร้างแล้วเสร็จ ผลสภาพอากาศขณะก่อสร้าง ผลการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ/ผู้ก่อสร้างในโครงการ
3) ผลบันทึกการบำรุงรักษาและการซ่อมบำรุง เช่น ประวัติการบำรุงรักษา ประวัติผิวทางการซ่อมบำรุงที่ใช้ และผลลัพธ์ของการซ่อมบำรุง ระดับความรุนแรงในการรักษา ณ ปัจจุบัน และอัตราการเพิ่มขึ้นในช่วง 5 ปี ล่าสุด ธรรมชาติของความเสียหายในอดีตของผิวถนน
4) สภาพภูมิอากาศ เช่น ประวัติระดับน้ำฝน ประวัติอุณหภูมิของผิวถนน
5) ประวัติปริมาณการจราจร

2.1.1.2 ประเทศสหรัฐอเมริกา

มีการใช้ระบบการบริหารจัดการงานบำรุงทาง Pavement Management Systems (PMS) ในการวิเคราะห์และประเมินผลการบำรุงรักษาเพื่อให้มีการจัดการสินทรัพย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อ้างอิงตาม Analytical Tools for Asset Management (NCHRP, 2005) และ Development of Levels of Service for the Interstate Highway System (NCHRP, 2010) เป็นหลัก โดยมีการเก็บข้อมูลทั้งในอดีต และปัจจุบัน ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผลในกระบวนการจัดการสินทรัพย์ เพื่อให้ได้ซึ่งวิธีการบำรุงรักษา ซึ่งมีประสิทธิภาพ และมีผลลัพธ์ต่อผู้ใช้งานได้ดี โดยที่ประหยัดค่าใช้จ่ายให้ได้มากที่สุด ข้อมูลที่ระบบบันทึกไว้เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ มีดังนี้

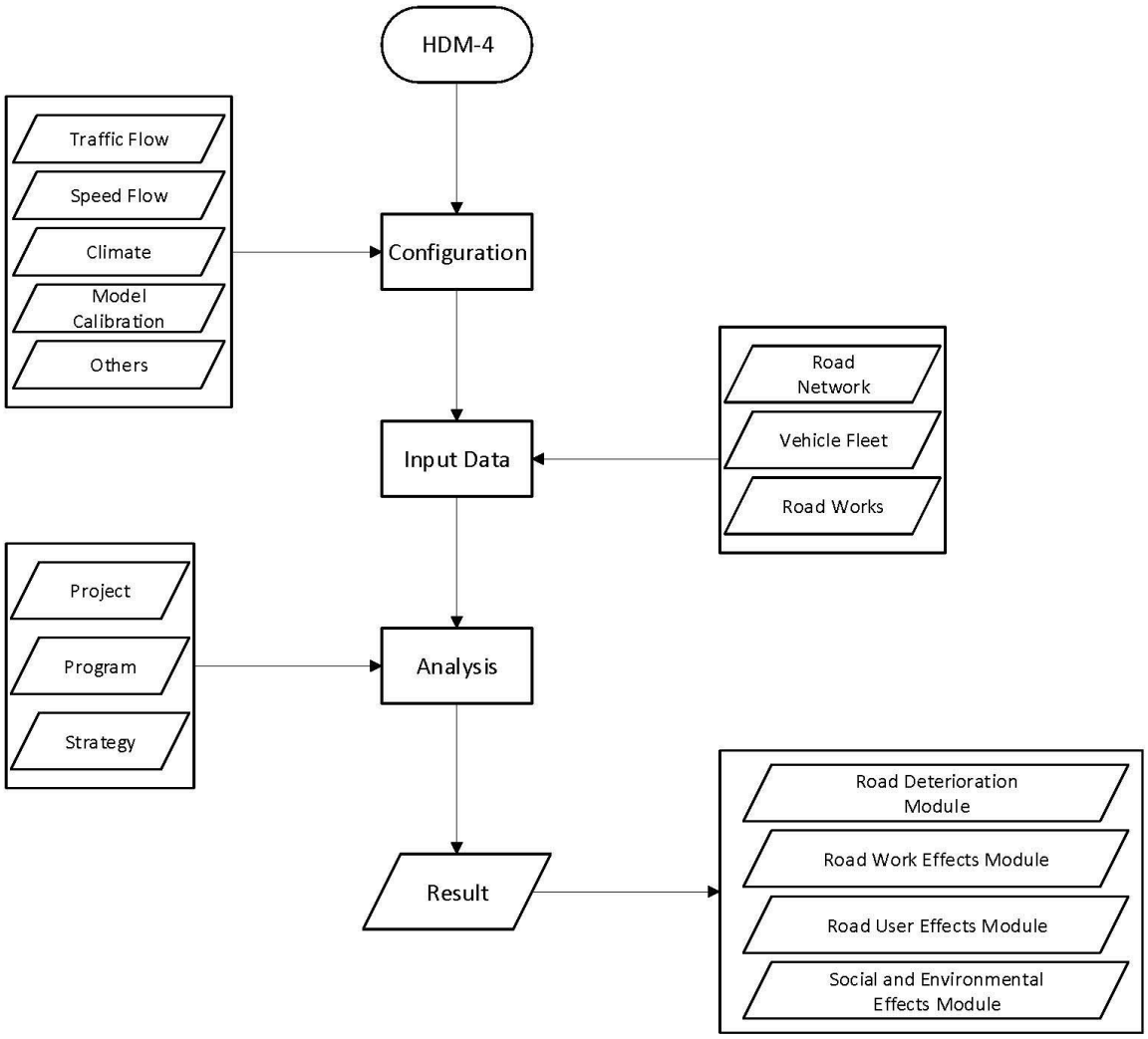
1) ชื่อรัฐ หมายเลขทาง ประเภทการบำรุงรักษา ความยาวทั้งหมดของโครงการ และสภาพอากาศ
2) แผนการบำรุงรักษาและประวัติการบำรุงรักษา
3) ปริมาณการจราจรเฉลี่ย และสัดส่วนของรถบรรทุก
4) ประเภทของความเสียหาย และค่าความเสียหายที่กำหนดสำหรับการเลือกวิธีบำรุงรักษา
5) การประเมินสภาพของผิวทางก่อนและหลังการบำรุงรักษา
6) อายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการบำรุงรักษาที่เลือกใช้
7) วิธีการสำหรับระบุอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้น
8) ค่าใช้จ่ายในอดีตจากวิธีการบำรุงรักษาที่ดำเนินการ
9) แหล่งข้อมูลที่ใช้ เช่น PMS, MMS, RP (Research Project) และอื่น ๆ
10) ความชำนาญของผู้ดำเนินการเกี่ยวกับวิธีการบำรุงรักษาที่ใช้ในปัจจุบันขององค์กร
11) ข้อมูลสินทรัพย์อื่น ๆ ที่อยู่บนสายทาง เช่น สะพาน อุโมงค์ ระบบระบายน้ำ จุดพักต่าง ๆ อาคาร พืชพรรณริมถนน หลักจราจร ป้ายจราจร Guardrail สัญลักษณ์บนถนนหมุดสะท้อนแสง

จะเห็นว่า การจัดเก็บข้อมูล (Inventory Data) ของระบบบริหารจัดการงานบำรุงทางของทั้ง 2 ประเทศ มีการเก็บข้อมูลครอบคลุมหลากหลายมิติที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์แนวทางการบริหารจัดการงานบำรุงทาง ซึ่งผลการศึกษาในส่วนนี้ จะเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาปรับปรุงระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.1.2 การศึกษาแนวทางการดำเนินงานของระบบการบริหารจัดการและพัฒนาด้านงานทาง (HDM) ซึ่งพัฒนาโดยธนาคารโลก (World Bank)

ธนาคารโลก หรือ World Bank ได้มีการศึกษาพฤติกรรมการเสื่อมสภาพของผิวทางหลวงในหลายประเทศ นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1968 โดยได้มีการตีพิมพ์เอกสารทางวิชาการนำเสนอมาตรฐานการออกแบบ และบำรุงรักษาทางหลวง เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั่วโลกนำไปปรับใช้ในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งธนาคารโลก (World Bank) พบว่า ระดับการให้บริการทางหลวงมีผลกระทบโดยตรงกับค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง จึงได้ร่วมมือกับ Massachusetts Institute of Technology (MIT) ในการพัฒนา Software เพื่อช่วยในการออกแบบทางหลวง ชื่อว่า Highway Cost Model (HCM) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาทางหลวงและยานพาหนะของผู้ใช้ทาง หลังจากนั้น ธนาคารโลก (World Bank) และ Massachusetts Institute of Technology (MIT) ได้มีการพัฒนาฟังก์ชั่นของระบบดังกล่าวเรื่อยมาจนกลายเป็นระบบ Highway Design and Maintenance Standards (HDM) ที่มีการใช้งานมากกว่า 25 ประเทศทั่วโลก (RSU International Research Conference, 2562)

โครงสร้างของระบบ Highway Design and Maintenance Standards หรือ HDM เวอร์ชั่นล่าสุด (HDM) ประกอบด้วย 4 ฟังก์ชั่นหลัก คือ การตั้งค่าทั่วไป (Configuration), การนำเข้าข้อมูล (Input Data), การวิเคราะห์ (Analysis) และผลการวิเคราะห์ (Result) แสดงดังรูปที่ 2-1



ที่มา : RSU International Research Conference, 2562

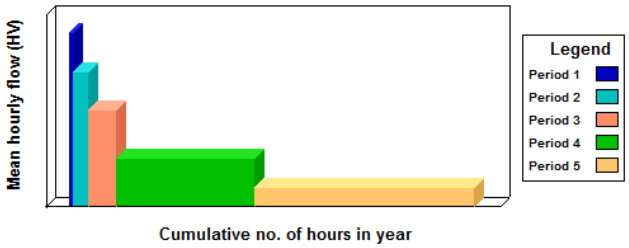
รูปที่ 2-1 โครงสร้างของโปรแกรม HDM

2.1.2.1 การตั้งค่า

ในขั้นตอนแรก ผู้ใช้งานจะต้องทำการตั้งค่าต่าง ๆ ในหน้า Configuration ซึ่งประกอบด้วยการตั้งค่า ดังนี้

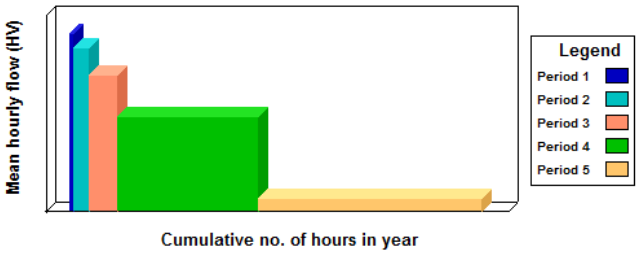
1) การไหลของปริมาณจราจร (Traffic Flow)

เป็นการตั้งค่าลักษณะการไหลของปริมาณจราจรในแต่ละวันบนเส้นทางที่จะทำการวิเคราะห์ ซึ่งแต่ละเส้นทางจะมีลักษณะการไหลของปริมาณจราจรแตกต่างกันตามการใช้งาน แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ Seasonal, Commuter และ Inter-Urban แต่ละประเภทจะมีลักษณะการใช้งานเส้นทางแบ่งเป็น Period หรือ ช่วง แสดงดังรูปที่ 2-2 ถึง รูปที่ 2-4 (HDM Manual, 2549) ซึ่งสามารถตั้งค่าปริมาณจราจรและระยะเวลาของปริมาณจราจรในช่วงดังกล่าวได้



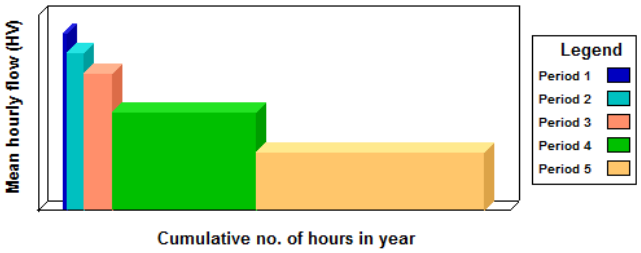
ที่มา : HDM Manual, 2549

รูปที่ 2-2 การไหลของปริมาณจราจรประเภท Seasonal



ที่มา : HDM Manual, 2549

รูปที่ 2-3 การไหลของปริมาณจราจรประเภท Commuter



ที่มา : HDM Manual, 2549

รูปที่ 2-4 การไหลของปริมาณจราจรประเภท Inter-urban

2) การใช้ความเร็วของยานพาหนะ (Speed Flow)

เป็นการตั้งค่าปริมาณจราจรตามความเร็วที่ใช้งานบนเส้นทางที่จะทำการวิเคราะห์ เพื่อใช้ประกอบการคำนวณในแบบจำลองความเสื่อมสภาพผิวทางและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง โดยเป็นการตั้งค่าที่ความเร็ว Ultimate, Free-Flow, Nominal และ Jam Speed ของถนนประเภท Single Lane, Intermediate, 2-Lane, Wide 2-Lane และ 4-Lane แสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ตัวอย่างการตั้งค่าการใช้ความเร็วของยานพาหนะ (Speed Flow) ใน HDM

Speed Flow Type / Capacity Characteristics	Single-Lane	Intermediate	2-Lane	Wide 2-Lane	4-Lane
Ultimate Capacity, Q_{ult} (PCSE/lane/hr)	600	1200	1400	1600	2000
Free-Flow Capacity, Q_o	0	0	140	320	800
Nominal Capacity, Q_{nom}	420	840	1260	1440	1900
Jam Speed at Capacity, S_{ult} (km/h)	10	20	25	30	40

ที่มา : Mahidol University, 2562

3) สภาพภูมิอากาศ (Climate)

เป็นการตั้งค่าสภาพอากาศของเส้นทางแต่ละส่วนที่จะทำการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น การตั้งค่าความชื้น (Moisture) ซึ่งจะต้องเลือกเกณฑ์ความชื้นตามดัชนีความชื้น และปริมาณน้ำฝนที่กำหนด แสดงดังตารางที่ 2-2 ในส่วนของการตั้งค่ารายการที่ 2 คือ อุณหภูมิ (Temperature) จะต้องเลือกเกณฑ์อุณหภูมิตามที่กำหนด แสดงดังตารางที่ 2-3 ซึ่งตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศนี้จะส่งผลต่อความเสื่อมสภาพของผิวทาง

ตารางที่ 2-2 การตั้งค่าความชื้น (Moisture) ใน HDM

Moisture classification	Description	Thornthwaite moisture index	Annual precipitation (mm)
arid	very low rainfall, high evaporation	-100 to -61	<300
semi-arid	low rainfall	-60 to -21	300 to 800
sub-humid	moderate rainfall or strongly seasonal rainfall	-20 to +19	800 to 1600
humid	moderate warm seasonal rainfall	+20 to +100	1500 to 3000
per-humid	high rainfall or very many wet-surface days	>100	>2400

ที่มา : Mahidol University, 2562

ตารางที่ 2-3 การตั้งค่าอุณหภูมิ (Temperature) ใน HDM

Temperature classification	Description	Temperature rage (C)
tropical	warm temperature in small range	20 to 35
sub-tropical – hot	high day cool night temperature, hot-cold seasons	-5 to 45
sub-tropical – cool	moderate day temperatures, cool winters	-10 to 30
temperature – cool	warm summer, shallow winter freeze	-20 to 25
temperature - freeze	cool summer, deep winter freeze	-40 to 20

ที่มา : Mahidol University, 2562

4) ตัวแปรปรับแก้แบบจำลอง (Model Calibration)

HDM มีตัวแปรสำหรับปรับแก้แบบจำลองทั้งหมด 26 ตัวแปรแสดงดังตารางที่ 2-4 ซึ่งอ้างอิงจากคู่มือการใช้งาน HDM ตัวแปรที่มีผลต่อความเสื่อมสภาพของผิวทางมาก ได้แก่ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเกิดและการขยายรอยแตก (Crack Initiation และ Crack Progression)

ตารางที่ 2-4 ตัวแปรปรับแก้แบบจำลอง (Model Calibration) ใน HDM

No.	Deterioration model	Calibration factor
1	Wet/dry season SNP ratio (0.1 – 10)	K_f
2	Drainage deterioration factor	K_{ddf}
3	Drain life factor	K_{drain}
4	All structural cracking-initiation	K_{cia}
5	Wide structural cracking-initiation	K_{ciw}
6	All structural cracking-progression	K_{cpa}
7	Wide structural cracking- progression	K_{cpw}
8	Transverse thermal cracking-initiation	K_{cit}
9	Transverse thermal cracking-progression	K_{cpt}
10	Rutting-initial densification	K_{rid}
11	Rutting-structural deterioration	K_{rst}
12	Rutting-plastic deformation	K_{rpd}
13	Rutting-surface wear	K_{rsw}
14	Raveling-initiation	K_{vi}
15	Raveling-progression	K_{vp}
16	Pothole-initiation	K_{pi}
17	Pothole-initiation caused by cracking	K_{pic}
18	Pothole-initiation caused by ravelling	K_{pir}
19	Pothole-progression	K_{pp}
20	Edge break	K_{eb}
21	Roughness-environmental coefficient	K_{gm}
22	Roughness-SNPK	K_{snpk}
23	Roughness-progression	K_{ap}
24	Texture depth-progression	K_{td}
25	Skid resistance	K_{sfc}
26	Skid resistance-speed effects	K_{sfcs}

ที่มา : Mahidol University, 2562

5) การตั้งค่าอื่น ๆ

เป็นการตั้งค่าตัวแปรอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าการตั้งค่าลำดับที่ 1-4 เช่น การตั้งค่าสกุลเงินที่ใช้ในการคำนวณ ลำดับชั้นถนน คุณภาพการบดอัด และเกณฑ์ของดัชนีความขรุขระสากล (IRI) เป็นต้น

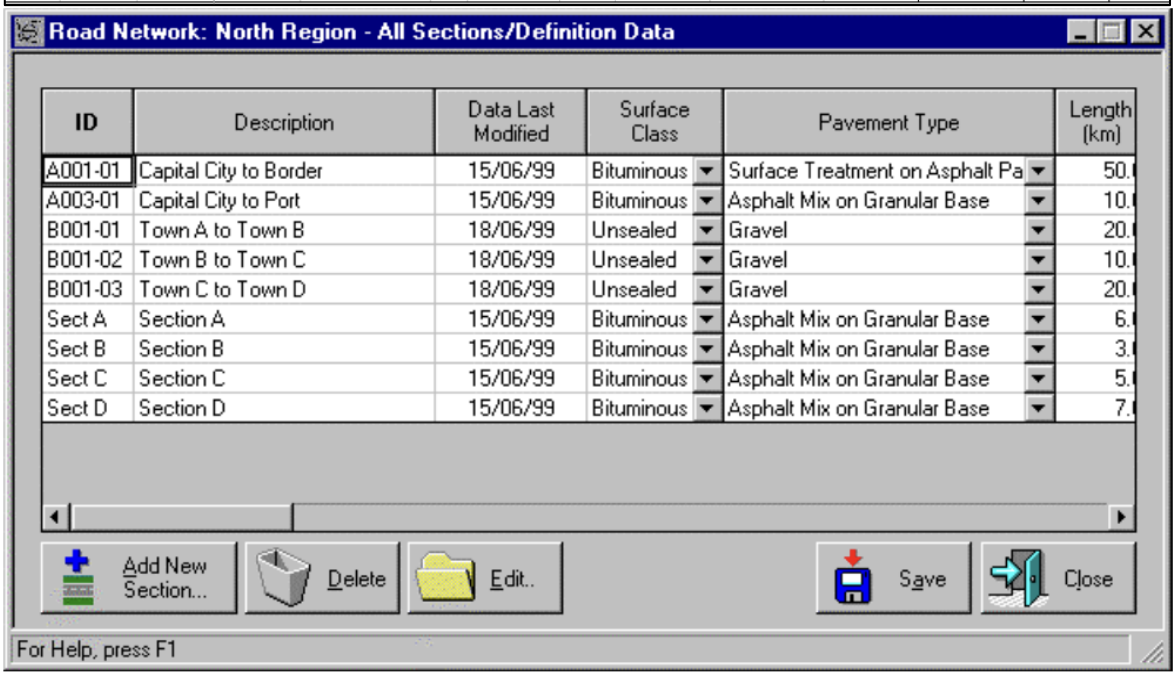
2.1.2.2 การนำเข้าข้อมูล (Input Data)

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ลักษณะของเส้นทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Road Network), ปริมาณจราจรบนเส้นทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Vehicle Fleet) และข้อกำหนดในการซ่อมบำรุง (Roadworks)

1) Road Network

เป็นการตั้งค่าลักษณะของเส้นทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยจะต้องนำเข้าข้อมูลการออกแบบทางเรขาคณิตของเส้นทาง (Road Geometry) เช่น ความกว้างของผิวทาง (Carriageway), ความกว้างของไหล่ทาง (Shoulder), ประเภทของผิวทาง, ค่าระดับ (Elevation) และความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ (Design Speed) เป็นต้น ทั้งนี้ ในการนำเข้าข้อมูลจะต้องทำการแบ่งช่วงเส้นทาง (Section) ตามปริมาณจราจรที่สัญจรบนแต่ละช่วง และลักษณะทางเรขาคณิตที่แตกต่างกัน ดังตัวอย่างการเตรียมข้อมูลนำเข้าและการนำเข้าข้อมูล Road Network แสดงดังรูปที่ 2-5

At-Grade								10.80	4.00				
Section	From	To	Dist (km)	Added Dist (km)		Ramp (km)	IC	Carriageway (m)	Shoulder Width (m)	Pavement	Previous Sections	Previous Elev.	Elev. (m)
2	2+690.000	3+880.000	1.19	0.76	0.25	2,016.48	6 lane	21.60	8.00	PMA	1	11.00	3.60
4	4+060.000	4+355.000	0.30	0.02	0.01		6 lane	21.60	8.00	PMA	3	3.60	3.60
6	4+415.000	4+690.000	0.28		-		6 lane	21.60	8.00	PMA	5	3.60	3.60
8	5+395.000	5+835.000	0.44		-		6 lane	21.60	8.00	PMA	7	12.60	3.40
10	5+865.000	6+379.000	0.51	0.01	0.00		6 lane	21.60	8.00	PMA	9	3.40	3.40
12	6+409.000	7+205.000	0.80	0.01	0.00		6 lane	21.60	8.00	PMA	11	3.40	3.40
14	7+725.000	8+059.000	0.33	0.01	0.00		6 lane	21.60	8.00	PMA	13	3.40	3.40
16	8+109.000	8+686.000	0.58	0.08	0.03		6 lane	21.60	8.00	PMA	15	3.40	3.40
18	8+736.000	9+350.000	0.61	0.01	0.00		6 lane	21.60	8.00	PMA	17	3.40	3.40
SUM	BYI		5.04	0.30	0.10	0.67	6.10	131,811.84	48,819.20	180,631.04			
20	10+315.000	11+115.000	0.80	0.01	0.00		6 lane	21.60	8.00	PMA	19	13.00	3.40
22	11+155.000	11+445.000	0.29				6 lane	21.60	8.00	PMA	21	3.40	3.40
SUM	SLY		1.09	0.00	0.00	-	1.09	23,640.00	8,755.56	32,395.56			
24	13+690.000	13+904.000	0.21		-		6 lane	21.60	8.00	PMA	23	4.00	4.00
26	13+954.000	15+340.000	1.39	0.01	0.00		6 lane	21.60	8.00	PMA	25	4.00	4.00
28	16+240.000	16+370.000	0.13		-		6 lane	21.60	8.00	PMA	27	4.00	4.00
30	17+330.000	17+600.000	0.27		-		6 lane	21.60	8.00	PMA	29	11.20	2.00
32	18+280.000	20+882.000	2.60	2.57	0.86		6 lane	21.60	8.00	PMA	31	9.80	3.50
34	22+412.000	23+535.000	1.12	0.01	0.00		6 lane	21.60	8.00	PMA	33	10.50	3.50
SUM	WW3		5.73	0.86	0.29	-	6.87	148,443.94	54,979.24	203,423.17			



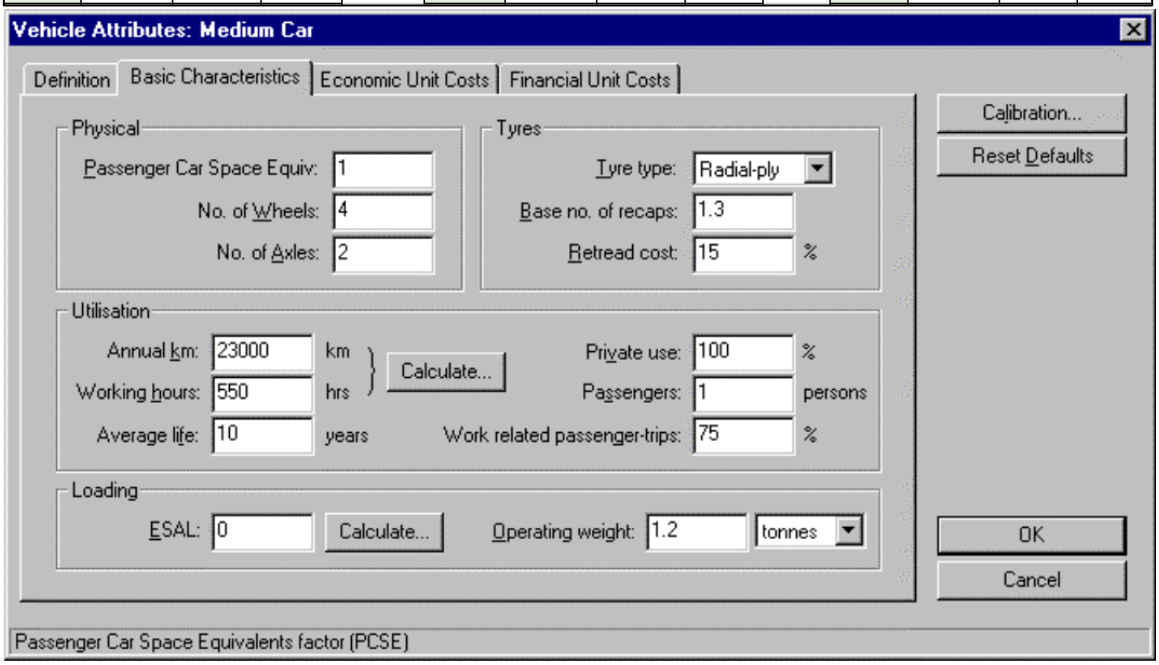
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2567

รูปที่ 2-5 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลนำเข้าและการนำเข้าข้อมูล Road Network

2) Vehicle Fleet

เป็นการตั้งค่าปริมาณและน้ำหนักของยานพาหนะที่สัญจรบนสายทางที่ต้องการจะวิเคราะห์ โดยสามารถเลือกลักษณะยานพาหนะพร้อมระบุข้อมูลน้ำหนักลงเพลาและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงของยานพาหนะแต่ละประเภทได้ จากนั้นจึงทำการระบุปริมาณยานพาหนะแต่ละประเภท และสามารถกำหนดทิศทางการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรได้ ดังตัวอย่างการเตรียมข้อมูลนำเข้าและการนำเข้าข้อมูล Vehicle Fleet แสดงดังรูปที่ 2-6

1. BYI	Traffic			2. SLY	Traffic			3. WW3	Traffic		
	4W	6W	10W		4W	6W	10W		4W	6W	10W
2563	11,919	328	1,610	2563	11,919	328	1,610	2563	8,752	241	1,182
2564	12,501	344	1,686	2564	12,501	344	1,686	2564	9,183	252	1,238
2565	13,083	360	1,762	2565	13,083	360	1,762	2565	9,615	264	1,295
2566	13,665	376	1,838	2566	13,665	376	1,838	2566	10,046	276	1,351
2567	14,247	392	1,913	2567	14,247	392	1,913	2567	10,477	288	1,407
2568	14,829	408	1,989	2568	14,829	408	1,989	2568	10,909	300	1,463
2569	15,493	426	2,082	2569	15,438	424	2,074	2569	11,310	311	1,520
2570	16,158	444	2,175	2570	16,048	441	2,160	2570	11,711	322	1,576
2571	16,823	463	2,267	2571	16,657	458	2,245	2571	12,113	333	1,632
2572	17,488	481	2,360	2572	17,267	475	2,330	2572	12,514	344	1,689
2573	18,152	499	2,453	2573	17,876	491	2,415	2573	12,916	355	1,745
2574	19,260	530	2,603	2574	18,310	503	2,474	2574	13,261	365	1,792
2575	20,367	560	2,753	2575	18,744	515	2,533	2575	13,606	374	1,839
2576	21,475	590	2,902	2576	19,178	527	2,592	2576	13,951	384	1,886
2577	22,583	621	3,052	2577	19,612	539	2,651	2577	14,296	393	1,932



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2567

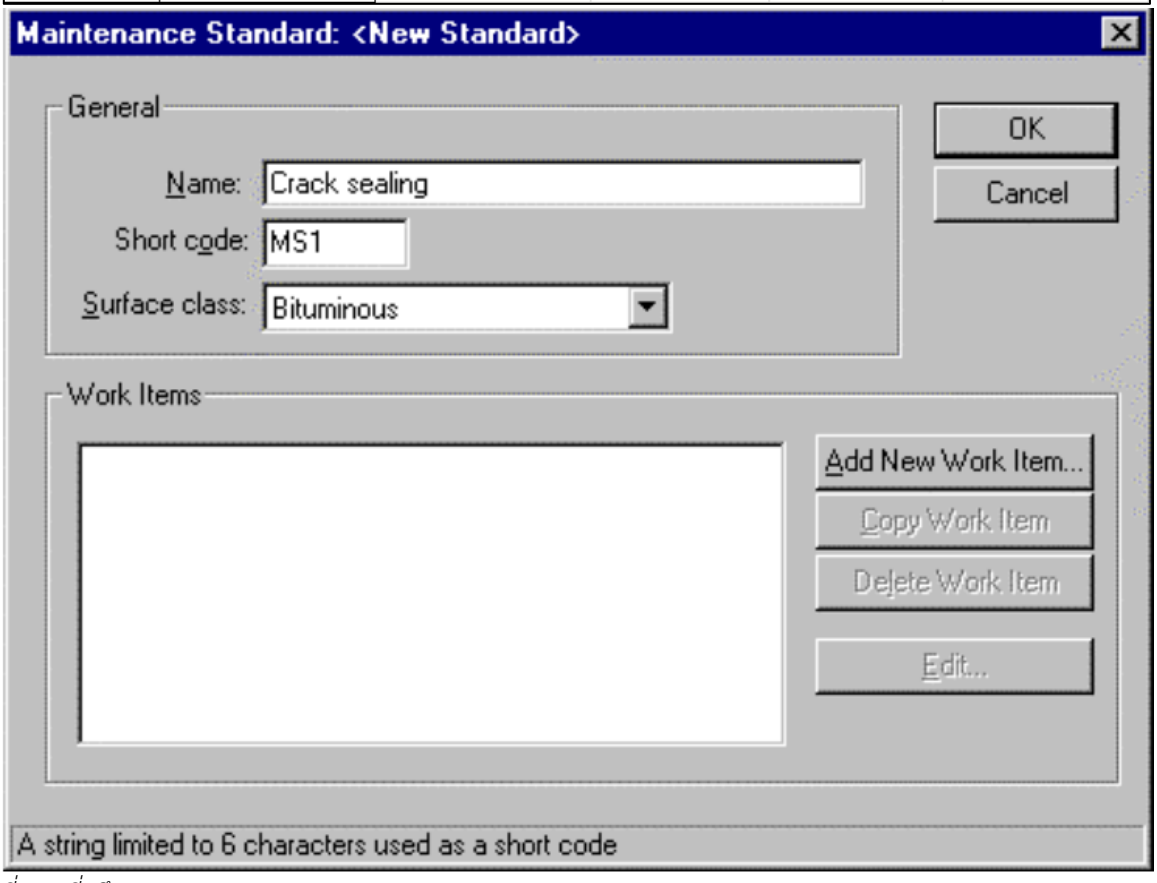
รูปที่ 2-6 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลนำเข้าและการนำเข้าข้อมูล Vehicle Fleet

3) Roadworks

เป็นการตั้งค่าข้อกำหนดในการซ่อมบำรุงผิวทาง ซึ่งจะต้องใช้วิธีการซ่อมบำรุง เกณฑ์การซ่อมบำรุง ค่าซ่อมบำรุง และผลที่ได้จากการซ่อมบำรุง โดยในเบื้องต้น HDM จะมีแนวทางการตั้งค่ามาให้ในระบบ ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลนำเข้าและการนำเข้าข้อมูล Roadworks แสดงดังรูปที่ 2-7

Asphaltic Concrete Pavement					
Maintenance Methods	Condition	Intervention	Cost		Effects
			PMA	AC40-50	
1. Crack sealing		Crack area > 1%	60 baht/m	40 baht/m	Crack area = 0%
2. Patching	At-grade	Ravel Area > 1%	1,500 baht/sq.m.	1,350 baht/sq.m.	Ravel Area = 0%
	Elevated	Potholes > 1 no./km	575 baht/sq.m.	290 baht/sq.m.	Potholes = 0 no./km
3.1 Mill and replace50	Thickness = 50 mm	IRI > 3.00	575 baht/sq.m.	290 baht/sq.m.	IRI = 2.50 m/km
3.2 Mill and replace30	Thickness = 30 mm	7 years interval	345 baht/sq.m.	180 baht/sq.m.	Skid resistance = 0.40 SFC
4.1 Slurry sealing	Thickness = 5 mm	Skid resistance < 0.25 SFC	140 baht/sq.m.	100 baht/sq.m.	Skid resistance = 0.40 SFC
4.2 Slurry sealing5yr	Thickness = 5 mm	5 years interval			

Reinforced Concrete Pavement					
Maintenance Methods	Intervention	Cost	Effects		
1. Full Depth Repair	IRI > 3.00 m/km	1,700 baht/sq.m.	IRI = 2.5 m/km		
	Deterioration Cracks > 5 no./km		Deterioration Cracks = 0%		
2. Partial Depth Repair	Spalling > 15%	750 baht/sq.m.	Spalling = 0%		
3. Diamond Grinding	Faulting > 12 mm	30 baht/sq.m.	Faulting = 0 mm		
M81 Area	2.9 million sq.m.				
Routine	1. Crack sealing		Alternative1	Routine+Corrective	
	2. Patching		Alternative2	Routine+Preventive1	
Preventive1	3.2 Mill and replace30		Alternative3	Routine+Preventive2	
Preventive2	4.2 Slurry sealing5yr				
Corrective	3.1 Mill and replace50				
	4.1 Slurry sealing				



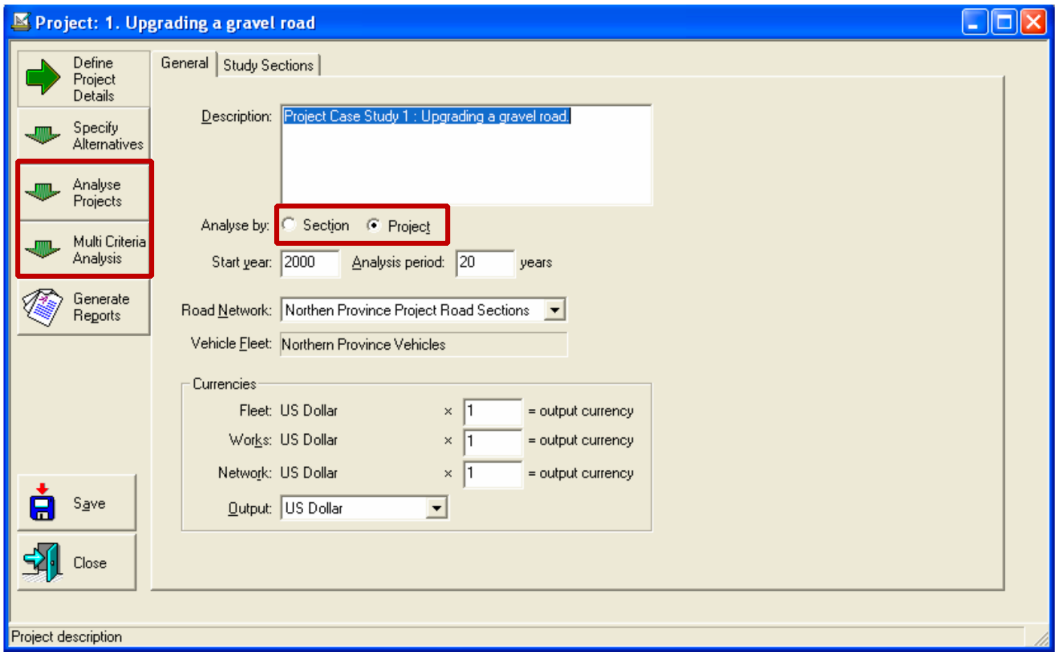
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2567

รูปที่ 2-7 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลนำเข้าและการนำเข้าข้อมูล Roadworks

2.1.2.3 การวิเคราะห์ (Analysis)

1) Project Analysis

เป็นการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์หรือด้านวิศวกรรม เพื่อเปรียบเทียบการลงทุนในโครงการก่อสร้างใหม่ โครงการซ่อมบำรุง หรือการใช้ผิวทางเดิมโดยไม่มีการซ่อมบำรุง ซึ่งในการกำหนดรายละเอียดการวิเคราะห์ประเภทนี้ แสดงดังรูปที่ 2-8

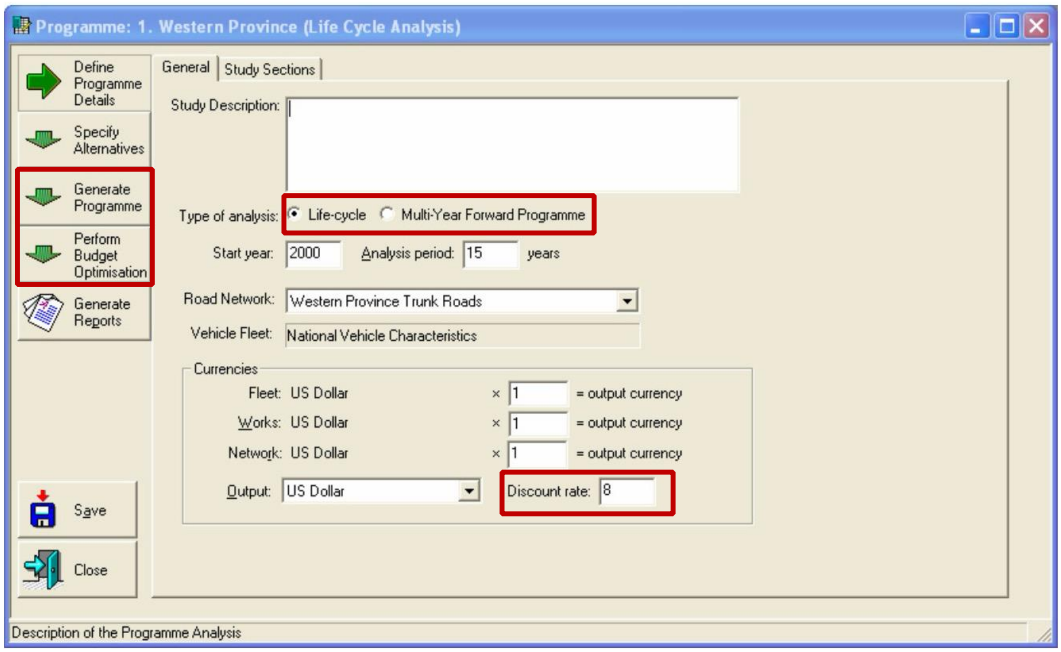


ที่มา : ที่ปรึกษา, 2567

รูปที่ 2-8 การกำหนดรายละเอียดการวิเคราะห์ประเภท Project

2) Program Analysis

เป็นการวิเคราะห์แนวทางการซ่อมบำรุงใน 1 ปี หรือมากกว่า 1 ปี ภายใต้งบประมาณจำกัด เพื่อพิจารณาซ่อมบำรุงเฉพาะช่วงเส้นทาง (Section) ที่ควรทำการซ่อมบำรุง ถือเป็นการวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์ประเภทหนึ่ง โดยการกำหนดรายละเอียดการวิเคราะห์ประเภทนี้ แสดงดังรูปที่ 2-9

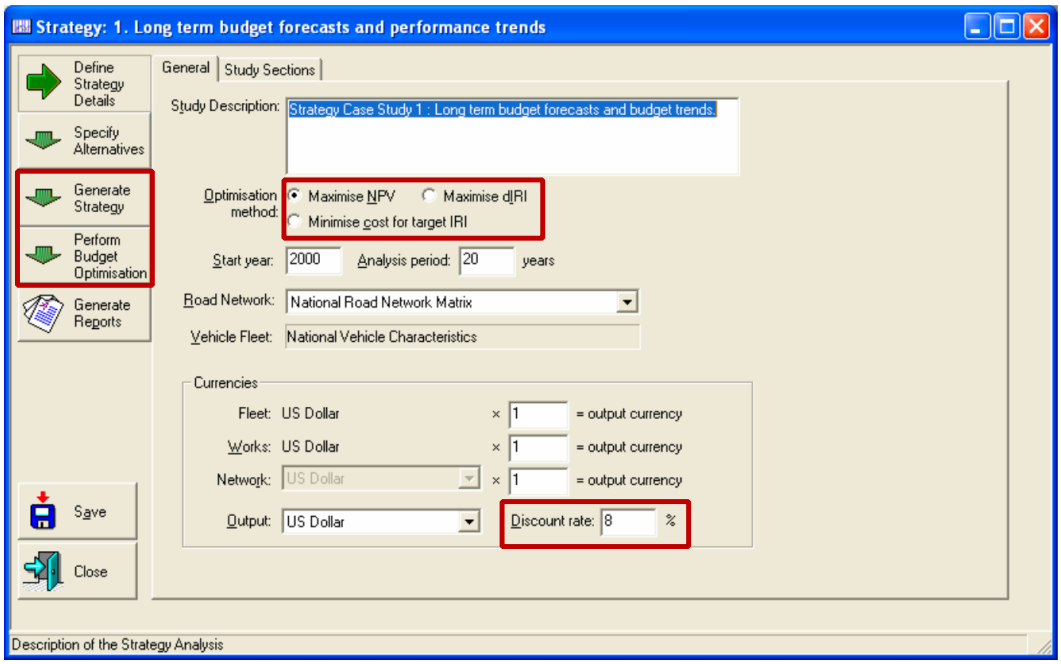


ที่มา : ที่ปรึกษา, 2567

รูปที่ 2-9 การกำหนดรายละเอียดการวิเคราะห์ประเภท Program

3) Strategy Analysis

เป็นการวิเคราะห์การใช้งบประมาณในระยะกลางถึงระยะยาว เพื่อบำรุงรักษาเส้นทาง ซึ่งสามารถกำหนดงบประมาณและสถานการณ์ทางเศรษฐกิจได้หลายกรณี โดยสามารถกำหนดรายละเอียดการวิเคราะห์ประเภทนี้ แสดงดังรูปที่ 2-10



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2567

รูปที่ 2-10 การกำหนดรายละเอียดการวิเคราะห์ประเภท Program

2.1.2.4 ผลการวิเคราะห์ (Result)

HDM แสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของ 4 Modules คือ Road Deterioration Module หรือแบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทาง, Work Effects Module หรือแบบจำลองผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง, Road User Effects หรือแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง และ Social and Environmental Effects หรือแบบจำลองผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

2.1.3 การศึกษาทบทวน ตัวแปรที่สำคัญ สำหรับใช้ในการเตรียมนำเข้าข้อมูลทั้งในส่วนของข้อมูลทั่วไปของสายทาง (Inventory Data) และข้อมูลสภาพการใช้งาน (Condition Data) รวมถึงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ที่สามารถส่งออกได้ ของ HDM

ที่ปรึกษาได้ศึกษาและทบทวนคู่มือการใช้งานระบบ Highway Development Management Volume หรือ HDM-4 ในส่วนของ Volume 4 Analytical Framework and Model Descriptions ซึ่งอธิบายกรอบในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเทคนิคของตัวแปรต่าง ๆ โดยพิจารณาจากพื้นผิว 4 ชนิด ประกอบด้วย Bituminous (Asphalt), Concrete, Block และ Unsealed (ถนนลูกรัง) ทั้งนี้ สำหรับงานวิเคราะห์ผิวทางในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง จะพิจารณาพื้นผิวเพียง 2 รูปแบบ ได้แก่ ระดับพื้นผิวที่เป็น Bituminous (Asphalt) และ Concrete

โดยลักษณะการสร้างแบบจำลองของระบบ HDM-4 ประกอบด้วยแบบจำลอง 4 รูปแบบ ได้แก่

- แบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทาง (Road Deterioration Model: RD)
- แบบจำลองผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road Works Effects Model: WE)
- แบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง (Road User Effect Model: RUE)
- แบบจำลองผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม (Social and Environmental Effects Model: SEE)

ทั้งนี้ จากการศึกษาเบื้องต้น ที่ปรึกษาได้รวบรวมตัวแปรหลักจากสมการต่าง ๆ ในการวิเคราะห์แบบจำลอง ดังนี้

2.1.3.1 แบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทาง (Road Deterioration Model: RD)

เป็นการคาดการณ์การเสื่อมสภาพของผิวทางในรูปแบบต่าง ๆ จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1) ผิวทางลาดยาง หรือ Bituminous (Asphalt) มีตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ คือ
   - Construction Defects
   - Relative Compaction
   - Pavement Structural Number
   - Annual Number of Equivalent Standard Axle
   - Annual Number of All Motorized Axle
   - Heavy Vehicle Speed
   - Benkelman Beam Deflection
   - Resilient Modulus of Soil Cement
   - Surface Thickness
   - Crack Retardation Time
   - Raveling Retardation Time
   - Calibration Factors
   - Time from Crack/Ravel Initiation to Pothole Initiation
   - Mean Monthly Precipitation

2) ผิวทางคอนกรีต หรือ Concrete มีตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ คือ
   - Construction Defects
   - The type of aggregate in the mix.
   - Water to cement ratio
   - Richness of the mix
   - Concrete age
   - Annual Number of All Motorized Axle
   - AADT
   - Raveling Retardation Time
   - Calibration Factor
   - Temperature difference
   - Relative humidity

3) การคำนวณปริมาณ ESALs

Equivalent Single Axle Loads เป็นค่าที่ใช้ประเมินความเสียหายที่เกิดจากการจราจร โดยนำปริมาณ และชนิดของยานพาหนะมาคำนวณให้เป็นค่าเทียบเท่ากับความเสียหายที่เกิดจากเพลาเดี่ยวมาตรฐานหนึ่งเพลา การคำนวณ ESALs ใช้สมการดังต่อไปนี้

$$ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times N \times F$$

เมื่อ F_d คือ ร้อยละของรถบรรทุกที่แล่นผ่านช่องจราจรออกแบบ (Design Lane) แสดงดังรูปที่ 2-11

G_f คือ ตัวประกอบเติบโตสะสม (Growth Factor) แสดงดังรูปที่ 2-12

AADT คือ จำนวนยานพาหนะเฉลี่ยต่อปี ของแต่ละชนิด (Average Annual Daily Traffic) โดยใช้ข้อมูลจากระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) แสดงดังรูปที่ 2-13

N คือ จำนวนเพลารถของแต่ละประเภท (Number of Axle on each vehicle) แสดงดังรูปที่ 2-14

F คือ Load Equivalency Factor for Axle แสดงดังรูปที่ 2-15 โดยพิกัด และน้ำหนักบรรทุกใช้เกณฑ์และกฎหมายตามกรมทางหลวงกำหนด

Percentage of Total Truck Traffic on Design Lane

Number of Traffic Lanes (Two Directions)	*Percentage of Trucks in Design Lane*
2	50
4	45 (35–48)*
6 or more	40 (25–48)*

*Probable range.

Source: Adapted from *Thickness Design—Asphalt Pavements for Highways and Streets*, Manual Series No. 1, The Asphalt Institute, College Park, Md., September 1981.

ที่มา : (The Asphalt Institute, September 1981)

รูปที่ 2-11 ร้อยละของรถบรรทุกที่แล่นผ่านช่องจราจรออกแบบ (Design Lane)

Growth Factors

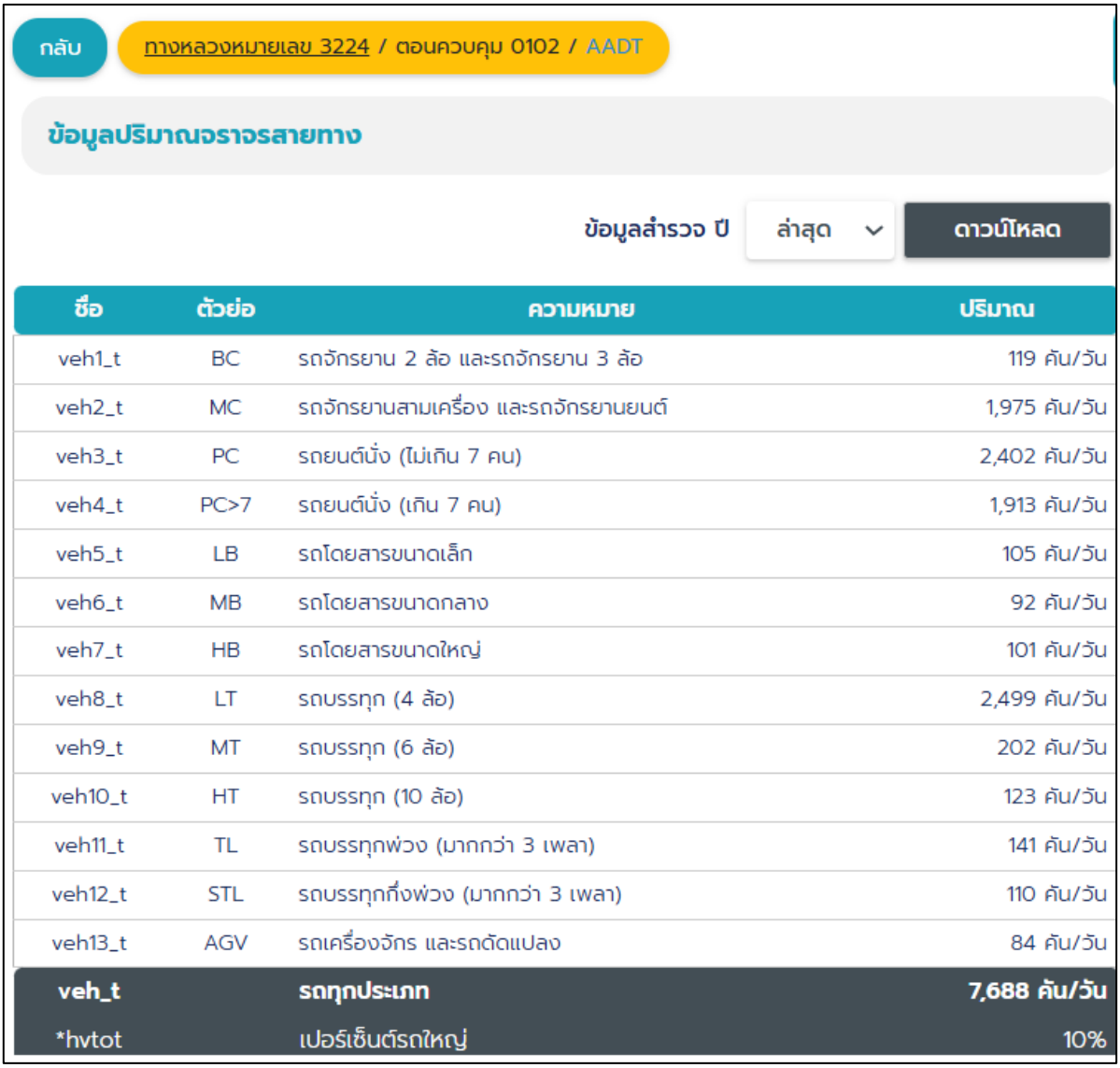
Design Period, Years (n)	Annual Growth Rate, Percent (r)							
	No Growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Note: Factor $= [(1 + r)^n - 1]/r$, where $r = \frac{\text{rate}}{100}$ and is not zero. If annual growth is zero, growth factor = design period.

Source: Reproduced from *Thickness Design—Asphalt Pavements for Highways and Streets*, Manual Series No. 1, The Asphalt Institute, College Park, Md., September 1981.

ที่มา : (The Asphalt Institute, September 1981)

รูปที่ 2-12 ตัวประกอบเติบโตสะสม (Growth Factor)


กลับ

ทางหลวงหมายเลข 3224 / ตอนควบคุม 0102 / AADT

ข้อมูลปริมาณจราจรสายทาง

ข้อมูลสำรวจ ปี ล่าสุด ดาวน์โหลด

ชื่อ	ตัวย่อ	ความหมาย	ปริมาณ
veh1_t	BC	รถจักรยาน 2 ล้อ และรถจักรยาน 3 ล้อ	119 คัน/วัน
veh2_t	MC	รถจักรยานสามเครื่อง และรถจักรยานยนต์	1,975 คัน/วัน
veh3_t	PC	รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน)	2,402 คัน/วัน
veh4_t	PC>7	รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน)	1,913 คัน/วัน
veh5_t	LB	รถโดยสารขนาดเล็ก	105 คัน/วัน
veh6_t	MB	รถโดยสารขนาดกลาง	92 คัน/วัน
veh7_t	HB	รถโดยสารขนาดใหญ่	101 คัน/วัน
veh8_t	LT	รถบรรทุก (4 ล้อ)	2,499 คัน/วัน
veh9_t	MT	รถบรรทุก (6 ล้อ)	202 คัน/วัน
veh10_t	HT	รถบรรทุก (10 ล้อ)	123 คัน/วัน
veh11_t	TL	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	141 คัน/วัน
veh12_t	STL	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	110 คัน/วัน
veh13_t	AGV	รถเครื่องจักร และรถดัดแปลง	84 คัน/วัน
veh_t		**รถทุกประเภท**	**7,688 คัน/วัน**
*hvtot		เปอร์เซ็นต์รถใหญ่	10%

ที่มา : https://roadnet3.doh.go.th/

รูปที่ 2-13 ข้อมูลจากระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet)

Load Equivalency Factors

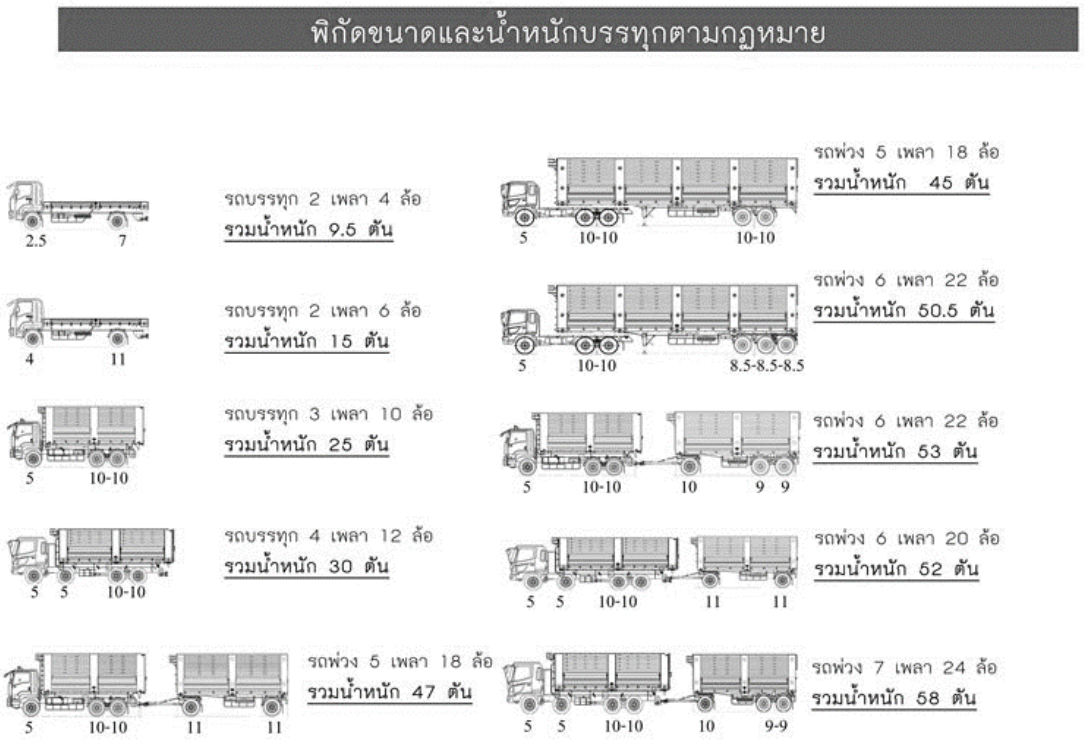
Gross Axle Load		Load Equivalency Fac	
kN	lb	Single Axles	Tandem Axles
4.45	1,000	0.00002	
8.9	2,000	0.00018	
17.8	4,000	0.00209	0.0003
26.7	6,000	0.01043	0.001
35.6	8,000	0.0343	0.003
44.5	10,000	0.0877	0.007
53.4	12,000	0.189	0.014
62.3	14,000	0.360	0.027
71.2	16,000	0.623	0.047
80.0	18,000	1.000	0.077
89.0	20,000	1.51	0.121
97.9	22,000	2.18	0.180
106.8	24,000	3.03	0.260
115.6	26,000	4.09	0.364
124.5	28,000	5.39	0.495
133.4	30,000	6.97	0.658
142.3	32,000	8.88	0.857
151.2	34,000	11.18	1.095
160.1	36,000	13.93	1.39
169.0	38,000	17.20	1.70
178.0	40,000	21.08	2.08
187.0	42,000	25.64	2.51
195.7	44,000	31.00	3.00

Load Equivalency Factors (*continued*)

Gross Axle Load		Load Equivalency Factors		
kN	lb	Single Axles	Tandem Axles	Tridem Ax
204.5	46,000	37.24	3.55	0.868
213.5	48,000	44.50	4.17	1.033
222.4	50,000	52.88	4.86	1.22
231.3	52,000		5.63	1.43
240.2	54,000		6.47	1.66
249.0	56,000		7.41	1.91
258.0	58,000		8.45	2.20
267.0	60,000		9.59	2.51
275.8	62,000		10.84	2.85
284.5	64,000		12.22	3.22
293.5	66,000		13.73	3.62
302.5	68,000		15.38	4.05
311.5	70,000		17.19	4.52
320.0	72,000		19.16	5.03
329.0	74,000		21.32	5.57
338.0	76,000		23.66	6.15
347.0	78,000		26.22	6.78
356.0	80,000		29.0	7.45
364.7	82,000		32.0	8.2
373.6	84,000		35.3	8.9
382.5	86,000		38.8	9.8
391.4	88,000		42.6	10.6
400.3	90,000		46.8	11.6

ที่มา : (Venkataraman and Venkata Subramanian: 1977)

รูปที่ 2-14 Load Equivalency Factor for Axle



ที่มา : สำนักงานควบคุมน้ำหนักยานพาหนะ กรมทางหลวง, 2552

รูปที่ 2-15 พิกัดและน้ำหนักบรรทุกตามกฎหมาย

2.1.3.2 แบบจำลองผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road Works Effects Model: WE)

เป็นการคาดการณ์ผลลัพธ์ที่ได้จากการซ่อมบำรุงด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งมีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- Pavement Type
- Surface Thickness
- Pavement Strength
- Construction Defect Indicators
- Pavement Surface Distresses
- Pavement Age
- Asset Valuation

2.1.3.3 แบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง (Road User Effect Model: RUE)

เป็นการคาดการณ์ผลกระทบต่อผู้ใช้บริการทางหลวงในรูปแบบของค่าใช้จ่ายต่าง ๆ มีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1) ค่าใช้จ่ายในการใช้ยานพาหนะ (Vehicle Operating Cost)
   - Fuel Consumption
   - Lubricating Oil Consumption
   - Tyre Wear
   - Parts Consumption
   - Maintenance Labour Hours
   - Depreciation
   - Interest
   - Crew Hours
   - Overheads

2) มูลค่าเวลาในการเดินทาง (Value of Time)
   - The Number of Passenger-Hours is Calculated as A Function of the Vehicle Operating Speed.
   - The Number of Passenger-Hours Spent in Travelling for Each Vehicle
   - Travel During Working Hours and for Travel During Non-Working Hours
   - Operating Conditions of Each Traffic Flow Period.

3) มูลค่าความเสียหายจากอุบัติเหตุ (Accident Cost)
   - Traffic volumes
   - Length of road section
   - Accident Classes
   - Unit costs of accidents

2.1.3.4 แบบจำลองผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม (Social and Environmental Effects Model: SEE)

เป็นการคาดการณ์ผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกิจกรรมทางถนน ได้แก่

1) Energy Balance Analysis
   - Fuel Consumption
   - Lubricating Oil Consumption
   - Tyre Wear
   - Vehicle Parts Consumption
   - Vehicle Size, Weight, Design, and Age
   - Road Characteristics and Condition
   - Traffic Characteristics

2) Emissions Model
   - Hydrocarbon (HC)
   - Carbon monoxide (CO)
   - Nitrousoxide (NOx)
   - Sulphur dioxide (SO2)
   - Particulates (Par)
   - Lead (Pb)
   - Carbon dioxide (CO2)

ที่ปรึกษาได้ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ และจัดกลุ่มตัวแปรที่เป็นค่าคงที่ ตัวแปรนำเข้า และตัวแปรส่งออก เพื่อใช้วิเคราะห์ความเหมาะสมในการปรับปรุงตัวแปรในระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

2.1.4 การศึกษาทบทวนแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การบริหารจัดการและพัฒนาด้านงานทางทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง และผลกระทบจากการซ่อมบำรุง (Road Deterioration and Work Effects) แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่า (Road User Effects: RUE) ทั้งผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต และผิวทางคอนกรีต

ที่ปรึกษาทำการศึกษาแบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทาง (Road Deterioration Model: RD) แบบจำลองผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road Works Effects Model: WE) และแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง (Road User Effect Model: RUE) บนผิวทางลาดยาง (Asphalt) และผิวทางคอนกรีต (Concrete) จากในประเทศ ซึ่งแบ่งตามหัวข้อต่อไปนี้

2.1.4.1 แบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทาง (Road deterioration Model: RD)

ค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) เป็นตัวชี้วัดสภาพความขรุขระผิวทาง ซึ่งเป็นผลมาจากความเสียหายที่ปรากฏขึ้นจากการเสื่อมสภาพของผิวทาง โดยจะนำแบบจำลองต้นแบบของ HDM-4 มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับรูปแบบการเสื่อมสภาพของผิวทางบนโครงข่ายของกรมทางหลวง การเปลี่ยนแปลงค่า IRI ของผิวทาง (DRI) ถูกแยกเป็น 4 ส่วนประกอบตามที่มาของมูลเหตุ ได้แก่ การแตกร้าว (Cracking), การหลุดร่อน (Disintegration), การเสียรูปบนผิวทาง (Deformation) และการซ่อมแซมผิวทาง (Profile) โดยแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า IRI ของผิวทางจึงเป็นผลรวมของการเปลี่ยนแปลงค่า IRI จากสาเหตุการเสื่อมสภาพบนผิวทางในแต่ละประเภทการเสื่อมสภาพ และแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ช่วง คือ ค่าเริ่มต้นของความเสียหาย (Initiation) และAACการขยายตัวของความเสียหาย (Progression)

1) การเสียรูปของโครงสร้างทาง (Structural)

ความแข็งแรงของโครงสร้างเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความขรุขระ โดยการเปลี่ยนแปลงความขรุขระในชั้นวัสดุโครงสร้างผิวทางภายใต้แรงกระทำโดยปริมาณการจราจร สามารถวิเคราะห์ได้จากสมการอ้างอิงจาก HDM-4 Volume4 Part C, 2017 แสดงดังที่ 2-1 ถึง สมการที่ 2-3

$$\Delta RI_s = a_0 \exp\left(mK_{gm}AGE3\right)(1 + SNPK_b)^{-5}YE4 \quad (2\text{-}1)$$

$$SNPK_b = MAX[(SNP_a - dSNPK), 1.5] \quad (2\text{-}2)$$

$$dSNPK = K_{snpk}\{MIN(a_1, ACX_a)HSNEW + MAX[MIN(ACX_a - PACX, a_2), 0]HSOLD\} \quad (2\text{-}3)$$

เมื่อ:

ΔRI_s คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเสื่อมสภาพของโครงสร้างในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

$dSNPK$ คือ การลดลงใน Adjusted Structural Number ของผิวทางเนื่องจากการแตกร้าว

$SNPK_b$ คือ Adjusted Structural Number ของผิวทางเนื่องจากการแตกร้าว ณ สิ้นปีที่วิเคราะห์

SNP_a คือ Adjusted Structural Number ของผิวทาง ณ ต้นปีการวิเคราะห์

ACX_a คือ พื้นที่ของ Indexed Cracking ณ ต้นปีการวิเคราะห์ (% ของพื้นทางทั้งหมด)

$PACX$ คือ พื้นที่ของ Previous Indexed Cracking in the Old Surfacing (% of Total Carriageway Area) หรือมีค่า = 0.62(PCRA)+0.39(PCRW)

$HSNEW$ คือ ความหนาของพื้นผิวล่าสุด (มิลลิเมตร)

$HSOLD$ คือ ความหนารวมของชั้นใต้พื้นผิวทาง (มิลลิเมตร)

$AGE3$ คือ อายุทางตั้งแต่การ Overlay การสร้างใหม่ หรือการก่อสร้างใหม่ครั้งสุดท้าย (ปี)

$YE4$ คือ จำนวนเพลามาตรฐานเทียบเท่าต่อปี (ล้าน/เลน)

m คือ Environmental coefficient (แสดงดังตารางที่ 2-5)

K_{gm} คือ Calibration factor สำหรับ Environmental coefficient

K_{snpk} คือ Calibration factor สำหรับ SNPK

ตารางที่ 2-5 ค่าสัมประสิทธิ์สิ่งแวดล้อม (m) ตามเขตภูมิอากาศ

Moisture classification	Temperature classification				
	Tropical	Sub-tropical hot	Sub-tropical cool	Temperate cool	Temperate freeze
Arid	0.005	0.01	0.015	0.025	0.040
Semi-arid	0.010	0.015	0.025	0.035	0.060
Sub-humid	0.020	0.025	0.040	0.060	0.100
Humid	0.025	0.030	0.060	0.100	0.200
Per-humid	0.03	0.035	0.070	-	-

ที่มา : HDM-4 Volume4 Part C, 2017

2) การแตกร้าว (Cracking)

การแตกร้าวเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความขรุขระของผิวทาง ซึ่งสามารถหาได้จากสมการอ้างอิงจาก HDM-4 Volume4 Part C, 2017 แสดงดังสมการที่ 2-4

$$\Delta RI_c = a_0 \Delta ACRA \quad (2\text{-}4)$$

เมื่อ:

ΔRI_c คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการแตกร้าวระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

$\Delta ACRA$ คือ การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่รอยแตกทั้งหมดระหว่างปีวิเคราะห์ (% ของพื้นทางทั้งหมด) แต่สำหรับผิว Asphalt ปูบนทางยกระดับคอนกรีตนั้นไม่เกิดในส่วนของรอยแตก หรือ Crack จึงทำให้ค่า $\Delta ACRA = 0$ ด้วย

3) ร่องล้อ (Rutting)

การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความลึกร่องล้อมีสมการแบบจำลองตามสมการอ้างอิงจาก HDM-4 Volume4 Part C, 2017 แสดงดังสมการที่ 2-5 ถึง สมการที่ 2-6

$$\Delta RI_r = a_0 \Delta RDS \quad (2\text{-}5)$$

$$RDS_b = MAX[0.3, (0.9 - 0.04RDM_b)]RDM_b \quad (2\text{-}6)$$

เมื่อ:

ΔRI_r คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากร่องในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI : m/km)

ΔRDS คือ การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความลึกร่องล้อระหว่าง ปีที่วิเคราะห์ (มม.) ($= RDS_b - RDS_a$)

RDM_b คือ ผลรวมของ Rut depth เมื่อสิ้นสุดปีที่วิเคราะห์

4) หลุมบ่อ (Potholing)

ผลกระทบของหลุมบ่อต่อความขรุขระนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนยานพาหนะที่กระทบหลุมบ่อ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรและการหลบหลีก โดยที่ตัวแปร Freedom to Manoeuvre (FM) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งสามารถคาดการณ์โดยใช้สมการอ้างอิงจาก HDM-4 Volume4 Part C, 2017 แสดงดังสมการที่ 2-7 นอกจากตัวแปร Freedom to Manoeuvre ที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความขรุขระเนื่องจากหลุมบ่อแล้ว การขยายตัวของลอยแตกร้าวและการขยายตัวของการหลุดร่อนยังเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดหลุมบ่อ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความขรุขระเนื่องจากหลุมบ่อมีการเพิ่มขึ้น โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากสมการอ้างอิงจาก HDM-4 Volume4 Part C, 2017 แสดงดังสมการที่ 2-8

$$FM = (MAX\{MIN[0.25(CW-3),1],0\})\left\{MAX\left[\left(1-\frac{AADT}{5000}\right),0\right]\right\} \quad (2\text{-}7)$$

แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงความขรุขระมีรูปแบบสมการดังนี้

$$dNPT_i = K_{pp} * a_0 * ADIS_i(TLF)\left[\frac{(1+a_1 CDB)(1+a_2 YAX)(1+a_3 MMP)}{(1+a_4 HS)}\right] \quad (2\text{-}8)$$

$$dNPT = \sum_{i=1}^{3} dNPT_i$$

1) หากการปะซ่อม 100% Patching policy options is specified

$$\Delta RI_t = a_0(a_1 - FM)\left[\left(NPT_a * TLF + \frac{\Delta NPT * TLF}{2}\right)^{a2} - {NPT_a}^{a2}\right] \quad (2\text{-}9)$$

2) For partial patching policy options

$$\Delta RI_t = a_0(a_1 - FM) * \Delta NPT * \left(NPT_a + \frac{\Delta NPT}{2}\right)^{a2} \quad (2\text{-}10)$$

เมื่อ:

FM	คือ	Freedom to Manoeuvre
CW	คือ	ความกว้างของถนน (เมตร)
$AADT$	คือ	ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี (Veh/day)
ΔRI_t	คือ	การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากหลุมบ่อระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI : m/km)
ΔNPT	คือ	การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในจำนวนหลุมบ่อต่อกิโลเมตรในระหว่างปีที่วิเคราะห์
NPT_a	คือ	จำนวนของหลุมบ่อต่อกิโลเมตร ที่ต้นปีการวิเคราะห์
TLF	คือ	Time lapse factor (แสดงดังตารางที่ 2-6)
K_{pp}	คือ	ค่าปรับแก้ของ Pothole progression
$ADIS_i$	คือ	%ARV หรือ %ACW หรือ จำนวน Pothole ต่อ กม. ในปีเริ่มต้นในการวิเคราะห์
CDB	คือ	ตัวบ่งชี้ข้อบกพร่องของการก่อสร้างชั้นพื้นทาง
YAX	คือ	ผลรวมจำนวนเพลาทุกยานพาหนะในปีที่วิเคราะห์
MMP	คือ	ปริมาณน้ำฝน
HS	คือ	ความหนาของผิวบิทูมินัส

ตารางที่ 2-6 ค่า TLF

Time lapse between the occurrence of potholes and patching	TLF
น้อยกว่า 2 สัปดาห์	0.02
1 เดือน	0.06
2 เดือน	0.12
3 เดือน	0.20
4 เดือน	0.28
6 เดือน	0.43
12 เดือน	1.00

ที่มา : HDM-4-Volume 1 Part C, 2017

5) สภาพแวดล้อม (Environment)

สภาพแวดล้อมเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลให้ค่าดัชนีความขรุขระมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งความขรุขระที่เกิดจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมอาจเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น ความผันผวนของอุณหภูมิและความชื้น ตลอดจนการทรุดตัวของฐานรากโดยมีตัวแปร m เป็นตัวแทนของค่าสัมประสิทธิ์ที่ขึ้นกับสภาพแวดล้อมของแต่ละภูมิภาค และมีตัวแปร Kgp เป็นค่าปรับแก้ ดังสมการอ้างอิงจาก HDM-4 Volume4 Part C, 2017 แสดงดังสมการที่ 2-11

$$\Delta RI_e = m * K_{gm} RI_a \quad (2\text{-}11)$$

เมื่อ:

ΔRI_e คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาพแวดล้อมในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

RI_a คือ ความขรุขระเมื่อต้นปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

m คือ Environmental coefficient

K_{gm} คือ Calibration factor สำหรับองค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อม

6) การเปลี่ยนแปลงความขรุขระโดยรวม

จากการเปลี่ยนแปลงความขรุขระของสาเหตุทั้งหมดของผิวทางจาก HDM-4 Volume4 Part C, 2017 แสดงดังสมการที่ 2-1 ถึง สมาการที่ 2-11 สามารถนำมารวมกันเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงความขรุขระโดยรวมได้จากสมการที่ 2-12

$$\Delta RI = K_{gp}[\Delta RI_s + \Delta RI_c + \Delta RI_r + \Delta RI_t] + \Delta RI_e \quad (2\text{-}12)$$

เมื่อ:

ΔRI คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI ม./กม.)

K_{gp} คือ Calibration factor สำหรับ Roughness progression

ความขรุขระของผิวทางเมื่อสิ้นสุดปีที่วิเคราะห์ กำหนดโดย

$$RI_b = MIN[(RI_a + \Delta RI), a_0] \quad (2\text{-}13)$$

เมื่อ:

RI_b คือ ความขรุขระของผิวทาง ณ สิ้นปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

RI_a คือ ความขรุขระของผิวทางเมื่อต้นปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

a_0 คือ ขีดจำกัดของความขรุขระของผิวทาง กำหนดโดยผู้ใช้ (ค่าเริ่มต้น = 16 IRI m/km)

ตารางที่ 2-7 ค่าสัมประสิทธิ์ (a_0 a_1 a_2) เริ่มต้นสำหรับองค์ประกอบความขรุขระ

Pavement type	Roughness component	Equation	a_0	a_1	a_2
All pavement types	Structural	11.1	134	-	-
	dSNPK	11.3	0.0000758	63.0	40.0
	Cracking	11.4	0.0066	-	-
	Rutting	11.5	0.088	-	-
	Potholing	11.7	0.00019	2.0	1.5

ที่มา : HDM-4 Volume4 Part C, 2017

2.1.4.2 แบบจำลองค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) สำหรับผิวทางคอนกรีต (Concrete Pavement)

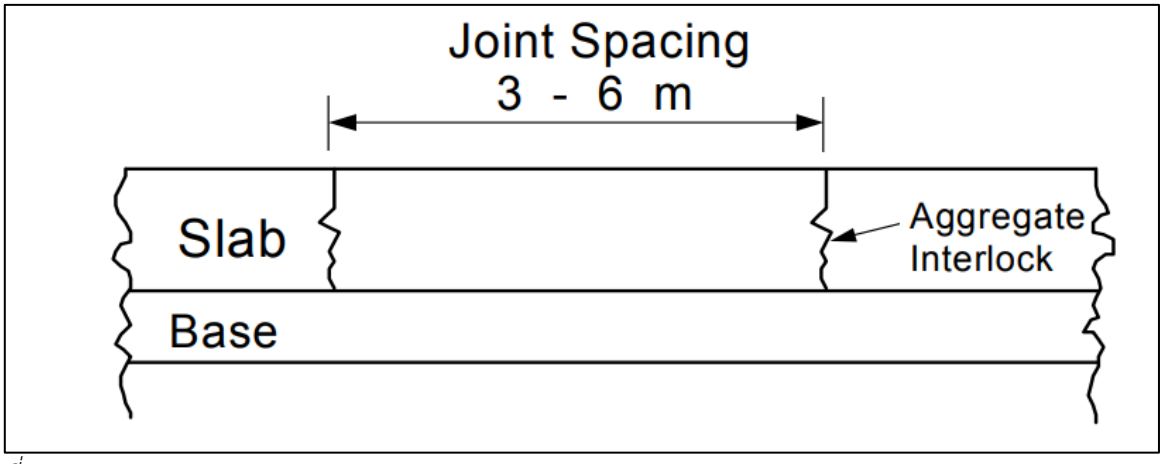
การศึกษาของ HDM ในขั้นแรกได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อคำนวณการเสื่อมสภาพ (Deterioration) และผลกระทบจากการใช้งาน (Work effect) ของพื้นผิวคอนกรีต โดยแบบจำลองดังกล่าวอ้างอิงจากการศึกษาของ Latin American study Team (LAST, 1996) และรายงานของ FHWA ที่จัดทำโดย ERES Consultants (ERES, 1995) ซึ่งแบบจำลองจะใช้ในการพิจารณาการเกิดการแตกร้าวตามแนวขวาง (Transverse Cracking) ของถนนคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเสริมกันร้าว (Joint Plain Concrete Pavement: JPCP)

เพื่อให้แบบจำลองในสามารถอธิบายการเกิดการเสื่อมสภาพได้ชัดเจนขึ้น ในรายงาน HDM-4 จึงอ้างอิงแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาแล้วของ ERES (1999) โดยในส่วนนี้ได้มีการพิจารณาความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นในแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองสามารถอธิบายการเสื่อมสภาพได้แม่นยำขึ้น

สำหรับการแบ่งประเภทพื้นผิวคอนกรีตที่ใช้ในการพิจารณาการเสื่อมสภาพในรายงาน HDM-4 แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

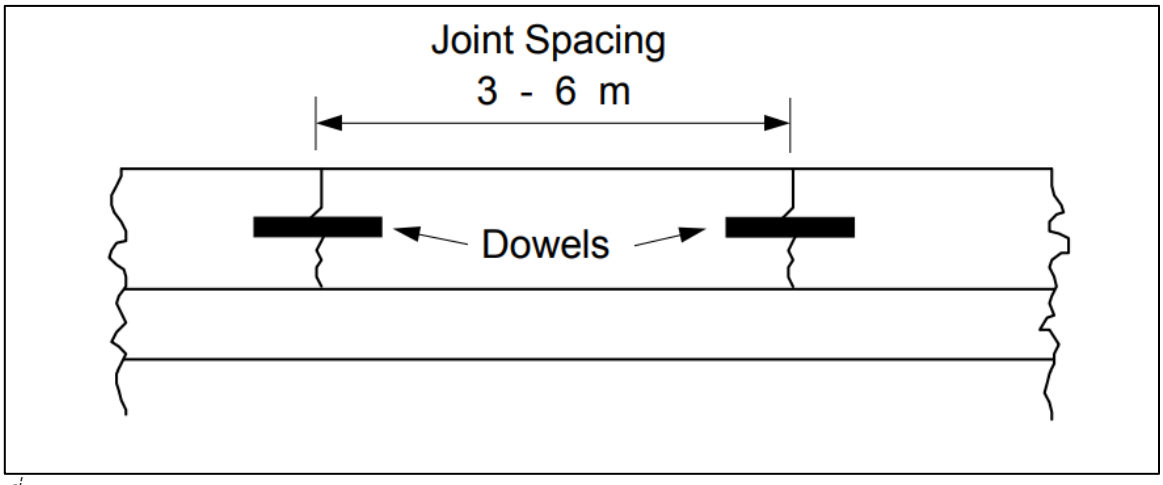
- ถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันร้าว (Joint Plain Concrete Pavement: JPCP)
- ถนนคอนกรีตที่เสริมเหล็กกันร้าวบริเวณผิวส่วนบน (Joint Reinforced Concrete Pavement: JRCP)
- ถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างโดยไม่มีรอยต่อตามขวาง (Continuously Reinforced Concrete Pavement: CRCP)
- ถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันร้าว (Joint Plain Concrete Pavement: JPCP)

ถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันร้าว การถ่ายแรงบริเวณรอยต่อเกิดจากการขัดกันของมวลรวมของรอยแตกใต้รอยต่อ แต่เพื่อให้การถ่ายแรงมีประสิทธิภาพจึงมักจะติดตั้งเหล็กเดือย (Dowel) บริเวณรอยต่อ ระยะระหว่างรอยต่อถึงรอยต่อจะมีระยะไม่มาก เนื่องจากไม่มีเหล็กเสริมกันร้าว โดยปกติจะมีระยะห่างไม่เกิน 3-6 เมตร



ที่มา : HDM-4 Volume4 Part C, 2017

รูปที่ 2-16 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันร้าว กรณี: ไม่มีลูกเดือย

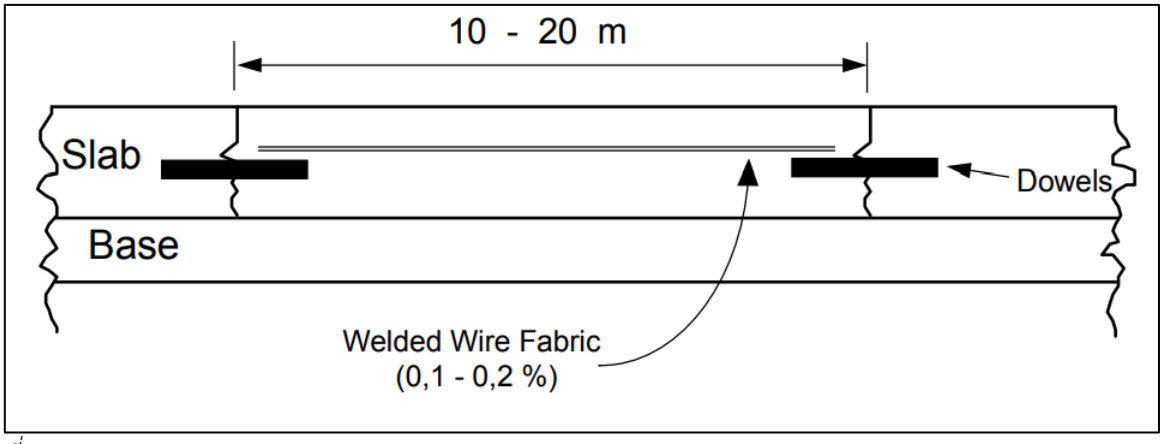


ที่มา : HDM-4 Volume4 Part C, 2017

รูปที่ 2-17 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันร้าว กรณี: มีลูกเดือย

- ถนนคอนกรีตที่เสริมเหล็กกันร้าว (Joint Reinforced Concrete Pavement: JRCP)

ถนนคอนกรีตที่เสริมเหล็กกันร้าวบริเวณผิวส่วนบนของชั้นคอนกรีตและมีเหล็กเดือยเพื่อการถ่ายแรงบริเวณรอยต่อ ถนนคอนกรีตประเภทนี้สามารถสร้างให้มีระยะห่างระหว่างรอยต่อได้ห่างกว่าชนิด JPCP เนื่องจากมีเหล็กเสริมกันร้าวป้องกันไม่ให้เกิดรอยแตก โดยปกติถนนคอนกรีตชนิดนี้ จะสามารถสร้างระยะห่างระหว่างรอยต่อได้ระหว่าง 10 - 20 เมตร

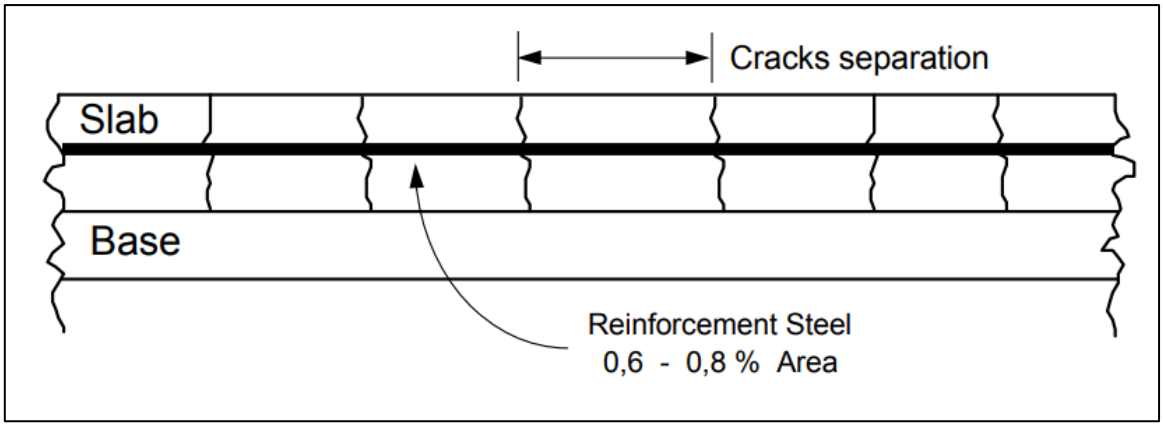


ที่มา : HDM-4 Volume4 Part C, 2017

รูปที่ 2-18 รูปแบบถนนคอนกรีตที่เสริมเหล็กกันร้าว

- ถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างโดยไม่มีรอยต่อตามขวาง (Continuously Reinforced Concrete Pavement: CRCP)

ถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างโดยไม่มีรอยต่อตามขวาง ทั้งนี้รอยแตกแยกจะถูกป้องกันโดยเหล็กเสริมกันร้าวที่มากกว่า JRCP โดยเหล็กเสริมกันร้าวนี้จะทำหน้าที่ยึดรอยแตกที่เกิดขึ้นเข้าด้วยกันและทำหน้าที่ถ่ายตรงบริเวณรอยแตก



ที่มา : HDM-4 Volume4 Part C, 2017

รูปที่ 2-19 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างโดยไม่มีรอยต่อตามขวาง

เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการอธิบายประเภทการเสื่อมสภาพของผิวทางถนนคอนกรีต ในการศึกษาของ HDM-4 จึงได้ทำการเพิ่มในส่วนของพื้นที่เทบนชั้นฐาน (Type of Slab) และชนิดของชั้นผิว (Subgrade Types) เข้าไปในแบบจำลองเพื่ออธิบายการเสื่อมสภาพผิวทางตามประเภทความเสียหาย (Distress Types) และชนิดของพื้นผิวคอนกรีต แสดงดังตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-8 ประเภทชั้นผิวทางคอนกรีต

Base	Subgrade
Asphalt treated	Granular
Cement treated	
Granular	Fine
Fine	

ที่มา : HDM-4 Volume4 Part C, 2017

สำหรับการพิจารณาค่าความหยาบของผิวทาง (Roughness) ในการศึกษาของ HDM-4 สำหรับพื้นผิวของคอนกรีตจะสะท้อนออกมาเป็นค่า International Roughness Index (IRI) โดยมีหน่วยเป็นเมตรต่อกิโลเมตร ทั้งนี้ในบางแบบจำลองมีการพิจารณาคุณภาพการขับขี่ (Ride Quality) โดยสะท้อนออกมาในค่าของ Present Serviceability Rating (PSR) ซึ่งค่าดังกล่าวจะถูกสะท้อนออกมาในลักษณะของเกณฑ์ตั้งแต่ แย่มาก จนถึง ดีมาก แสดงดังตารางที่ 2-9

ตารางที่ 2-9 ค่า Present Serviceability Rating (PSR)

PSR	Condition
0 - 1	แย่มาก
1 - 2	แย่
2 - 3	ปานกลาง
3 - 4	ดี
4 - 5	ดีมาก

ที่มา : HDM-4 Volume4 Part C, 2017

การพิจารณาค่า Roughness ผนวกกับค่า Present Serviceability Rating ตามการศึกษาของ HDM-4 จะใช้ในการพิจารณาพื้นผิวคอนกรีตประเภท Joint Plain Concrete Pavement (JPCP, Joint Reinforced Concrete Pavement (JRCP) และ Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP) โดยประเภทของพื้นผิวคอนกรีตโดยมากเป็นประเภทถนนคอนกรีตที่เสริมเหล็กกันร้าว (JRCP) สำหรับการวิเคราะห์ค่าดัชนีความขรุขระสากลเพื่อทำนายการเสื่อมสภาพของผิวทางคอนกรีตประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่สำคัญ 2 ตัว โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) Serviceability loss

ค่าที่บ่งบอกการสูญเสียคุณภาพการใช้งาน และสามารถบอกระดับการให้บริการในปัจจุบันของผิวทางคอนกรีต โดยการคำนวณคะแนน PSR จะประกอบด้วยตัวแปรรอยเลื่อนที่รอยต่อตามขวาง (Transverse joint faulting), รอยแตกตามขวาง (Transverse crack) และรอยบิ่นกะเทาะที่รอยต่อ (Joint spall) ซึ่งมีรายละเอียดดังสมการอ้างอิงจาก HDM-4 Volume4 Part C, 2017 แสดงดังสมการที่ 2-14

$$PSR = 4.165 - 0.06694 * TFAULT^{0.5} - 0.00003228 * DCRACK^2 - 0.1447 * SPALL^{0.25} \quad (2\text{-}14)$$

เมื่อ

PSR	คือ	คะแนนความสามารถในการให้บริการในปัจจุบัน
$TFAULT$	คือ	ผลรวมความยาวรอยเลื่อนที่รอยต่อตามขวางต่อไมล์ (นิ้ว/ไมล์)
$DCRACK$	คือ	จำนวนความเสียหายของรอยแตกตามขวางต่อไมล์
$SPALL$	คือ	ร้อยละของรอยบิ่นกะเทาะที่รอยต่อ

สำหรับการคำนวณผลรวมความยาวรอยเลื่อนที่รอยต่อตามขวางต่อไมล์ (TFAULT) มีสมการ ดังนี้

$$\text{TFAULT} = \frac{FAULT * 5280}{JTSPACE} \quad (2\text{-}15)$$

เมื่อ

$FAULT$	คือ	ค่าเฉลี่ยความยาวรอยเลื่อนที่รอยต่อตามขวาง (นิ้ว)
$JTSPACE$	คือ	ค่าเฉลี่ยระยะห่างรอยต่อตามขวาง (ฟุต)

2) Roughness

ค่าความเรียบของผิวคอนกรีต จะอยู่ในรูปของดัชนีความขรุขระสากล หรือ International Roughness Index (IRI) ซึ่งคำนวณได้จากสมการอ้างอิงจาก HDM-4 Volume4 Part C, 2017 แสดงดังสมการที่ 2-16

$$RI_t = Kjr_r * \left[-\log_e\left(\frac{0.2*PSR_t}{0.0043}\right)\right] \quad (2\text{-}16)$$

เมื่อ

RI_t คือ ค่าความขรุขระ ณ เวลาที่ t

Kjr_r คือ ค่าปรับแก้

PSR_t คือ ค่า PSR จากการทำนาย ณ เวลาที่ t

2.1.4.3 ผลกระทบจากการซ่อมบำรุง (Road Deterioration and Work Effects)

ที่ปรึกษาได้ทำการศึกษาแบบจำลองผลกระทบการซ่อมบำรุง แบ่งออกตามประเภทของวิธีการซ่อมบำรุง ดังนี้

1) แบบจำลองผลกระทบค่า IRI หลังการฉาบผิวทางลาดยาง (Slurry Seal)

จากการศึกษาพบว่า แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณค่า IRI หลังจากฉาบผิวทางลาดยางในระบบ TPMS ได้อ้างอิงจาก HDM-4, 2017 โดยมีสมการในการคำนวณดังนี้

$$RI_b = RI_a - MAX\{0, MIN[A_0*(RI_a - 2.85), 0.06 * Hsl]\} \quad (2\text{-}17)$$

โดยที่

RI_b = IRI หลังการฉาบผิว (m/km)

RI_a = IRI ก่อนการฉาบผิว (m/km)

Hsl = ความหนาของการฉาบผิว l (mm)

A0 = 1 ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ (Default)

2) แบบจำลองผลกระทบค่า IRI หลังการเสริมผิวทางลาดยาง (Overlay) สมการอ้างอิงจาก HDM-4 Volume4 Part C, 2017 ดังนี้

$$\Delta RI_b = \max \{0, a_0[\min (a_1, RIaw)-a_2] + a_3 \max [0, (RI_{aw} - a_1)]\} \quad (2\text{-}18)$$

$$RI_{bw} = RI_{aw} - \Delta RI_b \quad (2\text{-}19)$$

โดยที่

$a0$ = 0.9 (default)

$a1$ = $\max \{4.0, 2.1\exp[0.019HSNEW_{bw}]\}$

$a2$ = $1 + 0.018\max [0, (100-HSNEW_{bw})]$

$a3$ = $\min \{a0, \max [0, (0.01HSNEW_{bw}- 0.15)]\}$

ΔRI_b = การลดค่าของค่า IRI หลังการการเสริมผิวทาง

RI_{aw} = ค่า IRI ก่อนการเสริมผิวทาง (m/km)

RI_{bw} = ค่า IRI หลังการเสริมผิวทาง (m/km)

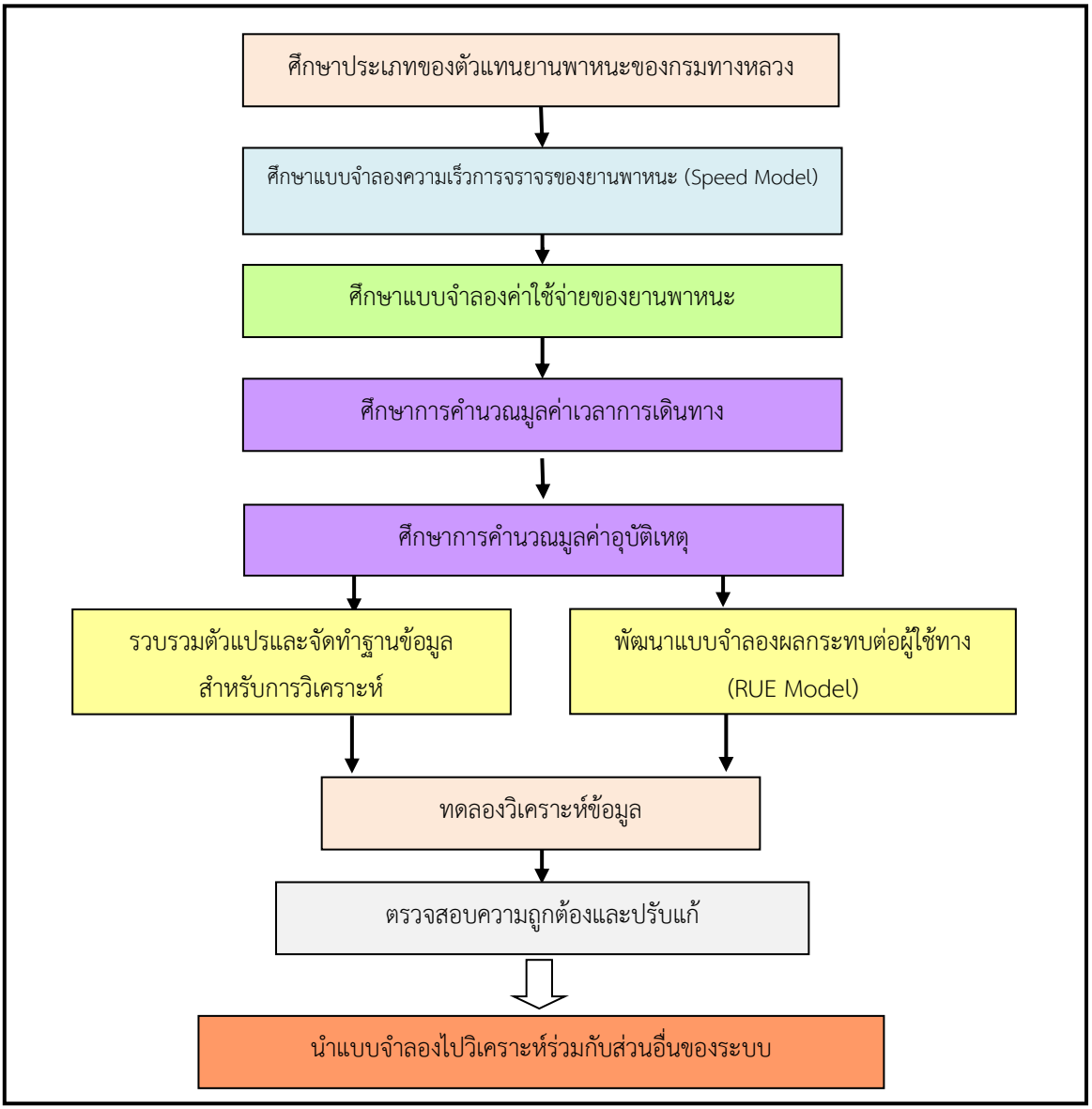
$HSNEW_{bw}$ = ความหนาของการเสริมผิวทาง (mm)

3) แบบจำลองผลกระทบค่า IRI หลังการซ่อมด้วยการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่และงานบูรณผิวทาง (Recycling)

การซ่อมบำรุงด้วยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่และการบูรณะผิวทาง เป็นการรื้อซ่อมตั้งแต่ชั้นโครงสร้างทาง จากนั้นจึงลาดผิวทางใหม่ด้วยแอสฟัลต์ ดังนั้นค่า IRI หลังจากการซ่อมด้วยวิธีนี้จะมีค่าเทียบเท่ากับถนนใหม่ ซึ่งจากการศึกษาแบบจำลองในระบบ TPMS ในก่อนหน้านี้ ข้อมูลค่า IRI ของกรมทางหลวงพบว่า สายทางที่มีอายุการใช้งานน้อยกว่าประมาณ 1 ปี จะมีค่า IRI อยู่ที่ประมาณ 1.5 - 2.1 ดังนั้น การกำหนดค่า IRI หลังการซ่อมด้วยวิธีบูรณะผิวทางจึงกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2.0 m/km

2.1.4.4 แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่า (Road User Effects: RUE)

การวิเคราะห์เพื่อหาค่าใช้จ่ายที่กระทบต่อผู้ใช้ทางนั้น จากการศึกษางานวิจัยและข้อมูลเชิงเอกสารเกี่ยวกับแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง (Road User Effect Model, RUE Model) สามารถสรุปผลการศึกษาและขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองสำหรับนำไปวิเคราะห์ร่วมกับแบบจำลองอื่น ๆ ของระบบแสดงดังรูปที่ 2-20 รายละเอียดในการพัฒนาแบบจำลองดังต่อไปนี้



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-20 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองผลกระทบของผู้ใช้ทาง

- การศึกษาประเภทตัวแทนยานพาหนะ

จากผลการศึกษาข้อมูลปริมาณการจราจรจากประเภทยานพาหนะในอดีต ปี พ.ศ. 2531 ของกองวิศวกรรมจราจร พบว่าระบบการสำรวจปริมาณจราจรได้จัดแบ่งจุดสำรวจเป็น 2 ประเภท คือ จุดสำรวจถาวร (Permanent Station) ทำการสำรวจโดยเครื่องนับรถอัตโนมัติตลอดปี และสำรวจโดยคนแจงนับปีละ 4 งวด แต่ละงวด สำรวจ 1 วัน ระหว่างวันอังคาร - พฤหัสบดี ระหว่างเวลา 07.00 น. - 19.00 น. สำหรับรายละเอียดวัน เวลา จุดสำรวจกองวิศวกรรมจราจรเป็นผู้กำหนด และนำผลการสำรวจมาวิเคราะห์ประเมินผลสรุปเป็นปริมารณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT) และจุดสำรวจย่อย (Coverage Station) ได้แก่ จุดสำรวจบนทางก่อสร้างและรักษาสภาพทาง ทำการสำรวจโดยคนแจงนับปีละ 2 งวด โดยมีหลักเกณฑ์เดียวกันกับจุดสำรวจถาวร และกองวิศวกรรมจราจรเป็นผู้กำหนด วัน เวลาจุดสำรวจ และการวิเคราะห์ประเมินผลสรุปเป็นปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT)

ในปี พ.ศ. 2545 สำนักอำนวยความปลอดภัย (กองวิศวกรรมจราจร) ได้ปรับปรุงประเภทยานพาหนะในการสำรวจใหม่ เป็น 12 ประเภท ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ พาหนะที่ไม่มีเครื่องยนต์ 1 ประเภท ได้แก่ จักรยาน และกลุ่มที่มีเครื่องยนต์ 11 ประเภท แสดงดังตารางที่ 2-10 ซึ่งในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางจะพิจารณาเฉพาะกลุ่มตัวแทนยานพาหนะที่มีเครื่องยนต์ โดยการเลือกยี่ห้อ และรุ่นของตัวแทนยานพาหนะแต่ละประเภท ทางที่ปรึกษาได้คัดเลือกจากสถิติการจดทะเบียนของกรมขนส่งทางบกปี 2551 เพื่อใช้สำหรับกำหนดราคาตัวแทนยานพาหนะในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

สำหรับข้อมูลเฉพาะทางเทคนิคของยานพาหนะที่จำเป็นในการวิเคราะห์ เช่น กำลังของเครื่องยนต์ สัมประสิทธิ์การใช้พลังงานเชื้อเพลิงต่าง ๆ ค่าพารามิเตอร์ และอื่น ๆ ทางที่ปรึกษาได้อ้างอิงค่าแนะนำจากรายงานการศึกษา Thailand Road User Effects Model, HTC Infrastructure Management Ltd, (1997) ซึ่งเป็นการศึกษาค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม HDM-4 ในการวิเคราะห์

ตารางที่ 2-10 ตัวแทนยานพาหนะติดเครื่องยนต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

ลำดับ	ประเภท	รายละเอียด	ยี่ห้อ/รุ่น
1	Car <= 7 P	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	TOYOTA/ALTIS
2	Car > 7 P	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	TOYOTA/FORTUNER
3	Light Bus	รถโดยสารขนาดเล็ก	TOYOTA/COMMUTER
4	Medium Bus	รถโดยสารขนาดกลาง	HINO/BUS
5	Heavy Bus	รถโดยสารขนาดใหญ่	HINO/BUS
6	Light Truck	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	ISUZU/SPACECAB
7	Medium Truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	ISUZU/FTR
8	Heavy Truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	ISUZU/FVM
9	Full-Trailer	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	HINO/12 wheels 8x4
10	Semi-Trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	HINO/Tractor Head

ที่มา : สำนักอำนวยความปลอดภัย (กองวิศวกรรมจราจร), 2002

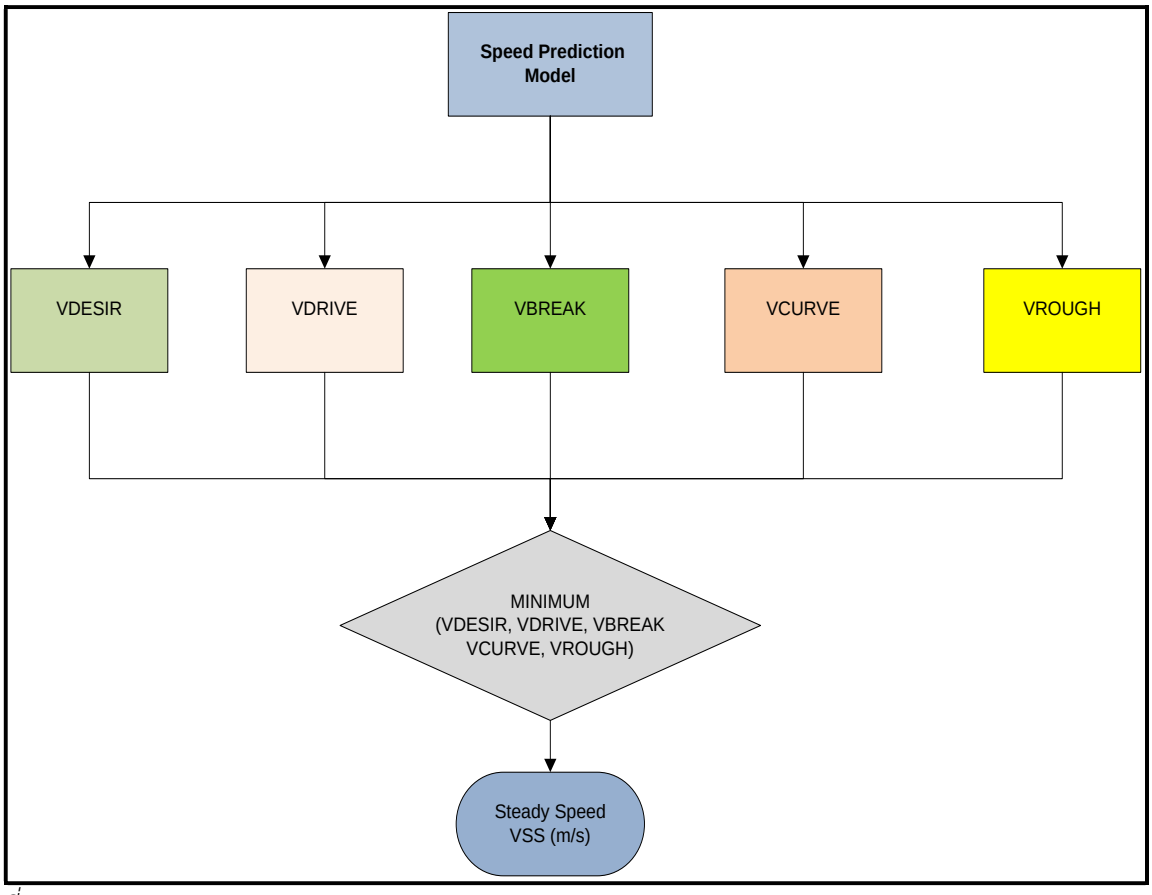
- การศึกษาแบบจำลองความเร็วของยานพาหนะ (Speed Prediction Model)

การทำนายความเร็วของตัวแทนพาหนะนั้นแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือ แบบจำลองความเร็วอิสระ (Free Speed Model) และแบบจำลองความเร็วเมื่อมีปริมาณการจราจร (Speed Volume Model)

<u>แบบจำลองความเร็วอิสระ (Free Speed Model)</u>

จากการศึกษาแบบจำลองความเร็วอิสระของยานพาหนะพบว่า ความเร็วในการเดินทางของยานพาหนะแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลัก คือ กำลังของเครื่องยนต์ ความขรุขระ ความลาดชัน และรัศมีความโค้งของถนน ซึ่งการพัฒนาแบบจำลองความเร็วงานในโครงการนี้ ได้อ้างอิงงานวิจัยของ Watanatada, et al (1987) พบว่า ความเร็วที่ใช้เป็นตัวกำหนดความเร็วของตัวแทนยานพาหนะ ได้แก่ 1. ความเร็วอุดมคติ (VDESIR) 2. ความเร็วในการขับเคลื่อนยานพาหนะ (VDRIVE) 3. ความเร็วในการต้านการเคลื่อนที่ยานพาหนะ (VBREAK) 4. ความเร็วเนื่องจากรัศมีความโค้งของถนน (VCURVE) 5. ความเร็วเนื่องจากความขรุขระของผิวทาง (VROUGH)

สำหรับการเลือกตัวแทนความเร็วอิสระนี้จะพิจารณาจาก การเลือกความเร็วต่ำที่สุดมาเป็นตัวแทนความเร็วของยานพาหนะ (Minimum Limiting Velocity Model, MLVM) ความสัมพันธ์ แสดงดังรูปที่ 2-21



ที่มา : Watanatada, et al, 1987

รูปที่ 2-21 แบบจำลองการพยากรณ์ความเร็วของ Watanatada, et al

<u>การคำนวณความเร็ว</u>

1. VDESIR เป็นการจำกัดความเร็วที่พิจารณาจากความเร็วอุดมคติ (Desired Speed) โดยมีสมการจากงานวิจัยของ Watanatada, et al (1987) การคำนวณดังนี้

VDESIR = VDESMIN เมื่อ WIDTH<=CW1 (2-20)

VDESIR = VDESMIN + a1(WIDTH-CW1) เมื่อ CW1<=WIDTH<=CW2 (2-21)

VDESIR = VDES2 + a3(WIDTH-CW2) เมื่อ CW2<=WIDTH<=CW3 (2-22)

VDESIR = VDES2 + a3(CW3-CW2) เมื่อ WIDTH>=CW3 (2-23)

โดยที่ VDESIR คือ การจำกัดความเร็วที่พิจารณาจากความเร็วอุดมคติ (เมตร/วินาที)

VDESMIN คือ ความเร็วอุดมคติต่ำสุดสำหรับถนน 1 ช่องการจราจร (เมตร/วินาที)

VDES2 คือ ความเร็วอุดมคติต่ำสุดสำหรับถนน 2 ช่องการจราจร (เมตร/วินาที) มีค่าเท่ากับ VDESMIN/a2

โดยที่ a2 = 0.75

WIDTH คือ ความกว้างของผิวจราจร (เมตร)

CW1 คือ ความกว้างของผิวจราจรที่ใช้กับ VDESMIN (เท่ากับ 4.0 เมตร)

CW2 คือ ความกว้างของผิวจราจรที่ใช้กับ VDES2 (เท่ากับ 6.8 เมตร)

CW3 คือ ความกว้างสูงสุดของผิวจราจร (เท่ากับ 14.0 เมตร)

a1 คือ อัตราส่วนความเร็วอุดมคติที่เพิ่มขึ้นต่อความกว้างผิวจราจรที่เพิ่มขึ้น มีค่าเท่ากับ (VDES2- VDESMIN)/(CW2-CW1)

a3 = 2.9 เมื่อเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล, = 0.6 เมื่อเป็นรถโดยสาร, = 0.7 เมื่อเป็นรถบรรทุก

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าหากสามารถกำหนดค่า VDESMIN, CW1, CW2, CW3 ได้ก็สามารถที่จะคำนวณหาค่า VDESIR ที่เป็นความเร็วอุดมคติตัวแทนในการวิเคราะห์ได้ (ดูค่าต่าง ๆ ของพารามิเตอร์ได้ในภาคผนวก “รายละเอียดพารามิเตอร์สำหรับฐานข้อมูลระบบบริหารงานบำรุงทาง”)

2. VDRIVE และ VBREAK เป็นการจำกัดความเร็วโดยพิจารณาจากความเร็วในการขับเคลื่อน และความเร็วในการต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ โดยมีสมการงานวิจัยของ Watanatada, et al (1987) การคำนวณดังนี้

$$VDRIVE = Pd*1000/(Fa+Fr+Fg) \quad (2\text{-}24)$$

$$VBREAK = Pb*1000/(Fg-Fa+Fr) \quad (2\text{-}25)$$

VDRIVE คือ ความเร็วในการขับเคลื่อนยานพาหนะ (เมตร/วินาที)

VBREAK คือ ความเร็วในการต้านการเคลื่อนที่ยานพาหนะ (เมตร/วินาที)

Pd คือ กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนพาหนะ (กิโลวัตต์)

Pb คือ กำลังที่ใช้ในการต้านการเคลื่อนที่พาหนะ (กิโลวัตต์)

Fa คือ Aerodynamic resistance (นิวตัน)

Fr คือ Rolling resistance (นิวตัน)

Fg คือ Gradient resistance (นิวตัน)

VDRIVE, VBREAK, Pd, Pb เป็นพารามิเตอร์ซึ่งดูค่าได้ในภาคผนวก และสำหรับ Fa, Fr, Fg เป็นตัวแปรซึ่งได้จากคำนวณแรงในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ VCURVE เป็นการจำกัดความเร็ว โดยพิจารณาจากรัศมีความโค้งของถนน มีหน่วย คือ m/s โดยมีสมการในการคำนวณอ้างอิงงานวิจัยของ Watanatada, et al (1987) ดังนี้

$$VCURVE = a0 \times R^{a1} \qquad (2\text{-}26)$$

R คือ รัศมีความโค้ง (เมตร)

a0, a1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วเนื่องจากรัศมีความโค้งโดยขึ้นอยู่กับประเภทของยานพาหนะ

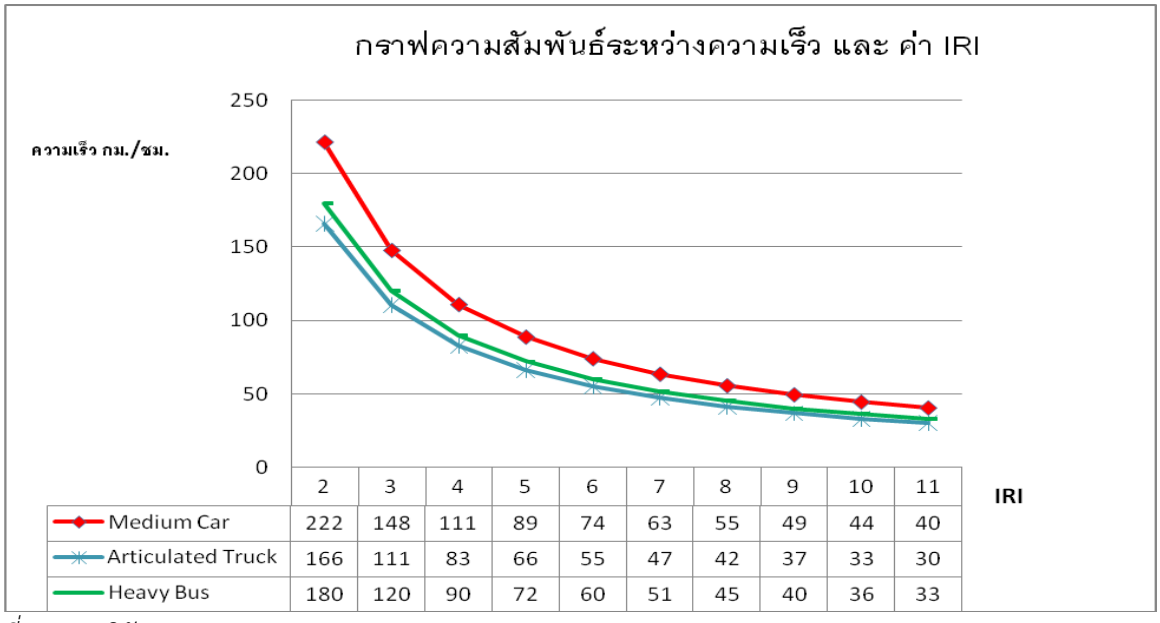
3. VROUGH เป็นการจำกัดความเร็ว โดยพิจารณาจากสภาพความขรุขระของผิวทาง มีหน่วยเป็น m/s โดยมีสมการในการคำนวณอ้างอิงงานวิจัยของ Watanatada, et al (1987) ดังนี้

$$VROUGH = ARVMAX / (a0 \times IRI) \qquad (2\text{-}27)$$

IRI คือ ดัชนีความขรุขระสากล (เมตร/กิโลเมตร)

ARVMAX คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วปรับแก้มากที่สุด (มิลลิเมตร/วินาที)

a0 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย



	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Medium Car	222	148	111	89	74	63	55	49	44	40
Articulated Truck	166	111	83	66	55	47	42	37	33	30
Heavy Bus	180	120	90	72	60	51	45	40	36	33

ที่มา : งานวิจัยของ Watanatada, et al (1987)

รูปที่ 2-22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI และความเร็วของพาหนะแต่ละประเภท

ซึ่งค่าของ ARVMAX และ a0 ขึ้นอยู่กับประเภทของยานพาหนะ เมื่อคำนวณความเร็วที่ใช้เป็นตัวควบคุมในแต่ละส่วนได้แล้ว จากนั้นพิจารณาค่าความเร็วน้อยที่สุดเพื่อกำหนดเป็นตัวแทนความเร็วอิสระของยานพาหนะ (Steady Speed, km/h)

<u>แบบจำลองความเร็วเมื่อมีปริมาณการจราจร (Speed Volume Model)</u>

จากผลการศึกษาความเร็วตัวแทนของยานพาหนะจากแบบจำลองการพยากรณ์ความเร็วนั้น ตัวแทนความเร็วที่วิเคราะห์ได้เป็นความเร็วอิสระที่ยังไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบจากลักษณะของปริมาณการจราจร ซึ่งการวิเคราะห์หาค่าความเร็วที่พิจารณาร่วมกับลักษณะความแออัดทางการจราจรนั้นอ้างอิงแบบจำลองของ Hoban, et al. 1994 รายละเอียดดังต่อไปนี้

$$Snom = 0.85 * S$$

$$SQ = S \quad :Q<Qo \qquad (2\text{-}28)$$

$$SQ = S - \{(S-Snom)*(Q-Qo)/(Qnom-Qo)\} \quad :Qo \le Q < Qnom \qquad (2\text{-}29)$$

$$SQ = Snom - \{(Snom-Sult)*(Q-Qnom)/(Qult-Qnom)\} \quad :Qnom \le Q < Qult \qquad (2\text{-}30)$$

$$SQ = Sult \quad :Q \ge Qult \qquad (2\text{-}31)$$

โดยที่ S คือ ความเร็วอิสระของยานพาหนะ

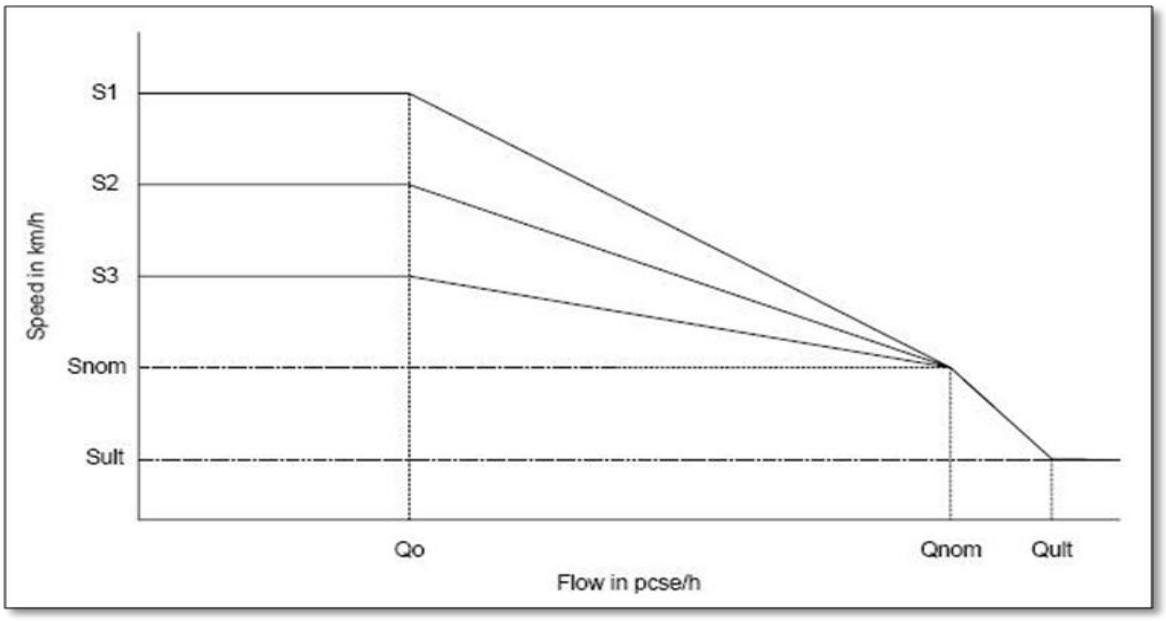
Snom คือ ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ณ ปริมาณการจราจรระดับ Nominal capacity

SQ คือ ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ณ ปริมาณการจราจรระดับต่าง ๆ

Sult คือ ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ณ ปริมาณการจราจรระดับ Ultimate capacity

Q คือ ปริมาณการจราจรของสายทาง PCU/ชั่วโมง

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล แสดงดังรูปที่ 2-23 โดยที่ PCSE คือ Passenger Car Space Equivalencies ซึ่งเป็นชื่อที่ตั้งขึ้นแทน PCU (Passenger Car Unit) และค่าตั้งต้นในการคำนวณ (Default value) ต่าง ๆ เช่น Qo, Qnom, Qult ในการวิเคราะห์ของระบบ TPMS 2009 ได้ใช้ค่าแนะนำจากงานวิจัยของ Hoban, et al. 1994 แสดงดังตารางที่ 2-11



ที่มา : Hoban, et al. 1994

รูปที่ 2-23 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลการจราจร

ตารางที่ 2-11 ค่าพารามิเตอร์ตั้งต้น สำหรับ Speed Volume Model

WIDTH (m)	Qo/Qult	Qnom/Qult	Qult (PCU/h)	Sult (Km/h)
< 4.0	0.0	0.70	600	10
4.0 - 5.5	0.0	0.70	1800	20
5.5 - 9.0	0.1	0.90	2800	25
9.0 - 12.0	0.2	0.90	3200	30
> 12.0	0.4	0.95	8000	40

ที่มา : อ้างอิงแบบจำลองจาก Hoban, et al. 1994

- สรุปผลการศึกษาแบบจำลองการคำนวณค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของผู้ใช้ทาง

การคำนวณค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่กระทบต่อผู้ใช้ทางได้อ้างอิงแบบจำลอง HDM-4 ซึ่งในการพัฒนาแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทางนี้ จะพิจารณาค่าใช้จ่ายประเภทที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อผลรวมของค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง การคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับยานพาหนะ และมูลค่าเวลาในการเดินทาง มูลค่าความเสียหายจากอุบัติเหตุ ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> การคำนวณค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของยานพาหนะ มี 4 ประเภทได้แก่

1. **ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่น (Fuel and Oil Cost)** เป็นการคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และน้ำมันหล่อลื่นของยานพาหนะ ณ สภาวะการขับขี่หนึ่ง ๆ ซึ่งอัตราการสิ้นเปลืองนี้จะต่างกันตามประเภทของยานพาหนะ โดยจะแปรผันตามความเร็วในการขับขี่ และกำลังของเครื่องยนต์ที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนยานพาหนะ ซึ่งยานพาหนะชนิดเดียวกันอาจจะต้องการใช้กำลังในการขับเคลื่อนต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความชัน (%Gradient) และความขรุขระของผิวทาง (IRI) โดยอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของยานพาหนะแต่ละประเภทนี้อยู่ในรูปของ ลิตร/กิโลเมตร ซึ่งเมื่อนำไปคูณกับราคาต่อหน่วยของน้ำมันและน้ำมันหล่อลื่น (บาท/ลิตร) ก็จะสามารถคำนวณค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นได้เป็นหน่วย บาท/กม./คัน โดยสามารถสรุปสมการในการคำนวณอ้างอิงจาก HDM-4, 2017 ได้ดังนี้

<u>ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Cost)</u>

$$FUEL_COST = SFC \times FUEL_UNITCOST \quad (2\text{-}32)$$

โดยที่ FUEL_COST = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/กม.)
SFC = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/กม.)
FUEL_UNITCOST = ราคาน้ำมัน (บาท/ลิตร)

$$SFC = \frac{IFC}{speed} \quad (2\text{-}33)$$

โดยที่ IFC = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง (มิลลิลิตร/วินาที)
Speed = อัตราความเร็ว (เมตร/วินาที)

$$IFC = \max(IDLE_FUEL, ZETA \times PTOT\,(1 + dFUEL)) \quad (2\text{-}34)$$

โดยที่ IDLE_FUEL = อัตราการสูญเสียเชื้อเพลิงขั้นต่ำกรณีที่ไม่ได้ขับเคลื่อน (มิลลิลิตร/วินาที)
ZETA = fuel-to-power efficiency factor (มิลลิลิตร/กิโลวัตต์/วินาที)
PTOT = กำลังรวมทั้งหมดที่ต้องในการขับเคลื่อน (กิโลวัตต์)
dFUEL = สัดส่วนการเพิ่มขึ้นในการบริโภคน้ำมันเมื่อการจราจรอยู่ในสภาวะแออัด

$$ZETA = ZETAB(1 + \frac{EHP}{PRAT} \times (PTOT - \frac{PCTPENG \times PENGACCS}{100})) \quad (2\text{-}35)$$

โดยที่ ZETAB = base fuel-to-power efficiency factor (มิลลิลิตร/กิโลวัตต์/วินาที)
EHP = ค่าคงที่ decrease in engine efficiency at high power
PRAT = กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ (กิโลวัตต์)
PCTPENG = เปอร์เซ็นต์ของกำลังเครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน
PENGACCS = กำลังเครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน (กิโลวัตต์)

ค่าน้ำมันหล่อลื่น (Oil Cost)

$$OIL_COST = OIL \times OIL_UNITCOST \quad (2\text{-}36)$$

โดยที่ OIL_COST = ค่าน้ำมันหล่อลื่น (บาท/กม.)
OIL = อัตราการบริโภคน้ำมันหล่อลื่น (ลิตร/กม.)
OIL_UNITCOST = ราคาน้ำมันหล่อลื่น (บาท/ลิตร)

$$OIL = OILCONT + OILPER \times SFC \quad (2\text{-}37)$$

โดยที่ OILCONT = อัตราการสิ้นเปลืองเมื่อมีการปนเปื้อนในการใช้งาน (ลิตร/กม.)
OILPER = สัมประสิทธิ์การสิ้นเปลืองขณะการใช้งาน
SFC = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/กม.)

2. **ค่ายาง (Tyre Cost)** เป็นการคำนวณหาอัตราการสึกหรอของยาง ซึ่งแนวทางการพิจารณาเริ่มจากการคำนวณพลังงานที่เกิดขึ้นตามทิศทางเส้นรอบวงของล้อ (Tangential Energy, TE) หน่วย J-m. โดยที่ค่าพลังงานนี้ขึ้นอยู่กับผลรวมของกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน จากนั้น นำค่า TE ที่ได้ไปคำนวณหาอัตราการสึกหรอของยาง (Rate of Tread Wear) ซึ่งอยู่ในรูปของ ลบ.ม./กม. การคำนวณอัตราการสึกหรอของยางจะพิจารณาเทียบเป็นร้อยละของปริมาตรยางเส้นใหม่ต่อความยาวกิโลเมตร เมื่อนำสัดส่วนปริมาตรยางที่สึกหรอไปคูณกับปริมาตรยางเส้นใหม่ ก็สามารถที่จะคำนวณเป็นราคาค่ายางที่สึกหรอได้ในรูปของ บาท/กม. สามารถสรุปสมการอ้างอิงจาก HDM-4, 2017 ในการคำนวณได้ดังนี้

$$TYRE_COST = NUM_WHEEI \times EQNT \times NEWTYRE_UNITCOST \quad (2\text{-}38)$$

โดยที่ TYRE_COST = ค่ายาง (บาท/กม.)
NUM_WHEEL = จำนวนล้อ
EQNT = อัตราการสิ้นเปลืองยาง (%ของยางเส้นใหม่/กม.)
NEWTYRE_UNITCOST = ราคายางเส้นใหม่ (บาท)

3. ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อม (Maintenance and Repair Cost)

การคำนวณค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมนี้จะพิจารณาเป็นสัดส่วนเทียบจากราคาใหม่ของยานพาหนะ โดยที่ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมจะแปรผันตามอายุการใช้งานของยานพาหนะ และแปรผันตามค่า IRI ผลลัพธ์ที่คำนวณได้อยู่ในรูปสัดส่วนของราคายานพาหนะใหม่ต่อกิโลเมตร เมื่อนำสัดส่วนนี้ไปคูณกับราคายานพาหนะ ก็สามารถที่จะคำนวณเป็นราคาค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมได้ในรูปของ บาท/กม. สามารถสรุปสมการอ้างอิงจาก HDM-4, 2017 ในการคำนวณได้ดังนี้

$$M\&R_{COST} = Veh_{COST} \times \frac{PC}{1{,}000} \quad (2\text{-}39)$$

โดยที่ M&R_COST = ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อม (บาท/กม.)

PC = ค่าอะไหล่ คิดเป็นสัดส่วนเทียบกับราคาใหม่ของยานพาหนะ (%ราคายานพาหนะ/กิโลเมตร)

VEH_UNITCOST = ราคายานพาหนะใหม่ (บาท)

สำหรับการคำนวณค่าแรงซ่อม ทางที่ปรึกษาได้หารือร่วมกับคณะทำงาน โดยประมาณการจากค่าแรงขั้นต่ำของช่างยนต์ประมาณ 350 บาทต่อวัน ชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน จะได้ค่าแรงต่อชั่วโมงเท่ากับ 350/8 = 43.75 บาทต่อชั่วโมง โดยจะใช้ค่านี้ในการวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง ซึ่งในส่วนของโปรแกรมการวิเคราะห์นั้นได้ออกแบบให้ผู้ใช้ในระดับส่วนกลางสามารถกรอกเพื่อปรับแก้ได้

4. **ค่าเสื่อมราคา (Depreciation Cost)** การคำนวณค่าเสื่อมราคานี้จะพิจารณาเป็นสัดส่วนเทียบจากราคาใหม่ของยานพาหนะ ซึ่งค่าเสื่อมราคานี้จะขึ้นอยู่กับค่า IRI เนื่องจากค่า IRI ส่งผลให้อายุในการใช้งานของยานพาหนะลดลง จึงทำให้ค่าเสื่อมต่ออายุการใช้งานมีค่ามากขึ้น เมื่อนำสัดส่วนนี้ไปคูณกับราคายานพาหนะ ก็สามารถที่จะคำนวณเป็นราคาค่าเสื่อมได้ในรูปของ บาท/กม. โดยสามารถสรุปสมการอ้างอิงจาก HDM-4, 2017 ในการคำนวณได้ดังนี้

$$DEP_COST = NVPLT \frac{\left[1 - 0.01\max\{2{,}15 - \max(0, IRI - 5)\}\right]}{LIFEKMO \times \min\left(1, \frac{1}{1 + \exp(-65.8553 IRI^{-1.9194})}\right)} \quad (2\text{-}40)$$

โดยที่ DEP_COST = ค่าเสื่อมราคา (บาท/กิโลเมตร)
NVPLT = ราคายานพาหนะไม่รวมล้อยาง (บาท)
IRI = ดัชนีความขรุขระสากล (เมตร/กิโลเมตร)
LIFEKMO = อายุการใช้งานของยานพาหนะ (กิโลเมตร)

<u>ส่วนที่ 2</u> การคำนวณมูลค่าเวลาในการเดินทาง

การประเมินมูลค่าทางเวลานับว่าเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์ จากการศึกษาต่าง ๆ ข้อมูลงานวิจัย HDM-4, 2017 ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในประเทศที่กำลังพัฒนา พบว่าสัดส่วนของมูลค่าเวลาในการเดินทางของยานพาหนะที่ขนส่งผู้โดยสารทั้งรถเมล์และรถยนต์ส่วนบุคคลคิดเป็นประมาณ 15% - 20% ของค่าใช้จ่ายรวม โดยทั่วไปความเร็วเดินทางจะพิจารณาอยู่ในรูปของ ชม./กม. ซึ่งสามารถคำนวณได้จากแบบจำลองความเร็ว แต่สิ่งที่ยากจะประเมินก็คือมูลค่าของเวลา เนื่องจากเมื่อทำการวิเคราะห์ในระดับโครงข่ายทางของทั้งประเทศ มูลค่าในการเดินทางของประชาชนมีความแตกต่างกันตามสภาพเศรษฐกิจในแต่ละพื้นที่

สำหรับการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงนี้ ทางที่ปรึกษาได้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถปรับมูลค่าเวลาในการเดินทางได้ตามผลการศึกษาหรืองานวิจัยในอนาคตเพื่อให้ผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด

ซึ่งที่ค่าแนะนำสำหรับการวิเคราะห์ในโครงการนี้ทางที่ปรึกษาได้อ้างอิงจาก HDM-4, 2017 ผลการศึกษาการประหยัดระยะเวลาในการเดินทางโดยใช้เทคโนโลยี GPS และ Vehicle Tracking System ซึ่งพบว่ามูลค่าเวลาในการเดินทางมีค่าเท่ากับ 77.84 บาท/PCU-ชม. ผลการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์มูลค่าเวลาในการเดินทางโดยใช้ทางด่วนในเขตกรุงเทพมหานคร ดังนั้น มูลค่าที่วิเคราะห์ได้อาจจะสูงกว่ามูลค่าเวลาในการเดินทางของผู้ใช้ทางหลวงเพื่อสัญจรไปมาระหว่างจังหวัดหรือภูมิภาค ดังนั้น หากในอนาคตมีผลการศึกษาที่สะท้อนความเป็นจริงมากกว่าในปัจจุบัน ผู้วิเคราะห์สามารถปรับแก้มูลค่าเวลาในการเดินทางได้จากหน้าจอของโปรแกรม TPMS 2009

สำหรับสมการในการคำนวณมูลค่าเวลาในการเดินทางนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้

$$TT_COST = TIME_COST \times \frac{NUM_PASS \times PCTWK}{Speed} \quad (2\text{-}41)$$

โดยที่ TT_COST = ค่าเวลาในการเดินทาง (บาท/กิโลเมตร)
TIME_COST = มูลค่าเวลา (บาท/ชั่วโมง-คน)
NUM_PASS = จำนวนผู้โดยสารบนยานพาหนะ (คน)
PCTWK = ร้อยละของผู้โดยสารที่เดินทางเพื่อไปทำงาน
Speed = ความเร็วที่ใช้ในการเดินทาง (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

<u>ส่วนที่ 3</u> การคำนวณมูลค่าความเสียหายจากอุบัติเหตุบนถนน

ในส่วนของแบบจำลองมูลค่าความเสียหายจากการเกิดอุบัติเหตุที่ปรึกษาได้แบ่งประเภทของความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุ ออกเป็น 4 ประเภท ตามความรุนแรง ดังนี้ 1. อุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิต (Fatal Accident) 2. อุบัติเหตุร้ายแรงที่มีผู้บาดเจ็บสาหัส (Serious Injury Accident) 3. อุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บเล็กน้อย (Slight Injury Accident) 4. อุบัติเหตุที่มีทรัพย์สินเสียหาย (Property Damage-Only) โดยมูลค่าความเสียหายต่อการเกิดอุบัติเหตุต่อครั้งจำแนกตามความเสียหายต่อการเกิด 1 ครั้งในแต่ละประเภท โดยระบบรองรับให้ผู้ใช้งานสามารถปรับแก้ไขค่ามูลค่าความเสียหายในหน้าตั้งค่า ซึ่งการหาค่าความเสียหายจากการเกิดอุบัติเหตุ (ACC) สามารถหาได้จาก CMF Clearing House (Modeling The Effect of Road Surface Friction on the Accident Rate of Urban Un-Signalized Intersections, Amini And Beigi, 2015) แสดงดังสมการที่ 2-42 และสมการที่ 2-43

$$ACC_{(ตามประเภท)} = VKT \times CMF \times ACC\ rate \times ACC\ Unit\ Cost_{(ตามประเภท)} \quad (2\text{-}42)$$

$$ACC = \sum ACC_{(ตามประเภท)} \quad (2\text{-}43)$$

2.1.5 การศึกษา และเสนอแนวทาง การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเสื่อมสภาพ จากการศึกษาของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

ที่ปรึกษาได้ศึกษางานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023 เพื่อพิจารณาเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเสื่อมสภาของผิวทาง ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้น สามารถสรุปข้อมูลได้ ดังนี้

2.1.5.1 การศึกษาดัชนีชี้วัดด้านสมรรถนะของโครงสร้างถนน ในด้านต่าง ๆ อันได้แก่ ความเรียบของถนน ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง ความแข็งแรงของโครงสร้างถนน ความเสียหายของผิวทาง และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน

1) ความเรียบของถนนโดยตัวแทนดัชนีชี้วัดอยู่ในรูปของ IRI

ค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index: IRI) ซึ่งคำนวณจากค่าระดับสะสมตามยาวของถนน (Longitudinal Road Profile) ที่เก็บได้จากอุปกรณ์ Laser Profilometer และ Accelerometer โดยข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์เลเซอร์ มีลักษณะข้อมูลเป็นค่าต่อเนื่องตลอดระยะทางการสำรวจเมื่อรถสำรวจวิ่งสำรวจข้อมูลด้วยความเร็วประมาณ 30 ถึง 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2) ความเสียหายของผิวทางโดยตัวแทนดัชนีชี้วัดอยู่ในรูปของ PCI

ค่าดัชนีสภาพถนน (Pavement Condition Index: PCI) เป็นการให้คะแนนเพื่อประเมินสภาพถนนที่เป็นค่าตัวเลขตั้งแต่: 0 ถึง 100 โดยทำการตรวจสอบภาพตัวอย่างของถนนและประเมินลักษณะโครงสร้างของผิวหน้าถนน เช่น รอยแตกร้าว ร่องล้อ ความขรุขระ และความเสียดทาน

3) ความแข็งแรงของโครงสร้างทางโดยตัวแทนดัชนีชี้วัดอยู่ในรูปของ SCI

ค่าดัชนี Structural Coefficient Index (SCI) ซึ่งใช้ในการประเมินโครงสร้างถนน โดยจะเป็นค่าตัวเลขที่แสดงถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของถนน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับข้อกำหนดการออกแบบ

4) ความต้านทานการลื่นไถลโดยตัวแทนดัชนีชี้วัดอยู่ในรูปของ IFI

จากค่าดัชนีความเสียดทานสากล (International Friction Index: IFI) ซึ่งเกิดจากการผนวกค่าแรงยึดติด (Adhesion) และค่าแรงต้านทาน (Hysteresis) เข้าด้วยกัน โดยค่าแรงยึดติดเป็นแรงฝืดที่เกิดจากการเชื่อม หรือการหน่วง ซึ่งมาจากวัสดุขนาดเล็กของผิวถนนกับยางล้อ ในขณะที่ค่าแรงต้านทานเป็นค่าที่เกิดจากการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากการเปลี่ยนรูปร่างของล้อยาง เมื่อล้อยางถูกบีบอัดเข้ากับพื้นผิวทาง

2.1.5.2 การศึกษาการวิเคราะห์ประเมินวงจรชีวิต (Life Cycle Analysis)

1) การวิเคราะห์การเสื่อมสภาพ (Deterioration)

การวิเคราะห์การเสื่อมสภาพของดัชนีชี้วัดสมรรถนะหลักของโครงสร้างถนนทั้ง 4 ด้าน โดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรม หรือ หลักสถิติขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์ข้อมูล Machine Learning หรือ Artificial Intelligence การวิเคราะห์โดยอ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมา เป็นต้น ซึ่งจากการทบทวนงานวิจัยในอดีต พบว่า มีการวิเคราะห์ข้อมูลการเสื่อมสภาพของผิวทางโดยใช้วิธี Machine Learning ที่นิยมใช้ด้วยกันหลายวิธี (Cano-Ortiz et al., 2022; Choi & Do, 2019; Shtayat et al., 2022) อาทิเช่น Random Forest, Artificial Neural Network, Long Short-Term Memory Network

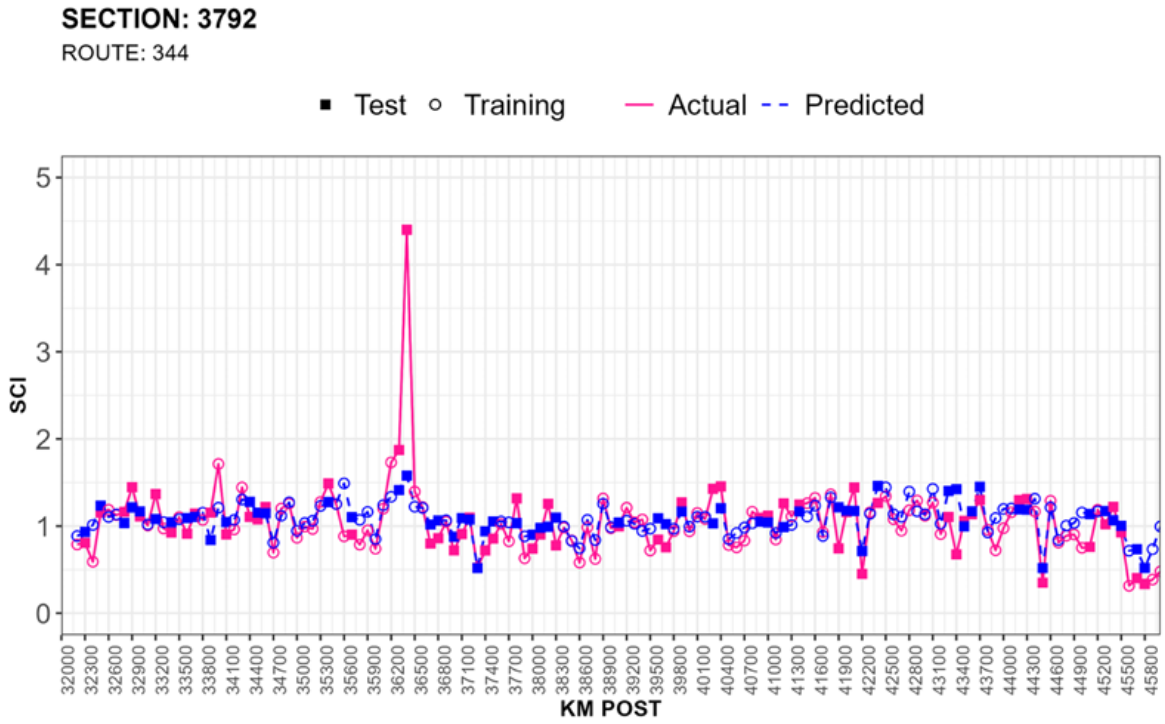
- ความแข็งแรงของโครงสร้างถนน (Structural Coefficient Index, SCI)

การสร้างแบบจำลองการคาดการณ์ความแข็งแรงของโครงสร้างถนน สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง ได้เลือกใช้แบบจำลอง Random Forest เนื่องจากข้อจำกัดของปริมาณข้อมูลที่มีอยู่ทั้งสิ้น 1,620 ตอนควบคุมย่อย โดยได้ทำการคาดการณ์ค่าดัชนีล่วงหน้าได้ 1-3 ปี โดยมีตัวแปรขาเข้าที่เป็น Features ทั้งหมด 10 ตัวแปร และตัวแปรที่เป็น Target 1 ตัวแปร คือ ค่า SCI ในอนาคตที่ต้องการคาดการณ์นอกจากนี้ ได้ใช้วิธี Grid Search ในการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของแบบจำลอง และได้ผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลอง แสดงดังตารางที่ 2-12 ซึ่งแสดงกราฟค่าดัชนีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองเทียบกับค่าดัชนีของจริงที่ได้จากอุปกรณ์เก็บข้อมูล แสดงดังรูปที่ 2-24 และรูปที่ 2-25

ตารางที่ 2-12 ผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลอง Random Forest ของดัชนี SCI

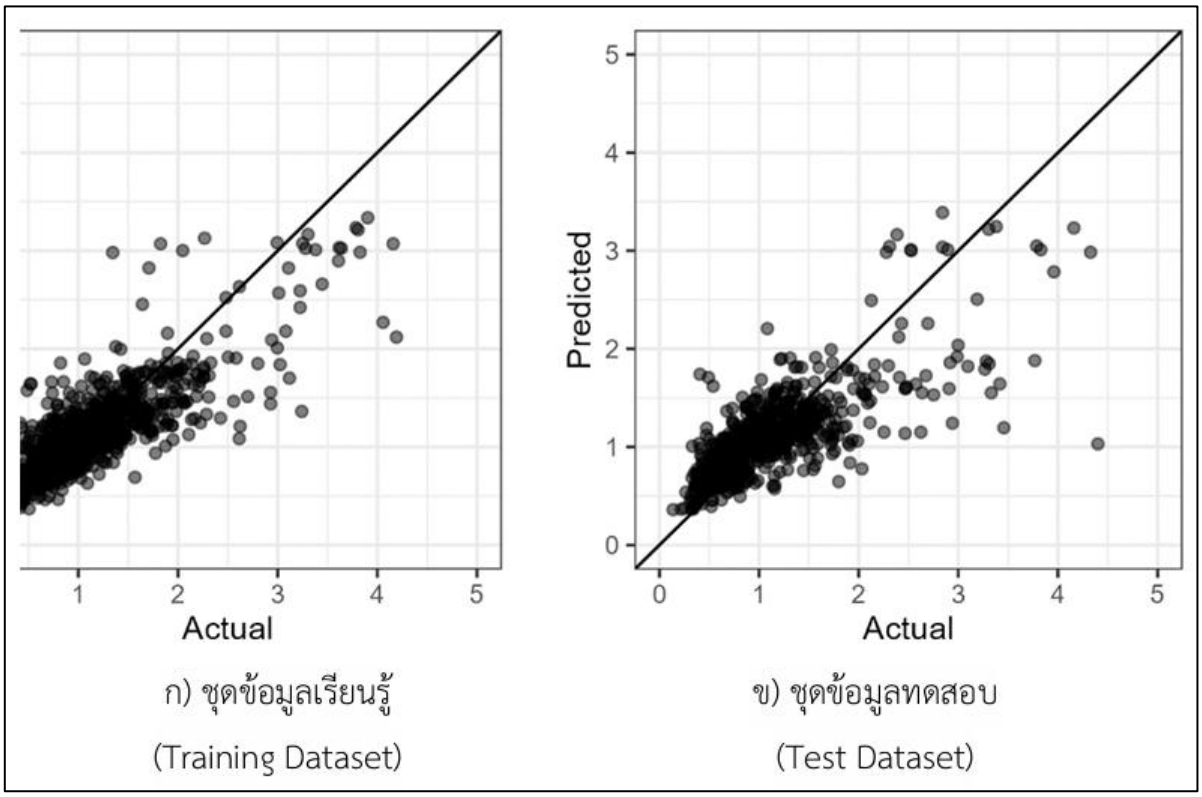
ประเภทแบบจำลอง	ชุดข้อมูล	MAPE (%)	MAE	R^2
Random Forest	Training	24.99	0.25	0.64
	Test	29.26	0.32	0.48
Multiple Linear Regression	Training	43.72	0.39	0.25
	Test	43.11	0.4	0.31

ที่มา : งานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023



ที่มา : งานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023

รูปที่ 2-24 ค่า SCI ที่ได้จากแบบจำลอง Random Forest



ที่มา : งานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023

รูปที่ 2-25 ค่า SCI ที่ได้จากแบบจำลอง Random Forest

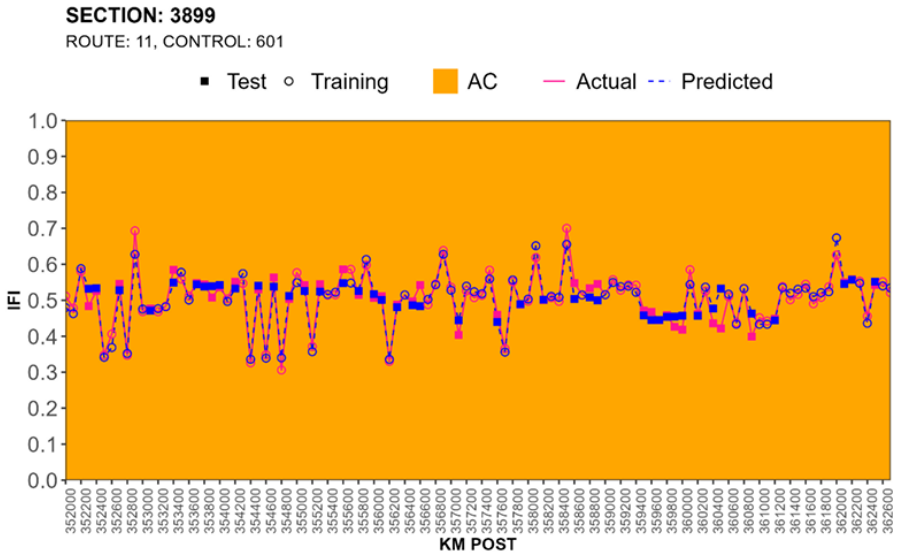
- ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (International Friction Index, IFI)

การสร้างแบบจำลองการคาดการณ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง ได้เลือกใช้แบบจำลอง Random Forest เนื่องจากข้อจำกัดของปริมาณข้อมูลที่มีอยู่ทั้งสิ้น 302 ตอนควบคุมย่อย โดยที่ปรึกษาได้ทำการคาดการณ์ค่าดัชนีล่วงหน้าได้ 1-3 ปี โดยมีตัวแปรขาเข้าที่เป็น Features ทั้งหมด 12 ตัวแปร และตัวแปรที่ เป็น Target 1 ตัวแปร คือ ค่า IFI ในอนาคตที่ต้องการคาดการณ์ นอกจากนี้ที่ปรึกษาได้ใช้วิธี Grid Search ในการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของแบบจำลอง และได้ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุดข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลสำหรับเรียนรู้ (Training Dataset) จำนวน 181 แถว (60%) และ ชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ (Test Dataset) จำนวน 121 แถว (40%) และได้ผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลอง แสดงดังตารางที่ 2-13 ซึ่งแสดงกราฟค่าดัชนีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองเทียบกับค่าดัชนีของจริงที ได้จากอุปกรณ์เก็บข้อมูล แสดงดังรูปที่ 2-26 และรูปที่ 2-27

ตารางที่ 2-13 ผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลอง Random Forest ของดัชนี IFI

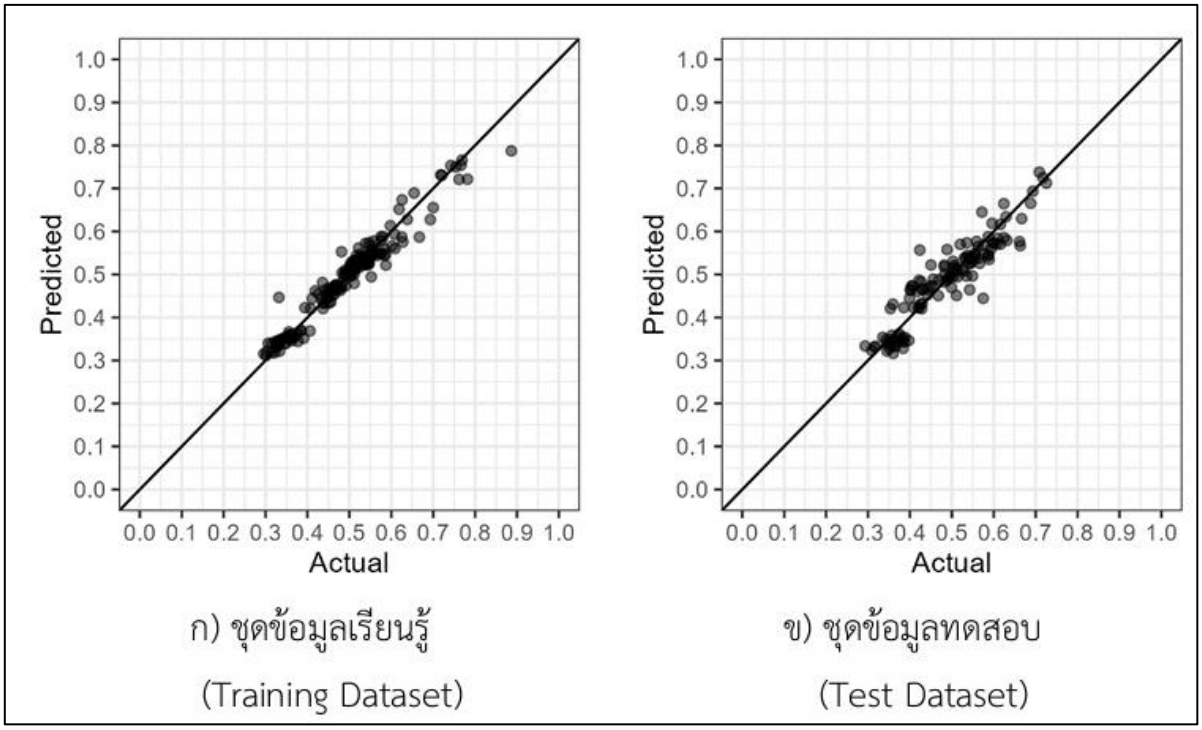
ประเภทแบบจำลอง	ชุดข้อมูล	MAPE (%)	MAE	R^2
Random Forest	Training	3.43	0.02	0.95
	Test	6.33	0.03	0.85
Multiple Linear Regression	Training	7.14	0.04	0.82
	Test	8.05	0.04	0.80

ที่มา : งานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023



ที่มา : งานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023

รูปที่ 2-26 ค่า IFI ที่ได้จากแบบจำลอง Random Forest



ที่มา : งานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023

รูปที่ 2-27 ค่า IFI ที่ได้จากแบบจำลอง Random Forest

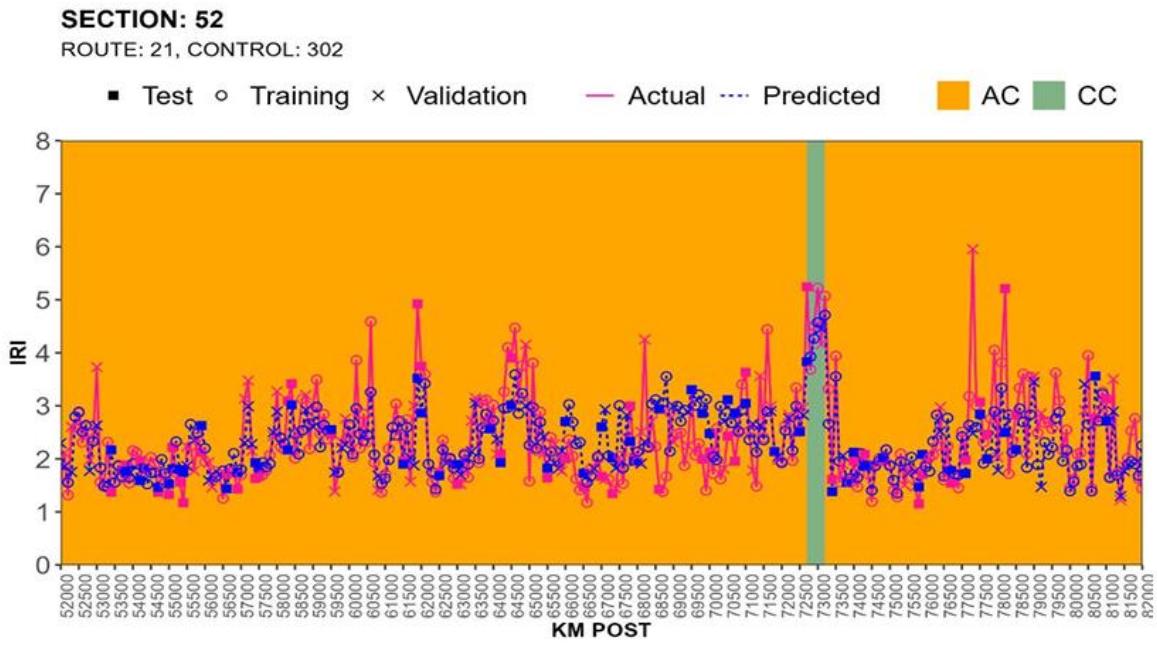
- ความเรียบของถนน (International Roughness Index, IRI)

การสร้างแบบจำลองการคาดการณ์ความเรียบของถนน สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง ได้เลือกใช้แบบจำลอง Neural Network เนื่องจากข้อจำกัดของปริมาณข้อมูลที่มีปริมาณมาก ซึ่งค่อนข้างมากกว่าแบบจำลองคาดการณ์ความแข็งแรงของโครงสร้างถนน และความต้านทานการลื่นไถล ซึ่งมีจำนวนข้อมูลอยู่ทั้งสิ้น 285,849 ตอนควบคุมย่อย โดยที่ปรึกษาได้ทำการคาดการณ์ค่าดัชนีล่วงหน้า 1 ปี โดยมีตัวแปรขาเข้าที่เป็น Features ทั้งหมด 251 ตัวแปร และได้ผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 2-14 ซึ่งแสดงกราฟค่าดัชนีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองเทียบกับค่าดัชนีของจริงที่ได้จากอุปกรณ์เก็บข้อมูล แสดงดังรูปที่ 2-28 และรูปที่ 2-29

ตารางที่ 2-14 ผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลอง Neural Network ของดัชนี IRI

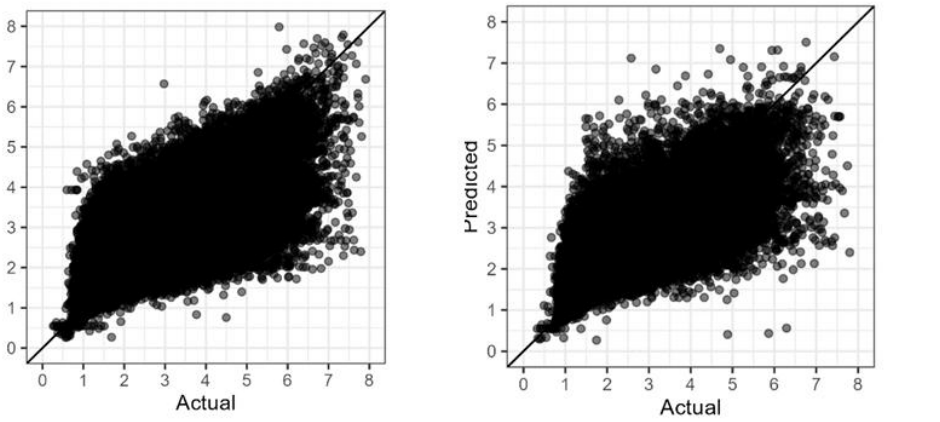
ประเภทแบบจำลอง	ชุดข้อมูล	MAPE (%)	MAE	R^2
Neural Network	Training	20.83	0.5	0.58
	Validation	21.98	0.53	0.52
	Test	21.79	0.53	0.53
Multiple Linear Regression	Training	26.09	0.62	0.40
	Validation	26.10	0.63	0.40
	Test	25.90	0.61	0.41

ที่มา : งานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023

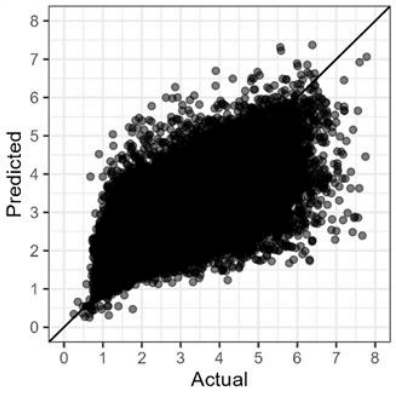


ที่มา : งานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023

รูปที่ 2-28 ค่า IRI ที่ได้จากแบบจำลอง Neural Network



ก) ชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Dataset)　　ข) ชุดข้อมูลตรวจสอบ (Validation Dataset)



ค) ชุดข้อมูลทดสอบ (Test Dataset)

ที่มา : งานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023

รูปที่ 2-29 ค่า IRI ที่ได้จากแบบจำลอง Neural Network

2) การวิเคราะห์ผลกระทบจากการซ่อมบำรุง (Road Work Effect)

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง ได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบจากการซ่อมบำรุงในส่วนของค่าความแข็งแรงของโครงสร้างถนน และความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางนั้น ข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง ไม่มีช่วงทางที่มีการซ่อมบำรุงสายทางทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์การซ่อมบำรุงสายทางของดัชนีความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางโดยแบ่งเป็น 2 ดัชนี ได้แก่ ความเรียบของถนนและความเสียหายของผิวทาง โดยมีรายละเอียดในการวิเคราะห์แต่ละดัชนีดังนี้

3) ความเรียบของถนน (International Roughness Index, IRI)

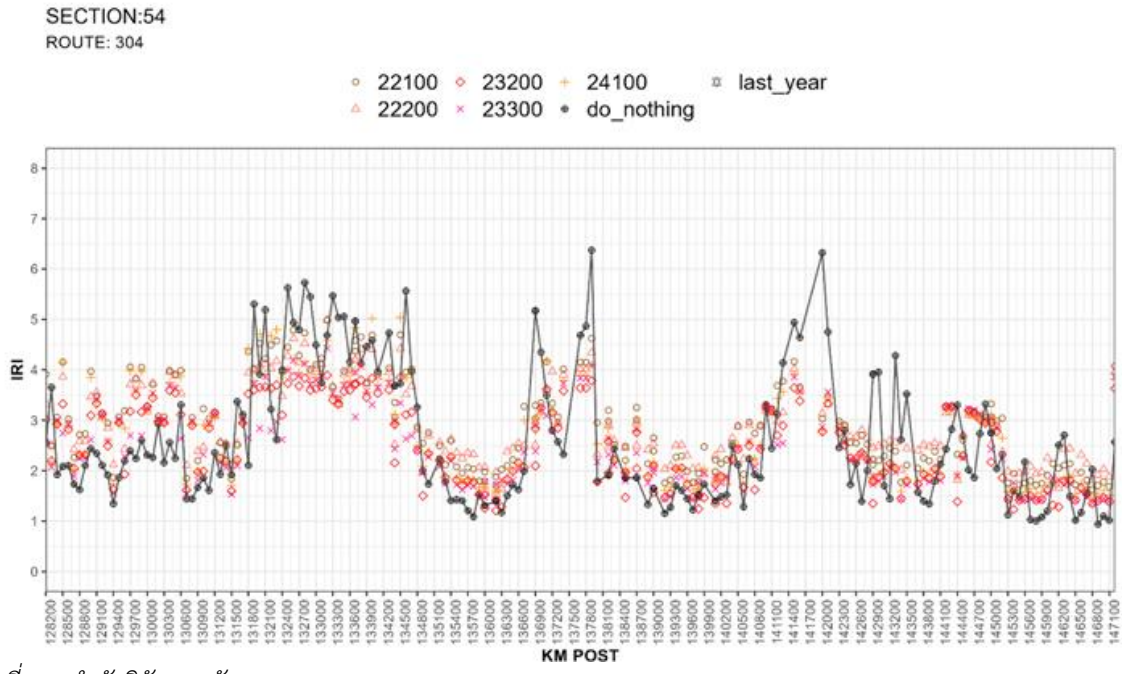
สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง ได้ดำเนินการวิเคราะห์ผลกระทบของการซ่อมบำรุง ของความเรียบของถนน โดยเลือกรหัสงานบำรุงสายทางที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ จากข้อมูลที่มีมากที่สุด 5 อันดับแรกของข้อมูลความเรียบของถนน ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2-15

ตารางที่ 2-15 รายละเอียดงานซ่อมบำรุงทางที่ใช้วิเคราะห์ผลกระทบจากการซ่อมบำรุง

ลำดับ	รหัสงาน	คำอธิบายรหัสงาน	จำนวนข้อมูล	สัดส่วนข้อมูล
1	22200	งานเสริมผิวทางแอสฟัลต์	5,133	33.96%
2	22100	งานฉาบผิวทางแอสฟัลต์	2,848	18.84%
3	24100	งานบูรณะผิวทางแอสฟัลต์	1,884	12.46%
4	23300	งานปรับปรุงผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมนำกลับมาใช้ใหม่	1,570	10.39%
5	24200	งานบูรณะผิวทางคอนกรีต	1,123	7.43%
6	23200	งานซ่อมทางผิวแอสฟัลต์	994	6.58%

ที่มา : สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023

และได้ดำเนินการปรับวิธีการซ่อมข้อมูลทั้ง 5 วิธีในแบบจำลองการคาดการณ์ความเรียบของถนน ได้ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 2-30



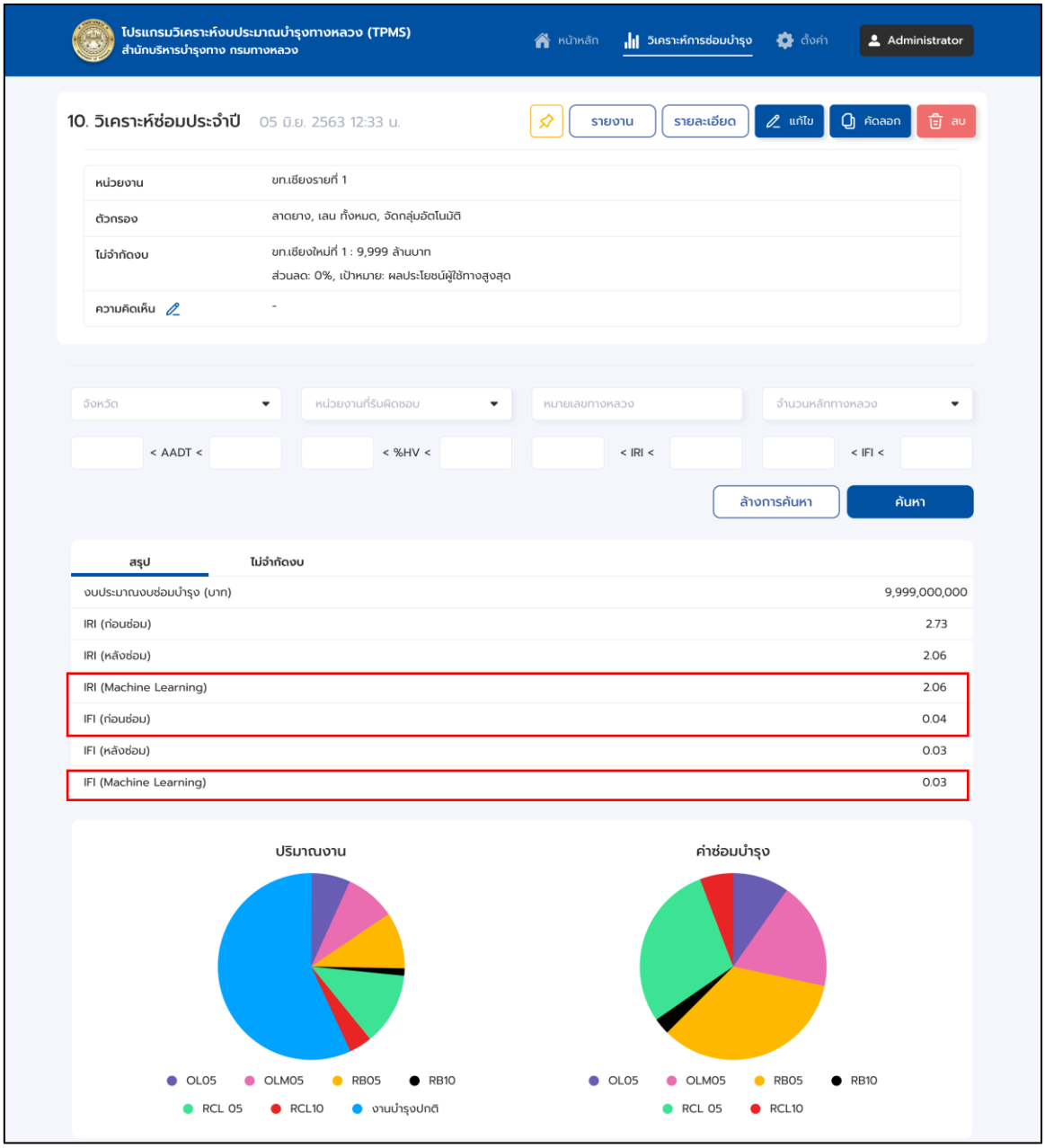
ที่มา : สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023

รูปที่ 2-30 ผลการเปรียบเทียบวิธีการซ่อมบำรุงแต่ละวิธีของดัชนีความเรียบของถนน

จากรูปที่ 2-30 จะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่งานซ่อมทางผิวแอสฟัลต์ (รหัส 23200) จะทำให้ค่า IRI น้อยกว่าวิธีอื่น ตามมาด้วยวิธีงานเสริมผิวทางแอลฟัลต์ (รหัส 22200) งานปรับปรุงผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมนำกลับมาใช้ใหม่ (รหัส 23300) งานบูรณะผิวทางแอสฟัลต์ (รหัส 24100) และงานฉาบผิวทางแอสฟัลต์ (รหัส 22100)

2.1.5.3 แนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเสื่อมสภาพ จากการศึกษาของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

จากการศึกษางานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023 และที่ปรึกษาได้จัดทำ User Requirement เพื่อรับฟังความต้องการใช้งานจากเจ้าหน้าที่ ที่เกี่ยวข้องจากหัวข้องานส่วนที่ 4 จึงเสนอให้นำแบบจำลองการคาดการณ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางจากสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง แบบจำลอง Random Forest และแบบจำลองการคาดการณ์ความเรียบของถนน สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023 แบบจำลอง Neural Network มาใช้ในการวิเคราะห์การเสื่อมสภาพ (Deterioration) คู่กับแบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทาง (Road Deterioration Model: RD) ของระบบ Highway Development Management Volume หรือ HDM-4 โดยใช้ในการเปรียบเทียบในหน้าผลการวิเคราะห์ประจำปี แสดงดังรูปที่ 2-31 แต่เนื่องจากข้อจำกัดของปริมาณข้อมูลในการศึกษางานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน เช่น จากการสร้างแบบจำลองการคาดการณ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางมีจำนวนข้อมูลจำกัด ปริมาณข้อมูลที่มีอยู่ทั้งสิ้น 302 ตอนควบคุมย่อย และการสร้างแบบจำลองการคาดการณ์ความเรียบของถนน ได้ทำการคาดการณ์ค่าดัชนีล่วงหน้า 1 ปี ที่ปรึกษาจึงเสนอให้นำมาใช้ร่วมกันในอนาคต



รูปที่ 2-31 ตัวอย่างหน้าระบบที่เพิ่มผลการวิเคราะห์จากแบบจำลอง
ของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023

2.1.6 การศึกษา ทบทวน แนวทางการตรวจวัดและประเมินความเสียดทานของผิวทาง (Skid Resistance) ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ที่เหมาะสมกับการเก็บข้อมูลในระดับโครงข่าย และนำเสนอเครื่องมือสำรวจความเสียดทานผิวทาง โดยต้องเป็นการสำรวจความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ที่เหมาะสมกับการสำรวจความเสียดทานของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในระดับโครงข่าย

ผลการศึกษาความเสียดทานของผิวทางหรือความต้านทานการลื่นไถล (Pavement-Tire Friction หรือ Pavement Friction หรือ Skid Resistance) เป็นปัจจัยหนึ่งในหลาย ๆ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยทางถนน โดยเฉพาะความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากถนนลื่นในกรณีที่ถนนเปียก (Wet Skidding Crash) ทั้งนี้ โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุด้วยสาเหตุดังกล่าวจะลดลงเมื่อความเสียดทานระหว่างยางรถยนต์กับผิวทางมีมากขึ้น (Moyer, 1959) อย่างไรก็ตาม การเกิดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับความเสียดทานของผิวทาง (Skid-Related Crash) มีสาเหตุจากหลายปัจจัย อาทิเช่น สภาพทางเรขาคณิตของถนน คุณลักษณะทางการจราจร ความเร็วของยานพาหนะ พฤติกรรมของผู้ขับขี่ และสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ดังนั้น ผิวทางที่เปียกจึงเป็นเพียงหนึ่งในหลายปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุในลักษณะดังกล่าว

2.1.6.1 ความสำคัญของความเสียดทานของผิวทาง

ความเสียดทานของผิวทางที่เกิดขึ้นระหว่างยางรถยนต์กับผิวทางเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญซึ่งเป็นตัวควบคุมและลดจำนวนการเกิดอุบัติเหตุรถชน (Henry, 2000 และ Ivey และคณะ, 1992) จากการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศอื่น ๆ พบว่า เมื่อสภาพถนนเปียก จะทำให้เกิดอุบัติเหตุเพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกัน ยังมีส่วนทำให้ความเสียดทานของผิวทางลดลงเช่นกัน เครื่องมือสำรวจความเสียดทานผิวทาง โดยต้องเป็นการสำรวจความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment)

2.1.6.2 การทดสอบความฝืดของถนนแบบเคลื่อนที่ต่อเนื่อง (Continuous Network Measurement Methods)

เป็นวิธีการวัดความฝืดระหว่างล้อยางกับผิวถนน โดยการทดสอบความฝืดด้วยวิธีนี้สามารถขยายระยะทางต่อเนื่องไปได้ตามที่ต้องการ พื้นฐานการทดสอบแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ Locked wheel, Side-force, Fixed Slip และ Variable Slip เพื่อความสะดวก และปลอดภัยของผู้ใช้ทางหลวง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ โดยส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง ได้จัดหาเครื่องมือเพื่อตรวจสอบความฝืดของผิวทางจราจรแบบต่อเนื่อง ชนิด Fix Slip Friction Test รุ่น ASFT T-10 เพื่อนำมาใช้ตรวจสอบสภาพความฝืดของถนนทางหลวง ทดแทนเครื่องมือ Pendulum Resistance Tester ที่ปฏิบัติงานอยู่เดิม เพราะเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และสะดวก ไม่จำเป็นต้องปิดการจราจรเมื่อทำการทดสอบ เพื่อรองรับการดูแลรักษาทางหลวงที่มีระยะทาง มากกว่า 65,000 กิโลเมตร ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ทั้งนี้ จากการศึกษาเกณฑ์ระดับค่าความเสียดทานผิวทางสำหรับประเทศไทย มีการใช้งานดัชนีความเสียดทานสากล (IFI: International Friction Index) หรือสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ: Coefficient of Friction) หรือ ค่า British Pendulum Number (BPN) เป็นตัวชี้วัดในการวางแผนซ่อมบำรุงสภาพทางให้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ทาง โดยกำหนดเกณฑ์ไว้ 2 ระดับ ได้แก่ ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level) และค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level)

หมายถึง ระดับที่ค่า IFI หรือค่า μ หรือค่า BPN เริ่มมีอัตราลดลงอย่างรวดเร็วอย่างมีนัยสำคัญ ควรให้ความระมัดระวัง และอาจติดตั้งป้ายเตือนแก่ผู้ใช้ทาง โดยค่าระดับพึงระวังมีแนวคิดจากการพิจารณาระยะเวลาที่กรมทางหลวงต้องใช้เพื่อวางแผนงบประมาณในการซ่อมบำรุงผิวทางซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 ปี ดังนั้นการวิเคราะห์ค่าระดับพึงระวัง จึงคำนึงถึงการลดลงตามอายุการใช้งานของผิวทางบนสมมติฐานที่ว่าค่าความเสียดทานของผิวทางที่ระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level) เกิดจากการลดลงจากค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level) ในช่วงระยะเวลา 1 ปี

2) ค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level)

หมายถึง ระดับที่ค่า IFI หรือค่า μ หรือค่า BPN มีค่าต่ำและมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุที่มีสาเหตุจากค่าความเสียดทานของผิวทาง ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างเร่งด่วน

Marwan Hafez และคณะ (2020) ได้ทำการรวบรวมการปรับปรุงผิวทางเพื่อเพิ่มความเสียดทาน โดยได้รับการสนับสนุนจาก Wyoming Department of Transportation แสดงดังตารางที่ 2-16

ตารางที่ 2-16 วิธีการปรับปรุงผิวทางเพื่อเพิ่มความเสียดทาน

Asphalt Pavement	Concrete Pavement
Chip Seal	Grooving
Micro-Milling	Diamond Grinding
Thin Hot-Mix Asphalt (HMA) Overlay	Thin Hot-Mix Asphalt (HMA) Overlay
Open Graded Friction Course (OGFC)	Open Graded Friction Course (OGFC)
Ultra-Thin Bonded Wearing Course (UTBWC)	Ultra-Thin Bonded Wearing Course (UTBWC)
Microsurfacing	Microsurfacing
Texturing: Shot Blasting /Abrading	Texturing: Shot Blasting /Abrading
High Friction Surfacing (HFS)	High Friction Surfacing (HFS)
Cape Seal	Epoxy Overlay (Bridge Deck)
Scrub Seal	
Slurry Seal	

ที่มา : Marwan Hafez, 2020

2.1.7 การศึกษา ทบทวน เกณฑ์การพิจารณาสภาพความเสียดทานของผิวทาง ผ่านมาทั้งในประเทศ และต่างประเทศ รวมถึงแนวทางการนำค่าดังกล่าวไปใช้พิจารณาการซ่อมบำรุงทาง

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเกณฑ์การพิจารณาภาพความความเสียดทานของผิวทาง ในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ ดังนี้

1) เกณฑ์การพิจารณาสภาพความเสียดทานของผิวทางในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ

ตารางที่ 2-17 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ

ลำดับ	ประเทศ/หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง	ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
1	ฟินแลนด์	-	ความเร็ว (กม./ชม.) ≤ 80 ≤ 100 ≤ 120	μ 0.4 0.5 0.6	Finnish Standard (PANK 5201 หรือ TIE 475)	
2	สวีเดน	สภาพผิวทาง ผิวถนนเปียก		μ 0.5	Fixed Slip Device (Skiddometer BV-11)	
3	สหรัฐอเมริกา/ Washington State Department of Transportation	-	ประเภทของสายทาง - ถนนที่ต้องมีการปรับปรุงผิวทาง - ถนนที่มีปริมาณการจราจรน้อย - ถนนที่มีการตรวจวัดบ่อยครั้ง - ถนนที่มีปริมาณการจราจรมาก	SN < 30 ≥ 30 31-34 ≥ 35	Skid Trailer	

ที่มา : โครงการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ บนโครงข่ายทางหลวงสายหลักและพื้นที่จุดเสี่ยงอันตราย, 2023

ตารางที่ 2-17 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/ หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง	ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
4	อังกฤษ	ความเร็ว 80 กม./ชม.	ประเภทสายทาง - Motorway - Dual carriageway non-event - Single carriageway non-event - Dual carriageway (all purpose)-minor juctions - Single carriageway minor juctions & approaches to across major junctions (all limbs) Approach to roundabout - Approach to pedestrain crossing and other high risk situation - Roundabout - Gradient 5-10% longer than 50m - Gradient >= 10% longer than 50 m - Bend radius < 500 m - dual carriageway - Bend radius < 500 m - single carriageway	μ 0.35 0.35-0.40 0.40-0.45 0.45-0.55 0.50-0.55 0.45-0.50 0.45-0.50 0.50-0.55 0.45-0.50 0.50-0.55	Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM)	

ที่มา : โครงการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ บนโครงข่ายทางหลวงสายหลักและพื้นที่จุดเสี่ยงอันตราย, 2023

ตารางที่ 2-17 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/ หน่วยงาน	ตัวแปร ควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง		ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
5	ออสเตรเลีย/ Vicroads	ความเร็ว 50 กม./ชม. 20 กม./ชม.	ประเภทสายทาง - Traffic light controlled intersection, Pedstrian/school crossing, Raiway level crossings, Roundabout approaches - Curves with radius £250 m, Gradient 5% and 50m long, Freeway/highway/on/offramps - Intersections - Manoeuvre-free areas of undivided roads - Manoeuvre-free areas of divied roads - Curves with radius<=100m - Roundabouts	Primary road >2500 veh/lane/day SFC50 0.55 0.50 0.45 0.40 0.35 SFC20 0.60 0.55	Secondary road <2500 veh/lane/day SFC50 0.50 0.45 0.40 0.35 0.30 SFC20 0.55 0.50	Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM)	

ที่มา : โครงการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ บนโครงข่ายทางหลวงสายหลักและพื้นที่จุดเสี่ยงอันตราย, 2023

ตารางที่ 2-17 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/ หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง		ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
6	นิวซีแลนด์/ Transit New Zealand Technical Standard	-	ประเภทสายทาง - Approaches to railway level crossing, traffic lights, pedestrian crossings, roundabout, Stop and Give Way controlled intersections (state highway only), One Lane Bridges (including bridge deck) - Curve<250m radius, Down radient>10% - Approaches to road junction, Down gradient 5-10%, Motorway junction area including on/off ramps - Undivided carriageway (event-free) - Divided carriageway (event-free)	SFC 0.55 0.50 0.45 0.40 0.35		Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM)	
7	สหรัฐอเมริกา/ Maryland State Highway Administration	-	ประเภทสายทาง - ในชนบท - ในเมือง	FN For new surface 48.5 42	Avg deteriorate rate /year 0.22 0.26	Locked Wheel Skid Trailer with ribbed tires	

ที่มา : โครงการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ บนโครงข่ายทางหลวงสายหลักและพื้นที่จุดเสี่ยงอันตราย, 2023

ตารางที่ 2-17 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/ หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง		ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
8	ออสเตรเลีย/ Main Road Queensland	ความเร็ว 60 กม./ชม.	ประเภทสายทาง - Curves with radius<=100m, roundabouts, traffic light controlled intersections, pedestrian/school crossings, roundabout approaches - Curves with radius<=250m, Gradients>=5% and>=50 m long, Freeway and Highway on/off ramps Intersections - Maneuver-free areas of undivided roads, Maneuver-free areas of divided roads	F60 0.35 0.30 0.25	Norsemeter friction (ROAR)		
9	ออสเตรเลีย/ Transport South Australia	n/a	ประเภทสายทาง - Difficult sites-steep grades, traffic light approaches, tight bends, roundabouts - Urban Arterial Roads - Rural Arterial Roads - Urban/Lightly Traffic	ความเร็วสูงสุด (กม./ชม.) 60-80 60 110 60	Grip Number=0.01´BPN 0.50-0.55 0.45 0.45 0.40	Grip tester	

ที่มา : โครงการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ บนโครงข่ายทางหลวงสายหลักและพื้นที่จุดเสี่ยงอันตราย, 2023

ตารางที่ 2-17 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/ หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง	ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
10	ออสเตรเลีย	-	ความเสี่ยงในการเกิดการชนกันที่มีค่าความเสียดทานเป็นปัจจัยเกี่ยวข้อง - เล็กน้อย - เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว	FN > 60 < 50	-	
11	Texas, สหรัฐอเมริกา	ความเร็ว 50 กม./ชม.		FN 40	-	
12	สหรัฐอเมริกา, U.S. Department of Transportation	ประเภทสายทางหลวงหลักในชนบท	ความเร็วจราจรเฉลี่ย (Mean Traffic Speed) 0 10 20 30 40 50 60 70 80	Min. SN ที่ความเร็วจราจรเฉลี่ย 60 50 40 36 33 32 31 31 31	Min. SN วัดที่ความเร็ว 40 ไมล์/ชม. - - - 31 33 37 41 46 51	

ที่มา : โครงการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ บนโครงข่ายทางหลวงสายหลักและพื้นที่จุดเสี่ยงอันตราย, 2023

ตารางที่ 2-17 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/ หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง		ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
13	Kentucky, สหรัฐอเมริกา	- ถนน 4 ช่องจราจร - ระยะทาง 770 ไมล์ - จำกัดช่องทางเข้าออก	อัตราการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ	SN70R < 27			
14	สหรัฐอเมริกา	ความเร็ว 64 กม./ชม. ทางหลวงระหว่างเมือง	อัตราการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียก	รัฐ Tennessee Texas Arizona Virginia Kentucky	Min SN64 40 38 29 30 40	-	
15	อิสราเอล/ Isaeli Public Works Department	-	จำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุ ลดจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุลง 7.5 %	Mu-meter reading >30		Mu-meter	
16	Florida, สหรัฐอเมริกา	-	อัตราการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียก สูง ต่ำ	SN64S <25 25		-	

ที่มา : โครงการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ บนโครงข่ายทางหลวงสายหลักและพื้นที่จุดเสี่ยงอันตราย, 2023

ตารางที่ 2-17 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง			ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
17	Wisconsin, สหรัฐอเมริกา/ U.S. Department of Transportation	-	สภาพผิวทาง Dry Wet Slush Loose Snow Packed Snow Black Ice	FN Median 47 45 30 26 21 22	FN 25th percentile 44 42 26 23 19 19	FN 75th percentile 51 47 34 28 22 27		
18	ฝรั่งเศส	-	จำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียกเพิ่มขึ้น 5 เท่า	SFC <0.5 (initial >0.6)			Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM)	

ที่มา : โครงการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ บนโครงข่ายทางหลวงสายหลักและพื้นที่จุดเสี่ยงอันตราย, 2023

ตารางที่ 2-17 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/ หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง		ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
19	สหรัฐอเมริกา/ Pennsylvania Transportation Institute	-	SN, ความเร็วที่กำหนด, ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน, ช่วงเวลาขณะผิวทางเปียก, ความยากง่ายในการขับขี่	SN เพิ่มขึ้นจาก 33.4 ไปเป็น 48 สามารถลดการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียกได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์			
20	สหรัฐอเมริกา/	-	ความเสี่ยงในการเกิดการชนกัน	<u>รัฐ</u> Maine Washington Wisconsin Minnesota	<u>Reface restoration required when FN</u> <35 <30 <38 <45		
21	นอร์เวย์/ Norwegian Road Grip Project	-	อัตราการเกิดการชนกัน 0.8 0.55 0.25 0.20	<u>m</u> <0.15 0.15-0.24 0.25-0.34 0.35-0.44			

ที่มา : โครงการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ บนโครงข่ายทางหลวงสายหลักและพื้นที่จุดเสี่ยงอันตราย, 2023

2) เกณฑ์การพิจารณาสภาพความเสียดทานของผิวทางที่เหมาะสมกับประเทศไทย รวมถึงแนวทางการนำค่าดังกล่าวไปใช้พิจารณาการซ่อมบำรุงทาง

จากการศึกษากรมทางหลวงได้มีการใช้เกณฑ์ระดับค่าความเสียดทานผิวทางที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยกำหนดให้ใช้ดัชนีความเสียดทานสากล (IFI: International Friction Index) หรือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ: Coefficient of Friction) หรือ ค่า British Pendulum Number (BPN) เป็นตัวชี้วัดในการวางแผนซ่อมบำรุงสภาพทางให้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ทาง โดยกำหนดเกณฑ์ไว้ 2 ระดับ ได้แก่ ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level) และค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level) หมายถึง ระดับที่ค่า IFI หรือค่า μ หรือ ค่า BPN เริ่มมีอัตราลดลงอย่างรวดเร็วอย่างมีนัยสำคัญ ควรให้ความระมัดระวังและอาจติดตั้งป้ายเตือนแก่ผู้ใช้ทาง โดยค่าระดับพึงระวังมีแนวคิดจากการพิจารณาระยะเวลาที่กรมทางหลวงต้องใช้เพื่อวางแผนงบประมาณในการซ่อมบำรุงผิวทาง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 ปี ดังนั้น การวิเคราะห์ค่าระดับพึงระวัง จึงคำนึงถึงการลดลงตามอายุการใช้งานของผิวทาง บนสมมติฐานที่ว่าค่าความเสียดทานของผิวทางที่ระดับปรับปรุงแก้ไข (Interventi on Level) เกิดจากการลดลงจากค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level) ในช่วงระยะเวลา 1 ปี
- ค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level) หมายถึง ระดับที่ค่า IFI หรือค่า μ หรือค่า BPN มีค่าต่ำ และมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุที่มีสาเหตุจากค่าความเสียดทานของผิวทาง ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างเร่งด่วน

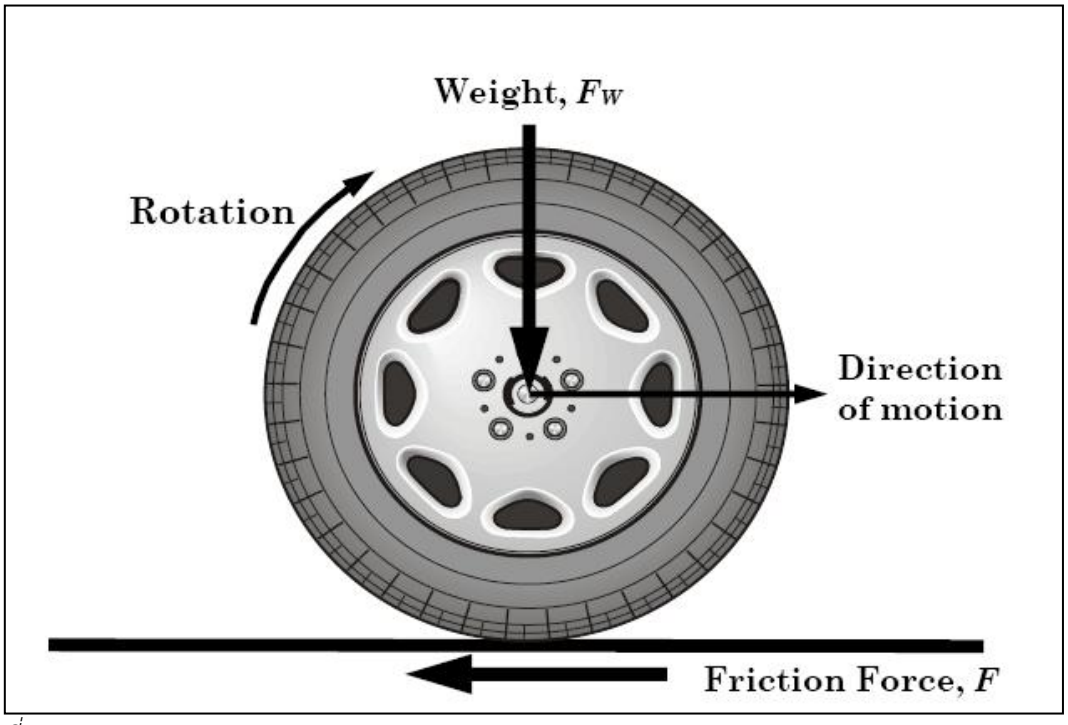
ตารางที่ 2-18 ตารางแสดงเกณฑ์ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level) และค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level) ด้วยค่าดัชนีความเสียดทานสากล (IFI) ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ) และค่า BPN

เกณฑ์ระดับ	IFI	μ	BPN
ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level)	0.32	0.43	42
ค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level)	0.25	0.29	30

ที่มา : สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง, 2021

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of friction: μ)

ความเสียดทานของผิวทาง (Pavement Friction) คือ แรงต้านทานการเคลื่อนไหวระหว่างยางของรถยนต์กับผิวทาง แรงต้านทานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อยางรถยนต์หมุน หรือไถลไปตามพื้นผิวของถนน แสดงดังรูปที่ 2-32



ที่มา : Guide for Pavement Friction, 2007-2008

รูปที่ 2-32 แผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อล้อรถยนต์ขณะมีการเคลื่อนที่

โดยที่

m	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผิวทาง
F	=	แรงเสียดทานในแนวสัมผัส
Fw	=	น้ำหนักรถยนต์ที่กระทำกับล้อในแนวดิ่ง

ดัชนีความเสียดทานสากล(International Friction Index: IFI)

ดัชนีความเสียดทานสากลเป็นค่าดัชนีชี้วัดความเสียดทานของพื้นผิวทางได้จากสมการทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสภาพความเสียดทาน (Friction) รวมทั้งความเร็วที่ใช้ทดสอบและข้อมูลสภาพผิวทาง (Texture Depth หรือ Mean Profile Depth) โดยมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบความเสียดทานจากเครื่องมือชนิดต่าง ๆ และเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลงานวิจัยระหว่างประเทศ โดยพัฒนาสมการแปลงค่าความเสียดทานที่วัดได้จากเครื่องมือชนิดต่าง ๆ เป็นค่ากลางเดียวกัน

ตารางที่ 2-19 สมการดัชนีความเสียดทานสากล

ชื่อสมการ	สมการ	คุณสมบัติ
ความเร็วคงที่	$S_p = a + (b \times Tx)$	- ASTM E1960 - ให้ค่าความสัมพันธ์ที่ดีขึ้น - ลดการกระจายตัวของข้อมูล - ทำให้เกิดความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลความเสียดทานของเครื่องมือทดสอบที่มีแตกต่างกันทางด้านขั้นตอนทดสอบและระยะเวลาทดสอบ
ความเสียดทาน ที่ความเร็ว 60 กม./ชม.	$FR60 = Fr \times e^{(s-\frac{60}{Sp})}$	
ความเสียดทาน IFI	$F60 = A + (B \times FR60)$	

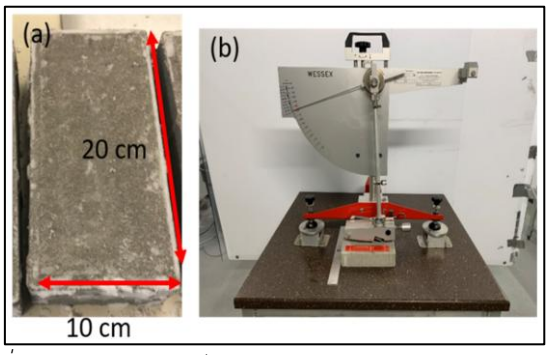
ที่มา : สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง, 2021

โดยที่

Sp	คือ	ความเร็วคงที่ (กม./ชม.)
a,b,A,B	คือ	ค่าคงที่ของแต่ละเครื่องมือ9
Tx	คือ	ค่าเฉลี่ยความลึกของพื้นผิว (MPD): จากเครื่องมือ CTM
FR60	คือ	ค่าปรับแก้ความเสียดทานที่ความเร็ว 60 กม./ชม.
FR	คือ	ค่าความเสียดทานที่ได้จากการทดสอบของเครื่องมือต่าง ๆ
S	คือ	ความเร็วของเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ (กม./ชม.)
F60	คือ	ค่าความเสียดทานที่ความเร็ว 60 กม./ชม.

ค่า British Pendulum Number (BPN)

ค่า British Pendulum Number (BPN) เป็นตัวชี้วัดในการวางแผนซ่อมบำรุงสภาพทางให้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ทาง ซึ่งได้จากเครื่องมือ British Pendulum Tester (BPT) แสดงดังรูปที่ 2-33 มาตรฐานการทดสอบ ASTM E 303 ที่ใช้หลักการวัดแรงเสียดทานด้วยการเหวี่ยงแท่นยางสัมผัสพื้นผิวทดสอบ สามารถใช้ได้ทั้งในห้องปฏิบัติการ และในสนาม ซึ่งเป็นเครื่องมือที่กรมทางหลวงใช้งานในปัจจุบัน



ที่มา : สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง, 2021

รูปที่ 2-33 เครื่องมือ British Pendulum Tester (BPT)

2.1.8 การศึกษา ค่าปรับแก้ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ (Crash Modification Factors: CMF) ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ

ค่าปรับแก้ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ (Crash Modification Factors: CMF) คือ ค่าที่ใช้ในการปรับแก้ จำนวนการเกิดอุบัติเหตุหลังจากการปรับปรุงผิวทาง โดยพิจารณารวมถึงมาตรการปรับปรุงความปลอดภัย ซึ่งกำหนดเป็นอัตราส่วนของปริมาณการเกิดอุบัติเหตุหลังการปรับปรุงและปริมาณการเกิดอุบัติเหตุก่อนมีการปรับปรุง

ที่ปรึกษาได้พิจารณาการใช้งานค่า CMF ในประเทศไทย จากโครงการงานจ้างศึกษาและปรับปรุงระบบบริหารงานบำรุงทางพิเศษของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ระยะที่ 2 ปี 2023 โดยมีการใช้สมการ CMF อยู่ในรูปของค่า Grip Number แสดงสมการดังนี้

$$CMF = e^{-2.148 \times (GNafter - GNbefore)}$$

โดยที่ CMF = Crash Modification Factor
GNafter = ค่า Grip Number หลังการซ่อมบำรุง
GNbefore = ค่า Grip Number ก่อนการซ่อมบำรุง

อย่างไรก็ตาม การใช้งานค่า CMF ในต่างประเทศจาก CMF Clearing House (Modeling The Effect of Road Surface Friction on the Accident Rate of Urban Un-Signalized Intersections, Amini And Beigi, 2015) มีการคำนวน CMF ที่แตกต่างจากการใช้งานในประเทศไทย ดังนี้

$$CMF = e^{-7.466 (F2-F1)}$$

โดยที่ CMF = Crash Modification Factor
F2 = ค่า International friction index หลังการซ่อมบำรุง
F1 = ค่า International friction index ก่อนการซ่อมบำรุง

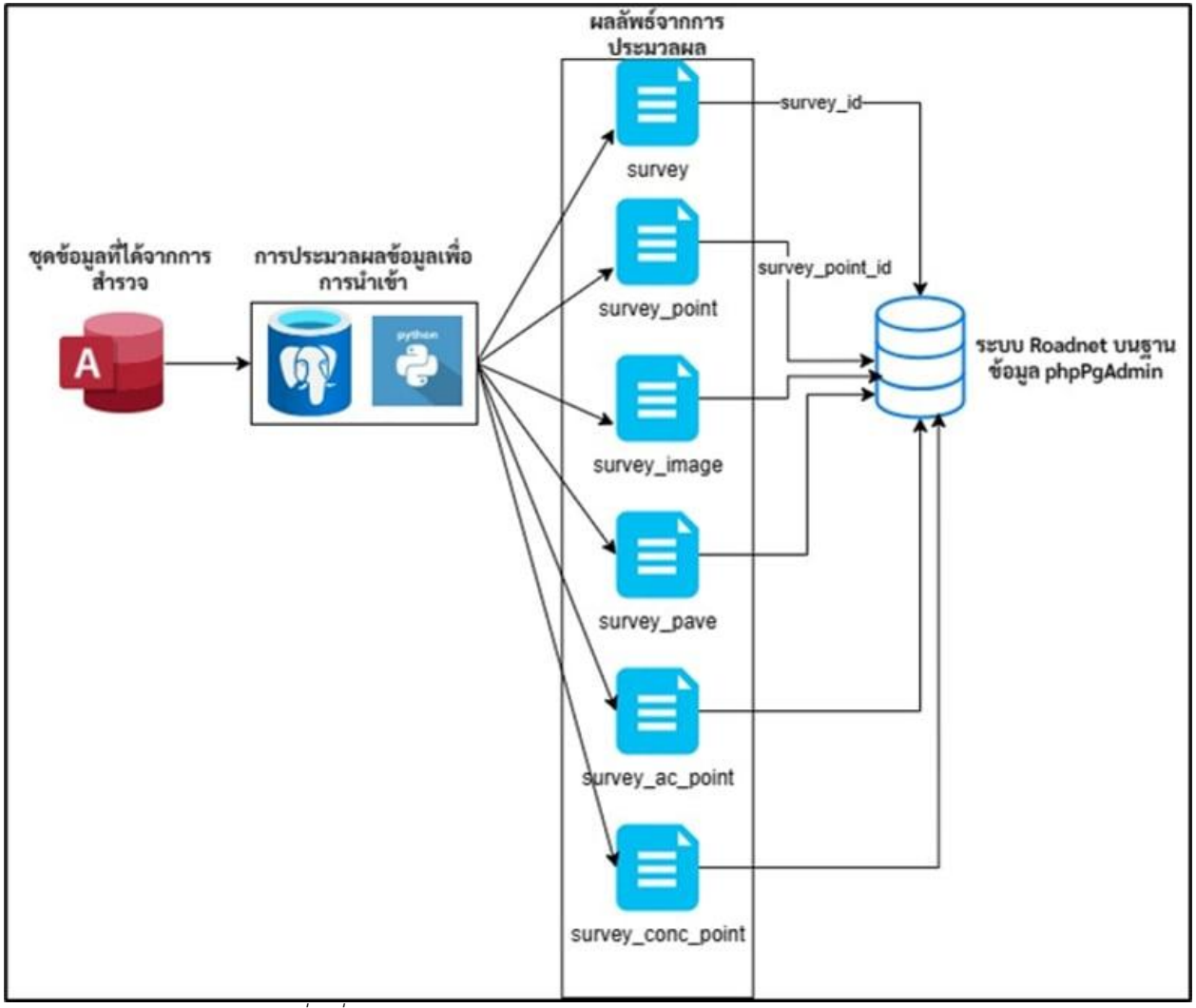
ในการดำเนินงานในรายละเอียด ที่ปรึกษาจะพิจารณาลักษณะการใช้งานค่า CMF ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ เพื่อพิจารณาประยุกต์ใช้การคำนวณให้เหมาะสมกับการใช้งานของกรมทางหลวงมากที่สุด

2.1.9 การศึกษา ทบทวนรายละเอียดและรูปแบบข้อมูล โครงสร้างฐานข้อมูล สถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) แผนผังอธิบายโครงสร้าง และความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) ของระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่ดูแลระบบ เพื่อผนวกรวม และเชื่อมโยงข้อมูลตามความต้องการผู้ใช้งาน สำนักบริหารบำรุงทาง

ที่ปรึกษาได้ศึกษาและทบทวนข้อมูลของระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น โครงสร้างฐานข้อมูลสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture), แผนผังอธิบายโครงสร้างและความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) และพจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) เพื่อผนวกรวมและเชื่อมโยงข้อมูลตามความต้องการผู้ใช้งาน สำนักบริหารบำรุงทาง โดยในเบื้องต้น ที่ปรึกษาได้ศึกษาข้อมูลระบบที่เกี่ยวข้องแล้ว 2 ระบบ ดังนี้

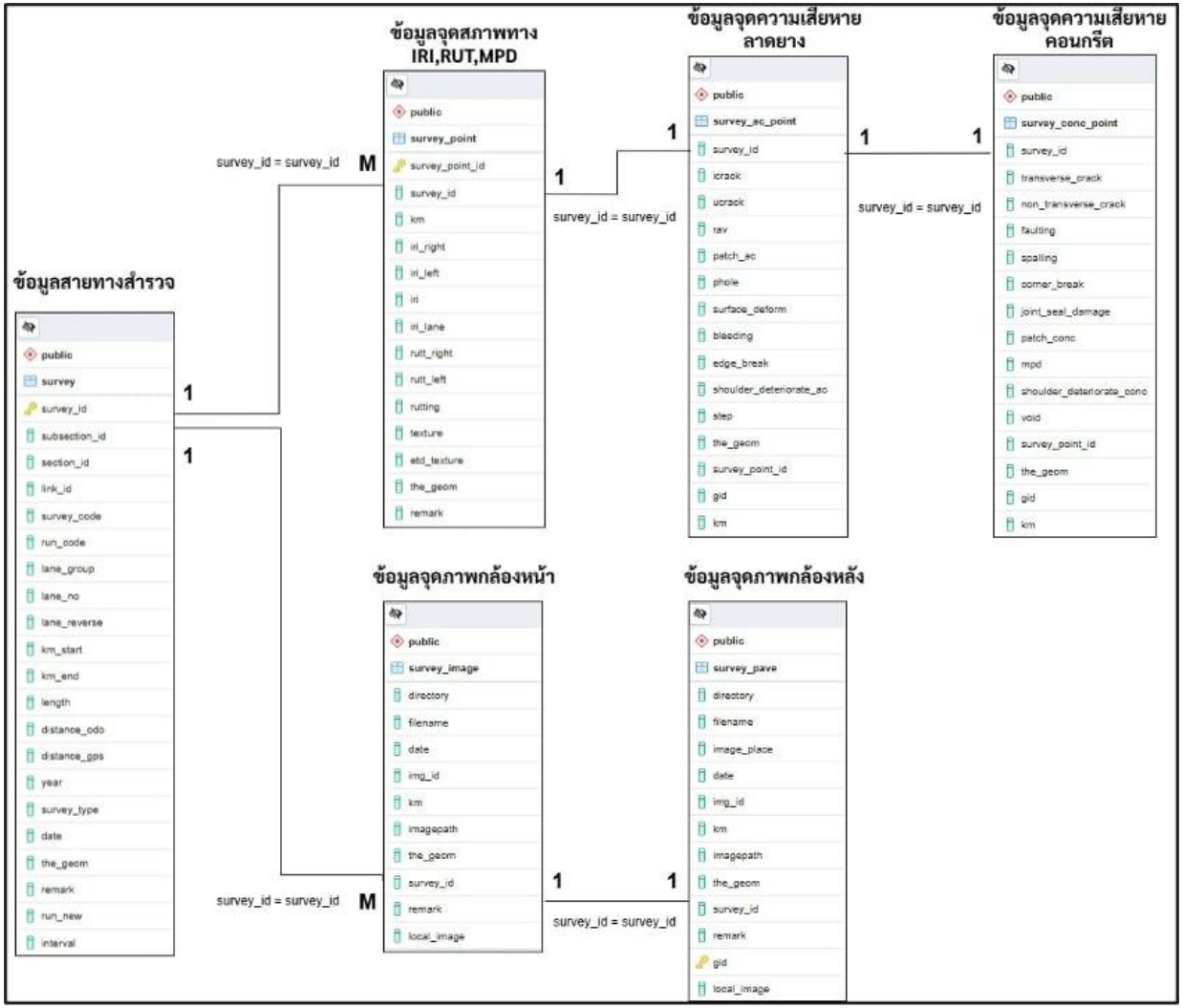
2.1.9.1 ระบบ ROADNET

ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) สำนักบริหารบำรุงทางเป็นระบบสารสนเทศที่ดำเนินการต่อยอดจากระบบฐานข้อมูลกลาง กรมทางหลวง (Central Road Database) โดยตระหนักถึงนโยบายและยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบงานทางให้มีประสิทธิภาพ และคำนึงถึงความสำคัญในการให้บริการข้อมูลด้านงานทาง กรมทางหลวงปัจจุบันระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) มีบทบาทในการจัดเก็บข้อมูลบัญชีสายทาง ข้อมูลลักษณะผิวทาง ข้อมูลโครงสร้างและกายภาพ ข้อมูลสำรวจสภาพทางต่าง ๆ ที่ได้มีการสำรวจโดยสำนักบริหารบำรุงทาง อันประกอบด้วย ข้อมูลดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index: IRI) ข้อมูลความลึกร่องล้อ (Rutting) ข้อมูลค่าความหยาบผิวทาง (Mean Profile Depth: MPD) และค่าความเสียดทานผิว (Skidding: μ) ตลอดจนข้อมูลสภาพความเสียหายประเภทต่าง ๆ ที่ได้จากการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลบนภาพถ่ายผิวทาง และมีการแสดงผลข้อมูลภาพถ่าย 2 ข้างทาง (Road Asset view) ในรูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่ ทำให้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาพทางมีความชัดเจนเพิ่มมากขึ้น โดยแสดงภาพถ่าย 2 ข้างทาง ข้อมูลค่าความเสียหาย และตำแหน่งบนระบบแผนที่ควบคู่หรือสัมพันธ์กัน รวมถึงข้อมูลตำแหน่งของสะพาน ท่อลอด และข้อมูลหลักกิโลเมตร ซึ่งสามารถแสดงผลข้อมูลบนแผนที่บนระบบเครือข่าย โดยภาพรวมของสถาปัตยกรรมระบบ ROADNET (System Architecture) รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 2-34 แผนผังอธิบายโครงสร้าง และความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) สามารถสรุปได้ แสดงดังรูปที่ 2-35 และพจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) แสดงดังตารางที่ 2-20



ที่มา : โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิผลการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว กรมทางหลวง, 2024

รูปที่ 2-34 สถาปัตยกรรมระบบ ROADNET (System Architecture)



ที่มา : โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิผลการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว กรมทางหลวง, 2024

รูปที่ 2-35 แผนผังอธิบายโครงสร้างและความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลระบบ ROADNET (ER-Diagram)

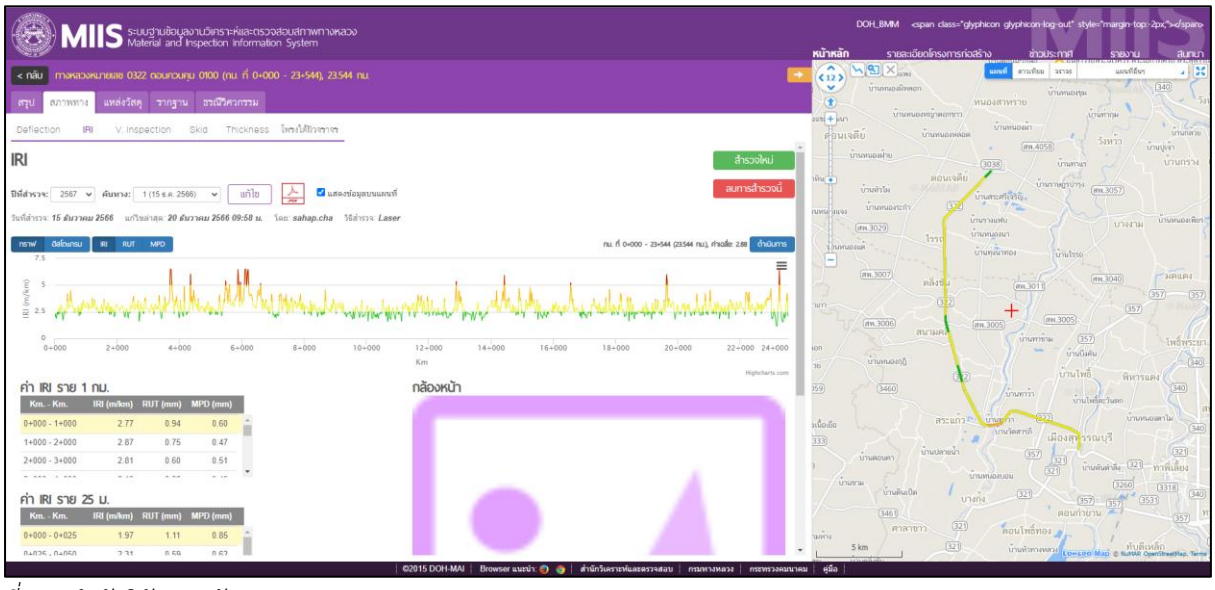
ตารางที่ 2-20 พจนานุกรมฐานข้อมูลของระบบ ROADNET (Data Dictionary)

Attribute Name	Data Type	Description
Gid	serial	
subsection_id	int	รหัสตอนควบคุมย่อย
section_id	int	รหัสตอนควบคุม
km_start	int	กม. เริ่มต้น หน่วย: ม.
km_end	int	กม. สิ้นสุด หน่วย: ม.
Length	double	ระยะทาง หน่วย: กม.
length_to2	double	ระยะทางต่อ 2 ช่อง หน่วย: กม.
lane_count	int	จำนวนช่องจราจร
lane_count_left	int	จำนวนช่องจราจร ฝั่งซ้าย
lane_count_right	int	จำนวนช่องจราจร ฝั่งขวา
class_id	int	ภารกิจ
type_id	int	ประเภททาง
character_id	int	ลักษณะทาง
Grade	char var 2	มาตรฐานชั้นทาง
pave_width	numeric 8,2	ความกว้างผิวจราจร
shoulder_id	int	ไหล่ทาง
shoulder_width_left	numeric 8,2	ความกว้าง ไหล่ทาง ฝั่งซ้าย
shoulder_width_right	numeric 8,2	ความกว้าง ไหล่ทาง ฝั่งขวา
row_width	numeric 8,2	ความกว้างเขตทาง
row_width_left	numeric 8,2	ความกว้าง เขตทาง ฝั่งซ้าย
row_width_right	numeric 8,2	ความกว้าง เขตทาง ฝั่งขวา
divide_road	boolean	มีฉนวนกั้นกลาง
divide_width	numeric 8,2	ความกว้างฉนวนกั้นกลาง
province_code	char var 2	รหัสจังหวัด
amphoe_code	char var 4	รหัสอำเภอ
tambon_code	char var 6	รหัสตำบล
the_geom	geometry	LINESTRING
revision	int	ลำดับการแก้ไขข้อมูล

ที่มา : โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิผลการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว กรมทางหลวง, 2024

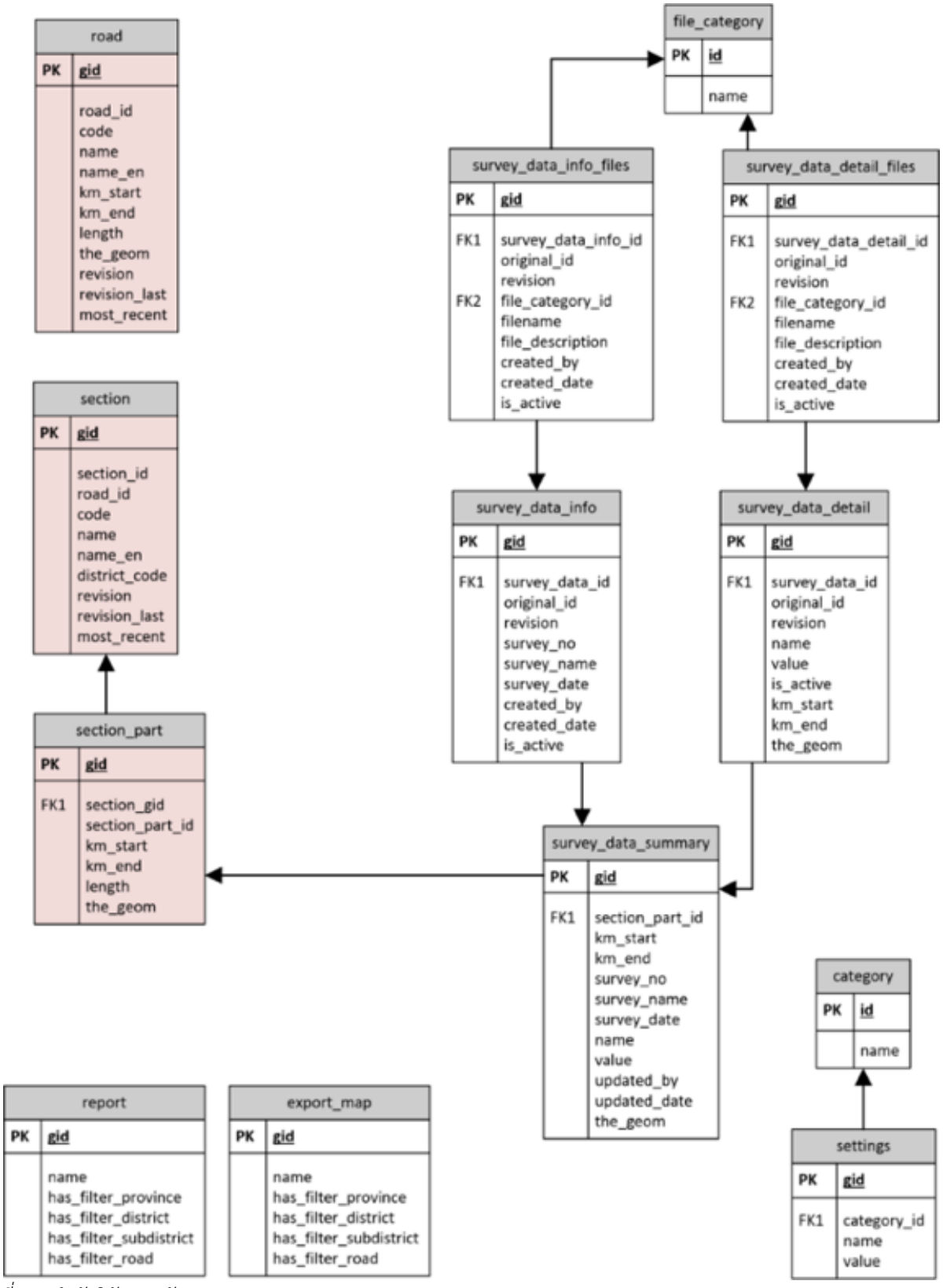
2.1.9.2 ระบบ MIIS

ระบบสารสนเทศที่บริหารโดยสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ เป็นระบบงานที่ให้บริการข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง โดยให้บริการข้อมูลด้านงานวิศวกรรมแก่ผู้ใช้บริการที่เป็นหน่วยงานภายในกรมทางหลวง ประกอบด้วยข้อมูลงานสำรวจและประเมินสภาพทางและข้อมูลงานธรณีวิศวกรรม นอกจากนี้ยังมีการบูรณาการข้อมูลร่วมกันกับระบบงานของหน่วยงานภายใน กรมทางหลวง เช่น สำนักบริหารบำรุงทาง สำนักแผนงาน และสำนักอำนวยความปลอดภัย เป็นต้น โดยมีการเชื่อมโยงข้อมูลบางส่วนที่ใช้งานร่วมกัน เช่น ข้อมูลค่า IRI, ข้อมูลค่า Friction โดยที่ตัวอย่างระบบสารสนเทศ รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 2-36 และแผนผังอธิบายโครงสร้างและความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) สามารถสรุปได้แสดงดังรูปที่ 2-37



ที่มา : สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2024

รูปที่ 2-36 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลค่า IRI ในระบบ MIIS

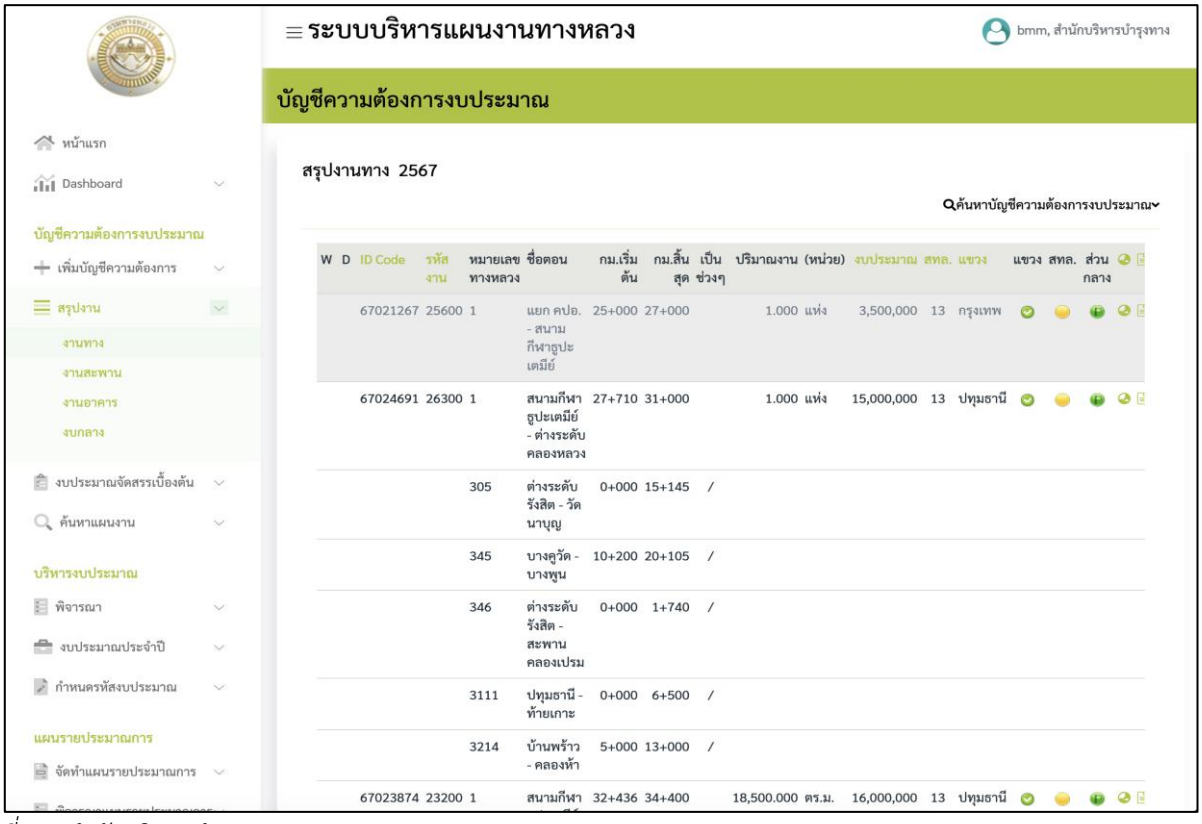


ที่มา : สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2024

รูปที่ 2-37 รูปแบบการเชื่อมโยงของข้อมูลบัญชีสายทางในระบบ MIIS (MIIS ER-Diagram)

2.1.9.3 ระบบ Plannet

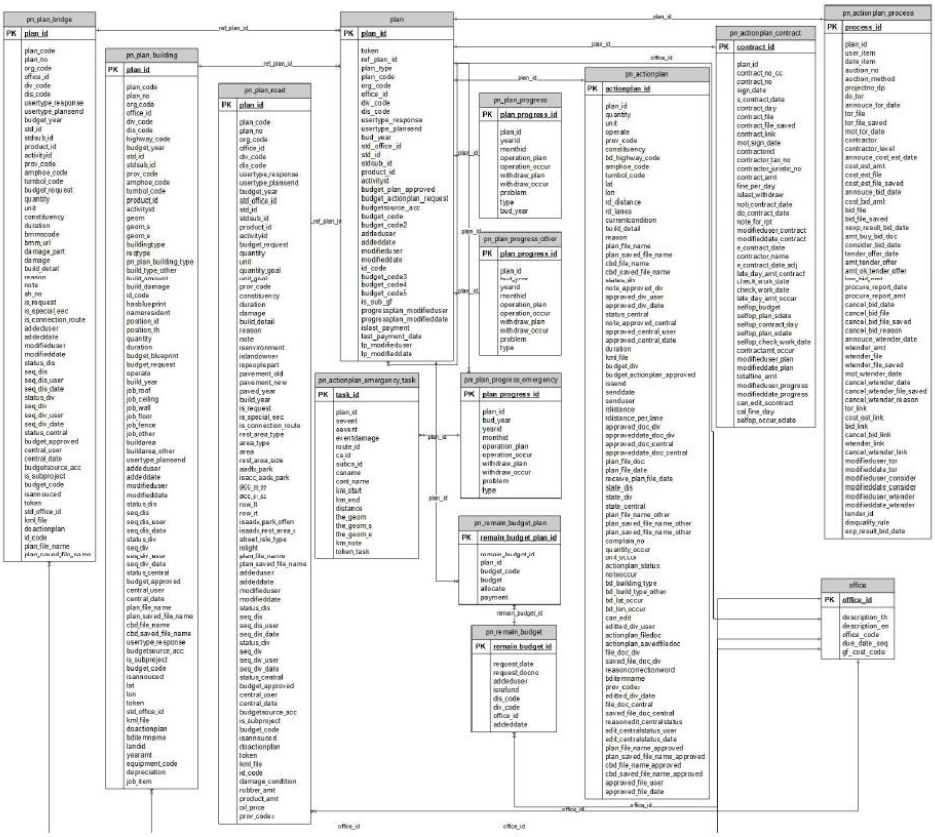
ระบบบริหารแผนงานทางหลวง (Plannet) เป็นระบบที่ใช้ในการบริหารจัดการข้อมูลแผนงานภายในสำนักแผนงาน กรมทางหลวง สามารถใช้งานได้บนรูปแบบ Web-Based Application ด้วยระบบโครงสร้างฐานข้อมูลเป็นชนิดโพสต์เกรสคิวเอล (PostgreSQL) โดยสามารถสืบค้นข้อมูลด้านความต้องการงบประมาณและแผนงาน รวมถึงสถานะโครงการก่อสร้างต่าง ๆ ทั้งในอดีตถึงปัจจุบัน และสามารถแบ่งได้เป็นบัญชีแผนงานตาม พรบ.งบประมาณประจำปี บัญชีแผนงานนอก พรบ.บัญชีแผนงานงบประมาณอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้บริหารจัดการแผนงานของกรมทางหลวง และตอบสนองต่อผู้ใช้งานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักแผนงาน สำนักบริหารบำรุงทาง สำหรับการเข้าถึงข้อมูลดังกล่าว ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลงานที่ต้องการให้ผู้ใช้งานสามารถสืบค้นข้อมูลแผนงานและงบประมาณได้สะดวกยิ่งขึ้น อีกทั้งดำเนินการปรับปรุงข้อมูลรายวัน



ที่มา : สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง, 2024

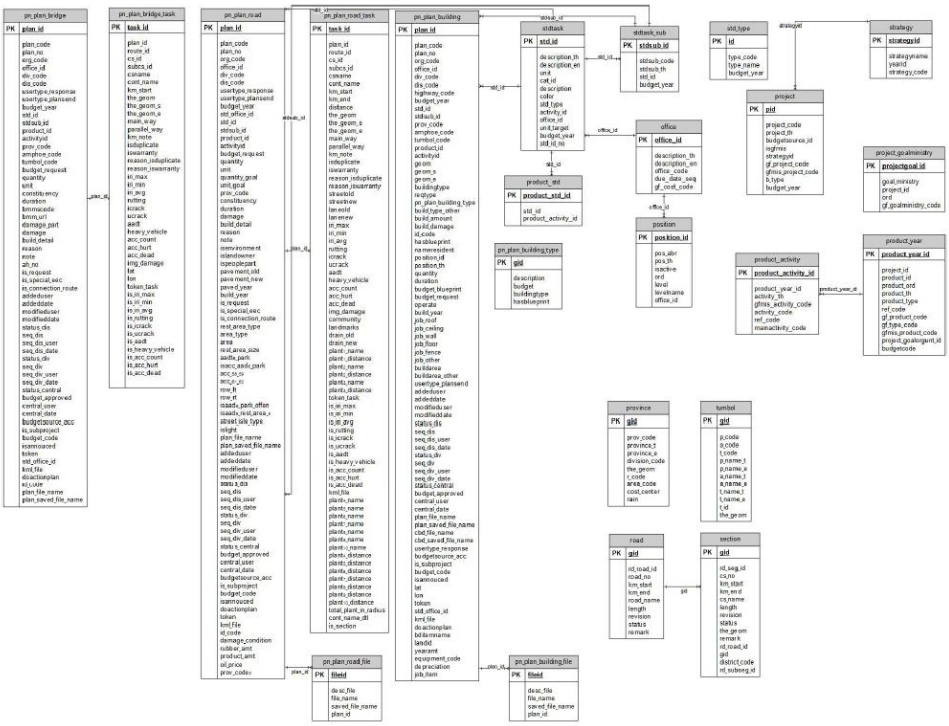
รูปที่ 2-38 ผลหน้าระบบบริหารแผนงานทางหลวง

ระบบบริหารแผนงานทางหลวง (Plannet) ถือเป็นระบบที่ใช้ในการบริหารจัดการข้อมูลแผนงานภายในสำนักแผนงาน กรมทางหลวง โดยเป็นการดำเนินงานโครงการภายใต้แหล่งงบประมาณจาก 3 แหล่ง อาทิ พระราชบัญญัติงบประมาณประจำปี งบเร่งด่วน งบกลาง จากแหล่งงบประมาณดังกล่าว ถูกจัดสรรตามประเภทของงานเพื่อให้สามารถบริหารจัดการ ติดตามโครงการตั้งแต่เริ่มกระบวนการไปจนถึงทุกระยะที่โครงการกำลังดำเนินการในอดีตจนถึงปัจจุบัน ทั้งยังสามารถติดตามความก้าวหน้าการบริหารโครงการทำให้มีประสิทธิภาพในการติดตาม ช่วยให้การบริหารงานโครงการสำเร็จตามที่ได้มีการวางแผนไว้ ระบบบริหารแผนงานทางหลวง จึงมีเพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลในด้านการบริหารจัดการโครงการของสำนักบริหารบำรุงทาง ทำให้เป็นแหล่งสืบค้นรายละเอียดของการบริหารงานโครงการ ตามประเภทของแหล่งงบประมาณ ที่ได้รับการจัดสรร ทั้งยังเป็นประโยชน์ให้กับทุกหน่วยงาน ของกรมทางหลวงในการใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ เมื่อต้องจัดทำและบริหารโครงการ ระบบนี้จึงเป็นประโยชน์ ทั้งยังเสมือนเป็นการบันทึกข้อมูลเอกสาร ให้อยู่ในรูปดิจิทัล เป็นการลดทอนการใช้เอกสาร ทำให้การสืบค้นเป็นระบบ ทุกหน่วยงาน ทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค สามารถบูรณาการใช้ระบบให้เป็นแนวทางปฏิบัติเดียวกัน ตามที่กรมได้วางแนวทางการปฏิบัติไว้ ระบบบริหารแผนงานทางหลวง จึงเป็นตัวชี้วัดที่สะท้อนแนวทางการปฏิบัติงาน ในด้านการบริหารแผนงานได้เป็นเอกภาพ ทำให้กรมสามารถดำเนินภารกิจหลักและภารกิจอื่น ๆ สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับที่ได้รับนโยบายแนวทางการปฏิบัติมาจากกระทรวง



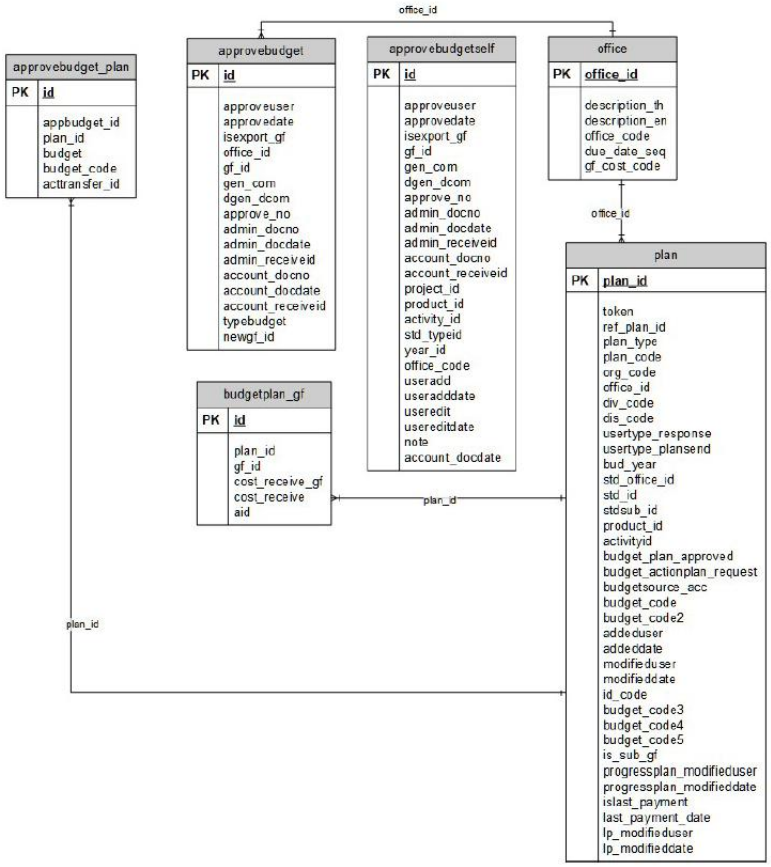
ที่มา : สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง, 2024

รูปที่ 2-39 แสดงความสัมพันธของข่อมูลจราจร (ER-Diagram)



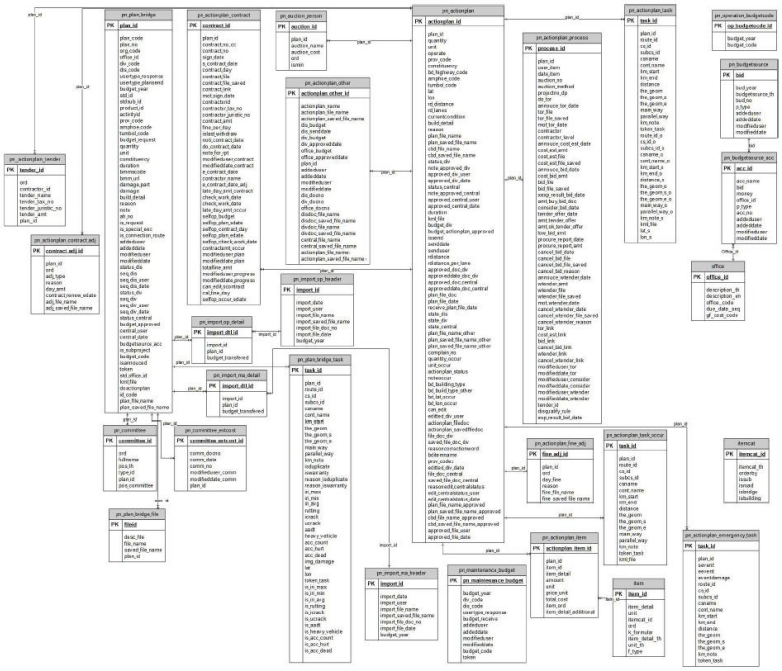
ที่มา : สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง, 2024

รูปที่ 2-40 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลจราจร (ER-Diagram)



ที่มา : สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง, 2024

รูปที่ 2-41 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลจราจร (ER-Diagram)



ที่มา : สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง, 2024

รูปที่ 2-42 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลจราจร (ER-Diagram)

2.2 งานส่วนที่ 2 แนวทางการพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อยกระดับการวิเคราะห์แผนการซ่อมบำรุง ทั้งในมิติของความราบเรียบของผิวทาง และด้านความเสียดทานผิวทาง

2.2.1 แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการความเสียดทานผิวทาง เพื่อยกระดับการวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวงโดยระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) กรอบและผังแสดงการนำเข้า วิเคราะห์ และผลลัพธ์ของการนำความเสียดทานมารวมวิเคราะห์กับระบบ TPMS โดยประกอบด้วยเนื้อหา ดังต่อไปนี้

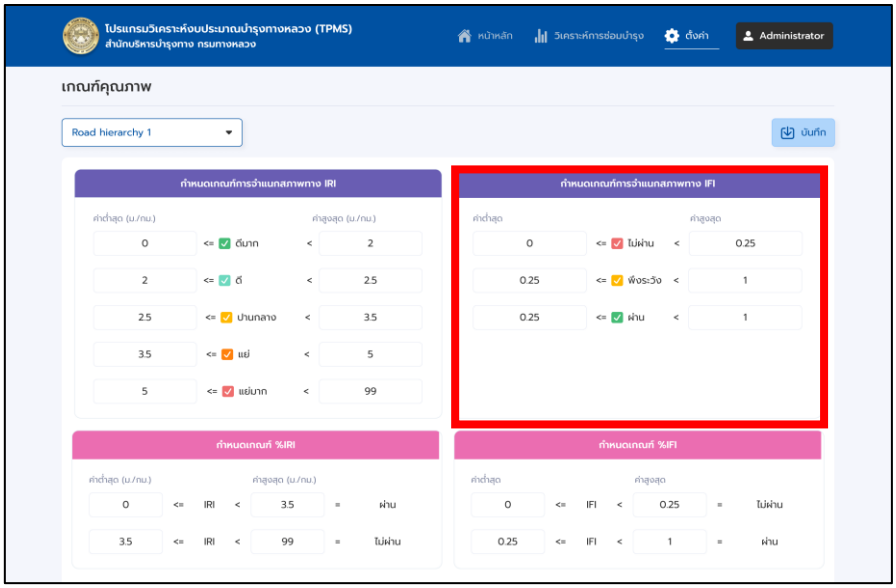
- เกณฑ์ของค่าความเสียดทานผิวทาง

ที่ปรึกษาได้พัฒนาระบบให้สามารถรองรับการตั้งค่าเกณฑ์การพิจารณาสภาพความเสียดทานของผิวทางที่เหมาะสมของการใช้งานแสดงดังรูปที่ 2-43 โดยอ้างอิงค่าเบื้องต้นจากการศึกษาเกณฑ์การพิจารณาสภาพความเสียดทานของผิวทางของกรมทางหลวง แสดงดังตารางที่ 2-21

ตารางที่ 2-21 ตารางแสดงเกณฑ์ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level) และค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level) ด้วยค่าดัชนีความเสียดทานสากล (IFI) ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ) และค่า BPN

เกณฑ์ระดับ	IFI	μ	BPN
ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level)	0.32	0.43	42
ค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level)	0.25	0.29	30

ที่มา : สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง, 2021

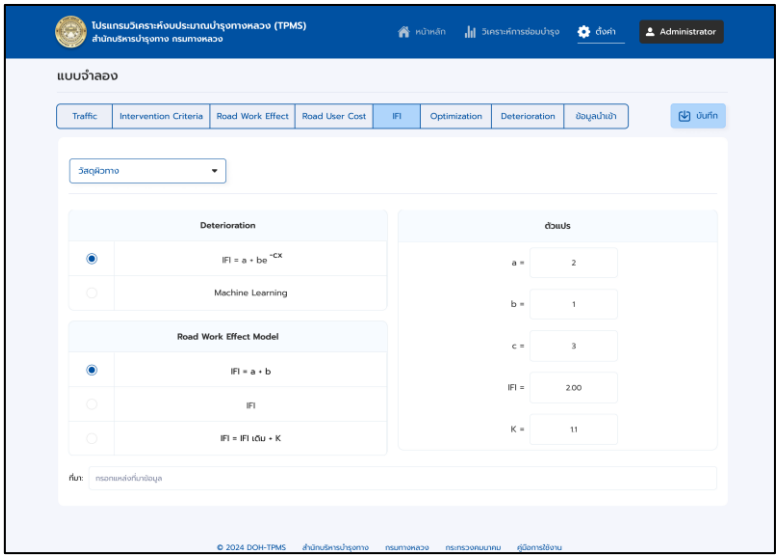


ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-43 แสดงตัวอย่างหน้าระบบที่สามารถปรับเกณฑ์

- ค่าความเสียดทานแนะนำหลังการซ่อมบำรุง

ที่ปรึกษาได้พัฒนาระบบให้รองรับการตั้งค่าค่าความเสียดทานที่ได้หลังจากการซ่อมบำรุง แสดงดังรูปที่ 2-44

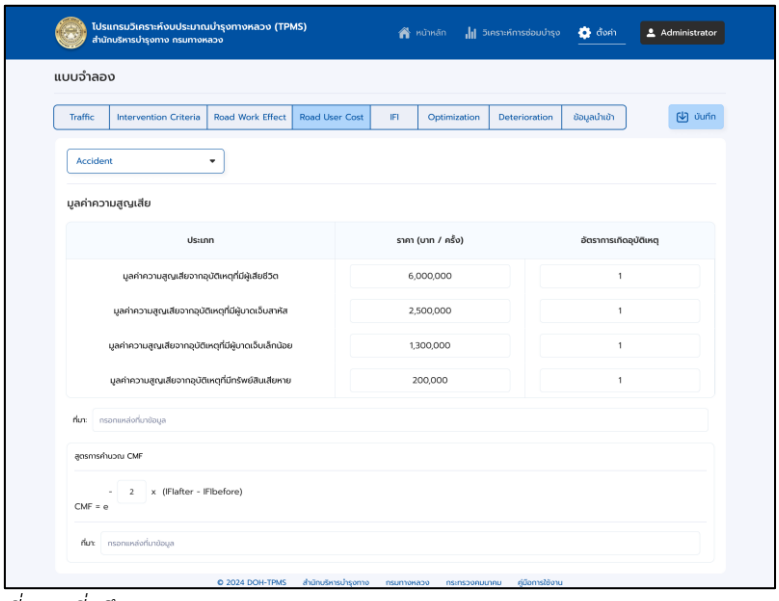


ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-44 แสดงตัวอย่างหน้าระบบตั้งค่าค่าความเสียดทานหลังการซ่อมบำรุง

- แนวทางการวิเคราะห์ผลประโยชน์ จากการลดลงของมูลค่าความสูญเสียจากอุบัติเหตุ (ACC) ของการยกระดับความเสียดทานผิวทาง

ที่ปรึกษาได้พัฒนาระบบให้รองรับการตั้งค่ามูลค่าความสูญหายแสดงดังรูปที่ 2-45 เพื่อนำมาคำนวนมูลค่าความเสียหายจากอุบัติเหตุ (ACC) เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลประโยชน์

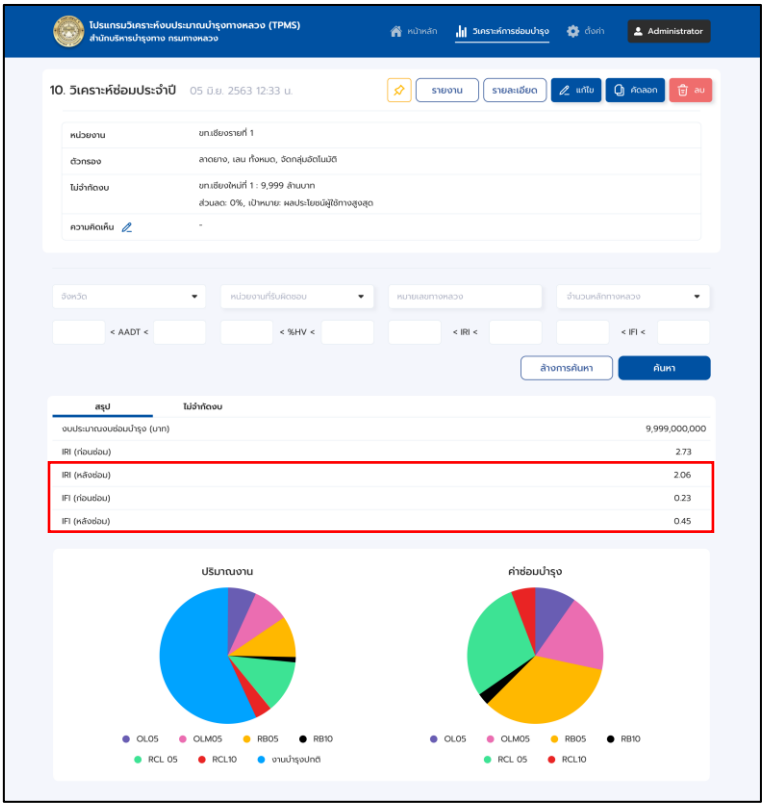


ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-45 แสดงตัวอย่างหน้าระบบตั้งค่ามูลค่าความสูญหาย

- แนวทางการวิเคราะห์รวมกับระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

ที่ปรึกษาได้พัฒนาระบบให้รองรับการแสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเสียดทาน แสดงดังรูปที่ 2-46

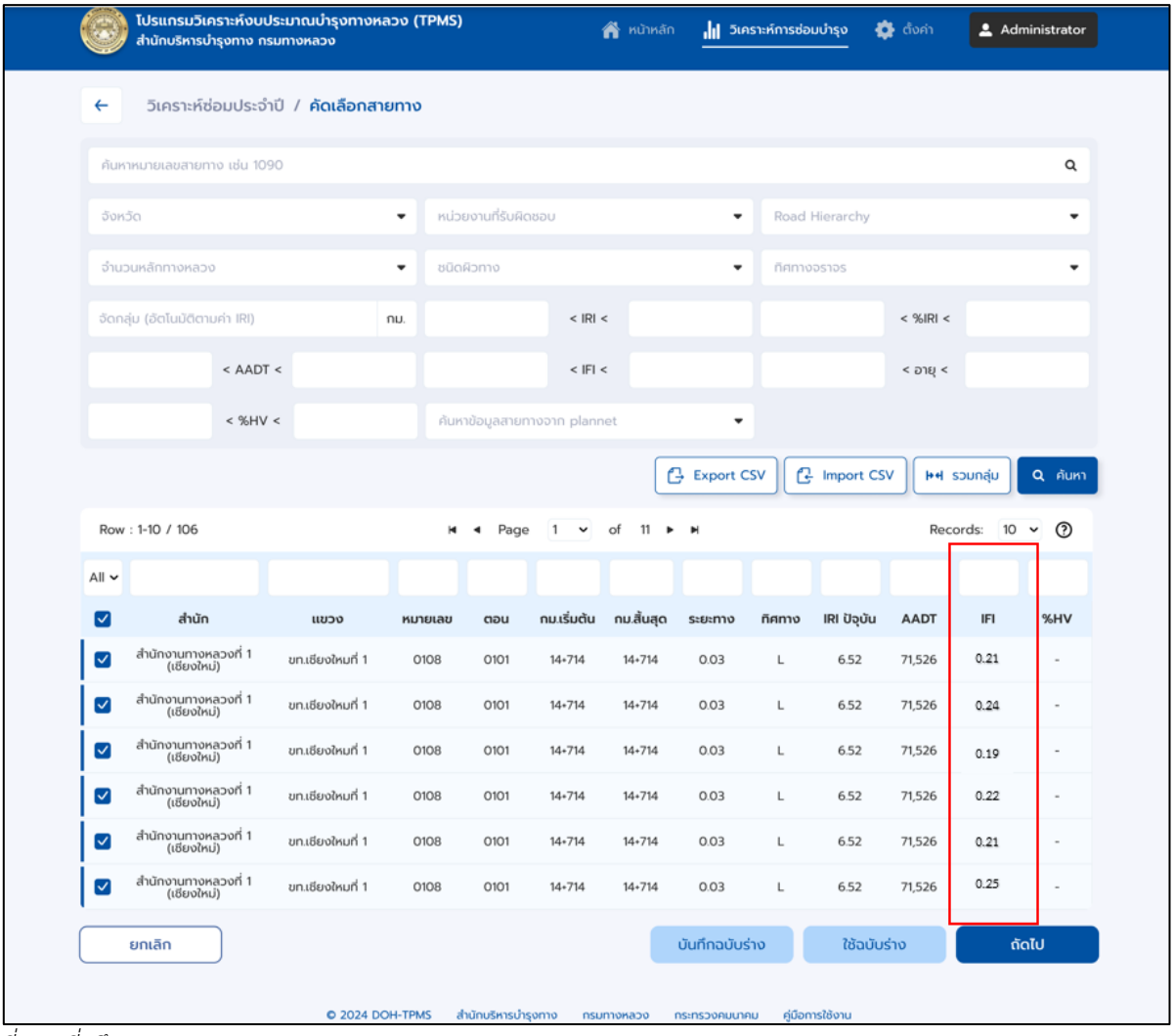


ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-46 แสดงตัวอย่างหน้าระบบการแสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเสียดทาน

2) แนวทางการนำเข้าค่าความเสียดทานจากฐานข้อมูลที่เหมาะสมของกรมทางหลวง หรือ ระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (MIIS) เข้าสู่ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

ที่ปรึกษาเสนอให้มีการนำเข้าค่าความเสียดทานจากฐานข้อมูลระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (MIIS) เข้าสู่ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เนื่องจากมีปริมาณการสำรวจข้อมูลที่มาก โดยในการแสดงผลข้อมูลที่นำเข้า แสดงดังรูปที่ 2-47



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-47 ตัวอย่างหน้าระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ที่แสดงข้อมูลค่าความเสียดทาน

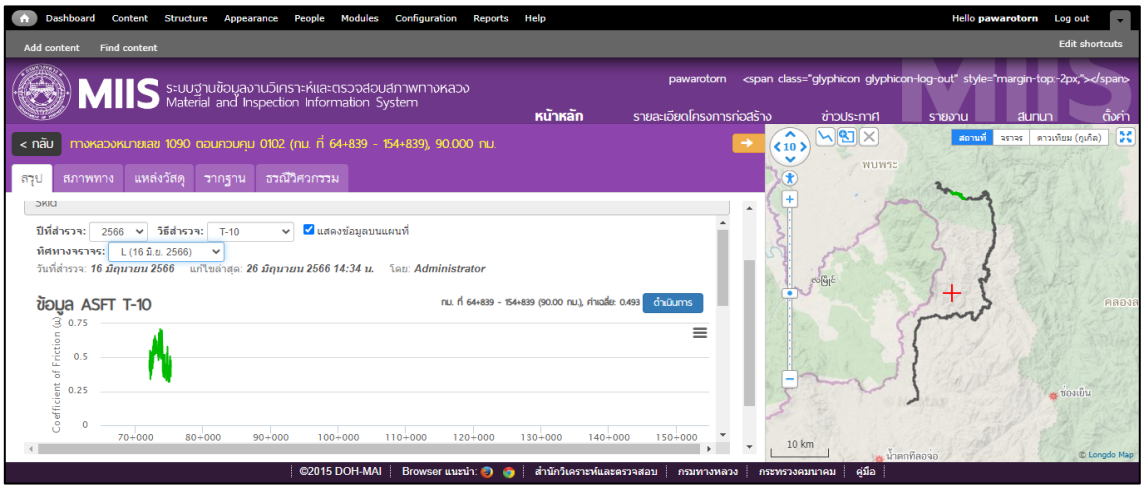
2.2.2 การทดสอบเก็บตัวอย่างข้อมูลความเสียดทานนำร่องของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง เพื่อเตรียมรองรับข้อมูลค่าความเสียดทางที่กรมทางหลวงจะดำเนินการสำรวจในอนาคต

1) การรวบรวมข้อมูลประวัติสายทางแอสฟัลต์คอนกรีตทั่วประเทศของกรมทางหลวง มาคัดเลือกสายทางนำร่อง เพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นในการทดสอบการวิเคราะห์ในมิติของความปลอดภัยจากการซ่อมบำรุง ซึ่งที่ปรึกษาได้จัดทำเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา รวมระยะทางสำรวจไม่น้อยกว่า 900 กิโลเมตรต่อ 1 ช่องจราจร โดยกำหนดเกณฑ์ที่กำหนดจะต้องพิจารณาถึงชนิดผิวทาง ปริมาณจราจร อายุผิวทาง และได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการ ก่อนที่จะดำเนินการสำรวจ

ในการกำหนดเกณฑ์ในการเลือกสายทาง ควรพิจารณาให้ครอบคลุมถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้อง สายทางมีการกระจายตัวทั่วประเทศ และสามารถเป็นตัวแทนปัจจัยด้านอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณจราจร และลักษณะภูมิประเทศ เพื่อให้การสอบเทียบแบบจำลองการเสื่อมสภาพของค่าความเสียดทาน จากผลการศึกษาทั้งของสำนักวิจัยและพัฒนางานทางและสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ที่ปรึกษาได้ทำการคัดแยกประเภทสายทางออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งมีหลักการ ดังนี้

1) **<u>สายทางในกลุ่มที่ 1</u>** พิจารณาจากผลการทำนายค่า International Friction Index หรือ IFI ในปี พ.ศ. 2567 ด้วย Machine Learning จากการศึกษาของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง ซึ่งคำนวณจากแบบจำลองค่าความเสียดทานที่กำหนดไว้
2) **<u>สายทางในกลุ่มที่ 2</u>** พิจารณาสายทางที่มีข้อมูลค่าความเสียดทานจากฐานข้อมูลระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (Material and Inspection Information System, MIIS) ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2-48



ที่มา : สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2024

รูปที่ 2-48 ตัวอย่างสายทางที่มีข้อมูลค่าความเสียดทานจากระบบ MIIS

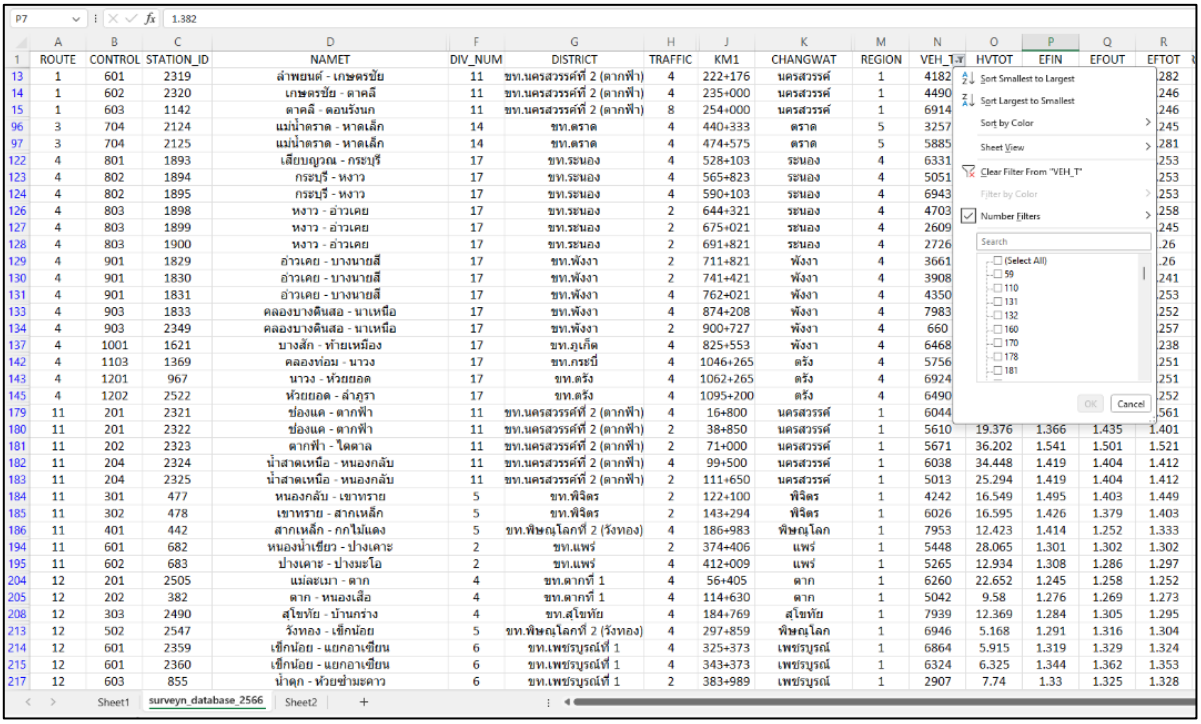
เมื่อคัดเลือกสายทางที่มีค่าความเสียดทานอยู่ในระบบเรียบร้อยแล้ว จะพิจารณาถึงความเหมาะสมของตำแหน่งที่ตั้งของสายทาง และปัจจัยด้านต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณจราจร ร้อยละรถบรรทุก รวมถึงชนิดผิวทาง เพื่อใช้ในการสอบเทียบแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางอันเนื่องมาจากความเสียดทาน

<u>การพิจารณาคัดเลือกสายทางตามปริมาณจราจร</u>

การคัดเลือกสายทางจากปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันทั้งปี (Annual Average Daily Traffic: AADT) พิจารณาแบ่งปริมาณจราจรออกเป็น 3 ช่วง อ้างอิงจากมาตรฐานชั้นทางสำหรับทางหลวงในประเทศไทย (กรมทางหลวง) ดังนี้

1) ปริมาณจราจรน้อย คือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันทั้งปีน้อยกว่า 8,000 คัน/วัน
2) ปริมาณจราจรปานกลาง คือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันทั้งปีอยู่ระหว่าง 8,001 - 20,000 คัน/วัน
3) ปริมาณจราจรมาก คือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันทั้งปีมากกว่า 20,001 คัน/วัน

จากการศึกษาข้อมูลจากระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management System: TIMS) พัฒนาโดยกรมทางหลวง ที่ปรึกษาได้รวบรวมสายทางในระบบที่มีข้อมูลปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันทั้งปี (Annual Average Daily Traffic: AADT) แสดงดังรูปที่ 2-49 และทำการจำแนกสายทางออกเป็น 3 กลุ่ม ตามปริมาณจราจร 3 ระดับ



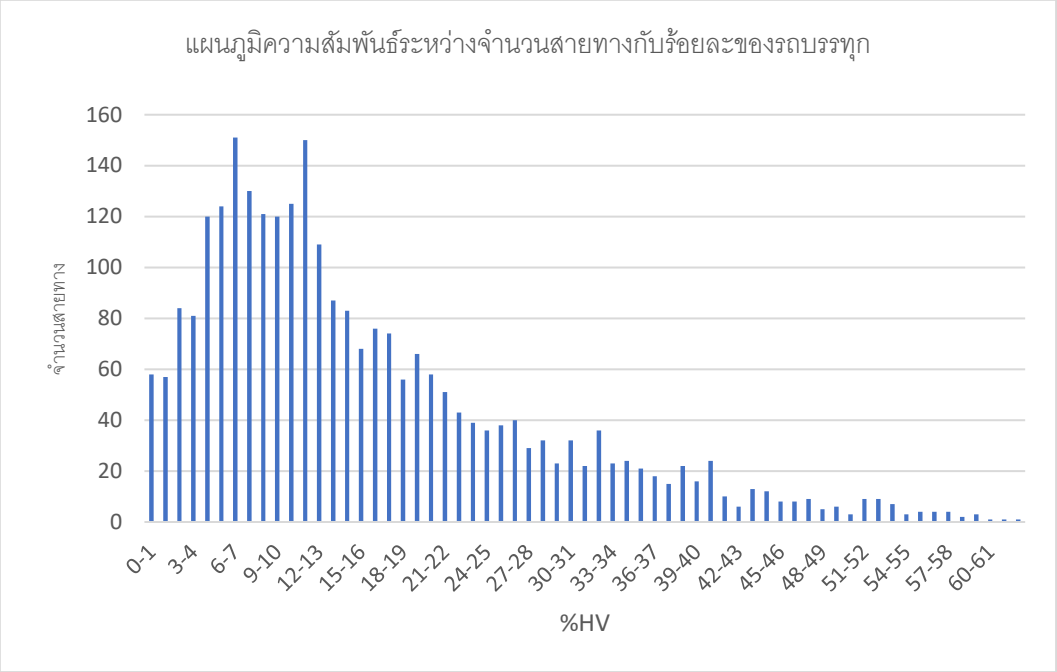
	ROUTE	CONTROL	STATION_ID	NAMET	DIV_NUM	DISTRICT	TRAFFIC	KM1	CHANGWAT	REGION	VEH_T	HVTOT	EFIN	EFOUT	EFTOT
13	1	601	2319	ลำพยนต์ - เกษตรชัย	11	ขท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	4	222+176	นครสวรรค์	1	4182				.282
14	1	602	2320	เกษตรชัย - ตาคลี	11	ขท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	4	235+000	นครสวรรค์	1	4490				.246
15	1	603	1142	ตาคลี - ดอนรังนก	11	ขท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	8	254+000	นครสวรรค์	1	6914				.246
96	3	704	2124	แม่น้ำตราด - หาดเล็ก	14	ขท.ตราด	4	440+333	ตราด	5	3257				.245
97	3	704	2125	แม่น้ำตราด - หาดเล็ก	14	ขท.ตราด	4	474+575	ตราด	5	5885				.281
122	4	801	1893	เสียบญวณ - กระบุรี	17	ขท.ระนอง	4	528+103	ระนอง	4	6331				.253
123	4	802	1894	กระบุรี - หงาว	17	ขท.ระนอง	4	565+823	ระนอง	4	5051				.253
124	4	802	1895	กระบุรี - หงาว	17	ขท.ระนอง	4	590+103	ระนอง	4	6943				.253
126	4	803	1898	หงาว - อ่าวเคย	17	ขท.ระนอง	2	644+321	ระนอง	4	4703				.258
127	4	803	1899	หงาว - อ่าวเคย	17	ขท.ระนอง	2	675+021	ระนอง	4	2609				.245
128	4	803	1900	หงาว - อ่าวเคย	17	ขท.ระนอง	2	691+821	ระนอง	4	2726				.26
129	4	901	1829	อ่าวเคย - บางนายสี	17	ขท.พังงา	2	711+821	พังงา	4	3661				.26
130	4	901	1830	อ่าวเคย - บางนายสี	17	ขท.พังงา	2	741+421	พังงา	4	3908				.241
131	4	901	1831	อ่าวเคย - บางนายสี	17	ขท.พังงา	4	762+021	พังงา	4	4350				.253
133	4	903	1833	คลองบางดินสอ - นาเหนือ	17	ขท.พังงา	4	874+208	พังงา	4	7983				.252
134	4	903	2349	คลองบางดินสอ - นาเหนือ	17	ขท.พังงา	2	900+727	พังงา	4	660				.257
137	4	1001	1621	บางสัก - ท้ายเหมือง	17	ขท.ภูเก็ต	4	825+553	พังงา	4	6468				.238
142	4	1103	1369	คลองท่อม - นาวง	17	ขท.กระบี่	4	1046+265	ตรัง	4	5756				.251
143	4	1201	967	นาวง - ห้วยยอด	17	ขท.ตรัง	4	1062+265	ตรัง	4	6924				.251
145	4	1202	2522	ห้วยยอด - ลำภูรา	17	ขท.ตรัง	4	1095+200	ตรัง	4	6490				.252
179	11	201	2321	ช่องแค - ตากฟ้า	11	ขท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	4	16+800	นครสวรรค์	1	6044				.561
180	11	201	2322	ช่องแค - ตากฟ้า	11	ขท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	2	38+850	นครสวรรค์	1	5610	19.376	1.366	1.435	1.401
181	11	202	2323	ตากฟ้า - ไตตาล	11	ขท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	2	71+000	นครสวรรค์	1	5671	36.202	1.541	1.501	1.521
182	11	204	2324	น้ำสาดเหนือ - หนองกลับ	11	ขท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	4	99+500	นครสวรรค์	1	6038	34.448	1.419	1.404	1.412
183	11	204	2325	น้ำสาดเหนือ - หนองกลับ	11	ขท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	2	111+650	นครสวรรค์	1	5013	25.294	1.419	1.404	1.412
184	11	301	477	หนองกลับ - เขาทราย	5	ขท.พิจิตร	2	122+100	พิจิตร	1	4242	16.549	1.495	1.403	1.449
185	11	302	478	เขาทราย - สากเหล็ก	5	ขท.พิจิตร	2	143+294	พิจิตร	1	6026	16.595	1.426	1.379	1.403
186	11	401	442	สากเหล็ก - กกไม้แดง	5	ขท.พิษณุโลกที่ 2 (วังทอง)	4	186+983	พิษณุโลก	1	7953	12.423	1.414	1.252	1.333
194	11	601	682	หนองน้ำเขียว - ป่างเคาะ	2	ขท.แพร่	2	374+406	แพร่	1	5448	28.065	1.301	1.302	1.302
195	11	602	683	ป่างเคาะ - ป่างมะโอ	2	ขท.แพร่	4	412+009	แพร่	1	5265	12.934	1.308	1.286	1.297
204	12	201	2505	แม่ละเมา - ตาก	4	ขท.ตากที่ 1	4	56+405	ตาก	1	6260	22.652	1.245	1.258	1.252
205	12	202	382	ตาก - หนองเสือ	4	ขท.ตากที่ 1	4	114+630	ตาก	1	5042	9.58	1.276	1.269	1.273
208	12	303	2490	สโขทัย - บ้านกร่าง	4	ขท.สโขทัย	4	184+769	สโขทัย	1	7939	12.369	1.284	1.305	1.295
213	12	502	2547	วังทอง - เชิกน้อย	5	ขท.พิษณุโลกที่ 2 (วังทอง)	4	297+859	พิษณุโลก	1	6946	5.168	1.291	1.316	1.304
214	12	601	2359	เชิกน้อย - แยกอาเซียน	6	ขท.เพชรบูรณ์ที่ 1	4	325+373	เพชรบูรณ์	1	6864	5.915	1.319	1.329	1.324
215	12	601	2360	เชิกน้อย - แยกอาเซียน	6	ขท.เพชรบูรณ์ที่ 1	4	343+373	เพชรบูรณ์	1	6324	6.325	1.344	1.362	1.353
217	12	603	855	น้ำคุก - ห้วยซ้ามะคาว	6	ขท.เพชรบูรณ์ที่ 1	2	383+989	เพชรบูรณ์	1	2907	7.74	1.33	1.325	1.328

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-49 ตัวอย่างแนวทางการคัดเลือกสายทางตามปริมาณจราจร

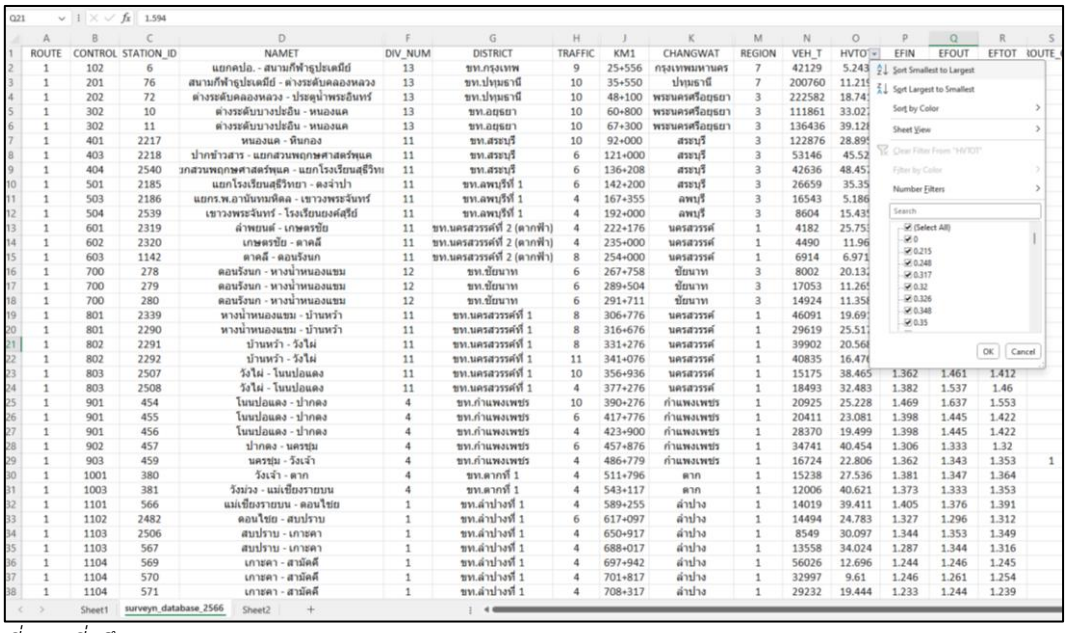
<u>การพิจารณาคัดเลือกสายทางตามร้อยละรถบรรทุก</u>

การคัดเลือกสายทางจากปริมาณรถบรรทุก หรือ Heavy Truck พิจารณาคัดเลือกจากร้อยละของรถบรรทุกบนสายทาง (%HV) ผ่านการกรองข้อมูล เรียงจากสายทางที่มี %HV น้อยไปจนถึงสายทางที่มี %HV มาก



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-50 การคัดเลือกสายทางตามร้อยละรถบรรทุก



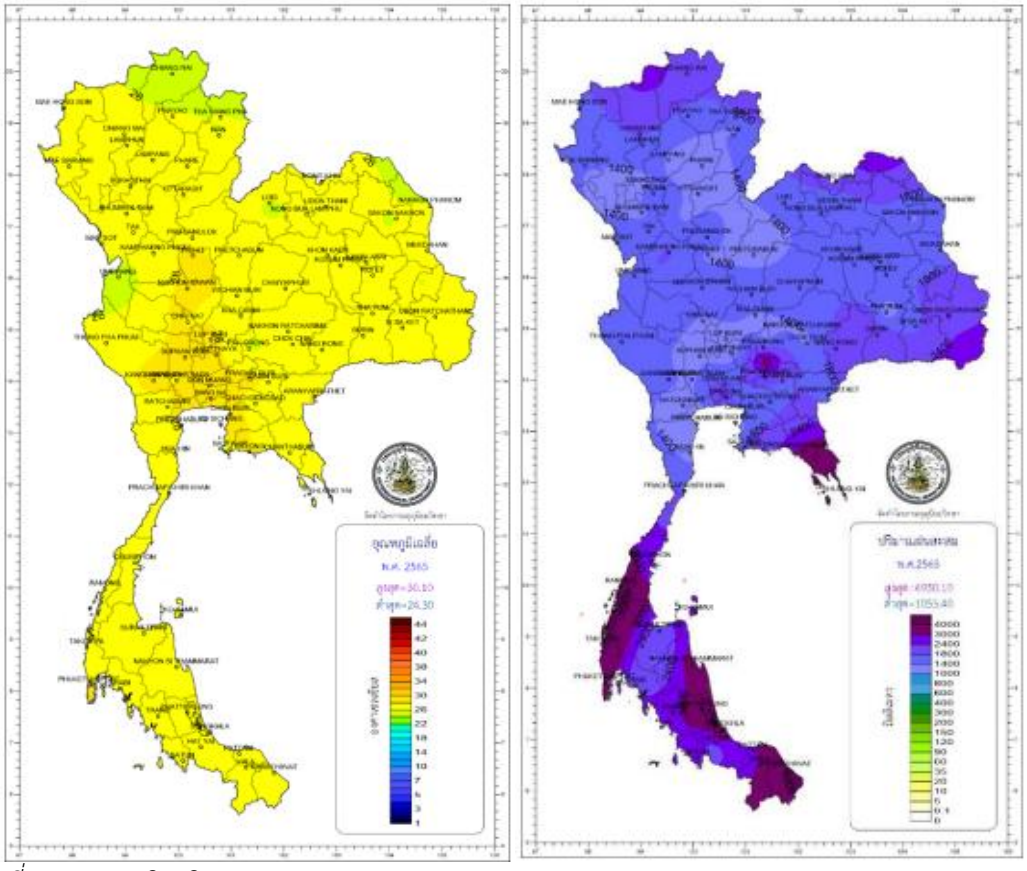
ROUTE	CONTROL	STATION_ID	NAMET	DIV_NUM	DISTRICT	TRAFFIC	KM1	CHANGWAT	REGION	VEH_T	HVTOT	EFIN	EFOUT	EFTOT
1	102	6	แยกคปอ. - สนามกีฬาธูปะเตมีย์	13	ทท.กรุงเทพ	9	25+556	กรุงเทพมหานคร	7	42129	5.243			
1	201	76	สนามกีฬาธูปะเตมีย์ - ต่างระดับคลองหลวง	13	ทท.ปทุมธานี	10	35+550	ปทุมธานี	7	200760	11.219			
1	202	72	ต่างระดับคลองหลวง - ประตูน้ำพระอินทร์	13	ทท.ปทุมธานี	10	48+100	พระนครศรีอยุธยา	3	222582	18.741			
1	302	10	ต่างระดับบางปะอิน - หนองแค	13	ทท.อยุธยา	10	60+800	พระนครศรีอยุธยา	3	111861	33.027			
1	302	11	ต่างระดับบางปะอิน - หนองแค	13	ทท.อยุธยา	10	67+300	พระนครศรีอยุธยา	3	136436	39.128			
1	401	2217	หนองแค - หินกอง	11	ทท.สระบุรี	10	92+000	สระบุรี	3	122876	28.895			
1	403	2218	ปากช่วงสาร - แยกสวนพฤกษศาสตร์พุแค	11	ทท.สระบุรี	6	121+000	สระบุรี	3	53146	45.52			
1	404	2540	วกสวนพฤกษศาสตร์พุแค - แยกโรงเรียนสุธีวิทย	11	ทท.สระบุรี	6	136+208	สระบุรี	3	42636	48.457			
1	501	2185	แยกโรงเรียนสุธีวิทยา - ดงจำปา	11	ทท.ลพบุรีที่ 1	6	142+200	สระบุรี	3	26659	35.35			
1	503	2186	แยกร.พ.อานันทมหิดล - เขางองพระจันทร์	11	ทท.ลพบุรีที่ 1	4	167+355	ลพบุรี	3	16543	5.186			
1	504	2539	เขางองพระจันทร์ - โรงเรียนองค์สุริย์	11	ทท.ลพบุรีที่ 1	4	192+000	ลพบุรี	3	8604	15.435			
1	601	2319	ลำพยนต์ - เกษตรชัย	11	ทท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	4	222+176	นครสวรรค์	1	4182	25.755			
1	602	2320	เกษตรชัย - ตาคลี	11	ทท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	4	235+000	นครสวรรค์	1	4490	11.96			
1	603	1142	ตาคลี - ดอนรังนก	11	ทท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	8	254+000	นครสวรรค์	1	6914	6.971			
1	700	278	ดอนรังนก - หางน้ำหนองแขม	12	ทท.ชัยนาท	6	267+758	ชัยนาท	3	8002	20.132			
1	700	279	ดอนรังนก - หางน้ำหนองแขม	12	ทท.ชัยนาท	6	289+504	ชัยนาท	3	17053	11.265			
1	700	280	ดอนรังนก - หางน้ำหนองแขม	12	ทท.ชัยนาท	6	291+711	ชัยนาท	3	14924	11.358			
1	801	2339	หางน้ำหนองแขม - บ้านหว้า	11	ทท.นครสวรรค์ที่ 1	8	306+776	นครสวรรค์	1	46091	19.697			
1	801	2290	หางน้ำหนองแขม - บ้านหว้า	11	ทท.นครสวรรค์ที่ 1	8	316+676	นครสวรรค์	1	29619	25.511			
1	802	2291	บ้านหว้า - วังไผ่	11	ทท.นครสวรรค์ที่ 1	8	331+276	นครสวรรค์	1	39902	20.568			
1	802	2292	บ้านหว้า - วังไผ่	11	ทท.นครสวรรค์ที่ 1	11	341+076	นครสวรรค์	1	40835	16.476			
1	803	2507	วังไผ่ - โนนปอแดง	11	ทท.นครสวรรค์ที่ 1	10	356+936	นครสวรรค์	1	15175	38.465	1.362	1.461	1.412
1	803	2508	วังไผ่ - โนนปอแดง	11	ทท.นครสวรรค์ที่ 1	4	377+276	นครสวรรค์	1	18493	32.483	1.382	1.537	1.46
1	901	454	โนนปอแดง - ปากดง	4	ทท.กำแพงเพชร	10	390+276	กำแพงเพชร	1	20925	25.228	1.469	1.637	1.553
1	901	455	โนนปอแดง - ปากดง	4	ทท.กำแพงเพชร	6	417+776	กำแพงเพชร	1	20411	23.081	1.398	1.445	1.422
1	901	456	โนนปอแดง - ปากดง	4	ทท.กำแพงเพชร	4	423+900	กำแพงเพชร	1	28370	19.499	1.398	1.445	1.422
1	902	457	ปากดง - นครชุม	4	ทท.กำแพงเพชร	6	457+876	กำแพงเพชร	1	34741	40.454	1.306	1.333	1.32
1	903	459	นครชุม - วังเจ้า	4	ทท.กำแพงเพชร	4	486+779	กำแพงเพชร	1	16724	22.806	1.362	1.343	1.353
1	1001	380	วังเจ้า - ตาก	4	ทท.ตากที่ 1	4	511+796	ตาก	1	15238	27.536	1.381	1.347	1.364
1	1003	381	วังหมัว - แม่เชียงรายบน	4	ทท.ตากที่ 1	4	543+117	ตาก	1	12006	40.621	1.373	1.333	1.353
1	1101	566	แม่เชียงรายบน - ดอนไชย	1	ทท.ลำปางที่ 1	4	589+255	ลำปาง	1	14019	39.411	1.405	1.376	1.391
1	1102	2482	ดอนไชย - สบปราบ	1	ทท.ลำปางที่ 1	6	617+097	ลำปาง	1	14494	24.783	1.327	1.296	1.312
1	1103	2506	สบปราบ - เกาะคา	1	ทท.ลำปางที่ 1	4	650+917	ลำปาง	1	8549	30.097	1.344	1.353	1.349
1	1103	567	สบปราบ - เกาะคา	1	ทท.ลำปางที่ 1	4	688+017	ลำปาง	1	13558	34.024	1.287	1.344	1.316
1	1104	569	เกาะคา - สามัคคี	1	ทท.ลำปางที่ 1	4	697+942	ลำปาง	1	56026	12.696	1.244	1.246	1.245
1	1104	570	เกาะคา - สามัคคี	1	ทท.ลำปางที่ 1	4	701+817	ลำปาง	1	32997	9.61	1.246	1.261	1.254
1	1104	571	เกาะคา - สามัคคี	1	ทท.ลำปางที่ 1	4	708+317	ลำปาง	1	29232	19.444	1.233	1.244	1.239

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-51 ตัวอย่างแนวทางการคัดเลือกสายทางตาม %HV

<u>การพิจารณาคัดเลือกสายทางตามปัจจัยด้านภูมิอากาศ</u>

การคัดเลือกสายทางตามปัจจัยด้านภูมิอากาศ พิจารณาจากอุณหภูมิเฉลี่ยจากเว็บไซต์กรมอุตุนิยมวิทยา พ.ศ. 2565 โดยเลือกสายทางที่อยู่ในบริเวณสี เพื่อเป็นตัวแทนสายทางที่อยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ และสายทางที่อยู่ในบริเวณสี เพื่อเป็นตัวแทนสายทางที่อยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงและพิจารณาปริมาณน้ำฝนรวม (มม.) ในปีเดียวกัน โดยเลือกสายทางที่อยู่ในบริเวณสี เพื่อเป็นตัวแทนสายทางที่อยู่ในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนรวมต่ำ และสายทางที่อยู่ในบริเวณสี เพื่อเป็นตัวแทนสายทางที่อยู่ในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนรวมสูง แสดงดังรูปที่ 2-52

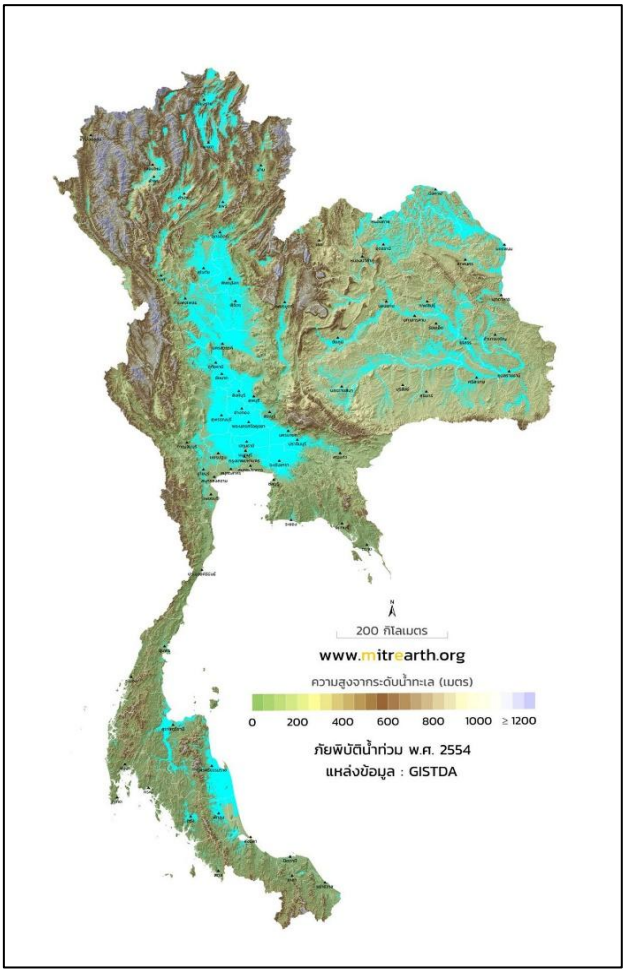


ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2022

รูปที่ 2-52 อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวม พ.ศ. 2565

<u>การพิจารณาคัดเลือกสายทางตามปัจจัยด้านภูมิประเทศ</u>

การคัดเลือกสายทางตามปัจจัยด้านภูมิประเทศ พิจารณาคัดเลือกสายทางบนเขาหรือที่ราบโดยใช้ข้อมูลเบื้องต้นจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2-53 และนำข้อมูลที่ได้ไปค้นหาใน Google Map เพื่อทำการคัดเลือกสายทางตามลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน เช่น สายทางบนเขา แสดงดังรูปที่ 2-54



ที่มา : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2011

รูปที่ 2-53 แผนที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-54 สายทางบนเขาหมายเลข ทล. 1090 ตอน 102

จากเกณฑ์ที่กล่าวในข้างต้น ที่ปรึกษาได้ทำการคัดเลือกสายทางที่เป็นตัวแทนของปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวข้องซึ่งมีระยะทางรวมไม่น้อยกว่า 900 กม. เพื่อใช้ในการสำรวจความเสียดทานนำร่อง แสดงดังรูปที่ 2-55 โดยผลการคัดเลือกสายทางนำร่องทั้งหมด แสดงดัง**ภาคผนวก ก**

ลำดับ	หมายเลขทางหลวง	หมายเลขตอนควบคุม	สายทาง	กม. เริ่มต้น	กม. สิ้นสุด	ระยะทาง	แขวงทางหลวง	ปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกสายทาง																หมายเหตุ
								พิศทาง		ปริมาณจราจร			ลักษณะภูมิประเทศ		อุณหภูมิ		ปริมาณน้ำฝน		ข้อมูลสำรวจ		%HV			
								RT	LT	น้อย	ปานกลาง	มาก	ทางราบ	ทางลาดชัน	ต่ำ	สูง	น้อย	มาก	1 ปี	มากกว่า 1 ปี	น้อย	ปานกลาง	มาก	
1	1090	102	ห้วยน้ำริน - อุ้มผาง	64839	154839	90	ขท.ตากที่ 2 (แม่สอด)	☐	☑	☐	☐	☑	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	ทางเขา ปริมาณจราจรน้อย
2	1091	200	ปงสนุก - น่าน	69827	134827	65	ขทล.น่านที่ 1	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	ทางเขา ปริมาณจราจรเยอะ
3	101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	190947	215931	24.984	ขท.แพร่	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	ทางเขา มีข้อมูลสำรวจ 3 ครั้ง
4	12	201	แม่ละเมา - ตาก	36405	85905	49.5	ขท.ตากที่ 1	☐	☑	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	ทางเขา มีข้อมูลสำรวจ 3 ครั้ง ถนนฝั่งละ 2 เลน รถใหญ่เยอะ
5	332	100	เขาหาดยาว - ทุ่งโปร่ง	0	11880	11.88	ขท.ชลบุรีที่ 2	☐	☑	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☑	☐	☑	☐	☐	☐	ฝนตกชุก ปริมาณจราจรปานกลาง มีข้อมูลสำรวจ 2 ครั้ง อุณหภูมิเฉลี่ยสูง
6	3	602	บ้านสิ้ว - โพธิ์ทอง	312000	327000	15	ขทล.จันทบุรี	☐	☑	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	ฝนตกชุก ปริมาณจราจรเยอะ
7	4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	692931	765804	72.873	ขทล.พังงา	☐	☑	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	ฝนตกชุก ปริมาณจราจรน้อย
8	1045	202	เขื่อนสิริกิติ์ - ห้วยผุด	41373	66725	25.352	ขท.อุตรดิตถ์ที่ 2	☐	☑	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☑	☐	☐	☐	ฝนตกน้อย ปริมาณจราจรน้อย มีข้อมูลสำรวจ 2 ครั้ง
9	226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	0	78698	78.698	ขท.นครราชสีมาที่ 3	☐	☑	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☑	☐	☐	☐	ฝนตกน้อย ปริมาณจราจรปานกลาง มีข้อมูลสำรวจ 2 ครั้ง
10	12	603	น้ำตุก - ห้วยซำมะคาว	363989	420345	56.356	ขทล.เพชรบูรณ์ที่ 1	☐	☑	☑	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	ฝนตกน้อย ทางเขา ปริมาณจราจรน้อย
11	212	304	กลางน้อย - ย้อมพัฒนา	369739	389416	19.677	ขท.นครพนม	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ
12	109	100	แม่สรวย - ห้วยป่าไร่	0	31425	31.425	ขทล.เชียงรายที่ 1	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	ทางเขา อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ
13	3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าขุง	0	11812	11.812	ขทล.อุทัยธานี	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	อุณหภูมิเฉลี่ยสูง มีข้อมูลสำรวจ 2 ครั้ง
14	35	100	ดาวคะนอง - แสมดำ	0	14660	14.66	ขทล.ธนบุรี	☐	☑	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	ปริมาณจราจรเยอะ
15	2	101	สระบุรี - ตาลเตี้ยว	0	8100	8.1	ขท.สระบุรี	☐	☑	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	ปริมาณจราจรเยอะ เปอร์เซนต์รถบรรทุกเยอะ
16	2375	100	บักดอก - พนมดิน	0	28547	28.547	ขท.สุรินทร์	☑	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	ปริมาณจราจรน้อย เปอร์เซนต์รถบรรทุกปานกลาง
17	1268	100	เหมืองแพร่ - นาเจริญ	0	40200	40.2	ขท.เลยที่ 2	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	ปริมาณจราจรน้อย เปอร์เซนต์รถบรรทุกเยอะ อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ
18	1338	100	ขาแหย่ง - ป่าเมี่ยง	0	19440	19.44	ขทล.เชียงรายที่ 1	☑	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	ปริมาณจราจรน้อย เปอร์เซนต์รถบรรทุกน้อย
19	37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	0	23482	23.482	ขทล.เพชรบุรี	☐	☑	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	ปริมาณจราจรปานกลาง เปอร์เซนต์รถใหญ่เยอะ
20	12	702	ร่องแซง - หนองแก	460595	492269	31.674	ขทล.ขอนแก่นที่ 2	☑	☐	☐	☑	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	ปริมาณจราจรปานกลาง เปอร์เซนต์รถใหญ่น้อย

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-55 ตัวอย่างสายทางที่คัดเลือกเพื่อสำรวจความเสียดทานนำร่อง

2) การสำรวจเก็บข้อมูลสภาพสายทางที่คัดเลือกแล้ว ด้วยเครื่องมือสำรวจ ความเสียดทานผิวทาง ประเภทการสำรวจความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ไม่น้อยกว่า 900 กิโลเมตรต่อ 1 ช่องจราจร และสำรวจข้อมูลค่า Mean Profile Depth จากกรมทางหลวง ในสายทางเดียวกัน

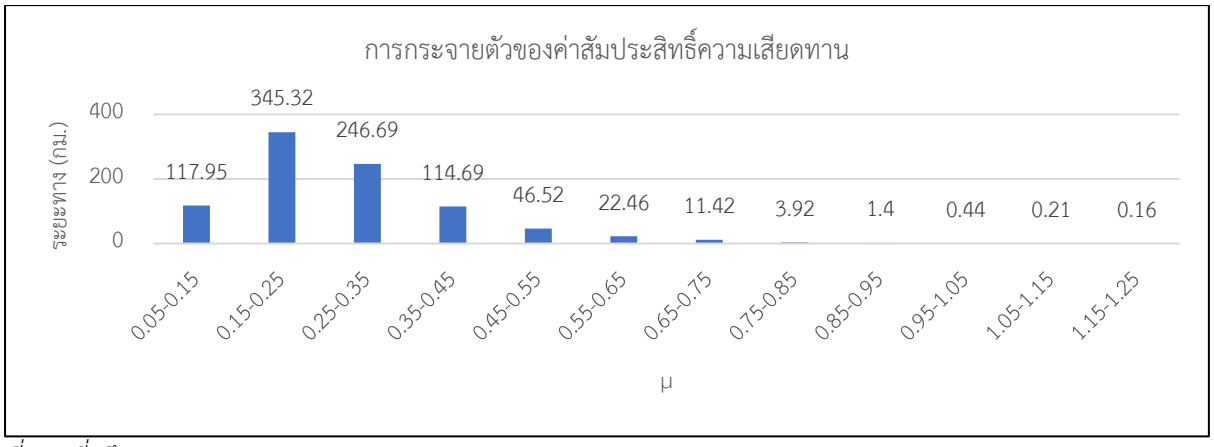
ที่ปรึกษาได้ดำเนินการสำรวจค่าความเสียดทานเป็นระยะทางแล้วเสร็จ 911.09 กิโลเมตร แบ่งเป็นผิว AC40/50 119.7 กิโลเมตร ผิว AC60/70 714.20 กิโลเมตร ผิว Concrete 18.48 กิโลเมตร ผิว Para Ac 11.83 กิโลเมตร ผิว PMA 46.88 กิโลเมตร แสดงดังตารางที่ 2-22

ตารางที่ 2-22 ระยะทางที่สำรวจแยกตามประเภทผิว

ประเภทผิว	ระยะทาง (กิโลเมตร)
AC40/50	119.7
AC60/70	714.2
Concrete	18.48
Para AC	11.83
PMA	46.88
Total	**911.09**

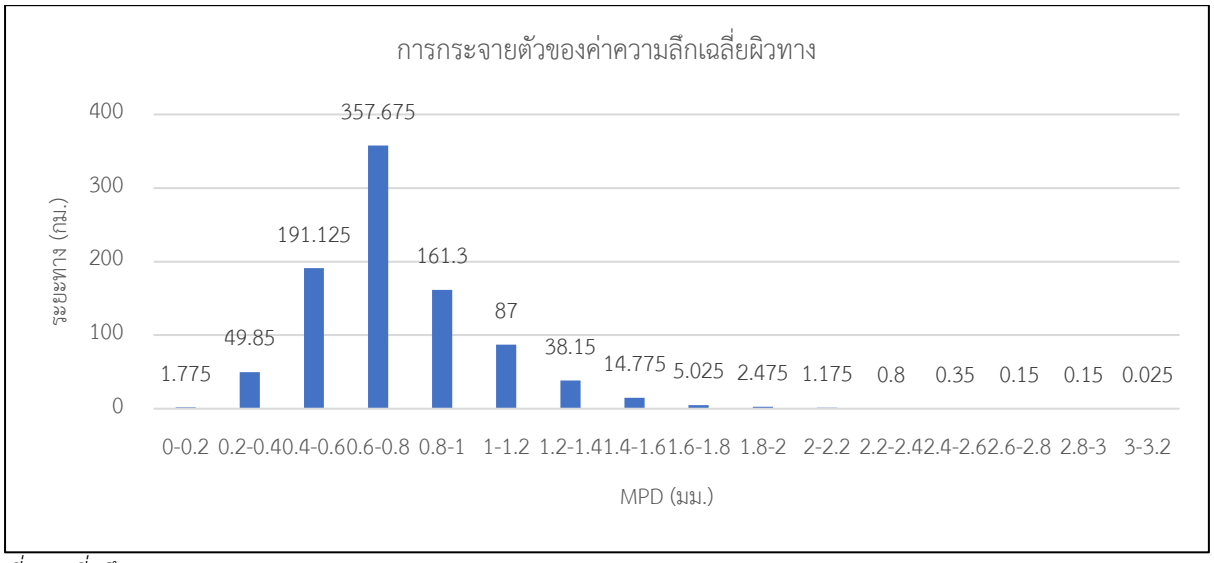
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

ค่าความเสียดทานที่สำรวจได้ พบว่า มีค่าดัชนีความเสียดทานสากลอยู่ในเกณฑ์ช่วง 0.15 - 0.35 เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งหมายความว่าค่าความเสียดทานของผิวถนนที่สำรวจได้ของระยะทาง 911.09 กิโลเมตร อยู่ในเกณฑ์ที่ควรปรับปรุง



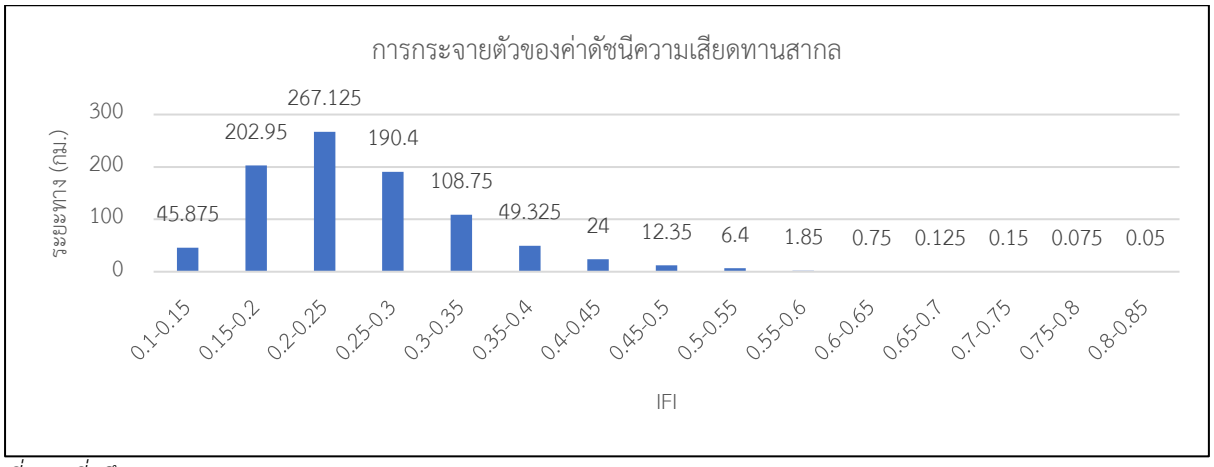
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-56 การกระจายตัวของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-57 การกระจายตัวของค่าความลึกเฉลี่ยผิวทาง

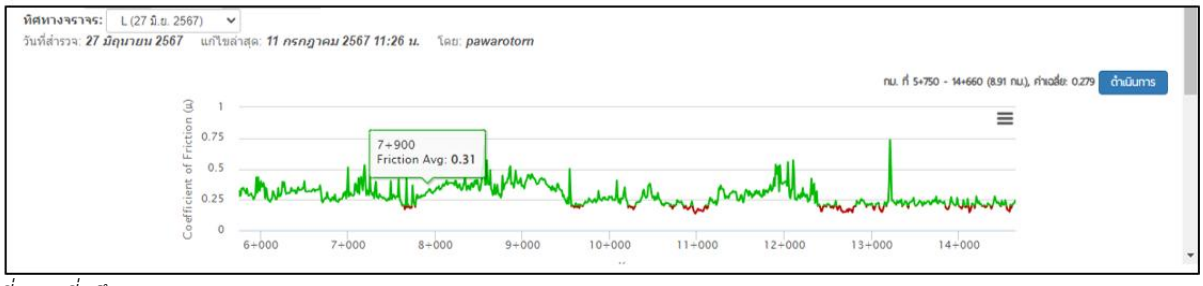


ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-58 การกระจายตัวของค่าดัชนีความเสียดทานสากล

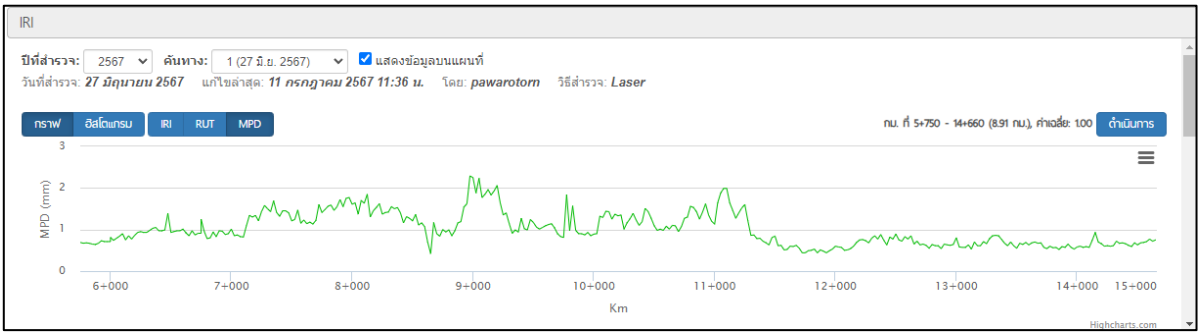
3) การนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ โดยนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในระบบสารสนเทศโครงข่ายกรมทางหลวง (Roadnet) หรือ ฐานข้อมูลอื่นที่เหมาะสม

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการนำเข้าข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจเป็นระยะทาง 911 กิโลเมตร โดยนำเข้าระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (Material and Inspection Information System, MIIS) ตัวอย่างข้อมูลที่ที่ปรึกษานำเข้าระบบของสายทางทางหลวงหมายเลข 35 ตอนควบคุม 100 ดาวคะนอง – แสมดำ กม.ที่ 5+570 - กม.ที่ 14+660 แสดงดังรูปที่ 2-59 ถึง รูปที่ 2-60 โดยข้อมูลอย่างละเอียดแสดงไว้ใน **ภาคผนวก ก**



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-59 ทางหลวงหมายเลข 35 ตอนควบคุม 100 ดาวคะนอง – แสมดำ กม.ที่ 5+750 – กม.ที่ 14+660 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เลน L

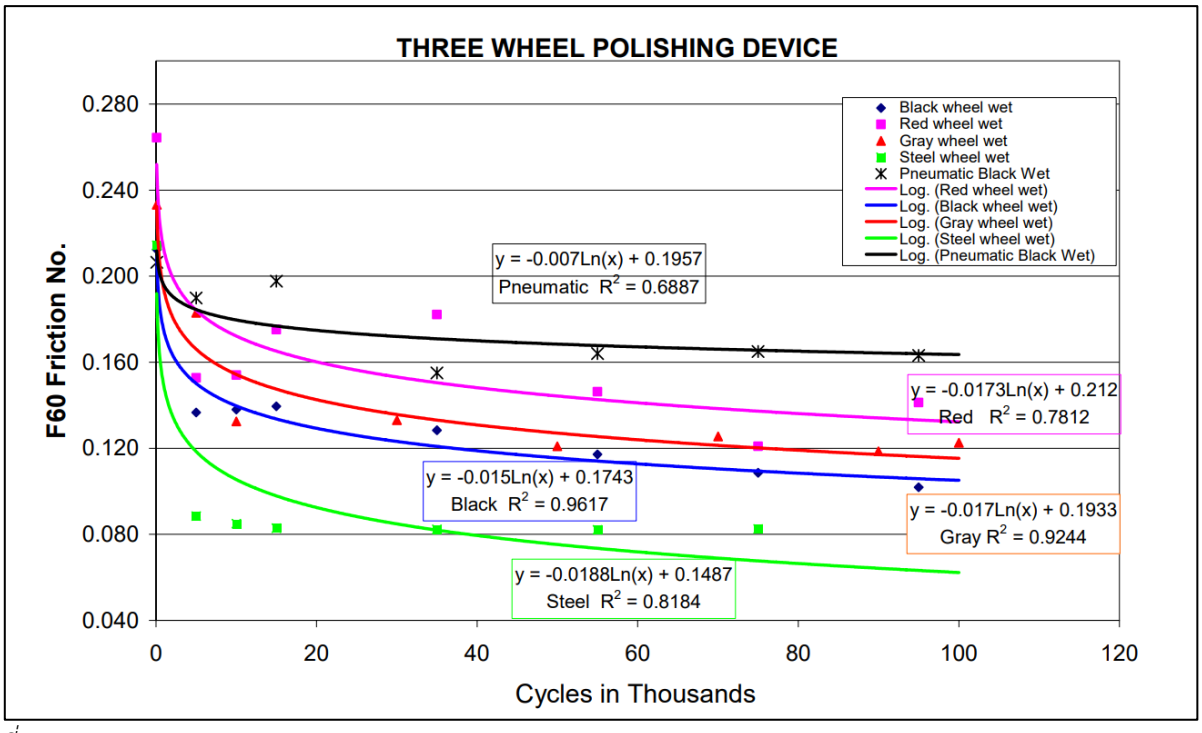


ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-60 ทางหลวงหมายเลข 35 ตอนควบคุม 100 ดาวคะนอง – แสมดำ กม.ที่ 5+750 – กม.ที่ 14+660 ค่า MPD เลน L

2.2.3 การนำเสนอแบบจำลองด้านความเสียดทานที่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการงบประมาณบำรุงทาง

National Center for Asphalt Technology (NCAT) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาได้ศึกษาพฤติกรรมการสูญเสียค่าความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance) ของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยการจำลองการขัดสีในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง Three-Wheel Polishing Device (TWPD) บนแผ่นแอสฟัลต์คอนกรีต พบว่า ค่าความต้านทานการลื่นไถลของแผ่นแอสฟัลต์คอนกรีตจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 0 - 15,000 รอบการขัดสี หลังจากนั้น อัตราการเสื่อมถอย (Deterioration Rate) ของค่าความต้านทานการลื่นไถล จะลดลงจนเกือบคงที่เมื่อจำนวนรอบการขัดสีเพิ่มขึ้น แสดงดังรูปที่ 2-61 *(Vollor & Hanson, 2006)*



ที่มา : Vollor & Hanson, 2006

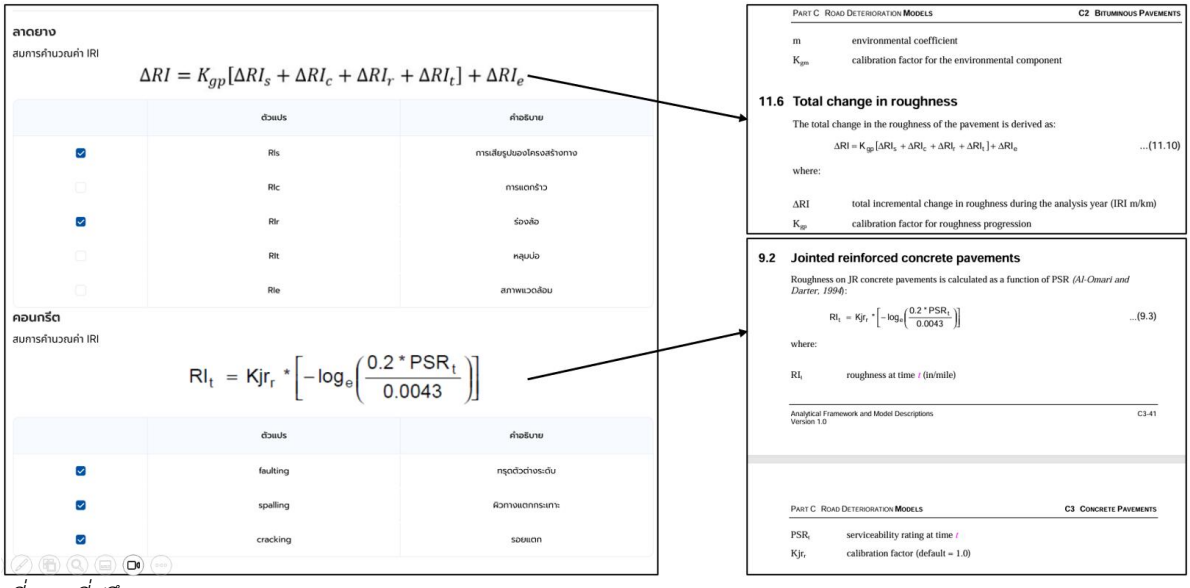
รูปที่ 2-61 การเปลี่ยนแปลงค่าความเสียดทานสากลของแผ่นแอสฟัลต์คอนกรีตที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการ

อย่างไรก็ตาม การศึกษาโดย Vollor & Hanson (2006) ยังไม่สามารถหาความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างค่า IFI ที่วัดจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบจากภาคสนามได้ การศึกษาดังกล่าว จึงมุ่งเน้นที่จะสอบเทียบการจำลองการขัดสีในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง NCAT-TWPD กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในภาคสนาม (ตัวแปรที่ต้องการสอบเทียบ เช่น ความเร็ว และความถี่ในการขัดสีประเภทและชนิดของล้อยางที่ใช้ เป็นต้น) ดังนั้น Rezaei & Masad (2011) จึงได้พัฒนาสมการแบบจำลองที่ใช้ทำนายค่า IFI เปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องมาจากการจำลองการขัดสีในห้องปฏิบัติการ

2.2.4 การนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทาง ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองอย่างน้อยดังนี้

1) แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Road deterioration model)

ที่ปรึกษาดำเนินการเพิ่มตัวแปรในการคำนวนค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) เพื่อให้แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Road deterioration model) มีความแม่นยำมากขึ้น แสดงดังรูปที่ 2-62



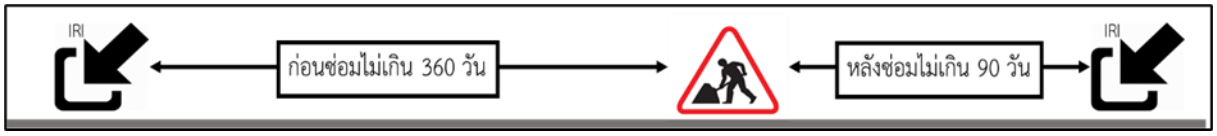
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-62 แสดงสมการคำนวนค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI)

2) แบบจำลองลองผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road Works Effects Model)

ที่ปรึกษาคัดเลือกสายทางที่นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยมีรายละเอียดการคัดเลือก ดังนี้

- เลือกสายทางที่มีงานซ่อมบำรุงผิวทาง
- เลือกเฉพาะสายทางที่มีการสำรวจค่า IRI ในช่วงเวลาก่อนซ่อมบำรุงไม่เกิน 360 วัน และมีการสำรวจค่า IRI ในช่วงเวลาหลังซ่อมบำรุงไม่เกิน 90 วัน เพื่อให้ได้สายทางที่ได้รับผลกระทบจากการซ่อมมากที่สุด
- ผลการสำรวจของ IRI เฉลี่ยหลังซ่อมจะต้องมีค่าไม่มากกว่าค่า IRI เฉลี่ยก่อนซ่อม เพื่อให้ได้สายทางที่มีการปรับปรุงค่า IRI อย่างแท้จริง



เมื่อที่ปรึกษาได้สายทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว ที่ปรึกษาจึงแยกการวิเคราะห์ตามพฤติกรรมและหลักการของค่าความเรียบเพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความแม่นยำมากขึ้น

3) แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่าที่เหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวง (Road User Effects Model)

Road User Effect Model: RUE

The annual road user cost for each investment option is given by:

$$RUC_j = VOC_j + TTC_j + AC_j$$

where:

RUC_j	road user cost under investment option *j* (*currency*)
VOC_j	MT vehicle operating cost under investment option *j* (*currency*)
TTC_j	MT travel time cost under investment option *j* (*currency*)
AC_j	annual accident cost under investment option *j* (*currency*)

ที่มา : HDM-4 , 2017

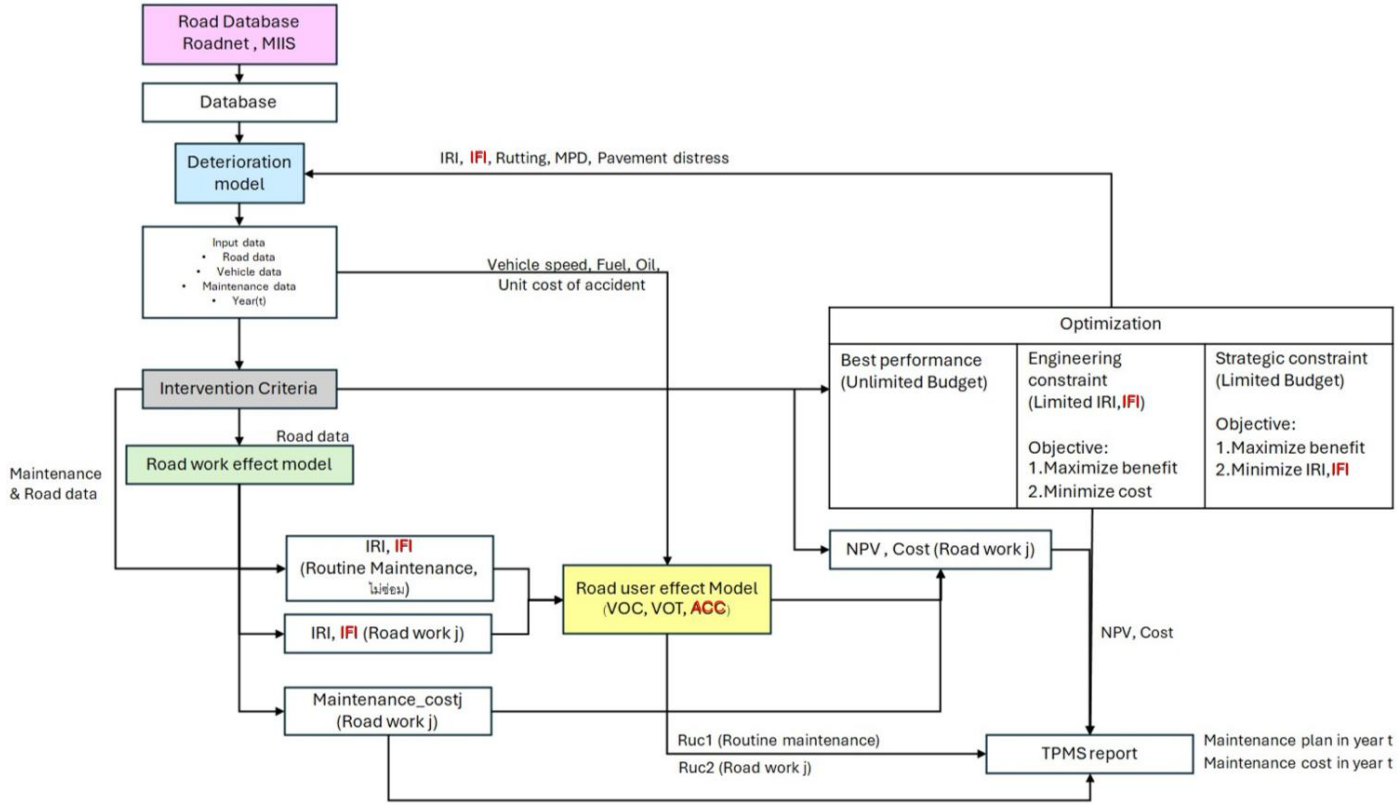
ที่ปรึกษาดำเนินการอัปเดตข้อมูลค่าใช้จ่ายเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านยานพาหนะให้เป็นปัจจุบันสำหรับใช้ในสมการคำนวนค่า VOC (บาท/กม.) = ต้นทุนเชื้อเพลิง + ต้นทุนน้ำมันหล่อลื่น + ต้นทุนล้อยาง + ต้นทุนค่าซ่อม + ค่าเสื่อมราคา และ VOT (บาท/กม.) = (จำนวนคนโดยสาร x มูลค่าเวลาสมมติ x เวลาการเดินทาง) / ความเร็วเฉลี่ย และจะนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค่าปรับแก้ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ (Crash Modification Factors: MF) ทั้งในประเทศ และต่างประเทศมาประกอบการใช้ในการคำนวณค่า ACC

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านยานพาหนะ												
ชื่อยานพาหนะ	ยี่ห้อ	ราคา	น้ำหนัก	เชื้อเพลิง	ราคาน้ำมันหล่อลื่น	เพลา	ล้อ	ราคายาง	จำนวนผู้โดยสาร	% ผู้โดยสารที่เดินทางไปทำงาน	มูลค่าเวลาที่เดินทางไปทำงาน	ค่าแรงซ่อมบำรุง
รถยนต์นั่ง (ไม่เกิน 7 คน)												
รถยนต์นั่ง (เกิน 7 คน)												
รถโดยสารขนาดเล็ก												
รถโดยสารขนาดกลาง												
รถโดยสารขนาดใหญ่												
รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)												
รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)												
รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)												
รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)												
รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)												
จักรยาน 2 ล้อ และ จักรยาน 3 ล้อ												
สามล้อเครื่องและจักรยานยนต์												

ที่มา : สำนักแผนงาน กรมทางหลวง, 2017

รูปที่ 2-63 ตัวอย่างตารางข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านยานพาหนะ

2.2.5 การนำเสนอกรอบและผังการพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทาง (TPMS) ทั้งในส่วนของแบบจำลองด้านความเสียดทาน (ข้อ 4.2.3) และในงานส่วนของแบบจำลองต่าง ๆ ในระบบ (ข้อ 4.2.4)



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-64 กรอบและผังการพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทาง (TPMS)
ทั้งในส่วนของแบบจำลองด้านความเสียดทาน และในงานส่วนของแบบจำลองต่าง ๆ ในระบบ

2.2.6 การเสนอแนวทางการเลือกใช้ค่า Average Annual Adjusted Structural Number (SNP) หรือ Structural Coefficient Index (SCI) หรือ ข้อมูลทางด้านความแข็งแรงอื่น ๆ เพื่อการบริหารจัดการทางด้านงานทาง

ความแข็งแรงของผิวถนนสามารถหาได้จากค่าปรับแก้ความแข็งแรงของโครงสร้าง (Adjusted structural number, SNP) โดยคำนึงถึงปัจจัยน้ำหนักของแต่ละชั้นผิวซึ่งจะมีค่าลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้นซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ HDM-4 Volume4 Part C, 2017 ดังนี้

$$SNP_s = SNBASU_s + SNSUBA_s + SNSUBG_s$$

$$SNBASU_s = 0.0394 \sum_{i=1}^{n} a_{is} h_i$$

$$SNSUBA_s = 0.0394 \sum_{j=1}^{m} \left[\left(\frac{b_0 \exp\left(-b_3 z_j\right)}{-b_3} + \frac{b_1 \exp\left(-(b_2+b_3) z_j\right)}{b_2+b_3} \right) - \left(\frac{b_0 \exp\left(-b_3 z_{j-1}\right)}{-b_3} + \frac{b_1 \exp\left(-(b_2+b_3) z_{j-1}\right)}{b_2+b_3} \right) \right]$$

$$SNSUBG_s = [(b_0 - b_1 \exp(-b_2 z_m)][\exp(-b_3 z_m)][3.51 \log_{10} CBR_s - 0.85 (\log_{10} CBR_s)^2 - 1.43]$$

โดยที่:

SNP_s	=	ค่าปรับแก้ความแข็งแรงของโครงสร้างผิวทาง
SNBASUs	=	ผลรวมความแข็งแรงของชั้นผิวทางและชั้นพื้นทาง
SNSUBAs	=	ผลรวมความแข็งแรงของชั้นลองพื้นทาง
SNSUBGs	=	ผลรวมความแข็งแรงของชั้นดินเดิม
n	=	จำนวนชั้นพื้นทางและชั้นผิวทาง (i=1, 2,..., n)
ais	=	ค่าสัมประสิทธิ์ชั้นผิวทางและชั้นพื้นทาง
hi	=	ความหนาของชั้นพื้นทางและชั้นผิวทาง (มม.)
m	=	จำนวนของชั้นลองพื้นทาง (j=1, 2,..., m)
z	=	ความลึกชั้นลองพื้นทาง (มม.)
zj	=	ความลึกแต่ละชั้นของชั้นลองพื้นทาง นับจากผิวล่างชั้นลองพื้นทาง (มม.) (z_0=0)
CBRs	=	กำลังรับน้ำหนักของดินที่บดอัดแน่น (California Bearing Ratio)
ajs	=	ค่าสัมประสิทธิ์ชั้นลองพื้นทาง
b0, b1, b2, b3	=	ค่าสัมประสิทธ์ชนิดพื้นผิวมีค่า 1.6, 0.6, 0.008, 0.00207 ตามลำดับ โดยที่ค่าค่าสัมประสิทธิ์ ai และ aj มีค่าตามตารางที่ 2-23

ตารางที่ 2-23 ค่าสัมประสิทธิ์ของชั้นผิวทาง

Layer	Layer type	Condition	Coefficient
Surfacing	ST	Usually, 0.2	a_i = 0.2 to 0.4
	AM	h_i<30 mm, low stability and cold mixes	a_i = 0.2
		h_i>30 mm MR_{30}=1500 MPa	a_i = 0.3
		h_i>30 mm MR_{30}=2500 MPa	a_i = 0.4
		h_i>30 mm MR_{30}=4000 MPa	a_i = 0.45
Base	GB	Default	$a_i = (29.14CBR - 0.1977CBR^2 + 0.00045CBR^3)10^{-4}$
		CBR>70, cemented sub-base	$a_i = 1.6(29.14CBR - 0.1977CBR^2 + 0.00045CBR^3)10^{-4}$
		CBR<60, max axle load>80kN	a_i = 0
	AB, AP	Dense graded with high stiffness	a_i = 0.32
	SB	Lime or cement	$a_j = 0.075 + 0.039UCS - 0.00088(UCS)^2$
Sub-base		Granular	$a_j = -0.075 + 0.184(\log_{10}CBR) - 0.0444(\log_{10}CBR)^2$
		Cemented UCS>0.7 MPa	a_j = 0.14

ที่มา : HDM-4 Volume4 Part C, 2017

นอกจากสมการข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้วยังสามารถแปลงผลของค่า Benkelman beam deflection (DEF) ให้เป็นค่าปรับแก้ความแข็งแรงของโครงสร้าง (Adjusted structural number, SNP) จากสมการต่อไปนี้

กรณีที่ฐานไม่ใช่ซีเมนต์ $SNP_s = 3.2(DEF_s)^{-0.63} + dSNPK$ (2-44)

กรณีที่ฐานคือซีเมนต์ $SNP_s = 2.2(DEF_s)^{-0.63} + dSNPK$ (2-45)

ซึ่ง dSNPK และ DEF_s สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$dSNPK = 0.0000758 \{MIN(63, ACX_a)\ HSNEW + MAX[MIN(ACX_a - PACX, 40), 0]\ HSOLD\}$

กรณีที่ฐานไม่ใช่ซีเมนต์ $DEF_s = 6.5(SNPK_s)^{-1.6}$ (2-46)

กรณีที่ฐานคือซีเมนต์ $DEF_s = 3.5(SNPK_s)^{-1.6}$ (2-47)

โดยที่:

DEF_s = ค่าการสำรวจจาก Benkelman beam deflection

dSNPK = การลดลงของความแข็งแรงโครงสร้างทางเนื่องจากรอยแตกร้าว

ACX_a = พื้นที่ของ indexed cracking ณ ต้นปีการวิเคราะห์

HSNEW = ความหนาผิวทางล่าสุด (มม.)

PACX = พื้นที่ของ indexed cracking ของผิวทางเดิม

HSOLD = ความหนาผิวทางรวมก่อนซ่อมผิวล่าสุด

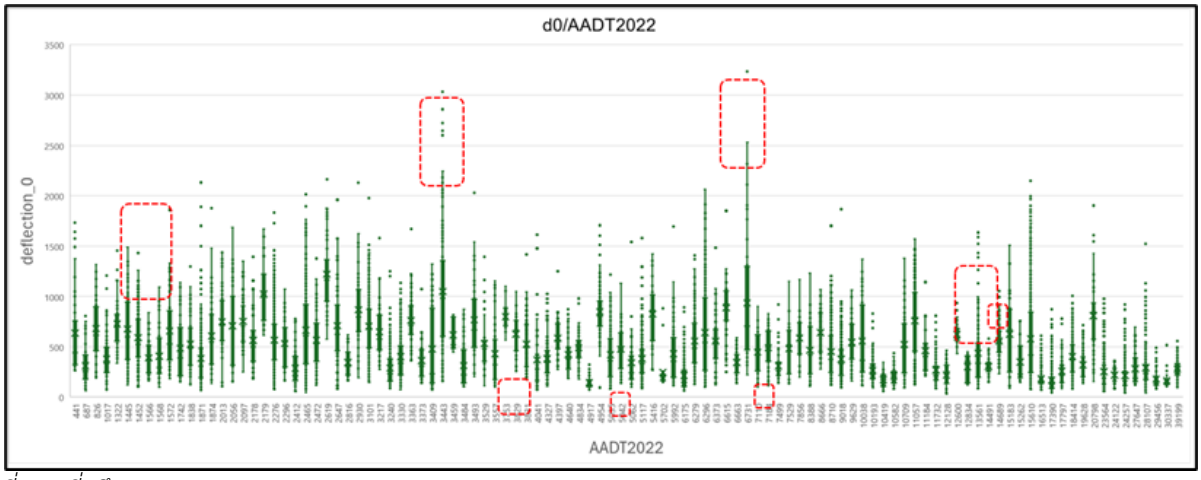
$SNPK_s$ = ค่าปรับแก้ความแข็งแรงของโครงสร้างผิวทางกรณีแตกร้าว

ที่ปรึกษาได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการข้อมูลสำรวจสภาพทางในระบบฐานข้อมูล Roadnet โดยนำปริมาณจราจร (AADT) และนำข้อมูลการสำรวจค่าการแอ่นตัวด้วย Falling Weight Deflectometer (FWD) จากระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (MIIS) ของปี 2565 แสดงดังรูปที่ 2-65 จากข้อมูลที่ปรึกษาได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยได้ เปรียบเทียบการแจกแจงข้อมูลระหว่างกลุ่มนำมา PLOT กราฟ Boxplots แบบแยกกลุ่มเรียงต่อกัน (Side by Side) โดยเปรียบเทียบด้วยสายตาทั้งค่ากลาง และความผันแปรของการแจกแจงในแต่ละกลุ่ม และตรวจสอบและตัดค่าผิดปกติ (Outlier) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีค่าเบี่ยงเบนจากข้อมูลส่วนใหญ่ในชุดข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญ Box Plot จะแสดงให้เห็นถึงช่วงของข้อมูลตั้งแต่ Quartile ที่ 1 ถึง Quartile ที่ 3 พร้อมทั้งระบุค่าผิดปกติที่อยู่ห่างไกลจากกล่องและเส้นหนวด โดยทั่วไป ค่าที่อยู่นอกช่วง 1.5 เท่าของ IQR (Interquartile Range) จะถูกพิจารณาว่าเป็น Outlier และสามารถตัดออกจากการวิเคราะห์ได้ แสดงดังรูปที่ 2-66

	code	code	name	budget_ye	km_point	deflection_	AADT2022	km_start	km_end	surface_name	
00020203	0002	0203	สระบุรี - สะ	2565	103400	125.2	29456	100962	101585	AC.	0
00020203	0002	0203	สระบุรี - สะ	2565	103450	142	29456	100962	101585	AC.	0
00020203	0002	0203	สระบุรี - สะ	2565	103500	285.7	29456	100962	101585	AC.	0
00020203	0002	0203	สระบุรี - สะ	2565	103550	90.4	29456	100962	101585	AC.	0
00020203	0002	0203	สระบุรี - สะ	2565	103600	99.5	29456	100962	101585	AC.	0
00020203	0002	0203	สระบุรี - สะ	2565	103650	100.6	29456	100962	101585	AC.	0
00020203	0002	0203	สระบุรี - สะ	2565	103700	187.1	29456	100962	101585	AC.	0
00020203	0002	0203	สระบุรี - สะ	2565	103750	149.3	29456	100962	101585	AC.	0
00020203	0002	0203	สระบุรี - สะ	2565	103800	137.4	29456	100962	101585	AC.	0

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

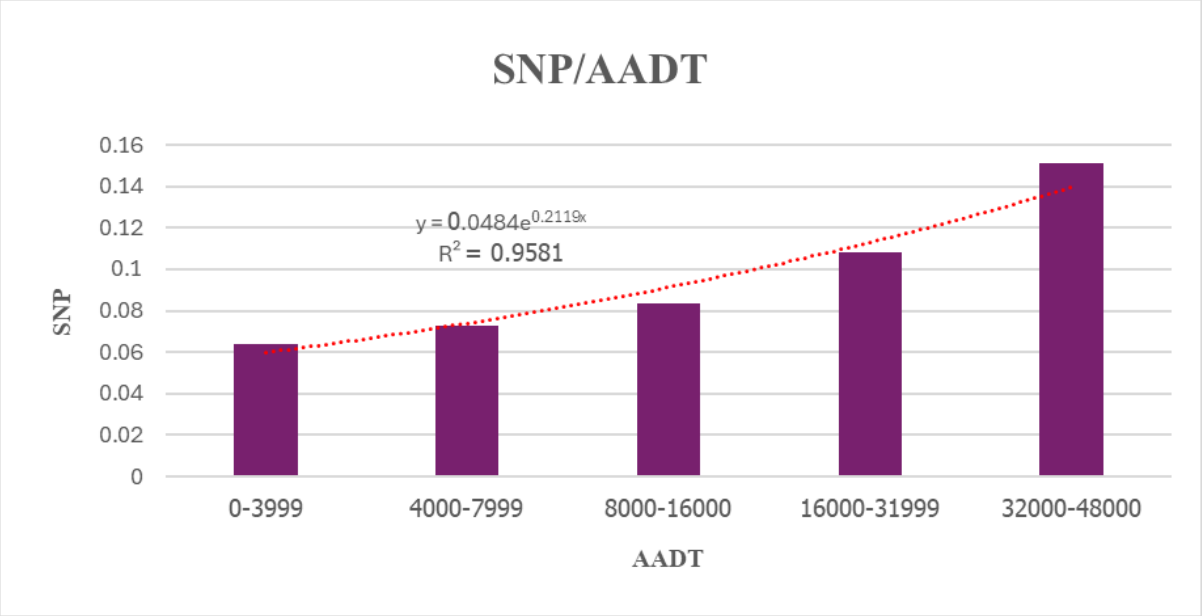
รูปที่ 2-65 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-66 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจร (AADT) กับ ค่าการแอ่นตัว (FWD)

หลังจากนำค่าที่ไม่สมมาตรออก และนำค่าการแอ่นตัวที่มีความสมมาตรกันมาคำนวณด้วยสมการที่ 2-44 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณจราจร (AADT) กับค่าความแข็งแรงของโครงสร้าง (SNP) โดยจากรูปที่ 2-67 สามารถสรุปได้ว่าค่าความแข็งแรงของโครงสร้าง (SNP) มีความสอดคล้องกันกับปริมาณจราจร (AADT) โดยเมื่อยิ่งปริมาณจราจรมากขึ้นความแข็งแรงของโครงสร้างผิวทางก็ยิ่งมีความแข็งแรงแปรผันตามกัน ซึ่งหมายความว่าถนนที่มีปริมาณจราจรจำนวนมากจะมีโครงสร้างของถนนที่มีความแข็งแรงมากขึ้นสอดคล้องกับหลักการออกแบบโครงสร้างของถนนของกรมทางหลวง



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-67 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจร (AADT) กับ SNP

2.3 งานส่วนที่ 3 งานพัฒนา และปรับปรุง แบบจำลองการที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทางในระบบ TPMS

2.3.1 การรวบรวมข้อมูลสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองความเสียดทาน จากการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง รวมถึง สรุปสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ผลการสอบเทียบ และความเชื่อมั่นของแบบจำลองด้วยค่าทางสถิติ

1) การรวบรวมข้อมูลสำรวจค่าความเสียดทาน

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลสำรวจตามเนื้องานในส่วนที่ 2 การสำรวจเก็บข้อมูลสภาพสายทางที่คัดเลือกแล้ว ด้วยเครื่องมือสำรวจ ความเสียดทานผิวทาง ประเภทการสำรวจความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ไม่น้อยกว่า 900 กิโลเมตรต่อ 1 ช่องจราจร และสำรวจข้อมูลค่า Mean Profile Depth จากกรมทางหลวง ในสายทางเดียวกัน โดยมีตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแนบใน**ภาคผนวก ค** และตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 2-24

ตารางที่ 2-24 Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 5+750 - 5+840

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
5+750 - 5+760	48.4	0.33	1.59	0.36
5+760 - 5+770	47.9	0.28	1.59	0.32
5+770 - 5+780	47.6	0.28	1.3	0.31
5+780 - 5+790	47.6	0.34	1	0.36
5+790 - 5+800	47.2	0.34	1.2	0.36
5+800 - 5+810	46.8	0.34	1.41	0.37
5+810 - 5+820	46.3	0.33	1.41	0.35
5+820 - 5+830	46.1	0.32	1.41	0.35
5+830 - 5+840	45.8	0.3	1.41	0.33

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

ซึ่งหลังจากได้ค่ามาที่ปรึกษาได้นำมาคำนวนค่าดัชนีความเสียดทานสากล หรือ International Friction Index (IFI) สมาการดังนี้

- คำนวณค่าตัวแปรความเร็วคงที่ (S_p) จากค่าความลึกโพรไฟล์เฉลี่ย (MPD) ดังสมการที่ 2-47

$$S_p = a + b \cdot Tx \quad (2\text{-}47)$$

โดย S_p คือ ตัวแปรความเร็วคงที่ (กม./ชม.)
a, b คือ ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ของเครื่องมือทดสอบค่าลักษณะพื้นผิว
Tx คือ พารามิเตอร์ลักษณะพื้นผิว ที่ได้จากเครื่องมือทดสอบพื้นผิวแบบหยาบ (Macro-Texture) (มิลลิเมตร) โดย *Tx* สามารถเป็น ค่า MPD เมื่อทดสอบด้วยเครื่องมือ High Speed Laser Measurement หรือค่า MTD เมื่อทดสอบด้วยเครื่องมือ Sand Patch

ตารางที่ 2-25 ค่าสัมประสิทธิ์ a และ b ของเครื่องมือทดสอบลักษณะพื้นผิวของผิวทาง

Tx	a	b
MPD (High Speed Laser Measurement)	14.2	89.7
MTD (Sand Patch)	-11.6	113.6

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

คำนวณค่าความเสียดทานปรับแก้ที่ความเร็ว 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง (FR60) จากค่าความเสียดทาน (FRS) ความเร็วในการลื่นไถล (S) และค่าตัวแปรความเร็วคงที่ (Sp) แสดงดังสมการที่ 2-48

$$FR60 = FRS \cdot EXP[(S-60)/S_p] \quad (2\text{-}48)$$

โดย *FR60* คือ ค่าความเสียดทานปรับแก้ที่ความเร็ว 60 กม./ชม.
FRS คือ ค่าความเสียดทานที่ได้จากเครื่องมือทดสอบ
S คือ ค่าความเร็วลื่นไถลที่เก็บข้อมูลค่าความเสียดทาน (กม./ชม.)

- คำนวณค่าดัชนีความเสียดทานสากล (IFI) จากค่าความเสียดทานปรับแก้ที่ความเร็ว 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง (FR60) ดังสมการที่ 2-49

$$IFI = A + B \cdot FR60 + C \quad (2\text{-}49)$$

โดย *IFI* คือ ค่าดัชนีความเสียดทานสากล
A, B, C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ของเครื่องมือทดสอบค่าความเสียดทาน

ค่าสัมประสิทธิ์ A, B และ C ของเครื่องมือทดสอบค่าความเสียดทาน BPT, DFT, ASFT T-10 และ Grip Tester สามารถสรุปได้ แสดงดังตารางที่ 2-26

ตารางที่ 2-26 ค่าสัมประสิทธิ์ A, B และ C ของเครื่องมือทดสอบค่าความเสียดทาน

เครื่องมือทดสอบค่าความเสียดทาน	A	B	C
Bistish Pendulum Tester (BPT)	0.056	0.008	0
Dynamic Friction Tester (DFT)	0.081	0.732	0
Airport Surface Friction Tester T-10 (ASFT T-10)	0.082	0.910	0
Grip Tester	0.082	0.910	0

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

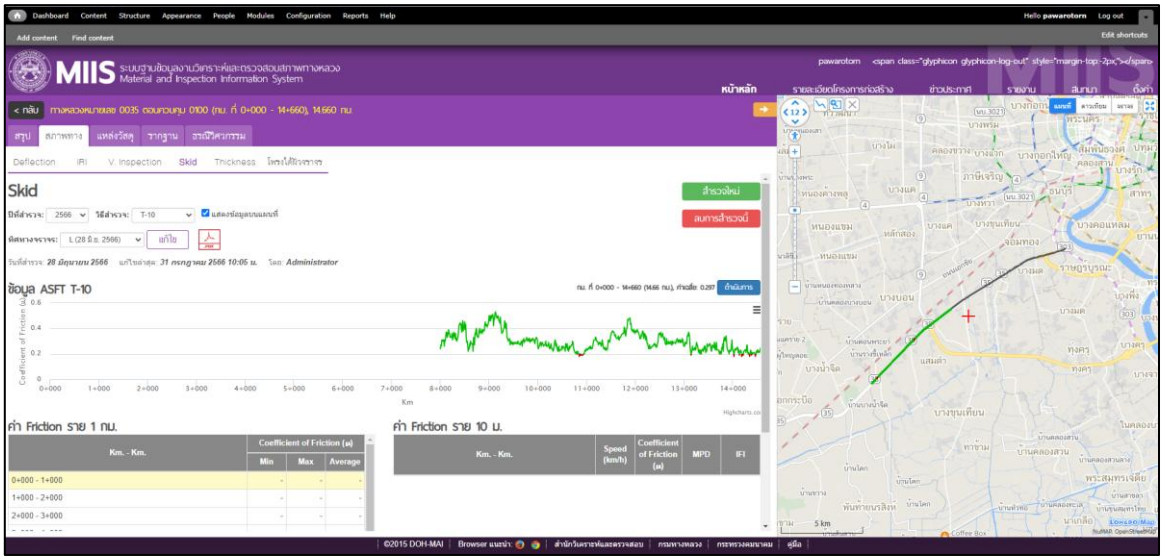
2) การรวบรวมข้อมูลสำรวจค่าความเสียดทานจากฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลค่าความเสียทานจากระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (MIIS) โดยสายทางที่มีข้อมูลการสำรวจค่าความเสียดทานจากฐานข้อมูลเดียวกัน ตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 2-27 และรูปที่ 2-68 และพบว่ามีสายทางที่มีข้อมูลค่าความเสียดทาน 6,052 กิโลเมตร และมีสายทางที่มีค่าความเสียดทานย้อนหลังตามรายละเอียด แสดงดังตารางที่ 2-28

ตารางที่ 2-27 Friction ราย 1 กม. ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 8+000 – 14+660

Km. - Km.	Coefficient of Friction (μ)		
	Min	Max	Average
8+000 - 9+000	0.22	0.46	0.35
9+000 - 10+000	0.26	0.53	0.36
10+000 - 11+000	0.18	0.31	0.24
11+000 - 12+000	0.23	0.48	0.32
12+000 - 13+000	0.24	0.39	0.31
13+000 - 14+000	0.19	0.37	0.25
14+000 - 14+660	0.18	0.27	0.22

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-68 ตัวอย่างค่าความเสียดทานจากฐานข้อมูล MIIS

ตารางที่ 2-28 จำนวนสายทางที่มีค่าความเสียดทานย้อนหลัง

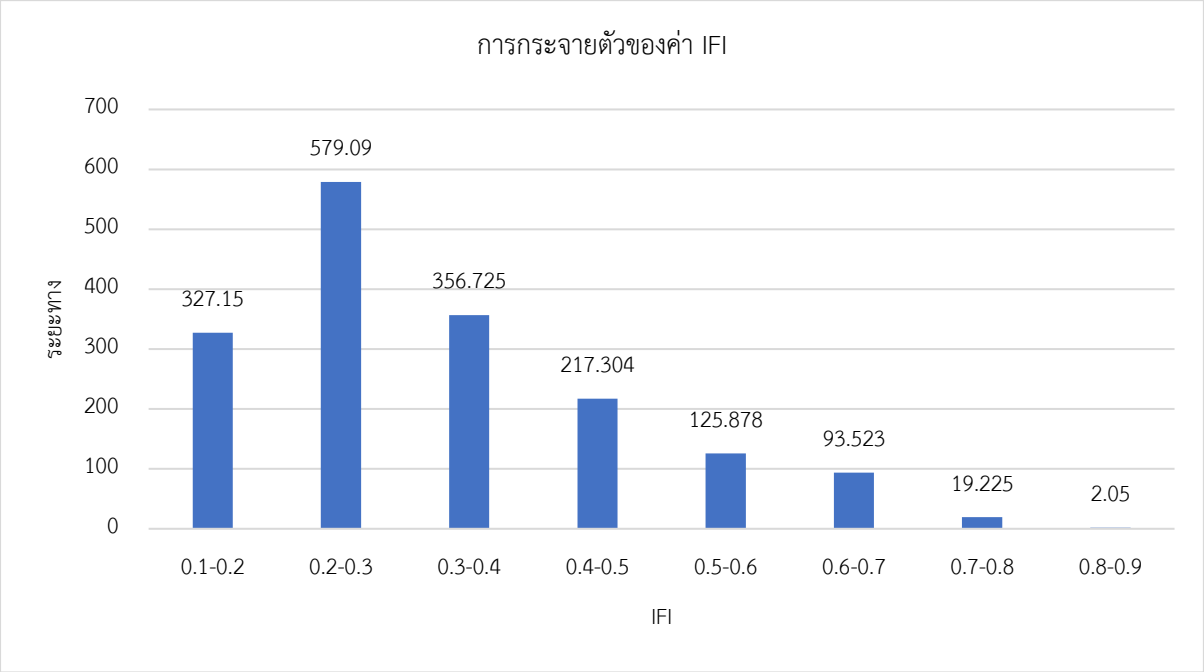
ข้อมูลย้อนหลัง (ปี)	จำนวนสายทาง
1	428
2	58
3	7
4	2

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

ซึ่งที่ปรึกษาได้เตรียมข้อมูลค่าความเสียดย้อนหลัง เพื่อเตรียมการสำหรับการสอบเทียบกับแบบจำลองความเสียดทาน และเตรียมสรุปสถิติเชิงพรรณนา เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองต่อไป

ตารางที่ 2-29 สรุปจำนวนสายทางและระยะทางที่นำมาปรับปรุงแบบจำลองความเสียดทาน

ชนิดผิวทาง	จำนวนสายทาง	ระยะทาง (กม.)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ค่าสูงสุด (Max)	ค่าต่ำสุด (Min)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
รวม	51	1720.945	0.31	0.70	0.16	0.144
AC60/70	37	1319.222	0.35	0.70	0.16	0.140
AC40/50	8	278.558	0.44	0.65	0.19	0.163
PMA	6	123.165	0.32	0.44	0.20	0.080



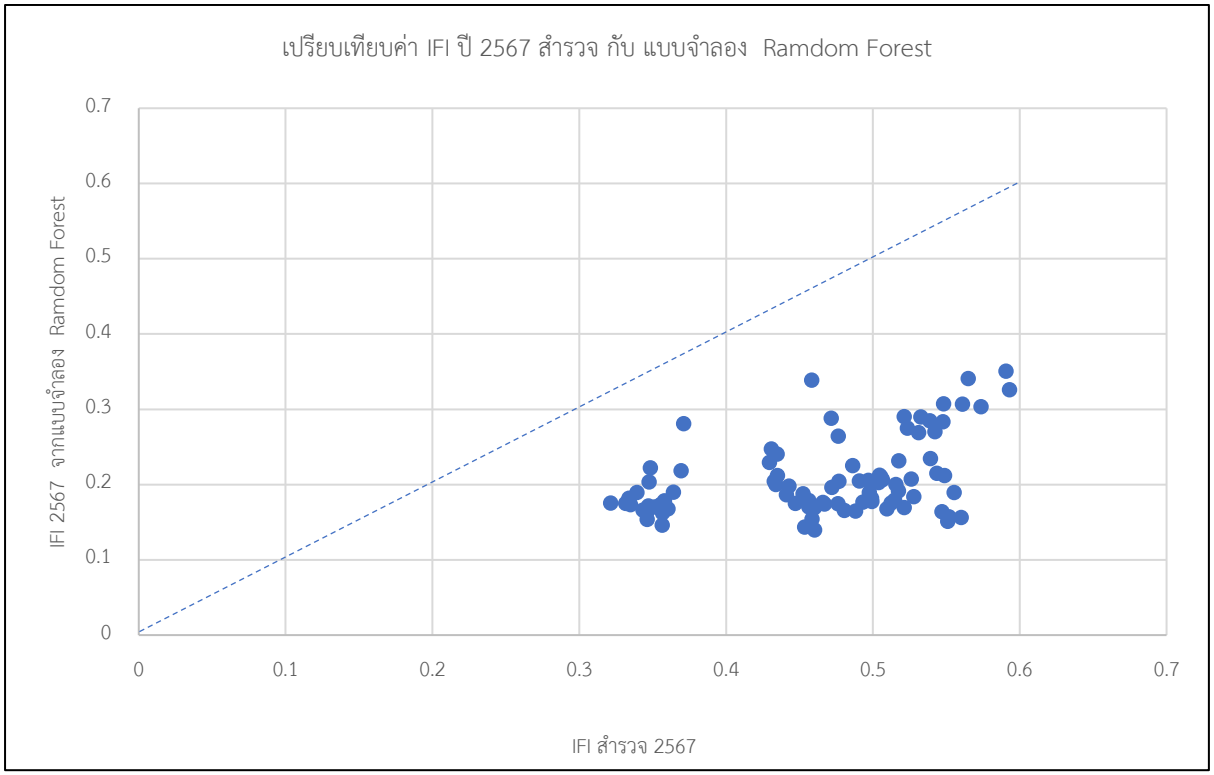
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-69 การกระจายตัวของค่า IFI จากการสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3) การนำข้อมูลสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง มาเปรียบเทียบแบบจำลองความเสียดทานกับศึกษาเดิมของกรมทางหลวง

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการเปรียบเทียบข้อมูลความเสียดทานจากการสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองความเสียดทานจากการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ข้อมูลสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เปรียบเทียบกับแบบจำลอง Random Forest จากการศึกษางานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023 แสดงผลดังรูปที่ 2-70 โดยมีตารางผลการเปรียบเทียบแนบมาใน**ภาคผนวก จ** ตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 2-30



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-70 แผนภูมิเปรียบเทียบค่า IFI ปี พ.ศ. 2567 สำรวจ กับ แบบจำลอง Random Forest

ตารางที่ 2-30 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี พ.ศ. 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ แบบจำลอง Random Forest

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288000	288100	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.24	0.35	0.15
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288100	288200	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.25	0.35	0.16
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288200	288300	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.28	0.36	0.16
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288600	288700	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.29	0.35	0.17
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288700	288800	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.33	0.35	0.17
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288800	288900	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.41	0.32	0.18
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	289600	289700	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.38	0.35	0.20
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	289700	289800	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.45	0.35	0.22
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	289900	290000	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.43	0.36	0.17
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	290000	290100	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.33	0.33	0.17
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	290100	290200	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.31	0.33	0.18
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	290200	290300	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.27	0.33	0.18
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	290500	290600	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.26	0.34	0.19

จากการเปรียบเทียบ พบว่า ได้ค่าทางสถิติสำหรับวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง MAPE (Mean Absolute Percentage Error) เท่ากับ 54.84%

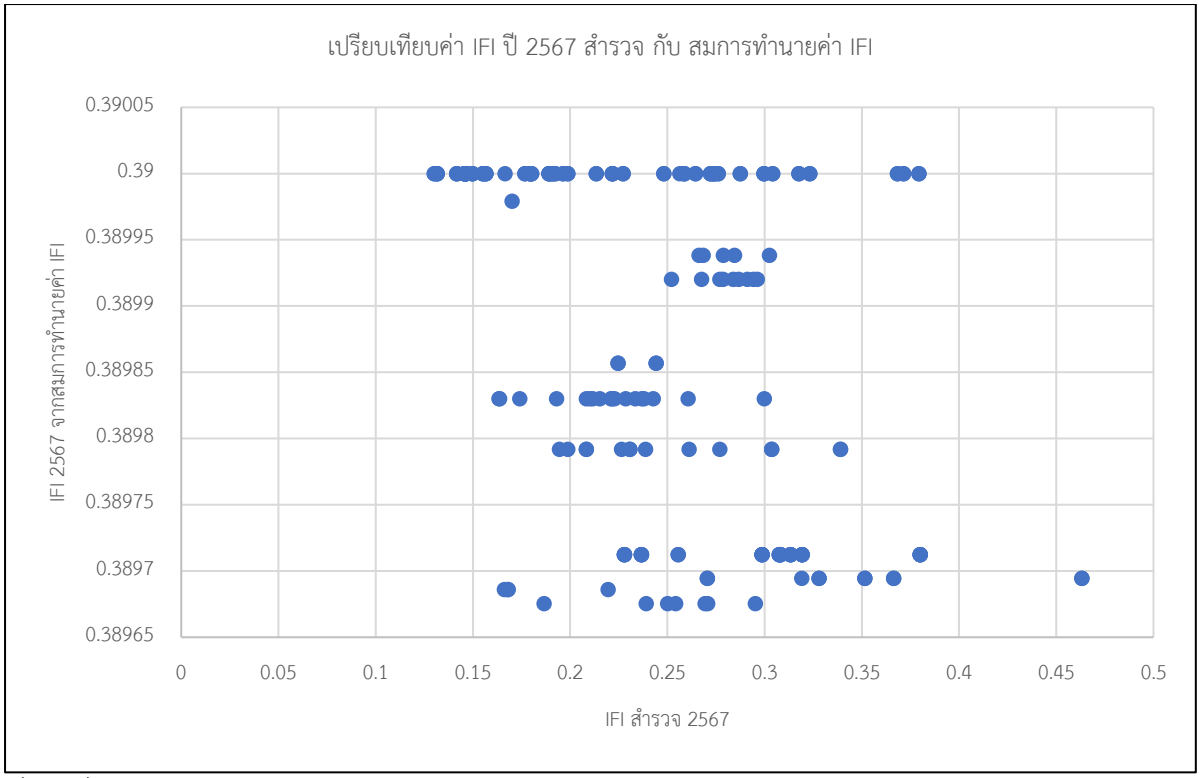
- ข้อมูลสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เปรียบเทียบกับสมการทำนายค่า IFI จากสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023 ตามสมการ ดังนี้

$$IFI = a + b \times \exp[-c(N/1{,}000)]$$

โดยที่ a, b และ c คือ Regression Parameters ซึ่งบ่งบอกพฤติกรรมของการเสื่อมสภาพของค่า IFI ดังนี้

a	คือ จุด Terminal Value (ค่า IFI ต่ำสุด)
a + b	คือ จุด Initial Value (ค่า IFI เริ่มต้น)
c	คือ Rate of Change (อัตราลด)
N	คือ จำนวนรอบการขัดจากเครื่อง TWPD

ซึ่งที่ปรึกษาใช้สมการ IFI (X) = 0.25 + $0.14e^{-0.00009(X)}$ จากสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง และได้นำค่าสำรวจปี พ.ศ. 2566 ของสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง ได้ผลการเปรียบเทียบแสดงผลดังรูปที่ 2-71 โดยมีตารางผลการเปรียบเทียบแนบมาใน**ภาคผนวก จ** ตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 2-31



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-71 แผนภูมิเปรียบเทียบค่า IFI ปี พ.ศ. 2567 สำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X)= 0.25 + $0.14e^{-0.00009(X)}$

ตารางที่ 2-31 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี พ.ศ. 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14e-0.00009(X)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
1090	102	ห้วยน้ำริน - อุ้มผาง	74000	75000	L	ทางหลัก	ตาก	0.41	0.22	0.39
1090	102	ห้วยน้ำริน - อุ้มผาง	73000	74000	L	ทางหลัก	ตาก	0.57	0.24	0.39
1090	102	ห้วยน้ำริน - อุ้มผาง	73000	74000	L	ทางหลัก	ตาก	0.57	0.24	0.39
1090	102	ห้วยน้ำริน - อุ้มผาง	74000	75000	L	ทางหลัก	ตาก	0.41	0.22	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	710000	709000	R	ทางหลัก	พังงา	0.43	0.20	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	706000	705000	R	ทางหลัก	พังงา	0.46	0.34	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	704000	705000	L	ทางหลัก	พังงา	0.49	0.23	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	707000	708000	L	ทางหลัก	พังงา	0.49	0.21	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	701000	700000	R	ทางหลัก	พังงา	0.44	0.24	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	705000	706000	L	ทางหลัก	พังงา	0.49	0.30	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	703000	702000	R	ทางหลัก	พังงา	0.44	0.26	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	702000	701000	R	ทางหลัก	พังงา	0.45	0.23	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	709000	708000	R	ทางหลัก	พังงา	0.42	0.28	0.39

จากการเปรียบเทียบ พบว่า ได้ค่าทางสถิติสำหรับวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง MAPE (Mean Absolute Percentage Error) เท่ากับ 86.13%

จากการเปรียบเทียบข้อมูลความเสียดทานจากการสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง Random Forest และ สมการทำนายค่า IFI (X)= 0.25 + $0.14e^{-0.00009(X)}$ พบว่า ได้ค่าทางสถิติสำหรับวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง MAPE (Mean Absolute Percentage Error) เท่ากับ 54.84% และ 86.13% ตามลำดับ ที่ปรึกษาจึงเสนอให้มีการปรับปรุงแบบจำลอง

และจากการจัดทำ User Requirement รับฟังความต้องการใช้งานจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในงานส่วนที่ 4 พบว่า แบบจำลองการคาดการณ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง แบบจำลอง Random Forest มีข้อจำกัดในการคาดการณ์ค่าดัชนีล่วงหน้า 1 ปี และไม่เหมาะกับการคาดการณ์แบบต่อเนื่องหลายปี อีกทั้งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองมีจำนวนจำกัด ที่ปรึกษาจึงเสนอให้นำมาใช้ร่วมกันในอนาคตเพื่อใช้ในการดูเปรียบเทียบ

ดังนั้น จึงเสนอให้ปรับปรุงสมการทำนายค่า IFI = a + $be^{(-c \times \text{Cumulative AADT} / 1{,}000)}$ และเนื่องจากข้อจำกัดของสมการที่เป็นการวิเคราะห์แบบแบ่งชนิดมวลรวม ที่ปรึกษาจึงดำเนินการปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องกับระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) โดยแบ่งตามวิธีการซ่อมบำรุงและชนิดผิวทาง

4) การปรับปรุงแบบจำลองความเสียดทาน

ที่ปรึกษาได้นำสมการทำนายค่า IFI จากสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2023 คือ IFI = a + b x exp [-c(N/1,000)] มาปรับปรุง โดยมีขั้นตอนการหาค่า a, b และ c ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 แทนค่า a ด้วยค่า IFI ต่ำสุด

แทนค่า a + b ด้วยค่า IFI สูงสุด

แทนค่า N ด้วย Cumulative AADT

และหาค่า c จากการแทนค่าในสมการ ln(b/(y-a)) = cX

ขั้นตอนที่ 2 แทนค่า a ,b และ c ในสมการ IFI = a + $be^{(-c \times \text{Cumulative AADT} / 1{,}000)}$

จะได้สมการรวมทุกชนิดผิวเสนอให้ใช้สมการ IFI (X) = 0.15 + $0.5e^{-0.00002(X)}$

ชนิดผิว AC60/70 เสนอให้ใช้ IFI (X) = 0.15 + $0.5e^{-0.00003(X)}$

ชนิดผิว AC40/50 เสนอให้ใช้ IFI (X) = 0.19 + $0.4e^{-0.0001(X)}$

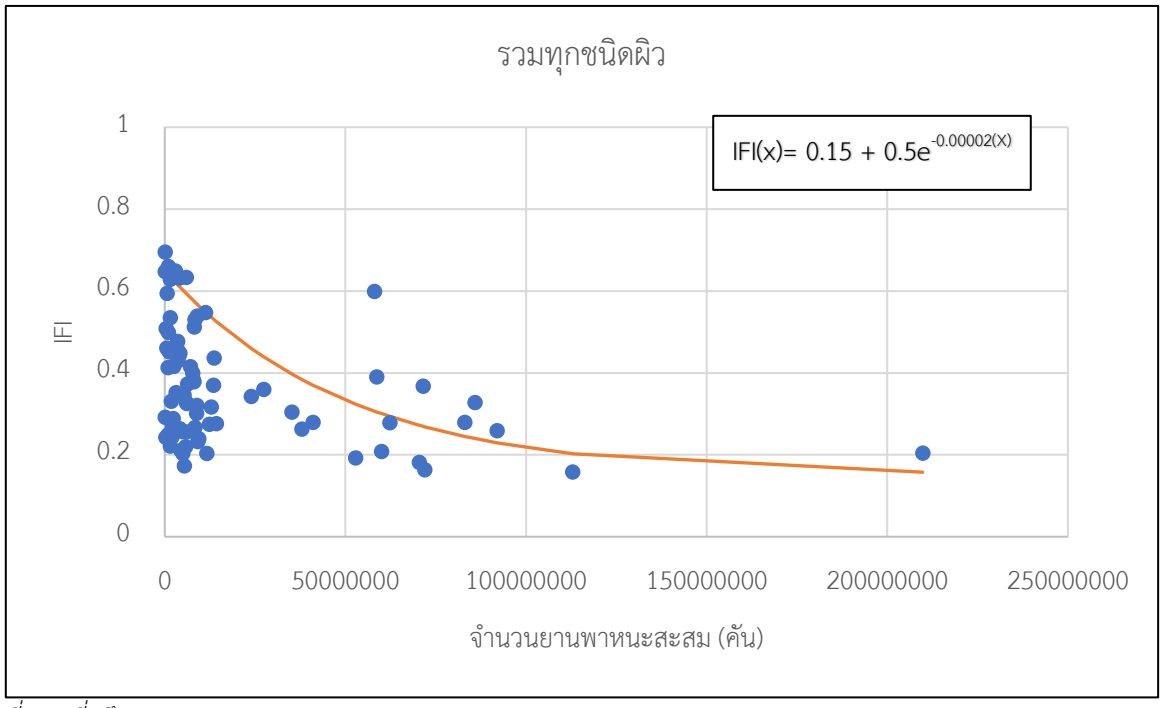
และชนิดผิว PMA เสนอให้ใช้ IFI (X) = 0.2 + $0.45e^{-0.00003(X)}$

โดยสรุปค่า a, b และ c จากการปรับปรุงแบบจำลอง แสดงดังตารางที่ 2-32

ตารางที่ 2-32 สรุปค่า a, b, และ c จากการปรับปรุงแบบจำลอง

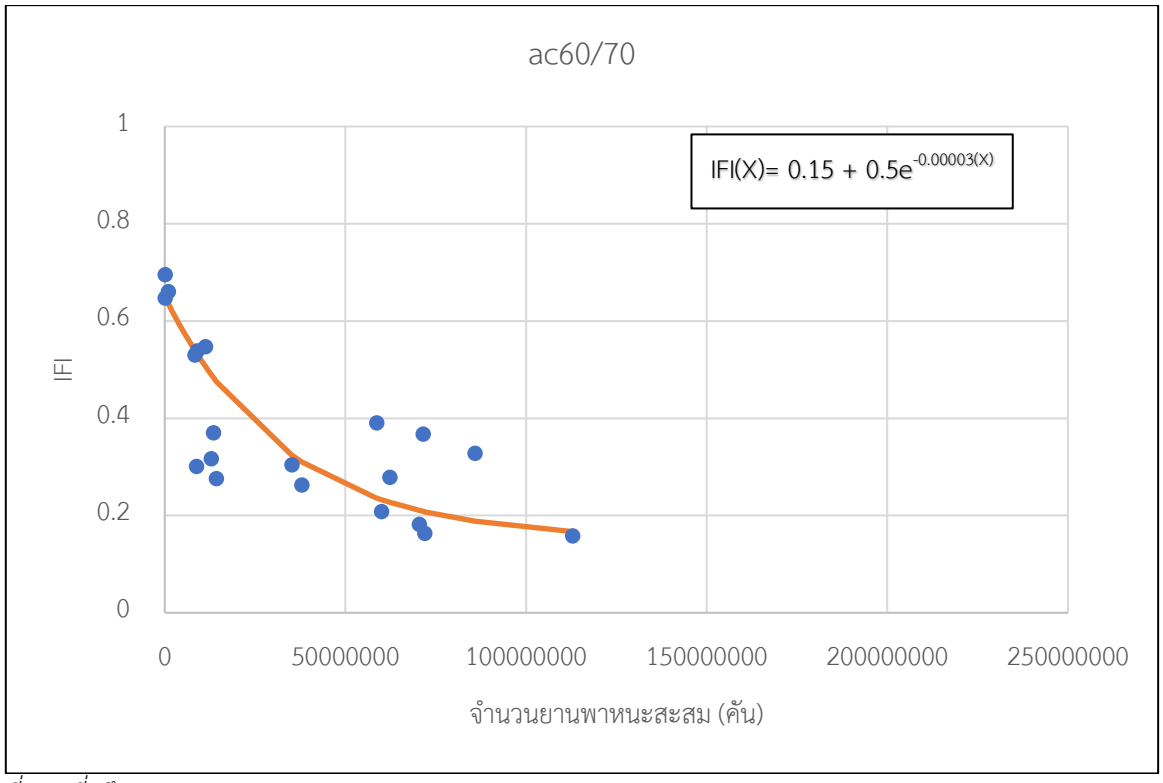
ชนิดผิว	a	b	a+b	c
รวมทุกชนิดผิว	0.15	0.5	0.65	0.00002
AC60/70	0.15	0.5	0.65	0.00003
AC40/50	0.19	0.4	0.59	0.0001
PMA	0.2	0.22	0.42	0.00002
PMA (งานวิจัยจาก สจ.)	0.2	0.45	0.65	0.000055

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024



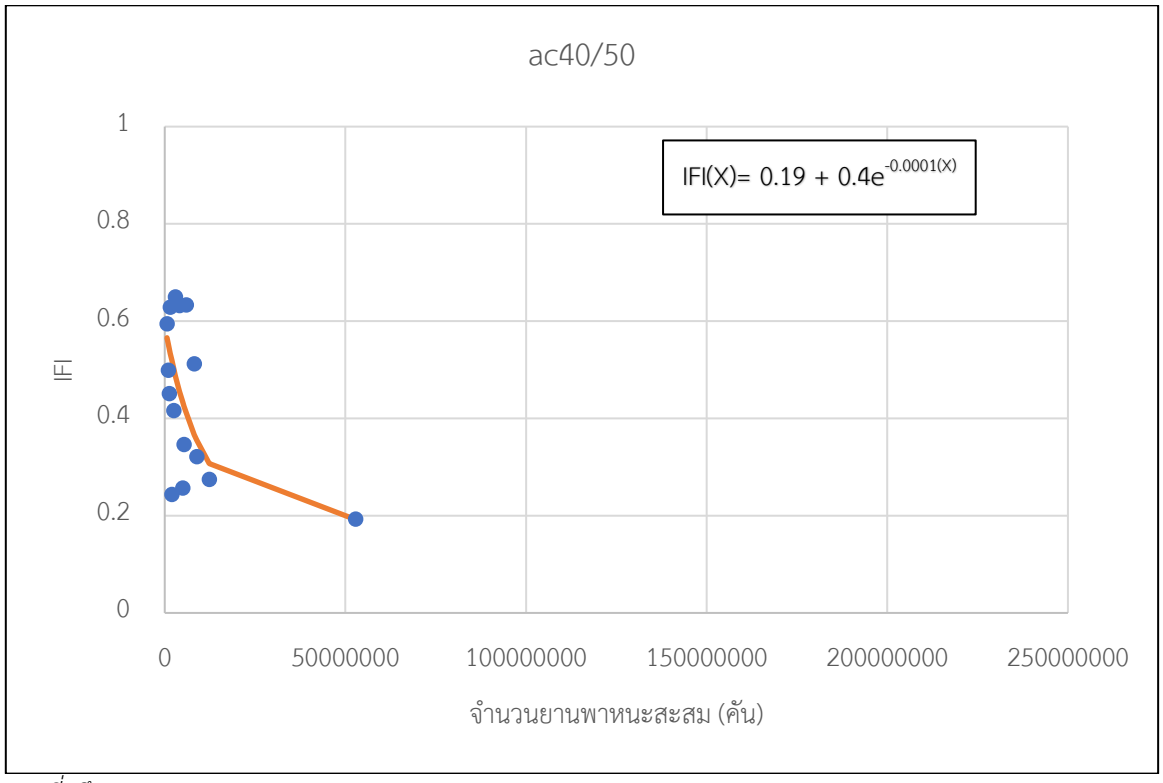
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-72 แบบจำลองค่าความเสียดทานของรวมทุกชนิดผิว



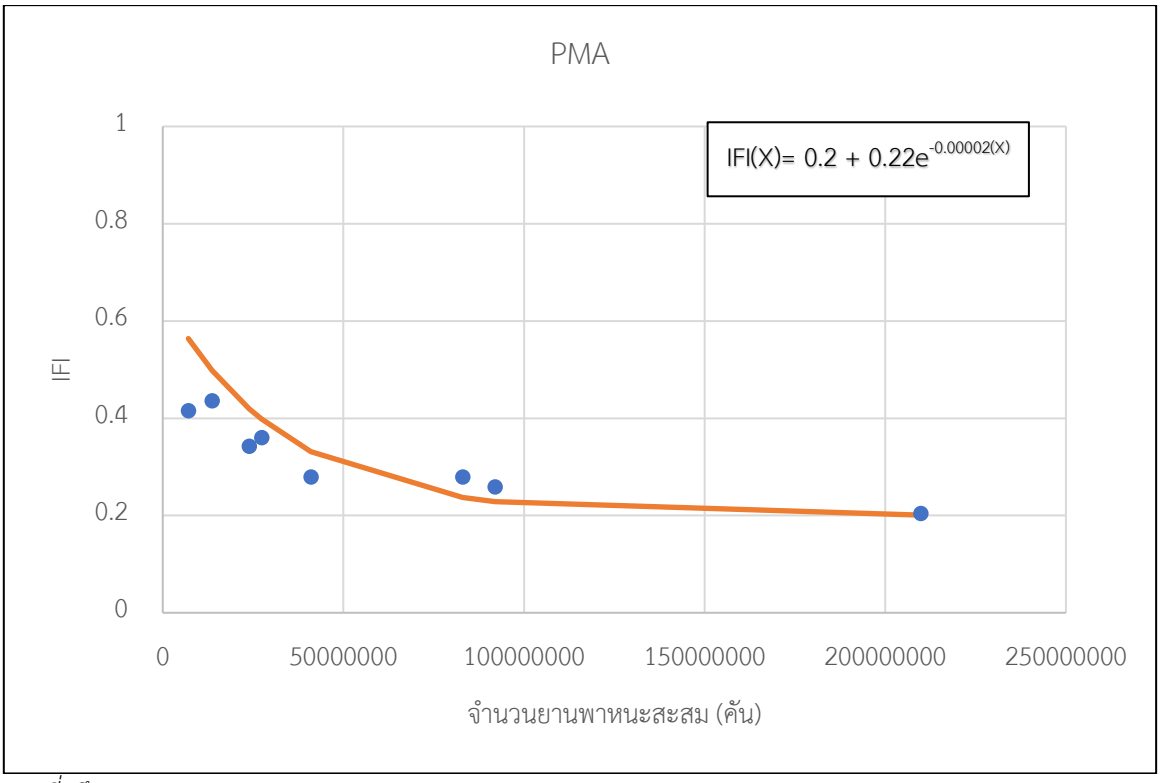
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-73 แบบจำลองค่าความเสียดทานของ AC60/70



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-74 แบบจำลองค่าความเสียดทานของ AC40/50



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

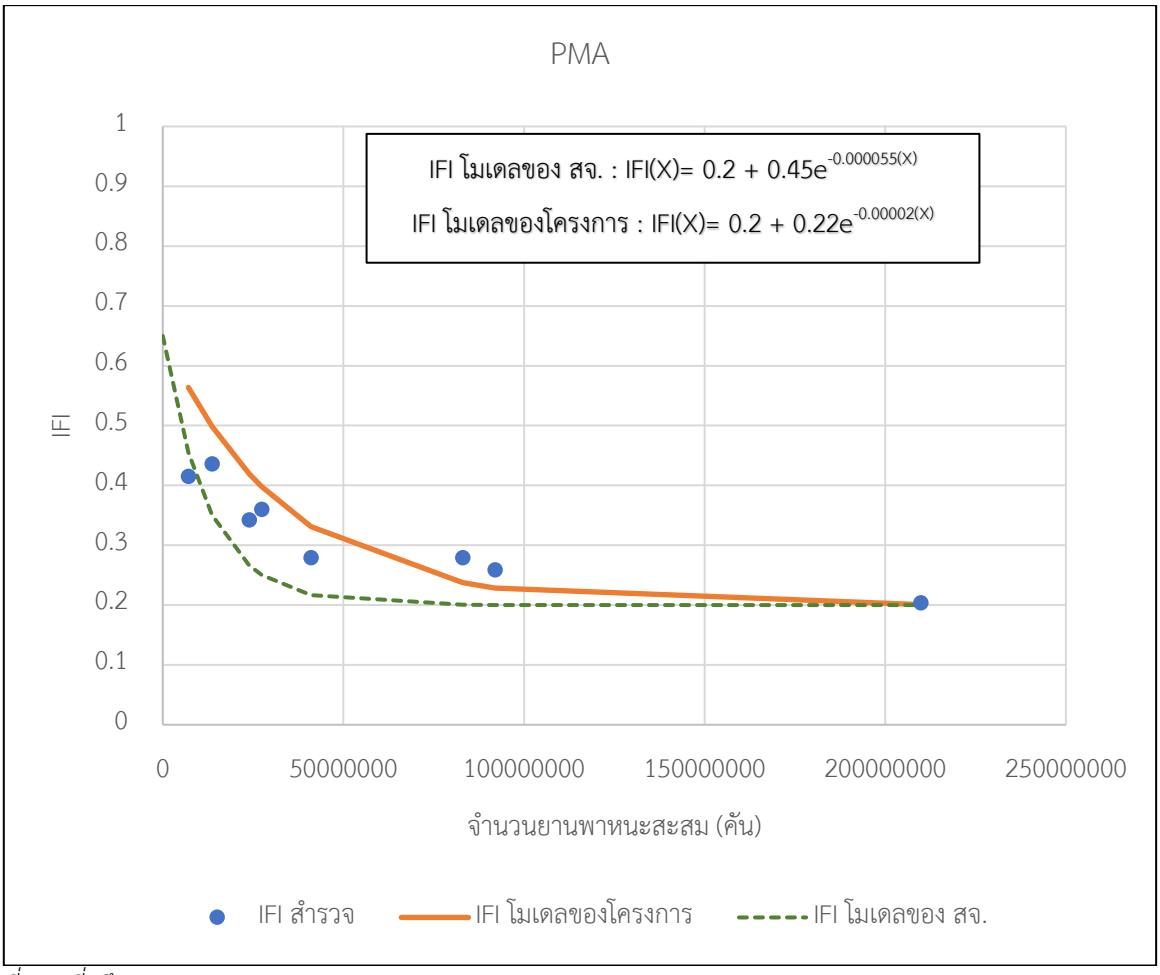
รูปที่ 2-75 แบบจำลองค่าความเสียดทานของ PMA

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการเปรียบเทียบแบบจำลองความเสียดทานกับการศึกษาเดิมของกรมทางหลวงโดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2-33 และรูปที่ 2-76 และที่ปรึกษาได้ใช้ MAPE (Mean Absolute Percentage Error) เพื่อเลือกแบบจำลอง พบว่า ได้ค่าMAPE ของโครงการเป็น 16.30 และของงานวิจัยเดิมเป็น 19.61 จึงเสนอให้ปรับแบบจำลองเป็น $IFI(X)= 0.2 + 0.45e^{-0.00003(X)}$

ตารางที่ 2-33 เปรียบเทียบค่า a b c จากการปรับปรุงแบบจำลองกับงานวิจัยเดิมของกรมทางหลวง

ชนิดผิว	a	b	a+b	c
PMA จากโครงการ	0.2	0.22	0.42	0.00002
PMA งานวิจัยจาก สจ.	0.2	0.45	0.65	0.000055

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-76 แผนภูมิเปรียบเทียบแบบจำลองค่าความเสียดทานของชนิดผิว PMA ในโครงการกับการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง

5) สรุปผลการสอบแบบจำลองทำนายการเสื่อมสภาพของค่า IFI โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

สืบเนื่องจากการประชุมคณะกรรมการบริหารโครงการ โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ งบประมาณบำรุงทาง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง ครั้งที่ 5/2567 วันพุธที่ 28 สิงหาคม 2567 เวลา 13.30 น. ณ ห้องประชุม 1 ชั้น 3 สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง หรือ ผ่านสื่อออนไลน์ระบบ Zoom Meeting โดยที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำรายงานขั้นกลาง (Interim Report) และส่งรายงานดังกล่าว ตามสัญญาเลขที่ สร. 5/2567 ลงวันที่ 27 พฤษภาคม 2567

คณะกรรมการฯ มีข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะมอบหมายให้ผู้ช่วยเลขาฯ พิจารณาตรวจสอบแบบจำลองการเสื่อมสภาพในงานส่วนที่ 3 ที่เกี่ยวข้องกับค่าความเสียดทานให้มีความถูกต้องเหมาะสมเป็นไปตามหลักวิชาการ ก่อนนำไปใช้ปรับปรุงและพัฒนาระบบวิเคราะห์ งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ต่อไป

ผู้ช่วยเลขาฯ เสนอให้ใช้ผลการ วิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองทำนายการเสื่อมสภาพค่า IFI ของที่ปรึกษาที่ส่งมาใน รายงานขั้นกลาง (Interim Report) พร้อมทั้งเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยใหม่ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ค่าทางสถิติสำหรับวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

RMSE (Root Mean Square Error)

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}$$

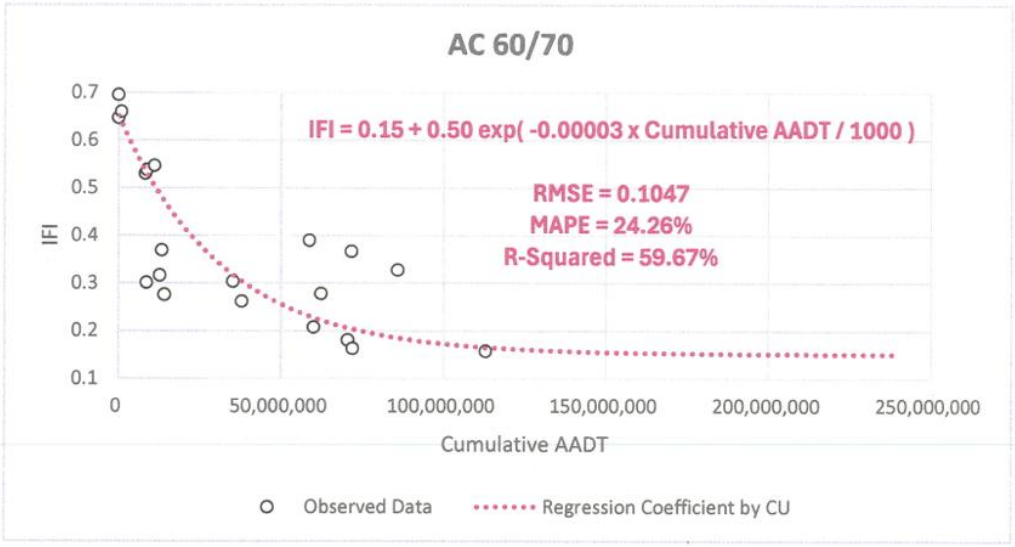
MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

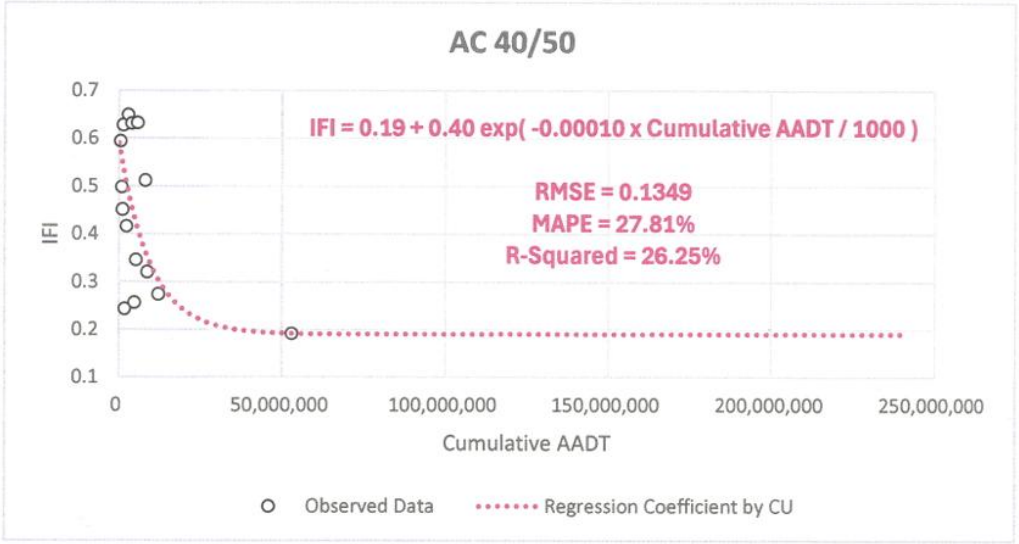
$$\mathrm{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|y_i - \hat{y}_i|}{|y_i|}$$

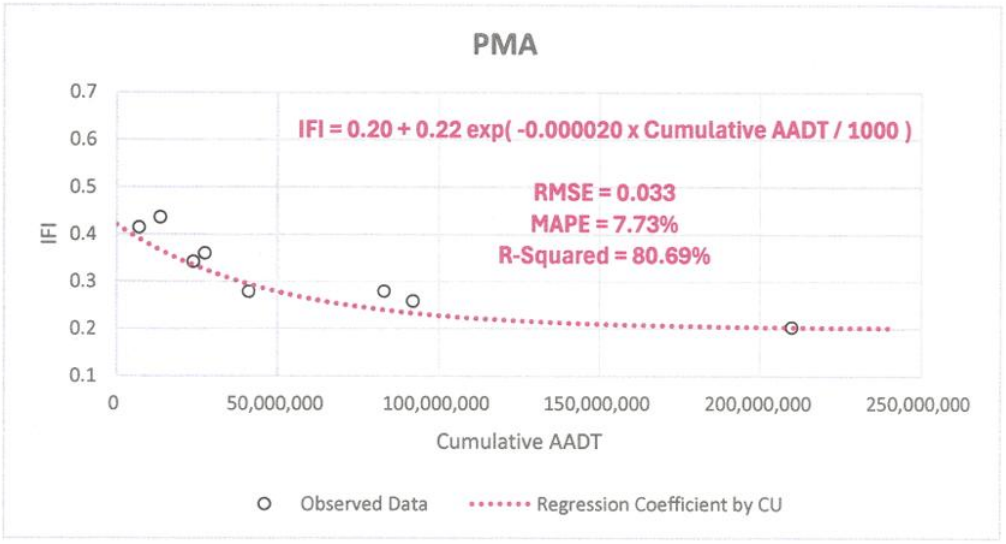
R^2 (R-Squared)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}$$

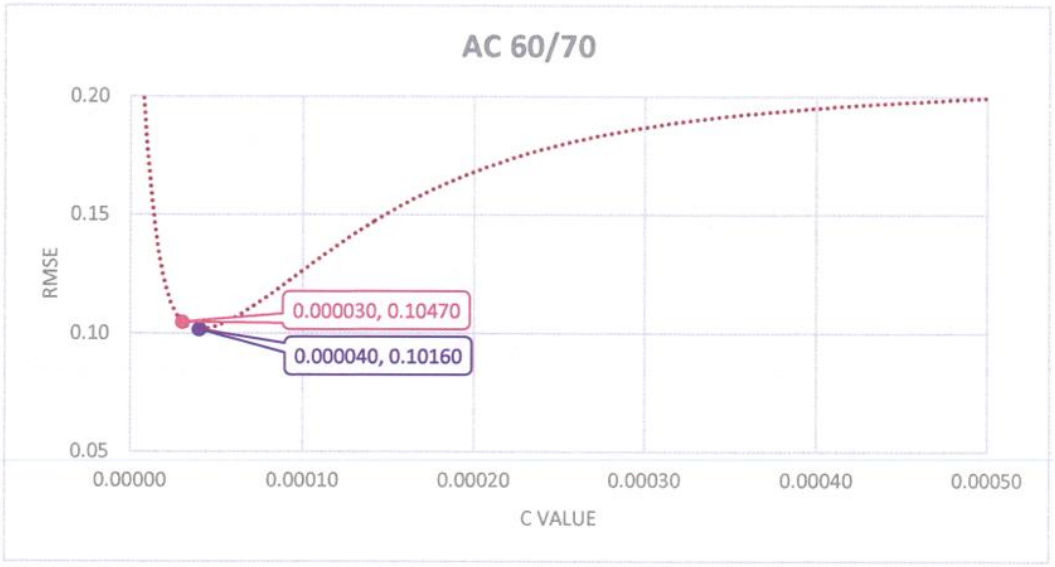
ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ส่งมาในรายงานของที่ปรึกษา

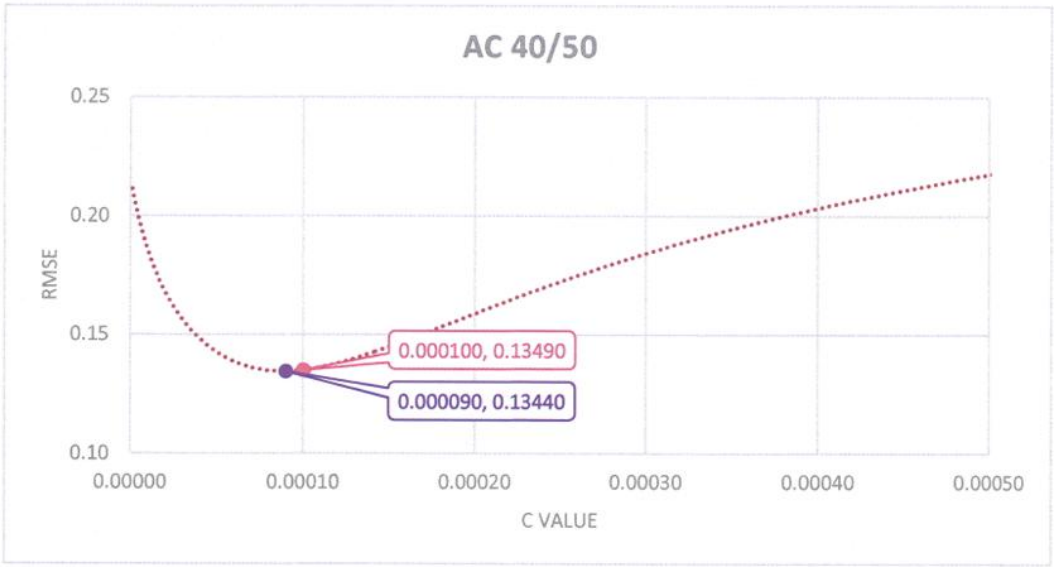






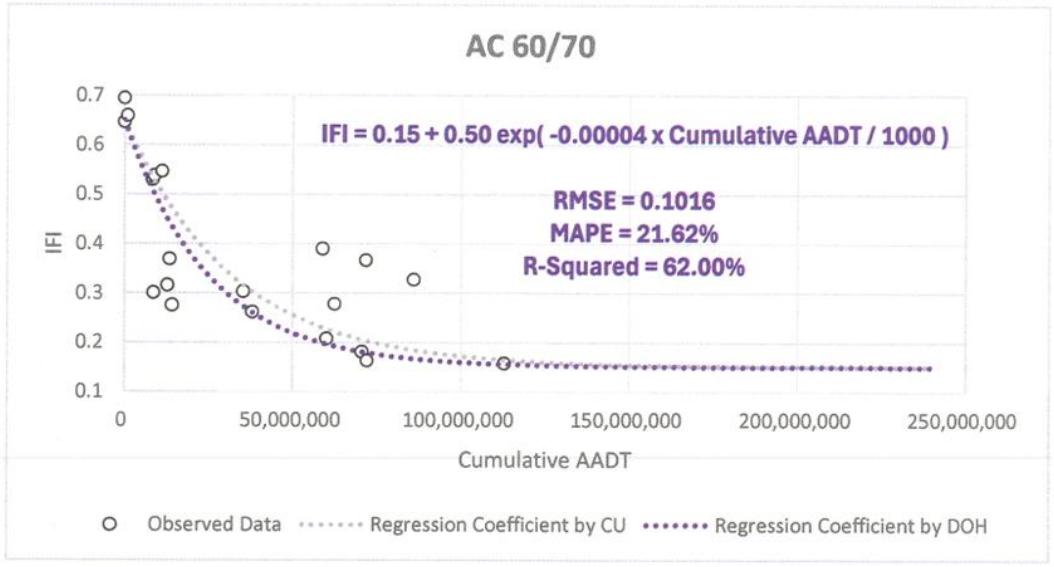
ผลการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของแบบจำลองทำนายค่า IFI

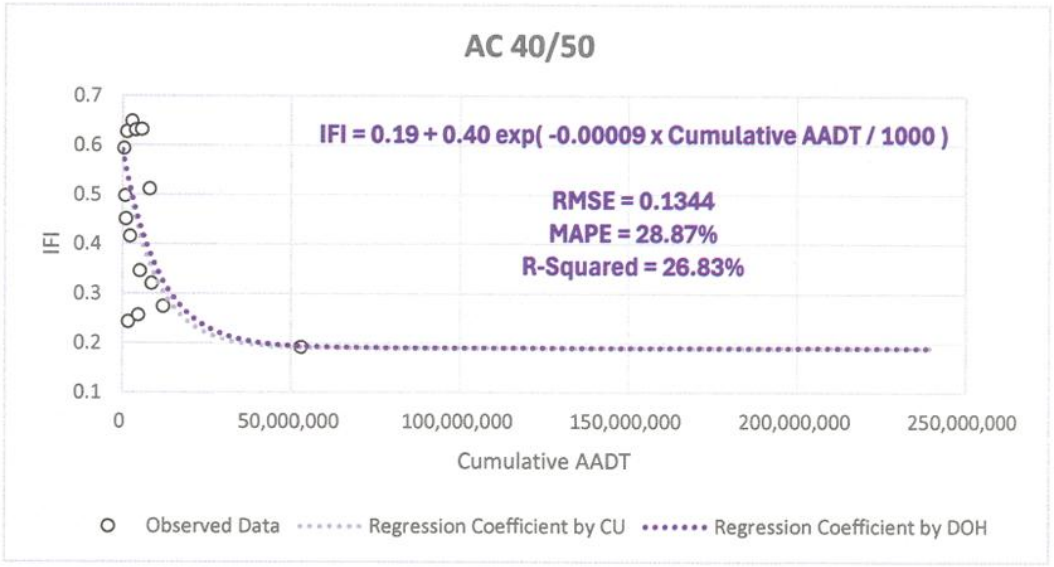


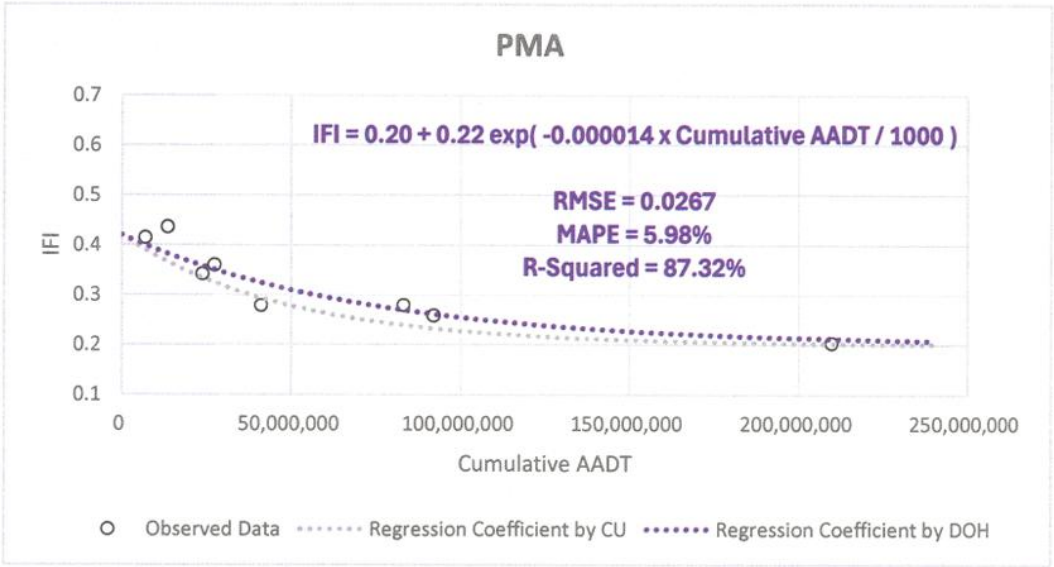




ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยใหม่







ผลการทดสอบแบบจำลองที่ส่งมาในรายงานของที่ปรึกษากับแบบจำลองที่ปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยใหม่

ตารางสรุปผลการทดสอบ Paired t-test

Summary Statistics	AC 60/70	AC 40/50	PMA
Mean Difference	0.0026	-0.0015	0.0064
Standard Deviation	0.0292	0.0101	0.0178
t Stat	2.1541	-1.7938	3.2208
P-value	0.0316*	0.0749	0.0019*
t Critical 2-tail	1.9639	1.9760	1.9905
Lower 95%	0.0002	-0.0031	0.0025
Upper 95%	0.0049	0.0002	0.0104

*. The mean difference is significantly at the 0.05 level.

จากผลการวิเคราะห์และตรวจสอบแบบจำลองที่ส่งมาในรายงานของที่ปรึกษากับแบบจำลอง ที่ปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยใหม่ สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองที่ปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ใหม่ของผิว AC 60/70 และ PMA สามารถทำนายการเสื่อมสภาพของค่า IFI ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ดังนั้น จึงเห็นควรให้ปรับแก้ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของแบบจำลองที่จะนำไปใช้ปรับปรุงและพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุง ทางหลวง (TPMS) ดังต่อไปนี้ เพื่อให้มีความเหมาะสมและเป็นไปตามหลักวิชาการ

- แบบจำลองที่ปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย สำหรับผิว AC 60/70

  IFI = 0.15 + 0.50 $e^{(-0.00004 \times \text{Cumulative AADT} / 1{,}000)}$

- แบบจำลองที่ปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย สำหรับผิว PMA

  IFI = 0.20 + 0.22 e (-0.000014 x Cumulative AADT / 1,000)

- แบบจำลองที่ปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย สำหรับผิว AC 40/50

  IFI = 0.19 + 0.4 e(-0.0001 x Cumulative AADT / 1,000)

2.3.2 การปรับปรุง และพัฒนาแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการด้านงานทาง

2.3.2.1 แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Road deterioration model) โดยที่ปรึกษาจะต้องวิเคราะห์สายทางที่มีข้อมูลประวัติการซ่อมบำรุง และไม่มีประวัติการซ่อมบำรุงได้อย่างน้อยต่อเนื่อง 3 ปี โดยใช้ข้อมูลจริงที่หน่วยงานมีอยู่

ที่ปรึกษาได้ปรับปรุงและพัฒนาแบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Road deterioration model) โดยที่ปรึกษาได้วิเคราะห์สายทางที่มีข้อมูลประวัติการซ่อมบำรุง และไม่มีประวัติการซ่อมบำรุงได้อย่างน้อยต่อเนื่อง 3 ปี โดยใช้ข้อมูลจริงที่หน่วยงานมีอยู่ ซึ่งแบ่งเป็นแบบจำลองความเสียดทานดังรายละเอียดในหัวข้อ 2.3.1 และแบบจำลองเสื่อมสภาพทางรายละเอียด ดังนี้

- แบบจำลองการเสื่อมสภาพความเสียดทานของผิวทางแอสฟัลต์

จากการการเปรียบเทียบค่าความเสียดทานจากงานวิจัยของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง กับ ค่าความเสียดทานที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจและแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง พบว่า จากการศึกษาเปรียบเทียบแล้วมีการสอบเทียบแบบจำลองการเสื่อมสภาพโดยใช้ข้อมูลประเภทวัสดุที่ใช้ทำผิวถนน เช่น หินอะกิเกต หินแกรนิต หินบะซอลต์ เป็นต้น

ดังนั้นที่ปรึกษาเสนอให้นำแบบจำลองของโครงการนี้ ซึ่งมีการสอบเทียบแบบจำลองตามประเภทผิวถนนเป็น PMA AC40/50 และ AC60/70 เปรียบเทียบกับแบบจำลองของงานวิจัย สจ. โดยได้ข้อสรุปเป็นสมการดังต่อไปนี้

- สำหรับผิว AC60/70

  $$IFI = 0.15 + 0.50\, e^{(-0.00004 \times \text{Cumulative AADT} / 1{,}000)}$$

- สำหรับผิว PMA

  $$IFI = 0.20 + 0.22\, e^{(-0.000014 \times \text{Cumulative AADT} / 1{,}000)}$$

- สำหรับผิว AC40/50

  $$IFI = 0.19 + 0.4\, e^{(-0.0001 \times \text{Cumulative AADT} / 1{,}000)}$$

- แบบจำลองการเสื่อมสภาพทางของผิวทางแอสฟัลต์

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการรศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเสียหายที่ได้จากการสำรวจใน 1 รอบการสำรวจ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 ถึงปี พ.ศ. 2566 โดยสรุปค่าความเสียหายของข้อมูลทั้ง 3 ปี และวิเคราะห์การเสื่อมสภาพทางที่ไม่ได้รับการซ่อมบำรุง ตลอดช่วงระยะเวลา 3 ปี โดยเปรียบเทียบกับแบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Deterioration Model) จากโปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System : TPMS) ซึ่งอ้างอิงแบบจำลองทำนายการเสื่อมสภาพความขรุขระผิวทางลาดยาง ใช้ค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) เป็นดัชนีชี้วัดสภาพความขรุขระผิวทาง โดยในแบบจำลองต้นแบบของ HDM-4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความขรุขระของผิวทาง ได้แก่ ความแข็งแรงโครงสร้างทาง ปริมาณจราจร ความเสียหายผิวทาง สภาพแวดล้อม และความเสียหายของผิวทาง (รอยแตกร้าว ร่องล้อ หลุมบ่อ) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความขรุขระผิวทางมาร่วมในสมการทำนายการเสื่อมสภาพ โดยมีตัวอย่างการคำนวนแนบมาใน**ภาคผนวก ข** และรายละเอียดสมการ ดังนี้

$$\Delta RI = K_{gp}[\Delta RI_s + \Delta RI_c + \Delta RI_r + \Delta RI_t] + \Delta RI_e \qquad (2\text{-}50)$$

เมื่อ ;

ΔRI = การเปลี่ยนแปลงความหยาบที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดในระหว่างปีการวิเคราะห์ (IRI m/km)

ΔRI_s = การเปลี่ยนแปลงความหยาบที่เพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเสื่อมสภาพของโครงสร้างในระหว่างปีการวิเคราะห์ (IRI m/km)

$$: \Delta RI_s = K_{gs} a_0 \exp\left(mK_{gm} AGE3\right)(1 + SNPK_b)^{-5} YE4 \quad (2\text{-}51)$$

$$YE4 = \frac{\left[\frac{AADT*(\frac{HV}{100})*\text{Lane Factor}*\text{Truck_Factor}*356((1+\text{Growth_Rate})^{\text{Design_Life}}-1))}{(\text{Growth_Rate})}\right]}{(\text{Design_Life}*10^6)} \quad (2\text{-}52)$$

และ $SNPK_b = MAX[(SNP_a - dSNPK), 1.5]$

และ $dSNPK = K_{snpk} a_0 \{MIN(a_1, ACX_a) HSNEW + MAX[MIN(ACX_a - PACX, a_2), 0] HSOLD\}$

เมื่อ ;

dSNPK	=	การลดจำนวนโครงสร้างผิวทางที่ปรับแล้วเนื่องจากการแตกร้าว
$SNPK_b$	=	ปรับจำนวนโครงสร้างผิวทางเนื่องจากการแตกร้าว ณ สิ้นปีวิเคราะห์
SNP_a	=	ปรับปรุงจำนวนโครงสร้างผิวทางเมื่อเริ่มต้นปีที่วิเคราะห์
ACX_a	=	พื้นที่การแตกร้าวตามดัชนี ณ ต้นปีการวิเคราะห์ (% พื้นที่ทั้งหมดของทางจราจร)
PACX	=	พื้นที่ของการแตกร้าวตามดัชนีก่อนหน้าบนพื้นผิวเก่า (% พื้นที่ทั้งหมดของทางจราจร) คือ 0.62(PCRA)+0.39(PCRW)
HSNEW	=	ความหนาของพื้นผิวล่าสุด (mm.)
HSOLD	=	ความหนารวมของชั้นผิวทางก่อนหน้า (mm.)
AGE3	=	อายุผิวทางตั้งแต่การ overlay ครั้งล่าสุด (การฟื้นฟู) การบูรณะใหม่ หรือการก่อสร้างใหม่ (ปี)
YE4	=	จำนวนเพลามาตรฐานเทียบเท่าปี (ล้าน/เลน)
m	=	ค่าสัมประสิทธิ์สิ่งแวดล้อม (ค่าสัมประสิทธิ์สิ่งแวดล้อม ดังตารางที่ 2-5)
K_{gs}	=	ปัจจัยการสอบเทียบสำหรับส่วนประกอบโครงสร้างของความหยาบ
K_{gm}	=	ปัจจัยการสอบเทียบสำหรับค่าสัมประสิทธิ์สิ่งแวดล้อม
K_{snpk}	=	ปัจจัยการสอบเทียบสำหรับ SNPK

$$\Delta RI_c = a_0 \Delta ACRA \quad (2\text{-}53)$$

เมื่อ :

ΔRI_c คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการแตกร้าวระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

$\Delta ACRA$ คือ การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่รอยแตกทั้งหมดระหว่างปีวิเคราะห์ (% ของพื้นทางทั้งหมด) แต่สำหรับผิว Asphalt ปูบนทางยกระดับคอนกรีตนั้นไม่เกิดในส่วนของรอยแตกหรือ Crack จึงทำให้ค่า $\Delta ACRA = 0$ ด้วย

$$\Delta RI_r = a_0 \Delta RDS \quad (2\text{-}54)$$

$$RDS_b = MAX[0.3, (0.9 - 0.04RDM_b)]RDM_b$$

เมื่อ :

ΔRI_r คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากร่องในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI : m/km)

ΔRDS คือ การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความลึกร่องระหว่างปีที่วิเคราะห์ (มม.) ($= RDS_b - RDS_a$)

RDM_b คือ ผลรวมของ Rut depth เมื่อสิ้นสุดปีที่วิเคราะห์

$$\Delta RI_t = a_0(a_1 - FM) * \Delta NPT * \left(NPT_a + \frac{\Delta NPT}{2}\right)^{a2} \quad (2\text{-}55)$$

เมื่อ:

FM คือ Freedom to Manoeuvre

CW คือ ความกว้างของถนน (เมตร)

$AADT$ คือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี (Veh/day)

ΔRI_t คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากหลุมบ่อระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI : m/km)

ΔNPT คือ การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในจำนวนหลุมบ่อต่อกิโลเมตรในระหว่างปีที่วิเคราะห์

NPT_a คือ จำนวนของหลุมบ่อต่อกิโลเมตร ที่ต้นปีการวิเคราะห์

TLF คือ Time lapse factor (ตารางที่ 2-6)

K_{pp} คือ ค่าปรับแก้ของ Pothole progression

$ADIS_i$ คือ %ARV หรือ %ACW หรือ จำนวน Pothole ต่อ กม. ในปีเริ่มต้นในการวิเคราะห์

CDB คือ ตัวบ่งชี้ข้อบกพร่องของการก่อสร้างชั้นพื้นทาง

YAX คือ ผลรวมจำนวนเพลาทุกยานพาหนะในปีที่วิเคราะห์

MMP คือ ปริมาณน้ำฝน

HS คือ ความหนาของผิวบิทูมินัส

$$\Delta RI_e = m * K_{gm} RI_a \quad (2\text{-}56)$$

เมื่อ:

ΔRI_e คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาพแวดล้อมในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

RI_a คือ ความขรุขระเมื่อต้นปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

m คือ Environmental coefficient

K_{gm} คือ Calibration factor สำหรับองค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อม

จะเห็นได้ว่าสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเสื่อมสภาพของความเรียบผิวถนนนั้น คำนึงถึงปัจจัยการเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจาก 5 สาเหตุ ได้แก่ ปัจจัยด้านโครงสร้าง ปัจจัยจากการแตกร้าว ปัจจัยจากความลึกร่องล้อ ปัจจัยจากจำนวนหลุมบ่อ และปัจจัยจากสภาพแวดล้อม แสดงดังสมการที่ (2-51 ถึง 2-56) เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเรียบผิวทางแต่ละปัจจัย และนำมาคำนวณหาอัตราความเรียบผิวทางจากสมการที่ (2-50) ก็จะสามารถวิเคราะห์หาความเรียบผิวทางที่เปลี่ยนแปลงได้

โดยค่าปรับแก้ของสมการที่ 2-50 ถึง 2-56 (K) แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2-34 พร้อมทั้งวิธีการหาค่าปรับแก้ (K) ของแต่ละตัวในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 2-34 ปัจจัยการสอบเทียบที่ใช้ในแบบจำลองการเสื่อมสภาพ

Deterioration model	Calibration factor
Wet/dry season SNP ratio	K_f
Drainage deterioration factor	K_{ddf}
Drain life factor	K_{drain}
All structural cracking - initiation	K_{cia}
Wide structural cracking - initiation	K_{ciw}
All structural cracking - progression	K_{cpa}
Wide structural cracking - progression	K_{cpw}
Transverse thermal cracking - initiation	K_{cit}
Transverse thermal cracking - progression	K_{cpt}
Rutting - initial densification	K_{rid}
Rutting - structural deterioration	K_{rst}
Rutting - plastic deformation	K_{rpd}
Rutting - surface wear	K_{rsw}
Rutting - calibration factor for rut depth standard deviation	K_{rds}
Ravelling - initiation	K_{vi}
Ravelling - progression	K_{vp}
Pothole – initiation due to cracking	K_{pic}
Pothole – initiation due to ravelling	K_{pir}
Pothole - progression	K_{pp}
Edge-break	K_{eb}
Roughness - environmental coefficient	K_{gm}
Roughness - SNPK	K_{snpk}
Roughness - structural	K_{gs}
Roughness – cracking	K_{gc}
Roughness – rutting	K_{gr}
Roughness – potholing	K_{gp}
Texture depth - progression	K_{td}
Skid resistance	K_{sfc}
Skid resistance - speed effects	K_{sfcs}

<u>การคัดเลือกค่า K ที่ส่งผลให้ค่า IRI ที่คำนวณได้จากแบบจำลองใกล้เคียง กับค่า IRI จริงมากที่สุด</u>

วิธีการคัดเลือกค่า K ที่ปรึกษาได้แบ่งการคัดเลือกตามปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความขรุขระของผิวทาง ได้แก่ ความแข็งแรงโครงสร้างทาง ปริมาณจราจร ความเสียหายผิวทาง สภาพแวดล้อม และความเสียหายของผิวทาง (รอยแตกร้าว ร่องล้อ หลุมบ่อ) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความขรุขระผิวทาง ที่ปรึกษาได้ดำเนินการคัดเลือกสายทางที่ค่าความเสียหาย เพิ่มขึ้นตลอดทุกปีต่อเนื่องมาเป็นข้อมูลตัวอย่าง จากนั้นหาค่าความแตกต่างของค่าความเสียหาย จากค่าจริงของแต่ละช่วงกิโลเมตร และคำนวณค่าความแตกต่างของ IRI ในช่วงกิโลเมตรเดียวกันจากแบบจำลอง (dIRI_model) โดยอาศัยข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้สมมติค่า K ขึ้นมาก่อน 1 ค่า หลังจากนั้นหาค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Error Square) ของความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าจากแบบจำลองสำหรับช่วงกิโลเมตรนั้น ๆ แล้วจึงรวมค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Sum of Error Square) ของทุกช่วงกิโลเมตรตัวอย่าง ทำการเปลี่ยนค่า Kgp แล้วคำนวณซ้ำ เพื่อหาค่า Kgp ที่ดีที่สุด ซึ่งทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองโดยรวมของ dIRI น้อยที่สุด ขั้นตอนการปรับค่า Kgp มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 จากหลักการของผลรวมความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด (Minimum Sum Squared Error: SSE) เป็นวิธีการที่ใช้ในการประมาณค่าของตัวแปรในแบบจำลอง (เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ m และ c ในสมการเส้นตรง) โดยพยายามหาค่าที่ทำให้ผลรวมของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่คาดการณ์ และค่าจริง มีค่าน้อยที่สุด ณ ที่นี้จะประยุกต์ใช้กับค่าปรับแก้ K โดยที่ปรึกษาจะทำการหาค่าผลต่างระหว่างค่าความเรียบผิวทางจริงที่ได้จากฐานข้อมูลกับค่าความเรียบผิวทางที่ได้จากสมการที่ (2-50) ซึ่งจะติดอยู่ในพจน์ของ K_{gp} (ข้อมูลรายการคำนวณจากภาคผนวก ข) แสดงตัวอย่างการคำนวณดังต่อไปนี้

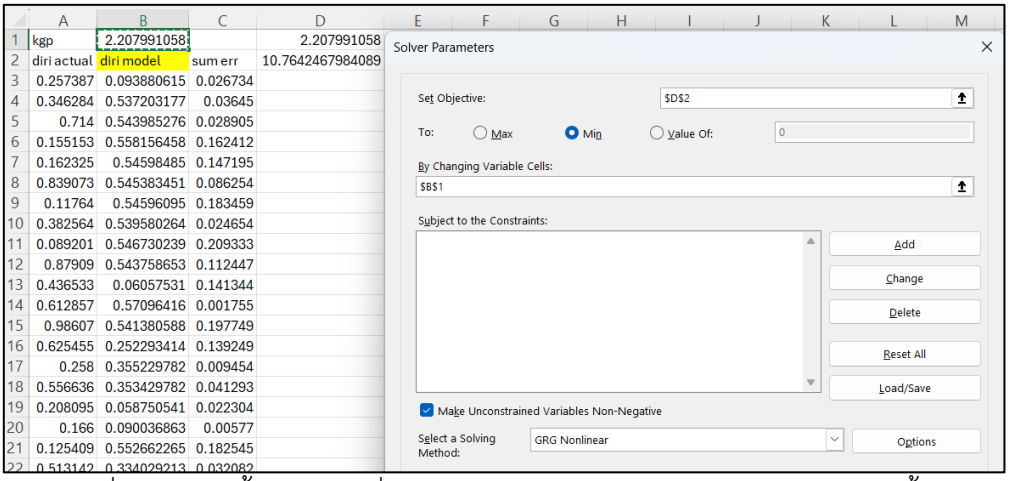
$$\Delta \mathrm{RI} = K_{gp}[\Delta \mathrm{RI_s} + \Delta \mathrm{RI_c} + \Delta \mathrm{RI_r} + \Delta \mathrm{RI_t}] + \Delta \mathrm{RI_e}$$

หลังจากคำนวณและแทนค่าทุกปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความเรียบผิวทาง (ปัจจัยด้านโครงสร้างผิวทาง, ปัจจัยด้านรอยแตกร้าว, ปัจจัยด้านความลึกร่องล้อ, ปัจจัยด้านหลุมบ่อ และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม)จะได้สมการที่ติดอยู่ในรูปของ Kgp

$$\Delta \mathrm{RI} = K_{gp}[0.20 + 0.00 + 0.00 + 0.00] + 0.0845$$

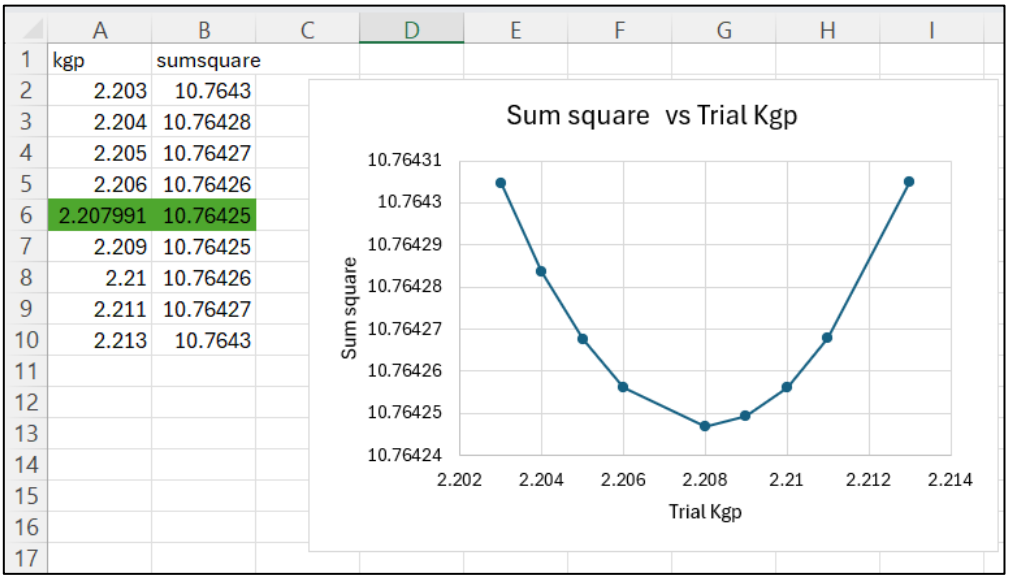
$$\Delta \mathrm{RI} = K_{gp}[0.20] + 0.0845$$

ขั้นตอนที่ 2 ทำการหาค่าผลรวมกำลังสองที่ต่ำที่สุด (Minimum Sum Squared Error: SSE) จากการใช้คำสั่ง Solver ของฟังก์ชั่นใน Microsoft Excel แสดงดังรูปที่ 2-77 ในการตั้งค่าจะกำหนดให้ค่าในเซลล์ที่ D2 มีค่าน้อยที่สุดหรือก็คือ ผลรวมกำลังสองที่มีค่าต่ำที่สุดโดยทำการเปลี่ยนค่าจากเซลล์ B1 หรือก็คือค่า Kgp จากขั้นตอนนี้เราจะค่า Kgp ที่ทำให้ได้ค่าผลรวมกำลังสองที่มีค่าต่ำที่สุด



รูปที่ 2-77 การตั้งค่าใช้ฟังก์ชั่น Solver (ข้อมูลในรูปเป็นเพียงแค่ตัวอย่างเท่านั้น)

ขั้นตอนที่ 3 เพื่อความมั่นใจว่าค่า Kgp ที่ได้จากวิธีที่ได้กล่าวมาข้างต้น ที่ปรึกษาได้ทำการบวกและลบค่า Kgp ด้วยตัวเลข 0.001 เพื่อให้มั่นใจว่าค่า Kgp ที่ได้จะสามารถทำให้ได้ค่าผลรวมกำลังสองที่มีค่าต่ำที่สุด โดยหลังจากทำการบวกและลบค่า Kgp ด้วยตัวเลข 0.001 ให้ทำการพล็อตค่า Kgp กับผลรวมกำลังสองก็จะเป็นการยืนยันว่าค่า Kgp ที่ได้นั้นทำให้ได้ค่าผลรวมกำลังสองที่มีค่าต่ำสุดจริง ๆ



รูปที่ 2-78 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า K_{gp} และค่าผลรวมกำลังสอง (ข้อมูลในรูปเป็นเพียงแค่ตัวอย่างเท่านั้น)

<u>การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง</u>

การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง สามารถทำได้โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination*)* ระหว่างข้อมูลจริงที่สำรวจกับค่าดัชนีความขรุขระสากลที่ได้จากการทำนาย หากค่าที่ได้เข้าใกล้ 1 แสดงว่า มีความสัมพันธ์ต่อกันสูง โดยใช้สมการนี้ในการทดสอบ ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองแสดงรูปแบบของสมการ แสดงดังสมการที่ 2-57

$$R^2 = 1 - [(\sum(dIRI_model_i - dIRI_actual_i)^2 / \sum(dIRI_actual_i - IRIavg)^2)] \quad (2\text{-}57)$$

โดยที่

R^2 = ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

dIRI_model = ค่าดัชนีความขรุขระสากลที่พยากรณ์ได้โดยใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้น

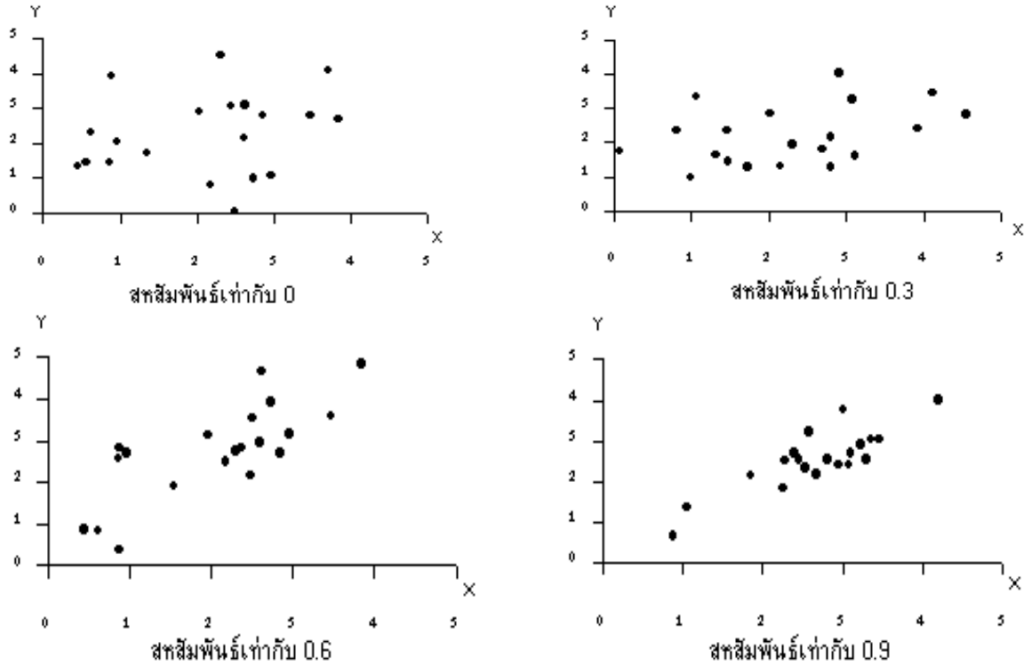
dIRI_actual = ค่าดัชนีความขรุขระสากลที่สำรวจและเก็บรวบรวมจริง

IRIavg = ค่าเฉลี่ยความขรุขระสากลที่สำรวจและเก็บรวบรวมจริง

การหาค่าของสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ จะเป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรเป็นไป ในทิศทางเดียวกัน และความใกล้เคียงเท่าไร โดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

- ถ้า R^2 มีค่าสูง แสดงว่า การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และมีความใกล้เคียงกันมาก มีความสัมพันธ์กันสูง
- ถ้า R^2 มีค่าต่ำ แสดงว่า การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรมีความใกล้เคียงกันน้อย และมีความสัมพันธ์กันต่ำ
- ถ้า R^2 มีค่าเป็น 0 แสดงว่า ตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน

การวิเคราะห์แบบจำลองที่พัฒนาว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด ส่วนหนึ่งสามารถดูได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) หากแบบจำลองยิ่งมีค่า R^2 เข้าใกล้ 1 แสดงว่า ค่าที่ทำนายจากแบบจำลองมีค่าแนบชิดกับสภาพผิวทางจริง หรือผลที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลองกับสภาพผิวทางจริงมีความสัมพันธ์ต่อกันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ค่าความขรุขระสากลได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น โดยรูปที่ 2-79 แสดงการกระจายของข้อมูลที่มีค่ากลางและการกระจายเหมือนกันแต่ระดับความสัมพันธ์ต่างกัน

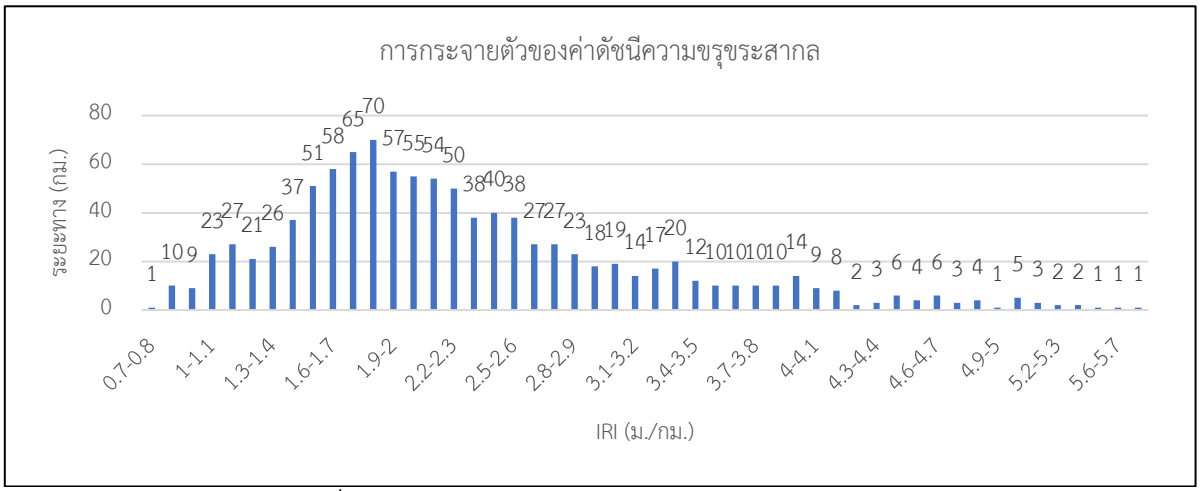


ที่มา : Draper & Smith, 2014

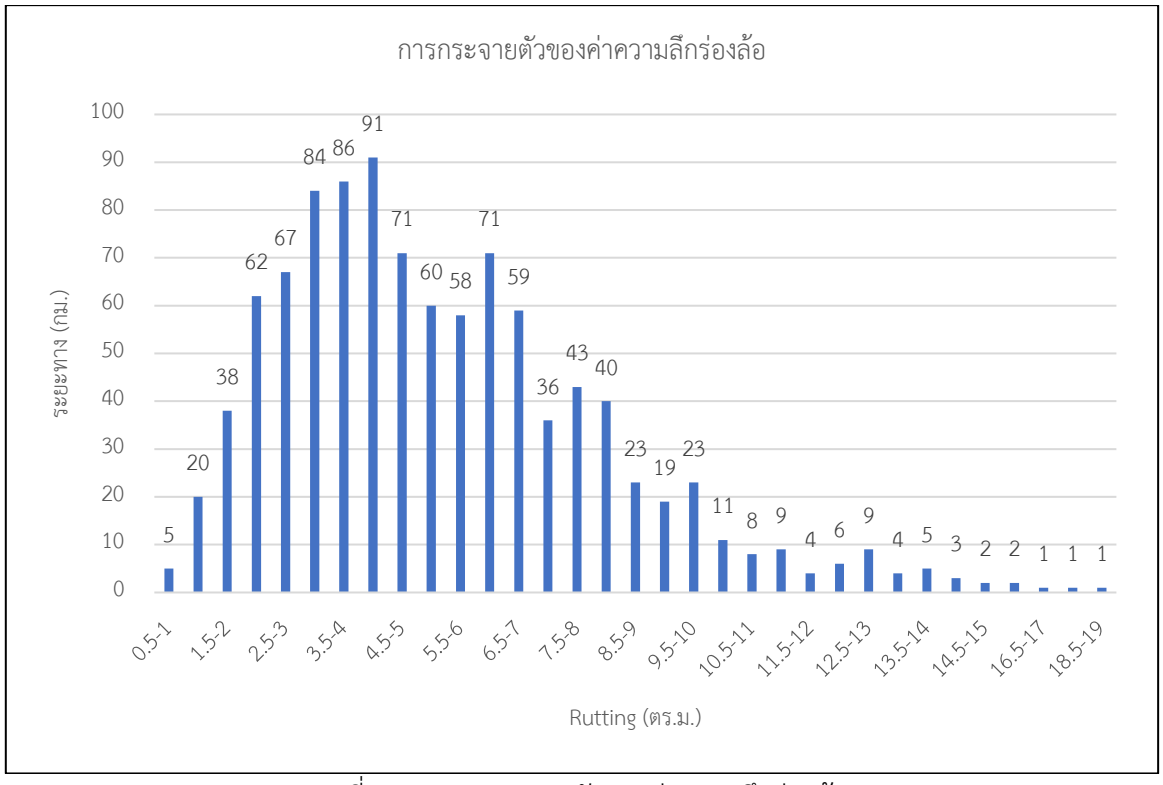
รูปที่ 2-79 การกระจายของข้อมูลที่มีค่ากลางและการกระจายเหมือนกันแต่ระดับความสัมพันธ์ต่างกัน

<u>การปรับแก้ค่า KGP ในแบบจำลองการทำนายค่า IRI ของผิวทางลาดยาง</u>

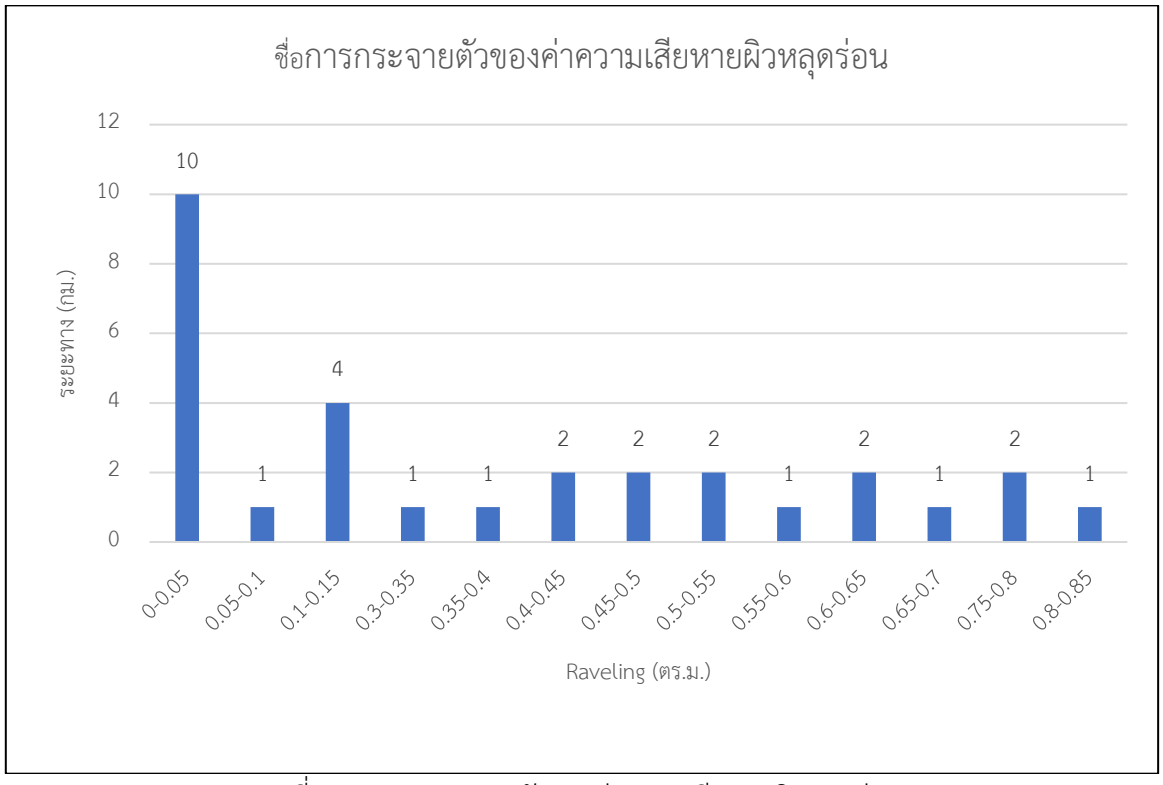
สายทางที่มีข้อมูลค่าความเสียหายและค่าดัชนีความเรียบขรุขระสากลจากฐานข้อมูลระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) พบว่า มีสายทางที่มีข้อมูลได้อย่างน้อยต่อเนื่องอย่างน้อย 3 ปี จำนวน 256 สายทาง ระยะทางทั้งหมด 11,460.814 กิโลเมตร จากระยะทางที่อยู่ในการดูแลของกรมทางหลวง 52,341.804 กิโลเมตร จากการคัดเลือกที่ปรึกษาได้ใช้ สายทาง 57 สายทาง ระยะทางรวม 1,022 กิโลเมตร เป็นตันแทนข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนาแบบจำลองที่แนบมาใน**ภาคผนวก ข** โดยมีการกระจายตัวของค่า IRI แสดงดังรูป 2-80 ที่ปรึกษาได้ดำเนินการใช้ข้อมูลสายทางทั้ง 57 สายทางเพื่อเป็นข้อมูลในการใช้เพื่อปรับแก้ค่า Kgp



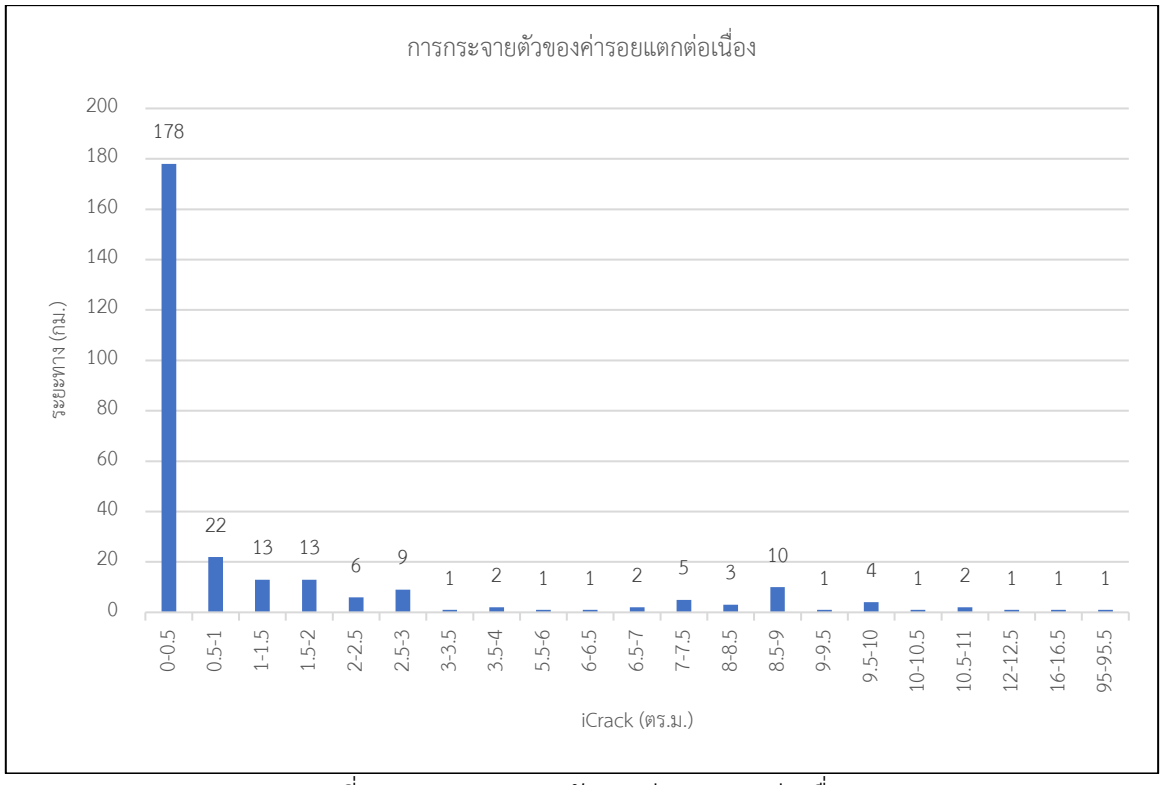
รูปที่ 2-80 การกระจายตัวของค่าดัชนีความขรุขระสากล



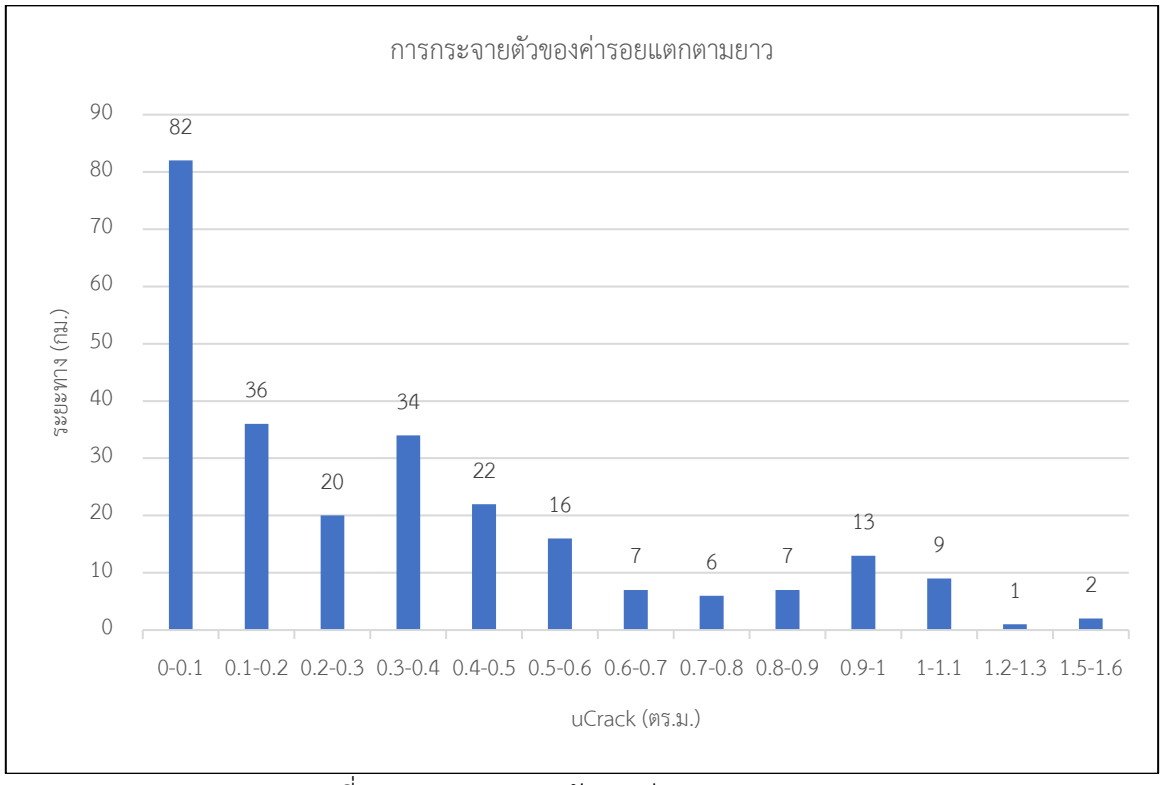
รูปที่ 2-81 การกระจายตัวของค่าความลึกร่องล้อ



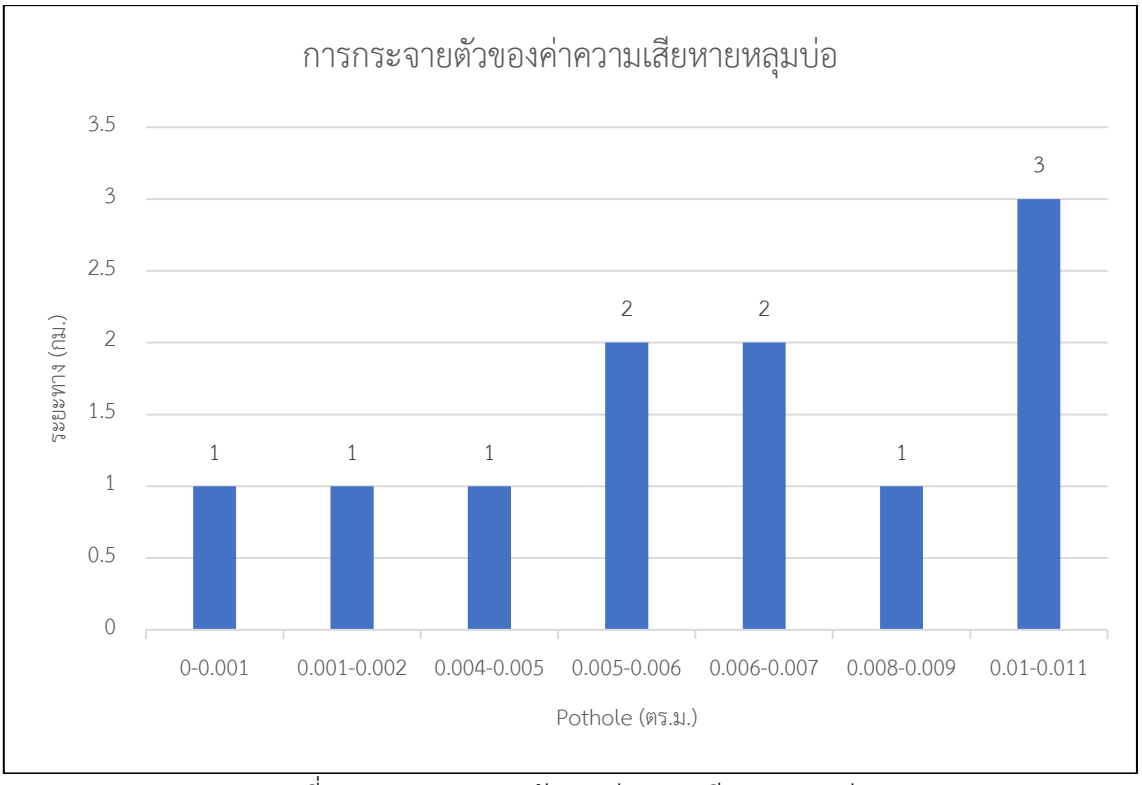
รูปที่ 2-82 การกระจายตัวของค่าความเสียหายผิวหลุดร่อน



รูปที่ 2-83 การกระจายตัวของค่ารอยแตกต่อเนื่อง



รูปที่ 2-84 การกระจายตัวของค่ารอยแตกตามยาว



รูปที่ 2-85 การกระจายตัวของค่าความเสียหายหลุมบ่อ

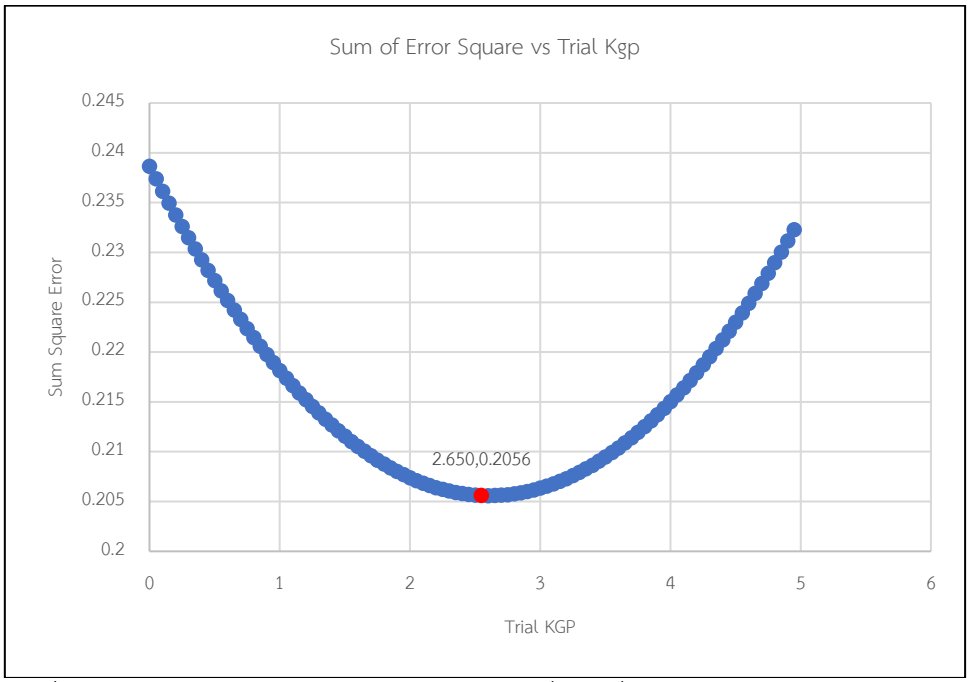
<u>ผลการสอบเทียบค่า K ในแบบจำลองการทำนายค่า IRI ของผิวทางลาดยาง</u>

จากที่ปรึกษาได้นำค่า IRI ของทั้ง 57 สายทาง มาใช้ในการปรับแก้ค่า K ได้ผลการปรับแก้จาก 2 กรณีได้ผลการสอบเทียบแสดงดังตารางที่ 2-35 โดยที่ปรึกษาได้ใช้หลักการ ดังนี้

ตารางที่ 2-35 ผลการสอบเทียบค่า K

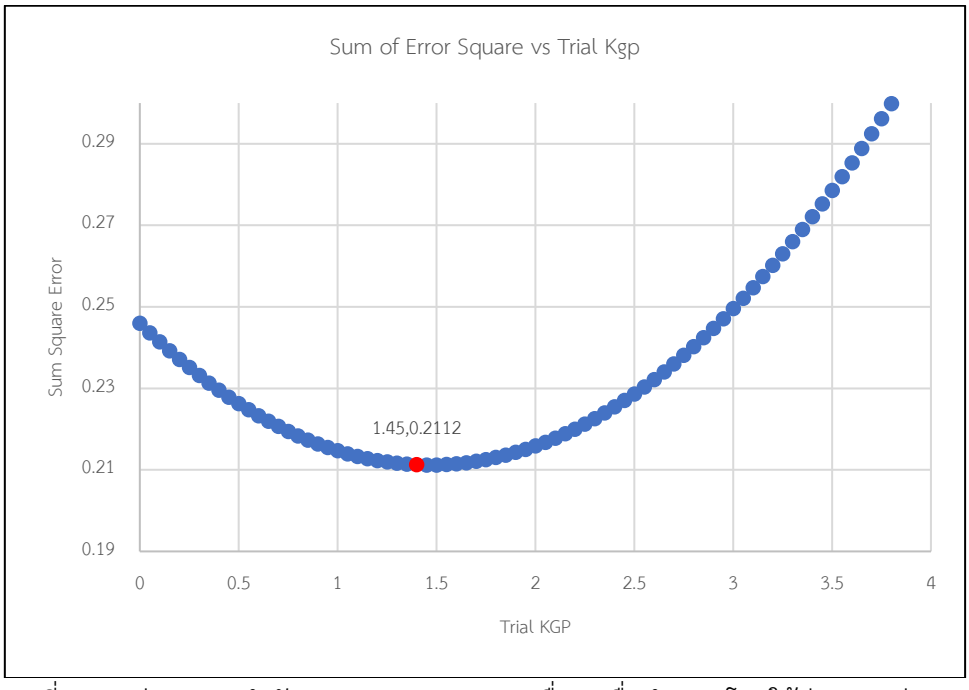
No.	Deterioration model	Calibration factor	HDM Default	TPMS (กรณีสอบเทียบแต่ละ K)	TPMS (กรณีสอบเทียบ Kgp โดย Default K อื่นๆ เป็น 1)
1	All structural cracking-initiation	K_{cia}	1.00	5.75	1.00
2	Wide structural cracking-initiation	K_{ciw}	1.00	1.00	1.00
3	All structural cracking-progression	K_{cpa}	1.00	2.62	1.00
4	Wide structural cracking- progression	K_{cpw}	1.00	0.95	1.00
5	Rutting-initial densification	K_{rid}	1.00	1.00	1.00
6	Rutting-structural deterioration	K_{rst}	1.00	5.00	1.00
7	Rutting-plastic deformation	K_{rpd}	1.00	0.25	1.00
8	Raveling-initiation	K_{vi}	1.00	1.00	1.00
9	Raveling-progression	K_{vp}	1.00	0.25	1.00
10	Pothole-initiation caused by cracking	K_{pic}	1.00	1.00	1.00
11	Pothole-initiation caused by ravelling	K_{pir}	1.00	1.00	1.00
12	Roughness-environmental coefficient	K_{gm}	1.00	1.30	1.00
13	Roughness-progression	K_{gp}	1.00	2.65	1.45

1. ผลการปรับแก้พบว่าค่า K โดยทำการสอบเทียบแยกตามปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความขรุขระของผิวทาง ได้แก่ ความแข็งแรงโครงสร้างทาง ปริมาณจราจร ความเสียหายผิวทาง สภาพแวดล้อม และความเสียหายของผิวทาง (รอยแตกร้าว ร่องล้อ หลุมบ่อ) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความขรุขระผิวทาง ได้ค่า Kgp ที่ดีที่สุด คือ 2.650 ซึ่งให้ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด (Minimum Sum of Square Error) อยู่ที่ 0.2056 (ม./กม.)^2 แสดงดังรูปที่ 2-86



รูปที่ 2-86 ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน เมื่อคำนวณโดยใช้ค่า Kgp ต่าง ๆ

2. ผลการปรับแก้พบว่าค่า K โดยทำการ Default ค่า K อื่น ๆ เป็น 1 อ้างอิงตามระบบ Highway Design and Maintenance Standards (HDM) ได้ค่า Kgp ที่ดีที่สุด คือ 1.45 ซึ่งให้ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด (Minimum Sum of Square Error) อยู่ที่ 0.2112 (ม./กม.)^2 แสดงดังรูปที่ 2-87 และเมื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติ ได้นำข้อมูลค่า IRI จริง



รูปที่ 2-87 ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน เมื่อคำนวณโดยใช้ค่า Kgp ต่าง ๆ

- แบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางคอนกรีต

จากแบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทางของผิวทางคอนกรีตจะเห็นได้ว่ามีการคำนึงถึงความเสียหาย 3 ประเภท คือ รอยเลื่อน (Faulting) รอยแตกร้าว (Cracking) และรอยบิ่นกะเทาะ (Spalling) ซึ่งสมการในการวิเคราะห์หาค่าการเสื่อมสภาพของคอนกรีตสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

ค่าความเรียบ ของผิวคอนกรีต จะอยู่ในรูปของดัชนีความขรุขระสากล หรือ International Roughness Index (IRI) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2-58

$$RI_t = Kjr_r * \left[-\log_e\left(\frac{0.2*PSR_t}{0.0043}\right)\right] \quad (2\text{-}58)$$

เมื่อ;

RI_t คือ ค่าความขรุขระ ณ เวลาที่ t

Kjr_r คือ ค่าปรับแก้

PSR_t คือ ค่า PSR จากการทำนาย ณ เวลาที่ t

โดยสามารถหาค่า PSR_t ได้จากสมการ

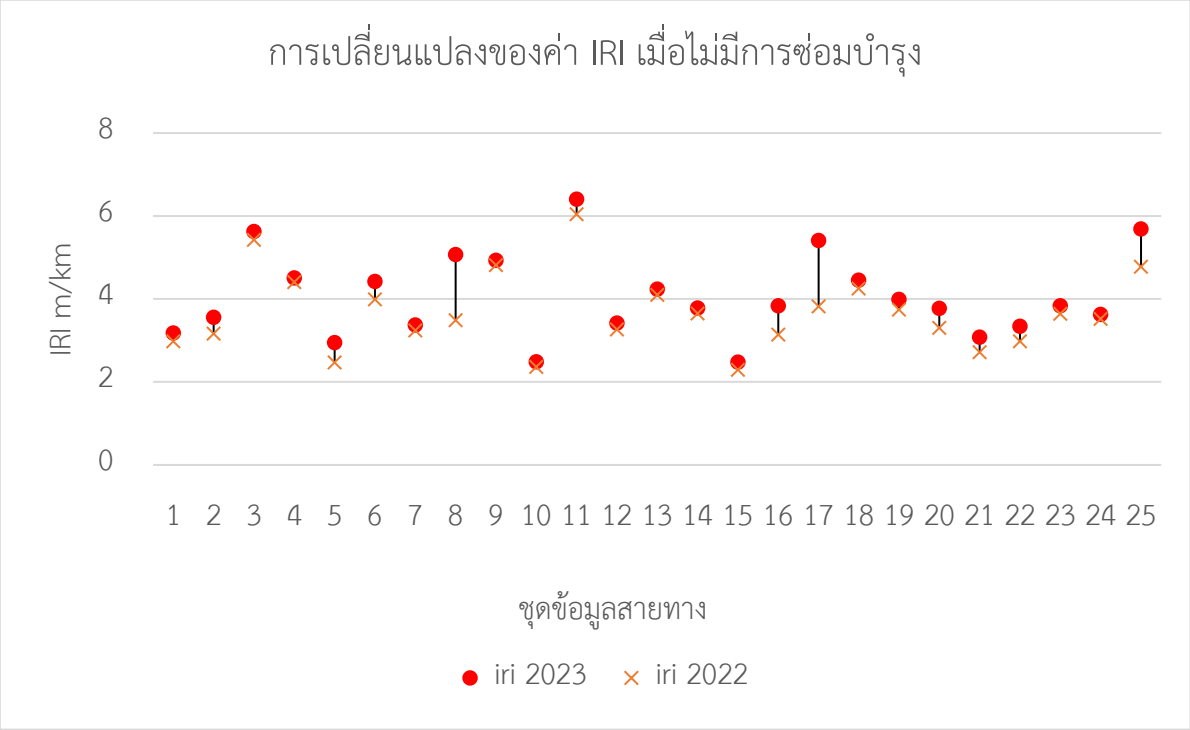
$$PSR = 4.165 - 0.06694 * TFAULT^{0.5} - 0.00003228 * DCRACK^2 - 0.1447 * SPALL^{0.25} \quad (2\text{-}59)$$

เมื่อ;

PSR	คือ	คะแนนความสามารถในการให้บริการในปัจจุบัน
$TFAULT$	คือ	ผลรวมความยาวรอยเลื่อนที่รอยต่อตามขวางต่อไมล์ (นิ้ว/ไมล์)
$DCRACK$	คือ	จำนวนความเสียหายของรอยแตกตามขวางต่อไมล์
$SPALL$	คือ	ร้อยละของรอยบิ่นกะเทาะที่รอยต่อ

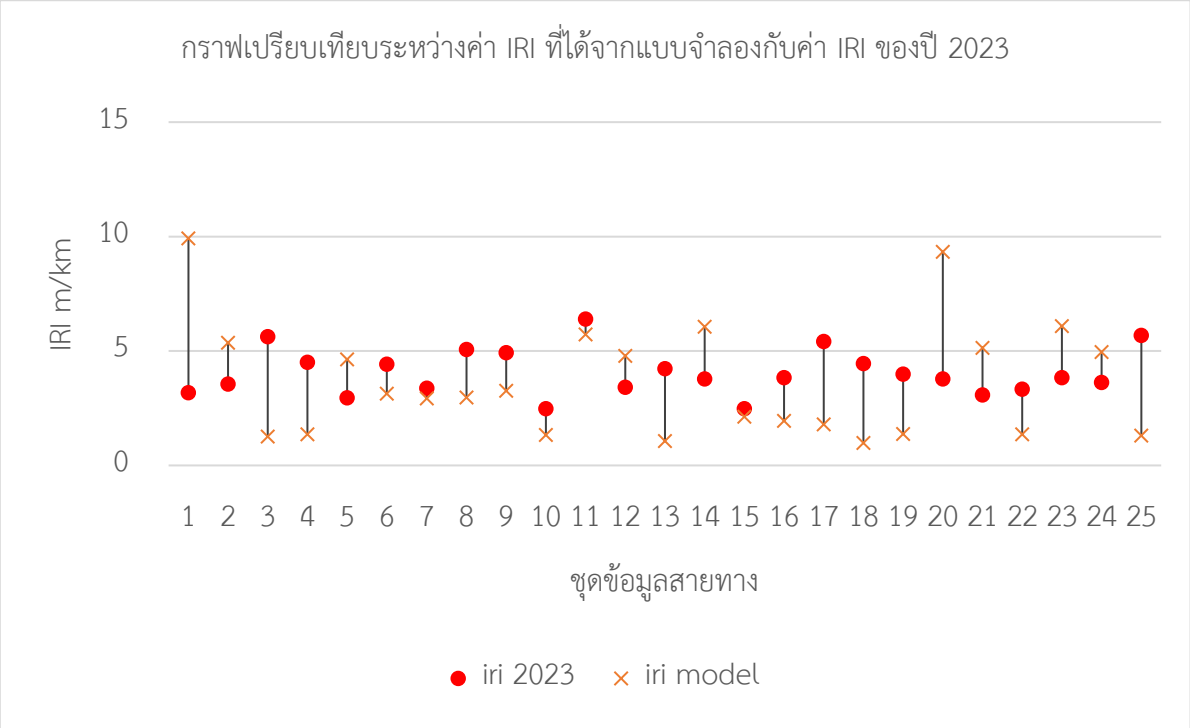
จะเห็นได้ว่าในการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความขรุขระของผิวทางคอนกรีตจำเป็นต้องคำนึงถึง 3 ปัจจัยคือ รอยเลื่อน (Faulting) รอยแตกร้าว (Cracking) และรอยบิ่นกะเทาะ (Spalling) และยังมีค่า KJrr ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่ใช้สำหรับการปรับแก้เพื่อให้แบบจำลองมีความใกล้เคียงกับค่าความขรุขระที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด โดยรายละเอียดในการทำการสอบเทียบเพื่อหาค่าคงที่ KJrr จะมีลักษณะเดียวกันกับแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ซึ่งถูกอธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมสายทางที่มีข้อมูลได้อย่างน้อยต่อเนื่องอย่างน้อย 2 ปี จำนวน 25 สายทาง ระยะทางทั้งหมด 221 กิโลเมตร เป็นตัวแทนข้อมูลในการปรับปรุง และพัฒนาแบบจำลอง โดยมีการเปลี่ยนแปลงของค่า IRI ดังนี้



รูปที่ 2-88 การเปลี่ยนแปลงของค่า IRI เมื่อไม่มีการซ่อมบำรุง

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการวิเคราะห์ค่า IRI ที่ไม่มีการซ่อมด้วยแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางคอนกรีตโดยใช้ค่าความเสียหายของผิวทางคอนกรีตปีที่ 2023 เพื่อทำการหาค่า IRI หลังผ่านแบบจำลองและนำมาเปรียบเทียบค่า IRI ที่ไม่มีการซ่อมบำรุงของปี 2024 ได้ดังรูปที่ 2-89 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของค่า IRI ที่ได้จากแบบจำลองจะมีค่าที่สูงกว่าความเป็นจริงและมีทั้งน้อยกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากถ้าสังเกตจากสมการของแบบจำลองความเสื่อมสภาพ จะเห็นได้ว่าสมการที่ใช้ไม่ได้มีการคำนึงถึงค่า IRI เริ่มต้น ทำให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่า IRI จากแบบจำลองการเสื่อมสภาพ มีค่าขึ้นอยู่กับความเสียหาย หรือสามารถบอกได้ว่าในกรณีที่สายทางที่มีค่าความเสียหายน้อยมาก ๆ จะส่งผลให้ได้ค่าความเรียบผิวทางเรียบผิดปกติ และในกรณีที่สายทางที่มีค่าความเสียหายสูง จะส่งผลให้ค่าความเรียบผิวทางสูงกว่าปกติ



รูปที่ 2-89 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่า IRI ที่ได้จากแบบจำลองกับค่า IRI ของปี 2023

จากการทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองด้วยวิธี MAPE (Mean Absolute Percentage Error) พบว่าแบบจำลองการเสื่อมสภาพของโมเดลคอนกรีตนั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 63.70 % จะเห็นได้ว่าสมการที่ใช้ยังมีความคลาดเคลื่อนสูง ที่ปรึกษาแนะนำให้ใช้การวิเคราะห์การเสื่อมสภาพผิวทางของผิวทางคอนกรีตในกรณีวิเคราะห์งบแบบปรจำปีเท่านั้น

ตารางที่ 2-36 แสดงผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทางคอนกรีต ด้วยวิธี MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

ชื่อสายทาง	IRI 2022	IRI model	MAPE
แก้วเพชรพลอย - ช่องตะโก	2.98	9.92	232.62
เขาบ่อ - ท่าทอง	3.17	5.36	69.15
เขาพับผ้า - พัทลุง	5.43	1.26	76.75
ซับสมอทอด - หนองไผ่	4.41	1.37	68.92
ถ้ำพรรณรา - ทุ่งสง	2.47	4.64	87.99
ทางเลี่ยงเมืองเชียงราย	3.99	3.15	21.18
น้ำรอด - พ่อตาหินช้าง	3.25	2.94	9.62
บ้านหลุบ - นาไคร้	3.50	2.98	14.71
ปางมะโอ - ป่าขาม	4.82	3.27	32.16
พัทยา - พลูตาหลวง	2.37	1.33	43.70
พัทลุง – นาโหนด	6.05	5.74	5.20
โพธิ์ทอง – บ้านพลิ้ว	3.27	4.79	46.39
แม่ละเมา – ตาก	4.10	1.07	73.84
แยกโรงเรียนสุธีวิทยา - ดงจำปา	3.65	6.07	66.26
ระยอง – กะเฉด	2.30	2.13	7.27
วังครก – เสียบญวณ	3.15	1.96	37.79
วังวน – แจกัน	3.83	1.81	52.79
ศรีมงคล – น้ำอ้อม	4.25	0.98	76.91
สระบุรี – ตาลเดี่ยว	3.74	1.38	63.09
สักหลง – กกกะทอน	3.31	9.34	182.45
สามัคคี – บ้านหวด	2.72	5.14	89.02
สุโขทัย – บ้านกร่าง	2.99	1.37	54.22
หนองปรือ – คลองเขต	3.65	6.10	67.25
หนองไผ่ – นาเฉลียง	3.53	4.95	40.54
หนองสระพัง – มหาสารคาม	4.78	1.30	72.73
วังครก - เสียบญวณ	3.15	1.96	37.79
วังวน - แจกัน	3.83	1.81	52.79
ศรีมงคล - น้ำอ้อม	4.25	0.98	76.91
สระบุรี - ตาลเดี่ยว	3.74	1.38	63.09
สักหลง - กกกะทอน	3.31	9.34	182.45
สามัคคี - บ้านหวด	2.72	5.14	89.02
สุโขทัย - บ้านกร่าง	2.99	1.37	54.22
หนองปรือ - คลองเขต	3.65	6.10	67.25
หนองไผ่ - นาเฉลียง	3.53	4.95	40.54
หนองสระพัง - มหาสารคาม	4.78	1.30	72.73
MAPE (Total)			**63.70**

2.3.2.2 แบบจำลองผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road works effects model) โดยจะต้องสามารถสะท้อนถึงผลกระทบต่อความเรียบจากการซ่อมบำรุงตามที่สภาพจริงในสายทางของกรมทางหลวง โดยที่ปรึกษาจะต้องวิเคราะห์สายทางที่มีข้อมูลประวัติการซ่อมบำรุง โดยรวบรวมข้อมูลย้อนหลังอย่างน้อย 3 ปี โดยใช้ข้อมูลจริงที่หน่วยงานมีอยู่

ในหัวข้อผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road Works Effects Model) ที่ปรึกษาออกแบบให้ระบบสามารถจำแนกวิธีซ่อมแต่ละประเภทตามความเสียหายจริงที่เกิดขึ้นบนผิวทางได้ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์จากผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุงมีความสอดคล้องกับความเสียหายหรือสภาพผิวทางจริงที่เกิดขึ้นจริง

หลังจากการรวบรวมข้อมูล ทางที่ปรึกษาได้คัดเลือกสายทางที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1 การนำเข้าข้อมูล</u>

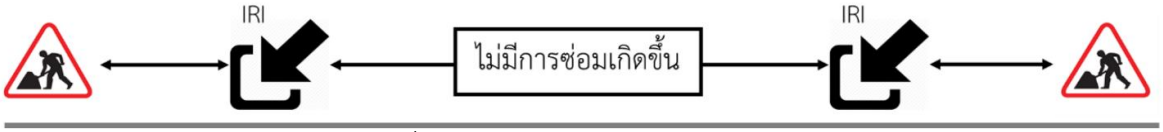
รายละเอียดของข้อมูลประกอบด้วย

- ชื่อสายทาง
- ตอนควบคุม
- ตำแหน่ง กม.
- วันที่สำรวจค่า IRI
- ผลการสำรวจค่า IRI

<u>ขั้นตอนที่ 2 การคัดเลือกสายทาง</u>

หลังจากการรวบรวมข้อมูล ทางที่ปรึกษาได้คัดเลือกสายทางที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- เลือกสายทางที่มีงานบำรุงตามเป็นสายทางที่มีการซ่อมบำรุงปกติ (Routine Maintenance)
- เลือกเฉพาะสายทางที่ไม่มีการซ่อมบำรุงเกิดขึ้นในระยะเวลา 3 ปี (ช่วงปี พ.ศ. 2564 - 2566)



รูปที่ 2-90 การคัดเลือกช่วงอายุผิวทาง

<u>ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบข้อมูล</u>

เมื่อที่ปรึกษาจะดำเนินการคัดเลือกสายทางที่สามารถนำไปวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว ที่ปรึกษาจึงส่งข้อมูลให้ทางคณะกรรมการพิจารณาความเหมาะสมของสายทางอีกครั้ง ทั้งข้อมูลตำแหน่งของสายทางและประวัติงานซ่อมบำรุงเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุด

ตารางที่ 2-37 จำนวนสายทางที่ได้จากการคัดเลือก

ลำดับ	รหัสงานซ่อม	จำนวนสายทาง	ระยะทาง (กม.)
1	22100: งานฉาบผิวแอสฟัลต์	0	0.0
2	22200: งานเสริมผิวแอสฟัลต์	35	189.3
3	23200: งานปรับปรุงผิวทางกลับมาใช้ใหม่	5	25.3
4	24100: งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์	33	99.1

<u>ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว</u>

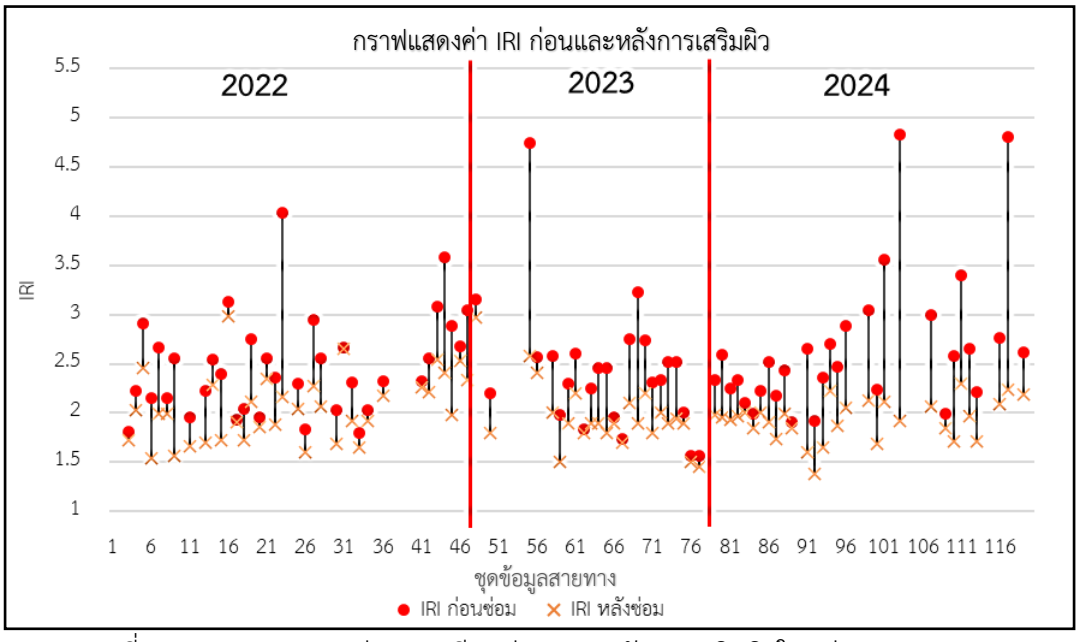
เมื่อที่ปรึกษาได้สายทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว ที่ปรึกษาจึงแยกการวิเคราะห์ตามพฤติกรรมและหลักการของค่าความเรียบได้ 2 แบบจำลอง ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองผลกระทบจากการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการเสริมผิว (HDM)

ที่ปรึกษาจะนำค่าความเรียบก่อนและหลังการซ่อมบำรุงมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเรียบหลังการซ่อมจากแบบจำลอง TPMS และค่าความเรียบหลังการซ่อมบำรุงจากข้อมูลสายทางจริง ซึ่งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการเสริมผิวลาดยางในระบบ TPMS ที่อ้างอิงจาก HDM-4 มีสมการในการคำนวณ ดังนี้

ตารางที่ 2-38 ภาพรวมค่าความเรียบภายหลังการซ่อมด้วยวิธีการเสริมผิว

	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	SD
ก่อนซ่อม	3.08	4.83	1.91	0.81
หลังซ่อม	1.92	2.30	1.38	0.24



รูปที่ 2-91 ภาพรวมของค่าความเรียบก่อนและหลังการเสริมผิวในแต่ละสายทาง

ΔRIa = max{0 , A_0[min(a1,RIbw)-a2]+a3max[0,(RIbw -a1)]}

RIaw = RIbw - ΔRIa

โดยที่

A0 = 0.9 ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ (default)

a1 = max{4.0 , 2.1exp[0.019HSNEWaw]}

a2 = 1 + 0.018max[0 , (100-HSNEWaw)]

a3 = min{a0 , max[0 , (0.01HSNEWaw- 0.15)]}

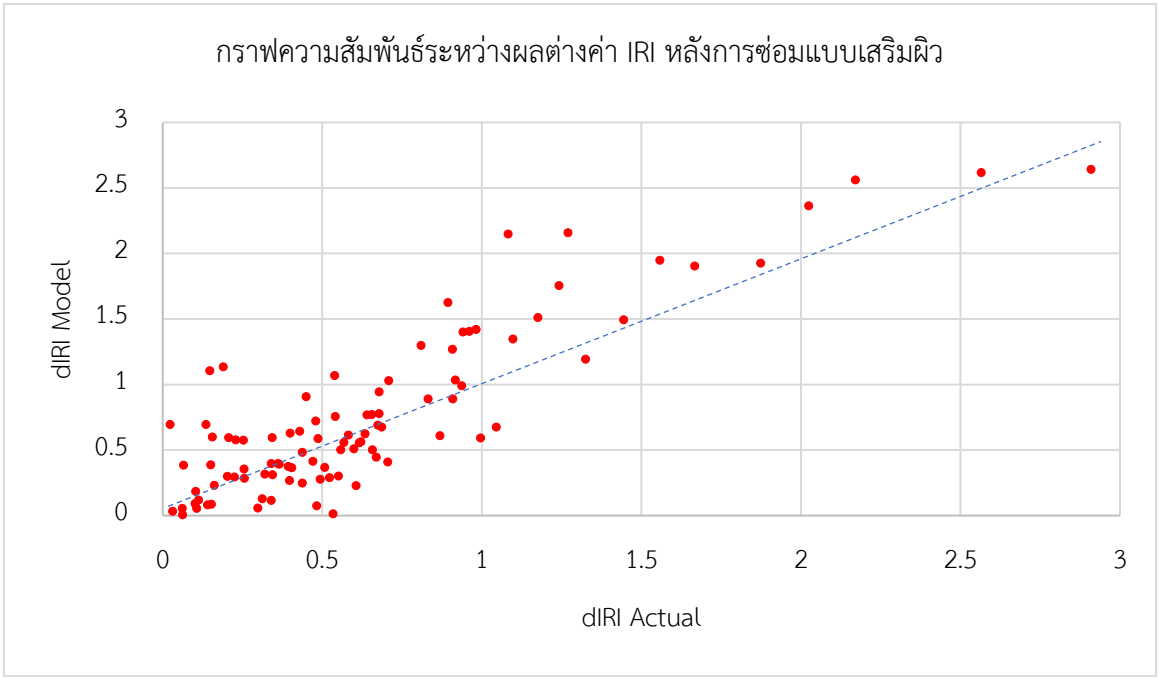
ΔRIa = การลดค่าของค่า IRI หลังการการเสริมผิวทาง

RIbw = ค่า IRI ก่อนการเสริมผิวทาง (m/km)

RIaw = ค่า IRI หลังการเสริมผิวทาง (m/km)

HSNEWaw = ความหนาของการเสริมผิวทาง (mm)

เมื่อที่ปรึกษาได้ดำเนินการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเรียบหลังการซ่อมแบบเสริมผิวจากแบบจำลอง TPMS และค่าความเรียบหลังการซ่อมจากข้อมูลสายทางจริง พบว่า ทั้ง 2 ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้



รูปที่ 2-92 ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างค่า IRI หลังการซ่อมแบบเสริมผิว

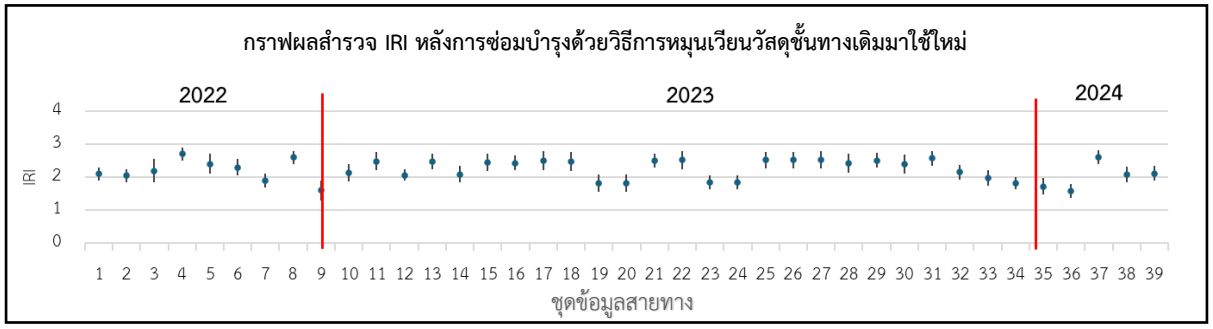
โดยจากรูปจะเห็นได้ว่าค่า IRI จากทั้ง 2 ที่มา สามารถวัดค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error) อยู่ที่ 32.24%

2. แบบจำลองผลกระทบจากการซ่อมบำรุงด้วยการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่และงานบูรณะผิวทาง

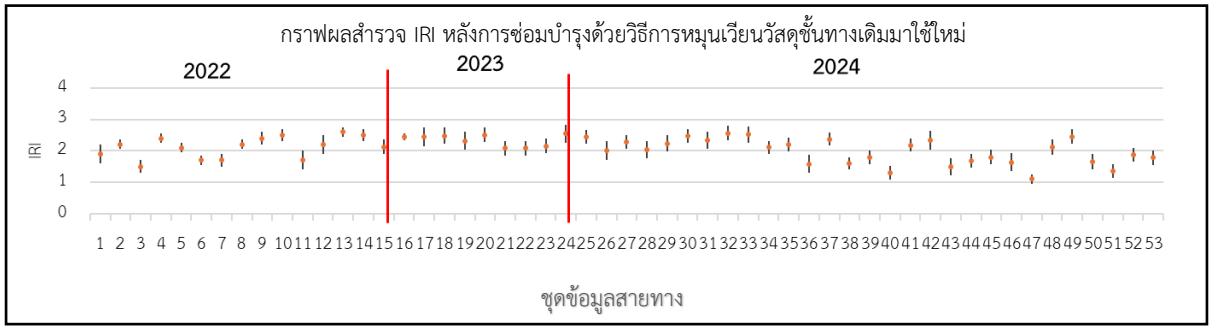
การซ่อมบำรุงด้วยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่ เป็นวิธีการซ่อมบำรุงแบบรื้อผิวทางเก่า จากนั้นจึงลาดผิวทางใหม่ด้วยแอสฟัลต์และการบูรณะผิวทางเป็นวิธีการซ่อมบำรุงแบบรื้อตั้งแต่ชั้นโครงสร้างทาง จากนั้นจึงลาดผิวทางใหม่ด้วยแอสฟัลต์ซึ่งวิธีการซ่อมบำรุงดังกล่าวส่งผลให้ค่า IRI ภายหลังการซ่อมด้วยวิธีนี้จะมีค่าเทียบเท่ากับถนนใหม่ จากผลการศึกษาแบบจำลองจากระบบ TPMS ก่อนหน้านี้ พบว่าข้อมูลค่า IRI ของกรมทางหลวง สำหรับสายทางที่มีอายุการใช้งานน้อยกว่าประมาณ 1 ปี จะมีค่า IRI อยู่ที่ประมาณ 1.5 - 2.1 ม./กม. ดังนั้น การกำหนดค่า IRI หลังการซ่อมด้วยวิธีบูรณะผิวทางจึงกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2.0 ม./กม.

จากข้อมูลที่ที่ปรึกษาได้รวบรวม สามารถแสดงค่าความราบเรียบภายหลังการซ่อมด้วยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่และการบูรณะผิวทางรายละเอียดดังนี้

		ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	SD
งานปรับปรุงผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมนำกลับมาใช้ใหม่	ก่อนซ่อม	4.03	5.68	2.39	2.326
	หลังซ่อม	2.02	2.25	1.8	0.225
งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์	ก่อนซ่อม	3.64	5.05	2.23	1.171
	หลังซ่อม	1.98	2.21	1.75	0.404



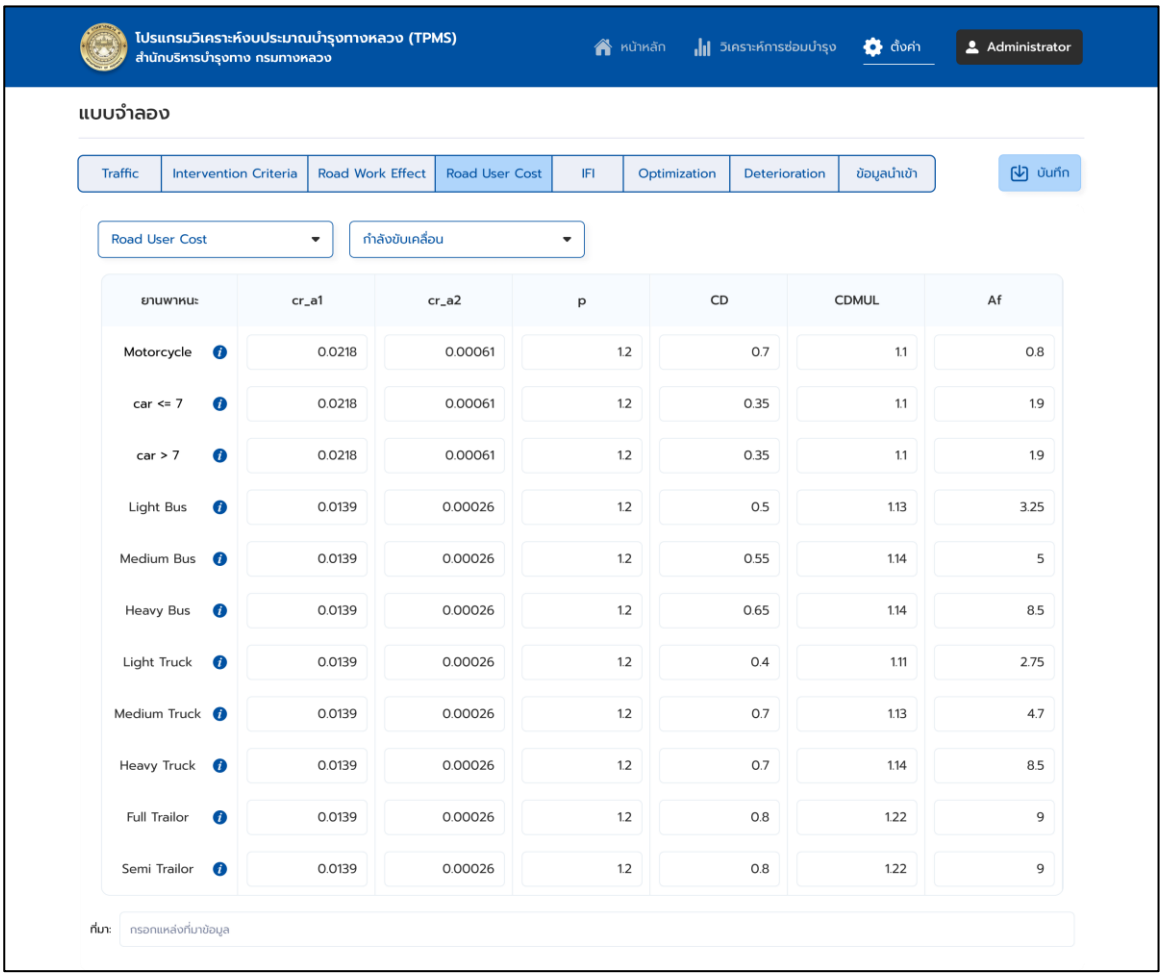
รูปที่ 2-93 ผลสำรวจ IRI หลังการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่



รูปที่ 2-94 ผลสำรวจ IRI หลังการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการบูรณะผิวทาง

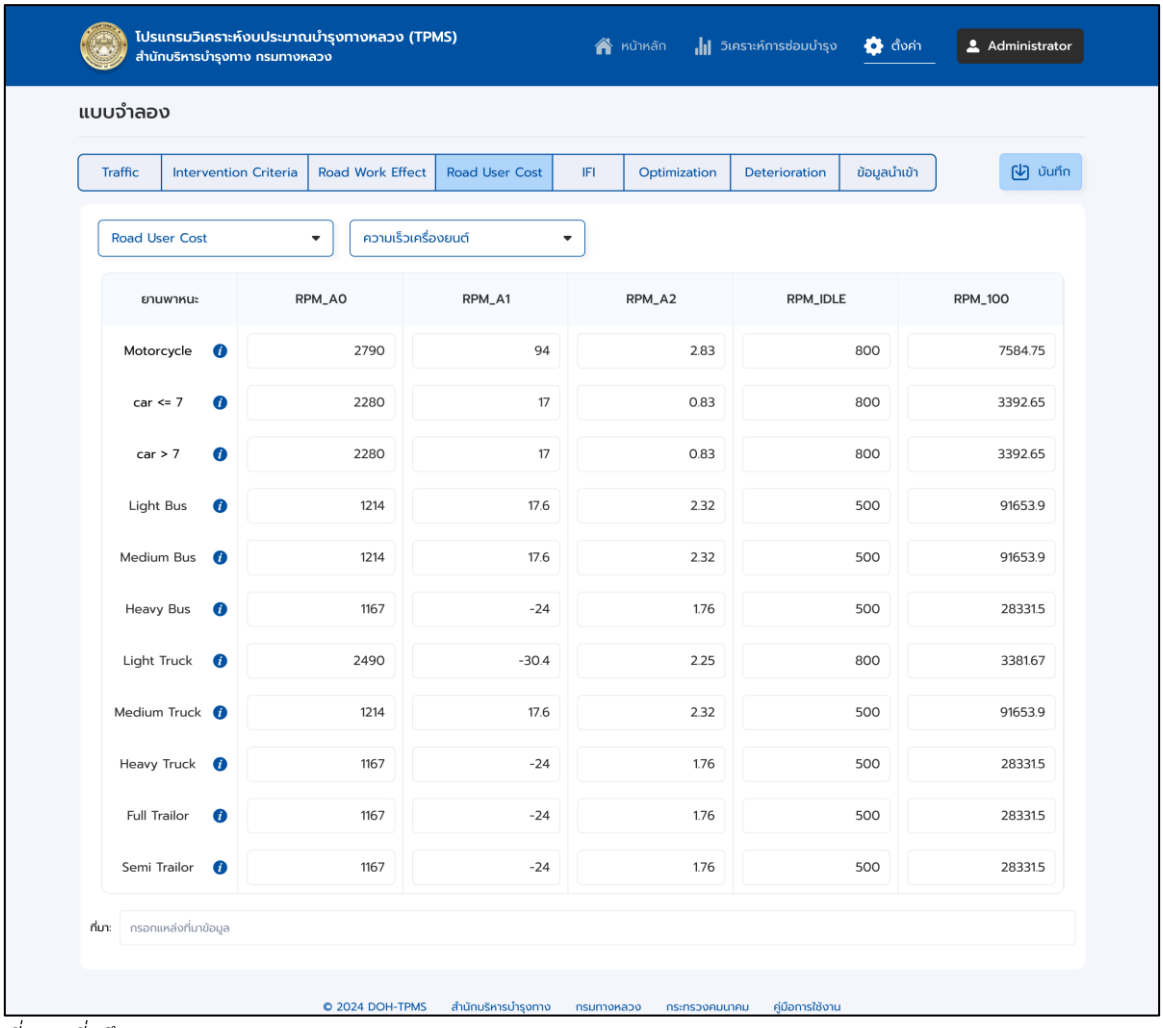
2.3.2.3 แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ่มค่าที่เหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวง (Road User Effects Model) เช่น ข้อมูลตัวแทนยานพาหนะ ข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น ระยะเวลาในการเดินทาง เป็นต้น

แบบจำลองความคุ้มค่าของผู้ใช้ทาง ที่ปรึกษาได้ออกแบบให้มีการคำนึงถึงปัจจัยหลาย ๆ ด้านเพื่อให้ครอบคลุมและเหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวงมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นกำลังขับเคลื่อน ความเร็วเครื่องยนต์ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง การสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่น การสิ้นเปลืองล้อยาง เวลาการเดินทาง และข้อมูลปริมาณจราจร ซึ่งผู้ใช้งานระบบสามารถตั้งค่าหรือ ปรับเปลี่ยนค่าได้ตามต้องการ ตัวอย่างหน้าตั้งค่าของแบบจำลองความคุ้มค่าของผู้ใช้ทาง แสดงดังรูปที่ 2-95 ถึง รูปที่ 2-97



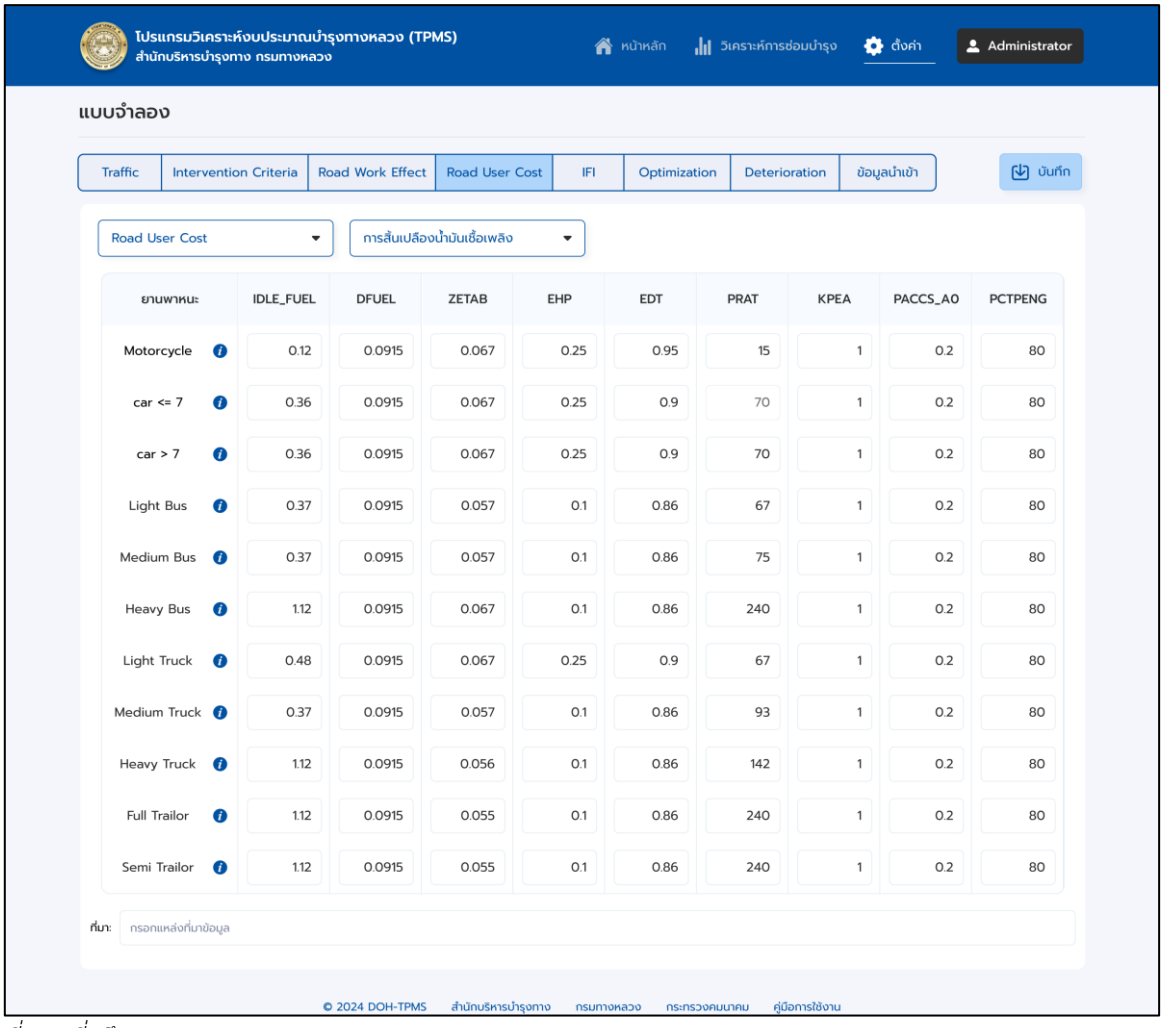
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-95 หน้าตั้งค่ากำลังขับเคลื่อนของรถแต่ละประเภท



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-96 หน้าตั้งค่าความเร็วรถยนต์ของรถแต่ละประเภท



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-97 หน้าตั้งค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแต่ละประเภท

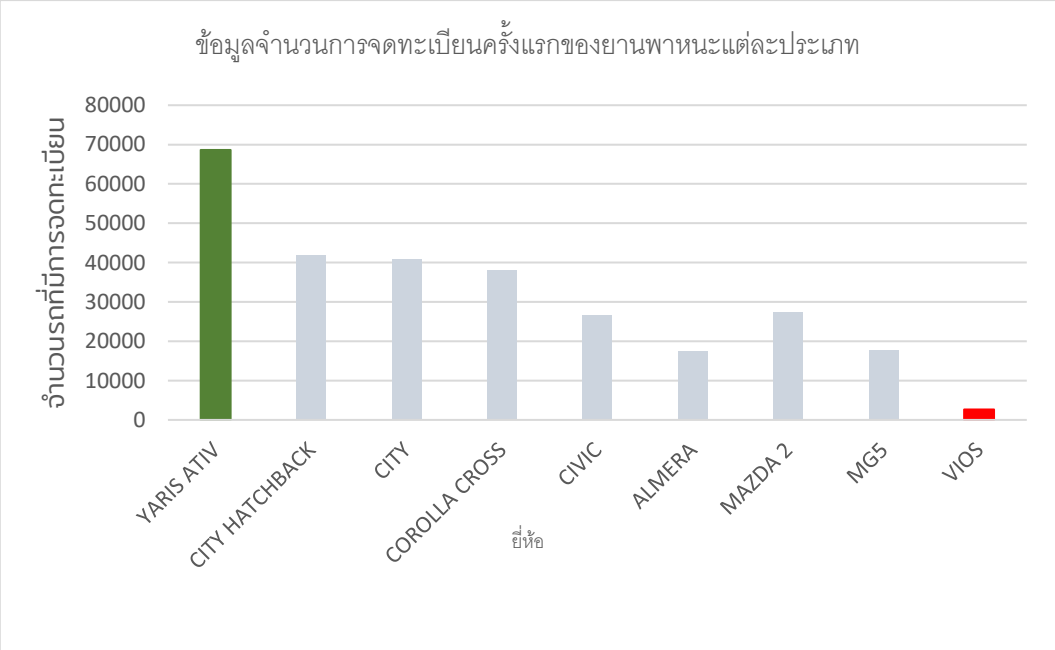
ที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลสถิติจำนวนรถจดทะเบียนครั้งแรกย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2564 - พ.ศ. 2566) จากกรมขนส่งทางบกเพื่อนำจำนวนรถที่มีการจดทะเบียนจำนวนมากมาใช้อ้างอิงข้อมูลตัวแทนยานพาหนะ เพื่อใช้ในการค้นหาข้อมูลราคาต่าง ๆ แสดงตัวอย่างข้อมูลในรูปที่ 2-98 ถึง รูปที่ 2-99 และตารางที่ 2-39

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการอัปเดตข้อมูลจากตัวแทนยานพาหนะที่ได้จากข้อมูลของกรมขนส่งทางบก ไม่ว่าจะเป็น ราคาของตัวแทนยานพาหนะ ราคาน้ำมันหล่อลื่น จำนวนเพลา ราคายาง และค่าแรงซ่อมบำรุง เป็นต้น โดยข้อมูลที่ถูกอัปเดตจะเป็นข้อมูลที่ถูกนำมาใช้วิเคราะห์แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ่มค่าที่เหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวง (Road user effects model)

ปี พ.	เดือน	ประเภทรถ	ยี่ห้อ	รุ่น	จำนว
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	ASTON MARTIN	DB11 V8 COUPE	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	A3 SB 35 TFSI S line	3
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	A4 AV 45 TFSI q S line BE	2
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	A5 CP 40 TFSI S line	16
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	A5 CP 45 TFSI q S line BE	10
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	A5 SB 40 TFSI S line	20
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	A5 SB 45 TFSI q S line BE	2
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	A6 40 TFSI S line	2
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	A6 50 TFSI	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	A6 AV 45 TFSI q S line BE	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	e-tron 55 q	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	e-tron GT quattro PF	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	e-tron SB 55 q S line	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	Q2 35 TFSI	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	Q3 35 TFSI S line	6
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	Q3 40 TFSI q S line BE	7
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	Q3 SB 35 TFSI S line	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	Q3 SB 40 TFSI q S line BE	10
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	Q5 55 TFSI e q S line	3
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	Q5 55 TFSI e q S line BE	2
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	Q7 45 TDI q S line	2
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	Q7 60 TFSI e q S line BE	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	RS 4 AV q	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	RS 5 Coupe quattro	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	RS 6 Avant quattro	2
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	RS 7 Sportback quattro	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	RS Q3 Sportback quattro	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	S3 Sportback quattro	2
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	TT Coupe 45 TFSI q S line	18
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	TT RD 45 TFSI q S line	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	AUDI	TT RS Coupe q	3
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	BENTLEY	BENTAYGA HYBRID	10
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	BENTLEY	BENTAYGA V8 DIESEL	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	BENTLEY	CONTINENTAL GT V8	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	BENTLEY	CONTINENTAL GTC V8	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	BENTLEY	FLYING SPUR HYBRID	5
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	BENTLEY	MULSANNE SPEED	1
2566	มกราคม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	BMW	118i M Sport	1

ที่มา : กรมขนส่งทางบก, 2024

รูปที่ 2-98 ตัวอย่างข้อมูลจากกรมขนส่งทางบก



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-99 ข้อมูลจำนวนการจดทะเบียนครั้งแรกของยานพาหนะแต่ละประเภท

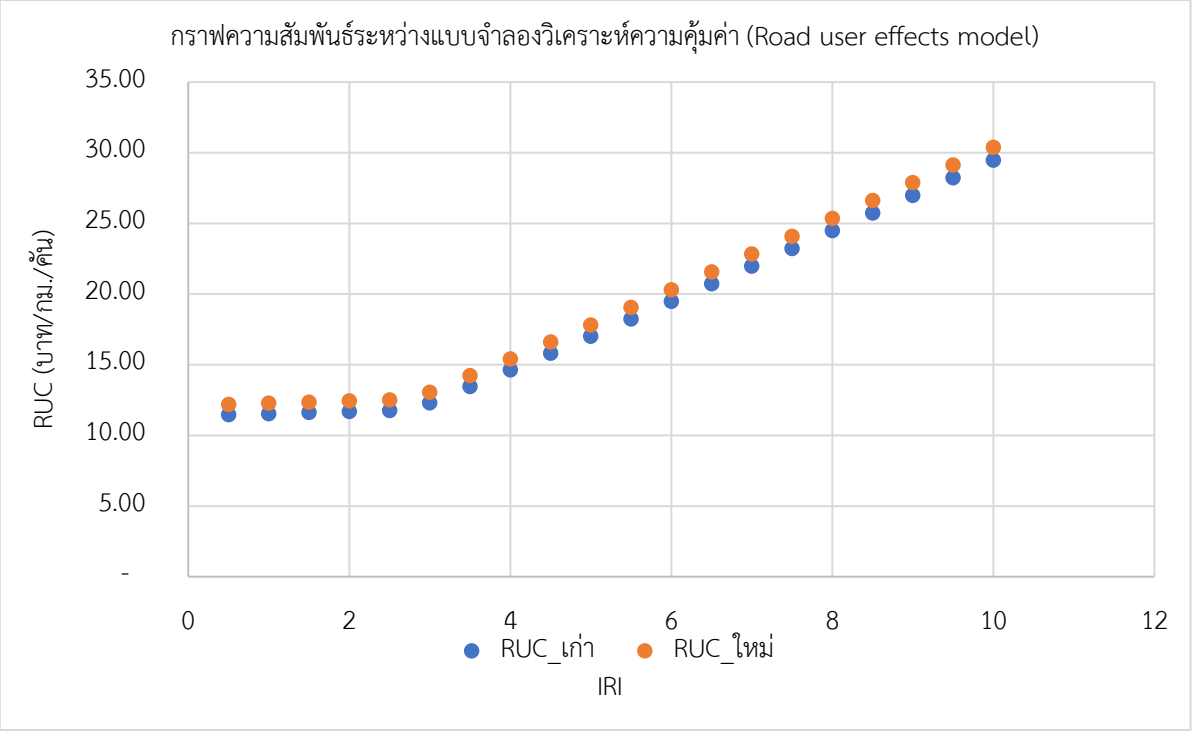
ตารางที่ 2-39 ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านยานพาหนะ

ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านยานพาหนะ												
ชื่อ ยานพาหนะ	**ยี่ห้อ**	**ราคา**	**น้ำหนัก**	**เชื้อเพลิง**	**ราคา น้ำมันหล่อลื่น**	**เพลา**	**ล้อ**	**ราคายาง**	**จำนวน ผู้โดยสาร**	**% ผู้โดยสารที่เดินทาง ไปทำงาน**	**มูลค่าเวลาที่เดินทาง ไปทำงาน**	**ค่าแรง ซ่อมบำรุง**
Motor Cycle	HONDA/WAVE 110	36,830	200	Petrol	540	2	2	400	2	1	70	55.62
Car<=7	TOYOTA/YARIS ATIV	549,000	1,060	Petrol	540	2	4	2,050	4	0.2	70	55.62
Car>7	TOYOTA/FORTUNER	1,400,000	1,000	Petrol	540	2	4	5,500	9	0.2	70	55.62
Light Bus	TOYOTA/COMMUTER	1,339,000	1,000	Diesel	140	2	4	2,660	14	0.7	70	55.63
Medium Bus	SUNLONG/MINIBUS	2,500,000	4,900	Diesel	140	2	6	12,000	34	0.7	70	55.63
Heavy Bus	SUNLONG/BUS	3,500,000	5,600	Diesel	140	3	10	12,000	49	0.7	70	55.63
Light Truck	ISUZU/D-MAX	730,000	2,020	Diesel	140	2	4	2,200	2	0	70	55.63
Medium Truck	ISUZU/ FTR	1,900,000	2,350	Diesel	140	2	6	12,000	2	0	70	55.63
Heavy Truck	ISUZU/ FVM	3,500,000	3,250	Diesel	140	3	10	12,000	2	0	70	55.62
Full Trailor	HINO/GY SERIES 12 wheels 8x4	4,000,000	4,250	Diesel	140	5	12	12,000	2	0	70	55.62
Semi Trailor	HINO/FM Series	4,500,000	3,250	Diesel	140	6	12	4,500	0	0	70	43.75

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

ที่ปรึกษาได้มีการปรับข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านยานพาหนะให้เป็นปัจจุบันมากขึ้น โดยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลสถิติจำนวนรถจดทะเบียนครั้งแรก ย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2564 - พ.ศ. 2566) จากกรมขนส่งทางบกเพื่อนำจำนวนรถที่มีการจดทะเบียนจำนวนมากมาใช้อ้างอิงข้อมูลตัวแทนยานพาหนะพบว่ามียานพาหนะที่เป็นตัวแทนที่เปลี่ยนไปคือ รถบรรทุกรถกระบะขนาดเล็กเปลี่ยนเป็นยี่ห้อ ISUZU/D-MAX และรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน เปลี่ยนเป็น TOYOTA/YARIS ATIV

ที่ปรึกษาได้นำแบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่า (Road user effects model) เดิมมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่า (Road user effects model) ที่ดำเนินการอัปเดตข้อมูลจากตัวแทนยานพาหนะที่ได้จากข้อมูลของกรมขนส่งทางบก ไม่ว่าจะเป็น ราคาของตัวแทนยานพาหนะ ราคาน้ำมันหล่อลื่น จำนวนเพลา ราคายาง และค่าแรงซ่อมบำรุง เป็นต้น โดยเปรียบเทียบที่ค่า IRI มากขึ้น 0.5 ม./กม. ได้ค่าแสดงดังรูปที่ 2-100



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-100 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่า (Road user effects model)

จากกราฟ พบว่า ที่ช่วงค่า IRI มากกว่า 2.5 ขึ้นไป ค่า RUC จะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นลำดับ เนื่องจากแบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่ามีการจำลองสภาพการใช้เครื่องยนต์เมื่อค่า IRI ไม่เกิน 2.5 แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่าจะเลือกใช้รอบเครื่องยนต์ในสภาพนิ่ง (Ideal Engine) แต่เมื่อค่า IRI เกิน 2.5 แบบจำลองจะเริ่มใช้การใช้รอบเครื่องยนต์ที่ได้จากการคำนวณเข้ามาคำนวณในแบบจำลอง จึงส่งผลค่า RUC มีค่ามากขึ้นตามลำดับตามค่า IRI

2.3.2.4 ที่ปรึกษาจะต้องสรุปสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ผลการสอบเทียบและความเชื่อมั่นของแบบจำลอง ด้วยค่าทางสถิติ จากแบบจำลองข้างต้น

จากหัวข้อการปรับปรุง และพัฒนาแบบจำลองของแบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทาง (Road deterioration model) แบบจำลองผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road works effects model) และแบบจำลองวิเคราะห์ความคุ่มค่าที่เหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวง (Road user effects model) สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2-40 สรุปจำนวนสายทางและระยะทางที่นำมาปรับปรุงแบบจำลอง

แบบจำลอง	จำนวนสายทาง	ระยะทาง	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
การเสื่อมสภาพของผิวทาง						
● ผิวทางแอสฟัลต์	57	1,022	3.19	5.91	2.19	1.083
● ผิวทางคอนกรีต	123	645.8	3.97	5.88	2.18	0.725
ผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง						
○ งานเสริมผิวแอสฟัลต์	35	189.3	2.14	3.20	1.38	0.39
○ งานปรับปรุงผิวทางกลับมาใช้ใหม่	5	25.3	2.02	2.25	1.8	0.225
○ งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์	33	99.1	1.98	2.21	1.75	0.404

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

ตารางที่ 2-41 สรุปผลการและความเชื่อมั่นของแต่ละแบบจำลอง

แบบจำลอง	K_{gp}	R^2
การเสื่อมสภาพของผิวทาง (แยกตามปัจจัยที่มีผลกระทบ)	2.65	0.7877
การเสื่อมสภาพของผิวทาง (ค่าคงที่ K ตัวอื่น ๆ เป็น 1)	1.45	0.7977
ผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง	-	0.9341
วิเคราะห์ความคุ่มค่าที่เหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวง	-	-

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

แบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางหากมีการสอบเทียบโดยกำหนดให้ค่าคงที่ K ของปัจจัยต่าง ๆ มีค่าเป็น 1 ค่าคงที่ Kgp จะมีค่าเป็น 1.45 และเมื่อนำค่า Kgp ที่ 1.45 ไปใช้ในแบบจำลอง พบว่า จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Correlation Coefficient) มีค่าเป็น 0.7977 แต่ในกรณีของการสอบเทียบค่าคงที่ Kgp ด้วยค่า K จากตารางที่ 2-41 จะทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Correlation Coefficient) มีค่าเป็น 0.7877

จากหัวข้อแบบจำลองผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road works effects model) ก่อนหน้านี้สามารถสรุปได้ว่าหากมีการใช้แบบจำลองผลกระทบจากวิธีการซ่อมบำรุง (Road works effects model) ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองจะให้ค่า IRI หลังซ่อมสูงกว่าค่า IRI ที่ได้จากการสำรวจค่า IRI หลังซ่อมจริง

ในส่วนของแบบจำลองวิเคราะห์ความคุ่มค่าที่เหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวง (Road user effects model) จะเห็นได้ว่าหลังจากที่มีการปรับแก้ และอัปเดตข้อมูลข้อมูลตัวแทนยานพาหนะและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทำให้แนวโน้มของแบบจำลองใหม่ที่มีการอัปเดตใหม่มีค่า RUC ที่สูงกว่าของเก่าเล็กน้อย และจะเห็นได้ว่าทั้งกราฟ RUC ใหม่และ RUC เก่า เริ่มมีการยกตัวสูงขึ้นในบริเวณที่ค่า IRI มีค่าสูงกว่า 2.5 ทั้งนี้เป็นเพราะในแบบจำลองจะมีการคำนึงถึงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในกรณีที่ IRI มีค่าไม่สูงเกิน 2.5 แบบจำลองจะกำหนดให้ใช้ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในอุดมคติ ซึ่งจะมีค่าคงที่แต่ในกรณีที่ค่า IRI สูงเกิน 2.5 จะทำให้อัตราการสิ้นเปลืองถูกวิเคราะห์ด้วยกำลังเครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน ความเร็วเครื่องยนต์ และปัจจัยอื่น ๆที่เกี่ยวกับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง หรืออีกนัยนึงคือยิ่งค่า IRI มีค่าสูง เครื่องยนต์ยิ่งมีการทำงานหนักขึ้นส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงตาม

2.4 งานส่วนที่ 4 การปรับปรุงและพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

2.4.1 การจัดทำ User Requirement เพื่อรับฟังความต้องการใช้งานจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งสรุปผลเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนา

ตามที่ระบุในรายงานเบื้องต้น (Inception Report) ที่ปรึกษาได้ดำเนินการสำรวจความต้องการของระบบจากผู้ใช้งาน (User Requirements) จากการใช้งานระบบ TPMS (Thailand Pavement Management System) ที่มีการใช้สำหรับงานบริหารบำรุงรักษาทางทั่วประเทศ โดยแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานตามลักษณะการใช้งานระบบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับผู้บริหาร (Executive Level), ระดับโครงข่าย (Network Level) และระดับปฏิบัติการ (Project Level) ซึ่งดำเนินการในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2567 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2-42

ตารางที่ 2-42 กำหนดการสำรวจความต้องการของระบบจากผู้ใช้งาน (User Requirements)

ลำดับ	วันเวลา	รายละเอียด
1	5 - 11 มิ.ย. 67	ที่ปรึกษาดำเนินการจัดประชุมเพื่อสำรวจความต้องการใช้งานระบบจากผู้ใช้งานระดับผู้บริหาร (Executive Level)
2		ที่ปรึกษาดำเนินการจัดประชุมเพื่อสำรวจความต้องการใช้งานระบบจากผู้ใช้งานระดับโครงข่าย (Network Level)
3		ที่ปรึกษาดำเนินการจัดประชุมเพื่อสำรวจความต้องการใช้งานระบบจากผู้ใช้งานระดับปฏิบัติการ (Project Level)

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานระบบ

1) ผู้ใช้งานระดับผู้บริหาร (Executive Level)

ผู้ใช้งานระดับผู้บริหาร (Executive Level) มีความสนใจในด้านวิธีการคำนวณและการนำเข้าตัวแปรต่าง ๆ มาใช้งานในสูตรคำนวณ รวมถึงมีความสนใจเรื่องการแสดงผลตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับการดำเนินงานตามภารกิจของเจ้าหน้าที่ โดยความคิดเห็นจากผู้ใช้งานระดับผู้บริหาร สามารถสรุปได้ดังนี้

- ในการคัดเลือกสายทางเพื่อทำการวิเคราะห์ เสนอให้ตัดสายทางที่อยู่ในระยะค้ำประกันออก แต่ในการคำนวณค่า IRI เฉลี่ยหลังซ่อม ควรแสดงเป็นค่า IRI เฉลี่ยของสายทางนั้น ๆ
- เสนอให้ปรับปรุงการแสดงผลในหน้าผลการวิเคราะห์ โดยควรให้ผู้ใช้งานเห็นจำนวนเงินเป็นอันดับแรก และนอกจากนั้น ควรเพิ่มรหัสงานในการตั้งค่าวิธีการซ่อมบำรุง
- ในการคำนวน SNP เสนอให้ใช้ FWD จากการสำรวจ แต่หากไม่มี ให้ใช้ค่า Default จากระบบ

- เสนอให้ระบบ TPMS สามารถนำเข้าข้อมูลจาก Plannet และสามารถวิเคราะห์ตามวิธีการซ่อมที่ระบุในระบบ Plannet ได้
- เห็นควรผู้ใช้งานสามารถเลือกตัวแปรที่ต้องการในหน้าตั้งค่าแบบจำลอง Road User Cost ได้ ซึ่งประกอบด้วย ACC (มูลค่าความสูญเสียจากอุบัติเหตุ), VOC (ค่าใช้จ่ายในการใช้ยานพาหนะ) และ VOT (มูลค่าของเวลาในการเดินทาง) โดยระบบควรให้เลือกได้อย่างน้อยหนึ่งตัวแปร ทั้งนี้เผื่อกรณีที่ไม่ต้องการคำนวณตัวแปรใดสามารถไม่เลือกได้



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

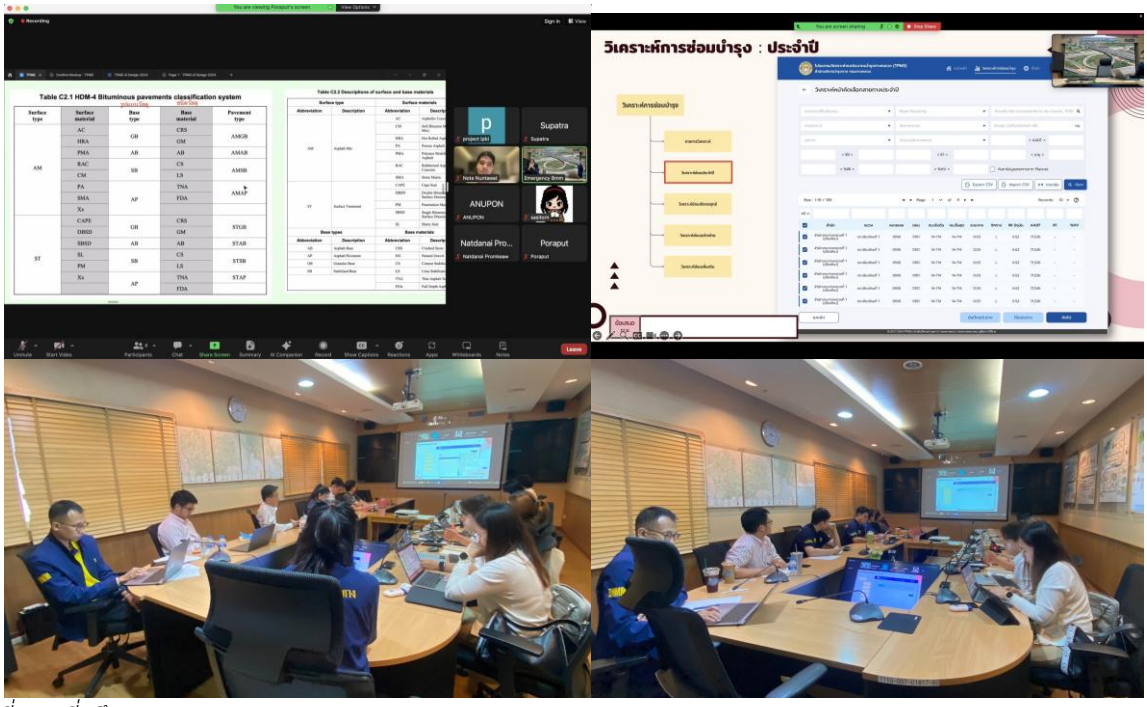
รูปที่ 2-101 ภาพบรรยากาศการประชุมสำรวจความต้องการของระบบจากผู้ใช้งาน (User Requirements) ผู้ใช้งานระดับผู้บริหาร (Executive Level)

2) ผู้ใช้งานระดับโครงข่าย (Network Level)

ผู้ใช้งานระดับโครงข่าย (Network Level) มีความสนใจเน้นทางด้านการใช้งานระบบและการออกแบบระบบให้สอดคล้องกับการวางแผนการซ่อมบำรุงที่ใช้งานในปัจจุบัน โดยความคิดเห็นจากผู้ใช้งานระดับโครงข่าย สามารถสรุปได้ดังนี้

- หน้าหลัก เสนอให้แยกระยะทางจริงและระยะทาง 2 ช่องจราจร ออกจากกัน และสามารถกรองข้อมูลได้ในระดับจังหวัด ทั้งนี้ เนื่องจากข้อมูลการสำรวจของระบบ TPMS นำเข้าจากระบบ Roadnet ดังนั้น หากต้องการแยกระยะทางจริงและระยะทาง 2 ช่องจราจร ออกจากกัน จะต้องตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลจากระบบ Roadnet ให้สามารถแสดงผลได้ในรูปแบบเดียวกันด้วย
- เสนอให้ปรับความสวยงามในการแสดงผล เช่น สี ขนาดตัวอักษร และรูปแบบของกราฟ เป็นต้น
- เห็นควรให้เพิ่มข้อมูลจำนวนสายทางที่ติดค้ำประกัน และระยะทางที่ติดค้ำประกันที่สามารถแยกตามประเภทผิวทางได้ ในหน้า Dashboard
- เนื่องจากการวิเคราะห์ประจำปี ไม่ต่างกับการเลือกวิเคราะห์แบบกลยุทธ์ 1 ปี เห็นควรให้ยุบรวมเป็น 1 รายการ ทั้งนี้ อ้างอิงจาก TOR ข้อ 4.6.4 ซึ่งกำหนดไว้ว่าให้ระบบสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งประจำปีและเชิงกลยุทธ์ จึงมีความจำเป็นต้องคงการวิเคราะห์ไว้ทั้ง 2 รูปแบบ
- เสนอให้สามารถคัดเลือกสายทางเพื่อวิเคราะห์การซ่อมบำรุงระดับเมตรได้ ทั้งนี้ ที่ปรึกษาจะปรับให้สามารถเลือกสายทางระดับเมตรได้ในหน้าคัดเลือกสายทาง
- เสนอให้สามารถคัดเลือกสายทางเพื่อวิเคราะห์การซ่อมโดยการกรอกช่วงกิโลเมตรได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดไฟล์ csv หลังจากกดค้นหาสายทาง เพื่อกำหนดช่วง กม. ที่ต้องการได้
- เสนอให้สามารถนำเงื่อนไข IRI เป้าหมาย และ %IRI เป้าหมาย มาอยู่ในหน้าเดียวกัน
- เสนอให้แสดงชื่อวิธีการซ่อมบำรุงเป็นชื่อเต็ม และวงเล็บตัวย่อ ทั้งนี้ ชื่อวิธีการซ่อมที่แสดงผลบนหน้าระบบเป็นการดึงข้อมูลมาจากหน้าตั้งค่า Intervention Criteria โดยผู้ใช้งานระดับ Admin สามารถกำหนดชื่อวิธีการซ่อมตามที่ต้องการได้
- ในการวิเคราะห์การซ่อมบำรุงรูปแบบจำกัดงบประมาณตามหน่วยงาน จากเดิมที่เป็นการระบุจำนวนเงิน เสนอให้ปรับเป็นการระบุเปอร์เซ็นต์

- มีข้อสอบถามว่า หากแขวงฯ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจะได้ผลลัพธ์เหมือนกับส่วนกลางหรือไม่ ทั้งนี้ ทางแขวงฯ สามารถเลือกวิเคราะห์ตามเงื่อนไขที่ต้องการเองได้ อย่างไรก็ตาม ทางส่วนกลางจะสามารถวิเคราะห์การซ่อมบำรุงของทั้งโครงการและปักหมุดเงื่อนไขการซ่อมบำรุงไว้ในหน้าแรก เพื่อเป็นแนวทางให้แขวงฯ ทำการวิเคราะห์ในส่วนที่รับผิดชอบเองได้
- ควรกำหนดค่าความเสียหายที่เป็น Intervention ให้ครบถ้วน และสามารถตั้งค่าความเสียหายชั้นโครงสร้างทางเป็น Intervention ได้
- สามารถให้ระบบดึงโครงสร้างชั้นทางจากระบบ Roadnet ได้
- หากมีการปรับเกณฑ์ Intervention ระบบสามารถปรับความหนาของการซ่อมบำรุงได้
- เสนอให้แสดงตำแหน่งที่ไม่ได้สำรวจค่า IFI โดยที่ปรึกษาจะแสดงผลในรูปแบบของเส้นบนแผนที่ ซึ่งเส้นดังกล่าวจะแสดงเมื่อมีการสำรวจค่า IFI
- เสนอให้ปรับการแสดงผลกรณีที่เปิดหลายชั้นข้อมูล
- มีข้อสอบถามว่า สามารถวิเคราะห์การซ่อมบำรุงในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ได้หรือไม่ ทั้งนี้ หากมีข้อมูลจากรถสำรวจ ระบบสามารถทำการวิเคราะห์ได้



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-102 ภาพบรรยากาศการประชุมสำรวจความต้องการของระบบจากผู้ใช้งาน (User Requirements) ผู้ใช้งานระดับโครงข่าย (Network Level)

3) ผู้ใช้งานระดับปฏิบัติการ (Project Level)

ผู้ใช้งานระดับปฏิบัติการ (Project Level) มีความสนใจทางด้านค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง การวิเคราะห์การซ่อมบำรุงทางหลวงในภูมิประเทศที่แตกต่างกัน และการเพิ่มรายการซ่อมบำรุงผิวทางคอนกรีต โดยความคิดเห็นจากผู้ใช้งานระดับปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ควรออกแบบการกรอกข้อมูลแบบไม่ซับซ้อน
- โดยปกติผู้ใช้งานระดับปฏิบัติการจะพิจารณางานซ่อมบำรุงเป็นช่วง โดยมีสายทาง ช่วง กม. และวิธีซ่อมที่สนใจ เห็นควรให้สามารถเลือกข้อมูลเหล่านี้ตามที่ต้องการได้
- มีข้อสอบถามว่า สามารถใช้ค่า Friction ดำเนินการในส่วนไหนได้บ้าง ทั้งนี้ที่ปรึกษาได้ชี้แจงว่า ค่า Friction จะถูกนำมาใช้ประกอบการคำนวณตามแบบจำลอง RUC เพื่อให้ผลลัพธ์ครอบคลุมมิติทางด้านความปลอดภัย (การเกิดอุบัติเหตุ)
- เสนอให้มีการแสดงรูปภาพสายทาง เพื่อให้สามารถดูสภาพสายทางจริงอย่างรวดเร็ว
- เสนอให้มีการสรุปว่าแขวงฯ อยู่ในขั้นตอนการดำเนินงานส่วนใดอยู่บ้าง พร้อมแสดงเปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้า จำนวนกิจกรรม จำนวนแผนงาน และวงเงิน เป็นต้น
- มีข้อสอบถามว่า กรณีทางหลวงขนาด 4 ช่องจราจร จะมีการวิ่งรถสำรวจเพียง 2 ช่องจราจรทางซ้ายเท่านั้น จะครอบคลุมความเสียหายทั้งหมดทุกช่องจราจรหรือไม่หรือไม่ ทั้งนี้ที่ปรึกษาได้ชี้แจงว่า กรณีถนนหลายช่องจราจร ทางสำนักบริหารบำรุงทางเลือกสำรวจช่องซ้ายสุดเนื่องจากเป็นช่องจราจรที่มีความเสียหายมากสุด เพื่อที่จะพิจารณางบประมาณให้ครอบคลุมความเสียหายที่มากที่สุด
- มีข้อห่วงกังวลว่า ในพื้นที่ราบสูงหรือบริเวณภูเขา จะสะท้อนค่า IRI ที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากข้อจำกัดในการสำรวจทางหลวงที่มีรัศมีแคบ ทั้งนี้ ที่ปรึกษาจะประสานกับทาง ผส.ทล.2 เพื่อขอข้อมูลสำรวจค่าความขรุขระสากลหลังการซ่อมบำรุง และนำมาพิจารณาความถูกต้องต่อไป
- มีข้อสอบถามว่า สามารถนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกันได้หรือไม่ ทั้งนี้ที่ปรึกษาได้ชี้แจงว่า สามารถทำได้
- หเมื่อเลือกสายทางมาวิเคราะห์แล้ว พบว่ามีบางช่วงที่เสียหายมากกว่าปกติ ต้องการจะเลือกเฉพาะช่วงที่เสียหายมาก มาวิเคราะห์ใหม่ด้วยวิธีการซ่อมอีกรูปแบบหนึ่งได้
- ต้องการเลือกวิเคราะห์ตามช่วง กม. ที่ต้องการได้ เนื่องจากทางหลวงแต่ละสายทางอาจจะซ่อมบำรุงหลายรูปแบบ
- ต้องการปรับวิธีซ่อมหลังกดวิเคราะห์อย่างง่ายได้



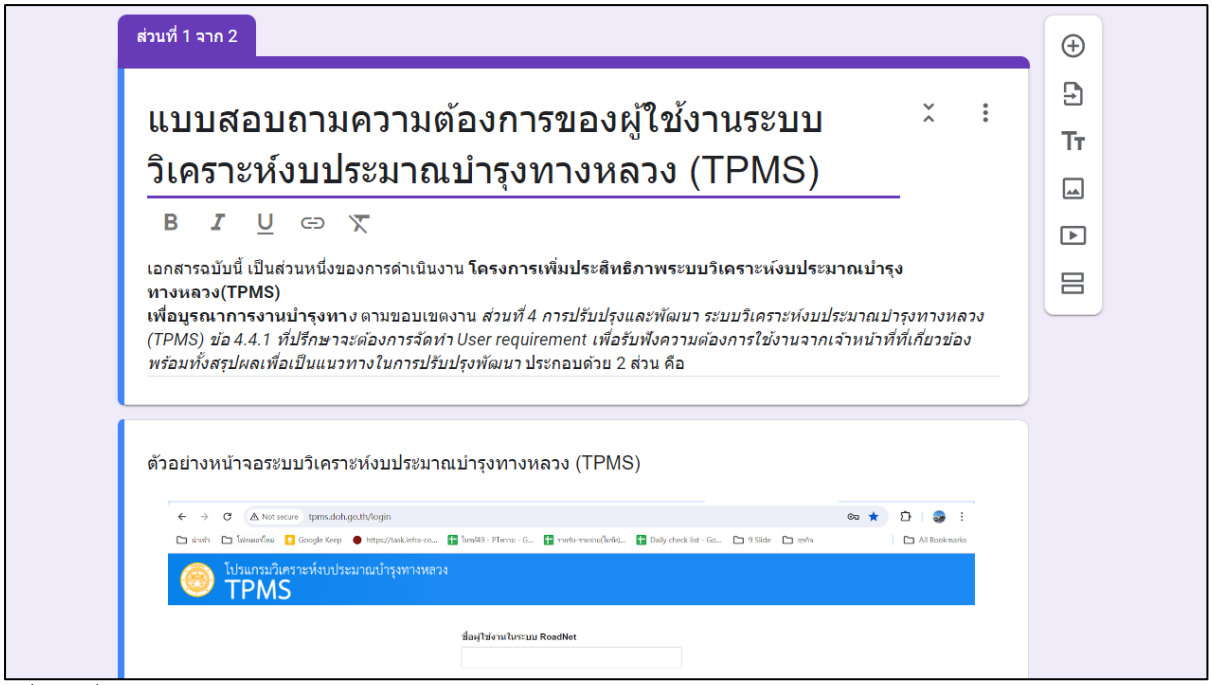
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-103 ภาพบรรยากาศการประชุมสำรวจความต้องการของระบบจากผู้ใช้งาน (User Requirements) ผู้ใช้งานระดับปฏิบัติการ (Project Level)

4) ข้อเสนอแนะจากแบบสอบถามออนไลน์

ที่ปรึกษาได้จัดทำแบบสอบถามออนไลน์ นำเสนอรายละเอียดภาพรวมของระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อให้เจ้าหน้าที่ระดับสำนักฯ หรือแขวงฯ มีส่วนในการพัฒนาและปรับปรุงแบบระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ทั้งการพัฒนาแบบจำลองทำนายการเสื่อมสภาพ (Deterioration Model) แบบจำลองผลกระทบจากมาตรฐานการซ่อม (Road Work Effect Model) และแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง (Road User Effect Model) การจัดสรรงบประมาณ รวมทั้งกระบวนการวิเคราะห์ในมิติ และตัวแปรต่าง ๆ ทั้งความเรียบและความเสียดทานที่ใช้ในการบริหารแผนและงบประมาณการซ่อมบำรุง เพื่อยกระดับการปฏิบัติงาน และเพิ่มประสิทธิภาพพัฒนาการบริหารและบำรุงรักษาทางหลวง (TPMS)

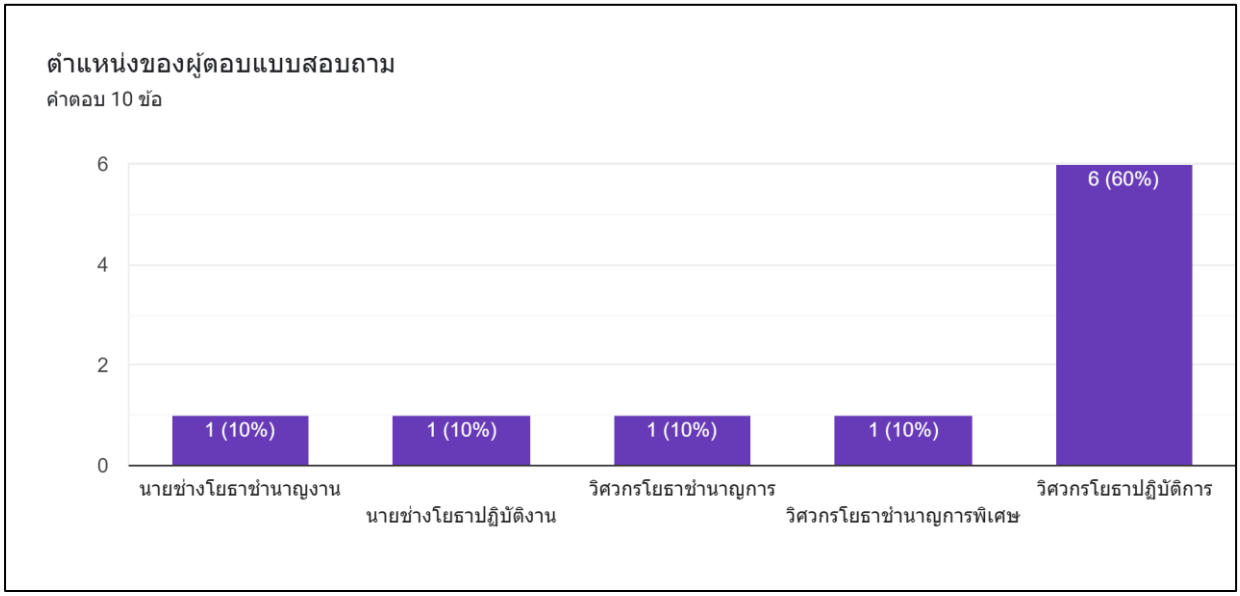
แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) และส่วนที่ 2 ข้อคำถามจำนวน 18 ข้อ เพื่อใช้ประกอบการพัฒนาและปรับปรุงแบบระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานระดับปฏิบัติการ ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2-104



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-104 ตัวอย่างแบบสอบถามออนไลน์สำหรับสอบถามความต้องการของผู้ใช้งานระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

ทั้งนี้ มีเจ้าหน้าที่ตอบแบบสอบถามมาทั้งหมด 10 ราย โดยเป็นเจ้าหน้าที่ในตำแหน่งวิศวกรโยธาปฏิบัติการมากที่สุด (6 ราย) และนายช่างโยธาปฏิบัติงาน นายช่างโยธาชำนาญงาน วิศวกรโยธาชำนาญการ และวิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งละ 1 ราย แสดงดังรูปที่ 2-105



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-105 จำนวนและตำแหน่งของเจ้าหน้าที่ที่ตอบแบบสอบถามออนไลน์

ข้อมูลจากแบบสอบถามแสดงให้เห็นว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม 90% รู้จักแต่ไม่เคยใช้งานระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) และผู้ตอบแบบสอบถาม 10% ไม่รู้จักและไม่เคยใช้งานระบบ โดยใน 90% ของผู้ตอบแบบสอบถามที่รู้จักระบบ เห็นว่าระบบมีความซับซ้อน ทำให้เป็นข้อจำกัดในการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ผู้ตอบแบบสอบถาม 100% เห็นว่า ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) มีประโยชน์ต่อการดำเนินงานตามภารกิจของกรมทางหลวง และกว่า 70% ของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดต้องการมีส่วนร่วมในการปรับปรุงระบบ โดยเห็นควรให้มีการปรับปรุง ดังนี้

- ควรปรับปรุงหน้าระบบให้สวยงามและใช้งานง่าย
- ควรเพิ่มแบบจำลองที่ใช้ประกอบการวางแผนงานซ่อมบำรุงในระบบ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงการใช้งานจริงมากที่สุด
- ควรเพิ่มการแสดงผลข้อมูลสรุปและแนวทางการการส่งออกรายงานเพื่อให้สามารถนำเสนอผู้บริหารเพื่อขออนุมัติงบประมาณได้ทันที
- ควรมีช่องทางแสดงเงื่อนไขในการคัดเลือกสายทางที่จะซ่อมบำรุงที่ผู้บริหารต้องการเพื่อให้เจ้าหน้าที่นำไปใช้วิเคราะห์ในพื้นที่รับผิดชอบของตน
- ควรเพิ่มการแสดงผลสรุปความเสียหายรูปแบบอื่น ๆ จากการสำรวจนอกเหนือจาก IRI และจากที่ผู้ตอบแบบสอบถาม 70% เคยใช้งานระบบอื่น ๆ ของกรมทางหลวง เช่น PLANNET, RMMS, HAIMS, TIMS เป็นต้น ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นควรแสดงข้อมูลสรุปภาพรวมในรูปแบบแผนภูมิ ดังนี้
- 100% ของผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นควรแสดงแผนภูมิสรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI และปริมาณจราจร, ร้อยละรถบรรทุก, ลำดับชั้นถนน หรืออื่น ๆ
- 80% ของผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นควรแสดงแผนภูมิสรุประยะทางและจำนวนสายทางที่อยู่ในระยะค้ำประกัน
- 70% ของผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นควรแสดงแผนภูมิสรุปสถิติค่า IRI และ IFI เฉลี่ยต่อปี
- 70% ของผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นควรแสดงแผนภูมิสถิติค่าความเสียหายบนผิวทาง นอกเหนือจาก IRI และ IFI เฉลี่ยต่อปี
- 70% ของผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นควรแสดงแผนภูมิปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อปีแยกประเภทยานพาหนะ
- 70% ของผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นควรแสดงแผนภูมิสถิติการเกิดอุบัติเหตุบนทางหลวงรายปี
- 60% ของผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นควรแสดงแผนภูมิร้อยละของ IRI ตามเกณฑ์ที่กำหนด (ดีมาก/ดี/ปานกลาง/แย่/แย่มาก)
- 50% ของผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นควรแสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่า IFI และปริมาณจราจร, ร้อยละรถบรรทุก, ลำดับชั้นถนน หรืออื่น ๆ
- 20% ของผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นควรแสดงแผนภูมิร้อยละของ IFI ตามเกณฑ์ที่กำหนด (ผ่าน/ไม่ผ่าน)

ทั้งนี้ ตามที่กรมทางหลวงมีการประกาศเป้าหมายและทิศทางในการดำเนินภารกิจ 6 ด้าน 14 ภารกิจ ซึ่งภารกิจที่ 1 เป็นการกำหนดหลักเกณฑ์ปรับปรุงถนนให้เป็นไปตามลำดับชั้นทางหลวง (Road Hierarchy) และนำมาใช้ในกระบวนงานที่เกี่ยวข้อง ที่ปรึกษาจึงได้มีข้อคำถามทางแบบสอบถามออนไลน์ เพื่อให้ทราบว่าเจ้าหน้าที่ที่ตอบแบบสอบถาม มีความรู้ความเข้าใจเรื่องตามลำดับชั้นทางหลวง (Road Hierarchy) หรือไม่ โดย 70% – 90% มีความเข้าใจในตามลำดับชั้นทางหลวง (Road Hierarchy) และผู้ตอบแบบสอบถามถึง 90% มีความเห็นว่าระบบควรมีเงื่อนไขลำดับชั้นทางหลวง (Road Hierarchy) เป็นเงื่อนไขในการคัดเลือกสายทางเพื่อทำการวิเคราะห์ นอกจากนั้น ผู้ตอบแบบสอบถาม 60% - 100% เห็นว่าระบบควรมีเงื่อนไขช่วงค่าความเสียหายบนผิวทาง นอกเหนือจาก IRI และ IFI ที่ต้องการ, ช่วงปริมาณจราจร (AADT) ที่ต้องการ, ช่วงค่า IRI และ IFI ที่ต้องการ, ชนิดผิวทาง, หน่วยงานที่รับผิดชอบ (สำนักฯ, แขวงฯ, หมวดฯ), จังหวัดตามขอบเขตความรับผิดชอบของกรมทางหลวง, ภูมิภาคตามขอบเขตความรับผิดชอบของกรมทางหลวง และภูมิภาคตามขอบเขตการปกครอง โดยมีเพียง 50% เท่านั้น ที่เห็นควรมีเงื่อนไขจังหวัดตามขอบเขตการปกครองในการคัดเลือกสายทางเพื่อทำการวิเคราะห์

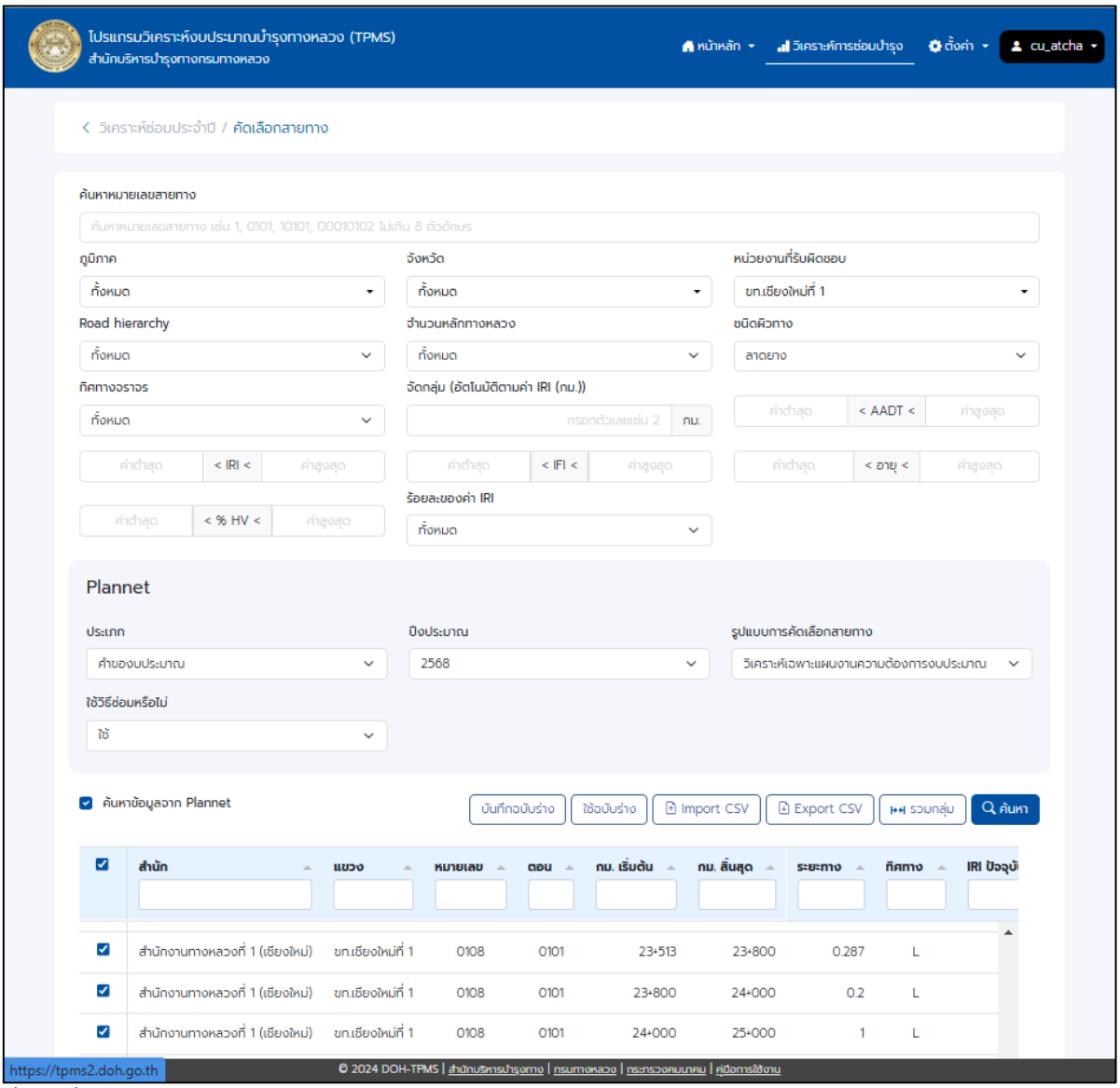
สำหรับเงื่อนไขการซ่อมบำรุง 80% - 100% ของผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่าควรกำหนดให้มีการซ่อมบำรุงผิวทางให้มีค่า IRI ตามเป้าหมายที่กำหนด, การจำกัดงบประมาณ (งบประมาณภาพรวม, แยกตามหน่วยงาน, แยกตามวิธีการซ่อมบำรุง), การซ่อมบำรุงผิวทางให้มีค่า IFI ตามเป้าหมายที่กำหนด และการซ่อมบำรุงผิวทางให้มีค่าความเสียหายอื่น ๆ ตามเป้าหมายที่กำหนด ทั้งนี้ ผู้ตอบแบบสอบถาม 70% เห็นควรมีเงื่อนไขการซ่อมบำรุงแบบไม่จำกัดงบประมาณ

ในส่วนของการแก้ไขรายการอื่น ๆ ผู้ตอบแบบสอบถาม 70% - 80% ต้องการแก้ไขรหัสงานซ่อมบำรุง และชื่อวิธีซ่อมบำรุงได้ด้วยตนเอง

นอกจากนั้น เมื่อสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางหลวง ผู้ตอบแบบสอบถามกว่า 70% เห็นว่าความเสียหายประเภทหลุมบ่อมีผลมากที่สุด และเมื่อสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุบนทางหลวง ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่า หลุมบ่อ และถนนลื่น เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด โดยเห็นว่าค่า IRI มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานและการเกิดอุบัติเหตุค่อนข้างน้อย

2.4.2 การพัฒนาเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) สำหรับการคัดเลือกสายทาง เพื่อเลือกข้อมูล การสำรวจและข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์บริหารงานบำรุง พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการนำเข้า ตามความต้องการของกรมทางหลวง

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ให้การคัดเลือกสายทาง สามารถกรองข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น จังหวัด, หน่วยงานที่รับผิดชอบ, ชนิดผิวทาง เป็นต้น รวมไปสามารถกรองค่า IRI, AADT, IFI, AGE, %HV และ %IRI เพื่อให้ผู้ใช้งานระบบสามารถเลือกข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์งบประมาณสามารถเลือกกรองข้อมูลได้อย่างอิสระ และยังเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานระบบ



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-106 หน้าคัดเลือกสายทาง

2.4.3 การพัฒนาระบบการวิเคราะห์ โดยระบบที่พัฒนาต้องสามารถรองรับการจัดทำแผนการบำรุงรักษาได้ตามระยะเวลาในการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบและเงื่อนไขมีความยืดหยุ่น ปรับเปลี่ยนตัวแปรในสมการและแบบจำลองรูปแบบในการซ่อมบำรุง

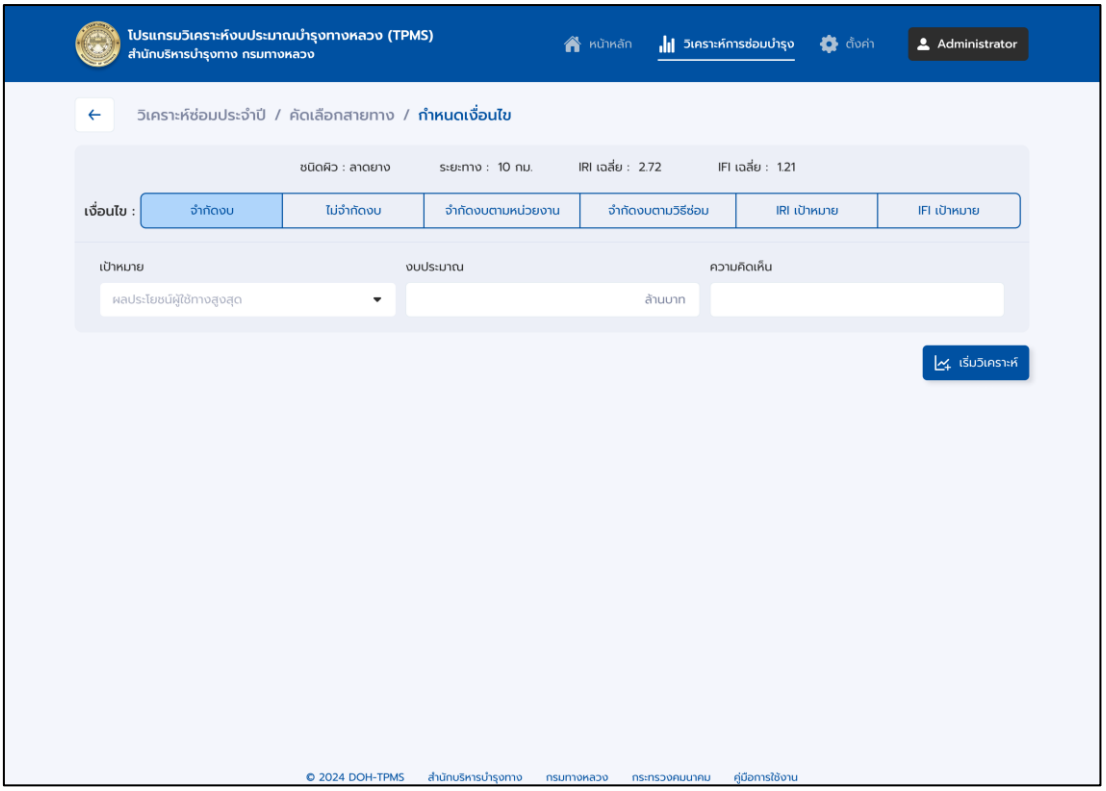
ระบบการวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ที่ปรึกษาได้ออกแบบให้สามารถเลือกเงื่อนไขในการวิเคราะห์ได้ ไม่ว่าจะเป็นเงื่อนไขแบบจำกัดงบ ที่ผู้ใช้งานสามารถเลือกเป้าหมายได้ว่าต้องการเป้าหมายตามค่า IRI เฉลี่ย IFI เฉลี่ย หรือ ผลประโยชน์ผู้ใช้ทางสูงสุด มีค่าเป็นเท่าไรหลังจากผ่านการซ่อมบำรุงแล้วด้วยงบประมาณที่ใช้งานระบุไว้ ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2-107

เงื่อนไขไม่จำกัดงบที่ปรึกษาได้ออกแบบให้ระบบวิเคราะห์สามารถวิเคราะห์จำนวนเงินที่ใช้ซ่อมบำรุงเพื่อให้ได้ประโยชน์ของผู้ใช้ทางสูงสุด โดยไม่คำนึงถึงจำนวนเงินที่ใช้ในการซ่อมบำรุง ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2-108

เงื่อนไขจำกัดงบประมาณตามหน่วยงาน ผู้ใช้งานสามารถกำหนดงบประมาณหลักที่จะกระจายให้แต่ละสำนักหรือแต่ละหน่วยงาน และระบบจะทำการวิเคราะห์ค่า IRI และ IFI หลังซ่อมตามงบประมาณที่ได้ตามแต่ละหน่วยงาน ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2-109

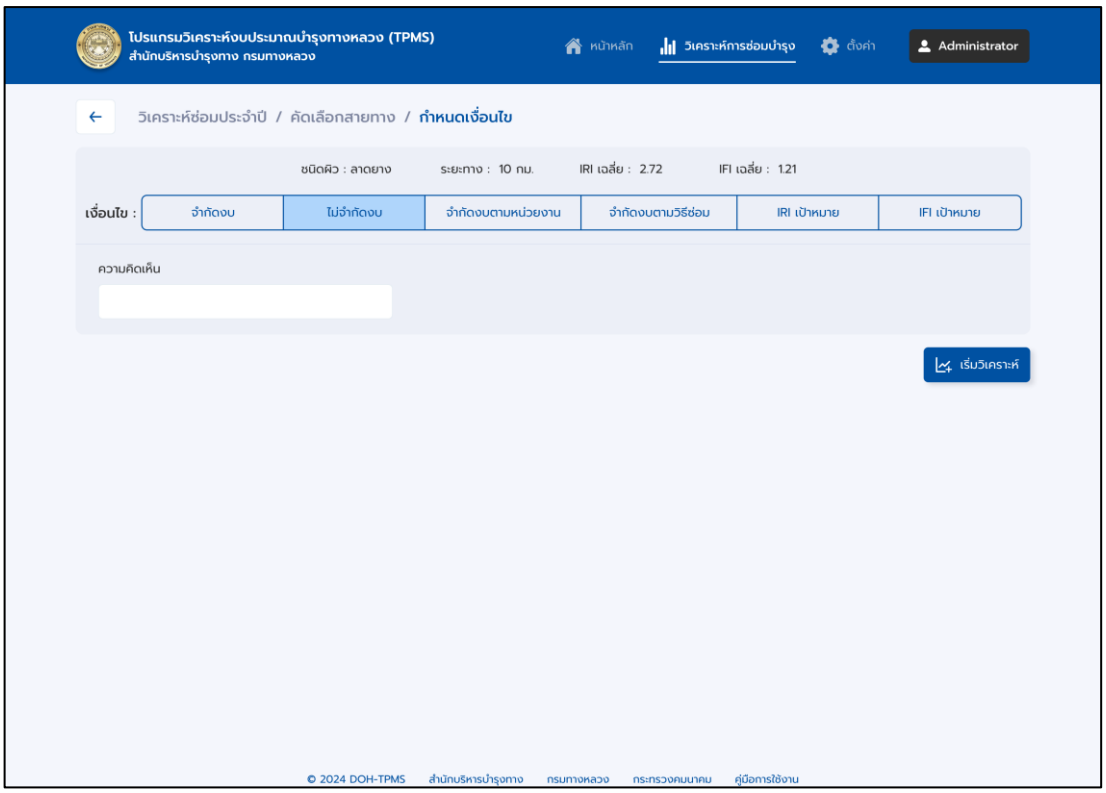
เงื่อนไขจำกัดงบตามวิธีซ่อม หลังจากผู้ใช้งานระบบ ระบุจำนวนเงินของแต่ละวิธีซ่อมแล้ว ระบบจะทำการวิเคราะห์ค่าความเสียหายของแต่ละสายทาง โดยผ่านเกณฑ์การคัดเลือกวิธีซ่อม (Intervention criteria) เพื่อตรวจสอบว่าแต่ละสายทางจำเป็นต้องซ่อมด้วยวิธีการซ่อมแบบใดก่อนจะถูกนำไปวิเคราะห์ค่า IRI และ IFI โดยจำกัดงบตามวิธีซ่อม ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2-110

เงื่อนไข IRI เป้าหมาย และ IFI เป้าหมาย ลักษณะการออกแบบจะเป็นในรูปเดียวกัน คือ ระบบจะทำการวิเคราะห์ค่า IRI และ IFI โดยมี 2 เงื่อนไขให้เลือก 1. ค่าซ่อมต่ำสุด และ 2. ผลประโยชน์ผู้ใช้ทางสูงสุดโดยสามารถกำหนดค่า IRI และ IFI หลังซ่อมได้ ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2-111 และรูปที่ 2-112



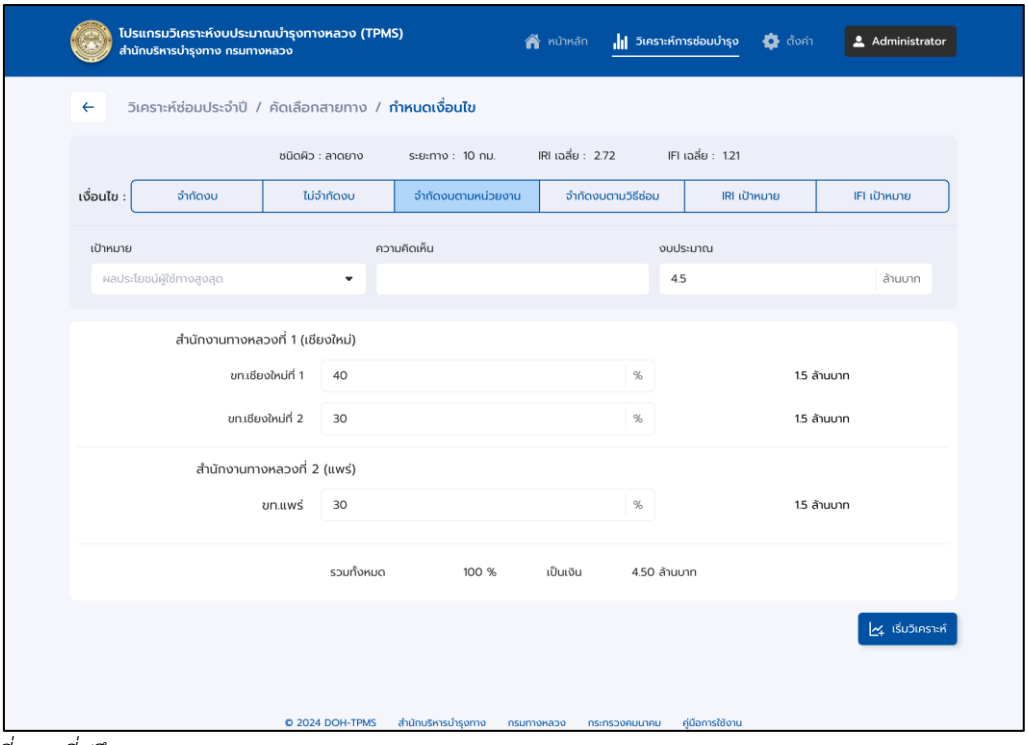
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-107 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบจำกัดงบ



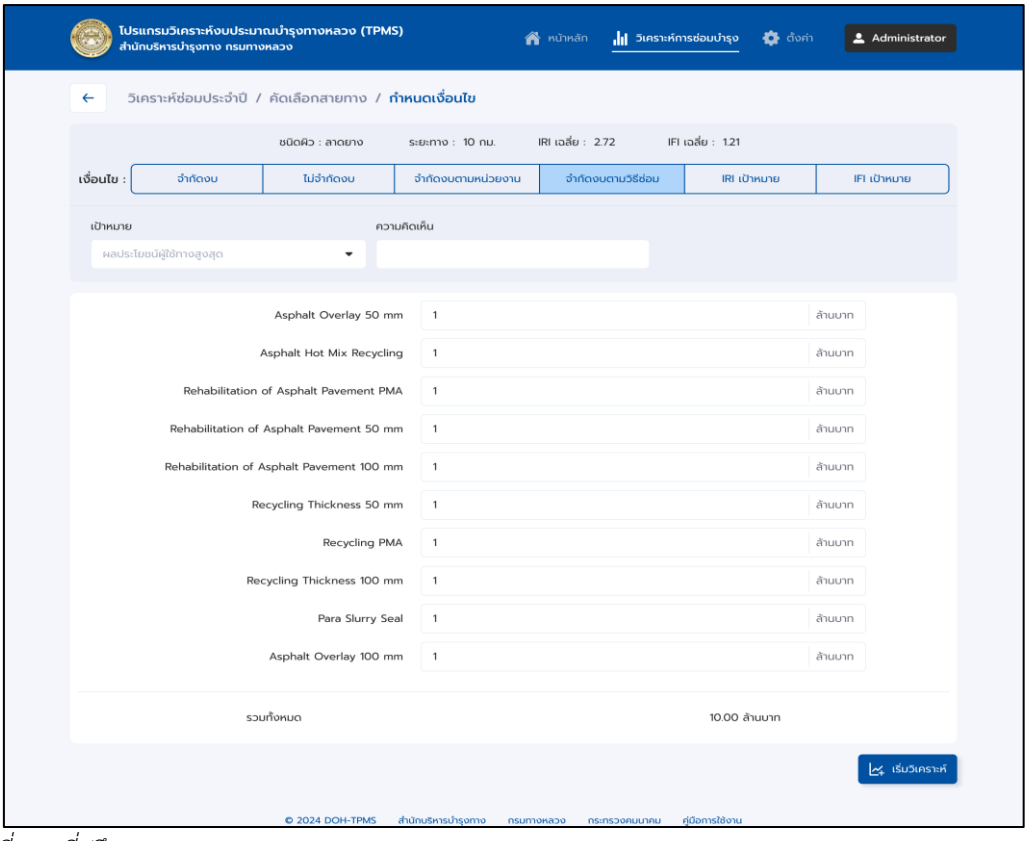
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-108 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบไม่จำกัดงบ



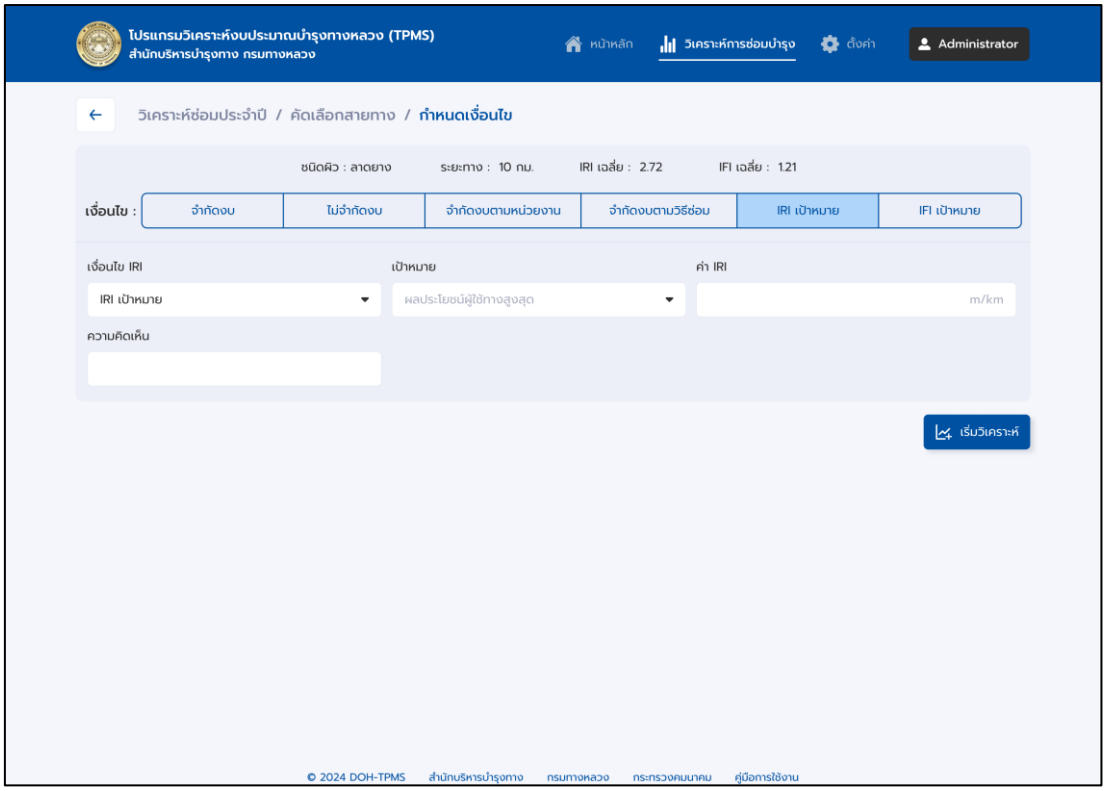
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-109 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบจำกัดงบตามหน่วยงาน



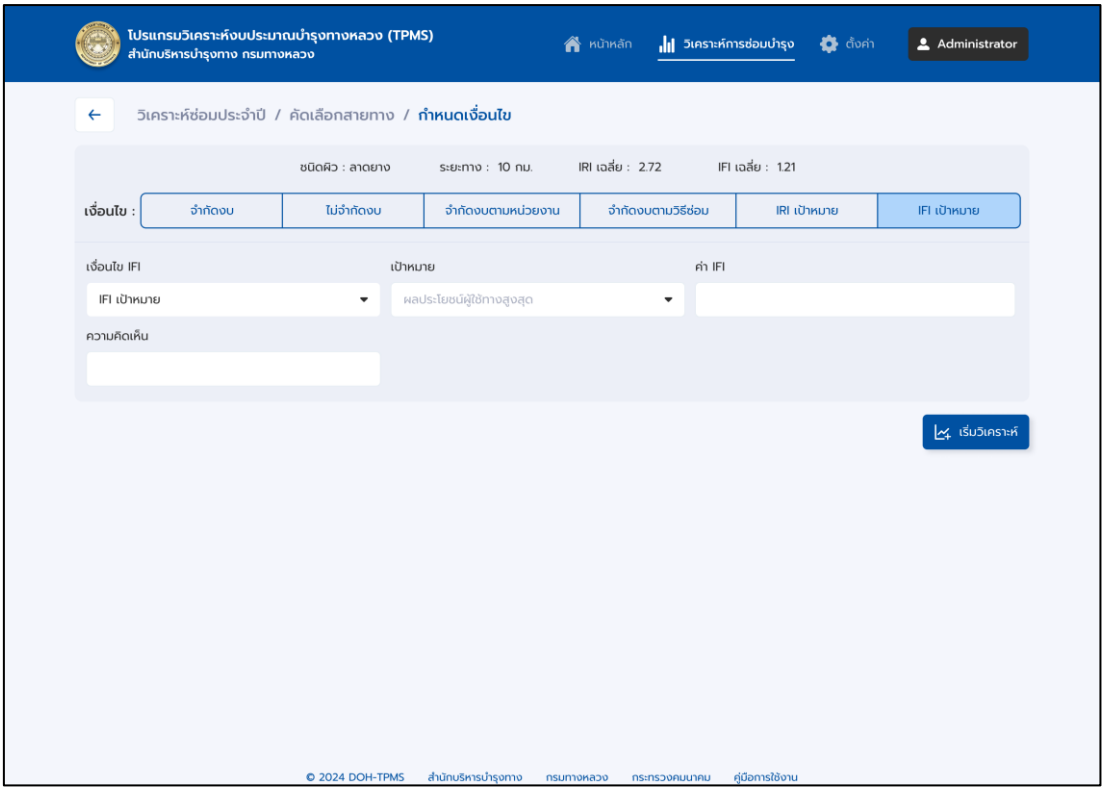
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-110 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบจำกัดงบตามวิธีซ่อม



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-111 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบ IRI เป้าหมาย

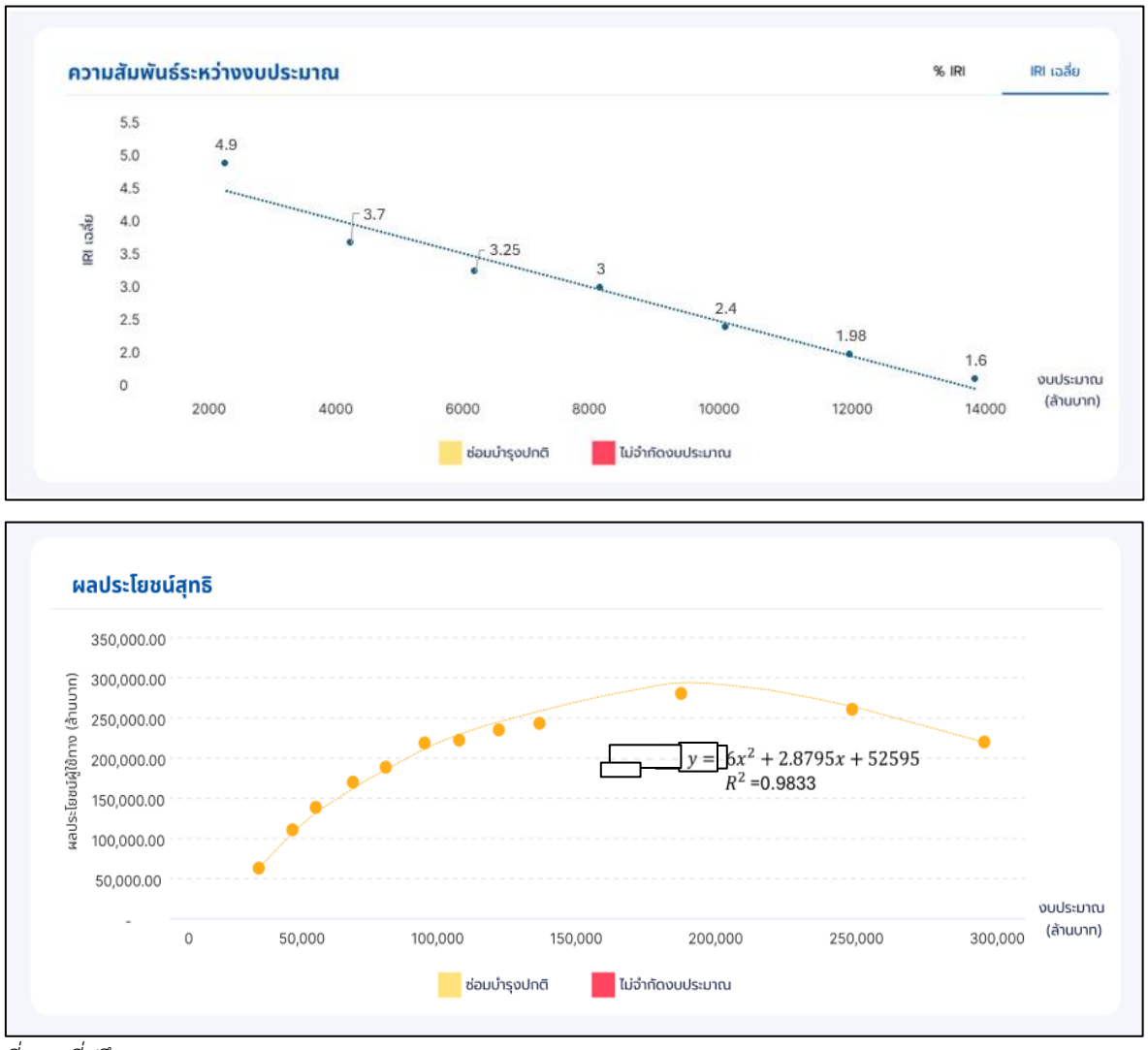


ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-112 ตัวอย่างหน้าเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์แบบ IFI เป้าหมาย

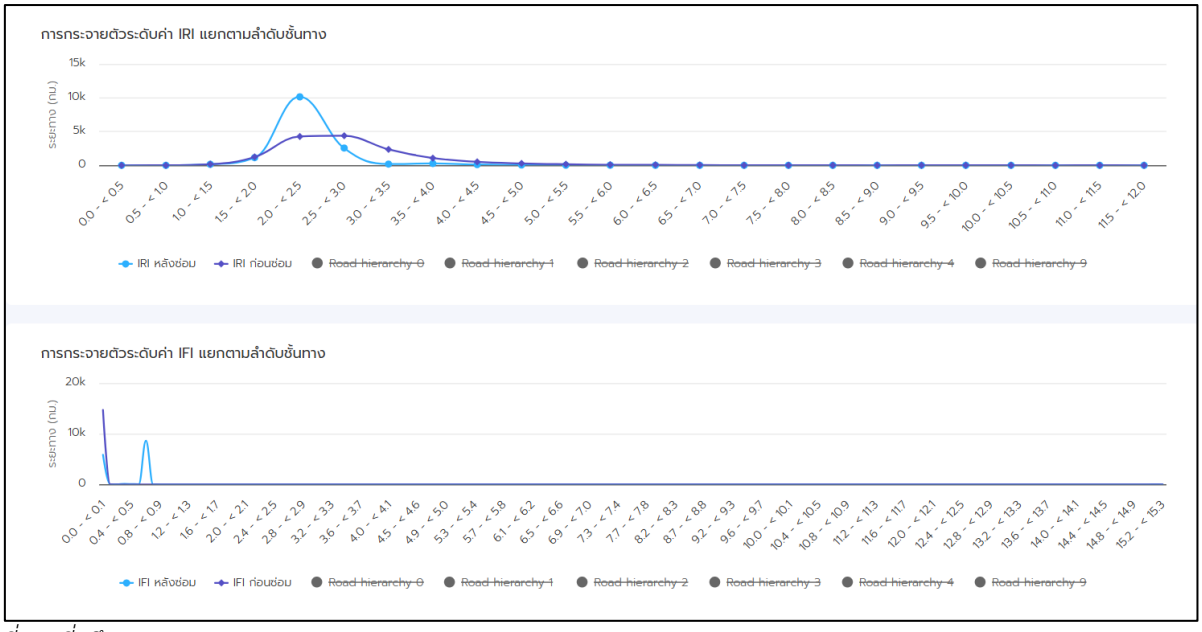
2.4.4 การพัฒนาระบบการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการส่งออกรายงาน โดยระบบที่พัฒนาจะต้องนำเสนอข้อมูลรูปแบบ เช่น แดชบอร์ด (Dashboard) กราฟ (Graph) แผนภูมิ (Chart) เพื่อนำเสนอผลการวิเคราะห์ในมิติต่าง ๆ ได้

ในการพัฒนาระบบงบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ที่ปรึกษาได้ดำเนินการออกแบบให้ระบบสามารถนำเสนอข้อมูลในรูปแบบ กราฟ แผนภูมิ เพื่อให้ง่ายต่อการสรุปผล และรายงานผลการวิเคราะห์งบประมาณ



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-113 ตัวอย่างการแสดงผล ข้อมูลหลังการวิเคราะห์รูปแบบกราฟ

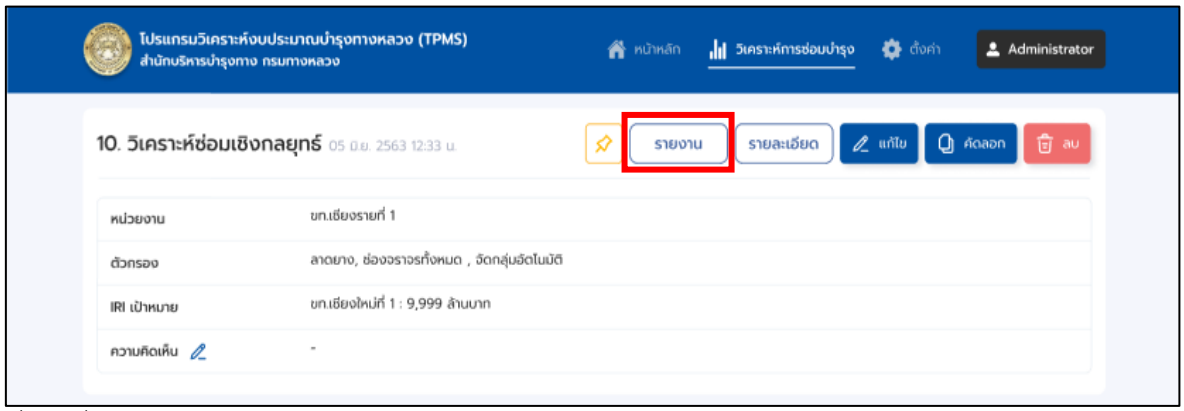


ที่มา: ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-114 ตัวอย่างการแสดงผล ข้อมูลหลังการวิเคราะห์รูปแบบแผนภูมิ

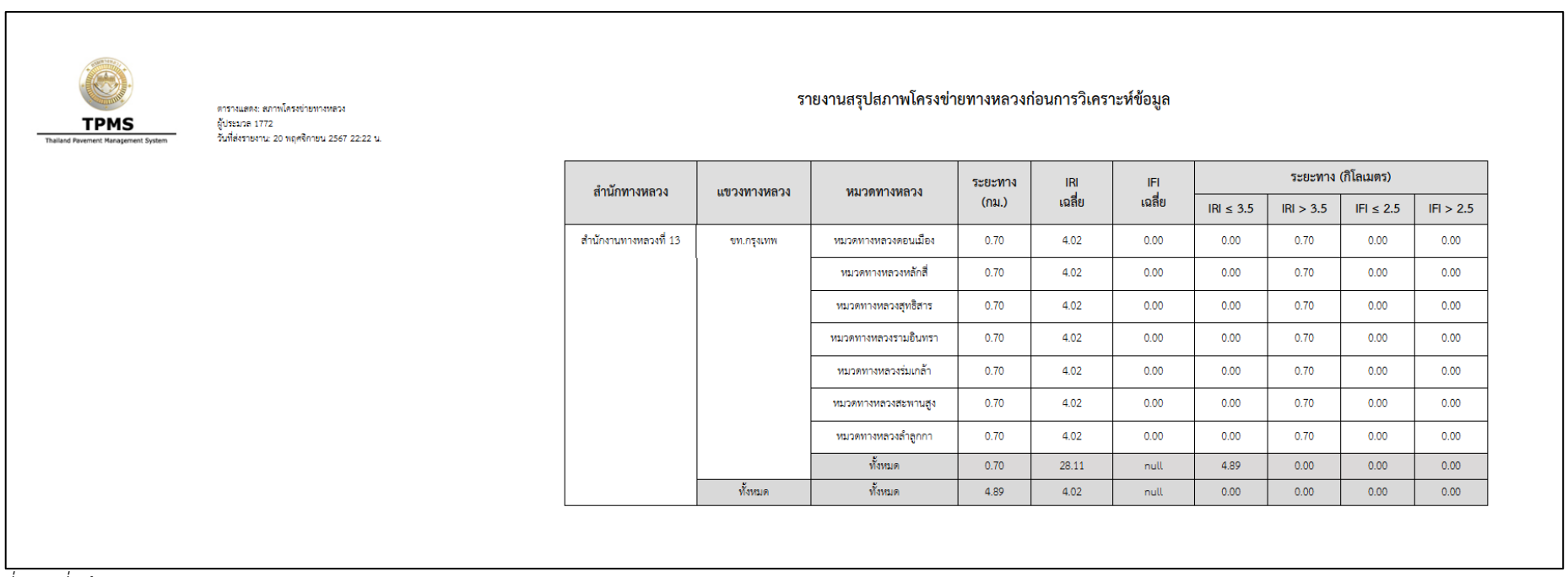
2.4.5 การแสดงผลการวิเคราะห์และส่งออกในรูปแบบต่าง ๆ ตามความต้องการของหน่วยงาน

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการออกแบบให้ระบบสามารถแสดงผลการวิคราะห์ ซึ่งถูกอธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 2.4.4 และผู้ใช้งานระบบสามารถกดปุ่มรายงานเพื่อส่งออกข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์แล้ว ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลการวิเคราะห์หรือข้อมูลการแสดงผลในรูปแบบกราฟต่าง ๆ ตัวอย่างรายงาน แสดงดังรูปที่ 2-115 ถึง รูปที่ 2-117



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-115 แสดงตัวอย่างปุ่มส่งออกข้อมูล



TPMS
Thailand Pavement Management System

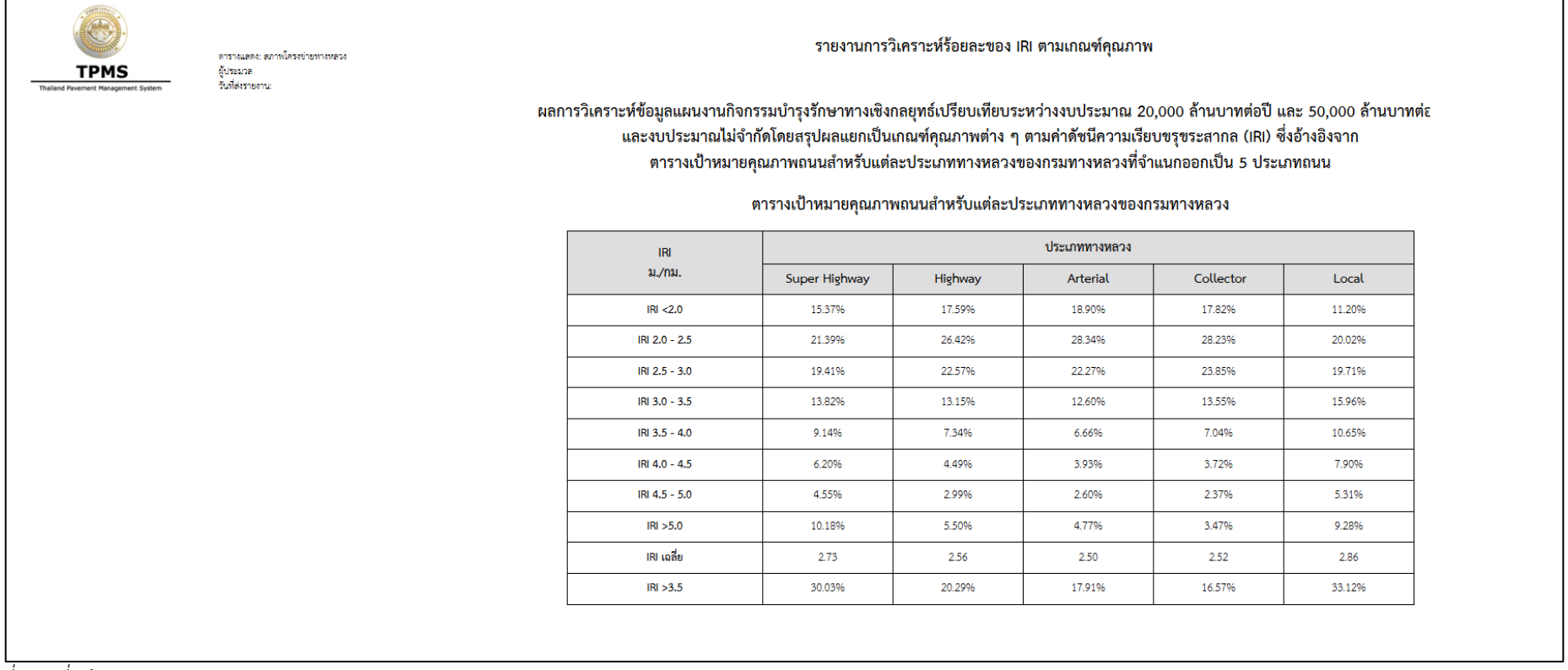
ตารางแสดง: สภาพโครงข่ายทางหลวง
ผู้ประมวล 1772
วันที่ส่งรายงาน: 20 พฤศจิกายน 2567 22:22 น.

รายงานสรุปสภาพโครงข่ายทางหลวงก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล

สำนักทางหลวง	แขวงทางหลวง	หมวดทางหลวง	ระยะทาง (กม.)	IRI เฉลี่ย	IFI เฉลี่ย	ระยะทาง (กิโลเมตร)			
						IRI ≤ 3.5	IRI > 3.5	IFI ≤ 2.5	IFI > 2.5
สำนักงานทางหลวงที่ 13	ขท.กรุงเทพ	หมวดทางหลวงดอนเมือง	0.70	4.02	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
		หมวดทางหลวงหลักสี่	0.70	4.02	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
		หมวดทางหลวงสุทธิสาร	0.70	4.02	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
		หมวดทางหลวงรามอินทรา	0.70	4.02	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
		หมวดทางหลวงร่มเกล้า	0.70	4.02	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
		หมวดทางหลวงสะพานสูง	0.70	4.02	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
		หมวดทางหลวงลำลูกกา	0.70	4.02	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
		ทั้งหมด	0.70	28.11	null	4.89	0.00	0.00	0.00
	ทั้งหมด	ทั้งหมด	4.89	4.02	null	0.00	0.00	0.00	0.00

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-116 ตัวอย่างการส่งออกรายงานในรูปแบบรายงาน



TPMS
Thailand Pavement Management System

ตารางแสดง: สภาพโครงข่ายทางหลวง
ผู้ประมวล
วันที่ส่งรายงาน:

รายงานการวิเคราะห์ร้อยละของ IRI ตามเกณฑ์คุณภาพ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางเชิงกลยุทธ์เปรียบเทียบระหว่างงบประมาณ 20,000 ล้านบาทต่อปี และ 50,000 ล้านบาทต่อ และงบประมาณไม่จำกัดโดยสรุปผลแยกเป็นเกณฑ์คุณภาพต่าง ๆ ตามค่าดัชนีความเรียบขรุขระสากล (IRI) ซึ่งอ้างอิงจาก ตารางเป้าหมายคุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวงของกรมทางหลวงที่จำแนกออกเป็น 5 ประเภทถนน

ตารางเป้าหมายคุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวงของกรมทางหลวง

IRI ม./กม.	ประเภททางหลวง				
	Super Highway	Highway	Arterial	Collector	Local
IRI <2.0	15.37%	17.59%	18.90%	17.82%	11.20%
IRI 2.0 - 2.5	21.39%	26.42%	28.34%	28.23%	20.02%
IRI 2.5 - 3.0	19.41%	22.57%	22.27%	23.85%	19.71%
IRI 3.0 - 3.5	13.82%	13.15%	12.60%	13.55%	15.96%
IRI 3.5 - 4.0	9.14%	7.34%	6.66%	7.04%	10.65%
IRI 4.0 - 4.5	6.20%	4.49%	3.93%	3.72%	7.90%
IRI 4.5 - 5.0	4.55%	2.99%	2.60%	2.37%	5.31%
IRI >5.0	10.18%	5.50%	4.77%	3.47%	9.28%
IRI เฉลี่ย	2.73	2.56	2.50	2.52	2.86
IRI >3.5	30.03%	20.29%	17.91%	16.57%	33.12%

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

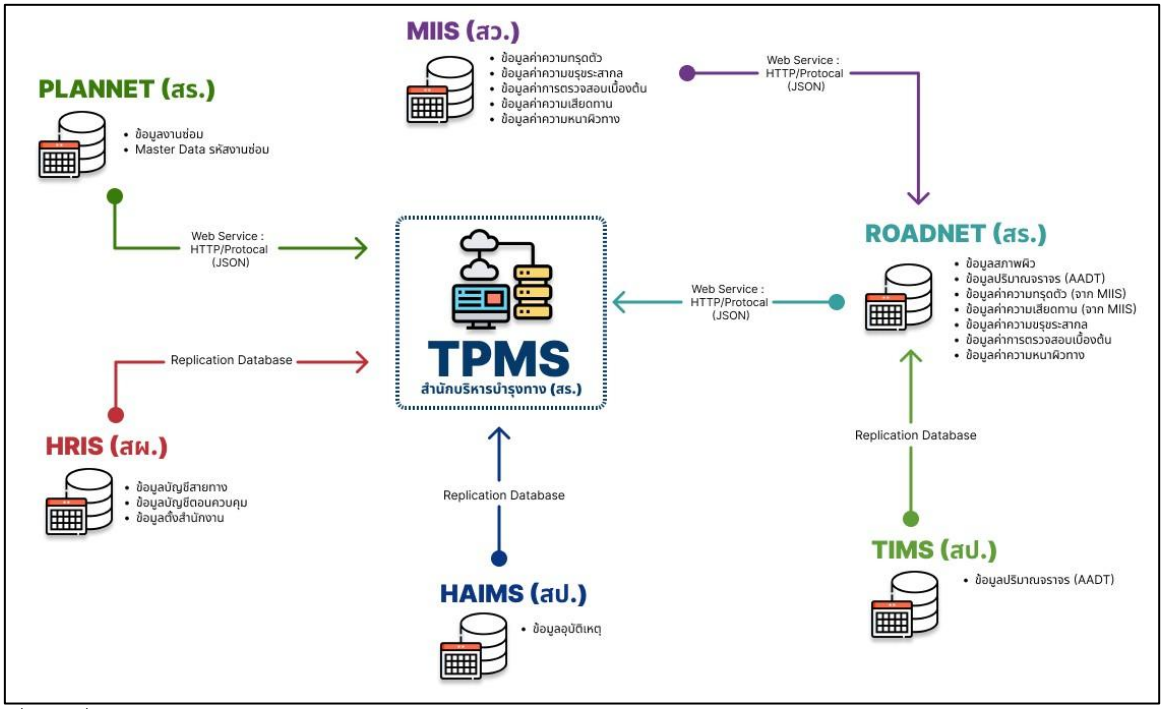
รูปที่ 2-117 ตัวอย่างการส่งออกรายงานในรูปแบบแผนภูมิ

2.5 งานส่วนที่ 5 การเชื่อมต่อข้อมูลจากระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และการทดสอบระบบ

2.5.1 การเชื่อมโยงข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งโดยตรง และโดยอ้อม เพื่อความถูกต้อง และสมบูรณ์ของข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์

1) ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet)
2) ระบบสารสนเทศปริมาณจราจร (Traffic Information Management System, TIMS)
3) ระบบรายงานอุบัติเหตุบนทางหลวง (Highway Accident Information Management System, HAIMS)
4) ระบบบริหารแผนงานทางหลวง (Plannet)
5) ระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง กรมทางหลวง (Highway Registration Information System, HRIS)
6) ระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (Material and Inspection Information System, MIIS)

ในการเชื่อมโยงข้อมูลจะเห็นได้ว่าที่ปรึกษาจำเป็นที่จะต้องเชื่อมโยงข้อมูลที่จำเป็นจะต้องใช้สำหรับการวิเคราะห์งบประมาณหลายระบบ โดยที่แต่ระบบที่ปรึกษาก็จะเชื่อมโยงข้อมูลบางส่วนที่จำเป็นจะต้องใช้ในการวิเคราะห์เท่านั้น เพื่อเป็นการช่วยลดภาระที่จะต้องจัดเก็บข้อมูลที่ถูกดึงมา



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-118 แผนผังการเชื่อมโยงข้อมูลของแต่ละระบบ

2.5.2 การติดตั้งและดำเนินการทดสอบเพื่อการยอมรับ User Acceptance Test (UAT) โดยใช้ข้อมูลล่าสุดในฐานข้อมูลของระบบที่ถูกเชื่อมโยง และแบบจำลองต่าง ๆ ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสมของแบบจำลองต่าง ๆ ที่ได้ถูกทำการปรับปรุงในโครงการ

ที่ปรึกษาได้ทำการทดสอบเพื่อการยอมรับ (User Acceptant Test) และจัดทำรายงานสอนการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการข้อมูลด้านผิวทาง ในฟังก์ชันทำงานต่าง ๆ ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ของโครงการฯ

การทดสอบระบบ เป็นกระบวนการประเมินและปรับปรุงระบบที่พัฒนาขึ้นให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ ปลอดภัย และมีคุณภาพ โดยที่ปรึกษาจะจัดทำแผนการทดสอบ และผลการทดสอบระบบงาน (System Test Plan and Report) ซึ่งจะทำการทดสอบระบบงาน (User Acceptance Test: UAT) ในวิธีการดังกล่าว คือกระบวนการทดสอบระบบก่อนใช้งานจริง ในขั้นตอนสุดท้ายเพื่อตรวจสอบความพร้อมของระบบ อีกทั้งระบบจะต้องตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานที่ได้กำหนดไว้ (Software Requirements) โดยผลลัพธ์การทดสอบจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขความสมบูรณ์ของระบบที่ควรจะเป็น และสามารถยอมรับได้ (Acceptance Criteria) ซึ่งได้ร่วมกันกำหนดขึ้นระหว่างผู้ใช้งานระบบและทีมงานพัฒนาระบบ รวมถึงส่วนงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ในการทดสอบ User Acceptance Test (UAT) ผู้ใช้งานระบบจริงจะต้องเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการทดสอบเริ่มตั้งแต่กำหนดกรณีทดสอบ (Test Case/Scenario) ร่วมทดสอบระบบ (Executes Test) จนถึงการประเมินและสรุปผลการทดสอบ (UAT Result and Evaluation) และตัดสินใจว่าระบบดังกล่าวจะสามารถนำไปใช้งานจริงได้หรือไม่ ถ้าหากไม่สามารถใช้งานได้จริงระบบจะถูกนำไปปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง จนกระทั่งเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่ายว่าสามารถใช้งานจริงได้ โดยสภาพแวดล้อมในการทำ UAT (UAT/Test Environment) จะต้องเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมของการใช้งานจริง (Hardware/Software/Data on Production Environment) มากที่สุด เพื่อให้การทดสอบใกล้เคียงกับการทำงานจริงมากที่สุด และได้ผลการทดสอบที่น่าเชื่อถือ การทดสอบซอฟต์แวร์หรือระบบสามารถแบ่งได้เป็น 4 กระบวนการ ดังนี้

1) วิเคราะห์ความต้องการเชิงธุรกิจ (Business Requirements)

การจะทำ UAT ให้ได้มีประสิทธิภาพความต้องการเชิงธุรกิจต้องมีความชัดเจน ทีมทดสอบควรเริ่มต้นจากทำความเข้าใจเป้าหมายของธุรกิจ ความต้องการของผู้ใช้ และขอบเขตของโพรเจกต์

2) วางแผนการทำ UAT

แผนการทำ UAT มีจุดประสงค์เพื่อให้มั่นใจว่ากระบวนการทำ UAT จะเป็นไปตามความต้องการเชิงธุรกิจ ในขั้นตอนนี้ทีมทดสอบจะกำหนดว่าต้องการทดสอบอะไรบ้าง ระบุเกณฑ์การยอมรับ (Acceptance criteria) ใครเป็นคนดำเนินการในแต่ละการทดสอบ ไทม์ไลน์การทำงาน และอื่น ๆ

3) กำหนดสถานการณ์ที่ใช้ในการทดสอบ (Test Scenarios)

ขั้นตอนนี้ คือ การกำหนดสถานการณ์ที่ใช้ในการทดสอบ (Test Scenarios) รวมไปถึงกรณีที่ใช้ในการทดสอบ (Test Cases) และข้อมูลที่ใช้ (Test data) โดยควรจะทดสอบในสถานการณ์จริงหรือใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากที่สุดเพื่อให้ผลลัพธ์น่าเชื่อถือ เช่น ทรัพยากรบนเครื่องที่ใช้ทดสอบ และประสิทธิภาพในการใช้งาน เป็นต้น ขั้นตอนนี้ คือ การกำหนดสถานการณ์ที่ใช้ในการทดสอบ (Test Scenarios) รวมไปถึงกรณีที่ใช้ในการทดสอบ (Test Cases) และข้อมูลที่ใช้ (Test data)

4) ทดสอบ UAT และบันทึกข้อมูล

หลังจากกำหนดแผน สถานการณ์และข้อมูลจำเป็นต่าง ๆ แล้ว ขั้นตอนต่อมา คือ การทดสอบจริง และจดบันทึกผลลัพธ์ ปัญหา รวมถึงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น สิ่งสำคัญในขั้นตอนนี้ คือ การสื่อสารที่ดีระหว่างผู้ใช้ ผู้ทดสอบ และผู้พัฒนา

5) ประเมินผลลัพธ์

ถ้าการทดสอบพบข้อผิดพลาด หรือไม่ตรงตามข้อกำหนดโปรดักต์จะถูกนำไปปรับปรุงแก้ไข แล้วจะกลับเข้าสู่กระบวนการ UAT อีกครั้ง ในทางตรงกันข้ามถ้าผลลัพธ์การทดสอบผ่านเกณฑ์การยอมรับ และไม่พบข้อบกพร่องจากการใช้งานแล้ว หลังจากนั้นจะมีการลงนามอนุมัติเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ใช้งาน (UAT Sign Off) นอกจากนี้ควรมีการคุย Feedback กันภายในทีมทดสอบและทีมพัฒนาเพื่อให้มีข้อสรุปเกี่ยวกับโปรดักต์ที่ตรงกันด้วย

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำเอกสารการทดสอบระบบ UAT (User Acceptance Test) สำหรับระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทางแล้วเสร็จ แสดงดัง**ภาคผนวก ง**

2.6 งานส่วนที่ 6 งานวิเคราะห์ความเหมาะสมในงานสำรวจสภาพทาง และการวิเคราะห์ความต้องการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS

2.6.1 การวิเคราะห์เงื่อนไขและรอบระยะเวลาของการสำรวจค่าความเสียหายที่เหมาะสม เพื่อให้ครอบคลุมโครงข่ายทางหลวงทั่วประเทศ โดยพิจารณาประกอบกับปัจจัยหลายประเภท

จากการศึกษา พบว่า ในปัจจุบันสำนักบำรุงทางกรมทางหลวงได้มีการกำหนดเกณฑ์คุณภาพของสายทางโดยพิจารณาจากค่า IRI ซึ่งเป็นเหตุผลหลักที่จำเป็นจะต้องดำเนินการสำรวจสายทางที่มีความเสี่ยง โดยกรมทางหลวงกำหนดให้ถนนในความรับผิดชอบที่มีค่า IRI มากกว่าหรือเท่ากับ 3.5 เมตร/กิโลเมตร เป็นถนนที่มีสภาพต่ำกว่ามาตรฐานและควรได้รับการพิจารณาซ่อมบำรุง

เมื่อพิจารณาปัจจัยหลักจากแบบจำลองการเสื่อมสภาพของ โดยในแบบจำลองต้นแบบของ HDM-4 ปัจจัยที่มีผลกระทบ ต่อความขรุขระของผิวทาง ได้แก่ ปริมาณจราจร และปริมาณรถบรรทุกหนักที่จะส่งผลกระทบต่อ ค่าจำนวนเพลามาตรฐานเทียบเท่า (Annual Number of Equivalent Standard Axles : YE4) เป็นตัวแปรหลักที่ส่งผลให้ IRI เพิ่มขึ้นในแต่ละปี ทางที่ปรึกษาถึงทำการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เพื่อวิเคราะห์หาสายทางที่มีความเสี่ยงต่อการเสื่อมสภาพของค่า IRI มากกว่า 3.5 เมตร/กิโลเมตร เพื่อกำหนดเป็นสายทางที่จำเป็นจะต้องดำเนินการสำรวจ

โดยการวิเคราะห์ทางที่ปรึกษาได้กำหนดการทดสอบ ค่าปริมาณจราจร และร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนัก ดังต่อไปนี้

- ทดสอบปริมาณจราจร (AADT) ตั้งแต่ช่วงที่ปริมาณการจราจรน้อยกว่า 8,000 คันต่อวัน และมีปริมาณรถบรรทุก อยู่ในช่วง 0-10
- ทดสอบปริมาณจราจร (AADT) ตั้งแต่ช่วงที่ปริมาณการจราจรน้อยกว่า 8,000 คันต่อวัน และมีปริมาณรถบรรทุก อยู่ในช่วง 10-20
- ทดสอบปริมาณจราจร (AADT) ตั้งแต่ช่วงที่ปริมาณการจราจรน้อยกว่า 8,000 คันต่อวัน และมีปริมาณรถบรรทุก อยู่ในช่วง 20-30
- ทดสอบปริมาณจราจร (AADT) ตั้งแต่ช่วงที่ปริมาณการจราจรน้อยกว่า 8,000 คันต่อวัน และมีปริมาณรถบรรทุก มากกว่า 30
- ทดสอบปริมาณจราจร (AADT) ตั้งแต่ช่วงที่ปริมาณการจราจร 8,000-20,000 คันต่อวัน และมีปริมาณรถบรรทุก อยู่ในช่วง 10-20
- ทดสอบปริมาณจราจร (AADT) ตั้งแต่ช่วงที่ปริมาณการจราจร 8,000-20,000 คันต่อวัน และมีปริมาณรถบรรทุก อยู่ในช่วง 20-30
- ทดสอบปริมาณจราจร (AADT) ตั้งแต่ช่วงที่ปริมาณการจราจร 8,000-20,000 คันต่อวัน และมีปริมาณรถบรรทุก มากกว่า 30

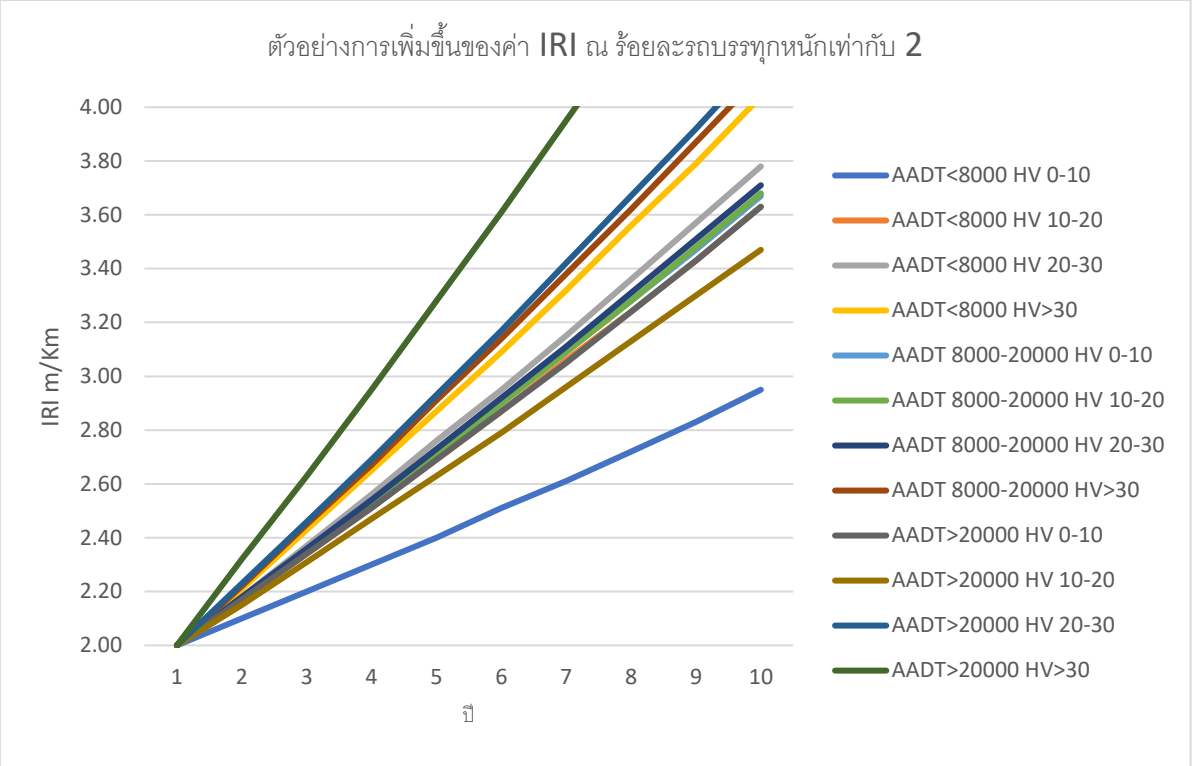
- ทดสอบปริมาณจราจร (AADT) ตั้งแต่ช่วงที่ปริมาณการจราจรมากกว่า 20,000 คันต่อวัน และมีปริมาณรถบรรทุก อยู่ในช่วง 0-10
- ทดสอบปริมาณจราจร (AADT) ตั้งแต่ช่วงที่ปริมาณการจราจรมากกว่า 20,000 คันต่อวัน และมีปริมาณรถบรรทุก อยู่ในช่วง 10-20
- ทดสอบปริมาณจราจร (AADT) ตั้งแต่ช่วงที่ปริมาณการจราจรมากกว่า 20,000 คันต่อวัน และมีปริมาณรถบรรทุก อยู่ในช่วง 20-30
- ทดสอบปริมาณจราจร (AADT) ตั้งแต่ช่วงที่ปริมาณการจราจรมากกว่า 20,000 คันต่อวัน และมีปริมาณรถบรรทุก มากกว่า 30

ซึ่งจากการทดสอบวิเคราะห์ค่าการเสื่อมสภาพของค่า IRI โดยแบบจำลองการเสื่อมสภาพจาก TPMS จะสามารถแสดงค่า IRI ที่เพิ่มขึ้นจากการทำนาย โดยเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจรและร้องละของปริมาณรถบรรทุกหนัก ตามปีที่เพิ่มขึ้นแสดงดังตารางที่ 2-43 และตัวอย่างรูปที่ 2-119

ตารางที่ 2-43 การเพิ่มขึ้นของค่า IRI ตามปริมาณจราจรและร้องละของปริมาณรถบรรทุกหนัก

	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
AADT<8000 HV 0-10	2.00	2.10	2.20	2.30	2.40	2.51	2.61	2.72	2.83	2.95
AADT<8000 HV 10-20	2.00	2.17	2.34	2.51	2.69	2.87	3.06	3.24	3.43	3.63
AADT<8000 HV 20-30	2.00	2.18	2.37	2.56	2.76	2.95	3.15	3.36	3.57	3.78
AADT<8000 HV>30	2.00	2.21	2.43	2.65	2.87	3.09	3.32	3.56	3.79	4.04
AADT 8000-20000 HV 0-10	2.00	2.17	2.35	2.53	2.71	2.90	3.09	3.28	3.47	3.67
AADT 8000-20000 HV 10-20	2.00	2.17	2.35	2.53	2.71	2.90	3.09	3.28	3.48	3.68
AADT 8000-20000 HV 20-30	2.00	2.18	2.36	2.54	2.73	2.92	3.11	3.31	3.51	3.71
AADT 8000-20000 HV>30	2.00	2.22	2.45	2.67	2.91	3.14	3.38	3.62	3.87	4.12
AADT>20000 HV 0-10	2.00	2.17	2.34	2.51	2.69	2.87	3.05	3.24	3.43	3.63
AADT>20000 HV 10-20	2.00	2.15	2.31	2.47	2.63	2.79	2.96	3.13	3.30	3.47
AADT>20000 HV 20-30	2.00	2.23	2.46	2.69	2.93	3.17	3.42	3.67	3.92	4.18
AADT>20000 HV>30	2.00	2.32	2.63	2.95	3.28	3.61	3.95	4.29	4.64	4.99

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024



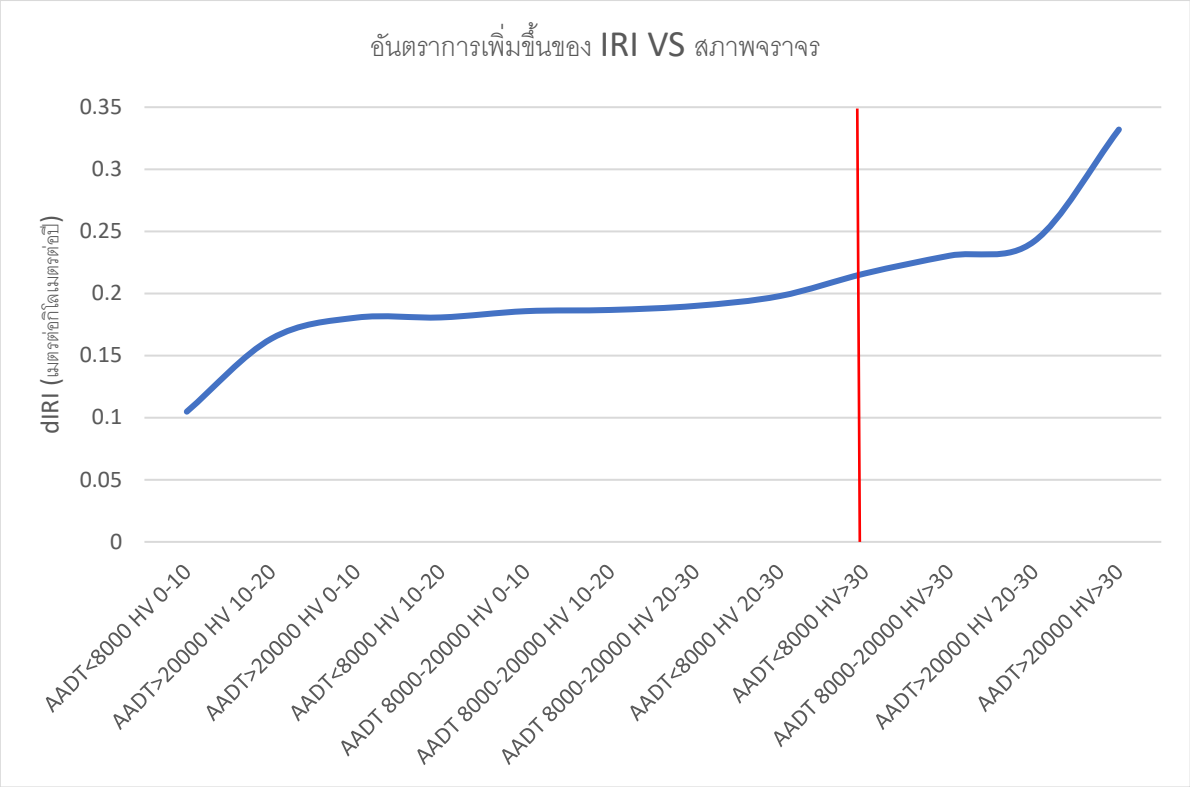
ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-119 ตัวอย่างการเพิ่มขึ้นของค่า IRI ณ ร้อยละรถบรรทุกหนักเท่ากับ 2

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ยิ่งปริมาณจราจรและ ร้อยละของรถบรรทุกหนักที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลกระทบให้ค่า IRI ที่ได้จากการทำนายมีการเสื่อมสภาพเร็วมากขึ้นตามไปด้วย โดยหากพิจารณาจากสายสายทางที่ ค่า IRI ไม่เกณฑ์คุณภาพหรือ IRI < 3.5 จะทำให้สามารถกำหนดเงื่อนไขและวงรอบระยะเวลาของการสำรวจได้ แสดงดังรูปที่ 2-120

<u>สายทางที่จำเป็นต้องสำรวจทุกปี</u>

- สายทางที่ มีค่า dIRI มากกว่า 0.216 เมตรต่อกิโลเมตร มีปริมาณจราจรน้อยกว่า 8,000 คันต่อวัน และมีร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนักมากกว่า 30
- สายทางที่ มีค่า dIRI มากกว่า 0.216 เมตรต่อกิโลเมตร มีปริมาณจราจรอยู่ในช่วง 8,000 ถึง 20,000 คันต่อวัน และมีร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนักมากกว่า 30
- สายทางที่ มีค่า dIRI มากกว่า 0.216 เมตรต่อกิโลเมตร มีปริมาณจราจรมากกว่า 20,000 คันต่อวัน และมีร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนักอยู่ในช่วง 20 ถึง 30
- สายทางที่ มีค่า dIRI มากกว่า 0.216 เมตรต่อกิโลเมตร มีปริมาณจราจรมากกว่า 20,000 คันต่อวัน และมีร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนักมากกว่า 30



ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-120 สายทางที่สามารถเว้นระยะการสำรวจ

depot_cl	district_(	section_part_id	route	control	name	km_start	km_end	length	length_t	lane_cou	characte	surface_	order2	length_s	status_s	veh_total	hierarch	hv_percent
61102	611	5694	204	200	ทางเลี่ยงเมือ	18385	18839	0.454	1.362	4	1	ลาดยาง	11	0.908	0	44254	1	31.81
61102	611	5694	204	200	ทางเลี่ยงเมือ	3546	18385	14.839	29.678	4	1	ลาดยาง	0	29.678	0	44254	1	31.81
61207	612	4155	2	201	มวกเหล็ก -	35772	37720	1.948	5.844	4	1	ลาดยาง	0	3.896	0	51586	1	51.5
61207	612	4155	2	201	มวกเหล็ก -	37720	41450	3.73	7.46	4	8	ลาดยาง	2	7.46	0	51586	1	51.5
61207	612	4155	2	201	มวกเหล็ก -	37720	41450	3.73	11.19	4	1	ลาดยาง	0	7.46	0	51586	1	51.5
61207	612	4155	2	201	มวกเหล็ก -	41450	53150	11.7	35.1	4	1	ลาดยาง	1	23.4	0	51586	1	51.5
61207	612	4155	2	201	มวกเหล็ก -	53150	54800	1.65	4.95	4	1	ลาดยาง	1	3.3	0	51586	1	51.5
61207	612	4155	2	201	มวกเหล็ก -	54800	56015	1.215	3.645	4	1	ลาดยาง	1	2.43	0	51586	1	51.5
61207	612	4155	2	201	มวกเหล็ก -	56015	57000	0.985	2.955	4	1	ลาดยาง	1	1.97	0	51586	1	51.5
61207	612	4155	2	201	มวกเหล็ก -	57000	58524	1.524	4.572	4	1	ลาดยาง	1	3.048	0	51586	1	51.5
61207	612	4155	2	201	มวกเหล็ก -	58524	71850	13.326	39.978	4	1	ลาดยาง	1	26.652	0	51586	1	51.5
61207	612	4155	2	201	มวกเหล็ก -	71850	72015	0.165	0.165	2	8	ลาดยาง	10	0.165	0	51586	1	51.5
61207	612	4155	2	201	มวกเหล็ก -	71850	72015	0.165	0.495	4	1	ลาดยาง	1	0.33	0	51586	1	51.5
61205	612	3373	2	202	บ่อทอง - มว	72015	88000	15.985	47.955	4	1	ลาดยาง	0	31.97	0	52630	1	33.35
61205	612	3373	2	202	บ่อทอง - มว	88000	92820	4.82	14.46	4	1	ลาดยาง	0	9.64	0	52630	1	33.35
61205	612	3373	2	202	บ่อทอง - มว	98472	99390	0.918	2.754	4	1	ลาดยาง	0	1.836	0	52630	1	33.35
61205	612	3373	2	202	บ่อทอง - มว	92820	98472	5.652	16.956	4	1	ลาดยาง	0	11.304	0	52630	1	33.35
61205	612	3373	2	202	บ่อทอง - มว	99390	100962	1.572	4.716	4	1	ลาดยาง	0	3.144	0	52630	1	33.35
61204	612	4006	2	203	มอจะบก - ไ	100962	101585	0.623	2.492	4	1	ลาดยาง	0	1.246	0	29456	1	37.99
61204	612	4006	2	203	มอจะบก - ไ	101585	102050	0.465	1.86	4	1	ลาดยาง	0	0.93	0	29456	1	37.99
61204	612	4006	2	203	มอจะบก - ไ	102050	102252	0.202	0.808	4	1	ลาดยาง	0	0.404	0	29456	1	37.99
61204	612	4006	2	203	มอจะบก - ไ	102252	102500	0.248	0.992	4	1	ลาดยาง	0	0.496	0	29456	1	37.99
61204	612	4006	2	203	มอจะบก - ไ	102500	106320	3.82	15.28	4	1	ลาดยาง	0	7.64	0	29456	1	37.99
61204	612	4006	2	203	มอจะบก - ไ	106320	107420	1.1	4.4	4	1	ลาดยาง	0	2.2	0	29456	1	37.99
61204	612	4006	2	203	มอจะบก - ไ	107420	110362	2.942	11.768	4	1	ลาดยาง	0	5.884	0	29456	1	37.99
61205	612	11904	2601	302	หนองไผ่ล้อ	119000	126475	7.475	7.475	2	1	ลาดยาง	0	7.475	0	51586	1	51.5
61402	614	1909	24	202	สี่แยกปักธง	39200	52480	13.28	26.56	4	1	ลาดยาง	0	26.56	0	27649	1	32.2
61402	614	1909	24	202	สี่แยกปักธง	53400	53517	0.117	0.234	4	1	ลาดยาง	13	0.234	0	27649	1	32.2
61405	614	3665	224	203	พะโค - หนอ	60350	61460	1.11	2.22	4	1	ลาดยาง	2	2.22	0	24868	3	35.66
61405	614	3665	224	203	พะโค - หนอ	47000	47100	0.1	0.2	4	1	ลาดยาง	0	0.2	0	24868	3	35.66
61405	614	3665	224	203	พะโค - หนอ	47100	49200	2.1	4.2	4	1	ลาดยาง	0	4.2	0	24868	3	35.66
61405	614	3665	224	203	พะโค - หนอ	35759	41300	5.541	11.082	4	1	ลาดยาง	0	11.082	0	24868	3	35.66
61405	614	3665	224	203	พะโค - หนอ	41300	47000	5.7	11.4	4	1	ลาดยาง	0	11.4	0	24868	3	35.66

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-121 ตัวอย่างข้อมูลที่มนำวิเคราะห์

2.6.2 การเสนอแนะหลักเกณฑ์การเก็บข้อมูลสภาพผิวทาง จากความสัมพันธ์ระหว่างการเสื่อมสภาพทาง การวางแผนสำรวจ และปัจจัยที่ได้ศึกษา เพื่อการยกระดับการเก็บข้อมูลสภาพผิวทางให้มีความคุ้มค่าและประสิทธิผลสูงสุด

ที่ปรึกษาเสนอแนะการจัดทำแผนการสำรวจและเกณฑ์ในการคัดเลือกสายทาง การสำรวจและเก็บข้อมูลสภาพความเสียหายของทางจะต้องวางแผนและเตรียมการอย่างละเอียดรอบครอบ เพื่อการยกระดับการเก็บข้อมูลสภาพผิวทางให้มีความคุ้มค่าและประสิทธิผลสูงสุด โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

วางแผนสำรวจสายทางเบื้องต้น เป็นระยะทางตามขอบเขตงานไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร (ระยะทางสำรวจจริง) ทั้งผิวลาดยาง และผิวคอนกรีต รวมไปถึงทางคู่ขนานของแต่ละสายทาง โดยเสนอให้คณะกรรมการตรวจรับ และให้ความเห็นชอบก่อนดำเนินการสำรวจ ซึ่งมีหลักเกณฑ์การเลือกสายทางสำรวจ ดังนี้

- สายทางที่จะทำการสำรวจ อยู่ในพื้นที่ความรับผิดชอบของสำนักทางหลวงที่ 1 ถึง 18 ซึ่งไม่รวมพื้นที่ในจังหวัดชายแดนภาคใต้ตาม พ.ร.บ. รักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร ได้แก่ จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา จังหวัดนราธิวาส และ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี อำเภอจะนะ และอำเภอสะบ้าย้อย
- เกณฑ์ที่ได้รับจากคณะกรรมการ ระยะทางสำรวจรวม ระยะทางไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร (ระยะทางสำรวจจริง) ประกอบด้วย
  - ยึดตามลำดับชั้นทางหลวงเป็นหลัก โดยลำดับชั้นทางหลวงที่ 1 ทำการสำรวจทั้งหมด
  - สายทางที่ไม่เคยสำรวจในรอบ 3 ปี ที่ผ่านมา ให้นำมาสำรวจก่อน โดยใช้อุปกรณ์ Laser Crack Measurement System (LCMS) เป็นหลัก
  - หากระยะทางยังไม่ถึงตามข้อกำหนด ให้คัดเลือกสายทางในลำดับชั้นทางหลวงที่ 2 โดยอ้างอิงจากปริมาณการจราจร (AADT) มากกว่า 8,000

1. จัดบัญชีสายทางและผิวทาง เสนอต่อคณะกรรมการคณะกรรมการโครงการฯ และหน่วยงานในพื้นที่ เพื่อพิจารณาเห็นชอบวิธีการ และความเป็นไปได้ในการสำรวจ
2. ประชุมชี้แจง และแจ้งสายทางสำรวจโดยส่งบัญชีสายทางที่อยู่ในแผนการสำรวจให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ดิจิตอล โดยการจัดทำแผนที่โครงข่ายเส้นทางสำรวจ (Layout) ขนาด A4 รายแขวงทางหลวงส่งมอบให้กรม จำนวน 104 แขวงทางหลวง ในรูปแบบไฟล์ PDF และรูปแบบไฟล์ KML (Keyhole Markup Language) เพื่อพร้อมเปิดใช้งานในรูปแบบแผนที่ โดยให้แก่เจ้าหน้าที่ สำนักงานทางหลวง และแขวงทางหลวงในพื้นที่ที่สำรวจสภาพทางเป็นผู้พิจารณา พร้อมติดต่อประสานงานสอบถามความพร้อมก่อนเข้าสำรวจพื้นที่จริง เพื่อสอบถามสายทางดังกล่าวมีการก่อสร้าง หรือขยายช่องจราจรหรือไม่

2.6.3 การเสนอแนะค่าตัวแปรที่สำคัญ ซึ่งควรสำรวจเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่สำนักบริหารบำรุงทางได้ว่าจ้างที่ปรึกษาสำรวจ เพื่อการวิเคราะห์ความต้องการงบประมาณที่มีความแม่นยำมากขึ้น โดยระบบ TPMS พร้อมแนะนำเครื่องมือในการจัดเก็บค่าตัวแปรดังกล่าว

จากการศึกษา ปรับปรุง และ พัฒนาแบบจำลองต่าง ๆ ที่ปรึกษาเสนอให้กรมทางหลวงเก็บรวบรวมค่าตัวแปรที่สำคัญเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่สำนักบริหารบำรุงทางได้ว่าจ้างที่ปรึกษาสำรวจเพื่อการวิเคราะห์ความต้องการงบประมาณที่มีความแม่นยำมากขึ้น โดยระบบ TPMS แสดงดังตารางที่ 2-44

ตารางที่ 2-44 ตัวแปรที่สำคัญที่เสนอแนะเพิ่มเติม

ตัวแปร	วิธีการเก็บสำรวจข้อมูล
FWD	เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD)
ชนิดผิวทาง	จากประวัติการก่อสร้าง
ชนิดวัสดุชั้นรองพื้นทาง	จากประวัติการก่อสร้าง
ความหนาชั้นรองพื้นทาง	จากประวัติการก่อสร้าง
ความหนาผิวทาง	จากประวัติการก่อสร้าง
design life	จากประวัติการก่อสร้าง
อายุผิว	จากประวัติการก่อสร้าง
ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมตามเขตภูมิอากาศ	จากประวัติการก่อสร้าง
ปริมาณน้ำฝน	จากประวัติการก่อสร้าง

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

2.6.4 การวิเคราะห์แผนการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS ทั้งแบบกลยุทธ์ (แผนการซ่อมระยะยาว) และประจำปี

ที่ปรึกษาได้เตรียมข้อมูลสำหรับการทำการแปลผลข้อมูลเพื่อจัดทำรายงาน สภาพโครงข่ายทางหลวง วิธีซ่อมบำรุงผิวทางลาดยาง จากข้อมูลการสำรวจในโครงการนี้ และข้อมูลสภาพความเสียหายของทางหลวงในฐานข้อมูล Roadnet ด้วยโปรแกรม TPMS พร้อมจัดทำแผนงานบำรุงทางประจำปี (แบบไม่จำกัดงบประมาณ) โดยจัดทำรายงานสรุปผลการวิเคราะห์แสดงผลในมิติที่หลากหลาย โดยมีสภาพโครงข่ายทางหลวงที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 2-45

ตารางที่ 2-45 สภาพโครงข่ายทางหลวงจากการวิเคราะห์โดย TPMS ในปี 2567 จำแนกตามสำนักงานทางหลวง

สำนักงานทางหลวง	ระยะทาง (กม.)	IRI เฉลี่ย	ระยะทาง (กิโลเมตร)	
			IRI ≤3.5	IRI >3.5
สำนักงานทางหลวงที่ 1 (เชียงใหม่)	4,370.21	2.84	3,411.85	958.36
สำนักงานทางหลวงที่ 2 (แพร่)	4,486.16	2.47	4,067.69	418.47
สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร)	3,958.62	2.28	3,782.79	175.83
สำนักงานทางหลวงที่ 4 (ตาก)	3,213.72	2.56	2,857.83	355.89
สำนักงานทางหลวงที่ 5 (พิษณุโลก)	3,173.60	2.57	2,940.43	233.17
สำนักงานทางหลวงที่ 6(เพชรบูรณ์)	3,435.22	2.67	3,119.66	315.55
สำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น)	3,724.52	2.61	3,229.23	495.29
สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม)	3,403.52	2.57	3,082.69	320.83
สำนักงานทางหลวงที่ 9 (อุบลราชธานี)	4,900.78	2.41	4,575.44	325.34
สำนักงานทางหลวงที่ 10 (นครราชสีมา)	5,436.35	2.76	4,610.26	826.09
สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี)	3,851.23	2.83	3,296.84	554.38
สำนักงานทางหลวงที่ 12 (สุพรรณบุรี)	3,632.38	2.37	3,437.84	194.55
สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)	2,258.66	3.09	1,713.34	545.32
สำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี)	3,278.86	2.61	2,936.88	341.98
สำนักงานทางหลวงที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์)	3,224.40	2.23	3,079.20	145.21
สำนักงานทางหลวงที่ 16 (นครศรีธรรมราช)	4,107.28	2.68	3,645.53	461.75
สำนักงานทางหลวงที่ 17 (กระบี่)	3,441.63	2.37	3,292.99	148.64
สำนักงานทางหลวงที่ 18 (สงขลา)	1,627.61	2.74	1,424.38	203.23
รวม	**65,524.74 (100%)**	**2.51**	**58,504.87 (89.29%)**	**7,019.87 (10.71%)**

ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

1. การวิเคราะห์แผนการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS แบบประจำปี

ที่ปรึกษาได้แปลงผลข้อมูลเพื่อจัดทำรายงาน สภาพโครงข่ายทางหลวง วิธีซ่อมบำรุงผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีต จากข้อมูลการสำรวจในโครงการนี้ และข้อมูลสภาพความเสียหายของทางหลวงในฐานข้อมูล Roadnet ด้วยโปรแกรม TPMS พร้อมจัดทำแผนงานบำรุงทางประจำปี (แบบไม่จำกัดงบประมาณ) โดยจัดทำรายงานสรุปผลการวิเคราะห์แสดงผลในมิติที่หลากหลาย เช่น แยกตามหน่วยงาน รหัสงาน จังหวัด เป็นต้น

<u>สภาพโครงข่ายทางหลวง</u>

1) สภาพโครงข่ายทางหลวงในปี พ.ศ. 2567

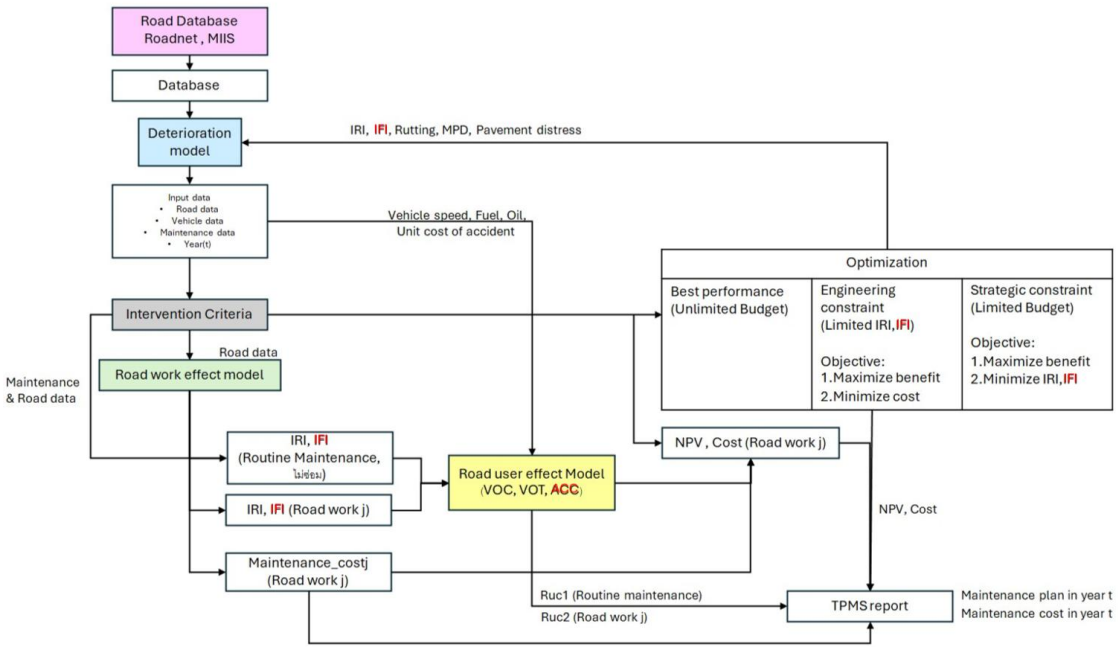
จากข้อมูลโครงข่ายทางหลวงจากข้อมูลโครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงปีสำรวจล่าสุด ของระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) สำนักบริหารบำรุงทาง และระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (MIIS) ของสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง โดยมีค่าความขรุขระ (IRI) น้อยกว่า 3.5 เมตร/กิโลเมตร โดยโครงข่ายทางหลวงข้อมูลมีความเรียบอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และดี คิดเป็นร้อยละ 89.29 จากระยะทางทั้งโครงข่ายทางหลวง 65,524.74 กิโลเมตร เนื่องจากมีค่าความขรุขระ (IRI) มากกว่า 3.5 เมตร/กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.71 เป็นระยะทาง 7,019.87 กิโลเมตร ของโครงข่าย ดังนั้น จากการประมวลผลและวิเคราะห์ผลการสำรวจประเมินสภาพความเรียบผิวทางทั่วประเทศ เส้นทางที่มีค่าความขรุขระ (IRI) มากกว่า 3.5 ควรได้รับการบำรุงรักษาและบูรณะอย่างเหมาะสม แสดงดัง 2-46

ตารางที่ 2-46 สรุปผลข้อมูลสภาพโครงข่ายทางหลวงจากฐานข้อมูลโปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง TPMS (Thailand Pavement Management System) ของกรมทางหลวง พ.ศ. 2567

ความเรียบ	IRI (ม./กม.)	ระยะทาง (กม.)	ร้อยละ	ร้อยละสะสม	ค่าเฉลี่ยของ IRI
ดีมาก	<2.5	38,580.02	58.88	58.88	2.51
ดี	2.5 - 3.5	19,924.85	30.41	89.29	
พอใช้	3.5 - 4.5	4,777.14	7.29	96.58	
ชำรุด	>4.5	2,242.73	3.42	100.00	
รวม		65,524.74	**100**		

หมายเหตุ : ข้อมูลการสำรวจปี พ.ศ. 2567 ไม่ครอบคลุมถึงพื้นที่ในจังหวัดชายแดนใต้ตาม พ.ร.บ. รักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร ได้แก่ จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา และจังหวัดนราธิวาส รวมถึง 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี อำเภอจะนะ และอำเภอสะบ้าย้อย

สำนักบริหารบำรุงทางได้นำข้อมูลสภาพทางหลวงล่าสุดจากฐานข้อมูลโปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง TPMS (Thailand Pavement Management System) ของกรมทางหลวง พ.ศ. 2567 มาวิเคราะห์คาดการณ์ความเสียหายของโครงข่ายทางหลวง และงบประมาณบำรุงทางที่ต้องการในปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 ในการวิเคราะห์หากต้องการงบประมาณนั้น สำนักบริหารบำรุงทางใช้โปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง TPMS (Thailand Pavement Management System) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นำเอาสภาพความเสียหายของถนนในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ ร่องล้อ รอยแตก ค่า IRI รวมทั้งปริมาณจราจร มาพยากรณ์การเสื่อมสภาพของถนนด้วยแบบจำลองการเสื่อมสภาพ (Deterioration Models) และผลกระทบต่อผู้ใช้ทางในรูปแบบของค่าใช้จ่ายในการใช้รถยนต์ (Vehicle Operating Cost) ค่าสูญเสียเวลา (Value of Time) ซึ่งรวมเรียกว่าค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง (Road User Costs) นอกจากนี้ แบบจำลองยังสามารถคำนวณปริมาณมลพิษอันเกิดจากการใช้รถยนต์ (Environmental Models) รวมถึงผลของการซ่อมบำรุงถนนที่มีผลต่อการให้บริการของถนนที่เพิ่มขึ้น (Road Work Effect Models) ซึ่งแบบจำลองเหล่านี้ได้รับการปรับปรุงจากระบบ HDM-4 ของธนาคารโลก (World Bank) และนำมาใช้วิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการซ่อมบำรุงให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด แสดงดังรูปที่ 2-122

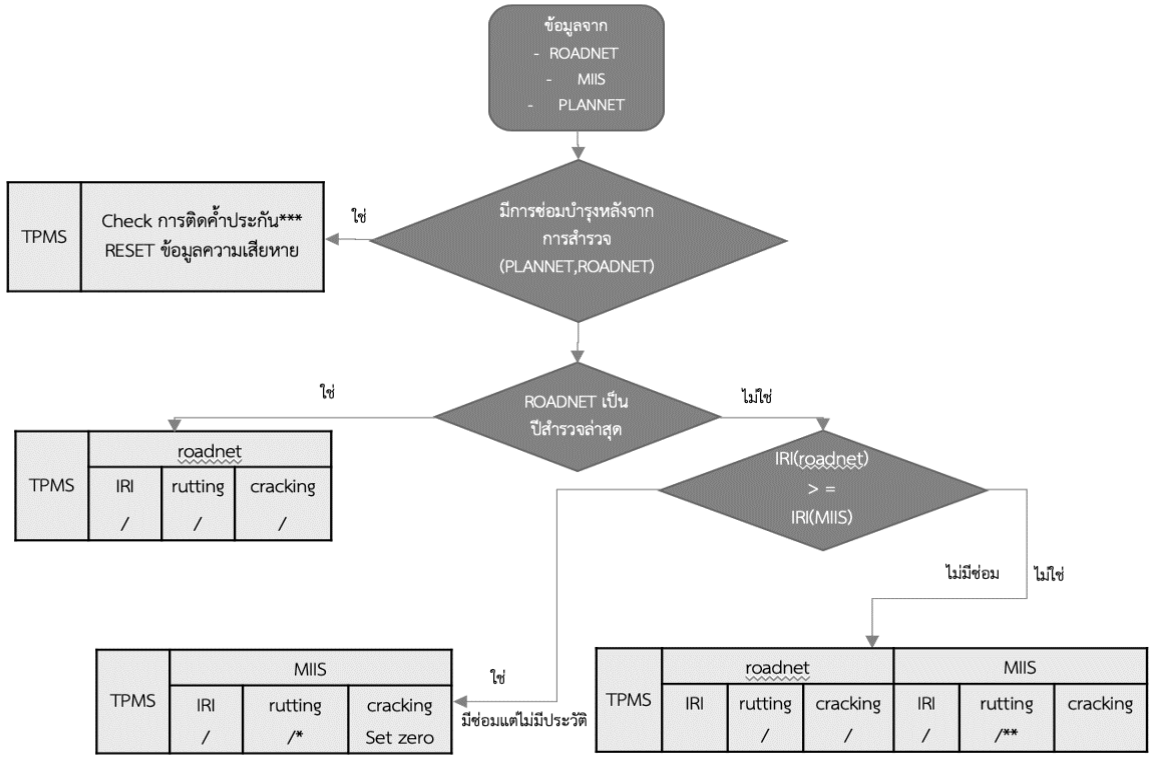


ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

รูปที่ 2-122 การทำงานของระบบบริหารงานบำรุงทาง TPMS (Thailand Pavement Management System)

จากฐานข้อมูลในระบบ Roadnet ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสำรวจจาก 2 ทาง ได้แก่ การสำรวจโดยสำนักบริหารบำรุงทาง และการสำรวจโดยสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบกรมทางหลวง เป็นผลให้ต้องมีการคัดเลือกข้อมูลก่อนนำเข้าโปรแกรม TPMS โดยมีขั้นตอนของการคัดเลือกข้อมูลดังต่อไปนี้

1) นำเข้าข้อมูล IRI จาก ระบบ Roadnet MIIS และข้อมูลประวัติการซ่อมจากระบบ Plannet
2) หากพบว่ามีข้อมูลการซ่อมบำรุงหลักจากข้อมูลสำรวจค่า IRI ระบบจะทำการตรวจสอบการติดค้ำประกัน ถ้าไม่ติดค้ำจะทำการ Reset ค่าความเสียหาย
3) พิจารณาข้อมูล ค่า IRI หากมีข้อมูลค่า IRI จากที่มาเดียวจะสามารถให้ข้อมูลนั้นได้
4) หากข้อมูลค่า IRI มี 2 ที่มา จะพิจารณาวันที่ทำการสำรวจ
   4.1) กรณีวันที่สำรวจค่า IRI จาก Roadnet เป็นข้อมูลค่าสุดจะใช้ค่าความเสียหายทั้งหมดจากระบบ Roadnet
   4.2) กรณีวันที่สำรวจค่า IRI จาก MIIS เป็นข้อมูลค่าสุดจะพิจารณาจากค่า IRI ของทั้ง 2 ระบบ
      - กรณี IRI จาก Roadnet มีค่ามากกว่า IRI จาก MIIS จะใช้ค่า IRI และ Rutting จาก MIIS แต่ reset ค่า Cracking
      - กรณี IRI จาก MIIS มีค่ามากกว่า IRI จาก Roadnet จะใช้ค่า IRI และ Rutting จาก MIIS แต่ใช้ค่า Cracking จาก Roadnet แสดงดังรูปที่ 2-123

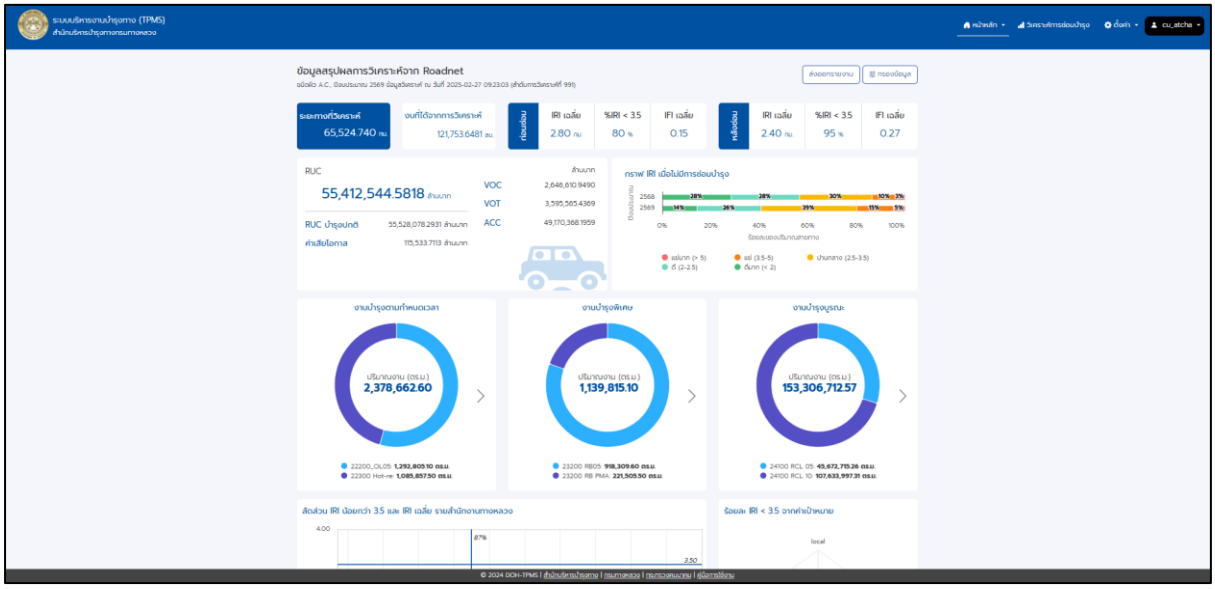


ที่มา : ที่ปรึกษา, 2024

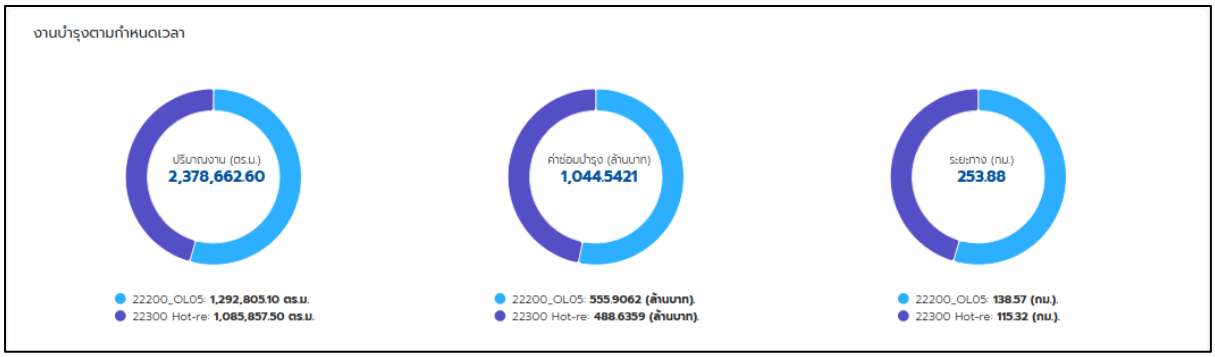
รูปที่ 2-123 การคัดเลือกข้อมูลก่อนนำเข้าโปรแกรม TPMS

จากการวิเคราะห์คาดการณ์ค่าสภาพความเรียบผิวทางโดยแบบจำลองความเสื่อมสภาพของทางในระบบ TPMS (Road Condition Deterioration Model) จากฐานข้อมูลความเสียหายที่มีอยู่ทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2567 ทั้งในส่วนของสำนักบริหารบำรุงทาง และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ โดยการวิเคราะห์ทางที่ปรึกษาได้คัดกรองสายทางที่มีค่า IRI ผิดปกติ โดยเลือกสายทางที่มีค่า IRI อยู่ในช่วง 3.5 - 7.0 เมตรต่อกิโลเมตร และดำเนินการวิเคราะห์ซ่อมบำรุงทางหลวงในปี พ.ศ. 2568 ได้ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 2-124 ถึง รูปที่ 2-138

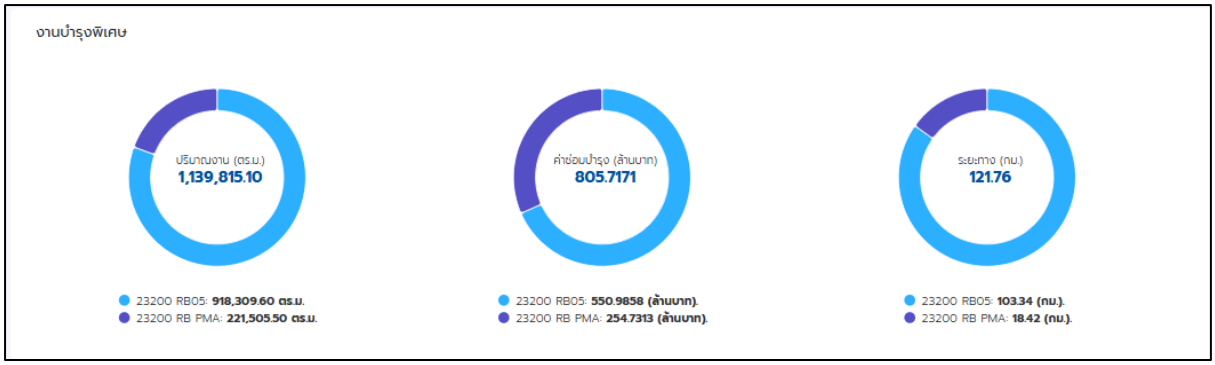
- ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Roadnet



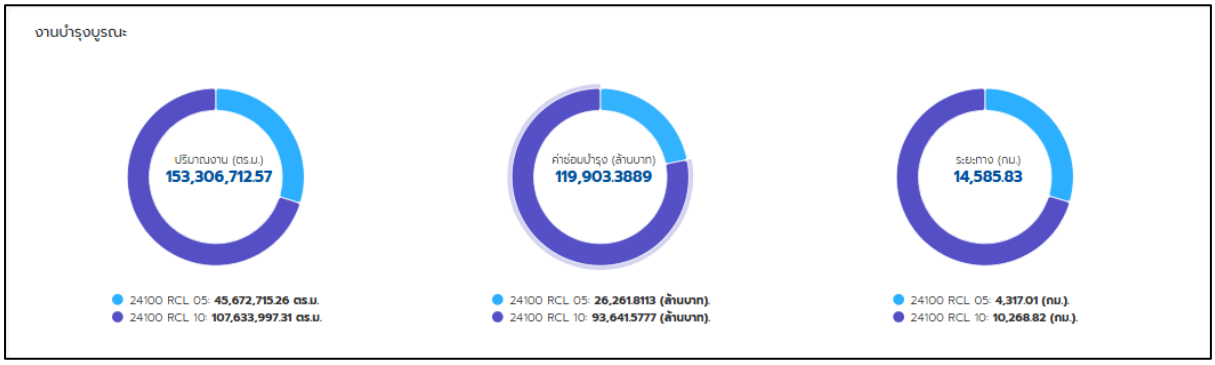
รูปที่ 2-124 หน้า Dashboard ภาพรวผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Roadnet



รูปที่ 2-125 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Roadnet งานบำรุงตามกำหนดเวลา



รูปที่ 2-126 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Roadnet งานบำรุงพิเศษ



รูปที่ 2-127 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Roadnet งานบำรุงบูรณะ

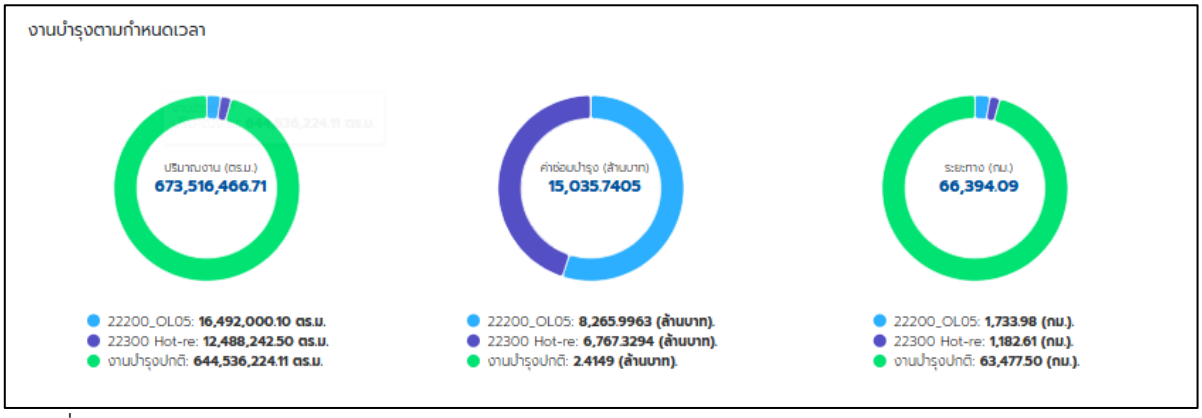
วิธีการซ่อม	ปี 2568		
	ปริมาณงาน (ตร.ม.)	ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	ระยะทาง (กม.)
23200 RB PMA	221,505.50	254,731,325.00	18.419
24100 RCL 05	45,672,715.26	26,261,811,274.50	4,317.008
22200_OL05	1,292,805.10	555,906,193.00	138.568
24100 RCL 10	107,633,997.31	93,641,577,659.70	10,268.818
งานบำรุงปกติ	492,242,031.89	0.00	50,563.268
23200 RB05	918,309.60	550,985,760.00	103.343
22300 Hot-re	1,085,857.50	488,635,875.00	115.316
รวม	**649,067,222.16**	**121,753,648,087.20**	**65,524.740**

รูปที่ 2-128 สรุปปริมาณงานและค่าซ่อมบำรุงการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Roadnet

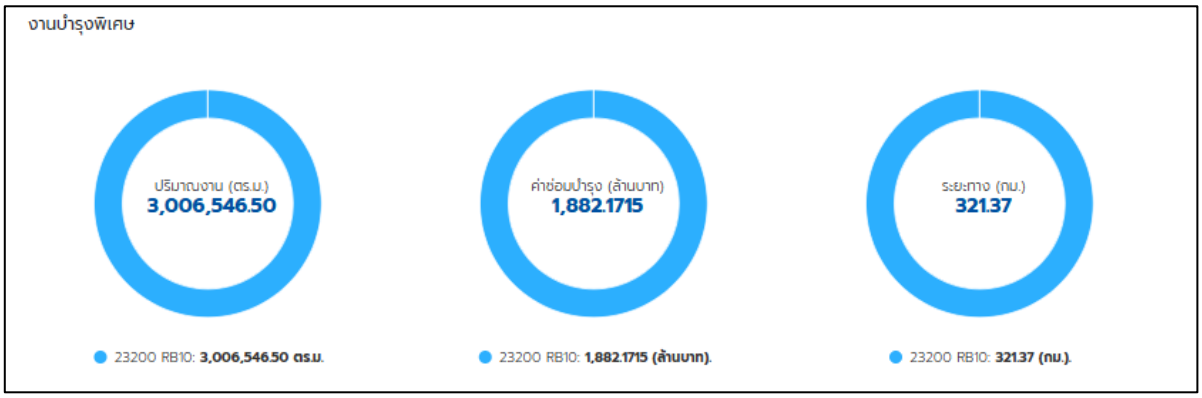
- ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet



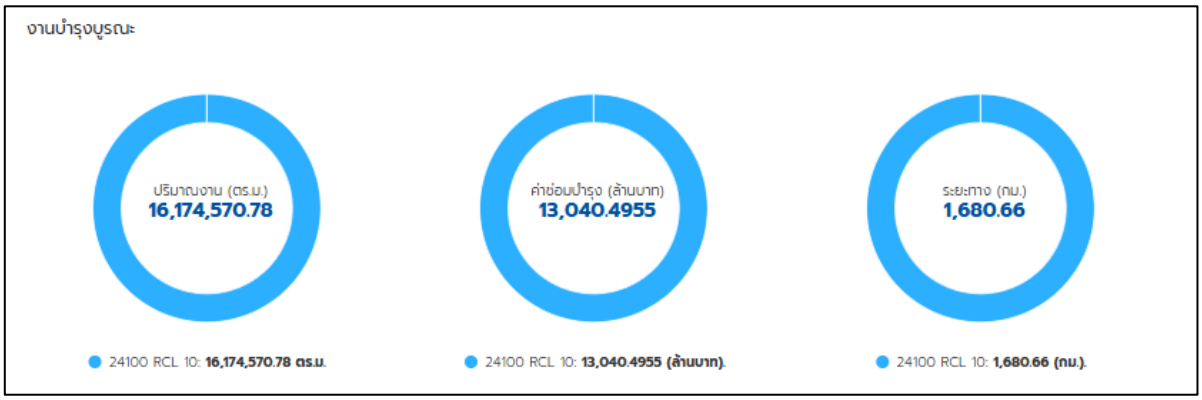
รูปที่ 2-129 หน้า Dashboard ภาพรวผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet



รูปที่ 2-130 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบำรุงตามกำหนดเวลา



รูปที่ 2-131 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบำรุงพิเศษ

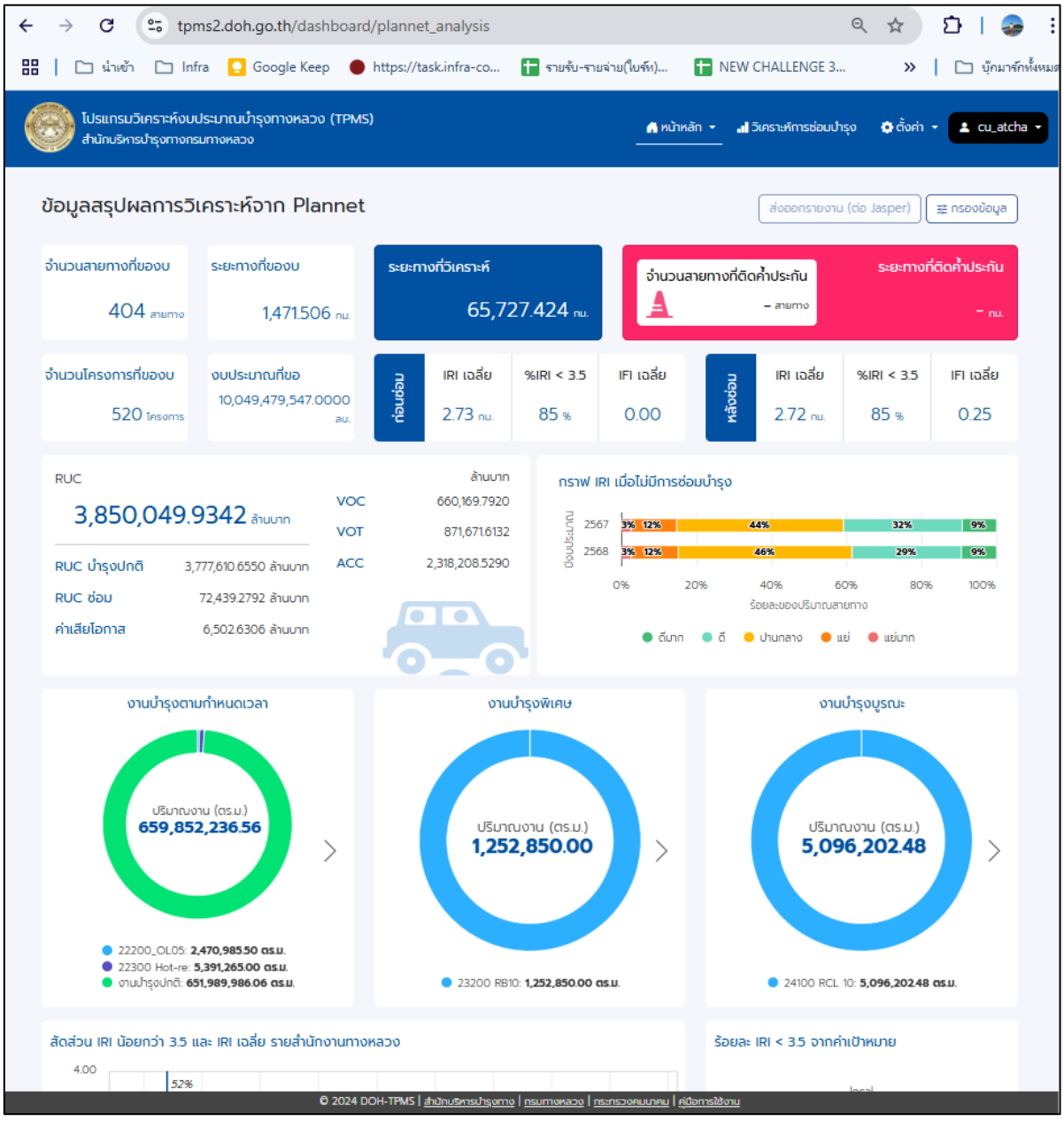


รูปที่ 2-132 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบำรุงบูรณะ

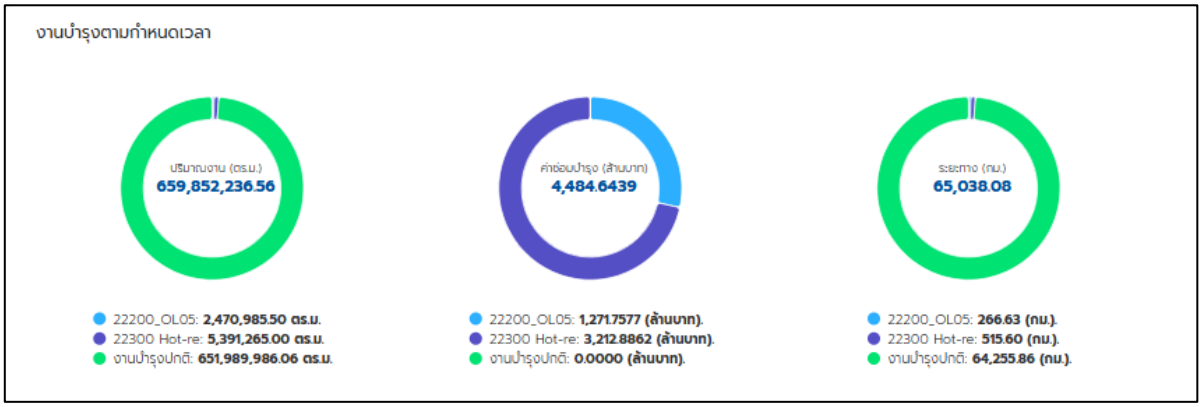
วิธีการซ่อม	ปี 2567		
	ปริมาณงาน (ตร.ม.)	ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	ระยะทาง (กม.)
22200_OL05	16,492,000.10	8,265,996,267.00	1,733.979
22300 Hot-re	12,488,242.50	6,767,329,387.00	1,182.613
23200 RB05	45,000.00	18,000,000.00	5.000
23200 RB10	3,006,546.50	1,882,171,473.00	321.375
23200 RB PMA	95,251.00	22,999,453.00	7.327
24100 RCL 05	76.00	43,700.00	0.010
24100 RCL 10	16,174,570.78	13,040,495,467.00	1,680.658
24100 RCL PMA	608.00	547,200.00	0.064
งานบำรุงปกติ	644,536,224.11	0.00	63,477.495
รวม	**692,838,518.99**	**29,997,582,947.00**	**68,408.521**

รูปที่ 2-133 สรุปปริมาณงานและค่าซ่อมบำรุงการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet

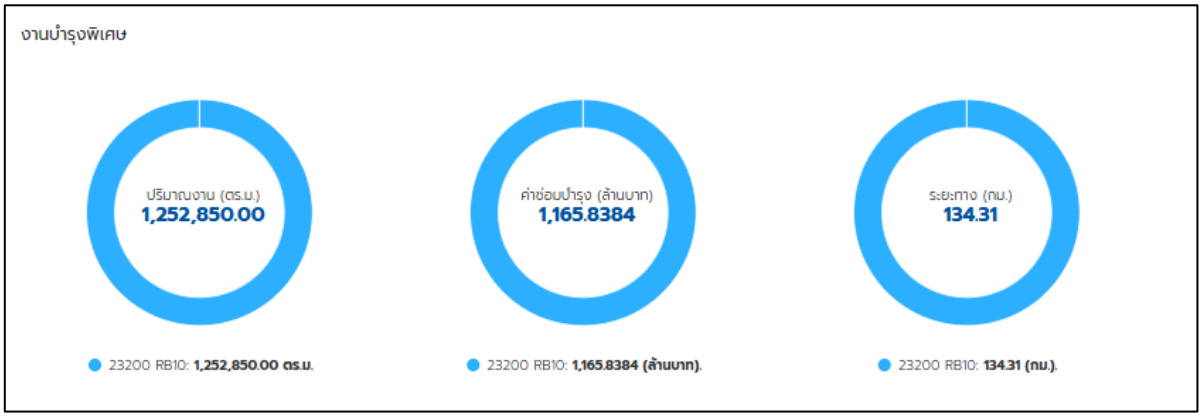
- ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet



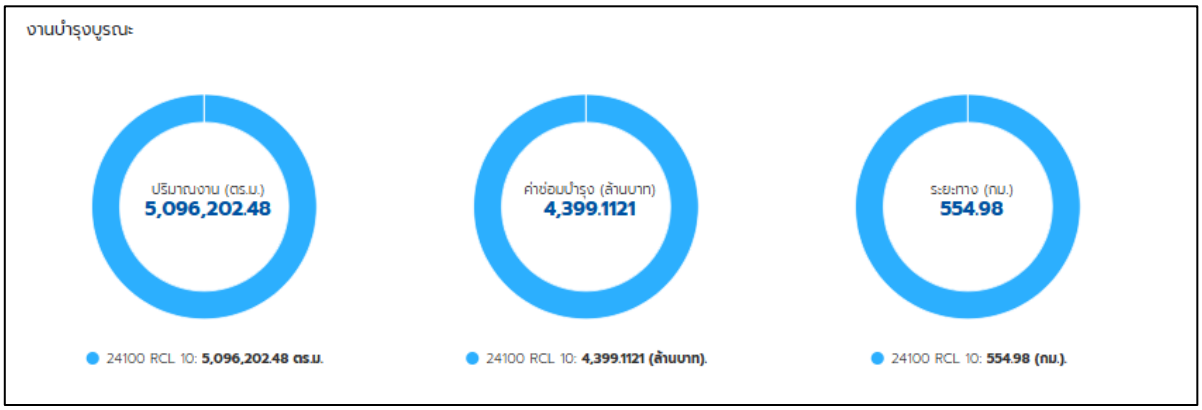
รูปที่ 2-134 หน้า Dashboard ภาพรวมผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet



รูปที่ 2-135 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบำรุงตามกำหนดเวลา



รูปที่ 2-136 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบำรุงพิเศษ



รูปที่ 2-137 ผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet งานบูรณะ

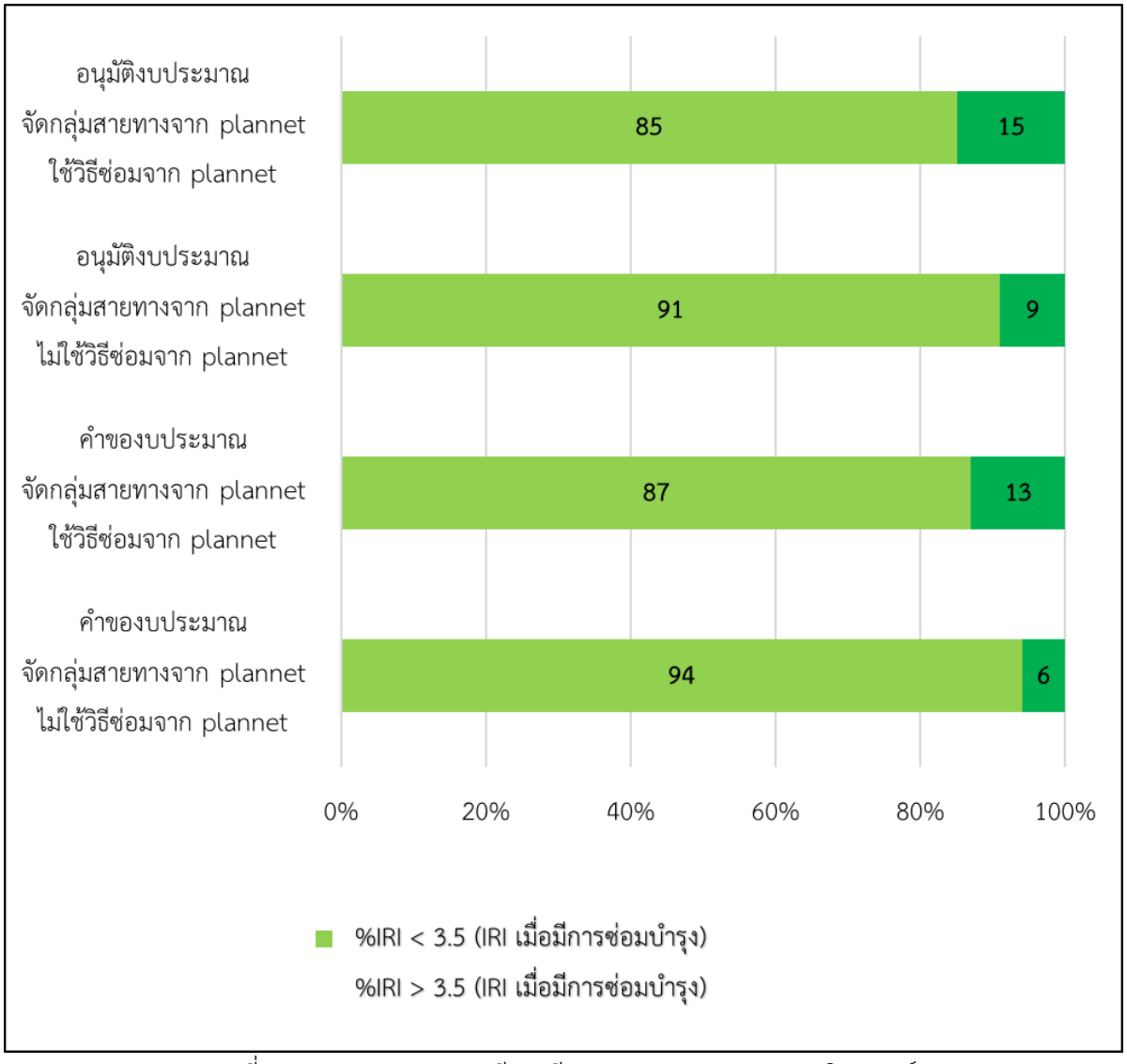
วิธีการซ่อม	ปี 2567		
	ปริมาณงาน (ตร.ม.)	ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	ระยะทาง (กม.)
22200_OL05	2,470,985.50	1,271,757,698.00	266.627
22300 Hot-re	5,391,265.00	3,212,886,239.00	515.600
23200 RB10	1,252,850.00	1,165,838,365.00	134.312
24100 RCL 05	27.00	15,525.00	0.003
24100 RCL 10	5,096,202.48	4,399,112,085.00	554.979
24100 RCL PMA	416.00	374,400.00	0.048
งานบำรุงปกติ	651,989,986.06	0.00	64,255.855
รวม	**666,201,732.04**	**10,049,984,312.00**	**65,727.424**

รูปที่ 2-138 สรุปปริมาณงานและค่าซ่อมบำรุงการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบสายทางจาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบใส่เงื่อนไขการซ่อม พบว่า ได้รับงบประมาณของผลการวิเคราะห์ซ่อมแบบไม่จำกัดงบประมาณ แสดงดังตารางที่ 2-47 และรูปที่ 2-139 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความเสียหายในเงื่อนไขการซ่อมบำรุงทำให้มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมมากขึ้น

ตารางที่ 2-47 การเปรียบเทียบงบประมาณของผลการวิเคราะห์ซ่อมแบบไม่จำกัดงบประมาณเมื่อเกณฑ์ต่างกัน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2568

รายละเอียด	IRI ปัจจุบัน	% IRI < 3.5 (IRI ปัจจุบัน)	IRI เมื่อไม่มีการซ่อมบำรุง	%IRI < 3.5 (IRI เมื่อไม่มีการซ่อมบำรุง)	IRI เมื่อมีการซ่อมบำรุง	%IRI < 3.5 (IRI เมื่อมีการซ่อมบำรุง)	ซ่อมแบบไม่จำกัดงบประมาณ (ล้านบาท)
สภาพโครงข่ายก่อนวิเคราะห์	2.51	89.29	-	-	-	-	-
ผลการวิเคราะห์ไม่จำกัดงบประมาณจากระบบ TPMS	2.51	89.29	2.80	84	2.40	95	121,753.6480
อนุมัติงบประมาณจัดกลุ่มสายทางจาก plannet ใช้วิธีซ่อมจาก plannet	2.51	89.29	2.73	85	2.72	85	10,049.4795
อนุมัติงบประมาณจัดกลุ่มสายทางจาก plannet ไม่ใช้วิธีซ่อมจาก plannet	2.51	89.29	2.73	85	2.69	91	10,049.4795
ฉบับร่างของบประมาณ จัดกลุ่มสายทางจาก plannet (ใช้วิธีซ่อมจาก plannet)	2.51	89.29	2.74	86	2.69	87	30,569.1925
ฉบับร่างของบประมาณ จัดกลุ่มสายทางจาก plannet (ไม่ใช้วิธีซ่อมจาก plannet)	2.51	89.29	2.74	86	2.63	94	30,569.1925



รูปที่ 2-139 แสดงผลการเปรียบเทียบงบประมาณของผลการวิเคราะห์

2) แผนงานกิจกรรมบำรุงทางหลวงกลยุทธ์

ที่ปรึกษาได้แปลผลข้อมูลจากโปรแกรมบริหารบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System : TPMS) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแผนงานบำรุงรักษา ซึ่งเหมาะสมทั้งทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ ที่ปรึกษาได้จัดทำรายงานการจัดสรรงบประมาณบำรุงทางในระยะยาว โดยใช้ระบบ TPMS เพื่อใช้ในการวางแผนในระยะเวลา 5 ปี (ปี พ.ศ. 2569 – พ.ศ. 2573) โดยในการวิเคราะห์ประกอบด้วยการจัดสรรงบประมาณแบบไม่จำกัดงบประมาณ การจัดสรรงบประมาณแบบจำกัดงบประมาณ และแบบกำหนดดัชนีค่า IRI ไม่เกินค่าที่กำหนด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1) แผนงานซ่อมบำรุงแบบการจัดสรรงบประมาณแบบไม่จำกัด

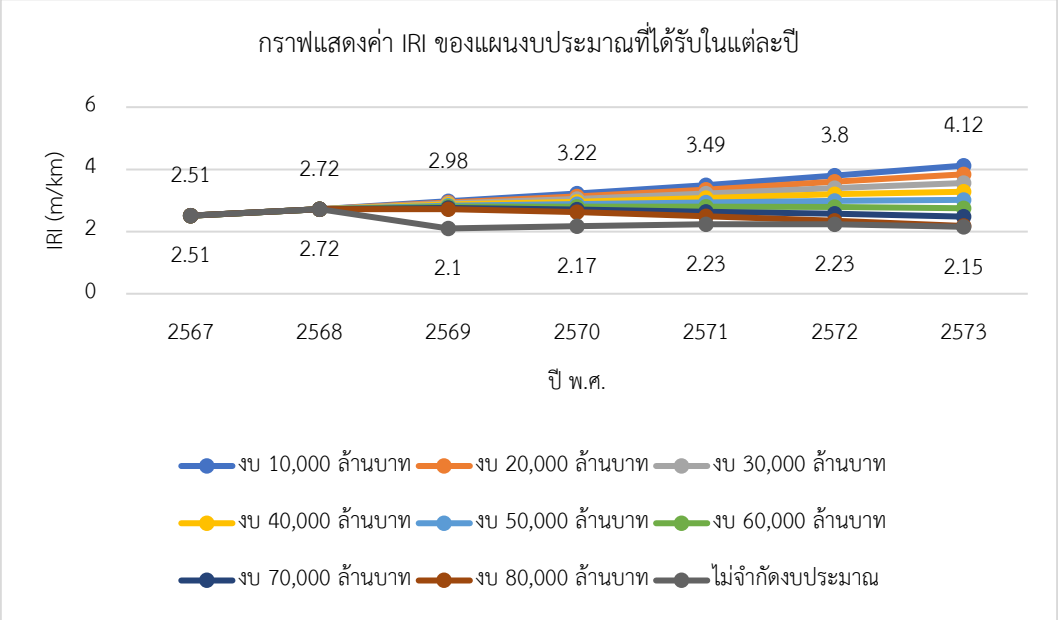
กรมทางหลวงได้รับงบประมาณประจำปีเพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงโครงข่ายทางหลวงในปี พ.ศ. 2568 จำนวน 10,049.4795 ล้านบาท ซึ่งจากการวิเคราะห์แผนงานซ่อมบำรุงแบบไม่จำกัดงบประมาณ 5 ปี ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 จนถึงปีงบประมาณ พ.ศ. 2573 พบว่า ในปี พ.ศ. 2569 กรมทางหลวงต้องการงบประมาณสูงสุดที่ 121,753.6480 ล้านบาท เพื่อใช้ในการซ่อมสายทางทั้งหมดของกรมทางหลวง (ไม่รวมสายทางที่ติดค้ำประกัน) ให้ได้ค่า IRI น้อยที่สุด โดยที่ค่า IRI ก่อนการซ่อมบำรุงปี พ.ศ. 2568 เป็น 2.80 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อมีการซ่อมบำรุงตลอด 5 ปี (พ.ศ. 2569 - พ.ศ. 2573) จะสามารถรักษาค่า IRI อยู่ที่ 2.10, 2.17, 2.23, 2.23 และ 2.15 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.18 เมตรต่อกิโลเมตร โดยที่งบประมาณที่ต้องการเพื่อให้ค่า IRI เฉลี่ยทั้งโครงข่ายต่ำที่สุดตลอดระยะเวลา 5 ปี จะมีความต้องการงบประมาณเฉลี่ยปีละ 85,000 ล้านบาท

จะเห็นได้ว่า งบประมาณของแผนไม่จำกัดงบในปีแรก ซึ่งใช้งบประมาณกว่าสองแสนล้านบาท จะทำให้ผลการวิเคราะห์สายทางที่มีความเสียหายมาก ถูกซ่อมเกือบหมดในปีแรกและในปีต่อ ๆ ไป จะเป็นการซ่อมบำรุงลักษณะเชิงป้องกัน ได้แก่ ฉาบหรือเสริมผิว อีกทั้งในระบบจะกำหนดให้สายทางส่วนมากที่ถูกซ่อมบำรุงไปแล้วติดค้ำประกันจากการซ่อมปีแรก จึงไม่สามารถซ่อมได้อย่างต่อเนื่องได้

2.2) แผนงานซ่อมบำรุงเชิงกลยุทธ์ แบบจำกัดงบประมาณ 5 ปี โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบสภาพโครงข่ายทางในกรณีที่ได้รับเงินงบประมาณแตกต่างกัน

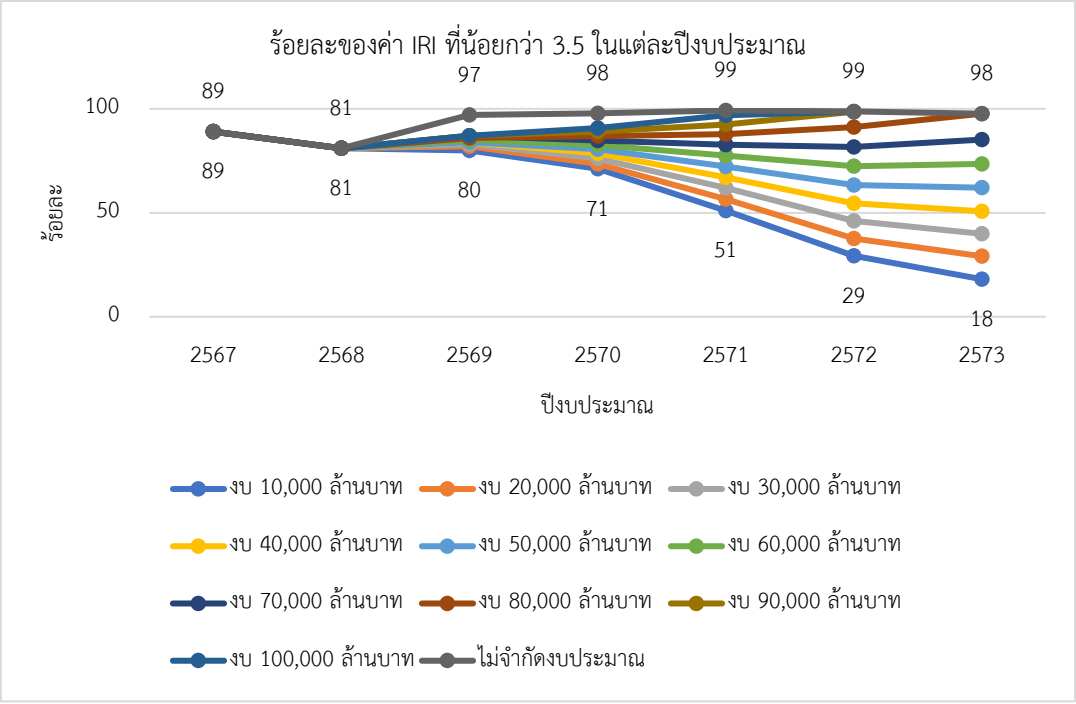
1) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 10,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้น จาก 2.51 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร จากนั้นค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีถัดมา มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2.98, 3.22, 3.49 3.80 และ 4.12 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 3.52 เมตรต่อกิโลเมตร และมีสัดส่วน IRI < 3.5 อยู่ที่ 80.31, 71.15, 51.07, 29.24 และ 18.06 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 10,000 ล้านบาทจะไม่สามารถคงสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตให้ดีเท่ากับสภาพในปัจจุบัน
2) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 20,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้น จาก 2.51 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์เป็น 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร อย่างไรก็ตาม ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีถัดมา มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2.94, 3.13, 3.35, 3.60 และ 3.84 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 3.37 เมตรต่อกิโลเมตร และมีสัดส่วนค่า IRI < 3.5 อยู่ที่ 82.10, 73.57, 56.50, 37.60 และ 29.10 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 20,000 ล้านบาท จะไม่สามารถคงสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตให้ดีเท่ากับสภาพในปัจจุบัน
3) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 30,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 มีลดลง จาก 2.51 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร จากนั้น จะมีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 2.90, 3.05, 3.22, 3.40 และ 3.56 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 3.23 เมตรต่อกิโลเมตร และมีสัดส่วนค่า IRI < 3.5 อยู่ที่ 82.87, 76.12, 62.02, 46.08 และ 39.88 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 30,000 ล้านบาทจะไม่สามารถคงสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ใกล้เคียงกับสภาพในปัจจุบันของกรมทางหลวง

4) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 40,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 มีค่าลดลง จาก 2.51 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์เป็น 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร จากนั้น จะมีค่าสูงขึ้นในปีถัดไป เท่ากับ 2.87, 2.96, 3.08, 3.20 และ 3.28 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 3.08 เมตรต่อกิโลเมตร และมีสัดส่วนค่า IRI < 3.5 อยู่ที่ 83.62, 78.53, 67.09, 54.56 และ 50.72 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 40,000 ล้านบาท จะไม่สามารถคงสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ใกล้เคียงกับสภาพในปัจจุบันได้ของกรมทางหลวง
5) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 50,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 มีค่าลดลง จาก 2.51 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร จากนั้น จะมีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 2.83, 2.88, 2.94, 2.99 และ 3.02 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.93 เมตรต่อกิโลเมตร และมีสัดส่วนค่า IRI < 3.5 อยู่ที่ 84.41, 80.62, 72.24, 63.40 และ 62.07 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 50,000 ล้านบาท จะสามารถรักษาสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้
6) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 60,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 ถึง 5 มีค่าลดลง จาก 2.51 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร จากนั้น จะมีค่าสูงขึ้นในปีถัดไป เท่ากับ 2.80, 2.80, 2.80, 2.79 และ 2.75 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.79 เมตรต่อกิโลเมตร และมีสัดส่วนค่า IRI < 3.5 85.13, 82.65, 77.48, 72.40 และ 73.53 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 60,000 ล้านบาท จะสามารถรักษาสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ดีกว่าสภาพในปัจจุบัน
7) กรณีไม่จำกัดงบประมาณ พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 ถึง 5 มีค่าลดลง จาก 2.51 เมตรต่อกิโลเมตร เท่ากับ 2.72 และจะสูงขึ้นเป็น 2.10, 2.17, 2.23, 2.23 และ 2.15 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.18 เมตรต่อกิโลเมตร และมีสัดส่วนค่า IRI < 3.5 87.74, 84.78, 82.75, 81.71 และ 85.28 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่า IRI กรณีที่ได้รับงบประมาณแบบไม่จำกัดต่อปี สามารถรักษาสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ดีกว่าสภาพในปัจจุบัน



รูปที่ 2-140 กราฟแสดงค่า IRI ของแผนงบประมาณที่ได้รับในแต่ละปี

จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า หากกรมทางหลวงต้องการที่จะคงค่า IRI < 3.5 ที่ประมาณร้อยละ 89.29 ของระยะความยาวสายทางทั้งหมด (คำรับรองการปฏิบัติราชการ ปี พ.ศ. 2562) ตลอดระยะเวลา 5 ปี จำเป็นจะต้องใช้งบประมาณปีละ 75,000 ล้านบาท แสดงดังตารางที่ 2-48 โดยการวิเคราะห์นี้เป็นการวิเคราะห์จากผลประโยชน์ของผู้ใช้ทางต่อค่าซ่อมบำรุง (B/C) เท่านั้น มิได้คำนึงถึงการกระจายงบประมาณจากความจำเป็นในการซ่อม จึงอาจเป็นผลให้มีบางสายทางที่ไม่ได้รับการซ่อมบำรุงในปีหลัง



รูปที่ 2-141 ร้อยละของค่า IRI ที่น้อยกว่า 3.5 ในแต่ละปีงบประมาณ

ตารางที่ 2-48 ค่า IRI เฉลี่ยตามแผนและปีงบประมาณ 5 ปี

งบประมาณ	ปี 2569	ปี 2570	ปี 2571	ปี 2572	ปี 2573	เฉลี่ยตลอด 5 ปี
งบ 10,000 ล้านบาท	2.98	3.22	3.49	3.8	4.12	3.52
งบ 20,000 ล้านบาท	2.94	3.13	3.35	3.6	3.84	3.37
งบ 30,000 ล้านบาท	2.9	3.05	3.22	3.4	3.56	3.23
งบ 40,000 ล้านบาท	2.87	2.96	3.08	3.2	3.28	3.08
งบ 50,000 ล้านบาท	2.83	2.88	2.94	2.99	3.02	2.93
งบ 60,000 ล้านบาท	2.8	2.8	2.8	2.79	2.75	2.79
งบ 70,000 ล้านบาท	2.76	2.71	2.64	2.57	2.48	2.63
งบ 80,000 ล้านบาท	2.72	2.63	2.49	2.35	2.18	2.47
ไม่จำกัดงบประมาณ	2.1	2.17	2.23	2.23	2.15	2.18

หมายเหตุ : ปี 2568 มีค่า IRIเฉลี่ย 2.72 เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงงบประมาณเพราะใช้งบประมาณที่ได้รับจริง

<u>การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน</u>

การวิเคราะห์ความต้องการงบประมาณงานบำรุงรักษาทางหลวงผิวลาดยาง โดย TPMS

<u>กระบวนการวิเคราะห์</u>

กระบวนการวิเคราะห์โดยโปรแกรม TPMS เป็นการหาวิธีการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมตามหลักวิศวกรรม โดยการวิเคราะห์จะกำหนดงบประมาณที่ต้องการในการซ่อมบำรุง (Cost) ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ได้แก่

- ค่า IRI เมื่อไม่มีการซ่อมบำรุง
- ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุง
- ระยะทางในการซ่อมบำรุง
- วิธีการซ่อมบำรุง
- ค่าซ่อมบำรุงตามวิธีการซ่อม
- ผลประโยชน์ที่ได้รับ (Benefit)

การวิเคราะห์จะกำหนดงบประมาณในการซ่อมบำรุง ตั้งแต่งบประมาณ 10,000 ล้านบาท ไปจนถึงไม่จำกัดงบประมาณในการซ่อมบำรุง เพื่อหาค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงภายใต้เงื่อนไขงบประมาณดังกล่าว และพิจารณาสัดส่วนร้อยละของค่า IRI ที่น้อยกว่า 3.5

ผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 2-49 และสำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง ได้สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณในปี พ.ศ. 2568 กับร้อยละของระยะทางบนทางหลวงที่มีค่า IRI < 3.5 ของโครงข่ายทางหลวงตามงบประมาณบำรุงทางที่ได้รับการจัดสรรทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2568 แสดงดังสมการที่ 1

$$Budget = 18{,}195.82^{*} (\%IRI_{2568} < 3.5) - 1{,}554{,}454.30 \qquad (1)$$

โดยที่

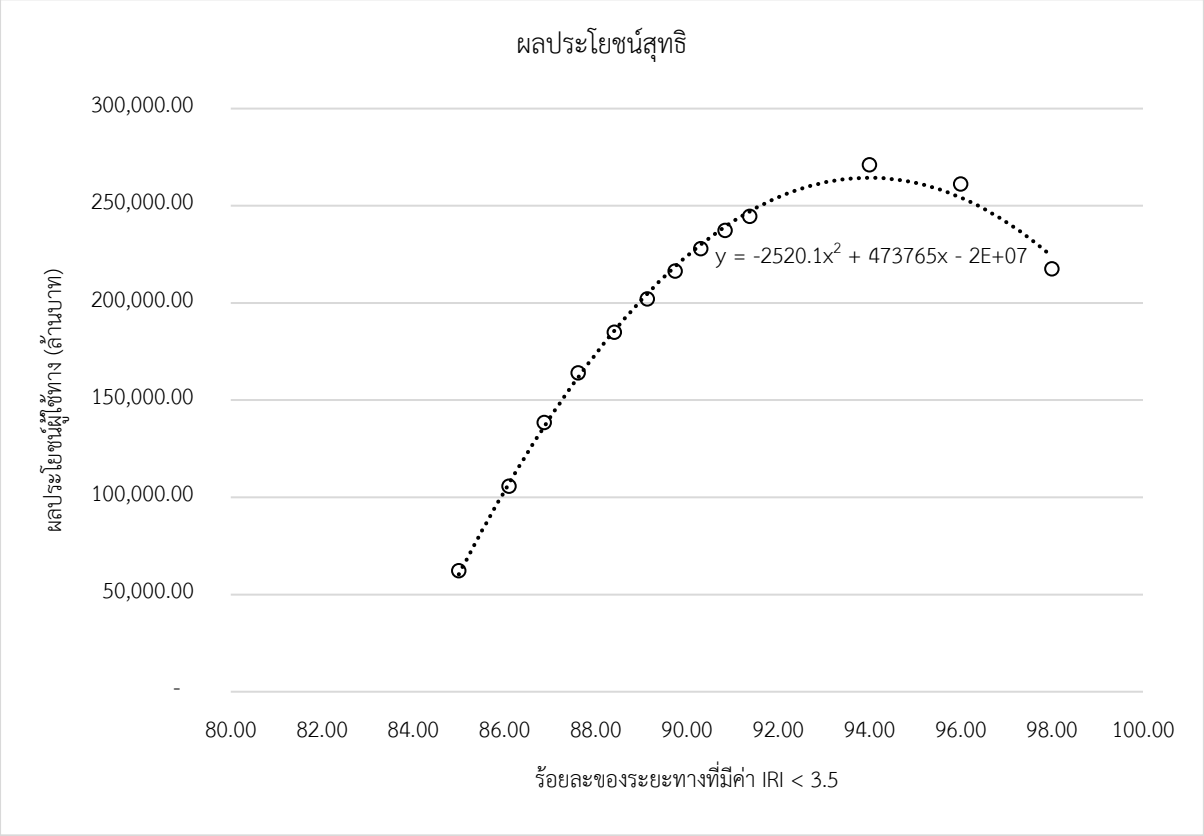
Budget = งบประมาณบำรุงรักษาถนนลาดยางในปี พ.ศ. 2568 (ล้านบาท)

$\%IRI_{2569} < 3.5$ = ร้อยละของระยะทางของโครงข่ายทางหลวงที่มีค่า IRI น้อยกว่า 3.5 ม./กม.

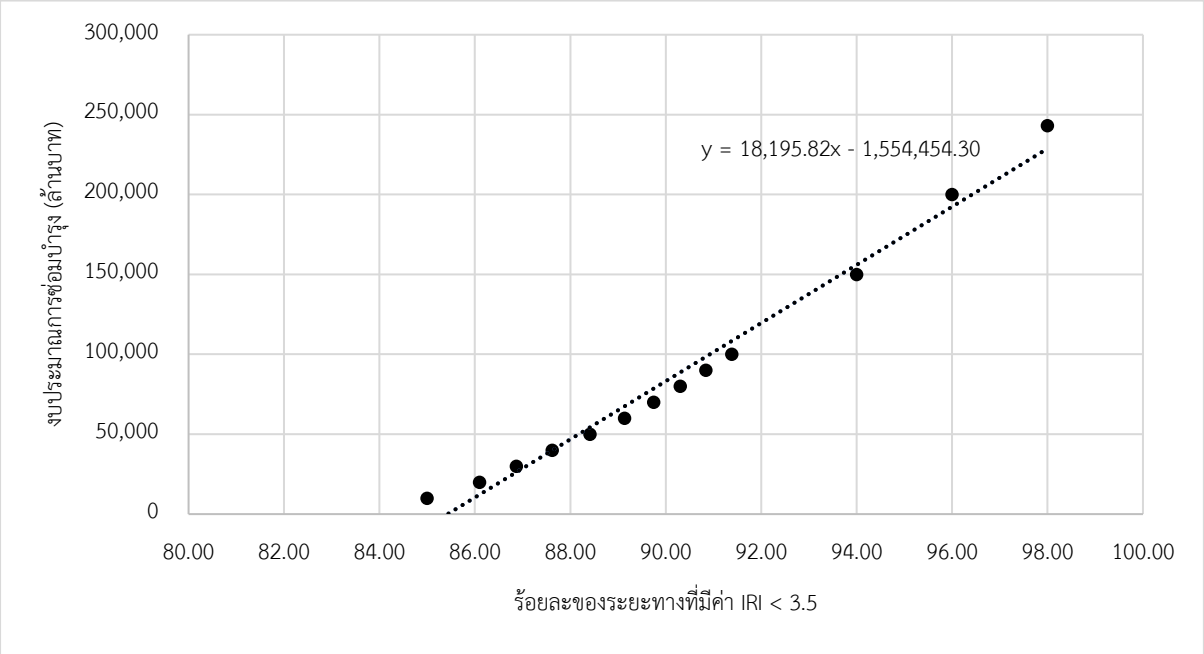
เพื่อคงสภาพของโครงข่ายให้ร้อยละของระยะทางของโครงข่ายทางหลวงที่มีค่า IRI น้อยกว่า 3.5 ม./กม. ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90.38 โดยคำนวนตามสมการที่ 1 จะต้องใช้งบประมาณ 150,000 ล้านบาท

ตารางที่ 2-49 ผลการวิเคราะห์งบประมาณ ปี 2568

ค่าซ่อมบำรุง (Cost) (ล้านบาท)	**ร้อยละ IRI < 3.5**
10,000	85.00
20,000	86.10
30,000	86.87
40,000	87.62
50,000	88.41
60,000	89.13
70,000	89.74
80,000	90.31
90,000	90.84
100,000	91.38
150,000	94.00
200,000	96.00
(ไม่จำกัดงบประมาณ)	98.00



รูปที่ 2-142 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของระยะทางที่ค่า IRI<3.5 กับผลประโยชน์ผู้ใช้ทาง



รูปที่ 2-143 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของถนนในโครงข่ายที่ค่า IRI < 3.5 ม./กม.
กับงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในปี พ.ศ. 2568 (เฉพาะถนนลาดยาง)

เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าในการซ่อมบำรุงรักษาทางหลวงโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณในการซ่อมบำรุงกับผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefit) จะพบว่าเมื่อเพิ่มงบประมาณในการซ่อมบำรุง ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefit) จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่เมื่อเพิ่มงบประมาณไปจนถึง 150,000 ล้านบาท จะให้ค่าผลประโยชน์สุทธิสูงสุด (Max Net Benefit) เท่ากับ 282,000 ล้านบาท และเมื่อนำงบประมาณ 150,000 ไปคำนวณร้อยละ IRI < 3.5 ในสมการที่ 1 จะได้ร้อยละ IRI < 3.5 เท่ากับ 96.07 เหตุที่เมื่อเพิ่มงบประมาณมากกว่า 150,000 ส่งผลให้ผลประโยชน์สุทธิ ลดลงเนื่องจาก TPMS จะเริ่มนำงบประมาณไปซ่อมบำรุงในสายทางที่ได้ผลประโยชน์ (Benefit) น้อยกว่าค่าซ่อมบำรุง (Cost) กล่าวคือ B/C < 1 เป็นสายทางที่มีปริมาณจราจรต่ำ สำนักบริหารบำรุงทางจึงเลือกวิธีการกระจายงบประมาณตามเป้าหมายคุณภาพของถนน

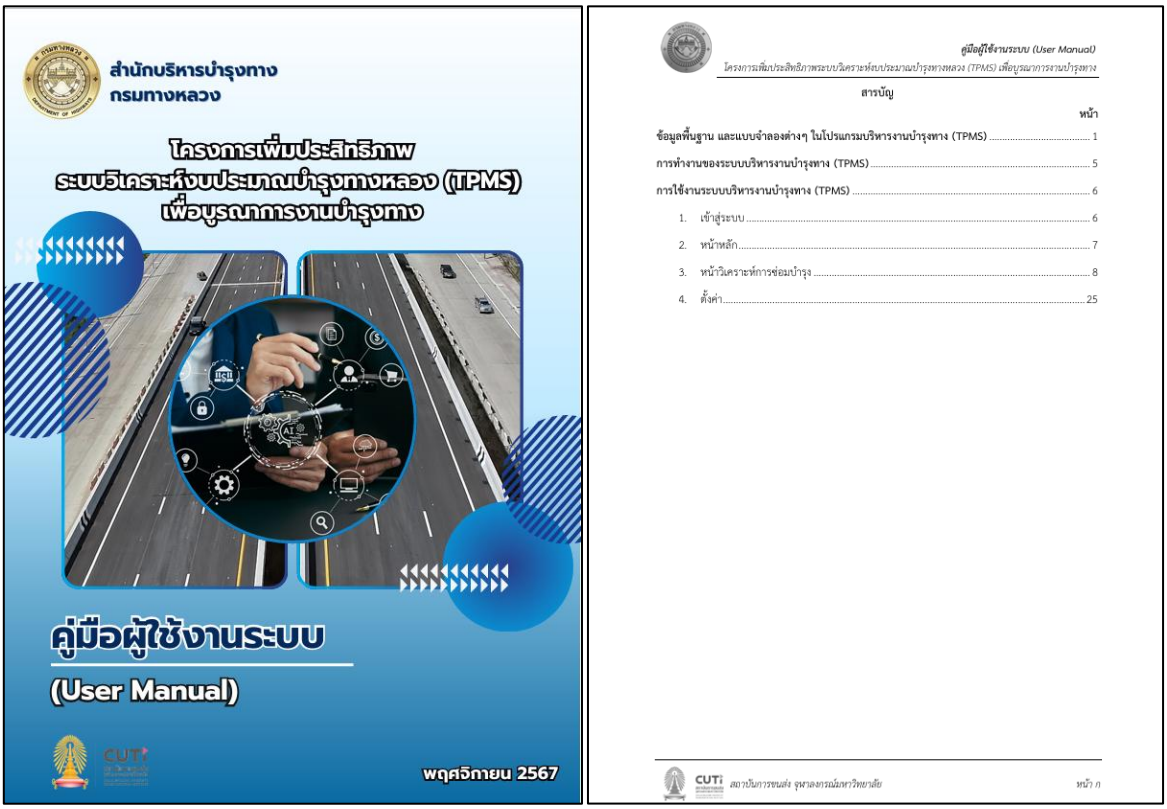
ตารางที่ 2-50 สรุปความต้องการงบประมาณการซ่อมบำรุงในปีงบประมาณ พ.ศ. 2568

งบประมาณ (ล้านบาท)	ร้อยละ IRI < 3.5	คำอธิบาย
-	90.38	คำปฏิบัติราชการ
-	82.08	สภาพทางหลวงปัจจุบัน
13,519	81.00	งบประมาณที่ได้รับในปี 2568
123,581	90.38	คำปฏิบัติราชการ
150,000	92.00	ผลประโยชน์ผู้ใช้ทางสุทธิสุดสุง
121,753	95.00	ได้รับงบประมาณแบบไม่จำกัด

2.7 งานส่วนที่ 7 การจัดทำคู่มือสอนการใช้งานระบบ และสื่อวีดิทัศน์

2.7.1 จัดทำคู่มือผู้ใช้งานระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) (User Manual)

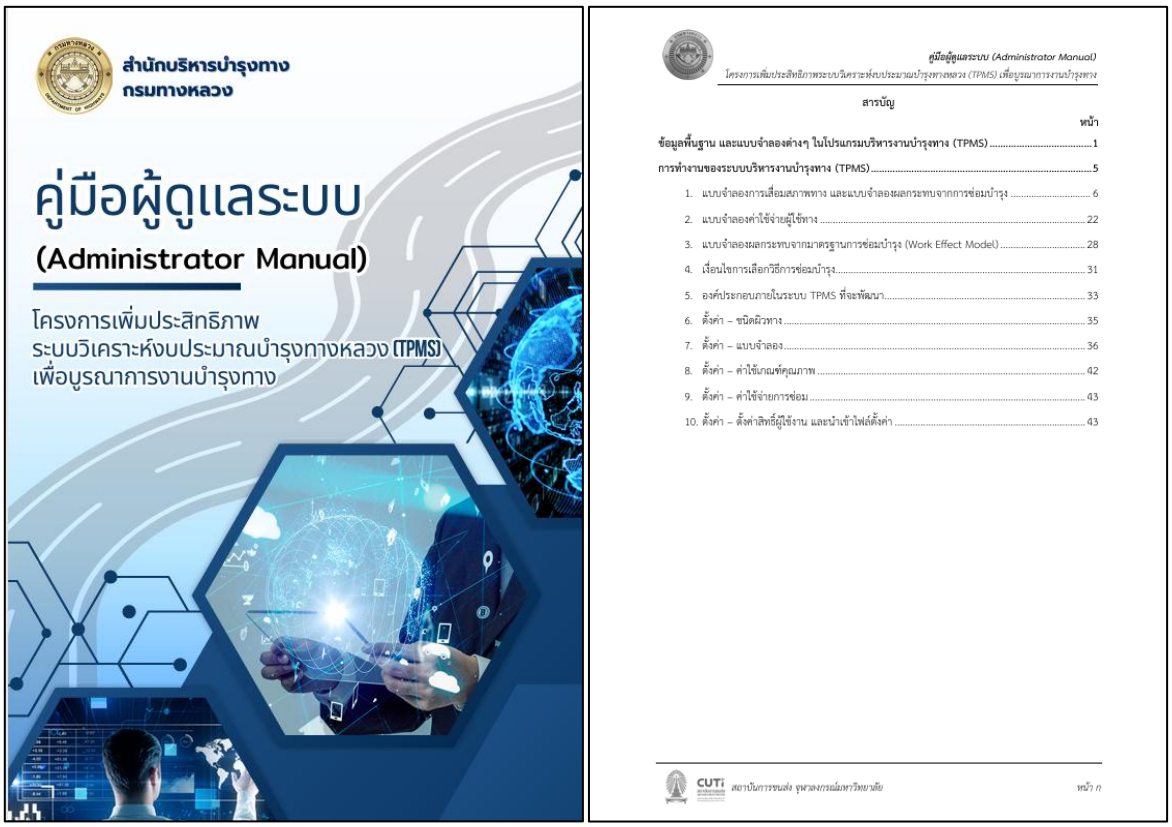
โดยในรายละเอียดของคู่มือผู้ใช้งานระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทาง (TPMS) จะเป็นการอธิบายวิธีการใช้งานต่าง ๆ ภายในระบบ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการบำรุงรักษาเชิงกลยุทธ์ บำรุงรักษาประจำปี หรือตั้งค่า รวมไปถึงอธิบายถึงตัวแปรที่จำเป็นในการนำไปวิเคราะห์ เพื่อให้ผู้ใช้งานระบบสามารถใช้งานระบบได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ แสดงดังรูปที่ 2-144



รูปที่ 2-144 คู่มือผู้ใช้งานระบบ

2.7.2 จัดทำคู่มือผู้ดูแลระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) (Administrator Manual)

ในส่วนของคู่มือของผู้ดูแลระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ที่ปรึกษาจะดำเนินการจัดทำคู่มืออธิบายรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ที่ผู้ดูแลระบบต้องทราบ เพื่อให้สามารถดูแลระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวงได้ครบถ้วนสมบูรณ์ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการตั้งค่าต่าง ๆ ภายในระบบ การจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งาน การสำรองข้อมูล รวมถึงพจนานุกรมฐานข้อมูล และรายละเอียดโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์ระบบฐานข้อมูล (ER-Diagram) แสดงดังรูปที่ 2-145

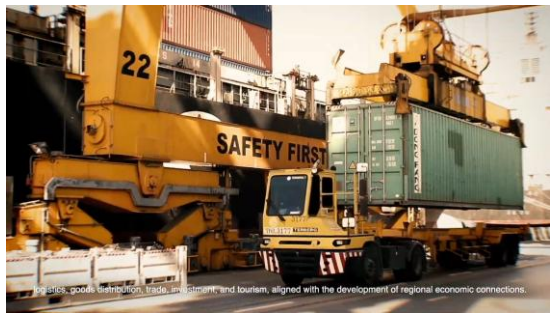


รูปที่ 2-145 คู่มือผู้ดูแลระบบ

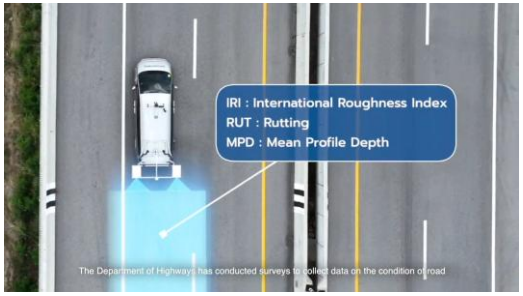
2.7.3 การจัดทำจัดทำสื่อวีดิทัศน์ สื่อการสอน (Instructional Video)

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO) และวีดิทัศน์ตัวอย่าง ความยาวไม่น้อยกว่า 5 นาที เพื่อเตรียมนำเสนอให้ผู้จ้างตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องของเนื้อหาที่ต้องการจัดทำ โดยรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2-51

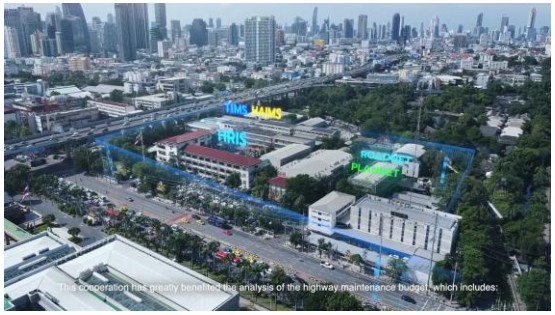
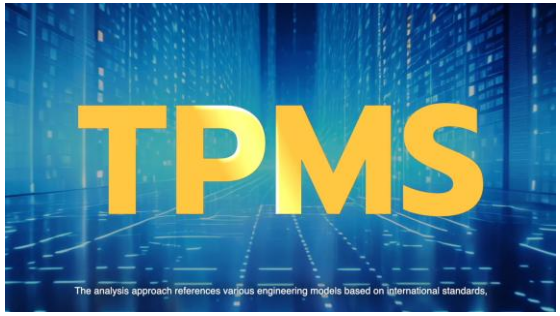
ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO)

ระยะเวลา	เวลารวม	ภาพประกอบ	บท
40 วินาที	0.40 นาที	  	"ประเทศไทยมีการขยายตัวของภาคเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างเศรษฐกิจและสังคมแห่งอนาคต ยกระดับเข้าสู่กลุ่มประเทศรายได้สูงตามแผ่นยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี โดยให้ไทยเป็นจุดเชื่อมโยงหลักของการคมนาคม เตรียมความพร้อมเป็นระเบียงเศรษฐกิจแห่งเอเชีย สร้างศูนย์กลางการคมนาคม การขนส่ง การกระจายสินค้า การค้า การลงทุน รวมถึงการท่องเที่ยว สอดรับกับการพัฒนาการเชื่อมโยงกับกลุ่มเศรษฐกิจในระดับภูมิภาค โดยการพัฒนาโครงข่ายคมนาคมและโครงสร้างพื้นฐานทางถนน จนปัจจุบันประเทศไทยมีโครงข่ายทางหลวงกว่า 53,000 กิโลเมตร จึงจำเป็นต้องบำรุงรักษาถนนอย่างต่อเนื่อง เพื่อแก้ไขปัญหาพื้นผิวถนนที่ขรุขระ เป็นหลุ่มบ่อ หรือแม้แต่ความลื่น ที่เกิดจากการสัญจรที่คับคั่งทุกช่วงเวลา"

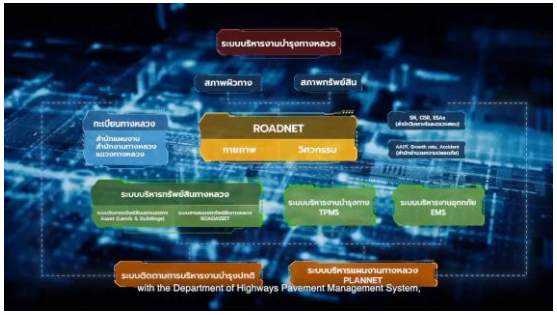
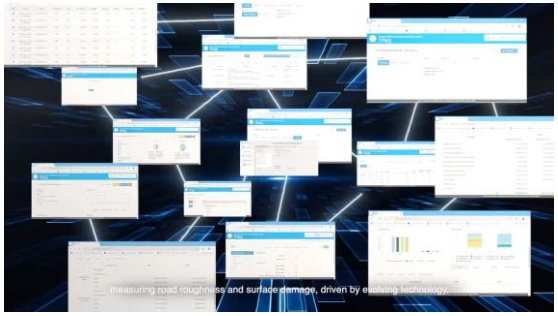
ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO) (ต่อ)

ระยะเวลา	เวลารวม	ภาพประกอบ	บท
120 วินาที	2.40 นาที	  	สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการกำหนดกลยุทธ์ และวางแผนงาน โครงการบำรุงรักษาทางหลวง โดยศึกษาและพัฒนาการบริหารงานบำรุงรักษาทางหลวงให้ทันสมัย และทันต่อเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว โดยมีการวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงทางหลวง เป็นภารกิจสำคัญ เพื่อให้การดำเนินงานภายใต้กรอบงบประมาณที่ได้รับการจัดสรรถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านการสูญเสียของเวลา ด้านความปลอดภัย ซึ่งครอบคลุมทุกมิติ ทั้งนี้ กรมทางหลวง ได้สำรวจจัดเก็บข้อมูลสภาพความเสียหายของผิวทางในความรับผิดชอบทั่วประเทศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นสู่การวางแผนบริหารจัดการงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงให้เกิดประโยชน์สูงสุด ตอบสนองต่อการบริหารงานในระดับโครงข่ายและระดับโครงการ

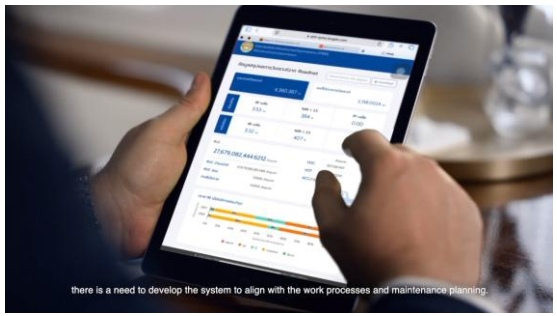
ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO) (ต่อ)

ระยะเวลา	เวลารวม	ภาพประกอบ	บท
120 วินาที	2.40 นาที	  	"โดยการดำเนินงานการวิเคราะห์แผนซ่อมบำรุง ได้มีการบูรณาการด้านข้อมูลและประสานความร่วมมือระหว่างหน่วยงานในกรมทางหลวง อันเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง ซึ่งประกอบด้วย 1. ข้อมูลการสำรวจสภาพทาง จากระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) 2. ข้อมูลแผนและรหัสงาน จากระบบบริหารแผนงานทางหลวง (Plannet) ของสำนักบริหารบำรุงทาง 3. ข้อมูลทะเบียนสายทาง ระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง กรมทางหลวง (Highway Registration Information System, HRIS) ของสำนักแผนงาน 4. ข้อมูลปริมาณจราจร จากระบบสารสนเทศประมาณจราจรบนทางหลวง (TIMS) 5. ข้อมูลอุบัติเหตุ จากระบบรายงานอุบัติเหตุบนทางหลวง (Highway Accident Information Management System, HAIMS) ของสำนักอำนวยความปลอดภัย 6. ข้อมูลงานวิเคราะห์ และตรวจสอบสภาพทาง จากระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์ และตรวจสอบสภาพทางหลวง (Material and Inspection Information System, MIIS) ของสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ เข้ามาร่วมในการพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง TPMS (Thailand Pavement Management System)"

ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO) (ต่อ)

ระยะเวลา	เวลารวม	ภาพประกอบ	บท
120 วินาที	2.40 นาที	  	"ที่มีการอ้างอิงแนวทางการวิเคราะห์ใช้แบบจำลองด้านวิศวกรรมต่าง ๆ ตามมาตรฐานสากลจาก HDM (Highway Development & Management) ร่วมกับระบบบริหารงานบำรุงทาง (Pavement Management System) อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ พ.ศ. 2530 ปัจจุบันเนื่องจากข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์สำรวจค่าความขรุขระและความเสียหายผิวทาง มีความละเอียดและแม่นยำมากขึ้นตามเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไป จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบให้สอดคล้องกับกระบวนการทำงาน การวางแผนการซ่อมบำรุง และเพื่อความแม่นยำของแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์งบประมาณ"

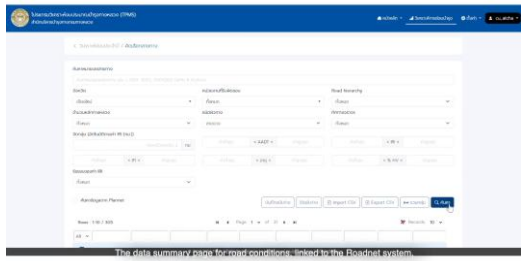
ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO) (ต่อ)

ระยะเวลา	เวลารวม	ภาพประกอบ	บท
30 วินาที	3.10 นาที	  	"ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง TPMS (Thailand Pavement Management System) สามารถวิเคราะห์งบประมาณตามแผนการดำเนินงาน ที่เจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานสามารถกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ ได้หลากหลายตามการดำเนินการ เช่น เลือกวิเคราะห์เพื่อดูงบประมาณที่ต้องใช้ในการซ่อมปีถัดไป เลือกเงื่อนไขเพื่อดูสภาพทางหลังจากการใช้งบประมาณในอนาคต เพื่อให้ได้ผลประโยชน์สูงสุดทั้งในด้านความราบเรียบและความต่อเนื่องในการเดินทาง ด้านทรัพย์สินยานพาหนะ ด้านเวลา และด้านความปลอดภัย

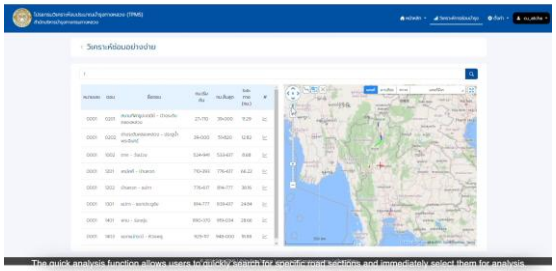
ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO) (ต่อ)

ระยะเวลา	เวลารวม	ภาพประกอบ	บท
30 วินาที	3.40 นาที	  	ซึ่งภายในระบบได้มีการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์การเสื่อมสภาพทางเพื่อนำไปวิเคราะห์สภาพทางที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาที่ผ่านไป เจ้าหน้าที่กรมทางหลวงจึงสามารถวางแผนซ่อมบำรุง และแบบจำลองผลกระทบจากมาตรฐานการซ่อม (Road Work Effect Model) ทำให้สามารถเลือกวิธีการซ่อมที่ถูกต้องแม่นยำตามหลักวิชาการ ประกอบกับแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง (Road User Effect Model) รวมถึงจัดสรรงบประมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

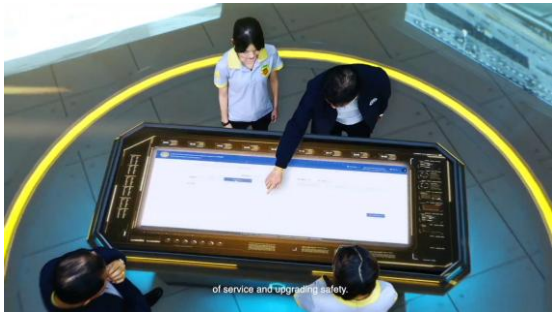
ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO) (ต่อ)

ระยะเวลา	เวลารวม	ภาพประกอบ	บท
5 วินาที	3.45 นาที		ผ่านกระบวนการทำงานหลักของระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง TPMS (Thailand Pavement Management System) ที่มีความง่ายต่อการใช้งาน
10 วินาที	3.55 นาที	 	ในหน้าการแสดงผลข้อมูลสรุปสภาพสายทางที่เชื่อมโยงจากระบบ Roadnet และหน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์ที่แนะนำจากผู้ใช้งานในระดับโครงข่าย

ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO) (ต่อ)

ระยะเวลา	เวลารวม	ภาพประกอบ	บท
10 วินาที	4.05 นาที	 	และหน้าวิเคราะห์ซ่อมอย่างง่าย ที่สามารถค้นหาสายทางที่ต้องการทำการเลือกวิเคราะห์ได้ทันที ซึ่งใช้เงื่อนไขตามที่ระบบกำหนด เพื่อสะดวกต่อการใช้งานสำหรับผู้ใช้งานระดับปฏิบัติการ

ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO) (ต่อ)

ระยะเวลา	เวลารวม	ภาพประกอบ	บท
20 วินาที	4.25 นาที	  	อีกทั้งเจ้าหน้าที่กรมทางหลวงจากส่วนกลางสามารถใช้ระบบวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านวิศวกรรม เสนอวิธีการซ่อมบำรุงได้อย่างคุ้มค่า เหมาะสมต่อสภาพความเสียหายของผิวทาง และดูสภาพทางหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง เพื่อให้เจ้าหน้าที่กรมทางหลวงในระดับภูมิภาคสามารถวิเคราะห์และซ่อมบำรุงได้ครบทุกมิติของปัจจัย ทั้งด้านการให้บริการ และการยกระดับด้านความปลอดภัย

ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO) (ต่อ)

ระยะเวลา	เวลารวม	ภาพประกอบ	บท
20 วินาที	4.45 นาที	 	"กรมทางหลวงได้นำผลวิเคราะห์ และการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาพทางหลวงมาใช้กำหนดกลยุทธ์ แผนงานสำหรับการบำรุงรักษาทางหลวง เพื่อดำเนินงานซ่อมบำรุงรักษาเป็นไปด้วยประสิทธิภาพ อันเกิดประโยชน์มีความคุ้มค่าสูงสุด ตามแนวคิด "Value for Money"

ตารางที่ 2-51 รายละเอียดเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์ (Script VDO) (ต่อ)

ระยะเวลา	เวลารวม	ภาพประกอบ	บท
15 วินาที	5.00 นาที	 	"จากการพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง TPMS (Thailand Pavement Management System) ผลลัพธ์ที่ได้คือ - บริหารงานซ่อมถนนได้ ฉับไว ตรงจุด - พัฒนาและดูแลถนนอย่างมีประสิทธิภาพ คุ้มค่า ทนทาน - จัดการงบซ่อมบำรุงถนน โดยใช้งบประมาณได้อย่างคุ้มค่า ครบทุกมิติด้านวิศวกรรม เพื่อให้สอดรับกับวิสัยทัศน์ของกรมทางหลวง ที่มุ่งพัฒนาพร้อมดูแล บริหารจัดการโครงข่ายทางหลวง เพิ่มความสะดวก เชื่อมโยง เข้าถึง ปลอดภัย ตามมาตรฐานลำดับชั้นทางหลวงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และคนทุกกลุ่ม ดังนั้น ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) สามารถตอบโจทย์ผู้ใช้ทุกระดับ ทั้งภาพรวมและรายสายทาง สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง"

2.8 งานส่วนที่ 8 การจัดหาและส่งมอบอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดหาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่าที่ได้ระบุไว้ในสัญญา ซึ่งดำเนินการจัดส่งอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยรายละเอียดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่ายแล้วเสร็จแสดงดังตารางที่ 2-52 และรูปที่ 2-146

ตารางที่ 2-52 รายละเอียดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย

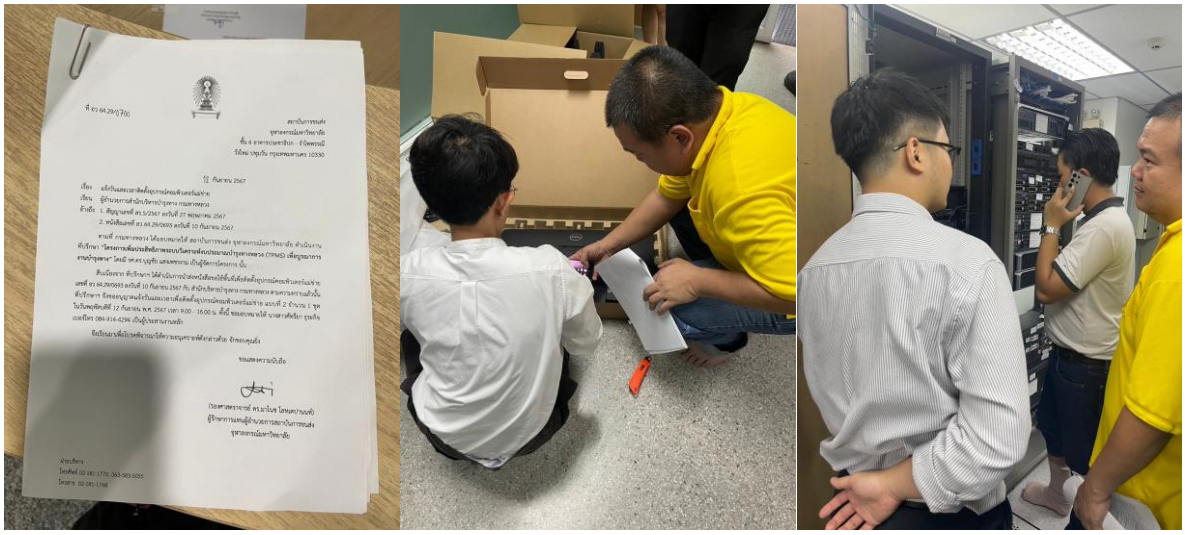
หมวดหมู่	รายละเอียด	Unit
Model	Dell PowerEdge R750 Server 1	1
Chassis	3.5 Chassis	1
Backplane	SAS/SATA Backplane	1
Storage Configuration	No Rear Storage	1
GPU	No GPU Enablement	1
TPM	Trusted Platform Module 2.0 V3	1
Chassis Configuration	3.5" Chassis with up to 12 Hard Drives (SAS/SATA) with Adapter PERC	1
Processor	Intel Xeon Gold 6326 2.9G, 16C/32T, 11.2GT/s, 24M Cache, Turbo, HT (185W) DDR4-3200 2 (จำนวน 2 ตัว) | Additional Processor Selected	2
Heatsink	Heatsink for 2 CPU configuration (CPU greater than or equal to 165W)	1
Performance	Performance Optimized	1
Memory	32GB RDIMM, 3200MT/s, Dual Rank 16Gb BASE x8 2 (จำนวน 2 ตัว)	2
RAID	Unconfigured RAID 1 | PERC H755 Adapter Full Height	1
SSD	960GB SSD SATA Read Intensive 6Gbps 512 2.5in Hot-plug AG Drive, 3.5in HYB CARR, 1 DWPD 6 (จำนวน 4 ตัว) RAID6	4
Hard Disk	8TB 7.2K RPM SAS ISE 12Gbps 512e 3.5in Hard Drive 2 (จำนวน 2 ตัว) RAID1	2
BIOS Settings	Performance BIOS Settings 1 | UEFI BIOS Boot Mode with GPT Partition	1
Energy Star	No Energy Star	1
Fans	High Performance Fan x6	1
Power Supply	Dual, Hot-Plug, Power Supply Redundant (1+1), 1400W, Mixed Mode	1

ตารางที่ 2-52 รายละเอียดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย (ต่อ)

หมวดหมู่	รายละเอียด	Unit
Power Cords	Jumper Cord - C13/C14, 4M, 250V, 10A (US, EU, TW, APCC countries except ANZ) 2 (จำนวน 2 ตัว)	2
	Power Cord - C13, 2M, 250V, 10A (Thailand) 2 (จำนวน 2 ตัว)	2
Riser	Riser Config 1, 6x8, 2x16 slots	1
Motherboard	R750 Motherboard with Broadcom 5720 Dual Port 1Gb On-Board LOM	1
Network Adapter	Broadcom 57416 Dual Port 10GbE BASE-T Adapter, OCP NIC 3.0	1
Cables	No Cables Required	1
Bezel	PowerEdge 2U LCD Bezel	1
Tag	Dell EMC Luggage Tag	1
Assembly	Assembly BOSS Blank	1
Operating System	No Operating System 1 | No Media Required	1
iDRAC	iDRAC9, Enterprise 15G 1 | OpenManage Enterprise Advanced 1 | Quick Sync 2 (At-the-box mgmt) 1 | iDRAC, Factory Generated Password 1 | iDRAC Service Module (ISM), NOT Installed 1 | iDRAC Group Manager, Enabled 1	1
Rails	ReadyRails Sliding Rails	1
Cable Management	Cable Management Arm, 2U	1
Optical Drive	8X DVD-ROM, USB, EXTERNAL	1
Fan Foam	Fan Foam, HDD 2U	1
Documentation	No Systems Documentation, No OpenManage DVD Kit	1
Shipping	PowerEdge R750 Shipping, APCC/TW 1 | PowerEdge R750 Shipping Material 1 | PowerEdge R750, No CE or CCC Marking, APCC/TW	1
Warranty	Basic Next Business Day 36 Months 1 | Prosupport Plus and 4Hr Mission Critical Initial, 36 Month(s)	1
Deployment	No Field Deployment 1 | Infrastructure Deployment Selected 1	1
Support	Partner Operations Support B2B	1

ตารางที่ 2-52 รายละเอียดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย (ต่อ)

หมวดหมู่	รายละเอียด	Unit
Monitor	Dell Monitor E2723H	1
Components	Dell 27 Monitor - E2723H 1	1
Keyboard	Dell Multimedia Keyboard (Thai) - KB216 - Black 1 (580-ADLG)	1
Mouse	Dell MS116 - mouse - USB - black 1 (570-AAJD) (580-ADLG)	1



รูปที่ 2-146 รูปประกอบการนำส่งอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย

บทที่ 3
ความล่าช้าและปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการ

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง เริ่มปฏิบัติงานตั้งแต่วันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2567 และจะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จภายใน 180 วัน ซึ่งตรงกับวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ขณะนี้ที่ปรึกษาได้ดำเนินงานตามขอบเขตงานของโครงการมาแล้วเป็นระยะเวลา 5 เดือน พบความล่าช้าและปัญหาระหว่างการดำเนินงาน ดังนี้

3.1 การศึกษาแบบจำลองการเสื่อมสภาพ จากการศึกษาของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

เพื่อดำเนินการตามข้อกำหนดขอบเขตงาน (TOR) ข้อที่ 4.1.5 ที่ปรึกษาได้ประสานงานเพื่อขอเข้าพบที่ปรึกษาผู้ดำเนินงานโครงการศึกษาวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิต (Life Cycle Analysis) โครงสร้างถนนสำหรับโครงข่ายทางหลวง เพื่อหารือแนวทางการประยุกต์ใช้ในโครงการฯ โดยทางที่ปรึกษาสำนักวิจัยฯ ได้ให้ข้อมูลว่า สามารถนำผลจากแบบจำลองความเสื่อมสภาพของผิวทาง (Deterioration Model) ของสำนักวิจัยฯ ไปใช้ในการเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองความเสื่อมสภาพของผิวทาง (Deterioration Model) ของระบบ TPMS ได้ แต่ไม่แนะนำให้นำ Machine Learning ของโครงการไปเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการคำนวณของระบบ TPMS ทั้งนี้ ที่ปรึกษาจะทำการจัดเตรียมช่องทางการนำเข้าผลจากแบบจำลองความเสื่อมสภาพของผิวทาง (Deterioration Model) ของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับผลจากแบบจำลองในระบบ TPMS ซึ่งผลการเปรียบเทียบจะทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในระบบ TPMS ได้อยู่เสมอ

3.2 การสำรวจข้อมูลความเสียดทาน

ตามที่คณะกรรมการฯ ได้อนุมัติสายทางที่จะสำรวจทั้งหมดจำนวน 1,008 กม. ตามที่ที่ปรึกษานำเสนอ โดยหลังจากได้รับข้อมูลสายทางที่อยู่ในช่วงการซ่อมบำรุง ที่ปรึกษาพบว่า สายทางที่จะทำการสำรวจอยู่ในช่วงการซ่อมบำรุงทั้งหมด 97 กม. ทำให้เหลือระยะทางสำรวจข้อมูลความเสียดทานทั้งหมด 911 กม. อย่างไรก็ตาม ระยะทางที่ได้รับการอนุมัติให้ทำการสำรวจยังคงครอบคลุมระยะทางที่กำหนดในข้อกำหนดขอบเขตงาน (TOR) ซึ่งระบุให้ที่ปรึกษาสำรวจเก็บข้อมูลความเสียดทานรวมระยะทางไม่น้อยกว่า 900 กม. ทั้งนี้ ที่ปรึกษาจะทำให้มั่นใจว่า สามารถสำรวจเก็บข้อมูลความเสียดทานได้ครบทั้ง 911 กม. เพื่อให้เป็นไปตามที่กำหนดในข้อกำหนดขอบเขตงาน (TOR)

3.3 การนำเข้าข้อมูลความเสียดทานจากการสำรวจ

ตามที่ระบุในข้อกำหนดขอบเขตงาน (TOR) ข้อที่ 4.2.2 (3) ที่ปรึกษาจะต้องนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ โดยนำเข้าข้อมูลในระบบสารสนเทศโครงข่ายกรมทางหลวง (Roadnet) หรือฐานข้อมูลอื่นที่เหมาะสม ทั้งนี้ เนื่องจากระบบสารสนเทศโครงข่ายกรมทางหลวง หรือระบบ Roadnet ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนาโดยสำนักบริหารบำรุงทาง ไม่มีการแสดงผลค่าความเสียดทาน ไม่ว่าจะในรูปแบบ Skid Resistance, Grip Number หรือ IFI ในขณะที่ระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง หรือระบบ MIIS พัฒนาโดยสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง มีการแสดงผลค่า IFI ดังนั้น ที่ปรึกษาจะนำเข้าข้อมูลความเสียดทานที่สำรวจในระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง หรือระบบ MIIS เพื่อให้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลสำรวจค่าความเสียดทานได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระบบสารสนเทศโครงข่ายกรมทางหลวง หรือระบบ Roadnet พัฒนาโดยสำนักบริหารบำรุงทาง ซึ่งเป็นผู้พัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง หรือระบบ TPMS ด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบ Roadnet และ TPMS จะมีความคล่องตัวมากกว่า ที่ปรึกษาจึงจะนำเข้าข้อมูลข้อมูลความเสียดทานที่สำรวจลงในระบบ Roadnet ด้วย โดยจะเป็นการนำเข้าผ่านทาง Database ของระบบ และไม่มีการแสดงผลบนหน้าจอของระบบ Roadnet ทั้งนี้ ระบบ TPMS จะดึงข้อมูลความเสียดทานจากทั้งระบบ MIIS และ Roadnet นำมาคัดกรองค่าที่ซ้ำซ้อน และจะมาใช้งานในระบบ TPMS ต่อไป ทั้งในส่วนของการแสดงผล การคำนวณ และการวิเคราะห์แนวทางการซ่อมบำรุง

3.4 การจัดหาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่าย

ตามที่ระบุในข้อกำหนดขอบเขตงาน (TOR) ข้อที่ 4.8 ที่ปรึกษาจะต้องจัดหา และส่งมอบอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แม่ข่ายให้กับกรมทางหลวง ตามคุณสมบัติที่กำหนด โดยจากการตรวจสอบคุณสมบัติตามที่ระบุ ที่ปรึกษาพบว่า บางรายการมีคุณสมบัติต่ำกว่าคุณสมบัติของคอมพิวเตอร์แม่ข่ายระบบสารสนเทศโครงข่ายกรมทางหลวง หรือระบบ Roadnet ที่ปรึกษาเห็นว่า เนื่องจากระบบ TPMS จะต้องมีการเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบ Roadnet เป็นจำนวนมาก จึงเห็นควรปรับเพิ่มคุณสมบัติของคอมพิวเตอร์แม่ข่ายบางรายการให้สอดคล้อง และเทียบเท่ากับคอมพิวเตอร์แม่ข่ายระบบ Roadnet อย่างไรก็ตาม การค้นหาผู้รับจ้างที่จัดจำหน่ายเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายตามคุณสมบัติที่ต้องการมีความล่าช้ากว่าแผนการที่กำหนด โดยที่ปรึกษาอยู่ในขั้นตอนการประสานงานผู้รับจ้างให้เตรียมการให้สามารถจัดซื้อได้ทันทีที่ได้รับการอนุมัติจากกรมทางหลวง เพื่อให้สามารถส่งมอบเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายให้กับกรมทางหลวงได้ตามแผนที่กำหนด คือ ภายในเดือนกันยายน พ.ศ. 2567

3.5 การปรับแก้แบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทาง

ในการดำเนินการตามข้อกำหนดขอบเขตงาน (TOR) ข้อที่ 4.2.4 และข้อที่ 4.3.2 ที่ปรึกษาจะต้องทำการเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงแบบจำลอง พร้อมปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานบำรุงทาง ซึ่งแบบจำลองต่าง ๆ ประกอบด้วย ค่าปรับแก้ (K) มีหน้าที่ปรับค่าที่ได้จากแบบจำลองให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งานในพื้นที่ เพื่อให้ผลที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด แต่ในกระบวนการสืบค้นผลการปรับแก้ค่า K ในต่างประเทศพบว่า หน่วยงานในหลายประเทศ มักจะไม่ระบุรายละเอียดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบการปรับแก้ค่า K ในผลการศึกษา เช่น ประเภทยางที่ใช้เป็นผิวทาง ปริมาณจราจร ลำดับชั้นถนนของกลุ่มตัวอย่าง สภาพภูมิอากาศ และสภาพภูมิประเทศ เป็นต้น ทั้งนี้ ตัวแปรข้างต้นมีผลต่อแบบจำลองการบริหารจัดการงานบำรุงทาง และหากมีข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน อาจทำให้ที่ปรึกษาไม่สามารถเปรียบเทียบผลการปรับแก้ค่า K ในประเทศไทยกับผลการศึกษาในต่างประเทศได้อย่างตรงไปตรงมาได้ อย่างไรก็ตาม ที่ปรึกษาจะทำการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในเชิงลึก เพื่อหาข้อมูลจากตัวแปรที่กล่าวมาข้างต้น และนำมาใช้ตรวจสอบผลการปรับแก้ค่า K ที่จะใช้ในระบบ TPMS ต่อไป

3.6 ความล่าช้าในการปรับปรุงและพัฒนาระบบ

การปรับปรุงและพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ตามข้อกำหนดขอบเขตงาน (TOR) ข้อที่ 4 ที่ปรึกษาได้พัฒนาระบบตามที่ได้ปรับตามการจัดทำ User Requirements แล้วเสร็จ และสามารถใช้งานระบบได้ แต่เนื่องจากความซับซ้อนของสมการของแบบจำลองที่มีการพัฒนาทำให้ต้องปรับเงื่อนไขในการคัดเลือกข้อมูลของระบบปัจจุบันไม่สามารถดึงข้อมูลสายทางทั้งหมดเพื่อมาแสดงได้ ซึ่งส่งผลให้การวิเคราะห์งบประมาณทั้งแบบประจำปี แบบกลยุทธ์ และการวิเคราะห์อย่างง่ายมีข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง จากที่ที่ปรึกษาได้ตรวจสอบปัญหาดังกล่าวพบว่าเป็นเพราะการเชื่อมต่อข้อมูลจากแหล่งที่มาของฐานข้อมูลจากระบบอื่นมีข้อมูลไม่ครบถ้วน ดังนั้น ปัจจุบันที่ปรึกษาอยู่ระหว่างการเร่งดำเนินการแก้ไขเพื่อให้ข้อมูลถูกต้องแม่นยำ และสามารถดำเนินการทดสอบเพื่อการยอมรับ User Acceptance Test (UAT) โดยใช้ข้อมูลล่าสุดในฐานข้อมูลของระบบที่ถูกเชื่อมโยง และแบบจำลองต่าง ๆ ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสมของแบบจำลองต่าง ๆ ที่ได้ทำการปรับปรุงในโครงการ ตามข้อกำหนดขอบเขตงาน (TOR) ข้อที่ 4.5.2 และจะเสนอแนะค่าตัวแปรที่สำคัญ ซึ่งควรสำรวจเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง ได้ว่าจ้างที่ปรึกษาสำรวจ เพื่อการวิเคราะห์ความต้องการงบประมาณที่มีความแม่นยำมากขึ้น โดยระบบ TPMS พร้อมแนะนำเครื่องมือในการจัดเก็บค่าตัวแปรดังกล่าว ตามข้อกำหนดขอบเขตงาน (TOR) ข้อที่ 4.6.3

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายงานการตรวจสอบการนำเข้าระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง
(Material and Inspection Information System : MIIS)

ตารางที่ 1 รายชื่อสายทางที่นำเข้าระบบ MIIS แล้วเสร็จ

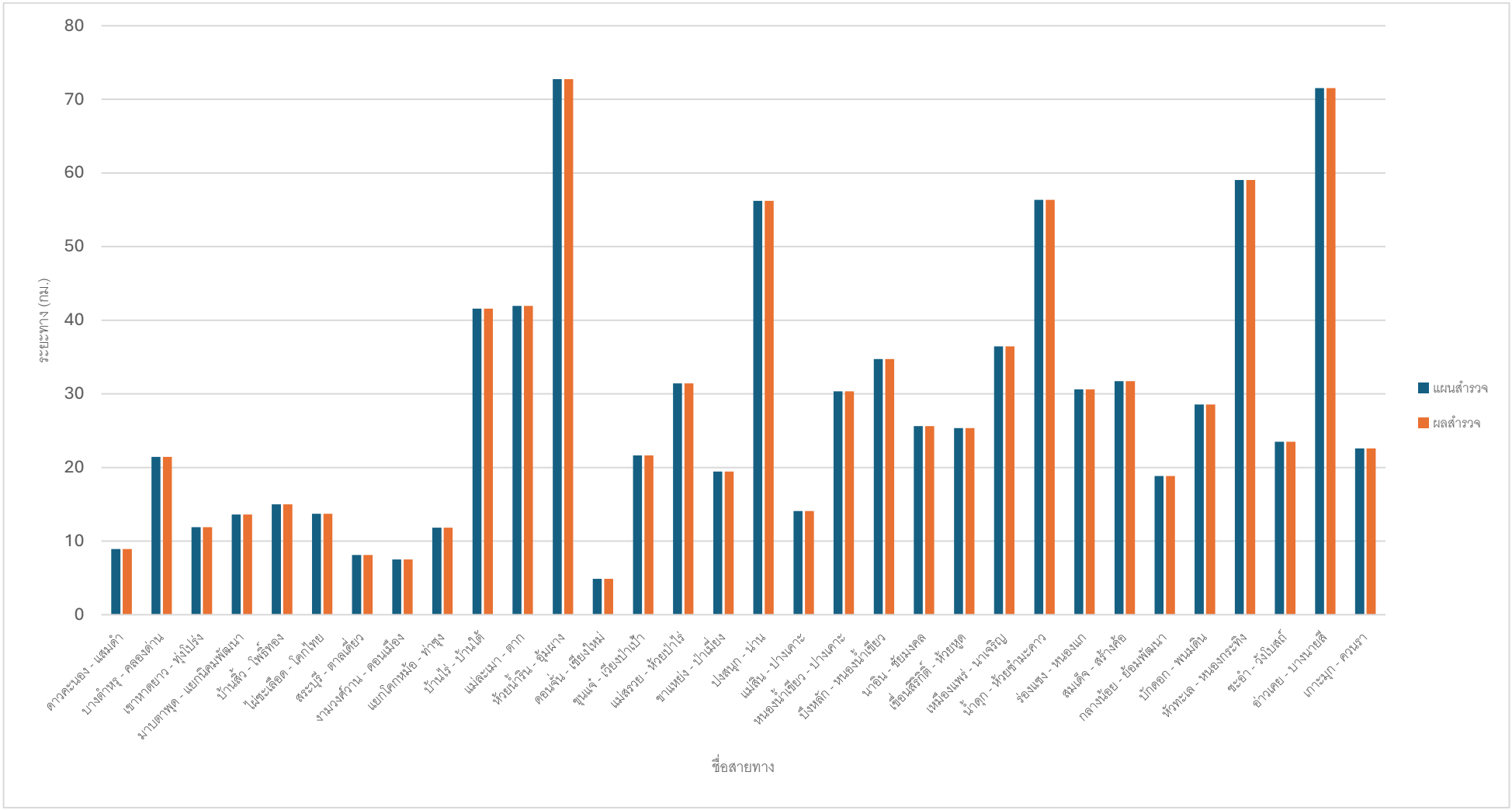
ลำดับ	ช่องจราจร	หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม. เริ่มต้น	กม. สิ้นสุด	ระยะทางแผนสำรวจ (กม.)	ระยะทางผลสำรวจ (กม.)	แขวงทางหลวง	แผนสำรวจ Transverse Profiler Logger	แผนสำรวจ Grip Tester	วันที่สำรวจ Transverse Profiler Logger	วันที่สำรวจ Grip Tester	สถานะการนำเข้าข้อมูล
1	LT	35	100	ดาวคะนอง - แสมดำ	5+750	14+660	8.91	8.91	ธนบุรี	15/06/2567	15/06/2567	27/06/2567	27/06/2567	ดำเนินการแล้วเสร็จ
2	LT	3	104	บางตำหรุ - คลองด่าน	40+550	62+000	21.45	21.45	สมุทรปราการ					
3	LT	332	100	เขาหาดยาว - ทุ่งโปร่ง	0+000	11+880	11.88	11.88	ชลบุรีที่ 2		16/06/2567		28/06/2567	
4	LT	3191	101	มาบตาพุด - แยกนิคมพัฒนา	0+000	13+600	13.6	13.6	ระยอง	16/06/2567	17/06/2567	28/06/2567	29/06/2567	
5	LT	3	602	บ้านสิ้ว - โพธิ์ทอง	312+000	318+404	6.404	6.404	จันทบุรี					
					318+405	327+000	8.595	8.595						
6	LT	319	103	ไผ่ชะเลือด - โคกไทย	24+538	38+238	13.7	13.7	ปราจีนบุรี	17/06/2567	18/06/2567	29/06/2567	30/06/2567	
7	LT	2	101	สระบุรี - ตาลเดี่ยว	0+000	8+100	8.1	8.1	สระบุรี					
8	LT	31	102	งามวงศ์วาน - ดอนเมือง	21+000	28+500	7.5	7.5	กรุงเทพ	18/06/2567	19/06/2567	1/7/2567	1/7/2567	
9	LT	3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าซุง	0+000	11+812	11.812	11.812	อุทัยธานี	19/06/2567	20/06/2567	1/7/2567	1/7/2567	
10	LT	3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	0+000	41+571	41.571	41.571	อุทัยธานี	19/06/2567		2/7/2567	2/7/2567	
11	LT	12	201	แม่ละเมา - ตาก	36+405	52+270	15.865	15.865	ตากที่ 1	21/06/2567	22/06/2567	2/7/2567	3/7/2567	
					56+230	62+585	6.355	6.355						
					63+425	71+975	8.550	8.550						
					73+126	84+300	11.174	11.174						
12	LT	1090	102	ห้วยน้ำริน - อุ้มผาง	64+839	111+360	46.521	46.521	ตากที่ 2 (แม่สอด)	22/06/2567	23/06/2567	3/7/2567	4/7/2567	
					128+615	154+839	26.224	26.224						
13	LT	1141	100	ดอนจั่น - เชียงใหม่	2+700	7+565	4.865	4.865	เชียงใหม่ที่ 2	24/06/2567	25/06/2567	5/7/2567	6/7/2567	
14	LT	1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	53+000	69+700	16.7	16.7	เชียงรายที่ 1	25/06/2567	27/06/2567	6/7/2567	7/7/2567	
					77+107	82+043	4.936	4.936						

ตารางที่ 1 รายชื่อสายทางที่นำเข้าระบบ MIIS แล้วเสร็จ (ต่อ)

ลำดับ	ช่องจราจร	หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม. เริ่มต้น	กม. สิ้นสุด	ระยะทางแผนสำรวจ (กม.)	ระยะทางผลสำรวจ (กม.)	แขวงทางหลวง	แผนสำรวจ Transverse Profiler Logger	แผนสำรวจ Grip Tester	วันที่สำรวจ Transverse Profiler Logger	วันที่สำรวจ Grip Tester	สถานะการนำเข้าข้อมูล
15	LT	109	100	แม่สรวย - ห้วยป่าไร่	0+000	31+425	31.425	31.425	เชียงรายที่ 1	25/06/2567	27/06/2567	6/7/2567	7/7/2567	ดำเนินการแล้วเสร็จ
16	RT	1338	100	ขาแหย่ง - ป่าเมี่ยง	0+000	19+440	19.44	19.44	เชียงรายที่ 1	26/06/2567	28/06/2567	7/7/2567	8/7/2567	
17	LT	1091	200	ปงสนุก - น่าน	75+525	89+850	14.325	14.325	น่านที่ 1	03/07/2567	03/07/2567	15/07/2567	15/07/2567	
					92+950	134+827	41.877	41.877						
18	LT	101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	201+850	215+931	14.081	14.081	แพร่	04/07/2567	05/07/2567	16/07/2567	17/07/2567	
19	RT	11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	351+740	382+066	30.326	30.326	แพร่					
20	LT	11	506	บึงหลัก - หนองน้ำเขียว	317+000	351+740	34.74	34.74	อุตรดิตถ์ที่ 1	06/07/2567	06/07/2567	18/07/2567	18/07/2567	
21	LT	11	501	นาอิน - ชัยมงคล	271+352	288+686	17.334	17.334	อุตรดิตถ์ที่ 1					
					291+715	300+000	8.285	8.285						
22	LT	1045	202	เขื่อนสิริกิติ์ - ห้วยหูด	41+373	66+725	25.352	25.352	อุตรดิตถ์ที่ 2	07/07/2567	07/07/2567	19/07/2567	19/07/2567	
23	LT	1268	100	เหมืองแพร่ - นาเจริญ	0+000	31+300	31.300	31.300	เลยที่ 2	08/07/2567	08/07/2567	20/07/2567	20/07/2567	
					35+040	40+200	5.160	5.160						
24	LT	12	606	น้ำดุก - ห้วยชำมะคาว	363+989	420+345	56.356	56.356	เพชรบูรณ์ที่ 1	09/07/2567	09/07/2567	29/07/2567	29/07/2567	
25	RT	12	702	ร่องแซง - หนองแก	460+595	469+725	9.13	9.13	ขอนแก่นที่ 2			30/7/2567	30/7/2567	
					470+795	492+269	21.474	21.474						
26	LT	213	301	สมเด็จ - สร้างค้อ	86+000	89+905	3.905	3.905	สกลนครที่ 1	10/07/2567	10/07/2567	31/07/2567	31/07/2567	
					90+755	118+585	27.83	27.83						
27	LT	212	304	กลางน้อย - ย้อมพัฒนา	369+739	375+153	5.414	5.414	นครพนม	11/07/2567	11/07/2567	01/08/2567	01/08/2567	
					376+000	389+416	13.416	13.416						
28	RT	2375	100	บักดอก - พนมดิน	0+000	28+547	28.547	28.547	สุรินทร์	12/07/2567	12/07/2567	02/08/2567	02/08/2567	

ตารางที่ 1 รายชื่อสายทางที่นำเข้าระบบ MIIS แล้วเสร็จ (ต่อ)

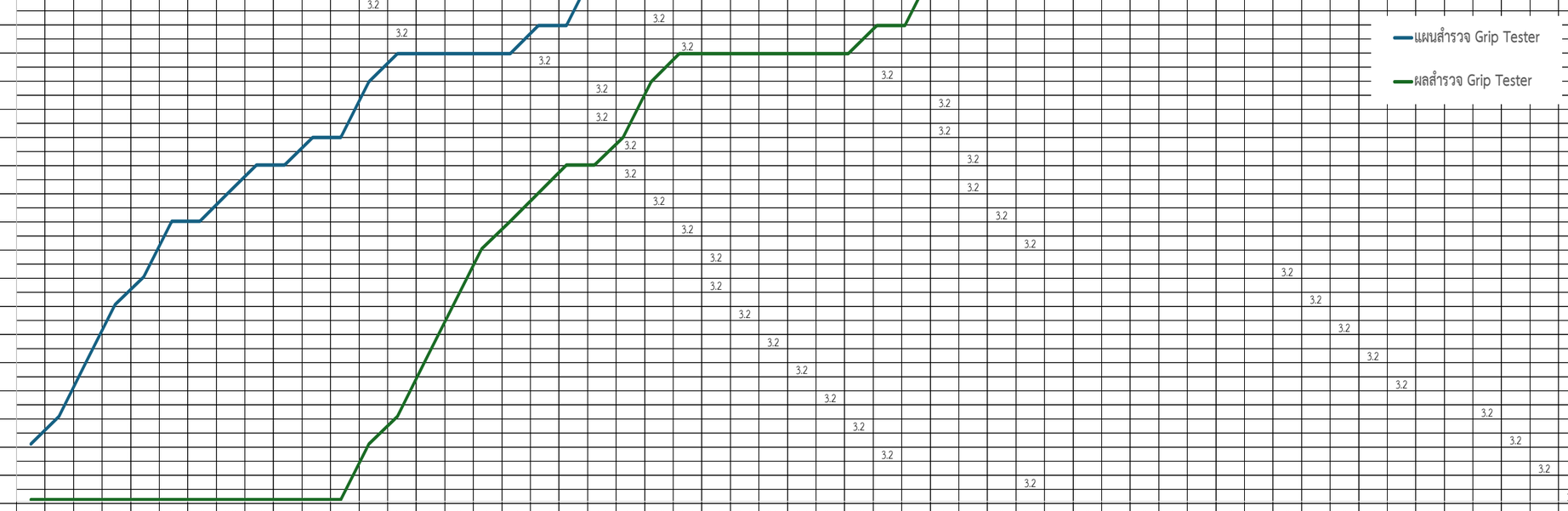
ลำดับ	ช่องจราจร	หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม. เริ่มต้น	กม. สิ้นสุด	ระยะทางแผนสำรวจ (กม.)	ระยะทางผลสำรวจ (กม.)	แขวงทางหลวง	แผนสำรวจ Transverse Profiler Logger	แผนสำรวจ Grip Tester	วันที่สำรวจ Transverse Profiler Logger	วันที่สำรวจ Grip Tester	สถานะการนำเข้าข้อมูล
29	LT	226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	8+796	20+745	11.949	11.949	นครราชสีมาที่ 3	13/07/2567	13/07/2567	05/08/2567	05/08/2567	ดำเนินการแล้วเสร็จ
					24+606	65+000	40.394	40.394						
					66+070	72+791	6.721	6.721						
30	LT	37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	0+000	23+482	23.482	23.482	เพชรบุรี	14/07/2567	14/07/2567	06/08/2567	06/08/2567	
31	LT	4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	692+931	764+445	71.514	71.514	พังงา	15/07/2567	15/07/2567	07/08/2567	07/08/2567	
32	LT	41	202	เกาะมุก - ควนรา	117+526	140+126	22.6	22.6	สุราษฎร์ธานีที่ 1	20/07/2567	20/07/2567	08/08/2567	08/08/2567	
ระยะทางรวมที่นำเข้าแล้วเสร็จ (กม.)							**911.09**							



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงแผนและผลการสำรวจด้วยเครื่องมือสำรวจ ความเสียดทานผิวทาง ประเภทการสำรวจความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ระยะทางไม่น้อยกว่า 900 กิโลเมตรต่อ 1 ช่องจราจร และสำรวจข้อมูลค่า Mean Profile Depth จากกรมทางหลวง ในสายทางเดียวกัน

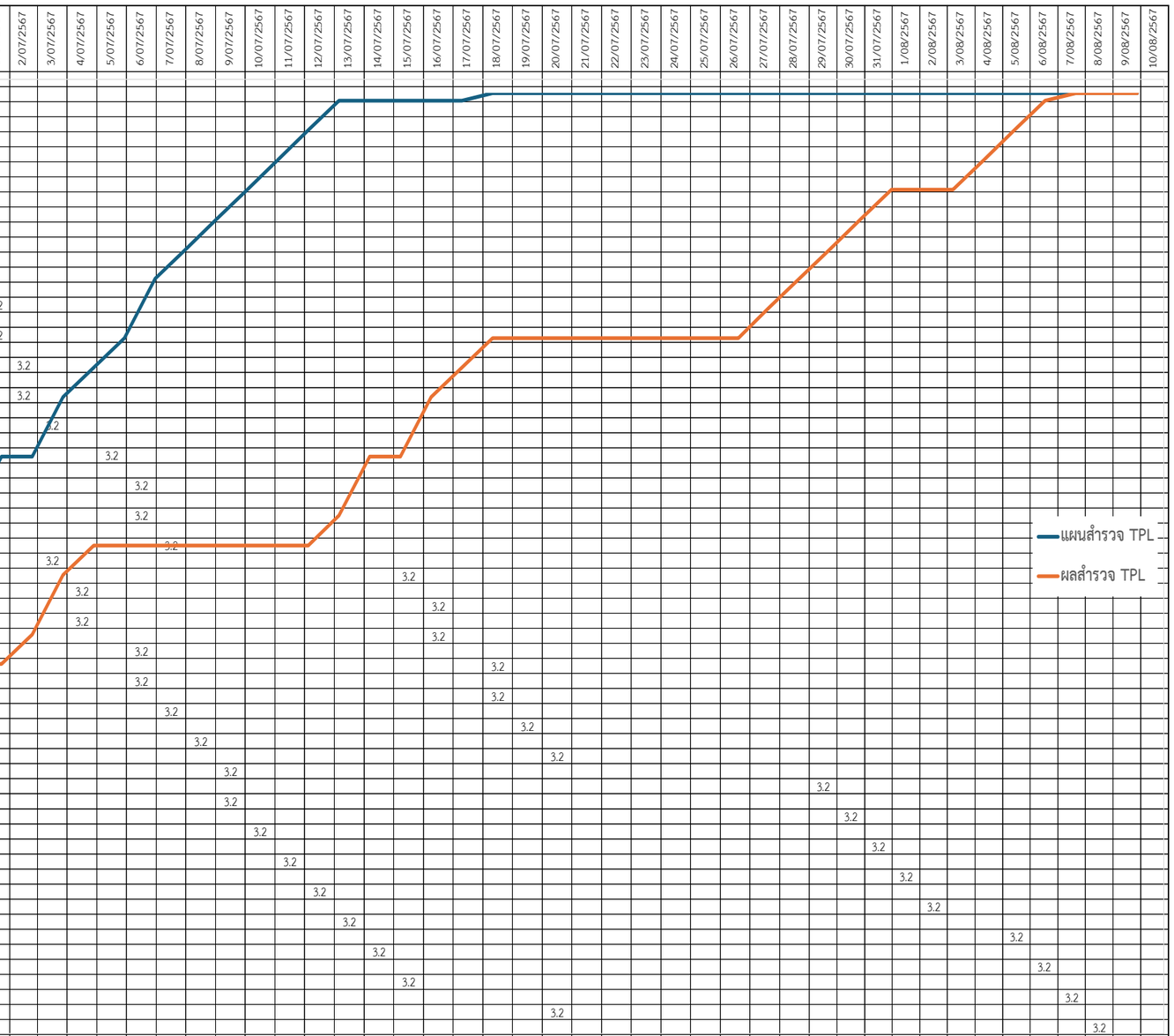
ตารางที่ 2 แผน – ผลการสำรวจด้วยเครื่องมือสำรวจ Grip Tester ระยะทางไม่น้อยกว่า 900 กิโลเมตรต่อ 1 ช่องจราจร

ลำดับ	หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	15/06/2567	16/06/2567	17/06/2567	18/06/2567	19/06/2567	20/06/2567	21/06/2567	22/06/2567	23/06/2567	24/06/2567	25/06/2567	26/06/2567	27/06/2567	28/06/2567	29/06/2567	30/06/2567	1/07/2567	2/07/2567	3/07/2567	4/07/2567	5/07/2567	6/07/2567	7/07/2567	8/07/2567	9/07/2567	10/07/2567	11/07/2567	12/07/2567	13/07/2567	14/07/2567	15/07/2567	16/07/2567	17/07/2567	18/07/2567	19/07/2567	20/07/2567	21/07/2567	22/07/2567	23/07/2567	24/07/2567	25/07/2567	26/07/2567	27/07/2567	28/07/2567	29/07/2567	30/07/2567	31/07/2567	1/08/2567	2/08/2567	3/08/2567	4/08/2567	5/08/2567	6/08/2567	7/08/2567	8/08/2567	9/08/2567	10/08/2567
1	35	100	ดาวคะนอง - แสมดำ	3.2																																																						
2	3	104	บางตำหรุ - คลองด่าน	3.2												3.2																																										
3	332	100	เขาหาดยาว - ทุ่งโปร่ง		3.2											3.2																																										
4	3191	101	มาบตาพุด - แยกนิคมพัฒนา			3.2											3.2																																										
5	3	602	บ้านสิ้ว - โพธิ์ทอง			3.2												3.2																																									
6	319	103	ไผ่ขะเลือด - โคกไทย				3.2																																																			
7	2	101	สระบุรี - ตาลเดี่ยว				3.2												3.2																																								
8	31	102	งามวงศ์วาน - ดอนเมือง					3.2											3.2																																								
9	3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าช้าง						3.2											3.2																																							
10	3011	100	บ้านไร่ - บ้านโต้						3.2											3.2																																							
11	12	201	แม่ละเมา - ตาก								3.2										3.2																																						
12	1090	102	ห้วยบั้งริบ - อุ้มผาง									3.2										3.2																																						
13	1141	100	ดอนจั่น - เชียงใหม่											3.2									3.2																																					
14	1150	200	ขุนแจ - เวียงป่าเป้า													3.2								3.2																																				
15	109	100	แม่สรวย - ห้วยป่าไร่													3.2									3.2																																			
16	1338	100	ขาแหย่ง - ป่าเมี่ยง														3.2					3.2				3.2																																		
17	1091	200	ปงสนุก - น่าน																		3.2																																							
18	101	401	แม่สิน - ปางเคาะ																			3.2																																					
19	11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ																			3.2																																					
20	11	506	บึงหลัก - หนองน้ำเขียว																				3.2																																				
21	11	501	นาอิน - ชัยมงคล																				3.2																																				
22	1045	202	เขื่อนสิริกิติ์ - ห้วยผูด																						3.2																																			
23	1268	100	เหมืองแพร่ - นาเจริญ																							3.2																																		
24	12	606	น้ำดุก - ห้วยขมะคาว																								3.2																																	
25	12	702	ร่องแซง - หนองแก																								3.2																																	
26	213	301	สมเด็จ - สร้างค้อ																									3.2																																
27	212	304	กลางน้อย - ย้อมพัฒนา																										3.2																															
28	2375	100	บักดอก - พนมดิน																											3.2																														
29	226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง																												3.2																												
30	37	100	ขะอำ - วังโบสถ์																													3.2																											
31	4	901	อ่าวเคย - บางนายสี																														3.2																										
32	41	202	เกาะมุก - ควนรา																																				3.2																				
แผนสำรวจ Grip Tester				6.4	3.2	6.4	6.4	3.2	6.4	0	3.2	3.2	0	3.2	0	6.4	3.2	0	0	0	0	3.2	0	6.4	6.4	3.2	3.2	6.4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	0	0	0	0	3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				6.4	9.6	16	22.4	25.6	32	32	35.2	38.4	38.4	41.6	41.6	48	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	54.4	54.4	60.8	67.2	70.4	73.6	80	83.2	86.4	89.6	92.8	96	99.2	99.2	99.2	99.2	99.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ผลสำรวจ Grip Tester				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.4	3.2	6.4	6.4	6.4	3.2	3.2	3.2	0	3.2	6.4	3.2	0	0	0	0	0	0	3.2	0	6.4	6.4	3.2	3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	0	0	3.2	3.2	3.2	3.2	0	0
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.4	9.6	16	22.4	28.8	32	35.2	38.4	38.4	41.6	48	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	54.4	54.4	60.8	67.2	70.4	73.6	73.6	73.6	73.6	73.6	73.6	73.6	73.6	73.6	76.8	80	83.2	86.4	89.6	89.6	89.6	92.8	96	99.2	100	100	100

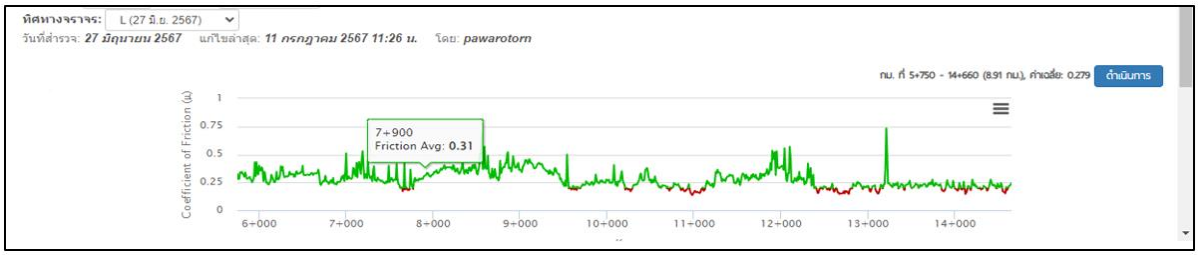


ตารางที่ 3 แผน – ผลการสำรวจด้วยเครื่องมือสำรวจ Transverse Profiler Logger ระยะทางไม่น้อยกว่า 900 กิโลเมตรต่อ 1 ช่องจราจร

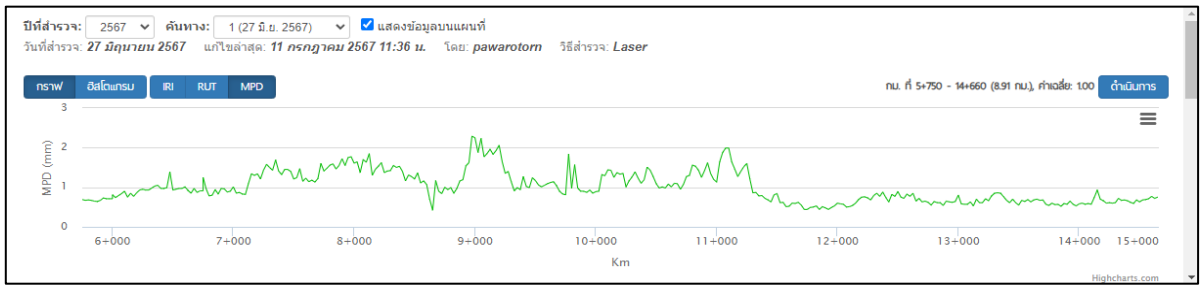
ลำดับ	หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	15/06/2567	16/06/2567	17/06/2567	18/06/2567	19/06/2567	20/06/2567	21/06/2567	22/06/2567	23/06/2567	24/06/2567	25/06/2567	26/06/2567	27/06/2567	28/06/2567	29/06/2567	30/06/2567	1/07/2567	2/07/2567	3/07/2567	4/07/2567	5/07/2567	6/07/2567	7/07/2567	8/07/2567	9/07/2567	10/07/2567	11/07/2567	12/07/2567	13/07/2567	14/07/2567	15/07/2567	16/07/2567	17/07/2567	18/07/2567	19/07/2567	20/07/2567	21/07/2567	22/07/2567	23/07/2567	24/07/2567	25/07/2567	26/07/2567	27/07/2567	28/07/2567	29/07/2567	30/07/2567	31/07/2567	1/08/2567	2/08/2567	3/08/2567	4/08/2567	5/08/2567	6/08/2567	7/08/2567	8/08/2567	9/08/2567	10/08/2567
1	35	100	ดาวคะนอง - แสมดำ	3.2																																																						
2	3	104	บางตำหรุ - คลองด่าน	3.2												3.2																																									
3	332	100	เขาหาดยาว - ทุ่งโปร่ง	3.2												3.2																																									
4	3191	101	มาบตาพุด - แยกนิคมพัฒนา		3.2											3.2																																									
5	3	602	บ้านสิ้ว - โพธิ์ทอง		3.2											3.2																																									
6	319	103	ไผ่ชะเลือด - โคกไทย			3.2										3.2																																									
7	2	101	สระบุรี - ตาลเดี่ยว			3.2										3.2																																									
8	31	102	งามวงศ์วาน - ดอนเมือง				3.2									3.2																																									
9	3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าช้าง					3.2								3.2																																									
10	3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้					3.2								3.2																																									
11	12	201	แม่ละเมา - ตาก							3.2						3.2																																									
12	1090	102	ห้วยน้ำริน - อุ้มผาง								3.2					3.2																																									
13	1141	100	ดอนจั่น - เชียงใหม่										3.2			3.2																																									
14	1150	200	ขุนแจ - เวียงป่าเป้า											3.2		3.2																																									
15	109	100	แม่สรวย - ห้วยป่าไร่											3.2		3.2																																									
16	1338	100	ขาแหย่ง - ป่าเมี่ยง												3.2	3.2																																									
17	1091	200	ปงสนุก - น่าน													3.2						3.2																																				
18	101	401	แม่สิน - ปางเคาะ													3.2						3.2												3.2																								
19	11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ													3.2						3.2												3.2																								
20	11	506	บึงหลัก - หนองน้ำเขียว																					3.2																																		
21	11	501	นาอิน - ชัยมงคล																					3.2																																		
22	1045	202	เขื่อนสิริกิติ์ - ห้วยหูด																						3.2																																	
23	1268	100	เหมืองแพร่ - นาเจริญ																							3.2																																
24	12	606	น้ำดุก - ห้วยขำมะคาว																								3.2																															
25	12	702	ร่องแซง - หนองแก																								3.2																															
26	213	301	สมเด็จ - สร้างค้อ																																																						
27	212	304	กลางน้อย - ย้อมพัฒนา																																																						
28	2375	100	บักดอก - พนมดิน																																																				
29	226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง																																																				
30	37	100	ชะอำ - วังโบสถ์																																																			
31	4	901	อ่าวเคย - บางนายสี																																																			
32	41	202	เกาะมุก - ควนรา																																																			
แผนสำรวจ TPL				9.6	6.4	6.4	3.2	6.4	0	3.2	3.2	0	3.2	6.4	3.2	0	0	0	0	0	0	3.2	6.4	0	6.4	3.2	3.2	6.4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	0	0	0	0	3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				9.6	16	22.4	25.6	32	32	35.2	38.4	38.4	41.6	48	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	54.4	60.8	60.8	67.2	70.4	73.6	80	83.2	86.4	89.6	92.8	96	99.2	99.2	99.2	99.2	99.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ผลสำรวจ TPL				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.6	6.4	6.4	0	6.4	6.4	3.2	0	3.2	6.4	3.2	0	0	0	0	0	0	0	3.2	6.4	0	6.4	3.2	3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	0	0	3.2	3.2	3.2	3.2	0	0
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.6	16	22.4	22.4	28.8	35.2	38.4	38.4	41.6	48	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	54.4	60.8	60.8	67.2	70.4	73.6	73.6	73.6	73.6	73.6	73.6	73.6	73.6	76.8	80	83.2	86.4	89.6	89.6	89.6	92.8	96	99.2	100	100	100



1. ทางหลวงหมายเลข 35 ตอนควบคุม 100 ดาวคะนอง – แสมดำ กม.ที่ 5+750 – กม.ที่ 14+660

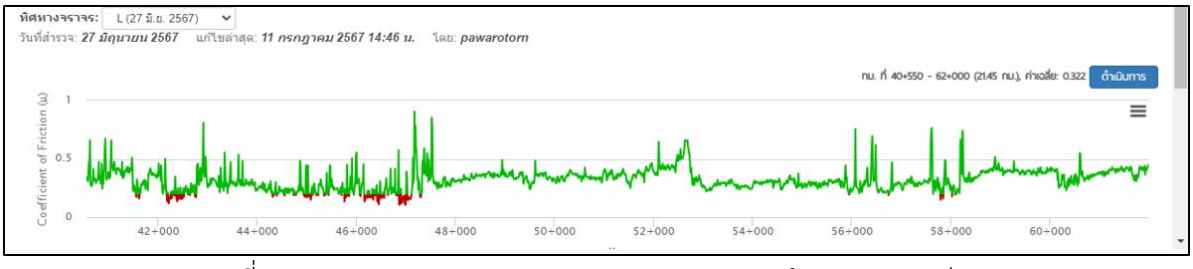


รูปที่ 2 ทางหลวงหมายเลข 35 ตอนควบคุม 100 ดาวคะนอง – แสมดำ
กม.ที่ 5+750 – กม.ที่ 14+660 ค่า μ เลน L

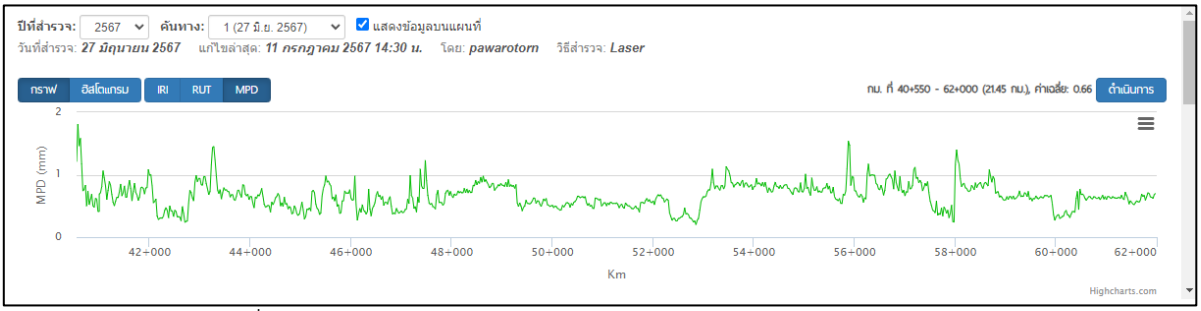


รูปที่ 3 ทางหลวงหมายเลข 35 ตอนควบคุม 100 ดาวคะนอง – แสมดำ
กม.ที่ 5+750 – กม.ที่ 14+660 ค่า MPD เลน L

2. ทางหลวงหมายเลข 3 ตอนควบคุม 104 บางตำหรุ - คลองด่าน กม.ที่ 40+550 – กม.ที่ 62+000

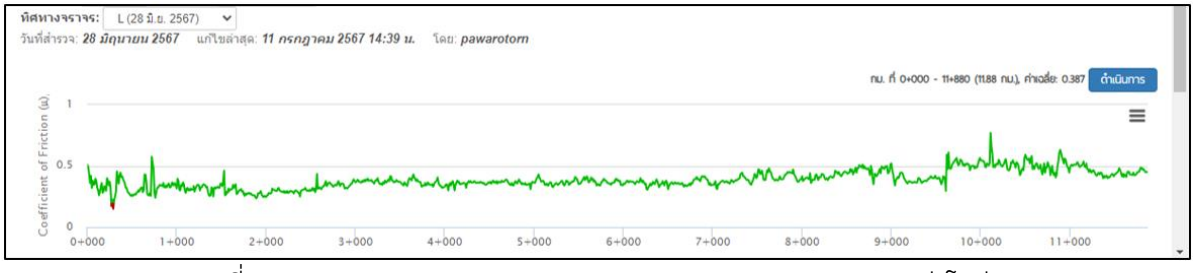


รูปที่ 4 ทางหลวงหมายเลข 3 ตอนควบคุม 104 บางตำหรุ – คลองด่าน
กม.ที่ 40+550 – กม.ที่ 62+000 ค่า μ เลน L

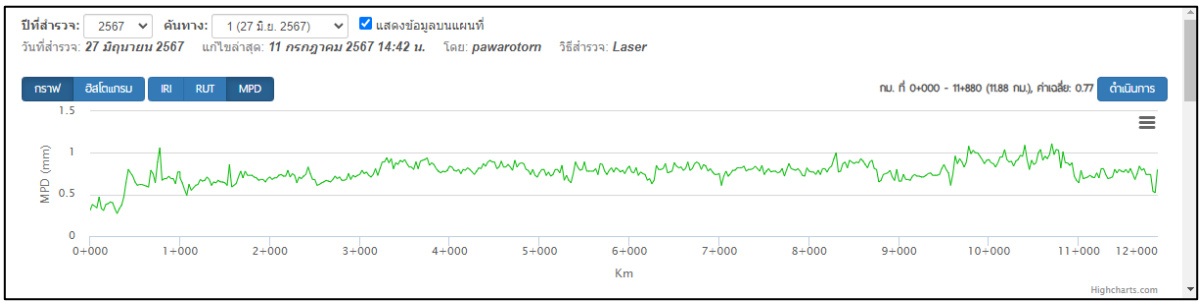


รูปที่ 5 ทางหลวงหมายเลข 3 ตอนควบคุม 104 บางตำหรุ – คลองด่าน
กม.ที่ 40+550 – กม.ที่ 62+000 ค่า MPD เลน L

3. ทางหลวงหมายเลข 332 ตอนควบคุม 100 เขาหาดยาว – ทุ่งโปร่ง กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 11+880

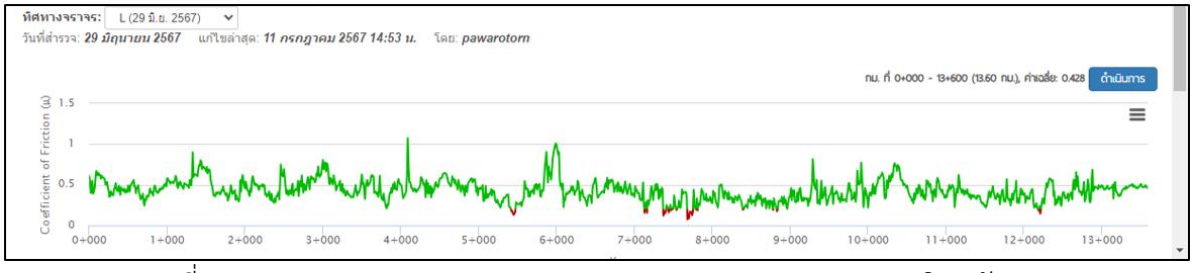


รูปที่ 6 ทางหลวงหมายเลข 332 ตอนควบคุม 100 เขาหาดยาว – ทุ่งโปร่ง
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 11+880 ค่า μ เลน L

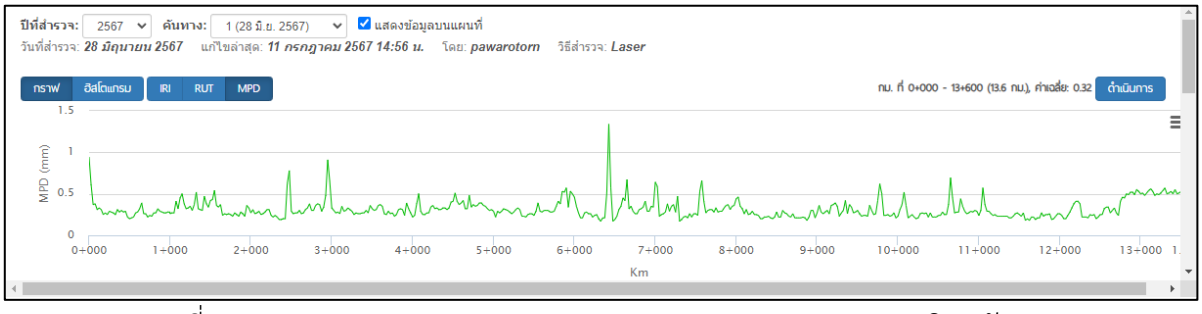


รูปที่ 7 ทางหลวงหมายเลข 332 ตอนควบคุม 100 เขาหาดยาว – ทุ่งโปร่ง
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 11+880 ค่า MPD เลน L

4. ทางหลวงหมายเลข 3191 ตอนควบคุม 101 มาบตาพุด – แยกนิคมพัฒนา กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 13+600

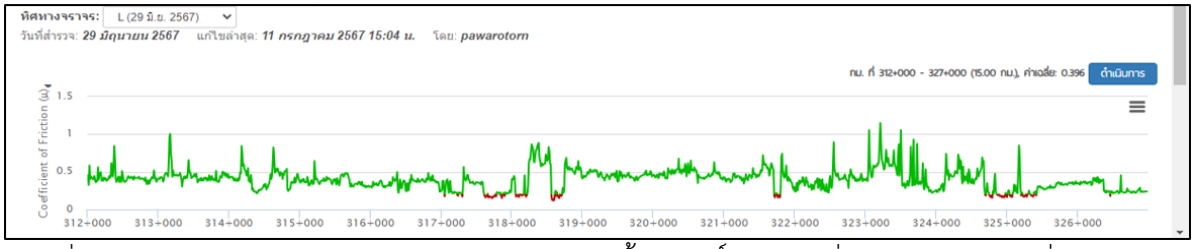


รูปที่ 8 ทางหลวงหมายเลข 3191 ตอนควบคุม 101 มาบตาพุด – แยกนิคมพัฒนา
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 13+600 ค่า μ เลน L

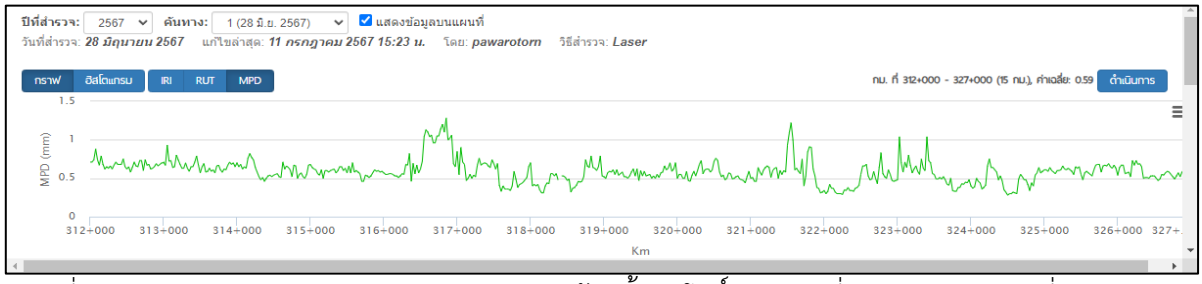


รูปที่ 9 ทางหลวงหมายเลข 3191 ตอนควบคุม 101 มาบตาพุด – แยกนิคมพัฒนา
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 13+600 ค่า MPD เลน L

5. ทางหลวงหมายเลข 3 ตอนควบคุม 602 บ้านสิ้ว – โพธิ์ทอง กม.ที่ 312+000 – กม.ที่ 318+404 และ กม.ที่ 318+405 – กม.ที่ 327+000

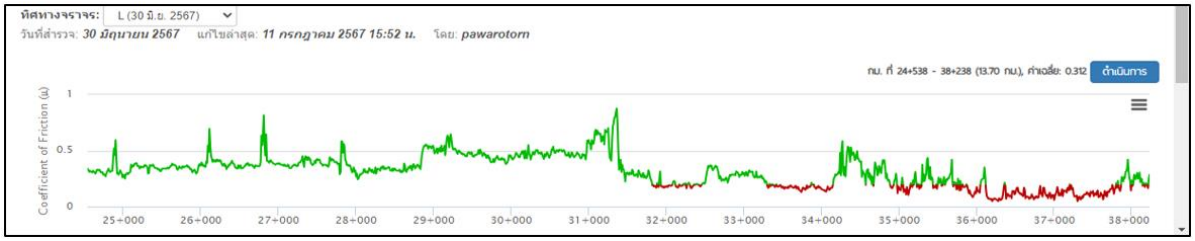


รูปที่ 10 ทางหลวงหมายเลข 3 ตอนควบคุม 602 บ้านสิ้ว – โพธิ์ทอง กม.ที่ 312+000 – กม.ที่ 318+404 และ กม.ที่ 318+405 – กม.ที่ 327+000 ค่า μ เลน L

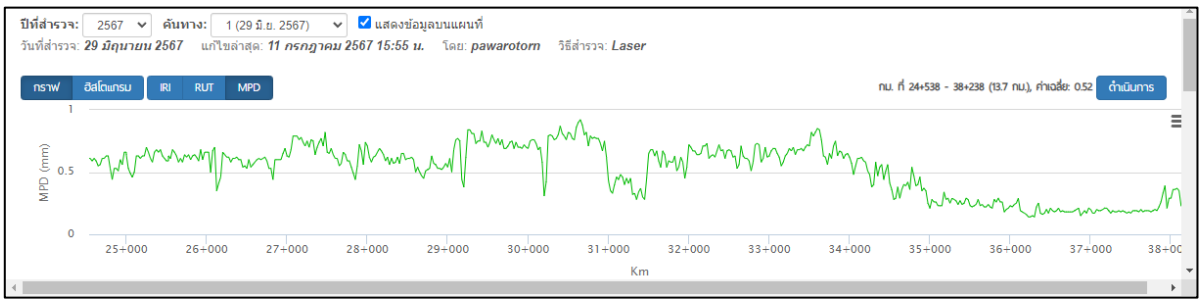


รูปที่ 11 ทางหลวงหมายเลข 3 ตอนควบคุม 602 บ้านสิ้ว – โพธิ์ทอง กม.ที่ 312+000 – กม.ที่ 318+404 และ กม.ที่ 318+405 – กม.ที่ 327+000 ค่า MPD เลน L

6. ทางหลวงหมายเลข 319 ตอนควบคุม 103 ไผ่ชะเลือด – โคกไทย กม.ที่ 24+538 – กม.ที่ 38+238

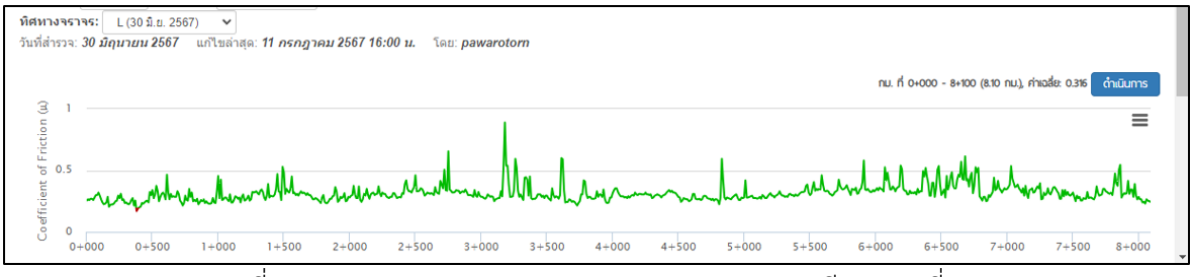


รูปที่ 12 ทางหลวงหมายเลข 319 ตอนควบคุม 103 ไผ่ชะเลือด – โคกไทย กม.ที่ 24+538 – กม.ที่ 38+238 ค่า μ เลน L

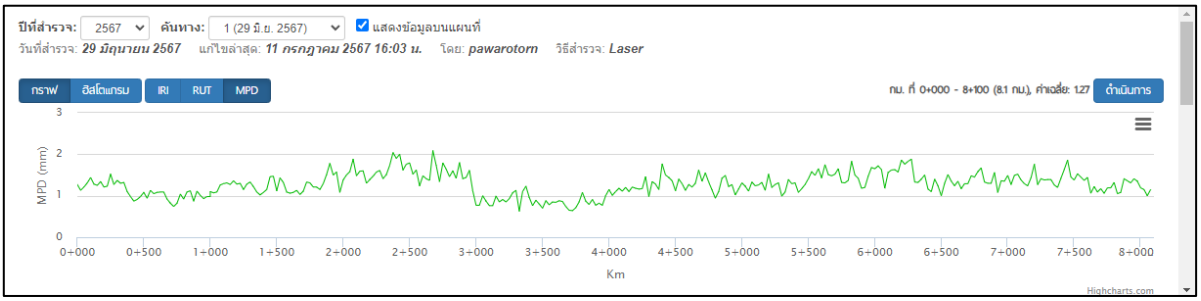


รูปที่ 13 ทางหลวงหมายเลข 319 ตอนควบคุม 103 ไผ่ชะเลือด – โคกไทย กม.ที่ 24+538 – กม.ที่ 38+238 ค่า MPD เลน L

7. ทางหลวงหมายเลข 2 ตอนควบคุม 101 สระบุรี – ตาลเดี่ยว กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 8+100

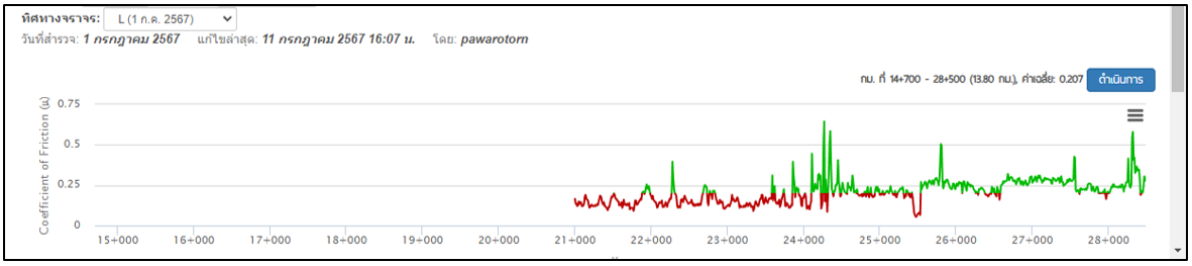


รูปที่ 14 ทางหลวงหมายเลข 2 ตอนควบคุม 101 สระบุรี – ตาลเดี่ยว
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 8+100 ค่า μ เลน L

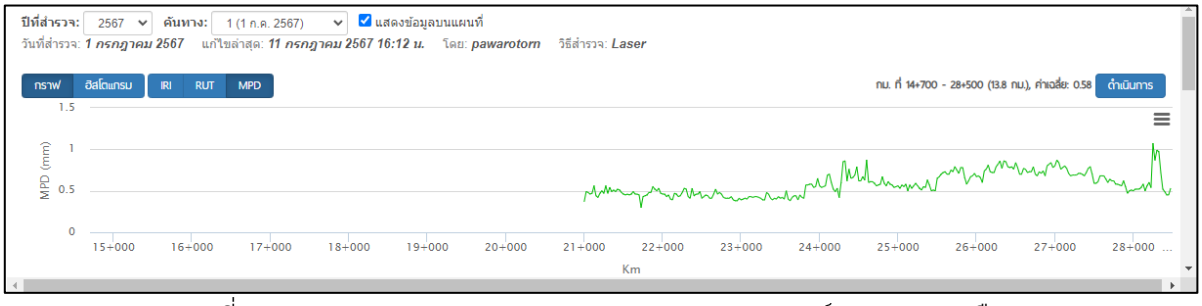


รูปที่ 15 ทางหลวงหมายเลข 2 ตอนควบคุม 101 สระบุรี – ตาลเดี่ยว
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 8+100 ค่า MPD เลน L

8. ทางหลวงหมายเลข 31 ตอนควบคุม 102 งามวงศ์วาน – ดอนเมือง กม.ที่ 21+000 – กม.ที่ 28+500

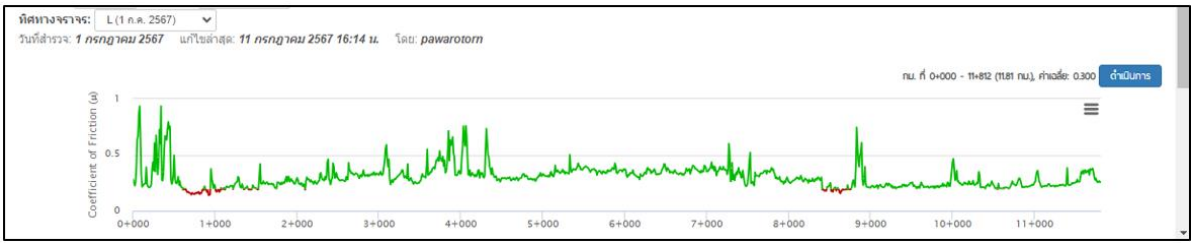


รูปที่ 16 ทางหลวงหมายเลข 31 ตอนควบคุม 102 งามวงศ์วาน – ดอนเมือง
กม.ที่ 21+000 – กม.ที่ 28+500 ค่า μ เลน L

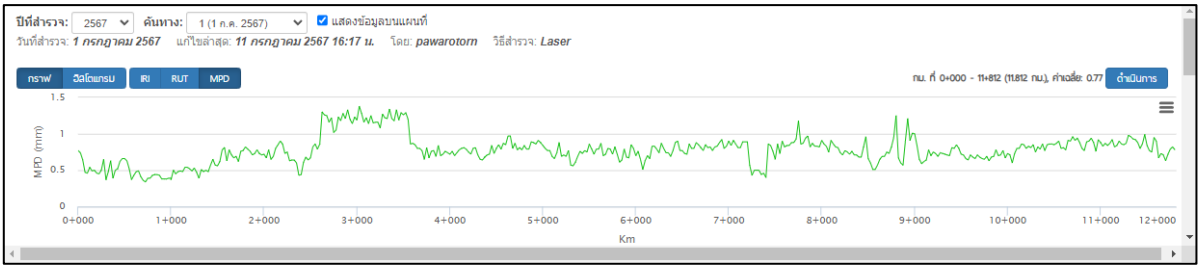


รูปที่ 17 ทางหลวงหมายเลข 31 ตอนควบคุม 102 งามวงศ์วาน – ดอนเมือง
กม.ที่ 21+000 – กม.ที่ 28+500 ค่า MPD เลน L

9. ทางหลวงหมายเลข 3265 ตอนควบคุม 100 แยกโคกหม้อ – ท่าซุง กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 11+812

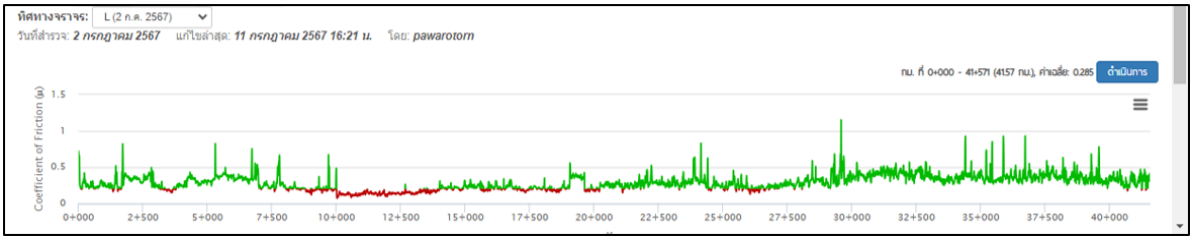


รูปที่ 18 ทางหลวงหมายเลข 3265 ตอนควบคุม 100 แยกโคกหม้อ – ท่าซุง
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 11+812 ค่า μ เลน L

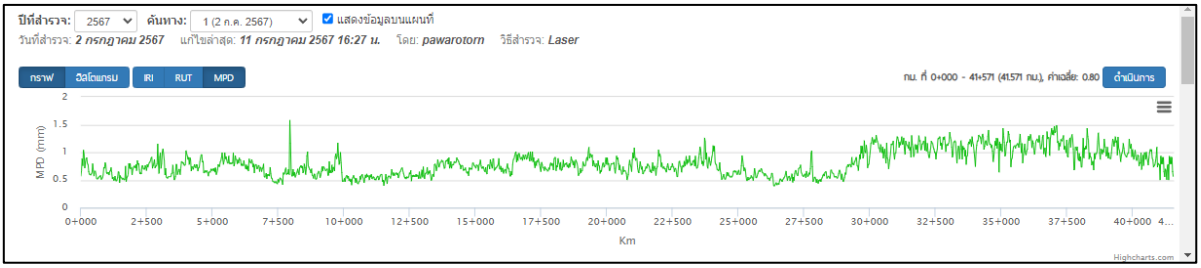


รูปที่ 19 ทางหลวงหมายเลข 3265 ตอนควบคุม 100 แยกโคกหม้อ – ท่าซุง
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 11+812 ค่า MPD เลน L

10. ทางหลวงหมายเลข 3011 ตอนควบคุม 100 บ้านไร่ - บ้านใต้ กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 41+571

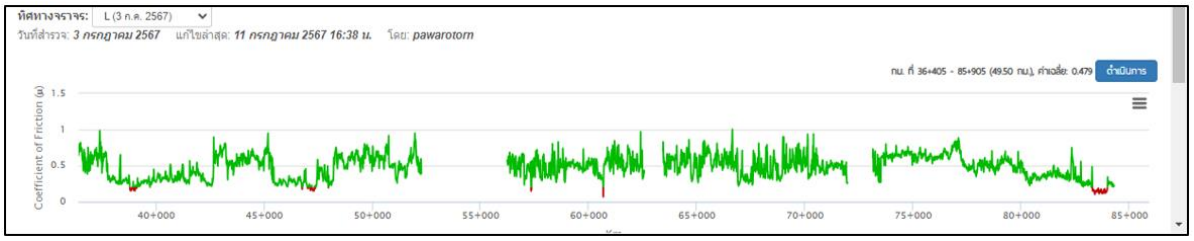


รูปที่ 20 ทางหลวงหมายเลข 3011 ตอนควบคุม 100 บ้านไร่ – บ้านใต้
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 41+571 ค่า μ เลน L

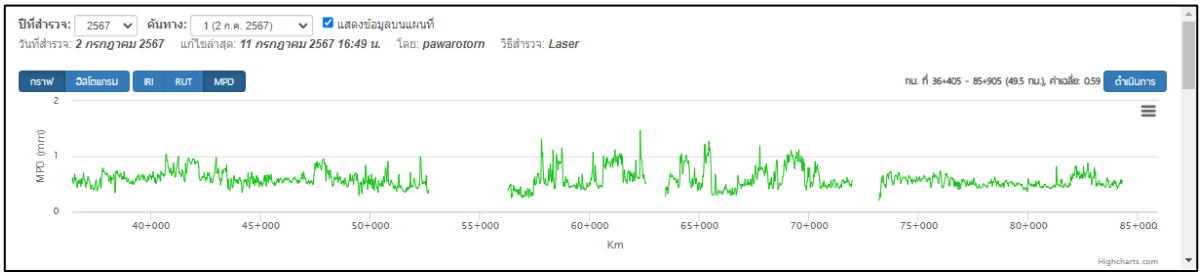


รูปที่ 21 ทางหลวงหมายเลข 3011 ตอนควบคุม 100 บ้านไร่ – บ้านใต้
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 41+571 ค่า MPD เลน L

11. ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนควบคุม 201 แม่ละเมา – ตาก กม.ที่ 36+405 – กม.ที่ 52+270 และ กม.ที่ 56+230 – กม.ที่ 62+585 และ กม.ที่ 63+425 – กม.ที่ 71+975 และ กม.ที่ 73+126 – กม.ที่ 84+300

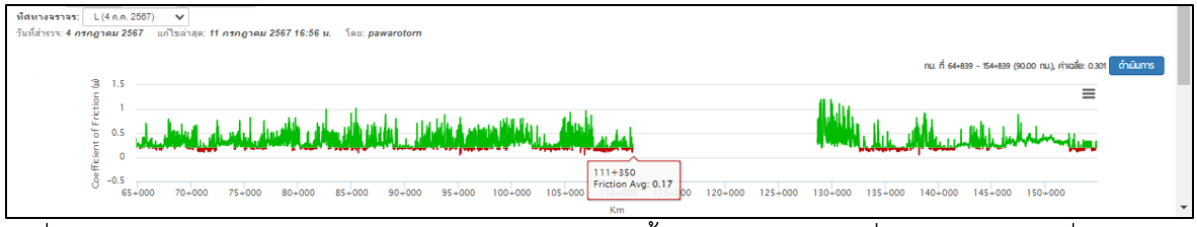


รูปที่ 22 ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนควบคุม 201 แม่ละเมา – ตาก กม.ที่ 36+405 – กม.ที่ 52+270 และ กม.ที่ 56+230 – กม.ที่ 62+585 และ กม.ที่ 63+425 – กม.ที่ 71+975 และ กม.ที่ 73+126 – กม.ที่ 84+300 ค่า μ เลน L

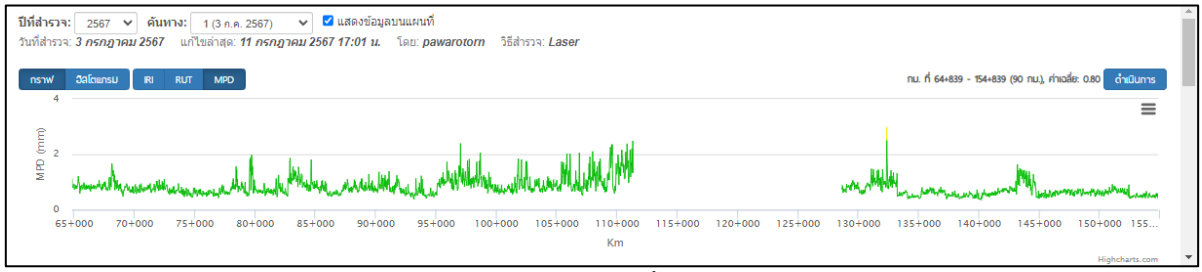


รูปที่ 23 ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนควบคุม 201 แม่ละเมา – ตาก กม.ที่ 36+405 – กม.ที่ 52+270 และ กม.ที่ 56+230 – กม.ที่ 62+585 และ กม.ที่ 63+425 – กม.ที่ 71+975 และ กม.ที่ 73+126 – กม.ที่ 84+300 ค่า MPD เลน L

12. ทางหลวงหมายเลข 1090 ตอนควบคุม 102 ห้วยน้ำริน – อุ้มผาง กม.ที่ 64+839 – กม.ที่ 111+360 และ กม.ที่ 128+615 – กม.ที่ 154+839

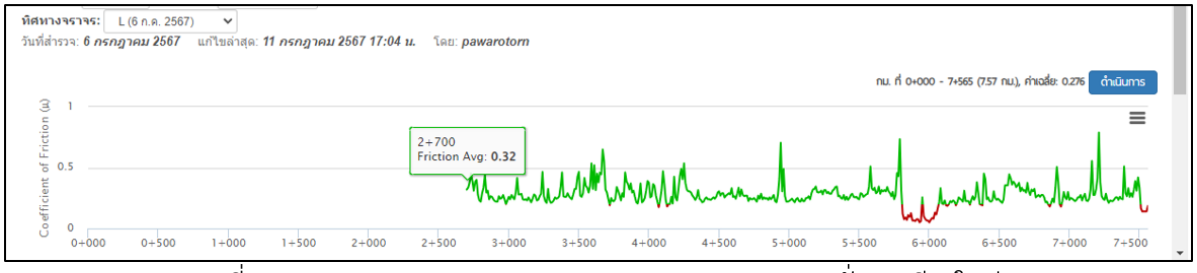


รูปที่ 24 ทางหลวงหมายเลข 1090 ตอนควบคุม 102 ห้วยน้ำริน – อุ้มผาง กม.ที่ 64+839 – กม.ที่ 111+360 และ กม.ที่ 128+615 – กม.ที่ 154+839 ค่า μ เลน L

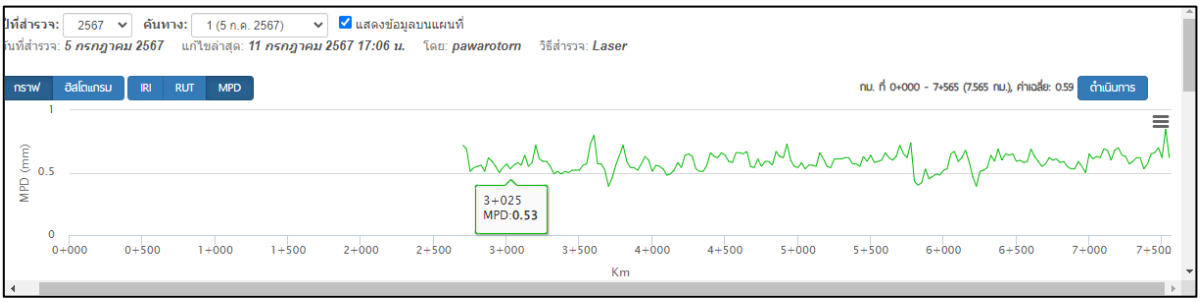


รูปที่ 25 ทางหลวงหมายเลข 1090 ตอนควบคุม 102 ห้วยน้ำริน – อุ้มผาง กม.ที่ 64+839 – กม.ที่ 111+360 และ กม.ที่ 128+615 – กม.ที่ 154+839 ค่า MPD เลน L

13. ทางหลวงหมายเลข 1141 ตอนควบคุม 100 ดอนจั่น – เชียงใหม่ กม.ที่ 2+700 – กม.ที่ 7+565

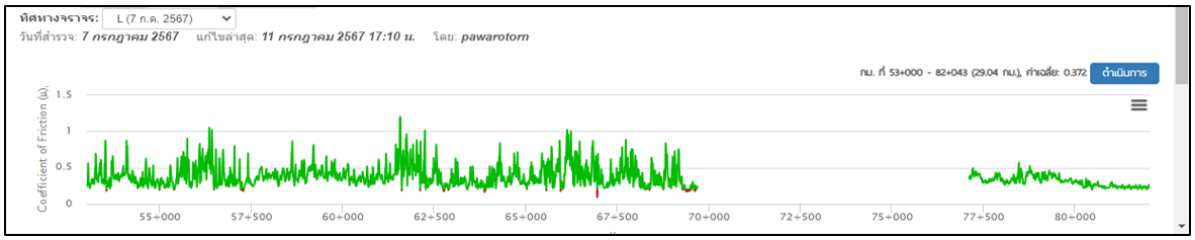


รูปที่ 26 ทางหลวงหมายเลข 1141 ตอนควบคุม 100 ดอนจั่น – เชียงใหม่ กม.ที่ 2+700 – กม.ที่ 7+565 ค่า μ เลน L

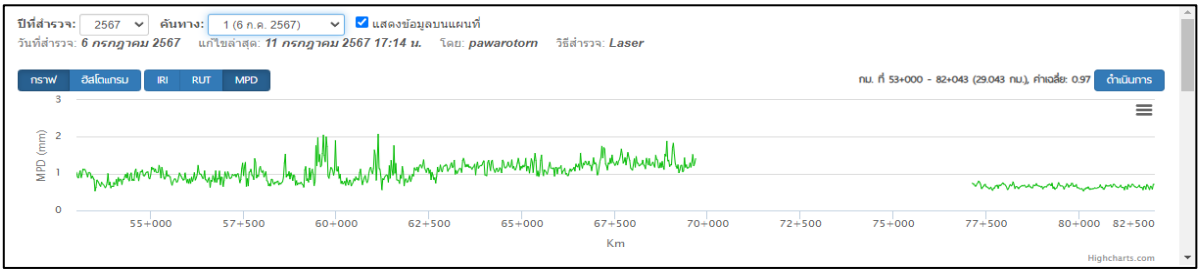


รูปที่ 27 ทางหลวงหมายเลข 1141 ตอนควบคุม 100 ดอนจั่น – เชียงใหม่ กม.ที่ 2+700 – กม.ที่ 7+565 ค่า MPD เลน L

14. ทางหลวงหมายเลข 1150 ตอนควบคุม 200 ขุนแจ๋ – เวียงป่าเป้า กม.ที่ 53+000 – กม.ที่ 69+700 และ กม.ที่ 77+107 – กม.ที่ 82+043

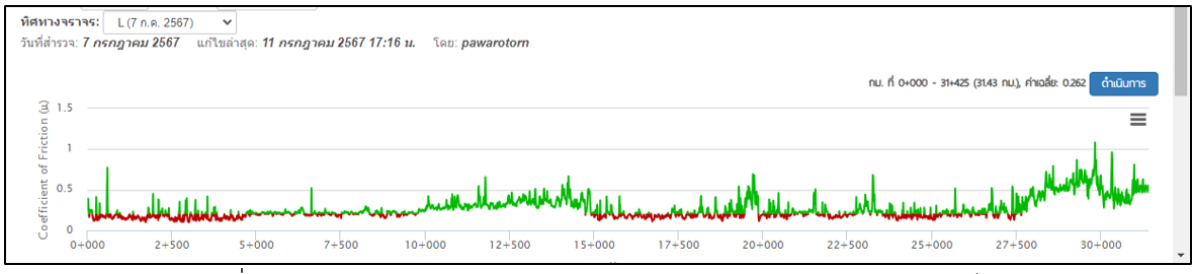


รูปที่ 28 ทางหลวงหมายเลข 1150 ตอนควบคุม 200 ขุนแจ๋ – เวียงป่าเป้า กม.ที่ 53+000 – กม.ที่ 69+700 และ กม.ที่ 77+107 – กม.ที่ 82+043 ค่า μ เลน L

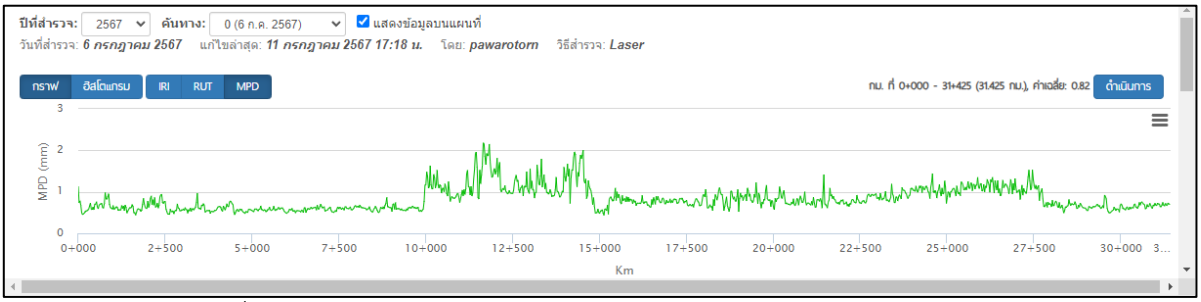


รูปที่ 29 ทางหลวงหมายเลข 1150 ตอนควบคุม 200 ขุนแจ๋ – เวียงป่าเป้า กม.ที่ 53+000 – กม.ที่ 69+700 และ กม.ที่ 77+107 – กม.ที่ 82+043 ค่า MPD เลน L

15. ทางหลวงหมายเลข 109 ตอนควบคุม 100 แม่สรวย – ห้วยป่าไร่ กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 31+425

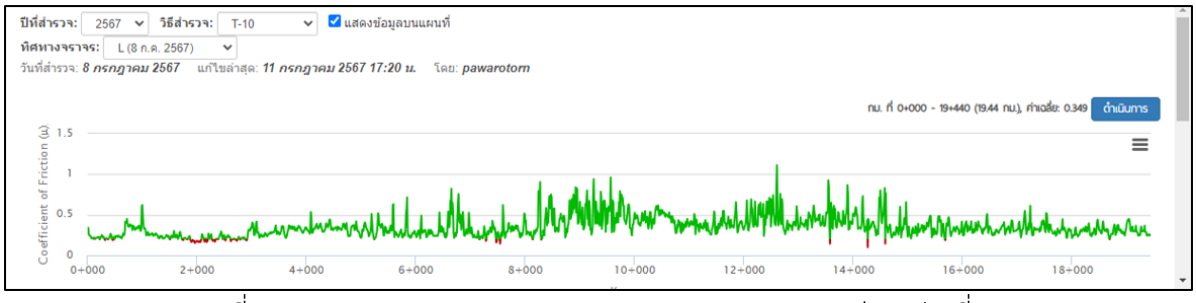


รูปที่ 30 ทางหลวงหมายเลข 109 ตอนควบคุม 100 แม่สรวย – ห้วยป่าไร่
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 31+425 ค่า μ เลน L

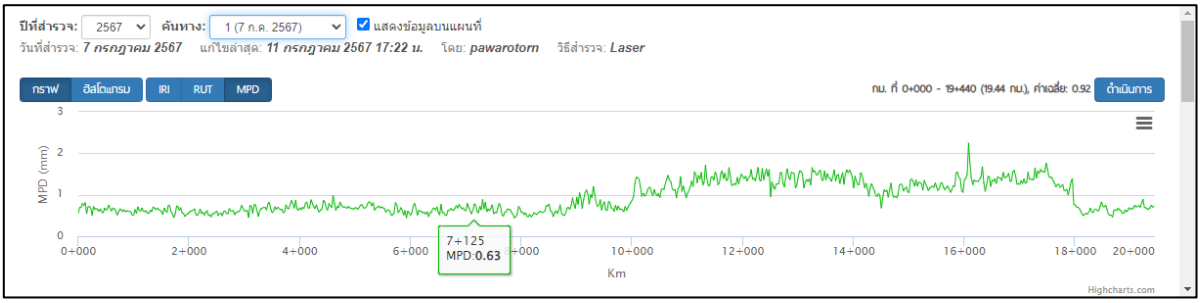


รูปที่ 31 ทางหลวงหมายเลข 109 ตอนควบคุม 100 แม่สรวย – ห้วยป่าไร่
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 31+425 ค่า MPD เลน L

16. ทางหลวงหมายเลข 1338 ตอนควบคุม 100 ขาแหย่ง – ป่าเมี่ยง กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 19+440

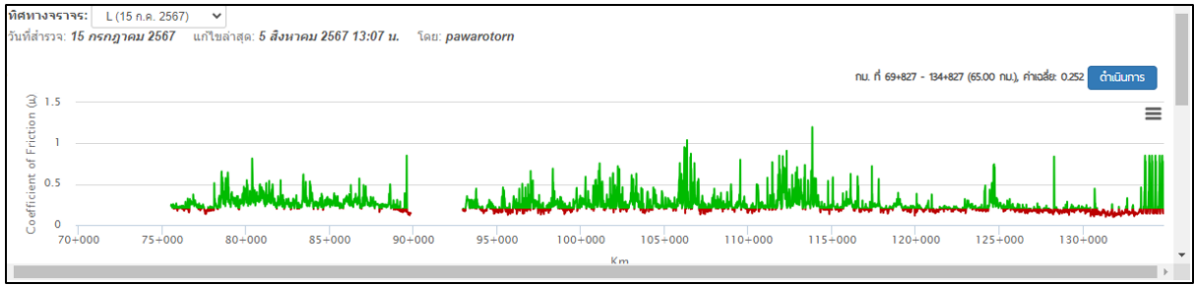


รูปที่ 32 ทางหลวงหมายเลข 1338 ตอนควบคุม 100 ขาแหย่ง – ป่าเมี่ยง
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 19+440 ค่า μ เลน L

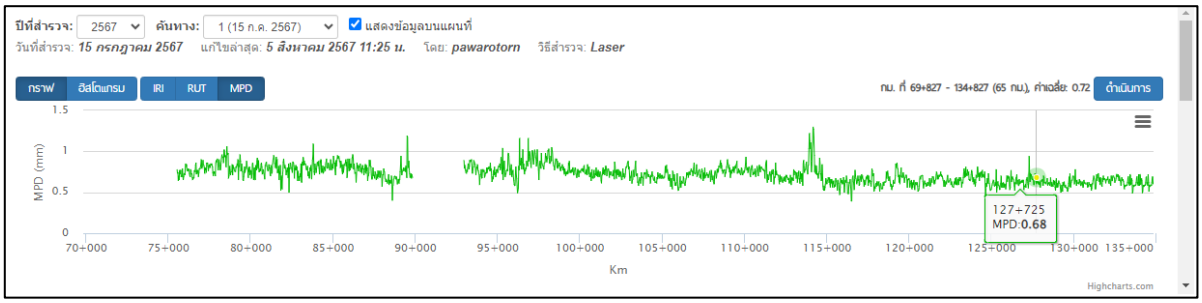


รูปที่ 33 ทางหลวงหมายเลข 1338 ตอนควบคุม 100 ขาแหย่ง – ป่าเมี่ยง
กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 19+440 ค่า MPD เลน L

17. ทางหลวงหมายเลข 1091 ตอนควบคุม 200 ปงสนุก – น่าน กม.ที่ 75+525 – กม.ที่ 89+850 และ กม.ที่ 92+950 – กม.ที่ 134+827

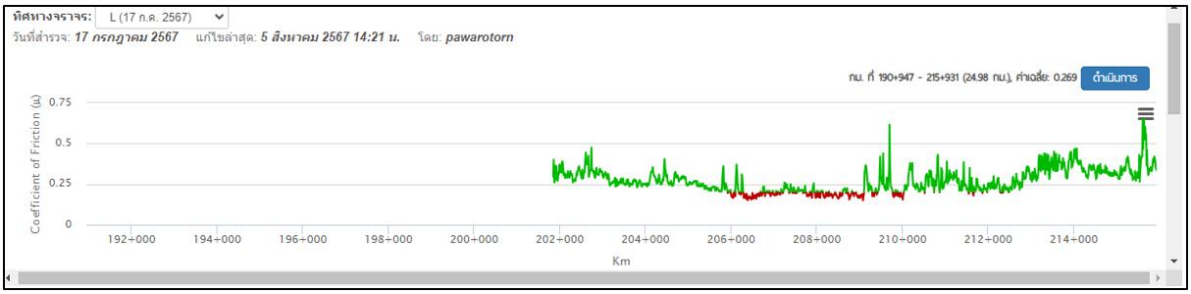


รูปที่ 34 ทางหลวงหมายเลข 1091 ตอนควบคุม 200 ปงสนุก – น่าน กม.ที่ 75+525 – กม.ที่ 89+850 และ กม.ที่ 92+950 – กม.ที่ 134+827 ค่า μ เลน L

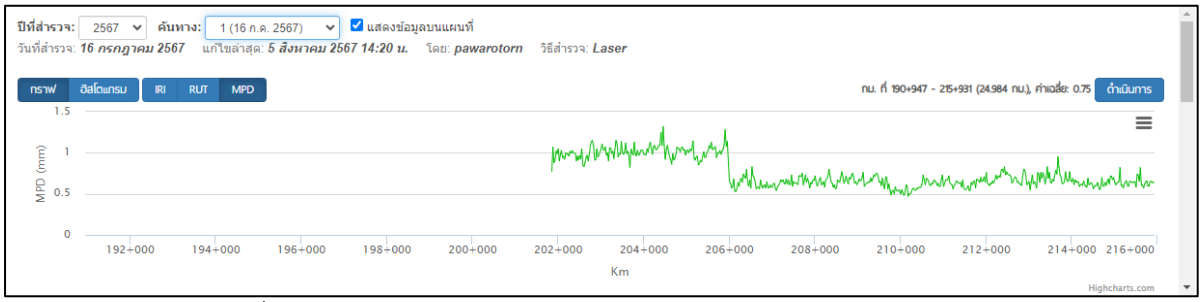


รูปที่ 35 ทางหลวงหมายเลข 1091 ตอนควบคุม 200 ปงสนุก – น่าน กม.ที่ 75+525 – กม.ที่ 89+850 และ กม.ที่ 92+950 – กม.ที่ 134+827 ค่า MPD เลน L

18. ทางหลวงหมายเลข 101 ตอนควบคุม 401 แม่สิน – ปางเคาะ กม.ที่ 201+850 – กม.ที่ 215+931

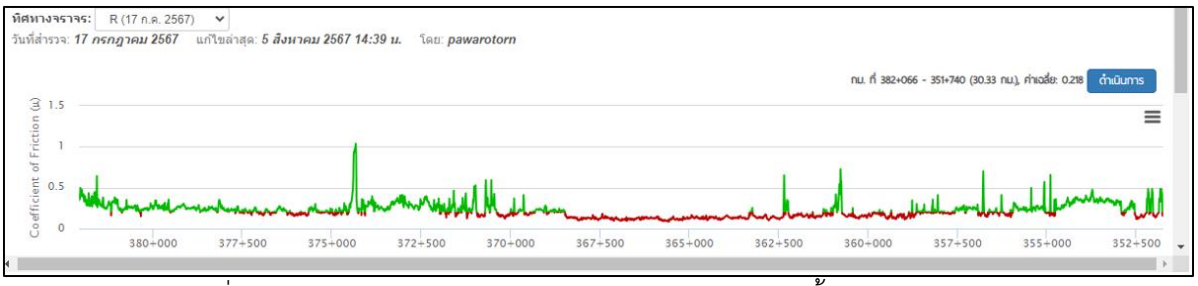


รูปที่ 36 ทางหลวงหมายเลข 101 ตอนควบคุม 401 แม่สิน – ปางเคาะ กม.ที่ 201+850 – กม.ที่ 215+931 ค่า μ เลน R

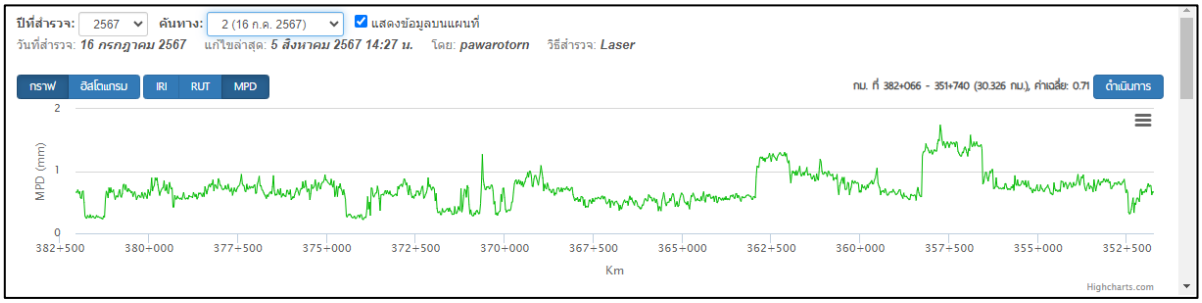


รูปที่ 37 ทางหลวงหมายเลข 101 ตอนควบคุม 401 แม่สิน – ปางเคาะ กม.ที่ 201+850 – กม.ที่ 215+931 ค่า MPD เลน L

19. ทางหลวงหมายเลข 11 ตอนควบคุม 601 หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ กม.ที่ 351+740 – กม.ที่ 382+066

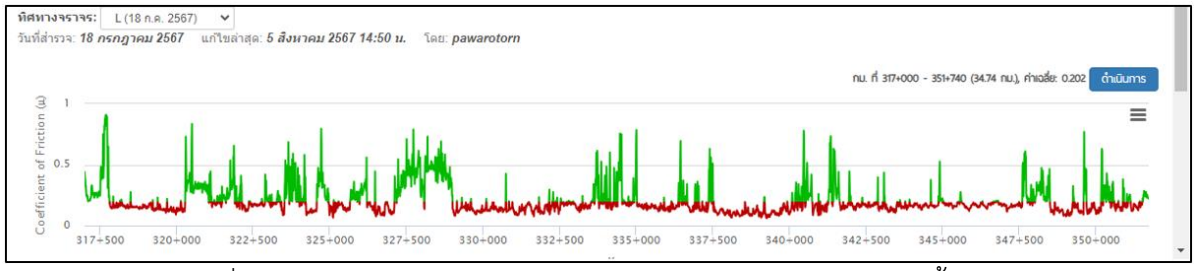


รูปที่ 38 ทางหลวงหมายเลข 11 ตอนควบคุม 601 หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ
กม.ที่ 351+740 – กม.ที่ 382+066 ค่า μ เลน R

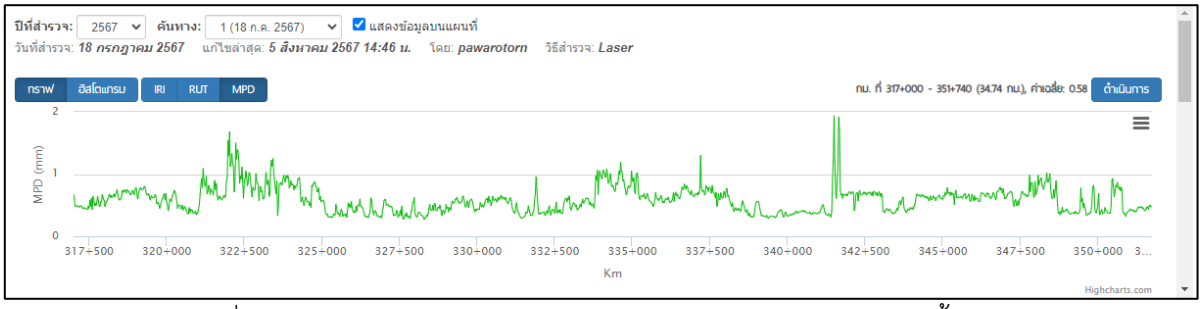


รูปที่ 39 ทางหลวงหมายเลข 11 ตอนควบคุม 601 หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ
กม.ที่ 351+740 – กม.ที่ 382+066 ค่า MPD เลน R

20. ทางหลวงหมายเลข 11 ตอนควบคุม 503 บึงหลัก – หนองน้ำเขียว กม.ที่ 317+000 – กม.ที่ 351+740

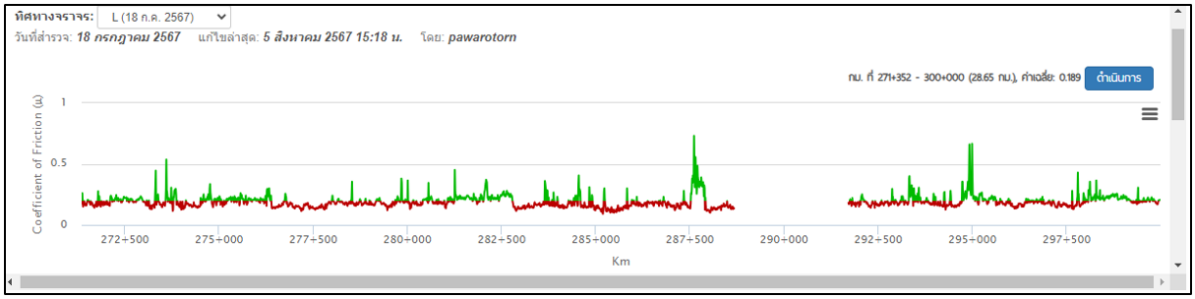


รูปที่ 40 ทางหลวงหมายเลข 11 ตอนควบคุม 503 บึงหลัก – หนองน้ำเขียว
กม.ที่ 317+000 – กม.ที่ 351+740 ค่า μ เลน L

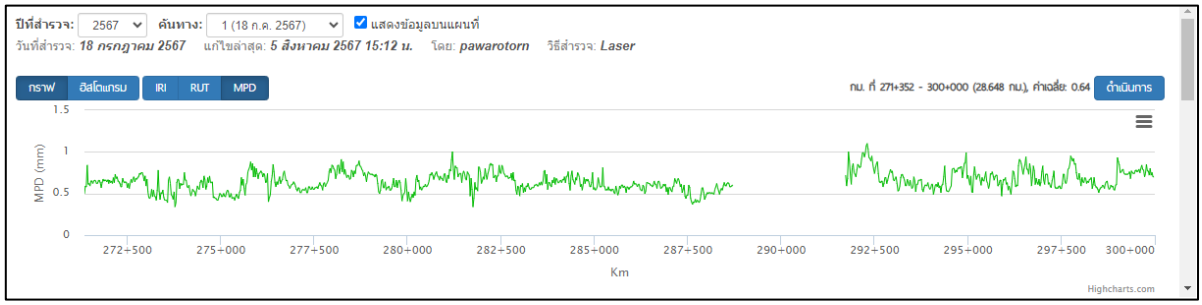


รูปที่ 41 ทางหลวงหมายเลข 11 ตอนควบคุม 503 บึงหลัก – หนองน้ำเขียว
กม.ที่ 317+000 – กม.ที่ 351+740 ค่า MPD เลน L

21. ทางหลวงหมายเลข 11 ตอนควบคุม 501 นาอิน – ชัยมงคล กม.ที่ 271+352 – กม.ที่ 288+686 และ กม.ที่ 291+715 – กม.ที่ 300+000

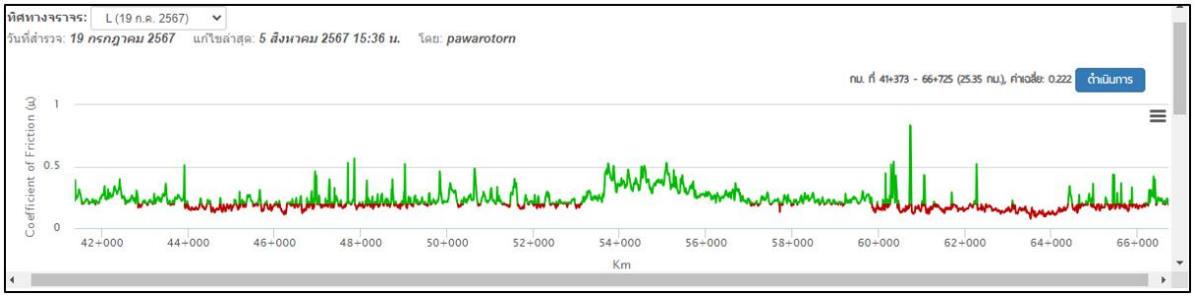


รูปที่ 42 ทางหลวงหมายเลข 11 ตอนควบคุม 501 นาอิน – ชัยมงคล กม.ที่ 271+352 – กม.ที่ 288+686 และ กม.ที่ 291+715 – กม.ที่ 300+000 ค่า μ เลน L

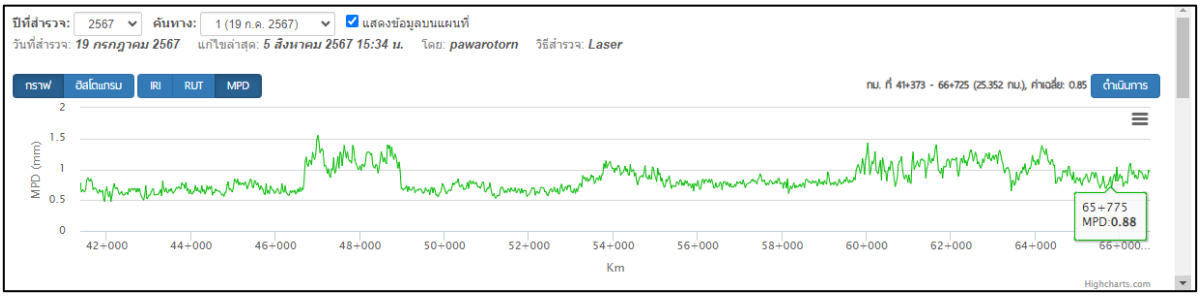


รูปที่ 43 ทางหลวงหมายเลข 11 ตอนควบคุม 501 นาอิน – ชัยมงคล กม.ที่ 271+352 – กม.ที่ 288+686 และ กม.ที่ 291+715 – กม.ที่ 300+000 ค่า MPD เลน L

22. ทางหลวงหมายเลข 1045 ตอนควบคุม 202 เขื่อนสิริกิติ์ – ห้วยหูด กม.ที่ 41+373 – กม.ที่ 66+725

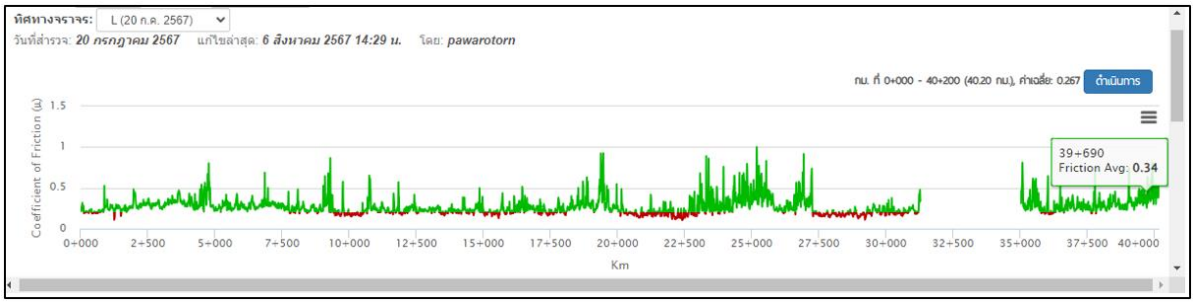


รูปที่ 44 ทางหลวงหมายเลข 1045 ตอนควบคุม 202 เขื่อนสิริกิติ์ – ห้วยหูด กม.ที่ 41+373 – กม.ที่ 66+725 ค่า μ เลน L

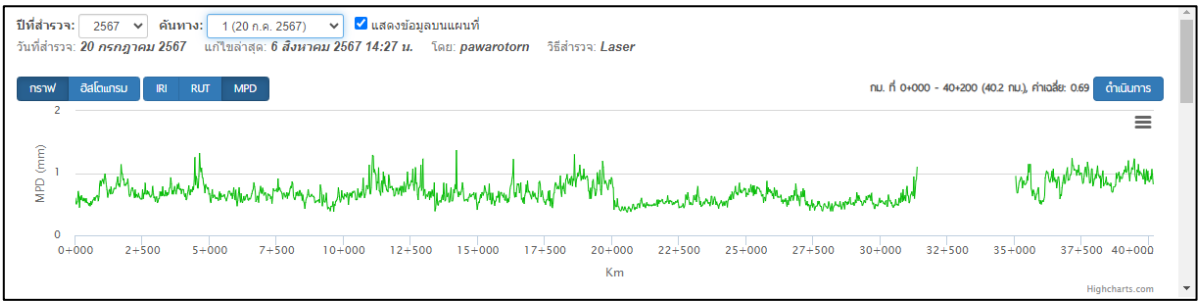


รูปที่ 45 ทางหลวงหมายเลข 1045 ตอนควบคุม 202 เขื่อนสิริกิติ์ – ห้วยหูด กม.ที่ 41+373 – กม.ที่ 66+725 ค่า MPD เลน L

23. ทางหลวงหมายเลข 1268 ตอนควบคุม 100 เหมืองแพร่ – นาเจริญ กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 31+300 และ กม.ที่ 35+040 – กม.ที่ 40+200

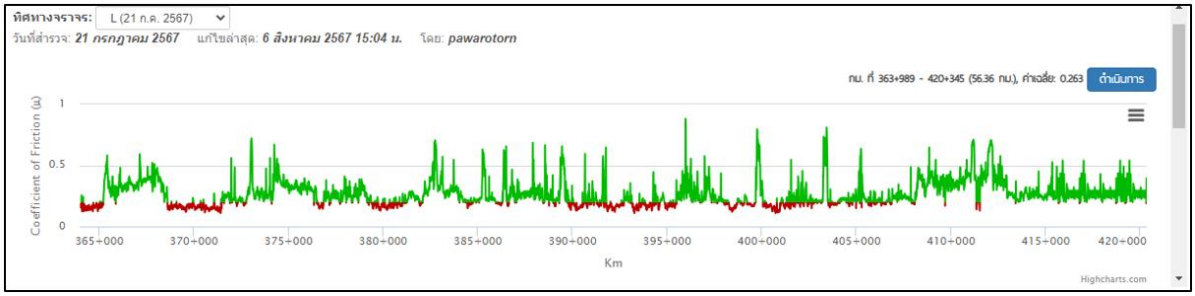


รูปที่ 46 ทางหลวงหมายเลข 1268 ตอนควบคุม 100 เหมืองแพร่ – นาเจริญ กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 31+300 และ กม.ที่ 35+040 – กม.ที่ 40+200 ค่า μ เลน L

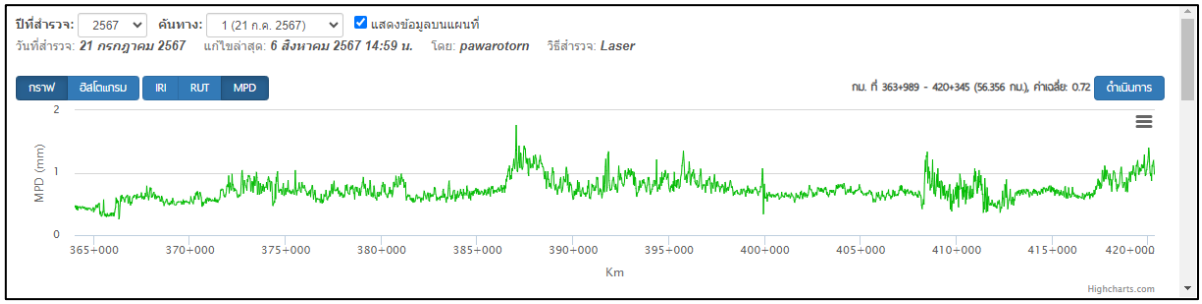


รูปที่ 47 ทางหลวงหมายเลข 1268 ตอนควบคุม 100 เหมืองแพร่ – นาเจริญ กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 31+300 และ กม.ที่ 35+040 – กม.ที่ 40+200 ค่า MPD เลน L

24. ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนควบคุม 603 น้ำดุก – ห้วยซำมะคาว กม.ที่ 363+989 – กม.ที่ 420+345

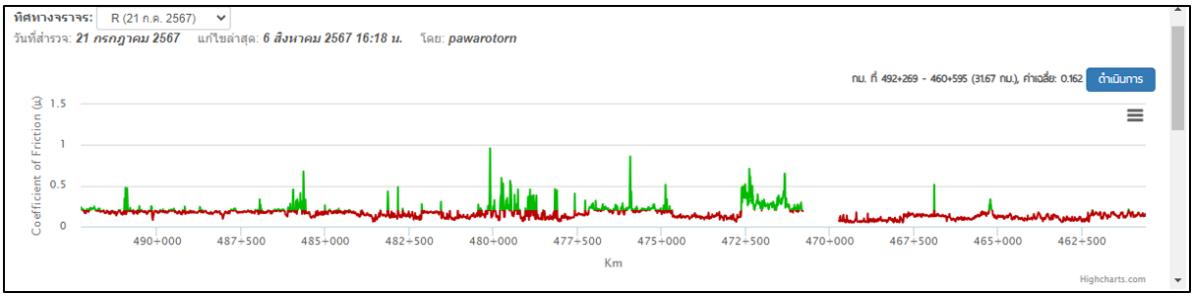


รูปที่ 48 ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนควบคุม 603 น้ำดุก – ห้วยซำมะคาว กม.ที่ 363+989 – กม.ที่ 420+345 ค่า μ เลน L

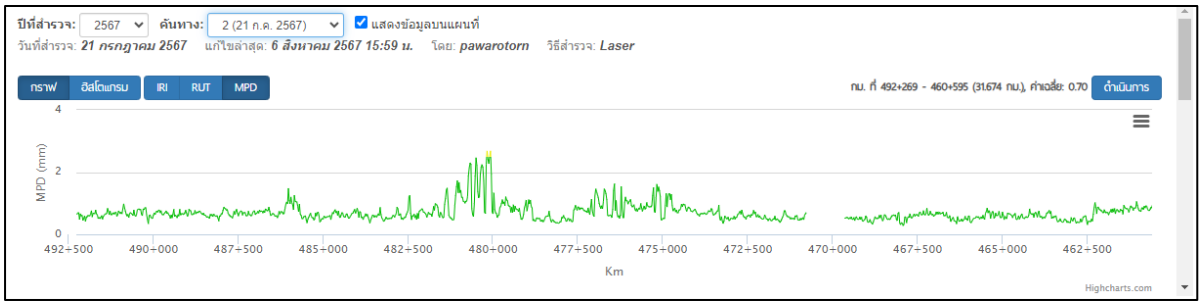


รูปที่ 49 ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนควบคุม 603 น้ำดุก – ห้วยซำมะคาว กม.ที่ 363+989 – กม.ที่ 420+345 ค่า MPD เลน L

25. ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนควบคุม 702 ร่องแซง – หนองแก กม.ที่ 460+595 – กม.ที่ 469+725 และ กม.ที่ 470+795 – กม.ที่ 492+269

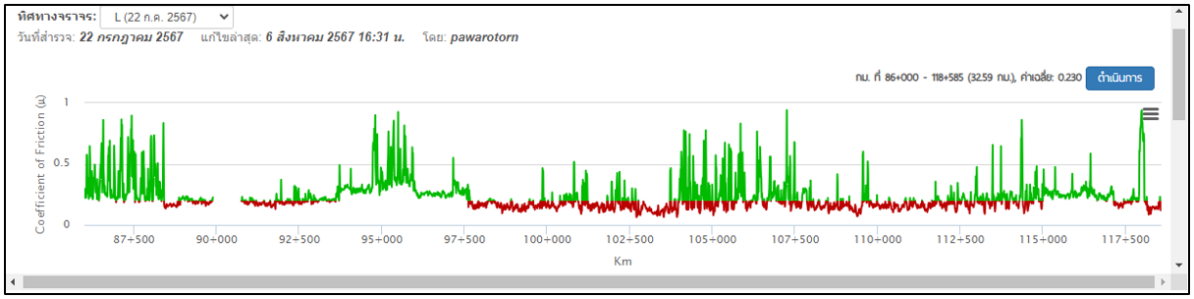


รูปที่ 50 ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนควบคุม 702 ร่องแซง – หนองแก กม.ที่ 460+595 – กม.ที่ 469+725 และ กม.ที่ 470+795 – กม.ที่ 492+269 ค่า μ เลน R

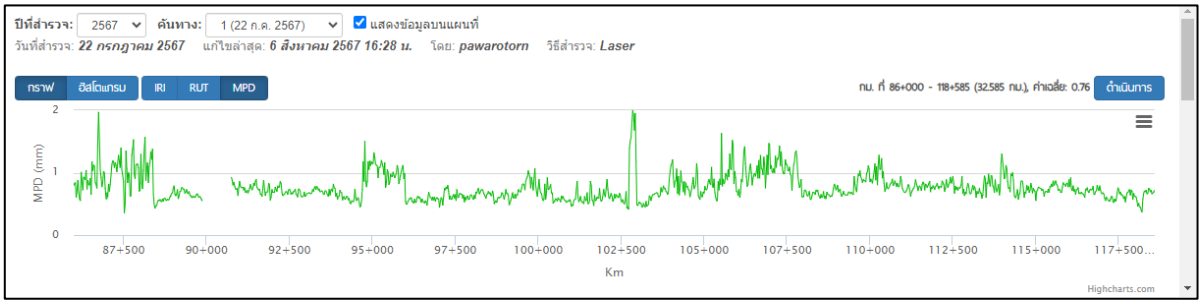


รูปที่ 51 ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนควบคุม 702 ร่องแซง – หนองแก กม.ที่ 460+595 – กม.ที่ 469+725 และ กม.ที่ 470+795 – กม.ที่ 492+269 ค่า MPD เลน R

26. ทางหลวงหมายเลข 213 ตอนควบคุม 301 สมเด็จ – สร้างค้อ กม.ที่ 86+000 – กม.ที่ 89+905 และ กม.ที่ 90+755 – กม.ที่ 118+585

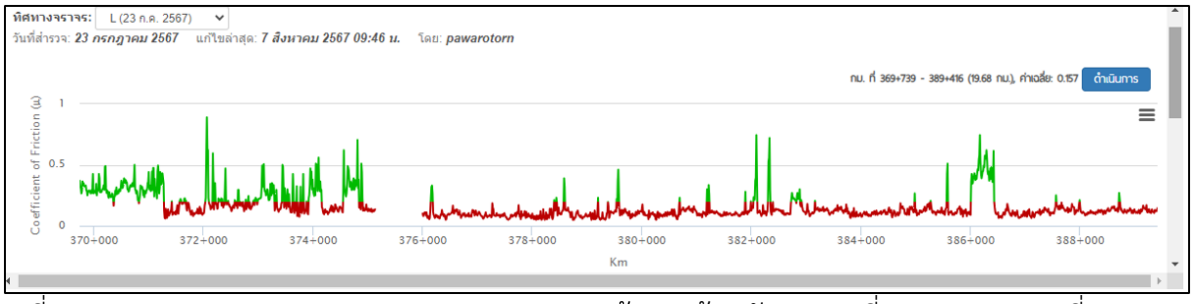


รูปที่ 52 ทางหลวงหมายเลข 213 ตอนควบคุม 301 สมเด็จ – สร้างค้อ กม.ที่ 86+000 – กม.ที่ 89+905 และ กม.ที่ 90+755 – กม.ที่ 118+585 ค่า μ เลน L

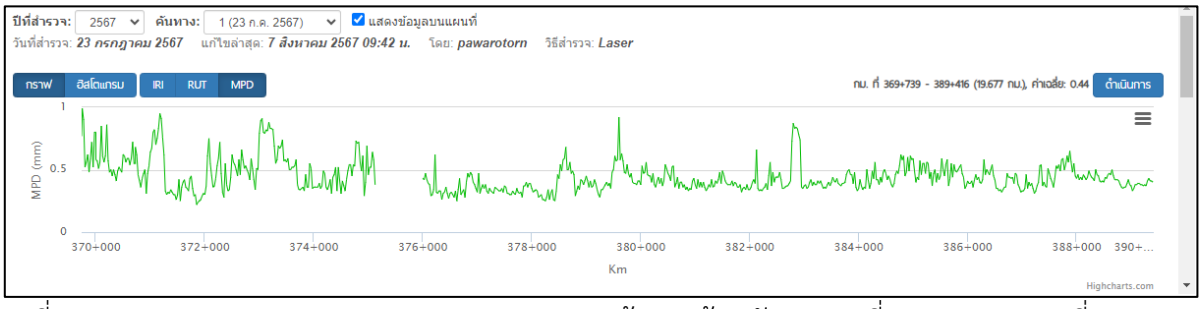


รูปที่ 53 ทางหลวงหมายเลข 213 ตอนควบคุม 301 สมเด็จ – สร้างค้อ กม.ที่ 86+000 – กม.ที่ 89+905 และ กม.ที่ 90+755 – กม.ที่ 118+585 ค่า MPD เลน L

27. ทางหลวงหมายเลข 212 ตอนควบคุม 304 กลางน้อย – ย้อมพัฒนา กม.ที่ 369+739 – กม.ที่ 375+153 และ กม.ที่ 376+000 – กม.ที่ 389+416

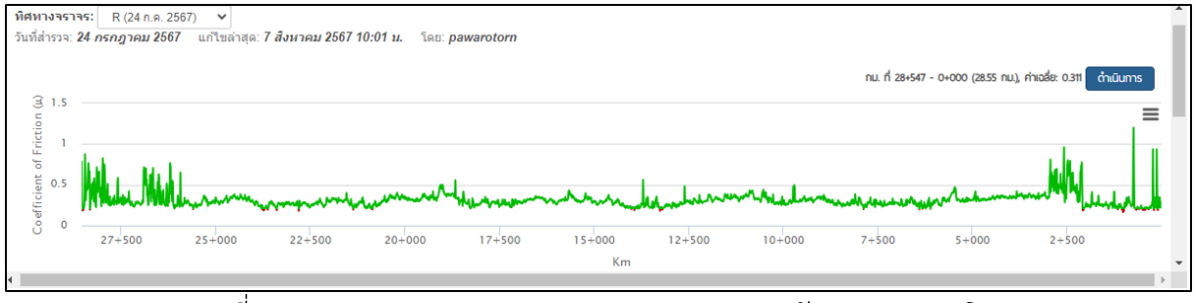


รูปที่ 54 ทางหลวงหมายเลข 212 ตอนควบคุม 304 กลางน้อย – ย้อมพัฒนา กม.ที่ 369+739 – กม.ที่ 375+153 และ กม.ที่ 376+000 – กม.ที่ 389+416 ค่า μ เลน L

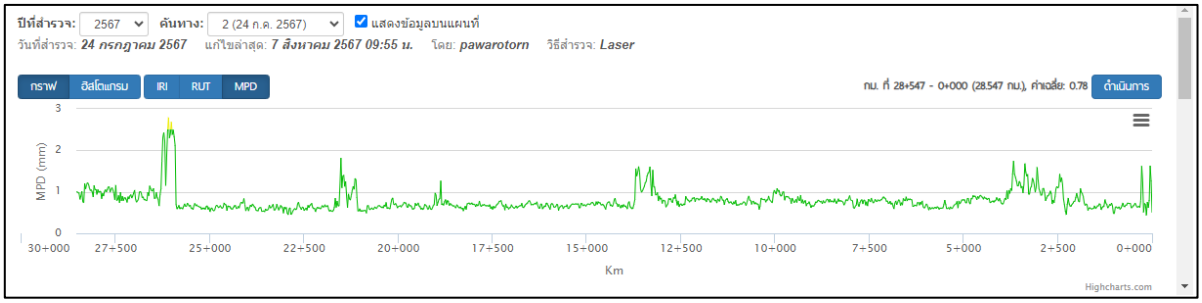


รูปที่ 55 ทางหลวงหมายเลข 212 ตอนควบคุม 304 กลางน้อย – ย้อมพัฒนา กม.ที่ 369+739 – กม.ที่ 375+153 และ กม.ที่ 376+000 – กม.ที่ 389+416 ค่า MPD เลน L

28. ทางหลวงหมายเลข 2375 ตอนควบคุม 100 บักดอก – พนมดิน กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 28+547

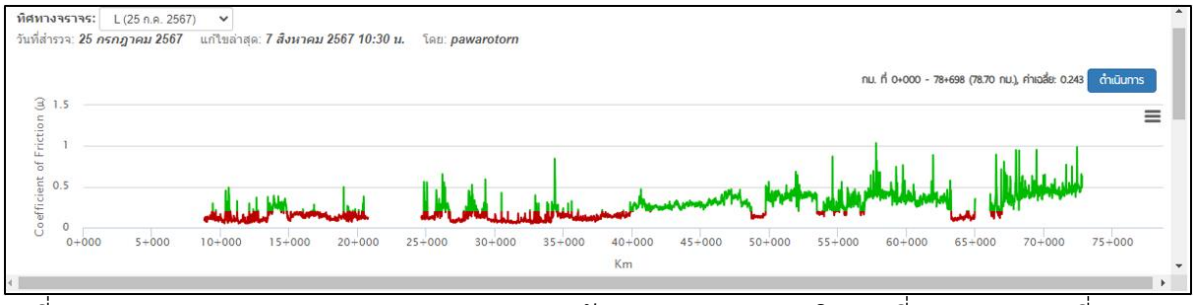


รูปที่ 56 ทางหลวงหมายเลข 2375 ตอนควบคุม 100 บักดอก – พนมดิน กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 28+547 ค่า μ เลน R

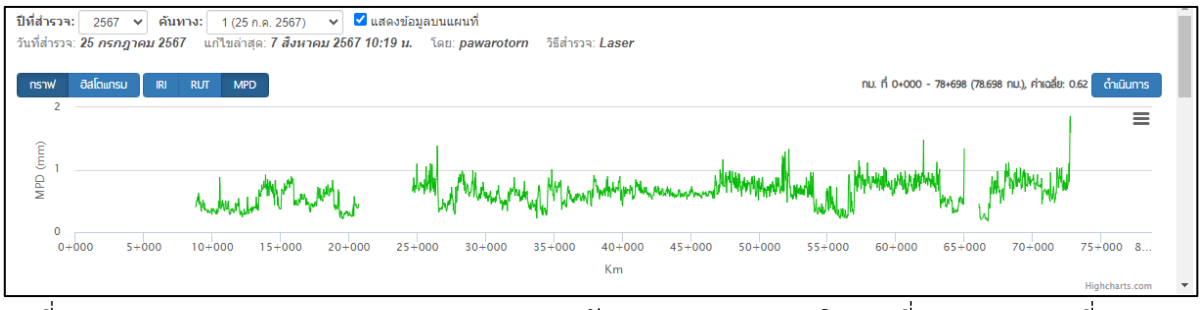


รูปที่ 57 ทางหลวงหมายเลข 2375 ตอนควบคุม 100 บักดอก – พนมดิน กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 28+547 ค่า MPD เลน R

29. ทางหลวงหมายเลข 226 ตอนควบคุม 100 หัวทะเล – หนองกระทิง กม.ที่ 8+796 – กม.ที่ 20+745 และ กม.ที่ 24+606 – กม.ที่ 65+000 และ กม.ที่ 66+070 – กม.ที่ 72+791

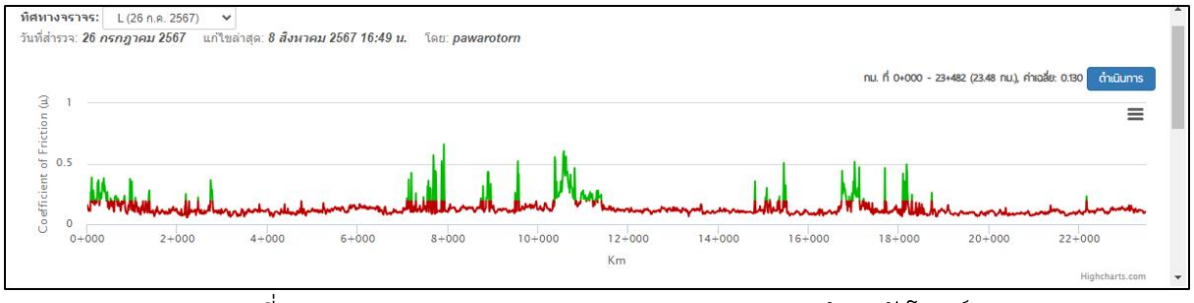


รูปที่ 58 ทางหลวงหมายเลข 226 ตอนควบคุม 100 หัวทะเล – หนองกระทิง กม.ที่ 8+796 – กม.ที่ 20+745 และ กม.ที่ 24+606 – กม.ที่ 65+000 และ กม.ที่ 66+070 – กม.ที่ 72+791 ค่า μ เลน L

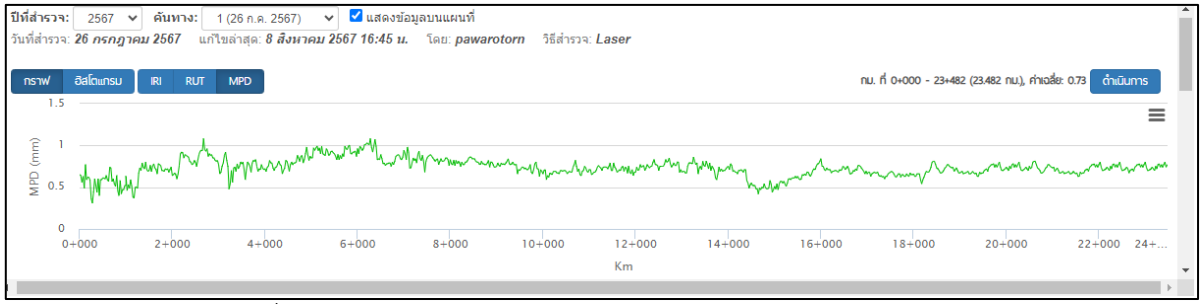


รูปที่ 59 ทางหลวงหมายเลข 226 ตอนควบคุม 100 หัวทะเล – หนองกระทิง กม.ที่ 8+796 – กม.ที่ 20+745 และ กม.ที่ 24+606 – กม.ที่ 65+000 และ กม.ที่ 66+070 – กม.ที่ 72+791 ค่า MPD เลน L

30. ทางหลวงหมายเลข 37 ตอนควบคุม 100 ชะอำ – วังโบสถ์ กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 23+482

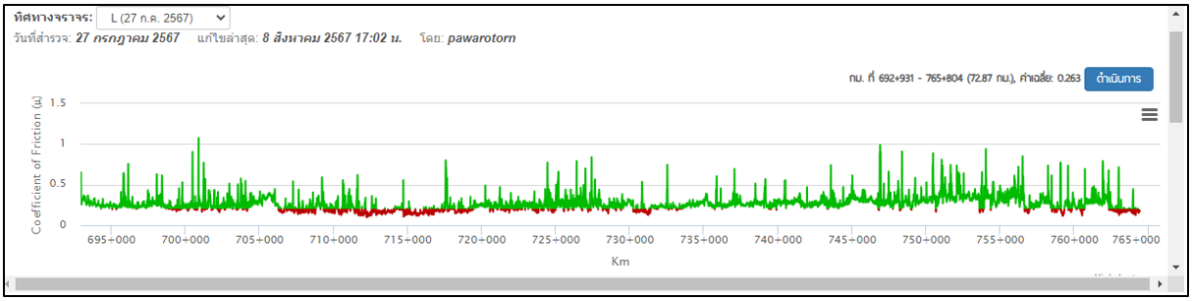


รูปที่ 60 ทางหลวงหมายเลข 37 ตอนควบคุม 100 ชะอำ – วังโบสถ์ กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 23+482 ค่า μ เลน L

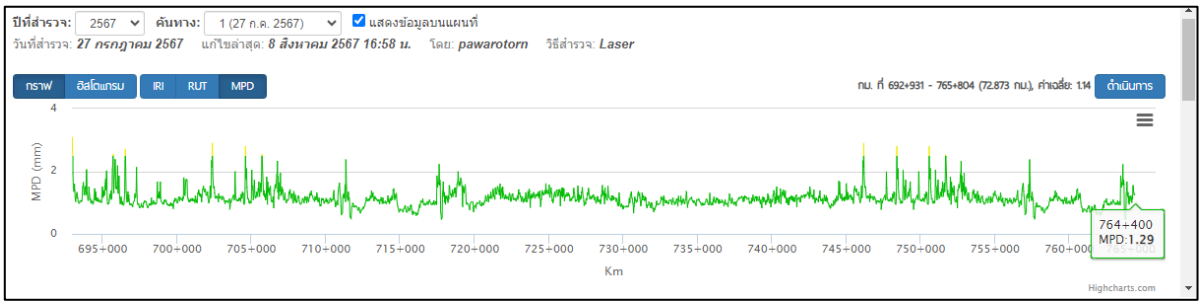


รูปที่ 61 ทางหลวงหมายเลข 37 ตอนควบคุม 100 ชะอำ – วังโบสถ์ กม.ที่ 0+000 – กม.ที่ 23+482 ค่า MPD เลน L

31. ทางหลวงหมายเลข 4 ตอนควบคุม 901 อ่าวเคย – บางนายสี กม.ที่ 692+931 – กม.ที่ 764+445

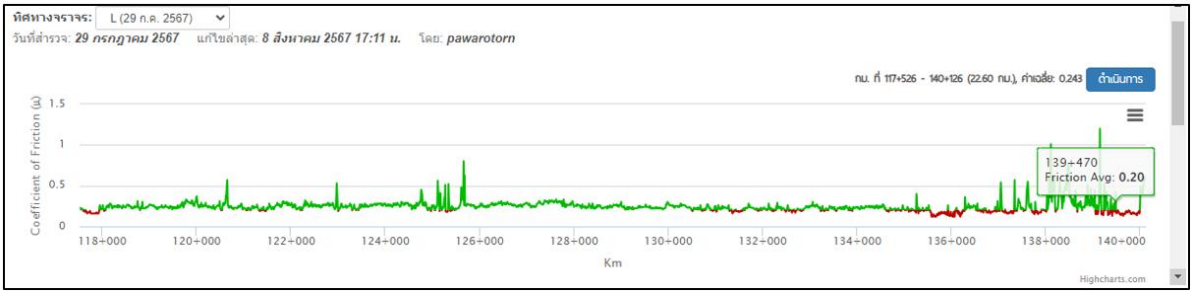


รูปที่ 62 ทางหลวงหมายเลข 4 ตอนควบคุม 901 อ่าวเคย – บางนายสี
กม.ที่ 692+931 – กม.ที่ 764+445 ค่า μ เลน L

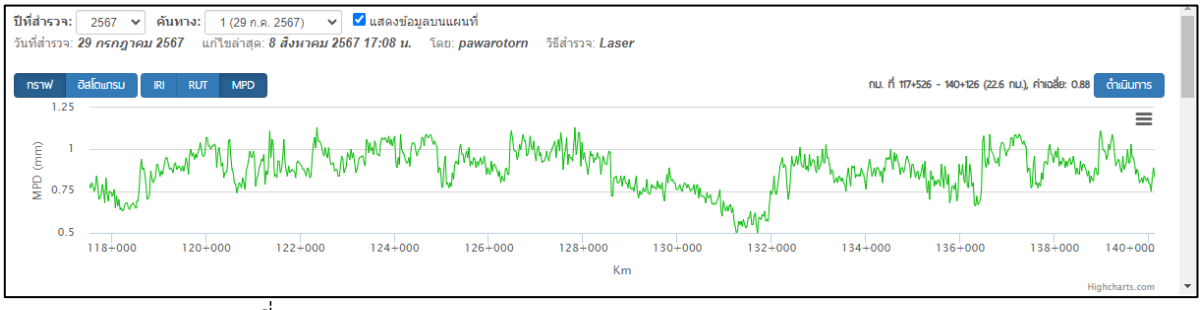


รูปที่ 63 ทางหลวงหมายเลข 4 ตอนควบคุม 901 อ่าวเคย – บางนายสี
กม.ที่ 692+931 – กม.ที่ 764+445 ค่า MPD เลน L

32. ทางหลวงหมายเลข 41 ตอนควบคุม 202 เกาะมุก – ควนรา กม.ที่ 117+526 – กม.ที่ 140+126



รูปที่ 64 ทางหลวงหมายเลข 41 ตอนควบคุม 202 เกาะมุก – ควนรา
กม.ที่ 117+526 – กม.ที่ 140+126 ค่า μ เลน L



รูปที่ 65 ทางหลวงหมายเลข 41 ตอนควบคุม 202 เกาะมุก – ควนรา
กม.ที่ 117+526 – กม.ที่ 140+126 ค่า MPD เลน L

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างรายการคำนวณสมการการเสื่อมสภาพ และรายการคำนวณผลกระทบผู้ใช้ทาง พร้อมทั้งข้อมูลสายทางสำหรับใช้สอบเทียบแบบจำลองผิวทางลาดยาง

1. ตัวอย่างรายการคำนวณสมการการเสื่อมสภาพของผิวทางลาดยาง

ตัวอย่างข้อมูลของสายหมายเลข 2 ตอนควบคุมที่ 202 กม.เริ่มต้น 96+000 ถึง 97+000

$$\Delta RI = K_{gp}[\Delta RI_s + \Delta RI_c + \Delta RI_r + \Delta RI_t] + \Delta RI_e$$

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์ ΔRI_s

$$\Delta RI_s = K_{gs} a_0 \exp(mK_{gm} AGE3)(1 + SNPK_b)^{-5} YE4$$

Kgs = 1.0 (ค่าปรับแก้)

m = 0.02 (ค่าสัมประสิทธิ์ด้านสิ่งแวดล้อม)

Kgm = 1.3 (ค่าปรับแก้)

A0 = 134 (ค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลอง)

AGE3 = 20 ปี (อายุผิวทางนับตั้งแต่การซ้อนทับครั้งล่าสุด การสร้างใหม่ หรือการก่อสร้างใหม่)

SNPKb = 6.38 (ตัวเลขโครงสร้างที่ปรับปรุงแล้วของผิวทางเนื่องจากการแตกร้าวเมื่อสิ้นสุดปีของการวิเคราะห์)

YE4 = 2.07 ล้าน (จำนวนเพลาล้อมาตรฐานเทียบเท่าต่อปี)

ΔRIs = 1.0 *134* exp(0.02 * 1.0*20) * (1 + 6.38) ^-5 * 2.07

ΔRIs = 0.20 IRI m/km

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ ΔRI_c

$$\Delta RI_c = a_0 \Delta ACRA$$

kgc = 1.0 (ค่าปรับแก้)

a0 = 0.0066 (ค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลอง)

ΔACRA = 0% (การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่ของการแตกร้าวทั้งหมดในช่วงปีของการวิเคราะห์)

ΔRIc = 1.0 * 0.0066 * 0

ΔRIc = 0.00 IRI m/km

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ ΔRI_r

$$3\Delta RI_r = a_0 \Delta RDS$$

a0 = 0.088 (ค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลอง)

ΔRDS = 0 มม. (การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นของความลึกของร่องในช่วงปีของการวิเคราะห์)

ΔRIr = 0.088 * 0

ΔRIr = 0.00 IRI m/km

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ ΔRI_t

$$\Delta RI_t = a_0(a_1 - FM) * \Delta NPT * \left(NPT_a + \frac{\Delta NPT}{2}\right)^{a2}$$

a0 = 0.00019 (ค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลอง)
a1 = 2.0 (ค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลอง)
FM = 0.25 Freedom to Manoeuvre (ค่าแนะนำจาก HDM-4 volume 1 part c)
a2 = 1.5 (ค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลอง)
NPTb = 0 หลุม/กม. (จำนวนหน่วยหลุมบ่อต่อกิโลเมตร ณ สิ้นปีของการวิเคราะห์ตามที่ผู้ใช้รับรู้)
NPTa = 0 หลุม/กม. (จำนวนหลุมบ่อต่อกิโลเมตรเมื่อเริ่มต้นปีของการวิเคราะห์)
ΔNPT = NPTb -NPTa (ผลต่างจำนวนหลุมบ่อต่อกิโลเมตร)
ΔRIt = [0.00019^(2.0 - 0.25) * 0*(0+0/2)^1.5]
ΔRIt = [0.000333*5*185.2785]
ΔRIt = 0.00 IRI m/km

ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ ΔRI_e

$$\Delta RI_e = m * K_{gm} RI_a$$

m = 0.025 (สัมประสิทธิ์ด้านสิ่งแวดล้อม)
RIa = 2.61 IRI m/km (ความขรุขระเมื่อเริ่มต้นปีของการวิเคราะห์)
Kgm = 1.3 (ปัจจัยการสอบเทียบสำหรับส่วนประกอบด้านสิ่งแวดล้อม)
ΔRIe = 0.025 * 2.6 * 1.3
ΔRIe = 0.0845 IRI m/km

ขั้นตอนที่ 6 วิเคราะห์ ΔRI

$$\Delta RI = K_{gp}[\Delta RI_s + \Delta RI_c + \Delta RI_r + \Delta RI_t] + \Delta RI_e$$

ΔRIs = 0.20 IRI m/km
ΔRIc = 0.00 IRI m/km (กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่รอยแตกร้าว 5%)
ΔRIr = 0.00 IRI m/km (กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นของความลึกของร่อง 2 มม.)
ΔRIp = 0.00 IRI m/km (กรณีที่มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนหลุมบ่อ 5 หลุม/กม.)
ΔRIe = 0.0845 IRI m/km (ปรเทศร้อนชื้อค่า m มีค่าเป็น 0.025)
Kgp = 2.65
ΔRI = 2.65x(0.20+0.0845)
ΔRI = 0.75 IRI m/km

เพราะฉะนั้น ค่า IRI ของโมเดลที่คำนวณความเรียบของผิวทางปี 2564 จะมีค่าเป็น 2.61+0.75 = 3.36 IRI m/km โดยข้อมูลของสายทางหมายเลข 2 ตอนควบคุมที่ 202 กม.เริ่มต้น 96+000 ถึง 97+000 มีค่า IRI ของปี 2563 และ 2564 มีค่าเป็น 2.61 และ 2.84 ตามลำดับ

2. ตัวอย่างการคำนวณสมการการเสื่อมสภาพผิวทางคอนกรีต

ตัวอย่างข้อมูลของสายทางแก้วเพชรพลอย – ช่องตะโก กม.เริ่มต้น 49+000 ถึง 50+000 (1km)

$$PSR = 4.165 - 0.06694 * TFAULT^{0.5} - 0.00003228 * DCRACK^2 - 0.1447 * SPALL^{0.25}$$

TFAULT = 4 number/km

DCRACK = 550 m

SPALL = 0 m^2

แปลงหน่วย

TFAULT = 4x19.01

= 76.0552 Inch/Mile

DCRACK = 550/1 m/km

= 550/1.609 number/mile

SPALL = (0x100)/(1 km x 3.5 x 1,000)

= 0%

PSR = 0.3348

$$RI_t = Kjr_r * [-\log_e(0.2 \text{ x PSR})/0.0043]$$

PSR = 0.3348

K_{jrr} = 1 (ค่าปรับแก้ของโมเดลคอนกรีต)

RI_t = 1 x ($-\log_e$(0.2 x 0.3348)/0.0043

= 628.73 inch/mile

= 9.923 m/km

ค่า IRI ของสายทางนี้จากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลการเสื่อมสภาพผิวทางของคอนกรีตมีค่าเป็น 9.923 m/km และมีค่าจากการสำรวจอยู่ที่ 2.983 m/km

หมายเหตุ : เนื่องจากข้อมูลบนระบบ Road net บางสายทางไม่มีข้อมูลอายุผิว หรือประวัติการซ่อมบำรุงส่งผลให้ค่า age ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ที่ปรึกษาได้เสนอให้ใช้ค่าการออกแบบที่ 20 ปี (20 ปี คือ ค่ามาตรฐานในการออกแบบอายุผิว) เป็นค่าตั้งต้นสำหรับในกรณีที่ข้อมูลสายทางนั้นไม่มีประวัติอายุผิวหรือประวัติการซ่อมบำรุง

3. ตัวอย่างการคำนวณผลกระทบผู้ใช้ทาง

ตัวอย่างข้อมูลของสายทางพระประแดง – บางแค กม.เริ่มต้น 14+000 ถึง 13+000 (1กิโลเมตร) ในการคำนวณผลกระทบผู้ใช้ทางจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ การคำนวณค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของยานพาหนะ, การคำนวณมูลค่าเวลาการเดินทาง และการคำนวณมูลค่าความเสียหายจากอุบัติเหตุ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การคำนวณค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของยานพาหนะ

ในการคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆนั้นสามารถจำแนกออกมาเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง, ค่าน้ำมันหล่อลื่น, ค่ายาง, ค่าบำรุงรักษา และค่าเสื่อมราคา โดยจะต้องคำนวณทุกประเภทยานพาหนะ แต่ในตัวอย่างการคำนวณนี้ จะแสดงการคำนวณของยานพาหนะประเภทที่มีล้อน้อยกว่า 4 ล้อ เท่านั้น

- <u>ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง</u>

$$SFC = \frac{IFC}{SPEED}$$

IFC = 2.17 มิลลิลิตรต่อวินาที (อัตราสิ้นบริโภคน้ำมัน)

SPEED = 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แปลงหน่วยเป็น 22.22 เมตรต่อวินาที

SFC = 2.17/22.22

= 0.097 ลิตรต่อกิโลเมตร

$$FUEL_{COST} = SFC \times FUEL_{UNITCOST}$$

$FUEL_{cost}$ = 0.097 x 29.4 (ราคาน้ำมัน)

= 2.85 บาทต่อกิโลเมตร

- <u>ค่าน้ำมันหล่อลื่น</u>

$$OIL = OILCONT + OILPER \times SFC$$

OILCONT = 0.4 มิลลิลิตรต่อกิโลเมตร (การสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่น)

OILPER = 0.0028 (สัมประสิทธิ์การสิ้นเปลืองขณะใช้งาน)

SFC = 0.097 ลิตรต่อกิโลเมตร

OIL = 0.4 + 0.0028 x 0.0097

= 0.4 ลิตรต่อกิโลเมตร

$$OIL_{COST} = OIL \times OIL_{UNITCOST}$$

OIL	=	0.4 ลิตรต่อกิโลเมตร
$OIL_{UNITCOST}$	=	540 บาท
OIL_{COST}	=	0.4/1000 x 540
	=	0.217 บาทต่อกิโลเมตร

- ค่ายาง

$$TYRE_{COST} = NUM_{WHEEL} \times EQNT \times NEWTYRE_{UNITCOST}$$

NUM_{WHEEL}	=	4 ล้อ
EQNT	=	0.0027% (การสึกหรอเทียบกับยางใหม่)
$NEWTYRE_{UNITCOST}$	=	2050 บาทต่อล้อ
$TYRE_{COST}$	=	4 x 0.0027/100 x 2050
	=	0.2214 บาทต่อกิโลเมตร

- ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อม

$$M\&R_{COST} = Veh_{COST} \times \frac{PC}{1{,}000}$$

Veh_{COST}	=	549,000 ราคารถยนต์ TOYOTA Yaris
PC	=	0.0021 (อัตราส่วนค่าซ่อมเทียบกับราคารถใหม่)
$M\&R_{COST}$	=	1.1529 บาทต่อกิโลเมตร

- ค่าเสื่อมราคา

$$DEP_{COST} = NVPLT \frac{(1 - 0.01\max(2{,}15 - \max(0, IRI - 5)))}{LIFEKMO \times \min(1, \frac{1}{1 + \exp(-65.8553 IRI^{-1.9194})})}$$

NVPLT	=	522,800 (ราคารถไม่รวมล้อยาง)
LIFEKMO	=	13 x 22,000 (อายุการใช้งานคูณกับระยะทางเฉลี่ยที่ใช้ต่อปี)
IRI	=	4.1 เมตรต่อกิโลเมตร
DEP_{cost}	=	1.553 บาทต่อกิโลเมตร

เพราะฉะนั้น จะได้ค่าใช้จ่ายการใช้ยานพาหนะจากทุกค่าใช้จ่ายรวมกัน เป็น 5.99 บาทต่อกิโลเมตร ซึ่งในส่วนของรถยนต์ที่มีล้อน้อยกว่า 4 ล้อนั้น จะมีค่าใช้จ่ายตลอดทั้งปีคิดเป็น 5.99 x AADT (17,967) x 365 x 1 = 39,282,150.45 บาท

ส่วนที่ 2 การคำนวณมูลค่าเวลาการเดินทาง

ในตัวอย่างนี้จะเป็นการคำนวณของปริมาณการจราจรของรถยนต์ที่มีล้อน้อยกว่า 4 ล้อเท่านั้น โดยมีปริมาณการจราจรอยู่ที่ 17,967 คันต่อวัน

$$VOT = TIME_{COST} \times \frac{NUM_{PASS} \times PCTWK}{SPEED}$$

$TIME_{COST}$ = 184 (เป็นมูลค่าเวลาสมมติ)

NUM_{PASS} = 5 (จำนวนผู้โดยสารสูงสุด)

PCTWK = 0.8 (Rate of Passenger to Work)

SPEED = 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ความเร็วเฉลี่ยตามกฎหมายกำหนด)

VOT = 184 x 5 x 0.8 / 80

= 9.2 บาทต่อกิโลเมตร (ต่อคัน)

เพราะฉะนั้นใน 1 ปี จะมีปริมาณจราจร 17,967 x 365 = 6,557,955 คัน

VOT = 9.2 x 1.0 (ระยะทาง) x 6,557,955

= 60,333,186 บาท

คำนวณซ้ำตามวิธีการข้างต้นในเคสของยานพาหนะชนิดอื่น ๆ จนครบ ก็จะสามารถหาค่า VOT รวมของแต่ละสายทางได้

ส่วนที่ 3 การคำนวณมูลค่าความเสียหายจากอุบัติเหตุ

ที่ปรึกษาได้จำแนกประเภทความเสียหายออกเป็น 4 ประเภทได้แก่ ความสูญเสียจากอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิต ความสูญเสียจากอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บสาหัส, ความสูญเสียจากอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บเล็กน้อย, และความสูญเสียจากอุบัติเหตุที่มีทรัพย์สินเสียหาย โดยในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการคำนวณในส่วนของกรณีที่มีผู้บาดเจ็บสาหัสเท่านั้น

$$Acc = \sum Acc_{\text{ตามแต่ละประเภท}}$$

$$Acc_{\text{ตามแต่ละประเภท}} = VKT \times CMF \times Acc_{rate} \times Acc\ Unit\ cost$$

VKT	=	365 x ระยะทาง x aadt /1,000,000
	=	365 x 1 x 35,149/1,000,000
	=	12.82
CMF	=	$e^{2 \times (IFIafter-IFIbefore)}$
	=	$e^{2 \times (0.65-0.00)}$
	=	3.66
ACC_{rate}	=	1 ครั้งต่อปี
ACC Unitcost	=	8,000,000 บาท
ACC	=	12.82 x 3.66 x 1 x 8,000,000
ACC	=	376,323,066.2 บาท

ตารางที่ 1 ข้อมูลสำหรับใช้สอบเทียบแบบจำลองผิวทางลาดยาง

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
2	202	96+000	97+000	2.61	2.84	**3.12**	0.00	0.00	2.08	20	0.00	0.00	6.38
21	405	200+000	201+000	1.84	2.03	**2.48**	0.00	0.00	0.17	20	0.00	0.00	5.49
4	303	106+700	106+780	1.37	2.20	**2.38**	0.00	0.00	2.09	20	0.00	0.00	6.38
12	801	542+000	543+000	2.15	2.19	**2.73**	0.00	0.00	0.27	20	0.00	0.00	6.38
12	401	225+000	225+119	2.56	3.19	**3.70**	0.00	0.00	0.51	20	0.00	0.00	6.38
12	801	547+595	548+000	3.45	3.50	**3.79**	0.00	0.00	0.27	20	0.00	0.00	6.38
41	204	171+000	171+657	3.36	4.31	**5.04**	0.00	0.00	1.63	20	0.00	0.01	6.38
2	203	102+000	102+050	4.06	4.27	**4.70**	0.00	2.01	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	105+000	106+000	1.58	1.64	**1.77**	0.00	3.35	1.15	20	0.00	0.00	6.38
4	1302	1164+000	1165+000	2.95	3.00	**3.66**	0.00	0.00	3.32	20	0.00	0.00	6.38
4	1302	1165+000	1165+921	2.50	2.66	**2.96**	0.00	0.00	3.32	20	0.00	0.00	6.38
4	1302	1178+820	1178+820	2.44	2.78	**3.36**	0.00	0.00	2.19	20	0.00	0.01	6.38
32	303	109+000	110+000	1.63	1.65	**2.07**	0.00	0.00	1.68	20	0.00	0.01	6.38
32	303	110+000	111+000	1.77	1.82	**1.97**	0.00	0.00	1.68	20	0.00	0.00	6.38
12	801	538+000	539+000	2.67	3.19	**3.86**	0.00	0.00	0.42	20	0.00	0.00	6.38
12	801	539+000	539+610	2.59	2.64	**3.33**	0.00	0.00	0.42	20	0.00	0.00	6.38
22	402	195+970	196+000	1.12	1.24	**1.49**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
1	502	155+000	155+630	1.49	1.55	**1.95**	0.00	0.00	0.81	20	0.00	0.06	6.38
1	502	155+630	156+000	1.96	1.99	**2.75**	0.00	0.00	0.81	20	0.00	0.08	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
1	502	156+075	156+776	2.92	2.92	**3.47**	0.00	0.00	0.81	20	0.00	0.04	6.38
1	502	156+776	157+000	2.56	2.58	**2.86**	0.00	0.00	0.81	20	0.00	0.10	6.38
1	502	157+300	158+000	2.03	2.08	**2.24**	0.00	0.00	0.81	20	0.00	0.04	6.38
1	502	159+285	159+628	2.06	2.22	**2.91**	0.00	0.00	0.81	20	0.00	0.00	6.38
11	302	176+000	177+000	2.40	2.70	**3.09**	0.00	0.00	0.50	20	0.00	0.00	5.49
11	402	235+000	235+055	1.87	2.20	**2.40**	0.00	0.00	0.59	20	0.00	0.00	6.38
11	402	235+606	235+735	2.55	2.70	**3.11**	0.00	0.00	0.59	20	0.00	0.00	6.38
22	201	29+000	30+000	1.86	2.08	**2.21**	0.00	0.00	2.89	20	0.00	0.00	6.38
22	201	30+000	31+000	1.95	2.00	**2.36**	0.00	0.00	2.89	20	0.00	0.00	6.38
22	201	31+000	32+000	2.55	2.58	**3.10**	0.00	0.00	2.89	20	0.00	0.00	6.38
22	201	32+000	33+000	2.52	2.69	**3.10**	0.00	0.00	2.89	20	0.00	0.00	6.38
22	201	33+000	33+872	1.96	1.99	**2.25**	0.00	0.00	2.89	20	0.00	0.01	6.38
22	201	33+872	34+000	2.67	2.78	**3.16**	0.00	0.00	2.89	20	0.00	0.09	6.38
22	201	34+000	34+550	2.45	2.62	**3.18**	0.00	0.00	2.89	20	0.00	0.02	6.38
11	401	191+920	192+000	1.79	2.05	**2.63**	0.00	0.00	0.35	20	0.00	0.09	5.49
2	205	141+000	141+400	2.22	2.28	**3.08**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	142+000	142+850	2.41	2.43	**2.76**	0.00	0.00	1.17	20	0.00	0.00	6.38
34	300	57+400	57+600	1.94	2.51	**3.31**	0.00	0.00	3.29	20	0.00	0.00	6.38
24	402	260+248	260+942	2.33	2.43	**2.98**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
12	701	457+000	457+565	4.42	4.58	**5.05**	0.00	0.00	0.45	20	0.00	0.12	5.04
21	505	293+820	294+000	2.20	2.24	**2.95**	0.00	0.00	0.30	20	0.00	0.00	5.04
2	700	507+876	508+000	4.98	5.73	**6.14**	0.00	0.00	1.18	20	0.00	0.00	6.38
2	700	508+650	509+000	5.01	5.08	**5.70**	0.00	0.00	1.79	20	0.00	0.00	6.38
24	602	330+000	331+000	1.45	1.55	**1.94**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
4	702	461+000	461+598	1.92	1.97	**2.53**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	702	462+822	463+000	1.43	3.45	**4.15**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	702	463+000	464+000	1.75	2.28	**2.69**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	702	464+000	465+000	2.23	2.28	**3.00**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	702	467+000	468+000	1.90	1.92	**2.30**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	702	468+000	469+000	2.09	2.24	**2.84**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	702	470+000	471+000	2.24	2.28	**2.71**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	702	472+000	472+813	1.55	1.88	**2.62**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
12	502	314+000	315+000	2.02	2.06	**2.53**	0.00	0.00	0.13	20	0.00	0.00	5.49
12	502	319+000	319+369	1.72	2.91	**3.59**	0.00	0.00	0.13	20	0.00	0.00	5.49
12	502	319+369	319+523	1.61	1.74	**2.45**	0.00	0.00	0.13	20	0.00	0.00	5.49
12	502	320+000	321+000	1.89	2.34	**2.45**	0.00	0.00	0.13	20	0.00	0.00	5.49
41	503	327+100	327+686	2.01	3.05	**3.62**	0.00	0.00	1.55	20	0.00	0.00	6.38
12	602	353+000	353+096	2.24	2.55	**3.01**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
12	602	354+000	354+967	2.32	2.38	**2.75**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	355+070	355+593	2.65	2.76	**3.35**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	355+785	355+830	2.20	3.32	**3.52**	0.00	0.00	0.54	20	0.00	0.00	6.38
12	602	359+000	360+000	2.93	3.25	**3.73**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	361+177	362+000	2.83	2.86	**3.48**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	363+000	363+989	1.89	2.18	**2.50**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
23	100	15+000	16+000	1.76	1.80	**2.14**	0.00	0.00	1.69	20	0.00	0.00	6.38
23	100	16+000	16+060	2.15	2.41	**3.14**	0.00	0.00	1.69	20	0.00	0.00	6.38
11	403	265+000	266+000	1.78	2.04	**2.61**	0.00	0.00	1.06	20	0.00	0.01	6.38
11	403	266+000	267+000	1.93	2.21	**2.33**	0.00	0.00	1.06	20	0.00	0.00	6.38
23	202	52+000	52+400	2.07	2.07	**2.41**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.02	6.38
23	202	60+000	61+000	2.39	2.56	**2.82**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
12	401	210+000	211+000	1.76	1.82	**2.37**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
12	401	214+300	215+000	1.58	1.64	**1.75**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
12	401	215+000	216+000	1.58	1.68	**2.13**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
12	401	217+000	218+000	1.97	2.00	**2.23**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
12	401	219+000	220+000	1.78	1.82	**1.92**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
12	401	222+000	222+040	2.13	2.95	**3.66**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
1	101	18+100	19+000	5.51	5.90	**6.45**	0.00	0.00	1.17	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
2	602	484+000	485+000	1.52	1.56	**2.15**	0.00	0.00	1.63	20	0.00	0.00	6.38
31	102	28+360	28+500	3.60	3.77	**4.25**	0.00	0.00	0.80	20	0.00	0.00	6.38
3	402	124+940	124+999	4.25	4.29	**5.08**	0.00	0.00	2.15	20	0.00	0.00	6.38
12	303	175+000	176+000	2.77	2.85	**3.12**	0.00	0.00	0.11	20	0.00	0.01	5.49
12	303	176+000	177+000	2.49	2.53	**3.16**	0.00	0.00	0.11	20	0.00	0.01	5.49
12	303	180+200	181+000	1.98	2.02	**2.61**	0.00	0.00	0.17	20	0.00	0.01	5.49
12	303	181+000	182+000	1.74	1.88	**2.34**	0.00	0.00	0.17	20	0.00	0.00	5.49
12	303	182+000	183+000	1.58	1.71	**2.07**	0.00	0.00	0.17	20	0.00	0.00	5.49
12	303	183+000	184+000	1.50	1.56	**2.27**	0.00	0.00	0.17	20	0.00	0.00	5.49
2	101	3+000	4+000	3.45	3.55	**3.85**	0.00	0.00	5.14	20	0.00	0.00	6.38
23	501	226+000	227+000	2.04	2.41	**2.83**	0.00	0.00	0.34	20	0.00	0.00	6.38
23	501	227+412	228+000	2.38	2.39	**2.78**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	229+000	229+787	1.79	2.40	**3.13**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	230+000	230+078	1.73	2.28	**2.86**	0.00	0.00	0.34	20	0.00	0.00	6.38
23	501	232+000	233+000	2.15	2.43	**3.23**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	238+000	238+750	2.53	2.57	**2.99**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	240+000	240+552	1.73	1.86	**2.30**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	242+000	242+412	2.22	2.38	**3.14**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	248+000	248+255	2.58	2.71	**2.87**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
12	703	532+000	532+093	3.50	4.29	**4.93**	0.00	0.00	2.14	20	0.00	0.00	6.38
1	803	379+000	380+000	3.14	3.61	**4.02**	0.00	0.00	1.34	20	0.00	0.01	6.38
1	803	380+000	381+000	2.56	2.84	**3.09**	0.00	0.00	1.34	20	0.00	0.01	6.38
23	501	226+000	227+000	1.51	1.55	**2.35**	0.00	0.00	0.34	20	0.00	0.00	6.38
23	501	233+000	234+000	2.52	2.56	**2.84**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	236+712	237+000	3.06	3.20	**3.67**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	237+000	237+750	1.49	1.61	**1.76**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	238+750	239+000	2.70	2.78	**2.96**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	239+000	240+000	1.93	2.02	**2.32**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	240+552	241+000	2.11	2.20	**2.41**	0.00	0.00	0.34	20	0.00	0.00	6.38
23	501	242+000	242+412	2.69	3.04	**3.29**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	243+000	244+000	1.92	1.92	**2.40**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	245+000	246+000	2.00	2.35	**3.04**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	248+000	248+255	1.35	1.36	**1.74**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
21	505	292+000	293+000	1.58	1.64	**2.40**	0.00	0.00	0.30	20	0.00	0.03	5.04
21	505	293+000	293+820	1.62	1.71	**1.93**	0.00	0.00	0.30	20	0.00	0.01	5.04
21	505	297+000	298+000	2.13	2.20	**2.39**	0.00	0.00	0.30	20	0.00	0.01	5.04
23	301	91+000	92+000	1.81	1.87	**2.10**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	301	93+000	94+000	2.32	2.34	**3.10**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
23	301	98+000	99+000	1.73	2.10	**2.67**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	301	99+000	100+000	1.57	1.58	**1.86**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	301	100+000	101+000	1.72	1.73	**2.29**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	301	101+000	102+000	2.32	2.43	**2.57**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	301	107+000	107+568	2.21	2.21	**2.87**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
24	301	93+425	94+000	2.26	2.34	**2.49**	0.00	0.00	0.86	20	0.00	0.00	6.38
24	301	94+000	94+697	1.97	2.42	**2.96**	0.00	0.00	0.86	20	0.00	0.00	6.38
24	301	94+697	95+000	1.85	2.00	**2.17**	0.00	0.00	0.86	20	0.00	0.00	6.38
11	601	381+000	382+000	2.44	2.45	**2.79**	0.00	0.00	1.05	20	0.00	0.00	6.38
4	604	369+363	370+000	1.14	1.67	**2.39**	0.00	0.00	1.51	20	0.00	0.00	6.38
4	604	381+863	382+000	1.81	2.51	**2.73**	0.00	0.00	1.51	20	0.00	0.00	6.38
12	802	563+000	564+000	2.43	2.60	**3.20**	0.00	0.10	1.65	20	0.00	0.00	6.38
12	802	564+000	565+000	2.84	2.88	**3.65**	0.00	0.10	1.65	20	0.00	0.00	6.38
1	1102	617+076	617+350	3.11	3.63	**4.03**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	6.38
1	1102	617+350	618+000	3.01	3.19	**3.66**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	6.38
24	304	153+633	154+000	2.55	2.62	**2.92**	0.00	0.00	1.33	20	0.00	0.00	6.38
24	304	154+000	154+573	2.07	2.28	**2.60**	0.00	0.00	1.33	20	0.00	0.00	6.38
24	304	155+000	155+123	3.74	4.20	**4.64**	0.00	0.00	1.33	20	0.00	0.00	6.38
21	501	202+791	203+000	3.03	3.32	**4.10**	0.01	0.04	0.50	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
21	501	204+000	204+508	2.42	2.42	**2.57**	0.01	0.04	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	206+212	206+258	2.27	3.92	**4.28**	0.01	0.05	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	206+571	207+000	2.40	2.59	**3.13**	0.01	0.05	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	208+301	208+654	2.47	2.58	**2.69**	0.01	0.07	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	209+555	209+842	2.43	2.60	**2.93**	0.01	0.08	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	209+842	209+867	2.68	3.15	**3.86**	0.01	0.08	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	209+867	209+900	2.27	3.26	**3.52**	0.01	0.08	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	210+990	211+000	1.60	2.17	**2.28**	0.00	0.09	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	212+000	213+000	2.52	2.55	**2.79**	0.00	0.12	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	213+254	213+699	1.82	2.06	**2.30**	0.00	0.15	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	213+705	213+725	1.30	1.71	**2.17**	0.00	0.15	0.50	20	0.00	0.00	6.38
12	502	280+000	280+013	4.06	4.93	**5.38**	0.00	0.00	0.09	20	0.00	0.00	5.49
12	502	280+013	280+413	2.76	3.10	**3.48**	0.00	0.00	0.09	20	0.00	0.00	5.49
12	502	280+855	281+000	3.62	3.85	**4.01**	0.00	0.00	0.13	20	0.00	0.00	5.49
11	702	483+656	484+000	3.59	3.60	**3.72**	0.00	0.00	1.09	20	0.00	0.00	6.38
11	702	484+000	484+556	4.12	4.12	**4.83**	0.00	0.00	1.09	20	0.00	0.00	6.38
11	800	520+000	520+300	4.64	4.84	**5.31**	0.00	0.00	1.47	20	0.00	0.00	6.38
11	800	520+300	520+660	4.50	4.53	**5.18**	0.00	0.00	0.97	20	0.00	0.00	6.38
11	800	520+660	520+700	3.96	4.44	**4.66**	0.00	0.00	0.97	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
11	800	520+700	520+725	3.96	5.32	**5.58**	0.00	0.00	1.47	20	0.00	0.00	6.38
2	203	101+000	101+585	1.65	1.71	**2.34**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	101+585	102+000	1.94	2.10	**2.22**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	102+252	102+500	4.12	4.45	**4.57**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	102+500	103+000	3.80	3.87	**4.02**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	104+000	105+000	4.33	4.62	**4.76**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	105+000	106+000	3.68	3.74	**4.54**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	106+000	106+320	3.35	3.63	**3.90**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	106+320	107+000	2.98	3.00	**3.46**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	107+000	107+420	3.16	3.21	**3.63**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	107+420	108+000	3.02	3.08	**3.57**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	108+000	109+000	3.43	3.45	**4.07**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	109+000	110+000	3.06	3.11	**3.31**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	110+000	110+362	4.08	4.39	**4.66**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
33	202	48+000	48+167	2.06	2.22	**2.46**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
33	202	48+167	48+242	1.92	2.36	**2.82**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
1	401	90+175	91+000	4.09	4.25	**5.05**	0.00	0.00	5.35	20	0.00	0.00	6.38
41	602	382+000	382+124	2.88	3.14	**3.35**	0.00	0.00	1.43	20	0.00	0.00	6.38
11	502	316+852	317+000	1.33	1.69	**1.80**	0.00	0.00	0.86	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
41	300	207+000	208+000	1.42	1.49	**2.23**	0.00	0.00	1.63	20	0.00	0.00	6.38
41	300	208+000	209+000	2.98	3.24	**3.81**	0.00	0.00	1.63	20	0.00	0.00	6.38
2	301	156+000	157+000	2.99	3.31	**3.90**	0.00	0.00	4.40	20	0.00	0.00	6.38
32	102	26+345	26+612	1.18	5.16	**5.85**	0.00	0.00	0.96	20	0.00	0.00	6.38
1	1201	776+000	776+617	1.56	1.58	**2.04**	0.00	0.00	0.96	20	0.00	0.00	6.38
11	203	71+665	72+000	4.81	5.43	**5.78**	0.00	0.00	0.45	20	0.00	0.02	5.49
1	202	41+000	41+450	1.57	1.96	**2.44**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.00	6.38
1	202	41+450	42+000	1.64	1.69	**1.88**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.00	6.38
1	202	43+000	44+000	1.63	1.67	**2.29**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.00	6.38
1	202	44+000	45+000	1.50	1.59	**2.27**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.00	6.38
1	202	45+000	46+000	2.22	2.36	**3.06**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.00	6.38
1	202	47+125	47+600	2.64	2.72	**3.09**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.00	6.38
21	404	177+100	177+165	4.10	4.25	**4.90**	0.00	0.00	0.54	20	0.00	0.00	5.49
1	901	390+826	391+000	1.88	1.91	**2.65**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.00	6.38
3	402	124+000	124+115	2.84	3.85	**4.62**	0.00	0.00	2.15	20	0.00	0.01	6.38
3	402	125+066	125+100	2.66	3.13	**3.87**	0.00	0.00	2.15	20	0.00	0.00	6.38
22	302	109+297	110+000	2.78	3.27	**4.05**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
4	1102	980+380	981+000	2.23	2.54	**2.91**	0.00	0.00	1.62	20	0.00	0.00	6.38
1	902	452+000	453+000	1.52	1.60	**1.97**	0.00	0.00	1.46	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
1	902	453+576	454+000	3.06	3.07	**3.65**	0.00	0.00	0.96	20	0.00	0.00	6.38
1	902	454+000	454+776	3.36	3.55	**3.76**	0.00	0.00	0.96	20	0.00	0.00	6.38
1	902	455+000	456+000	3.36	3.52	**4.23**	0.00	0.00	0.96	20	0.00	0.00	6.38
1	902	456+000	456+776	3.27	3.31	**3.52**	0.00	0.00	0.96	20	0.00	0.00	6.38
1	902	456+776	457+000	3.35	3.40	**3.67**	0.00	0.00	0.96	20	0.00	0.00	6.38
1	902	458+000	458+419	3.37	3.51	**3.92**	0.00	0.00	1.46	20	0.00	0.00	6.38
3	402	137+490	137+640	1.93	1.99	**2.73**	0.00	0.00	2.15	20	0.00	0.00	6.38
11	501	297+000	298+000	2.11	2.13	**2.76**	0.00	0.00	0.60	20	0.00	0.00	6.38
11	501	298+000	299+000	2.12	2.18	**2.39**	0.00	0.00	0.60	20	0.00	0.00	6.38
1	1001	492+631	492+751	5.15	5.48	**6.14**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.04	6.38
1	1001	494+000	494+150	2.70	2.85	**3.37**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.03	6.38
1	1001	494+150	495+000	2.39	2.42	**2.84**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.01	6.38
1	1001	495+000	496+000	1.77	1.87	**2.35**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
1	1001	496+000	497+000	1.70	1.75	**2.43**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
1	1001	497+000	498+000	1.56	1.62	**2.02**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
3	704	481+000	482+000	2.87	4.21	**4.75**	0.00	0.00	0.71	20	0.00	0.00	6.38
23	302	127+000	128+000	1.49	1.54	**2.18**	0.00	0.00	0.07	20	0.00	0.00	6.38
23	302	128+000	129+000	1.51	1.64	**1.99**	0.00	0.00	0.07	20	0.00	0.00	6.38
23	302	134+000	135+000	1.80	1.82	**2.08**	0.00	0.00	0.07	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
23	302	139+000	140+000	1.78	1.92	**2.69**	0.00	0.00	0.07	20	0.00	0.00	6.38
23	302	140+000	140+135	1.18	1.31	**1.82**	0.00	0.00	0.07	20	0.00	0.00	6.38
1	602	253+000	253+311	2.11	4.79	**5.29**	0.00	0.00	0.25	20	0.00	0.00	5.04
24	202	39+200	40+000	2.11	2.20	**2.63**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.01	6.38
24	202	40+000	41+000	1.81	1.89	**2.03**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.01	6.38
24	202	41+000	42+000	1.88	1.89	**2.41**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.00	6.38
24	202	42+000	43+000	2.06	2.09	**2.48**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.00	6.38
24	202	43+000	44+000	1.85	2.00	**2.58**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.00	6.38
24	202	48+000	49+000	1.81	1.95	**2.56**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.00	6.38
24	202	49+000	50+000	2.29	2.45	**3.23**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.00	6.38
24	202	50+000	51+000	1.84	1.90	**2.46**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.00	6.38
24	202	53+400	53+517	3.41	4.09	**4.65**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.00	6.38
4	604	348+000	348+433	1.75	1.90	**2.21**	0.00	0.00	1.51	20	0.00	0.00	6.38
9	302	84+000	84+127	5.23	5.75	**5.91**	0.00	0.00	5.60	20	0.00	0.00	6.38
3	401	116+300	116+800	3.27	5.08	**5.88**	0.00	0.00	1.35	20	0.00	0.02	6.38
24	701	391+000	391+243	5.02	5.38	**5.60**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	391+243	391+575	3.90	4.28	**4.87**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	391+575	392+000	2.96	3.17	**3.33**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	392+000	392+341	1.84	2.06	**2.30**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
24	701	393+000	393+339	1.79	1.80	**2.12**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	394+486	395+000	3.08	3.21	**3.54**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	395+000	395+321	2.39	2.58	**2.75**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	395+670	396+000	2.85	3.02	**3.32**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	396+000	396+441	3.21	3.44	**3.78**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
1	601	223+100	224+000	3.61	3.73	**4.29**	0.00	0.00	0.46	20	0.00	0.04	5.04
1	601	231+000	231+590	2.56	2.97	**3.20**	0.00	0.00	0.46	20	0.00	0.00	5.04
1	601	231+590	232+000	2.50	2.57	**3.24**	0.00	0.00	0.46	20	0.00	0.00	5.04
1	601	232+000	232+450	2.77	2.87	**3.50**	0.00	0.00	0.46	20	0.00	0.00	5.04
12	100	3+947	4+000	3.33	4.10	**4.56**	0.00	0.00	0.57	20	0.00	0.11	6.38
1	202	42+000	43+000	2.32	2.47	**2.94**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.10	6.38
1	202	43+000	44+000	2.41	2.72	**3.43**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.09	6.38
1	202	49+000	50+000	5.11	5.89	**6.21**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.00	6.38
1	202	50+000	51+000	5.41	5.63	**6.37**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.00	6.38
3	502	214+000	214+736	2.28	2.47	**2.66**	0.00	0.00	2.20	20	0.00	0.00	6.38
3	502	214+736	215+000	2.85	3.53	**4.24**	0.00	0.00	1.45	20	0.00	0.01	6.38
22	100	4+225	4+435	3.87	4.21	**4.44**	0.00	0.00	1.91	20	0.00	0.00	6.38
23	203	65+000	65+580	2.32	2.34	**2.78**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
41	204	171+000	171+657	2.34	3.04	**3.45**	0.00	0.00	1.63	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
12	202	92+804	93+000	3.62	3.99	**4.47**	0.00	0.00	0.32	20	0.00	0.43	5.49
12	202	94+000	95+000	1.73	1.75	**2.48**	0.00	0.00	0.32	20	0.00	0.08	5.49
12	202	95+480	96+000	1.72	1.94	**2.53**	0.00	0.00	0.32	20	0.00	0.16	5.49
12	202	97+000	97+480	2.16	2.17	**2.37**	0.00	0.00	0.32	20	0.00	0.18	5.49
12	202	99+000	100+000	2.12	2.16	**2.29**	0.00	0.00	0.32	20	0.01	0.06	5.49
24	202	52+000	52+480	3.03	3.30	**4.07**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.00	6.38
3	603	348+000	348+500	1.85	2.82	**3.57**	0.00	0.00	1.73	20	0.00	0.00	6.38
1	803	357+825	358+000	3.95	4.02	**4.20**	0.00	0.00	0.89	20	0.00	0.00	6.38
21	404	178+000	179+000	2.58	2.71	**2.92**	0.00	0.00	0.54	20	0.00	0.00	5.49
24	201	38+806	38+850	1.37	1.43	**1.65**	0.00	0.00	1.53	20	0.00	0.00	6.38
24	201	39+000	39+200	2.61	2.84	**3.05**	0.00	0.00	1.53	20	0.00	0.00	6.38
2	401	265+800	266+000	5.63	6.61	**6.74**	0.00	0.00	2.48	20	0.00	0.00	6.38
41	501	294+000	294+310	1.87	2.90	**3.05**	0.00	0.00	1.66	20	0.01	0.01	6.38
41	501	294+310	294+710	1.53	1.95	**2.31**	0.00	0.00	1.66	20	0.01	0.01	6.38
41	501	294+924	295+000	1.57	2.16	**2.33**	0.00	0.00	1.10	20	0.02	0.05	6.38
41	501	295+010	295+063	1.84	3.32	**3.64**	0.00	0.00	1.10	20	0.03	0.08	6.38
41	501	295+063	295+090	1.84	3.23	**3.74**	0.00	0.00	1.66	20	0.03	0.18	6.38
1	1001	494+150	495+000	1.53	1.74	**1.94**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.03	6.38
1	1001	495+000	496+000	2.00	2.03	**2.44**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.03	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
1	1001	510+000	511+000	1.95	2.03	**2.23**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
1	1001	515+000	516+000	1.51	1.54	**1.94**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
2	202	98+472	99+000	2.06	2.36	**2.79**	0.00	0.00	2.08	20	0.00	0.00	6.38
2	202	99+000	99+390	1.88	1.97	**2.45**	0.00	0.00	2.08	20	0.00	0.00	6.38
2	202	99+390	100+000	2.96	3.22	**3.65**	0.00	0.00	2.08	20	0.00	0.00	6.38
1	601	228+000	229+000	2.21	2.27	**2.92**	0.00	0.00	0.46	20	0.00	0.01	5.04
1	601	231+590	232+000	2.06	2.72	**3.12**	0.00	0.00	0.46	20	0.00	0.00	5.04
1	1301	815+085	816+000	1.87	1.88	**2.65**	0.00	0.00	1.46	20	0.00	0.01	6.38
1	1301	823+000	824+000	2.07	2.18	**2.44**	0.00	0.00	1.46	20	0.00	0.01	6.38
1	1301	824+000	825+000	1.43	1.44	**1.68**	0.00	0.00	1.46	20	0.00	0.01	6.38
1	1301	827+000	828+000	1.85	1.98	**2.15**	0.00	0.00	1.46	20	0.00	0.01	6.38
1	1301	828+000	829+000	1.87	1.87	**2.28**	0.00	0.00	1.46	20	0.00	0.01	6.38
1	1301	829+000	830+000	2.09	2.11	**2.53**	0.00	0.00	1.46	20	0.00	0.01	6.38
24	702	416+224	417+000	2.36	2.50	**3.03**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
11	800	532+385	532+750	3.25	3.63	**4.25**	0.00	0.00	0.97	20	0.00	0.00	6.38
2	205	130+000	131+000	3.93	4.04	**4.76**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	133+000	134+000	4.10	4.30	**5.00**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	135+000	136+000	4.16	4.36	**4.95**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	136+000	136+400	3.35	3.35	**4.08**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
2	205	136+400	137+000	3.94	4.05	**4.83**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	138+000	139+000	4.87	5.06	**5.81**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	141+000	141+400	5.20	5.29	**5.97**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	141+400	141+800	5.48	5.77	**6.33**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
1	901	389+226	389+485	3.13	3.14	**3.51**	0.00	0.00	1.28	20	0.00	0.00	6.38
1	901	389+485	390+000	3.03	3.10	**3.22**	0.00	0.00	1.28	20	0.00	0.00	6.38
1	901	390+000	390+186	2.89	3.17	**3.78**	0.00	0.00	1.28	20	0.00	0.00	6.38
1	901	390+606	390+826	3.47	3.58	**4.15**	0.00	0.00	1.28	20	0.00	0.00	6.38
24	201	37+000	38+000	2.99	3.13	**3.28**	0.00	0.00	1.53	20	0.00	0.00	6.38
24	201	38+850	38+997	4.81	5.04	**5.51**	0.00	0.00	1.53	20	0.00	0.00	6.38
4	1304	1209+000	1210+000	2.06	2.07	**2.52**	0.00	0.00	1.38	20	0.00	0.00	6.38
4	1304	1215+000	1216+000	3.02	3.22	**3.33**	0.00	0.00	1.38	20	0.00	0.00	6.38
23	100	13+000	14+000	1.64	1.75	**2.22**	0.00	0.00	1.69	20	0.00	0.00	6.38
12	203	129+000	130+000	1.53	1.56	**1.68**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.02	6.38
12	203	130+000	131+000	1.71	1.76	**2.48**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.02	6.38
12	203	131+000	132+000	1.79	1.88	**2.37**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.02	6.38
12	203	136+000	137+000	1.81	1.82	**2.53**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.02	6.38
12	203	137+000	138+000	2.63	2.65	**3.30**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.02	6.38
12	203	138+000	139+000	1.35	1.39	**2.14**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.02	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
12	203	139+000	140+000	1.66	1.71	**2.31**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.02	6.38
12	203	140+000	141+000	1.66	1.71	**1.84**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.02	6.38
12	203	148+000	149+000	2.06	2.08	**2.79**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.00	6.38
12	302	170+000	170+095	3.52	3.71	**3.86**	0.00	0.00	0.34	20	0.00	0.00	6.38
24	305	155+123	155+227	4.77	4.98	**5.71**	0.00	0.00	1.09	20	0.00	0.00	6.38
2	203	101+585	102+000	4.38	4.42	**4.55**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	102+500	103+000	3.70	3.72	**4.01**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	109+000	110+000	4.21	4.27	**4.47**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	205	139+000	140+000	1.46	1.65	**1.96**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	140+000	141+000	1.98	2.04	**2.63**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	141+000	141+400	1.91	2.12	**2.75**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	141+400	141+800	2.31	2.39	**3.15**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	141+800	142+000	3.01	3.06	**3.17**	0.00	0.00	1.17	20	0.00	0.00	6.38
2	205	142+000	142+850	2.15	2.25	**2.93**	0.00	0.00	1.17	20	0.00	0.00	6.38
2	205	142+850	143+000	2.85	2.86	**3.17**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	205	143+000	144+000	2.09	2.16	**2.52**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
1	801	312+000	313+000	3.04	3.27	**3.74**	0.00	0.00	2.03	20	0.00	0.01	6.38
1	801	313+000	314+000	2.66	2.80	**3.60**	0.00	0.00	2.03	20	0.00	0.01	6.38
1	801	314+000	315+000	3.27	3.45	**4.17**	0.00	0.00	2.03	20	0.00	0.01	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
1	901	438+000	438+576	2.14	2.26	**2.76**	0.00	0.00	1.94	20	0.00	0.00	6.38
41	103	95+000	95+163	2.22	2.67	**3.22**	0.00	0.00	1.67	20	0.00	0.00	6.38
34	101	14+800	14+900	3.21	3.49	**3.84**	0.00	0.00	4.55	20	0.00	0.08	6.38
2	700	501+006	502+000	5.10	7.06	**7.72**	0.00	0.00	1.79	20	0.00	0.00	6.38
4	1302	1167+159	1167+400	2.93	3.19	**3.34**	0.00	0.00	3.32	20	0.00	0.00	6.38
4	1302	1168+709	1168+745	2.26	2.56	**3.21**	0.00	0.00	3.32	20	0.00	0.00	6.38
4	1302	1177+859	1177+970	1.73	2.30	**3.08**	0.00	0.00	3.32	20	0.00	0.00	6.38
21	403	142+000	142+700	2.09	2.48	**3.18**	0.00	0.00	0.69	20	0.00	0.00	6.38
21	403	142+700	143+000	3.56	5.76	**5.86**	0.00	0.00	0.69	20	0.00	0.00	6.38
4	802	606+815	607+000	1.77	1.99	**2.21**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.02	6.38
24	302	112+000	113+000	1.64	1.83	**2.12**	0.00	0.00	0.69	20	0.00	0.01	6.38
24	302	117+000	118+000	2.62	2.90	**3.01**	0.00	0.00	0.69	20	0.00	0.00	6.38
24	302	118+000	119+000	1.58	1.86	**2.14**	0.00	0.00	0.69	20	0.00	0.00	6.38
24	302	119+000	120+000	2.86	3.18	**3.62**	0.00	0.00	0.69	20	0.00	0.00	6.38
21	504	289+755	290+000	2.05	2.19	**2.32**	0.00	0.00	0.23	20	0.00	0.00	5.04
2	401	262+000	262+500	2.93	2.96	**3.69**	0.00	0.00	2.48	20	0.00	0.00	6.38
2	601	439+000	439+336	2.40	2.60	**2.90**	0.00	0.00	1.03	20	0.46	0.00	6.38
2	601	441+764	442+000	2.48	2.61	**2.91**	0.00	0.00	1.56	20	0.62	0.00	6.38
2	601	447+000	447+730	3.32	3.46	**3.92**	0.00	0.00	1.56	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
24	701	377+930	378+000	3.00	3.07	**3.17**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
4	501	157+000	157+312	1.60	1.70	**2.13**	0.00	0.00	2.07	20	0.00	0.00	6.38
22	100	2+1355	2+350	1.88	2.04	**2.39**	0.00	0.00	1.91	20	0.00	0.01	6.38
1	602	249+636	250+000	1.95	2.37	**2.90**	0.00	0.00	0.39	20	0.00	0.00	5.04
1	602	252+000	252+961	2.85	3.27	**3.95**	0.00	0.00	0.39	20	0.00	0.00	5.04
32	201	26+845	26+885	1.69	2.20	**2.41**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	4.46	6.38
32	201	28+000	29+000	2.38	2.43	**2.87**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	0.18	6.38
32	201	30+000	30+636	2.38	2.44	**2.64**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	0.31	6.38
32	201	31+100	31+300	1.88	2.04	**2.36**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	1.04	6.38
32	201	31+620	31+820	1.92	1.95	**2.40**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	1.06	6.38
32	201	31+820	31+960	1.39	2.00	**2.13**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	1.51	6.38
32	201	32+275	32+490	1.62	1.78	**2.32**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	1.00	6.38
32	201	32+828	33+000	2.36	2.42	**2.81**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	1.27	6.38
32	201	33+000	34+000	2.48	2.55	**2.66**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	0.22	6.38
32	201	34+045	35+000	3.19	3.29	**3.48**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	0.25	6.38
32	201	35+000	35+400	2.00	2.09	**2.36**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	0.62	6.38
32	201	35+400	35+513	2.57	2.69	**2.86**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	2.23	6.38
32	201	35+540	35+650	2.20	2.32	**2.65**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	2.34	6.38
32	201	35+700	35+950	2.64	2.72	**2.98**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	1.04	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
32	201	36+000	36+100	2.43	2.67	**2.96**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	2.64	6.38
32	201	36+245	37+000	0.92	0.94	**1.68**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	0.35	6.38
32	201	38+433	39+000	2.38	2.64	**2.77**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	0.50	6.38
32	201	39+000	39+843	3.31	3.38	**3.64**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	0.34	6.38
32	201	41+000	41+574	2.23	2.31	**2.42**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	0.47	6.38
32	201	49+000	49+087	5.10	5.67	**6.33**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	31.27	6.38
24	401	172+000	173+000	2.62	2.92	**3.42**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	173+000	174+000	2.19	2.26	**2.81**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	174+000	175+000	2.27	2.29	**2.60**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	175+000	176+000	3.03	3.48	**3.74**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	176+000	177+000	1.88	1.90	**2.27**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	177+000	178+000	2.77	3.34	**3.47**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	178+000	179+000	3.59	3.93	**4.27**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	180+000	181+000	2.10	2.54	**3.30**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	182+000	183+000	3.38	3.70	**4.11**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	183+000	184+000	3.24	3.28	**3.78**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	184+000	185+000	3.17	3.60	**4.38**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	186+000	187+000	2.85	3.55	**3.83**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	188+000	189+000	2.85	3.39	**3.72**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
24	401	189+000	190+000	2.80	3.05	**3.41**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	190+189	191+000	2.05	2.18	**2.72**	0.00	0.00	0.69	20	0.00	0.00	6.38
24	401	193+000	193+189	1.24	1.75	**2.06**	0.00	0.00	0.69	20	0.00	0.00	6.38
24	401	193+189	193+533	2.81	3.08	**3.22**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	193+533	194+000	2.56	3.91	**4.21**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	194+489	195+000	1.94	2.30	**2.83**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	195+000	196+000	1.83	1.97	**2.28**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	196+000	197+000	1.53	1.62	**1.83**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	198+000	199+000	1.38	1.42	**1.94**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	199+000	200+000	1.59	1.63	**1.98**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	200+000	200+984	1.42	1.46	**1.87**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	200+984	201+000	1.16	2.03	**2.82**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	201+000	202+000	1.40	1.60	**1.78**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	202+000	202+684	1.36	1.61	**2.16**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	202+684	203+000	1.43	1.56	**1.82**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	203+000	204+000	1.32	1.48	**1.89**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	204+000	205+000	1.27	1.32	**1.55**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	205+000	206+000	1.38	1.62	**2.25**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	206+000	207+000	1.80	1.93	**2.47**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
24	401	207+000	208+000	1.75	2.13	**2.76**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	209+000	210+000	1.89	2.03	**2.32**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	211+000	212+000	1.33	1.37	**2.01**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	212+000	213+000	1.49	1.64	**2.06**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	213+000	214+000	1.68	1.82	**2.12**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	214+000	215+000	1.61	1.75	**2.13**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	215+000	216+000	1.22	1.41	**1.83**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	216+000	216+062	1.07	2.88	**3.38**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
12	201	85+000	85+750	2.13	2.33	**3.01**	0.00	0.00	0.38	20	0.00	0.00	5.49
12	702	461+000	462+000	1.64	1.66	**1.87**	0.00	0.00	4.13	20	0.00	0.02	6.38
12	702	480+000	481+000	2.65	2.82	**3.47**	0.00	0.00	4.13	20	0.00	0.02	6.38
12	702	485+000	486+000	2.20	2.29	**2.87**	0.00	0.00	4.13	20	0.00	0.04	6.38
12	702	486+000	487+000	2.34	2.35	**2.86**	0.00	0.00	4.13	20	0.00	0.04	6.38
12	702	487+000	488+000	2.69	3.11	**3.81**	0.00	0.00	4.13	20	0.00	0.04	6.38
12	702	488+000	489+000	2.97	3.01	**3.67**	0.00	0.00	4.13	20	0.00	0.06	6.38
12	702	491+000	492+000	1.88	1.93	**2.36**	0.00	0.00	4.13	20	0.00	0.00	6.38
2	201	69+000	70+000	1.73	1.87	**2.50**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	71+000	71+850	2.40	2.40	**2.75**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
23	203	63+205	64+000	2.87	2.92	**3.38**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
23	203	64+000	64+050	3.32	5.77	**5.87**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	65+000	65+580	2.07	2.31	**3.05**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	65+580	66+000	2.67	2.91	**3.39**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	67+290	67+691	1.53	1.61	**2.40**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
2	402	293+300	294+000	2.07	2.85	**3.60**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
11	402	235+606	235+735	2.28	2.62	**3.28**	0.00	0.00	0.59	20	0.00	0.00	6.38
23	402	175+543	175+810	2.40	2.89	**3.37**	0.00	0.00	0.55	20	0.00	0.00	6.38
23	402	175+810	175+852	2.38	2.72	**2.82**	0.00	0.00	0.55	20	0.00	0.00	6.38
22	501	199+000	199+800	1.12	1.13	**1.25**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	199+800	200+000	0.79	0.85	**1.35**	0.00	0.00	0.25	20	0.00	0.00	5.04
22	501	200+000	200+680	1.09	1.13	**1.32**	0.00	0.00	0.25	20	0.00	0.00	5.04
22	501	201+000	202+000	1.02	1.04	**1.78**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	202+000	203+000	1.12	1.16	**1.70**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	203+000	204+000	1.11	1.16	**1.75**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	204+000	205+000	1.30	1.33	**1.99**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	205+000	206+000	1.00	1.04	**1.36**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	206+000	207+000	1.22	1.27	**1.56**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	207+600	207+980	1.05	1.09	**1.75**	0.00	0.00	0.25	20	0.00	0.00	5.04
22	501	208+000	208+850	1.33	1.40	**2.05**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
22	501	212+000	213+000	1.13	1.14	**1.29**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	213+000	213+993	1.14	1.30	**1.82**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
23	202	53+727	54+000	1.81	1.90	**2.07**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	202	60+000	61+000	2.28	2.49	**2.97**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
3	701	370+000	371+000	2.56	2.67	**2.95**	0.00	0.00	1.21	20	0.00	0.00	6.38
3	701	372+000	373+000	2.67	3.07	**3.82**	0.00	0.00	1.21	20	0.00	0.00	6.38
3	701	373+000	374+000	2.49	2.95	**3.17**	0.00	0.00	1.21	20	0.00	0.00	6.38
21	501	202+218	202+343	2.14	2.17	**2.58**	0.00	0.00	0.50	20	0.00	0.12	6.38
21	501	202+353	202+751	2.70	3.06	**3.47**	0.00	0.00	0.50	20	0.00	0.04	6.38
21	501	213+000	213+220	1.83	1.89	**2.30**	0.00	0.00	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	213+254	213+699	2.28	2.31	**2.49**	0.00	0.00	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	213+743	213+761	2.83	3.29	**3.84**	0.00	0.00	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	213+779	213+848	1.73	1.88	**2.38**	0.00	0.00	0.50	20	0.00	0.00	6.38
21	501	213+848	213+972	2.80	3.29	**3.79**	0.00	0.00	0.50	20	0.00	0.00	6.38
41	601	353+982	354+000	1.03	1.92	**2.43**	0.00	0.00	1.43	20	0.00	0.06	6.38
24	502	283+000	284+000	1.63	1.67	**2.00**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	502	284+000	285+000	1.72	1.79	**2.05**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	502	286+000	287+000	1.90	1.94	**2.22**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	502	287+000	288+000	1.77	1.89	**2.45**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
24	502	288+000	288+600	1.54	1.65	**2.08**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	502	289+000	290+000	1.64	1.65	**2.37**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	502	290+000	291+000	1.68	1.78	**2.46**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	502	293+000	294+000	1.89	1.91	**2.13**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	502	294+000	295+000	1.68	1.69	**2.16**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
12	602	353+722	354+000	2.18	2.32	**2.56**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	354+000	354+967	1.77	1.79	**1.90**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	355+070	355+593	2.14	2.22	**2.51**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	355+593	355+785	1.85	1.93	**2.60**	0.00	0.00	0.54	20	0.00	0.00	6.38
12	602	356+200	356+400	2.50	2.70	**3.37**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	356+400	356+800	3.10	3.11	**3.60**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	359+000	360+000	2.24	2.27	**2.73**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	360+000	360+589	2.93	3.01	**3.19**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	361+177	362+000	2.43	2.45	**2.93**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	602	363+000	363+989	2.21	2.23	**2.73**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
22	402	171+263	172+000	1.94	2.01	**2.48**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	402	172+000	173+000	2.41	2.51	**3.09**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	402	173+000	174+000	2.36	2.46	**3.24**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	402	176+000	177+000	1.99	2.12	**2.74**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
22	402	177+000	178+000	2.01	2.64	**2.89**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	402	179+000	179+840	2.19	2.21	**2.68**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	402	183+000	184+000	1.50	1.57	**1.92**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
23	203	74+321	74+562	1.98	1.99	**2.15**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	74+631	75+000	1.50	1.75	**2.38**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	75+000	75+900	1.73	1.75	**1.97**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	76+000	76+900	1.45	1.49	**1.71**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	79+000	79+200	1.18	1.30	**1.92**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	79+200	80+000	1.41	1.50	**2.29**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	80+000	80+295	1.31	1.36	**1.76**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	80+295	80+965	1.47	1.48	**1.62**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	81+000	81+565	1.46	1.47	**2.22**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	82+000	82+290	1.58	1.62	**1.91**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	82+290	83+000	1.74	1.74	**2.07**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	83+045	84+000	1.53	1.69	**2.22**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	84+000	84+171	1.44	1.47	**2.09**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	84+171	85+000	1.59	1.60	**2.03**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	87+452	87+948	1.70	1.71	**1.81**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
23	203	87+948	88+000	1.22	1.77	**2.08**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
21	302	83+000	84+000	2.24	2.27	**2.87**	0.00	0.00	1.73	20	0.00	0.03	6.38
12	203	128+380	129+000	1.73	1.87	**2.08**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.04	6.38
12	203	129+000	130+000	1.72	1.74	**1.92**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.03	6.38
12	203	133+000	134+000	1.92	1.93	**2.60**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.03	6.38
12	203	135+000	136+000	1.88	1.92	**2.37**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.03	6.38
12	203	141+000	142+000	1.73	1.76	**2.42**	0.00	0.00	0.64	20	0.00	0.04	6.38
22	301	78+000	78+285	2.52	2.72	**3.29**	0.00	0.00	0.82	20	0.00	0.00	6.38
12	201	77+389	78+000	1.96	1.96	**2.18**	0.00	0.00	0.38	20	0.00	0.01	5.49
12	201	83+000	84+000	1.86	1.98	**2.22**	0.00	0.00	0.38	20	0.00	0.00	5.49
1	801	309+700	310+000	3.77	3.83	**4.40**	0.00	0.00	2.03	20	0.00	0.00	6.38
1	801	310+000	310+090	3.81	3.82	**4.23**	0.00	0.00	2.03	20	0.00	0.00	6.38
23	301	88+911	89+000	1.89	2.75	**3.42**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	301	90+000	91+000	3.42	3.43	**4.13**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	301	92+000	93+000	3.23	3.57	**3.75**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	301	99+000	100+000	2.42	2.45	**3.01**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	301	101+000	102+000	2.55	2.59	**3.24**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	301	104+000	105+000	2.53	2.77	**3.33**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	301	106+831	106+934	3.31	4.06	**4.36**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
12	100	22+837	22+858	2.27	2.69	**3.20**	0.00	0.00	0.87	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
12	100	27+000	27+105	3.65	3.73	**4.35**	0.00	0.00	0.87	20	0.00	0.00	6.38
12	100	27+105	27+405	3.62	4.20	**4.52**	0.00	0.00	0.87	20	0.00	0.00	6.38
2	302	201+030	202+000	2.89	2.96	**3.62**	0.00	0.00	2.48	20	0.00	0.00	6.38
24	402	216+062	217+000	1.34	1.38	**1.88**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	217+000	218+000	1.31	1.35	**2.01**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	218+000	219+000	1.58	1.65	**2.11**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	219+000	220+000	1.62	1.68	**2.00**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	220+000	221+000	1.55	1.62	**2.02**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	221+000	222+000	1.68	1.85	**2.02**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	222+000	222+225	2.18	2.35	**3.01**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	222+685	223+000	2.51	2.87	**2.97**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	224+000	224+900	1.57	1.73	**2.01**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	224+900	225+000	1.64	1.88	**2.40**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	231+000	232+000	1.22	1.28	**1.48**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	233+000	234+000	1.24	1.30	**1.45**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	235+000	236+000	1.39	1.41	**1.52**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	236+000	237+000	1.20	1.22	**1.88**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
24	402	238+000	239+000	1.70	1.75	**2.31**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	5.49
24	402	239+000	239+322	1.57	1.81	**2.08**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	5.49

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
24	402	239+322	239+800	1.62	1.97	**2.20**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	5.49
24	402	239+800	240+000	1.89	1.95	**2.62**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	5.49
24	402	240+000	240+370	1.71	1.84	**2.41**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	5.49
21	404	175+000	176+000	1.90	1.95	**2.31**	0.00	0.00	0.54	20	0.00	0.00	5.49
21	404	176+000	176+075	1.91	1.92	**2.20**	0.00	0.00	0.54	20	0.00	0.00	5.49
21	404	178+000	179+000	2.67	2.68	**3.08**	0.00	0.00	0.54	20	0.00	0.00	5.49
24	602	328+000	329+000	1.30	1.32	**1.81**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	329+000	330+000	1.10	1.12	**1.27**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	330+000	331+000	1.54	1.71	**2.31**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	331+000	332+000	1.19	1.26	**1.61**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	333+000	334+000	1.10	1.10	**1.76**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	334+000	335+000	1.13	1.19	**1.45**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	335+000	336+000	1.02	1.04	**1.66**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	336+000	337+000	1.09	1.10	**1.22**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	337+000	338+000	1.00	1.06	**1.54**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	339+000	340+000	0.81	0.90	**1.59**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	340+000	341+000	0.83	0.85	**1.00**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	342+000	343+000	1.02	1.22	**1.51**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	343+000	344+000	0.87	0.97	**1.32**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
24	602	344+000	345+000	1.03	1.10	**1.76**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	345+000	346+000	0.95	0.95	**1.42**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	346+000	347+000	0.97	1.03	**1.50**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	347+000	348+000	0.83	0.87	**1.02**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	348+000	349+000	0.92	0.96	**1.43**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	349+000	350+000	0.84	0.95	**1.30**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	351+000	352+000	0.87	0.93	**1.21**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	352+000	353+000	1.00	1.05	**1.44**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	353+000	354+000	0.91	1.02	**1.72**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	354+000	355+000	0.90	0.97	**1.20**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	355+000	356+000	1.08	1.10	**1.46**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	356+000	357+000	0.88	0.98	**1.35**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	357+000	358+000	1.06	1.11	**1.70**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	358+000	359+000	0.84	0.92	**1.59**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	360+000	361+000	0.89	1.03	**1.23**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	362+000	363+000	1.00	1.17	**1.35**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
11	701	428+000	429+000	2.13	2.19	**2.87**	0.00	0.00	1.21	20	0.00	0.00	6.38
11	701	430+000	431+000	1.85	1.88	**2.45**	0.00	0.00	1.21	20	0.00	0.00	6.38
11	701	431+000	432+000	1.77	1.78	**2.02**	0.00	0.00	1.21	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
11	701	432+000	433+000	2.13	2.13	**2.52**	0.00	0.00	1.21	20	0.00	0.00	6.38
11	602	410+000	411+000	1.70	1.71	**2.07**	0.00	0.00	0.47	20	0.00	0.00	5.49
11	602	420+000	420+066	3.76	4.15	**4.91**	0.00	0.00	0.47	20	0.00	0.00	5.49
24	302	120+000	120+997	1.84	1.84	**2.31**	0.00	0.00	0.69	20	0.00	0.00	6.38
11	501	274+735	275+000	1.64	1.82	**2.48**	0.00	0.00	0.60	20	0.00	0.02	6.38
11	501	287+015	287+084	1.31	1.32	**1.92**	0.00	0.00	0.60	20	0.00	0.06	6.38
11	501	287+904	288+000	2.01	4.91	**5.05**	0.00	0.00	0.60	20	0.00	0.04	6.38
11	501	290+618	291+000	2.47	2.74	**3.39**	0.00	0.00	0.60	20	0.00	0.01	6.38
11	501	291+348	292+000	2.22	2.29	**2.90**	0.00	0.00	0.60	20	0.00	0.01	6.38
23	501	225+787	226+000	2.79	2.92	**3.32**	0.00	0.00	0.34	20	0.00	0.00	6.38
23	501	227+412	228+000	1.88	2.20	**2.83**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	501	240+552	241+000	2.00	2.95	**3.08**	0.00	0.00	0.34	20	0.00	0.00	6.38
24	502	296+000	296+264	4.62	4.73	**5.15**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
23	201	16+558	17+000	2.12	2.20	**2.78**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	17+835	18+000	2.17	2.35	**2.82**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	19+000	20+000	1.63	1.68	**2.10**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	22+000	23+000	1.42	1.48	**1.91**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	23+129	24+000	1.41	1.48	**1.92**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	24+000	24+212	1.18	1.29	**1.79**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
23	201	24+212	25+000	2.46	2.53	**2.72**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	26+000	27+000	1.75	1.84	**2.12**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	37+579	38+000	2.10	2.17	**2.74**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	42+000	43+000	2.79	2.98	**3.42**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	43+000	44+000	4.61	5.06	**5.22**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	44+000	44+827	3.20	3.41	**3.58**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	6.38
24	301	93+425	94+000	2.06	2.10	**2.46**	0.00	0.00	0.86	20	0.00	0.00	6.38
1	1003	571+617	572+000	1.19	1.29	**1.95**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
1	1003	572+000	572+617	1.28	1.30	**1.74**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
1	1003	573+000	573+617	1.40	1.43	**1.70**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
1	1003	574+000	574+617	1.48	1.56	**2.29**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
1	1003	575+000	575+617	1.48	1.49	**1.84**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
1	1003	576+000	576+617	1.39	1.44	**2.05**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
1	1003	577+000	577+617	1.34	1.42	**1.55**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
1	1003	579+060	580+000	1.50	1.71	**2.39**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
1	1003	581+000	582+000	1.29	1.34	**2.02**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
2	502	349+000	350+000	3.98	5.29	**6.06**	0.00	0.00	0.41	20	0.00	0.00	6.38
1	700	296+000	297+000	1.84	1.85	**2.52**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.01	6.38
1	700	297+000	298+000	1.83	1.96	**2.63**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.01	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
1	700	298+000	298+911	1.58	1.68	**2.34**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.01	6.38
21	503	254+000	254+532	1.66	1.67	**2.46**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	255+000	255+569	1.81	1.85	**2.51**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	255+569	255+593	1.79	1.94	**2.07**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	256+000	256+626	2.57	2.70	**3.31**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	256+686	257+000	2.82	2.83	**3.56**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	257+000	257+332	1.67	1.68	**2.46**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	257+356	258+000	1.69	1.69	**2.09**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	258+652	258+727	2.45	3.21	**3.40**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	260+000	261+000	1.90	1.99	**2.10**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	263+337	264+000	1.73	1.81	**2.61**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	264+000	265+000	1.98	2.06	**2.37**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	266+000	266+550	2.13	2.26	**2.54**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	267+000	267+137	2.03	2.21	**2.88**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	267+618	268+000	2.09	2.13	**2.54**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	268+976	269+000	3.42	3.54	**3.70**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	269+000	269+661	2.54	2.58	**3.18**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	269+661	269+775	2.18	2.44	**2.94**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	269+775	269+901	2.49	2.87	**3.49**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
21	503	270+000	270+375	2.11	2.15	**2.42**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	270+375	271+000	2.32	2.43	**2.94**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	271+387	272+000	1.59	1.68	**2.32**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
21	503	273+000	273+585	1.37	1.43	**1.70**	0.00	0.00	1.25	20	0.00	0.00	6.38
12	601	345+000	346+000	2.24	2.26	**2.92**	0.00	0.00	0.58	20	0.00	0.00	5.49
12	601	349+000	350+000	1.77	1.82	**2.40**	0.00	0.00	0.58	20	0.00	0.00	5.49
12	601	350+000	351+000	2.71	2.96	**3.12**	0.00	0.00	0.58	20	0.00	0.00	5.49
22	202	53+000	54+000	2.41	2.42	**2.91**	0.00	0.00	0.91	20	0.00	0.00	6.38
22	202	54+000	55+000	2.04	2.06	**2.26**	0.00	0.00	0.91	20	0.00	0.00	6.38
22	202	55+000	56+000	2.02	2.06	**2.57**	0.00	0.00	0.91	20	0.00	0.00	6.38
1	501	143+100	143+500	2.72	2.79	**3.33**	0.00	0.00	0.81	20	0.00	0.00	6.38
2	201	53+000	53+150	1.44	1.84	**2.59**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	55+000	56+000	1.59	1.75	**2.37**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	56+015	57+000	2.44	2.54	**2.78**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	57+000	58+000	2.03	2.24	**2.40**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	58+000	58+524	2.15	2.18	**2.94**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	58+524	59+000	1.99	2.08	**2.77**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	61+000	62+000	1.44	1.46	**2.06**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	62+000	63+000	1.19	1.53	**1.68**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
2	201	63+000	64+000	1.50	1.61	**2.03**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	64+000	65+000	1.18	1.20	**1.53**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	65+000	66+000	2.22	2.40	**3.11**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	66+000	67+000	3.64	3.66	**4.34**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	68+000	69+000	2.56	2.78	**3.36**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	69+000	70+000	2.18	2.33	**2.95**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	70+000	71+000	3.00	3.61	**4.11**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	201	71+000	71+850	2.56	2.79	**3.03**	0.00	0.00	2.97	20	0.00	0.00	6.38
2	101	2+000	3+000	2.90	2.92	**3.37**	0.00	0.00	5.14	20	0.00	0.07	6.38
9	101	13+660	14+000	3.89	4.31	**5.02**	0.00	0.00	6.00	20	0.00	0.00	6.38
9	101	14+000	14+308	2.41	7.18	**7.83**	0.00	0.00	6.00	20	0.00	0.00	6.38
9	101	14+308	14+755	3.10	6.60	**7.12**	0.00	0.00	6.00	20	0.00	0.00	6.38
23	302	113+000	114+000	1.92	1.99	**2.09**	0.00	0.00	0.05	20	0.00	0.00	6.38
23	302	141+250	141+850	1.86	1.93	**2.50**	0.00	0.00	0.07	20	0.00	0.00	6.38
23	302	142+050	142+162	1.52	1.87	**2.38**	0.00	0.00	0.05	20	0.00	0.00	6.38
23	302	142+162	142+212	2.00	3.05	**3.76**	0.00	0.00	0.05	20	0.00	0.00	6.38
4	1301	1149+520	1150+000	1.94	2.14	**2.84**	0.00	0.00	1.18	20	0.00	0.00	6.38
21	402	126+010	127+000	2.73	2.76	**2.96**	0.00	0.00	1.27	20	0.00	0.00	6.38
41	502	315+000	315+237	3.11	4.71	**5.41**	0.00	0.00	1.90	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
1	1104	700+000	701+000	3.14	3.32	**3.79**	0.00	0.00	1.37	20	0.00	0.00	6.38
1	1104	701+617	702+000	3.07	3.24	**3.41**	0.00	0.00	1.37	20	0.00	0.00	6.38
1	1104	702+617	703+000	2.52	6.47	**7.22**	0.00	0.00	1.37	20	0.00	0.00	6.38
1	1104	703+017	704+000	2.78	2.88	**3.51**	0.00	0.00	1.37	20	0.00	0.00	6.38
24	402	225+000	226+000	1.36	1.37	**1.54**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
1	1102	618+453	619+000	2.30	2.40	**2.83**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.08	6.38
1	1102	620+000	621+000	1.78	1.82	**2.13**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.04	6.38
1	1102	621+117	622+000	2.05	2.13	**2.71**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.05	6.38
1	1102	622+000	623+000	2.27	2.30	**2.93**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.04	6.38
1	1102	623+000	624+000	2.71	2.80	**3.09**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.04	6.38
1	1102	624+000	625+000	2.13	2.29	**2.67**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.04	6.38
1	1102	625+000	626+000	2.49	2.70	**3.06**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.04	6.38
1	1102	626+000	627+000	1.91	1.95	**2.68**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.04	6.38
1	1102	629+565	630+000	1.86	1.92	**2.59**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	6.38
1	1102	630+000	630+417	1.61	1.69	**1.82**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	6.38
1	1102	631+000	632+000	1.85	1.92	**2.39**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.00	6.38
1	1102	634+000	635+000	2.10	2.24	**2.64**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.00	6.38
1	1102	635+000	636+000	1.84	1.84	**2.27**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.00	6.38
1	1102	637+000	638+000	1.52	1.58	**2.26**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
1	1102	639+000	640+000	1.63	1.64	**1.83**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.00	6.38
24	201	28+000	29+000	1.84	2.05	**2.28**	0.00	0.00	1.53	20	0.00	0.00	6.38
24	201	30+000	31+000	2.11	2.20	**2.32**	0.00	0.00	1.53	20	0.00	0.00	6.38
24	201	33+000	34+000	1.89	2.67	**3.24**	0.00	0.00	1.53	20	0.00	0.00	6.38
24	201	34+000	34+400	2.44	3.04	**3.68**	0.00	0.00	1.53	20	0.00	0.00	6.38
24	201	35+000	36+000	2.58	3.28	**3.99**	0.00	0.00	1.53	20	0.00	0.00	6.38
24	201	38+850	38+997	4.43	4.54	**5.34**	0.00	0.00	1.53	20	0.00	0.00	6.38
24	201	39+000	39+200	2.28	2.41	**3.07**	0.00	0.00	1.53	20	0.00	0.00	6.38
32	302	88+000	88+590	1.18	1.30	**1.79**	0.00	0.00	1.68	20	0.00	0.02	6.38
1	401	79+000	80+000	3.05	3.11	**3.24**	0.00	0.00	5.35	20	0.00	0.00	6.38
1	401	86+000	87+000	3.63	3.67	**3.96**	0.00	0.00	5.35	20	0.00	0.00	6.38
1	401	90+175	91+000	4.79	4.87	**5.13**	0.00	0.00	5.35	20	0.00	0.00	6.38
1	401	91+000	92+000	4.48	4.67	**5.44**	0.00	0.00	5.35	20	0.00	0.00	6.38
2	401	254+000	255+000	2.00	2.05	**2.69**	0.00	0.00	2.48	20	0.76	0.01	6.38
2	401	255+000	256+000	1.64	1.67	**2.32**	0.00	0.00	2.48	20	0.81	0.01	6.38
2	401	258+000	259+000	2.32	2.48	**2.95**	0.00	0.00	2.48	20	0.38	0.01	6.38
2	401	259+000	260+000	2.11	2.15	**2.34**	0.00	0.00	2.48	20	0.45	0.01	6.38
2	401	260+000	261+000	2.23	2.25	**2.79**	0.00	0.00	2.48	20	0.56	0.01	6.38
2	401	262+500	263+000	4.60	4.66	**4.78**	0.00	0.00	2.48	20	0.00	0.02	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
2	401	263+190	263+382	4.64	4.83	**5.27**	0.00	0.00	2.48	20	0.00	0.06	6.38
2	401	263+503	263+773	3.90	4.15	**4.48**	0.00	0.00	2.48	20	0.00	0.04	6.38
24	602	330+000	331+000	1.35	1.48	**1.83**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
24	602	331+000	332+000	1.13	1.20	**1.51**	0.00	0.00	0.20	20	0.00	0.00	5.49
4	1303	1186+000	1187+000	3.39	4.09	**4.25**	0.00	0.00	3.32	20	0.00	0.00	6.38
1	1101	590+000	591+000	1.82	1.89	**2.59**	0.00	0.00	0.79	20	0.00	0.00	6.38
1	1101	594+000	594+060	3.76	3.79	**4.38**	0.00	0.00	0.79	20	0.00	0.00	6.38
1	1101	602+000	602+209	2.02	2.03	**2.34**	0.00	0.00	0.79	20	0.00	0.00	6.38
1	1101	605+000	605+617	1.43	1.43	**1.61**	0.00	0.00	0.79	20	0.00	0.00	6.38
1	202	46+000	47+000	3.28	3.28	**4.07**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.00	6.38
1	202	48+000	49+000	3.65	3.92	**4.30**	0.00	0.00	7.27	20	0.00	0.00	6.38
24	401	171+872	172+000	3.43	4.12	**4.59**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	178+000	179+000	2.33	2.46	**3.14**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	179+000	180+000	1.96	1.96	**2.26**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	180+000	181+000	1.76	1.77	**2.21**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	186+000	187+000	1.87	1.88	**2.01**	0.00	0.00	1.04	20	0.00	0.00	6.38
24	401	191+339	191+596	1.94	2.14	**2.49**	0.00	0.00	0.69	20	0.00	0.00	6.38
4	801	549+755	550+000	2.86	3.25	**3.71**	0.00	0.00	0.47	20	0.00	0.00	5.49
3	601	288+304	289+000	2.73	2.99	**3.28**	0.00	0.00	2.49	20	0.00	0.01	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
22	501	198+490	199+000	1.43	1.75	**2.37**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	199+000	199+800	1.02	1.06	**1.33**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	200+680	201+000	1.08	1.17	**1.72**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	201+000	202+000	0.95	1.01	**1.49**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	202+000	203+000	1.04	1.07	**1.18**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	203+000	204+000	1.04	1.09	**1.67**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	204+000	205+000	1.05	1.08	**1.43**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	205+000	206+000	0.92	0.96	**1.23**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	207+600	207+980	1.05	1.36	**2.12**	0.00	0.00	0.25	20	0.00	0.00	5.04
22	501	208+000	208+850	1.66	1.73	**2.44**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
22	501	208+850	209+000	1.30	1.44	**1.68**	0.00	0.00	0.25	20	0.00	0.00	5.04
22	501	212+000	213+000	1.17	1.18	**1.62**	0.00	0.00	0.37	20	0.00	0.00	5.04
1	700	266+000	267+000	2.36	2.40	**3.18**	0.00	0.00	0.51	20	0.00	0.00	6.38
1	700	267+000	268+000	1.96	2.03	**2.71**	0.00	0.00	0.51	20	0.00	0.00	6.38
1	700	268+000	269+000	2.11	2.17	**2.72**	0.00	0.00	0.51	20	0.00	0.00	6.38
1	700	271+000	272+000	2.70	2.71	**3.07**	0.00	0.00	0.51	20	0.00	0.00	6.38
1	700	272+000	273+000	1.93	1.96	**2.74**	0.00	0.00	0.51	20	0.00	0.00	6.38
1	700	277+000	277+161	2.09	2.98	**3.28**	0.00	0.00	0.51	20	0.00	0.01	6.38
1	700	279+911	280+000	2.81	3.92	**4.05**	0.00	0.00	0.51	20	0.00	0.04	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
1	700	280+000	280+081	1.66	4.89	**5.06**	0.00	0.00	0.51	20	0.00	0.04	6.38
1	700	282+000	283+000	1.67	1.69	**2.14**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
1	700	283+000	284+000	2.02	2.03	**2.52**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
1	700	284+000	285+000	2.20	2.30	**2.55**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
1	700	286+000	287+000	1.60	1.61	**2.38**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
1	700	296+000	297+000	2.25	2.28	**2.41**	0.00	0.00	0.77	20	0.00	0.00	6.38
2	402	294+000	295+000	4.01	4.09	**4.49**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
24	203	62+000	63+000	2.41	2.58	**3.22**	0.00	0.00	0.92	20	0.62	0.01	6.38
24	701	374+000	375+000	1.24	1.34	**1.88**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.01	6.38
24	701	375+000	375+800	1.00	1.12	**1.27**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.01	6.38
24	701	375+800	375+985	1.70	3.01	**3.34**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.03	6.38
24	701	376+000	377+000	2.44	2.69	**2.99**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.01	6.38
24	701	377+000	377+875	2.78	3.24	**3.61**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	377+930	378+000	4.52	5.00	**5.74**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	378+773	379+000	1.61	1.71	**2.28**	0.00	0.00	1.19	20	0.00	0.00	6.38
24	701	379+000	379+840	1.78	1.90	**2.67**	0.00	0.00	1.19	20	0.00	0.00	6.38
24	701	380+000	380+243	2.28	2.74	**3.02**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	381+243	381+743	2.08	2.30	**2.82**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	382+000	382+243	2.23	3.01	**3.29**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
24	701	382+743	383+000	1.98	2.43	**2.73**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	383+000	383+243	2.76	2.84	**3.61**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	384+000	384+243	1.75	1.82	**1.94**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	384+243	384+743	2.04	2.21	**2.59**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	385+243	385+743	2.61	2.66	**2.79**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	386+243	386+743	2.37	2.54	**3.11**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	386+743	387+000	2.36	2.58	**3.02**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	387+000	387+243	2.22	2.46	**2.66**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	387+243	387+743	2.22	2.44	**2.84**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	388+000	388+243	2.47	2.70	**3.21**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	388+243	388+743	2.42	2.67	**3.02**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	389+743	390+000	1.66	1.80	**2.36**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	390+243	390+750	2.42	3.03	**3.60**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	390+750	391+000	3.85	3.87	**4.67**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	392+000	392+341	1.86	1.90	**2.69**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	393+000	393+339	1.75	1.78	**2.48**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	394+000	394+396	3.11	3.35	**3.90**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	395+321	395+417	1.61	3.94	**4.06**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	395+670	396+000	3.09	3.19	**3.58**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
24	701	396+441	396+486	3.44	3.79	**4.17**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	701	396+486	396+794	4.20	4.21	**4.90**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
2	204	120+000	121+000	4.53	4.66	**5.32**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	122+000	123+000	4.31	4.35	**4.54**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	123+000	124+000	4.08	4.15	**4.82**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	124+000	125+000	4.00	4.25	**4.95**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	128+200	128+728	3.76	4.00	**4.26**	0.00	0.00	1.28	20	0.00	0.00	6.38
2	204	129+000	129+962	4.08	4.16	**4.52**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
1	1201	775+000	775+380	1.98	2.05	**2.68**	0.00	0.00	0.96	20	0.00	0.00	6.38
1	1201	775+380	776+000	1.81	1.85	**2.25**	0.00	0.00	0.96	20	0.00	0.00	6.38
1	1201	776+000	776+617	1.46	1.52	**1.84**	0.00	0.00	0.96	20	0.00	0.00	6.38
2	301	148+565	149+000	3.38	3.40	**3.55**	0.00	0.00	2.90	20	0.00	0.00	6.38
2	301	150+000	151+000	4.16	4.16	**4.76**	0.00	0.00	2.90	20	0.00	0.00	6.38
2	301	151+000	152+000	3.20	3.25	**3.47**	0.00	0.00	2.90	20	0.00	0.00	6.38
2	301	152+000	153+000	3.32	3.39	**3.98**	0.00	0.00	2.90	20	0.00	0.00	6.38
2	301	154+000	155+000	2.91	2.91	**3.52**	0.00	0.00	2.90	20	0.00	0.00	6.38
2	301	155+000	155+610	3.73	3.80	**4.43**	0.00	0.00	2.90	20	0.00	0.00	6.38
21	401	99+700	100+000	3.04	3.21	**3.96**	0.00	0.00	1.27	20	0.00	0.00	6.38
21	401	101+000	101+200	2.33	2.99	**3.79**	0.00	0.00	1.27	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
2	203	101+585	102+000	1.27	1.29	**1.57**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	102+252	102+500	2.52	3.10	**3.67**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	102+500	103+000	2.18	2.30	**3.02**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	103+000	104+000	1.86	1.89	**2.64**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	104+000	105+000	1.53	1.61	**1.86**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	106+000	106+320	1.34	2.31	**2.53**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	106+320	107+000	1.01	1.30	**1.93**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	107+000	107+420	1.14	1.19	**1.71**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	107+420	108+000	1.25	1.35	**1.50**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
2	203	108+000	109+000	1.19	1.21	**1.66**	0.00	0.00	1.15	20	0.00	0.00	6.38
24	501	268+000	269+000	1.68	1.76	**2.37**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	269+000	269+835	2.02	2.08	**2.53**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	269+835	270+000	1.77	2.40	**3.03**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	270+000	271+000	1.80	1.89	**2.51**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	271+000	272+000	2.20	2.23	**2.33**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	272+000	273+000	1.87	2.04	**2.21**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	273+000	274+000	1.93	2.01	**2.17**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	274+000	275+000	1.81	1.99	**2.50**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	275+000	276+000	1.63	1.67	**2.43**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
24	501	276+000	277+000	1.68	1.81	**2.44**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	277+000	278+000	1.77	2.09	**2.41**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	278+481	279+000	2.62	2.85	**3.28**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	279+000	280+000	3.91	4.01	**4.73**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	304	154+000	154+573	1.92	1.99	**2.27**	0.00	0.00	1.33	20	0.00	0.00	6.38
24	304	154+853	155+000	3.93	3.99	**4.31**	0.00	0.00	1.33	20	0.00	0.00	6.38
12	601	349+000	350+000	1.64	1.69	**2.07**	0.00	0.00	0.58	20	0.00	0.00	5.49
12	601	350+000	351+000	2.31	2.32	**2.96**	0.00	0.00	0.58	20	0.00	0.00	5.49
1	1103	682+187	682+862	3.33	5.61	**6.27**	0.00	0.00	0.75	20	0.46	0.00	6.38
1	1103	683+610	684+000	3.40	5.54	**5.88**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
1	1103	685+000	686+000	3.41	5.65	**5.87**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
1	1103	686+000	687+000	3.26	5.60	**6.33**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
1	1103	687+000	688+000	3.70	5.86	**6.41**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
1	1103	688+000	689+000	3.36	5.48	**6.19**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
1	1103	689+000	689+360	3.91	5.92	**6.02**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.00	6.38
1	1103	690+000	691+000	3.76	5.73	**6.26**	0.00	0.00	0.75	20	0.00	0.00	6.38
2	601	417+000	417+800	3.94	3.99	**4.73**	0.00	0.00	1.56	20	0.00	0.00	6.38
23	502	272+300	273+000	2.10	2.12	**2.88**	0.00	0.00	0.34	20	0.00	0.00	6.38
23	502	273+000	273+050	1.74	2.45	**3.02**	0.00	0.00	0.34	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
24	402	262+000	262+609	1.95	2.28	**2.95**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	5.49
23	201	29+000	30+000	2.18	2.21	**2.51**	0.00	0.02	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	35+298	36+000	1.78	1.83	**2.25**	0.00	0.05	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	38+000	39+000	2.93	3.22	**3.54**	0.00	0.06	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	39+000	40+000	3.27	3.31	**3.60**	0.00	0.06	0.44	20	0.00	0.00	6.38
23	201	40+000	41+000	2.78	2.97	**3.51**	0.00	0.08	0.44	20	0.00	0.00	6.38
4	1302	1168+709	1168+745	5.05	6.21	**6.39**	0.00	0.00	3.32	20	0.00	0.00	6.38
1	402	101+000	102+000	2.90	2.91	**3.31**	0.00	0.00	5.35	20	0.00	0.02	6.38
2	204	110+362	111+000	3.55	3.58	**4.28**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	111+000	112+000	3.76	3.82	**4.13**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	114+000	115+000	4.19	4.41	**4.66**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	115+000	116+000	4.69	5.05	**5.79**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	116+000	117+000	3.58	3.61	**3.74**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	117+000	118+000	3.80	3.97	**4.27**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	118+940	119+000	2.92	3.61	**4.20**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	119+000	119+136	1.28	1.73	**2.13**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	120+000	121+000	4.14	4.25	**4.52**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	121+000	122+000	4.83	4.89	**5.08**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	122+000	123+000	4.79	5.01	**5.45**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
2	204	123+000	124+000	3.97	4.01	**4.52**	0.00	0.00	1.93	20	0.00	0.00	6.38
2	204	126+000	127+000	1.99	2.57	**3.10**	0.00	0.00	1.28	20	0.00	0.00	6.38
2	204	127+000	127+852	2.32	2.67	**3.36**	0.00	0.00	1.28	20	0.00	0.00	6.38
2	204	127+852	128+000	1.67	3.03	**3.33**	0.00	0.00	1.28	20	0.00	0.00	6.38
2	204	128+162	128+200	1.63	3.05	**3.72**	0.00	0.00	1.28	20	0.00	0.00	6.38
24	203	53+517	54+000	1.95	2.00	**2.61**	0.00	0.00	0.92	20	0.08	0.04	6.38
24	203	61+000	62+000	2.32	2.53	**2.96**	0.00	0.00	0.92	20	0.10	0.02	6.38
24	203	62+000	63+000	2.07	2.14	**2.58**	0.00	0.00	0.92	20	0.11	0.02	6.38
24	203	63+000	64+000	1.89	1.90	**2.19**	0.00	0.00	0.92	20	0.11	0.02	6.38
24	203	64+000	65+000	2.56	2.63	**3.24**	0.00	0.00	0.92	20	0.12	0.03	6.38
24	203	67+000	68+000	3.23	3.24	**3.92**	0.00	0.00	0.92	20	0.00	0.03	6.38
24	203	71+000	71+825	2.12	2.27	**2.71**	0.00	0.00	0.92	20	0.00	0.05	6.38
24	203	74+000	75+000	1.47	1.52	**2.23**	0.00	0.00	0.92	20	0.00	0.05	6.38
24	203	75+000	76+000	1.85	1.93	**2.65**	0.00	0.00	0.92	20	0.00	0.05	6.38
24	203	76+000	76+506	2.00	2.25	**2.43**	0.00	0.00	0.92	20	0.00	0.10	6.38
24	203	78+000	79+000	2.51	2.76	**2.94**	0.00	0.00	0.92	20	0.00	0.06	6.38
24	203	79+000	80+000	2.21	2.42	**2.85**	0.00	0.00	0.92	20	0.00	0.07	6.38
24	203	81+000	82+000	3.22	3.40	**3.97**	0.00	0.00	0.92	20	0.00	0.08	6.38
24	203	82+000	83+000	4.50	4.70	**5.37**	0.00	0.00	0.92	20	0.00	0.08	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
2	102	14+000	15+000	2.83	2.85	**3.46**	0.00	0.00	5.14	20	0.00	0.01	6.38
1	1104	700+000	701+000	3.08	3.25	**3.77**	0.00	0.00	1.37	20	0.00	0.00	6.38
1	1104	701+617	702+000	3.87	4.65	**4.77**	0.00	0.00	1.37	20	0.00	0.00	6.38
1	1104	702+000	702+617	3.90	3.96	**4.76**	0.00	0.00	1.37	20	0.00	0.00	6.38
1	1104	702+617	703+000	2.52	4.38	**5.03**	0.00	0.00	1.37	20	0.00	0.00	6.38
1	1104	705+917	706+000	3.52	4.09	**4.23**	0.00	0.00	1.37	20	0.00	0.00	6.38
11	302	177+000	177+341	1.57	1.74	**2.15**	0.00	0.00	0.50	20	0.00	0.00	5.49
24	702	413+000	414+000	3.24	3.26	**3.66**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	702	414+000	415+000	2.62	2.63	**3.18**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
24	702	419+000	419+647	2.57	2.82	**3.56**	0.00	0.00	1.80	20	0.00	0.00	6.38
21	200	4+000	5+000	3.58	3.64	**3.94**	0.00	0.00	1.36	20	0.00	0.08	6.38
21	200	8+780	9+000	3.16	3.30	**3.74**	0.00	0.00	1.36	20	0.00	0.11	6.38
21	200	19+000	19+706	2.37	2.62	**2.73**	0.00	0.00	1.36	20	0.00	0.03	6.38
24	501	279+000	280+000	3.42	3.56	**3.71**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
24	501	281+000	281+112	2.38	2.55	**2.91**	0.00	0.00	0.43	20	0.00	0.00	5.49
4	502	160+900	161+000	1.45	2.55	**2.69**	0.00	0.00	2.41	20	0.00	0.00	6.38
4	502	161+000	162+000	2.16	2.19	**2.89**	0.00	0.00	2.41	20	0.00	0.00	6.38
32	400	150+000	150+400	1.44	2.69	**3.11**	0.00	0.00	1.47	20	0.00	0.00	6.38
21	502	239+770	239+800	1.66	2.51	**3.09**	0.00	0.00	0.68	20	0.00	0.00	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
4	903	879+558	880+000	2.25	3.84	**4.43**	0.00	0.00	0.55	20	0.00	0.00	5.49
32	201	49+000	49+087	1.22	1.34	**1.88**	0.00	0.00	1.71	20	0.00	0.00	6.38
3	104	42+000	43+000	2.64	2.90	**3.31**	0.00	0.00	2.49	20	0.00	0.01	6.38
3	104	46+000	47+000	2.33	2.81	**2.97**	0.00	0.00	2.49	20	0.00	0.01	6.38
21	402	135+000	136+000	1.71	1.79	**2.54**	0.00	0.00	1.27	20	0.00	0.00	6.38
33	401	86+000	87+000	3.93	4.38	**4.54**	0.00	0.00	1.31	20	0.00	0.00	6.38
1	1002	532+000	533+000	1.53	1.54	**1.67**	0.00	0.00	0.67	20	0.00	0.00	6.38
22	401	158+000	159+000	2.01	2.08	**2.77**	0.00	0.00	1.83	20	0.00	0.01	6.38
22	401	163+000	164+000	2.19	2.34	**2.59**	0.00	0.00	1.83	20	0.00	0.02	6.38
22	401	164+000	165+000	2.16	2.20	**2.50**	0.00	0.00	1.83	20	0.00	0.02	6.38
22	401	169+000	169+970	1.97	2.14	**2.35**	0.00	0.00	1.83	20	0.00	0.00	6.38
11	701	428+000	429+000	1.60	1.66	**1.95**	0.00	0.00	1.21	20	0.00	0.00	6.38
11	701	431+000	432+000	2.12	2.18	**2.80**	0.00	0.00	1.21	20	0.00	0.00	6.38
11	701	432+000	433+000	2.38	2.49	**3.28**	0.00	0.00	1.21	20	0.00	0.00	6.38
31	102	18+300	19+000	1.62	1.73	**2.50**	0.00	0.00	0.53	20	0.00	0.06	6.38
31	102	19+000	19+100	1.60	1.74	**2.22**	0.00	0.00	0.53	20	0.00	0.44	6.38
31	102	26+000	27+000	1.71	1.84	**1.95**	0.00	0.00	0.53	20	0.00	0.06	6.38
1	1102	637+000	638+000	1.82	1.84	**2.40**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.01	6.38
1	1102	640+000	640+617	1.60	1.77	**2.09**	0.00	0.00	0.56	20	0.00	0.02	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
44	302	133+000	133+229	1.66	1.86	**2.33**	0.00	0.00	0.78	20	0.00	0.00	6.38
22	201	8+000	9+000	1.70	1.81	**2.60**	0.00	0.02	2.89	20	0.55	0.02	6.38
4	601	221+147	221+213	5.06	7.31	**7.54**	0.00	0.00	2.52	20	0.00	0.00	6.38
4	601	221+213	221+413	4.06	4.33	**5.06**	0.00	0.00	2.52	20	0.00	0.00	6.38
4	703	472+813	473+000	1.42	1.67	**2.41**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.01	6.38
4	703	473+000	474+000	1.60	2.02	**2.21**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	703	474+000	475+000	1.60	1.69	**2.03**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	703	475+000	476+000	1.28	1.30	**1.95**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	703	477+000	478+000	1.82	1.93	**2.46**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	703	478+000	479+000	1.82	1.82	**2.02**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	703	479+000	480+000	1.96	2.18	**2.67**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	703	480+000	481+000	1.89	2.02	**2.45**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	703	483+000	484+000	1.60	1.75	**1.94**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
4	703	485+000	485+233	2.52	2.93	**3.52**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.02	6.38
4	703	485+233	485+633	2.72	2.83	**2.96**	0.00	0.00	0.87	20	0.00	0.01	6.38
4	703	485+633	486+000	2.71	3.00	**3.32**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.01	6.38
4	703	487+000	487+903	2.64	2.81	**2.95**	0.00	0.00	1.32	20	0.00	0.00	6.38
11	402	209+630	209+694	3.74	5.46	**6.14**	0.00	0.00	0.59	20	0.00	0.00	6.38
22	202	39+000	40+000	1.74	1.82	**2.10**	0.00	0.00	0.91	20	0.00	0.01	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
22	202	40+000	41+000	1.79	1.82	**2.10**	0.00	0.00	0.91	20	0.00	0.01	6.38
22	202	41+000	42+000	1.54	1.63	**2.03**	0.00	0.00	0.91	20	0.00	0.01	6.38
22	202	42+000	42+413	1.70	1.81	**2.50**	0.00	0.00	0.91	20	0.00	0.02	6.38
22	202	51+901	52+000	1.29	1.41	**2.07**	0.00	0.00	0.91	20	0.00	0.14	6.38
22	202	52+000	52+249	2.87	3.71	**3.90**	0.00	0.00	0.91	20	0.00	0.05	6.38
22	202	54+000	55+000	1.92	1.92	**2.09**	0.00	0.00	0.91	20	0.00	0.00	6.38
22	202	55+000	56+000	1.93	2.01	**2.51**	0.00	0.00	0.91	20	0.00	0.00	6.38
4	1001	794+000	794+837	2.16	2.22	**2.34**	0.00	0.00	0.25	20	0.00	0.00	5.49
4	1001	794+837	795+000	2.24	2.98	**3.30**	0.00	0.00	0.25	20	0.00	0.00	5.49
4	1001	795+000	795+400	2.75	3.36	**3.48**	0.00	0.00	0.25	20	0.00	0.00	5.49
4	1001	795+400	796+000	2.54	2.58	**3.06**	0.00	0.00	0.25	20	0.00	0.00	5.49
4	1001	796+000	796+800	2.29	2.76	**3.56**	0.00	0.00	0.25	20	0.00	0.00	5.49
1	1202	796+000	797+000	1.79	2.08	**2.69**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.01	6.38
1	1202	798+000	799+000	1.86	2.12	**2.47**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.01	6.38
1	1202	800+198	800+224	1.05	1.58	**1.95**	0.00	0.01	0.93	20	0.00	0.43	6.38
1	1202	802+692	802+791	1.24	2.16	**2.44**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.11	6.38
1	1202	804+000	804+453	1.20	1.44	**2.12**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.03	6.38
1	1202	804+487	805+000	1.47	2.30	**2.69**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.02	6.38
1	1202	805+000	806+000	2.08	2.71	**3.10**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.01	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
1	1202	808+000	808+447	1.92	2.82	**3.49**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.02	6.38
1	1202	808+447	808+490	1.92	2.06	**2.52**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.15	6.38
1	1202	810+000	811+000	2.23	2.67	**3.33**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.01	6.38
34	102	31+000	31+500	4.54	5.63	**6.41**	0.00	0.00	10.03	20	0.33	0.01	6.38
34	102	31+700	32+000	2.05	2.26	**2.77**	0.00	0.00	10.03	20	0.44	0.01	6.38
34	102	32+000	32+100	2.77	3.79	**4.20**	0.00	0.00	10.03	20	0.52	0.04	6.38
34	102	32+675	33+000	2.51	3.96	**4.32**	0.00	0.00	10.03	20	0.68	0.01	6.38
34	102	33+000	33+350	3.30	3.98	**4.26**	0.00	0.00	10.03	20	0.78	0.01	6.38
3	103	37+000	38+000	2.26	2.99	**3.49**	0.00	0.00	0.33	20	0.00	0.00	6.38
3	103	39+000	39+825	2.09	2.29	**2.63**	0.00	0.00	0.33	20	0.00	0.00	6.38
3	103	39+825	40+000	3.43	3.91	**4.08**	0.00	0.00	0.33	20	0.00	0.00	6.38
21	502	240+242	241+000	2.56	2.60	**2.72**	0.00	0.00	0.68	20	0.00	0.00	6.38
21	502	241+000	242+000	3.38	3.38	**3.60**	0.00	0.00	0.68	20	0.00	0.00	6.38
21	502	243+000	244+000	2.68	2.69	**3.38**	0.00	0.00	0.68	20	0.00	0.00	6.38
21	502	244+000	244+500	2.48	2.54	**2.82**	0.00	0.00	0.68	20	0.00	0.00	6.38
2	502	348+450	349+000	2.50	2.55	**3.34**	0.00	0.00	0.41	20	0.00	0.00	6.38
2	502	351+000	351+781	2.20	2.26	**2.50**	0.00	0.00	0.41	20	0.00	0.00	6.38
2	204	128+162	128+200	6.54	7.17	**7.81**	0.00	0.00	1.28	20	0.00	0.00	6.38
32	202	49+087	49+740	1.26	1.33	**1.77**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	0.39	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
32	202	49+740	49+958	1.01	1.06	**1.68**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	1.16	6.38
32	202	49+958	50+000	1.13	1.62	**2.08**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	6.04	6.38
32	202	50+000	51+000	1.53	1.55	**1.74**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	0.26	6.38
32	202	51+000	51+200	1.58	1.60	**1.80**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	1.30	6.38
32	202	52+000	53+000	1.67	1.68	**2.29**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	0.26	6.38
32	202	53+000	54+000	1.47	1.59	**1.83**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	0.28	6.38
32	202	54+000	55+000	1.86	2.00	**2.64**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	0.29	6.38
32	202	57+000	58+000	1.99	2.04	**2.27**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	0.30	6.38
32	202	58+000	59+000	1.99	2.02	**2.16**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	0.31	6.38
32	202	59+000	60+000	2.04	2.05	**2.31**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	0.32	6.38
32	202	61+000	62+000	2.18	2.19	**2.82**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	0.35	6.38
32	202	64+000	65+000	1.51	1.58	**2.08**	0.00	0.00	1.41	20	0.00	0.47	6.38
1	1202	791+000	791+504	2.34	2.39	**2.61**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.01	6.38
1	1202	791+527	792+000	2.19	2.88	**3.60**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.01	6.38
1	1202	794+000	795+000	1.75	2.09	**2.85**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.00	6.38
1	1202	799+000	800+000	2.25	2.37	**2.92**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.00	6.38
1	1202	801+000	802+000	2.29	2.41	**2.83**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.00	6.38
1	1202	802+000	802+692	2.12	2.14	**2.39**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.01	6.38
1	1202	802+791	803+000	2.10	2.16	**2.63**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.02	6.38

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
1	1202	803+000	804+000	2.08	2.12	**2.38**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.00	6.38
1	1202	804+487	805+000	2.09	2.21	**2.77**	0.00	0.00	0.93	20	0.00	0.01	6.38
23	502	258+000	259+000	2.18	2.30	**2.55**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	261+000	262+000	2.01	2.39	**2.49**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	262+000	263+000	2.43	2.80	**3.09**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	263+000	264+000	2.75	3.24	**3.95**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	264+000	265+000	2.18	2.25	**2.66**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	265+000	266+000	2.64	3.14	**3.67**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	266+000	267+000	2.03	2.09	**2.56**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	267+000	267+412	1.58	1.62	**2.14**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	268+000	269+000	2.03	2.04	**2.26**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	269+000	270+000	2.46	2.47	**2.71**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	271+000	271+500	2.15	2.44	**2.56**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	272+300	273+000	2.20	2.23	**2.65**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	273+050	274+000	1.80	1.85	**2.03**	0.00	0.00	0.52	20	0.00	0.00	6.38
23	502	276+677	276+712	4.51	5.47	**6.20**	0.00	0.00	0.34	20	0.00	0.00	6.38
1	603	254+434	255+000	4.40	4.45	**4.85**	0.00	0.00	0.29	20	0.00	0.00	5.49
1	603	258+500	258+925	1.71	1.79	**2.30**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	5.49
1	603	259+000	259+363	1.95	1.97	**2.12**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	5.49

route	control	km_start	km_end	iri_2020	iri_2021	Iri_2022	ac_pothole_2020	ac_pothole_2021	ye4	age	rds	acra	snp
1	603	259+363	259+936	1.70	1.71	**2.01**	0.00	0.00	0.29	20	0.00	0.00	5.49
1	603	260+000	261+000	1.77	1.81	**2.18**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	5.49
1	603	261+000	261+563	1.42	1.44	**2.12**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	5.49
1	603	261+563	262+000	1.24	1.27	**1.63**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	5.49
1	603	262+000	262+833	1.71	1.99	**2.29**	0.00	0.00	0.44	20	0.00	0.00	5.49
32	303	99+000	100+000	1.66	1.77	**2.30**	0.00	0.00	1.68	20	0.00	0.08	6.38
32	303	100+000	101+000	2.05	2.31	**2.60**	0.00	0.00	1.68	20	0.00	0.08	6.38
32	303	101+000	102+000	1.77	1.80	**2.16**	0.00	0.00	1.68	20	0.00	0.08	6.38
32	303	103+000	103+991	2.31	2.38	**3.11**	0.00	0.00	1.68	20	0.00	0.10	6.38
2	304	249+000	250+000	3.88	4.02	**4.56**	0.00	0.00	2.48	20	0.00	0.00	6.38
2	304	250+000	251+000	3.11	3.22	**3.61**	0.00	0.00	2.48	20	0.00	0.00	6.38
2	304	251+000	251+299	2.73	3.26	**3.86**	0.00	0.00	2.48	20	0.00	0.00	6.38
2	403	324+000	325+000	2.24	2.24	**2.56**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.01	6.38
2	403	325+000	325+100	1.75	2.10	**2.87**	0.00	0.00	1.13	20	0.00	0.11	6.38
12	801	540+000	540+610	3.24	3.76	**3.90**	0.00	0.00	0.42	20	0.00	0.00	6.38

หมายเหตุ : เนื่องจากข้อมูลบนระบบ Roadnet บางสายทางไม่มีข้อมูลอายุผิว หรือประวัติการซ่อมบำรุง ส่งผลให้ค่า age ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ที่ปรึกษาได้เสนอให้ใช้ค่าการออกแบบที่ 20 ปี (20 ปี คือ ค่ามาตรฐานในการออกแบบอายุผิว) เป็นค่าตั้งต้นสำหรับในกรณีที่ข้อมูลสายทางนั้นไม่มีประวัติอายุผิวหรือประวัติการซ่อมบำรุง

ตารางที่ 2 ข้อมูลสำหรับใช้สอบเทียบแบบจำลองผิวทางคอนกรีต

name	km start	km end	iri 2023	iri 2022	Iri 2021	transverse_crack เมตร	spalling ตรม	corner_break จำนวน/km
แก้วเพชรพลอย - ช่องตะโก	49+000	50+000	3.18	2.98	2.25	550.00	0.00	4
เขาบ่อ - ท่าทอง	34+000	45+000	3.56	3.17	3.59	5400.00	0.00	0
เขาพับผ้า - พัทลุง	1142+000	1163+000	5.63	5.43	5.17	4320.00	0.00	10
ซับสมอทอด - หนองไผ่	140+000	152+000	4.51	4.41	4.34	2650.00	254.00	0
ถ้ำพรรณรา - ทุ่งสง	288+000	292+000	2.95	2.47	2.75	1812.00	22.00	22
ทางเลี่ยงเมืองเชียงราย	0+000	13+000	4.42	3.99	3.65	5230.00	13.00	0
น้ำรอด - พ่อตาหินช้าง	428+000	429+000	3.38	3.25	3.51	340.00	368.00	0
บ้านหลุบ - นาไคร้	664+000	670+000	5.07	3.50	3.61	2370.00	0.00	0
ปางมะโอ - ป่าขาม	432+000	457+000	4.94	4.82	4.70	9870.00	120.00	16
พัทยา - พลูตาหลวง	155+000	169+000	2.49	2.37	1.68	3185.00	40.00	0
พัทลุง - นาโหนด	1164+000	1173+000	6.41	6.05	5.86	4470.00	0.00	2
โพธิ์ทอง - บ้านพลิ้ว	328+000	329+000	3.42	3.27	3.55	455.00	15.00	20
แม่ละเมา - ตาก	51+000	76+000	4.24	4.10	3.15	4380.00	101.00	0
แยกโรงเรียนสุธีวิทยา - ดงจำปา	143+000	147+000	3.79	3.65	3.66	1874.00	1037.00	6
ระยอง - กะเฉด	229+000	247+000	2.48	2.30	2.70	5320.00	119.00	54
วังครก - เสียบญวณ	473+000	487+000	3.84	3.15	3.18	3680.00	309.00	75
วังวน - แจกัน	6+000	7+000	5.42	3.83	3.21	284.00	6.00	2
ศรีมงคล - น้ำอ้อม	116+000	129+000	4.46	4.25	3.72	340.00	60.00	90
สระบุรี - ตาลเดี่ยว	0+000	5+000	3.99	3.74	3.84	610.00	2430.00	0
สักหลง - กกกะทอน	279+000	280+000	3.78	3.31	3.77	540.00	30.00	0

name	km start	km end	iri 2023	iri 2022	Iri 2021	transverse_crack เมตร	spalling ตรม	corner_break จำนวน/km
สามัคคี - บ้านหวด	726+000	727+000	3.08	2.72	2.34	485.00	0.00	0
สุโขทัย - บ้านกร่าง	179+000	185+000	3.34	2.99	2.97	1325.00	120.00	0
หนองปรือ - คลองเขต	47+000	49+000	3.84	3.65	3.39	960.00	250.00	5
หนองไผ่ - นาเฉลียง	165+000	177+000	3.63	3.53	3.79	5685.00	96.00	0
หนองสระพัง - มหาสารคาม	54+000	55+000	5.69	4.78	4.32	230.00	0.00	0

ภาคผนวก ค
รายงานตัวอย่างข้อมูลสำรวจค่าความเสียดทาน

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม.

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
5+750 - 5+760	48.4	0.33	1.59	0.36
5+760 - 5+770	47.9	0.28	1.59	0.32
5+770 - 5+780	47.6	0.28	1.3	0.31
5+780 - 5+790	47.6	0.34	1	0.36
5+790 - 5+800	47.2	0.34	1.2	0.36
5+800 - 5+810	46.8	0.34	1.41	0.37
5+810 - 5+820	46.3	0.33	1.41	0.35
5+820 - 5+830	46.1	0.32	1.41	0.35
5+830 - 5+840	45.8	0.3	1.41	0.33
5+840 - 5+850	45.6	0.34	1.45	0.36
5+850 - 5+860	45.1	0.3	1.5	0.33
5+860 - 5+870	44.6	0.28	1.5	0.31
5+870 - 5+880	44.1	0.28	1.33	0.31
5+880 - 5+890	43.5	0.29	1.16	0.31
5+890 - 5+900	42.9	0.3	1.13	0.32
5+900 - 5+910	42.4	0.28	1.09	0.3
5+910 - 5+920	42.9	0.27	1.09	0.29
5+920 - 5+930	42.8	0.25	1.07	0.28
5+930 - 5+940	43.4	0.27	1.05	0.29
5+940 - 5+950	43.6	0.29	0.93	0.31
5+950 - 5+960	43.4	0.43	0.81	0.41
5+960 - 5+970	42.7	0.3	0.81	0.31
5+970 - 5+980	42.1	0.43	0.79	0.4
5+980 - 5+990	41.2	0.33	0.78	0.32
5+990 - 6+000	40.8	0.32	0.84	0.32
6+000 - 6+010	40.6	0.4	0.91	0.38
6+010 - 6+020	41.1	0.35	0.91	0.35
6+020 - 6+030	40.9	0.35	0.83	0.34

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
6+030 - 6+040	40.6	0.39	0.75	0.36
6+040 - 6+050	40.4	0.36	0.81	0.34
6+050 - 6+060	40	0.26	0.86	0.27
6+060 - 6+070	40.2	0.34	0.86	0.33
6+070 - 6+080	40.9	0.32	0.86	0.31
6+080 - 6+090	41.4	0.25	0.85	0.27
6+090 - 6+100	42.1	0.25	0.85	0.27
6+100 - 6+110	43.1	0.23	0.85	0.26
6+110 - 6+120	44	0.23	0.85	0.26
6+120 - 6+130	44.9	0.25	0.81	0.27
6+130 - 6+140	46.1	0.26	0.76	0.28
6+140 - 6+150	46.8	0.32	0.81	0.33
6+150 - 6+160	47.3	0.29	0.86	0.32
6+160 - 6+170	47.8	0.28	0.86	0.3
6+170 - 6+180	48.5	0.26	0.81	0.29
6+180 - 6+190	49	0.25	0.75	0.28
6+190 - 6+200	49.6	0.27	0.77	0.3
6+200 - 6+210	49.8	0.34	0.79	0.36
6+210 - 6+220	50.1	0.28	0.79	0.31
6+220 - 6+230	49.9	0.28	0.9	0.31
6+230 - 6+240	48.9	0.28	1.01	0.32
6+240 - 6+250	48.2	0.32	0.99	0.34
6+250 - 6+260	47.6	0.4	0.97	0.4
6+260 - 6+270	47.6	0.35	0.97	0.37
6+270 - 6+280	47.8	0.39	0.97	0.4
6+280 - 6+290	48.3	0.33	0.96	0.35
6+290 - 6+300	48.8	0.29	0.91	0.32
6+300 - 6+310	49.6	0.3	0.86	0.33

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
6+310 - 6+320	51.4	0.3	0.86	0.33
6+320 - 6+330	52.4	0.3	0.87	0.33
6+330 - 6+340	53.3	0.3	0.88	0.34
6+340 - 6+350	53.9	0.31	0.9	0.35
6+350 - 6+360	54.3	0.34	0.91	0.38
6+360 - 6+370	54	0.32	0.91	0.36
6+370 - 6+380	53.7	0.33	0.89	0.36
6+380 - 6+390	53.7	0.32	0.87	0.35
6+390 - 6+400	53.4	0.33	1.05	0.36
6+400 - 6+410	53.1	0.3	1.22	0.34
6+410 - 6+420	52.7	0.3	1.22	0.34
6+420 - 6+430	52.6	0.34	1.19	0.37
6+430 - 6+440	52	0.35	1.17	0.38
6+440 - 6+450	52.2	0.33	1.17	0.36
6+450 - 6+460	52	0.33	1.18	0.36
6+460 - 6+470	52.4	0.33	1.18	0.36
6+470 - 6+480	52.6	0.33	1.16	0.36
6+480 - 6+490	52.8	0.34	1.14	0.38
6+490 - 6+500	52.1	0.34	1.13	0.37
6+500 - 6+510	51.2	0.4	1.11	0.42
6+510 - 6+520	51.3	0.32	1.11	0.35
6+520 - 6+530	51.4	0.32	1.03	0.35
6+530 - 6+540	51.8	0.32	0.96	0.35
6+540 - 6+550	52	0.32	0.97	0.35
6+550 - 6+560	52.3	0.32	0.98	0.35
6+560 - 6+570	52.3	0.32	0.98	0.35
6+570 - 6+580	52.9	0.32	0.97	0.35
6+580 - 6+590	53.5	0.32	0.96	0.35

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
6+590 - 6+600	53.6	0.33	0.98	0.36
6+600 - 6+610	53.8	0.34	1.01	0.37
6+610 - 6+620	54	0.34	1.01	0.37
6+620 - 6+630	54.5	0.32	0.96	0.35
6+630 - 6+640	54.8	0.33	0.91	0.37
6+640 - 6+650	55.5	0.33	0.85	0.37
6+650 - 6+660	55.8	0.33	0.79	0.37
6+660 - 6+670	56	0.33	0.79	0.37
6+670 - 6+680	56	0.34	0.77	0.37
6+680 - 6+690	55.3	0.36	0.74	0.4
6+690 - 6+700	54.8	0.32	0.76	0.35
6+700 - 6+710	54.3	0.24	0.78	0.29
6+710 - 6+720	54.4	0.23	0.78	0.27
6+720 - 6+730	54.4	0.24	0.78	0.29
6+730 - 6+740	54.2	0.26	0.78	0.3
6+740 - 6+750	53.7	0.27	0.78	0.31
6+750 - 6+760	53	0.26	0.79	0.3
6+760 - 6+770	52	0.31	0.79	0.34
6+770 - 6+780	51.3	0.27	0.8	0.3
6+780 - 6+790	51	0.26	0.8	0.29
6+790 - 6+800	50.4	0.26	0.77	0.29
6+800 - 6+810	50.3	0.23	0.74	0.27
6+810 - 6+820	50.3	0.24	0.74	0.28
6+820 - 6+830	50.1	0.27	0.75	0.3
6+830 - 6+840	49.7	0.27	0.76	0.3
6+840 - 6+850	49.7	0.24	0.76	0.28
6+850 - 6+860	50	0.29	0.76	0.32
6+860 - 6+870	50.5	0.24	0.76	0.28

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
6+870 - 6+880	50.5	0.23	0.75	0.27
6+880 - 6+890	51	0.24	0.73	0.28
6+890 - 6+900	51.3	0.23	0.74	0.27
6+900 - 6+910	51.2	0.26	0.75	0.29
6+910 - 6+920	51.2	0.25	0.75	0.29
6+920 - 6+930	50.8	0.26	0.73	0.29
6+930 - 6+940	51	0.26	0.71	0.29
6+940 - 6+950	50.4	0.27	0.7	0.3
6+950 - 6+960	50.2	0.3	0.7	0.33
6+960 - 6+970	50	0.28	0.7	0.31
6+970 - 6+980	50	0.32	0.72	0.33
6+980 - 6+990	50.1	0.26	0.75	0.29
6+990 - 7+000	49.9	0.34	0.76	0.36
7+000 - 7+010	49.7	0.51	0.77	0.49
7+010 - 7+020	49.5	0.28	0.77	0.3
7+020 - 7+030	49.7	0.28	0.77	0.31
7+030 - 7+040	49.5	0.3	0.78	0.33
7+040 - 7+050	49.3	0.28	0.76	0.31
7+050 - 7+060	49.2	0.28	0.74	0.31
7+060 - 7+070	49	0.28	0.74	0.3
7+070 - 7+080	48.6	0.29	0.77	0.31
7+080 - 7+090	48.3	0.38	0.79	0.38
7+090 - 7+100	48.1	0.38	0.78	0.38
7+100 - 7+110	47.8	0.32	0.77	0.33
7+110 - 7+120	47.2	0.3	0.77	0.32
7+120 - 7+130	47	0.42	0.76	0.41
7+130 - 7+140	45.9	0.29	0.75	0.31
7+140 - 7+150	44.7	0.41	0.77	0.39

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
7+150 - 7+160	44.3	0.43	0.79	0.41
7+160 - 7+170	43.4	0.38	0.79	0.37
7+170 - 7+180	42.8	0.33	0.78	0.32
7+180 - 7+190	42.4	0.46	0.78	0.42
7+190 - 7+200	41.7	0.53	0.78	0.47
7+200 - 7+210	40.8	0.4	0.78	0.37
7+210 - 7+220	39.7	0.28	0.78	0.29
7+220 - 7+230	39.1	0.33	0.76	0.31
7+230 - 7+240	38.3	0.3	0.75	0.29
7+240 - 7+250	38	0.28	0.78	0.28
7+250 - 7+260	37.8	0.45	0.81	0.4
7+260 - 7+270	37.4	0.33	0.81	0.31
7+270 - 7+280	37.4	0.29	0.78	0.29
7+280 - 7+290	37.2	0.28	0.75	0.28
7+290 - 7+300	37.7	0.3	0.76	0.29
7+300 - 7+310	38.1	0.26	0.77	0.26
7+310 - 7+320	39	0.35	0.77	0.33
7+320 - 7+330	40	0.4	0.8	0.37
7+330 - 7+340	41	0.27	0.84	0.28
7+340 - 7+350	40.8	0.27	0.8	0.28
7+350 - 7+360	41	0.26	0.76	0.27
7+360 - 7+370	41.3	0.29	0.76	0.3
7+370 - 7+380	41	0.28	0.81	0.29
7+380 - 7+390	40.5	0.27	0.86	0.28
7+390 - 7+400	40.8	0.27	0.83	0.28
7+400 - 7+410	41	0.26	0.8	0.27
7+410 - 7+420	41.8	0.27	0.8	0.28
7+420 - 7+430	42.5	0.26	0.81	0.28

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
7+430 - 7+440	43	0.25	0.82	0.27
7+440 - 7+450	43.8	0.24	0.81	0.26
7+450 - 7+460	44	0.24	0.79	0.27
7+460 - 7+470	44.5	0.26	0.79	0.28
7+470 - 7+480	45	0.24	0.79	0.27
7+480 - 7+490	45.2	0.26	0.79	0.28
7+490 - 7+500	45.5	0.4	0.77	0.39
7+500 - 7+510	45.5	0.25	0.74	0.27
7+510 - 7+520	45	0.27	0.74	0.29
7+520 - 7+530	44.8	0.29	0.76	0.3
7+530 - 7+540	44.1	0.28	0.78	0.29
7+540 - 7+550	43.7	0.26	0.8	0.28
7+550 - 7+560	43.1	0.28	0.83	0.29
7+560 - 7+570	42.3	0.28	0.83	0.29
7+570 - 7+580	41.8	0.27	0.84	0.28
7+580 - 7+590	40.8	0.41	0.86	0.39
7+590 - 7+600	40	0.28	0.83	0.29
7+600 - 7+610	40.3	0.23	0.79	0.25
7+610 - 7+620	41.8	0.23	0.79	0.25
7+620 - 7+630	42.3	0.2	0.78	0.23
7+630 - 7+640	43	0.2	0.77	0.23
7+640 - 7+650	43	0.2	0.8	0.24
7+650 - 7+660	42.7	0.17	0.83	0.21
7+660 - 7+670	42.7	0.19	0.83	0.22
7+670 - 7+680	41.8	0.42	0.79	0.39
7+680 - 7+690	41.8	0.18	0.76	0.22
7+690 - 7+700	41.7	0.21	0.78	0.24
7+700 - 7+710	42	0.2	0.8	0.23

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
7+710 - 7+720	42.4	0.18	0.8	0.22
7+720 - 7+730	43.4	0.18	0.77	0.22
7+730 - 7+740	44.7	0.18	0.74	0.22
7+740 - 7+750	45.2	0.36	0.73	0.36
7+750 - 7+760	45.1	0.23	0.72	0.26
7+760 - 7+770	44.2	0.22	0.72	0.25
7+770 - 7+780	44	0.19	0.71	0.22
7+780 - 7+790	44.7	0.26	0.7	0.28
7+790 - 7+800	45.5	0.29	0.7	0.3
7+800 - 7+810	45.7	0.26	0.71	0.28
7+810 - 7+820	45.8	0.28	0.71	0.29
7+820 - 7+830	45.6	0.27	0.71	0.29
7+830 - 7+840	45.3	0.27	0.71	0.28
7+840 - 7+850	45.7	0.28	0.69	0.3
7+850 - 7+860	45.8	0.28	0.68	0.29
7+860 - 7+870	46	0.28	0.68	0.29
7+870 - 7+880	46.2	0.28	0.68	0.3
7+880 - 7+890	46.7	0.28	0.67	0.3
7+890 - 7+900	47	0.3	0.66	0.31
7+900 - 7+910	47	0.31	0.65	0.32
7+910 - 7+920	46.8	0.31	0.65	0.32
7+920 - 7+930	46	0.32	0.66	0.32
7+930 - 7+940	46.2	0.34	0.66	0.33
7+940 - 7+950	46	0.34	0.67	0.33
7+950 - 7+960	46.2	0.32	0.67	0.32
7+960 - 7+970	45.6	0.3	0.67	0.31
7+970 - 7+980	44.8	0.3	0.67	0.3
7+980 - 7+990	44.2	0.32	0.67	0.31

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
7+990 - 8+000	43.6	0.32	0.65	0.31
8+000 - 8+010	43	0.32	0.63	0.31
8+010 - 8+020	42.3	0.34	0.63	0.33
8+020 - 8+030	41.8	0.34	0.63	0.32
8+030 - 8+040	41	0.34	0.62	0.32
8+040 - 8+050	40.1	0.36	0.6	0.33
8+050 - 8+060	39.8	0.33	0.58	0.3
8+060 - 8+070	39	0.34	0.58	0.3
8+070 - 8+080	38	0.34	0.6	0.31
8+080 - 8+090	37.5	0.36	0.62	0.32
8+090 - 8+100	37	0.38	0.62	0.33
8+100 - 8+110	36.1	0.36	0.62	0.31
8+110 - 8+120	36	0.38	0.62	0.32
8+120 - 8+130	35.1	0.39	0.62	0.33
8+130 - 8+140	34.7	0.41	0.61	0.34
8+140 - 8+150	34.1	0.37	0.62	0.31
8+150 - 8+160	33.2	0.39	0.62	0.32
8+160 - 8+170	33	0.39	0.62	0.32
8+170 - 8+180	32	0.39	0.6	0.31
8+180 - 8+190	32	0.39	0.59	0.31
8+190 - 8+200	32	0.39	0.59	0.31
8+200 - 8+210	32.3	0.38	0.6	0.31
8+210 - 8+220	33	0.39	0.6	0.32
8+220 - 8+230	34	0.36	0.61	0.31
8+230 - 8+240	34	0.41	0.62	0.34
8+240 - 8+250	33.9	0.4	0.63	0.33
8+250 - 8+260	33.8	0.35	0.64	0.3
8+260 - 8+270	34.8	0.34	0.64	0.3

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
8+270 - 8+280	36	0.37	0.62	0.32
8+280 - 8+290	36	0.38	0.6	0.32
8+290 - 8+300	35.8	0.34	0.6	0.3
8+300 - 8+310	36	0.33	0.6	0.29
8+310 - 8+320	37.1	0.34	0.6	0.3
8+320 - 8+330	38.5	0.36	0.62	0.32
8+330 - 8+340	39.8	0.39	0.64	0.35
8+340 - 8+350	40.8	0.43	0.63	0.38
8+350 - 8+360	41.3	0.36	0.63	0.34
8+360 - 8+370	42	0.33	0.63	0.31
8+370 - 8+380	42.7	0.35	0.63	0.33
8+380 - 8+390	42.2	0.36	0.63	0.34
8+390 - 8+400	42.5	0.34	0.65	0.32
8+400 - 8+410	42.3	0.33	0.67	0.32
8+410 - 8+420	42.2	0.38	0.67	0.35
8+420 - 8+430	42.5	0.39	0.7	0.36
8+430 - 8+440	43	0.35	0.72	0.34
8+440 - 8+450	42.2	0.35	0.7	0.34
8+450 - 8+460	41.8	0.4	0.67	0.37
8+460 - 8+470	40.7	0.41	0.67	0.37
8+470 - 8+480	39.8	0.38	0.67	0.34
8+480 - 8+490	39.2	0.41	0.66	0.36
8+490 - 8+500	39	0.39	0.7	0.35
8+500 - 8+510	38.7	0.34	0.74	0.32
8+510 - 8+520	37.8	0.32	0.74	0.3
8+520 - 8+530	37.5	0.35	0.7	0.32
8+530 - 8+540	36	0.4	0.66	0.34
8+540 - 8+550	31.8	0.51	0.73	0.4

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
8+550 - 8+560	26.9	0.51	0.79	0.39
8+560 - 8+570	16.8	0.69	0.79	0.46
8+570 - 8+580	-	0.37	0.86	-
8+580 - 8+590	3.5	0.37	0.92	0.27
8+590 - 8+600	2.9	0.57	0.89	0.36
8+600 - 8+610	6.6	0.39	0.86	0.28
8+610 - 8+620	5.5	0.37	0.86	0.27
8+620 - 8+630	8.3	0.38	0.8	0.27
8+630 - 8+640	8	0.49	0.73	0.31
8+640 - 8+650	8	0.34	0.78	0.25
8+650 - 8+660	8	0.33	0.83	0.25
8+660 - 8+670	-	0.28	0.83	-
8+670 - 8+680	-	0.3	0.9	-
8+680 - 8+690	0.5	0.38	0.97	0.27
8+690 - 8+700	1.8	0.29	0.94	0.23
8+700 - 8+710	7.6	0.3	0.91	0.24
8+710 - 8+720	9.5	0.37	0.91	0.28
8+720 - 8+730	10.2	0.31	0.84	0.24
8+730 - 8+740	15	0.28	0.76	0.23
8+740 - 8+750	17.3	0.29	0.7	0.24
8+750 - 8+760	18.5	0.27	0.65	0.22
8+760 - 8+770	20.5	0.28	0.65	0.23
8+770 - 8+780	22.8	0.45	0.6	0.32
8+780 - 8+790	24.9	0.33	0.56	0.26
8+790 - 8+800	26.7	0.35	0.59	0.28
8+800 - 8+810	27.4	0.38	0.61	0.3
8+810 - 8+820	26.7	0.39	0.61	0.3
8+820 - 8+830	25.4	0.39	0.59	0.29

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
8+830 - 8+840	25.4	0.42	0.56	0.31
8+840 - 8+850	25.5	0.42	0.57	0.31
8+850 - 8+860	26.9	0.5	0.59	0.36
8+860 - 8+870	26.3	0.52	0.59	0.37
8+870 - 8+880	28.7	0.38	0.59	0.3
8+880 - 8+890	30	0.39	0.6	0.31
8+890 - 8+900	30	0.38	0.62	0.31
8+900 - 8+910	31	0.34	0.64	0.29
8+910 - 8+920	31.1	0.41	0.64	0.33
8+920 - 8+930	29.1	0.48	0.63	0.37
8+930 - 8+940	23	0.42	0.61	0.31
8+940 - 8+950	19.3	0.39	0.63	0.28
8+950 - 8+960	19	0.38	0.65	0.28
8+960 - 8+970	20.8	0.39	0.65	0.29
8+970 - 8+980	22.8	0.41	0.63	0.3
8+980 - 8+990	21.8	0.42	0.62	0.31
8+990 - 9+000	17	0.36	0.56	0.25
9+000 - 9+010	17	0.36	0.5	0.24
9+010 - 9+020	20.5	0.35	0.5	0.25
9+020 - 9+030	24.5	0.34	0.5	0.25
9+030 - 9+040	27.2	0.39	0.5	0.28
9+040 - 9+050	29.5	0.4	0.51	0.3
9+050 - 9+060	31	0.42	0.52	0.32
9+060 - 9+070	32	0.45	0.52	0.34
9+070 - 9+080	33	0.45	0.49	0.34
9+080 - 9+090	34	0.43	0.47	0.33
9+090 - 9+100	34.9	0.41	0.47	0.32
9+100 - 9+110	34.8	0.46	0.47	0.35

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
9+110 - 9+120	34	0.46	0.47	0.34
9+120 - 9+130	33.7	0.42	0.47	0.32
9+130 - 9+140	33	0.42	0.47	0.32
9+140 - 9+150	32.1	0.41	0.53	0.32
9+150 - 9+160	32	0.4	0.59	0.32
9+160 - 9+170	31.7	0.38	0.59	0.31
9+170 - 9+180	32.2	0.38	0.59	0.31
9+180 - 9+190	33.7	0.38	0.6	0.32
9+190 - 9+200	35.4	0.4	0.61	0.33
9+200 - 9+210	37.3	0.41	0.62	0.35
9+210 - 9+220	38.5	0.42	0.62	0.36
9+220 - 9+230	39.1	0.42	0.63	0.37
9+230 - 9+240	40	0.41	0.65	0.37
9+240 - 9+250	40.1	0.41	0.63	0.37
9+250 - 9+260	40.1	0.41	0.6	0.36
9+260 - 9+270	40.7	0.4	0.6	0.35
9+270 - 9+280	41	0.38	0.63	0.34
9+280 - 9+290	42	0.37	0.65	0.34
9+290 - 9+300	42.1	0.36	0.69	0.34
9+300 - 9+310	43.7	0.35	0.74	0.34
9+310 - 9+320	44.8	0.35	0.74	0.35
9+320 - 9+330	45.9	0.34	0.74	0.34
9+330 - 9+340	47.2	0.33	0.74	0.33
9+340 - 9+350	48.3	0.36	0.69	0.36
9+350 - 9+360	49	0.33	0.65	0.34
9+360 - 9+370	50	0.34	0.65	0.36
9+370 - 9+380	51.3	0.33	0.64	0.34
9+380 - 9+390	51.8	0.32	0.64	0.34

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
9+390 - 9+400	52.5	0.34	0.66	0.36
9+400 - 9+410	53.3	0.38	0.69	0.4
9+410 - 9+420	54	0.37	0.69	0.39
9+420 - 9+430	55	0.34	0.67	0.37
9+430 - 9+440	55.5	0.33	0.65	0.36
9+440 - 9+450	56	0.33	0.67	0.36
9+450 - 9+460	55.5	0.33	0.7	0.36
9+460 - 9+470	55.6	0.28	0.7	0.32
9+470 - 9+480	55.2	0.28	0.67	0.33
9+480 - 9+490	56	0.26	0.65	0.3
9+490 - 9+500	56	0.25	0.7	0.3
9+500 - 9+510	56.4	0.23	0.75	0.28
9+510 - 9+520	56.1	0.21	0.75	0.27
9+520 - 9+530	56.1	0.27	0.71	0.31
9+530 - 9+540	56.4	0.21	0.66	0.27
9+540 - 9+550	56.4	0.5	0.7	0.52
9+550 - 9+560	55.8	0.3	0.74	0.35
9+560 - 9+570	55.5	0.2	0.74	0.25
9+570 - 9+580	54.9	0.2	0.71	0.26
9+580 - 9+590	54.6	0.2	0.67	0.25
9+590 - 9+600	54.4	0.18	0.71	0.24
9+600 - 9+610	54.4	0.2	0.74	0.25
9+610 - 9+620	53.7	0.22	0.74	0.27
9+620 - 9+630	53.1	0.18	0.72	0.24
9+630 - 9+640	53.1	0.2	0.71	0.24
9+640 - 9+650	53.6	0.21	0.75	0.26
9+650 - 9+660	53.5	0.18	0.8	0.23
9+660 - 9+670	53.6	0.21	0.8	0.26

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
9+670 - 9+680	54.3	0.2	0.8	0.26
9+680 - 9+690	54.6	0.2	0.79	0.25
9+690 - 9+700	55	0.2	0.81	0.25
9+700 - 9+710	55	0.21	0.83	0.26
9+710 - 9+720	55	0.22	0.83	0.27
9+720 - 9+730	55.3	0.23	0.83	0.28
9+730 - 9+740	55.9	0.23	0.83	0.28
9+740 - 9+750	56	0.23	0.84	0.28
9+750 - 9+760	56	0.23	0.85	0.28
9+760 - 9+770	55.2	0.26	0.85	0.31
9+770 - 9+780	54.3	0.24	0.83	0.29
9+780 - 9+790	53.4	0.24	0.8	0.28
9+790 - 9+800	53	0.23	0.8	0.28
9+800 - 9+810	53.3	0.23	0.79	0.27
9+810 - 9+820	53.8	0.23	0.79	0.28
9+820 - 9+830	53.4	0.26	0.78	0.3
9+830 - 9+840	53	0.26	0.77	0.3
9+840 - 9+850	52.9	0.23	0.72	0.27
9+850 - 9+860	53	0.23	0.67	0.28
9+860 - 9+870	53	0.25	0.67	0.29
9+870 - 9+880	52.4	0.32	0.67	0.34
9+880 - 9+890	51.8	0.27	0.67	0.3
9+890 - 9+900	51.1	0.25	0.67	0.28
9+900 - 9+910	51	0.24	0.67	0.28
9+910 - 9+920	50	0.24	0.67	0.27
9+920 - 9+930	50	0.27	0.69	0.29
9+930 - 9+940	49.6	0.26	0.71	0.29
9+940 - 9+950	49.3	0.27	0.75	0.3

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
9+950 - 9+960	49.1	0.25	0.79	0.28
9+960 - 9+970	49	0.25	0.79	0.28
9+970 - 9+980	49.2	0.25	0.78	0.28
9+980 - 9+990	49.2	0.24	0.78	0.28
9+990 - 10+000	49.4	0.28	0.74	0.3
10+000 - 10+010	48.9	0.27	0.7	0.29
10+010 - 10+020	47.9	0.27	0.7	0.29
10+020 - 10+030	47	0.28	0.63	0.29
10+030 - 10+040	46.2	0.24	0.57	0.26
10+040 - 10+050	46.4	0.25	0.58	0.27
10+050 - 10+060	46.3	0.24	0.59	0.26
10+060 - 10+070	45.9	0.24	0.59	0.26
10+070 - 10+080	45.5	0.28	0.58	0.29
10+080 - 10+090	42.8	0.41	0.57	0.37
10+090 - 10+100	39.6	0.27	0.57	0.26
10+100 - 10+110	38.9	0.23	0.57	0.23
10+110 - 10+120	37.4	0.26	0.57	0.25
10+120 - 10+130	35.6	0.21	0.78	0.23
10+130 - 10+140	33.8	0.26	1	0.27
10+140 - 10+150	30.6	0.26	0.99	0.26
10+150 - 10+160	28.5	0.26	0.98	0.26
10+160 - 10+170	24.9	0.31	0.98	0.28
10+170 - 10+180	20.3	0.35	1.07	0.3
10+180 - 10+190	13.3	0.27	1.17	0.25
10+190 - 10+200	11.9	0.24	1.06	0.23
10+200 - 10+210	16.1	0.23	0.95	0.22
10+210 - 10+220	22.4	0.18	0.95	0.2
10+220 - 10+230	28.2	0.2	0.84	0.21

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
10+230 - 10+240	32	0.2	0.73	0.21
10+240 - 10+250	34.5	0.18	0.72	0.2
10+250 - 10+260	34.8	0.19	0.71	0.21
10+260 - 10+270	34	0.19	0.71	0.21
10+270 - 10+280	33.8	0.17	0.66	0.19
10+280 - 10+290	35	0.18	0.61	0.2
10+290 - 10+300	36	0.2	0.59	0.21
10+300 - 10+310	36	0.22	0.58	0.22
10+310 - 10+320	35.3	0.23	0.58	0.23
10+320 - 10+330	35	0.23	0.56	0.22
10+330 - 10+340	35	0.23	0.55	0.23
10+340 - 10+350	35	0.23	0.58	0.23
10+350 - 10+360	35.9	0.23	0.6	0.23
10+360 - 10+370	35.2	0.26	0.6	0.25
10+370 - 10+380	35	0.27	0.59	0.25
10+380 - 10+390	34.3	0.32	0.57	0.28
10+390 - 10+400	32.8	0.33	0.58	0.28
10+400 - 10+410	30.9	0.28	0.59	0.25
10+410 - 10+420	29.2	0.27	0.59	0.23
10+420 - 10+430	28	0.27	0.55	0.23
10+430 - 10+440	27	0.28	0.52	0.23
10+440 - 10+450	24.4	0.36	0.56	0.27
10+450 - 10+460	17.8	0.37	0.6	0.26
10+460 - 10+470	13.1	0.38	0.6	0.26
10+470 - 10+480	8.5	0.34	0.58	0.23
10+480 - 10+490	14.6	0.29	0.56	0.21
10+490 - 10+500	20.8	0.27	0.54	0.21
10+500 - 10+510	22	0.28	0.52	0.22

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
10+510 - 10+520	25.9	0.24	0.52	0.21
10+520 - 10+530	30.4	0.28	0.54	0.24
10+530 - 10+540	33.4	0.25	0.57	0.23
10+540 - 10+550	35	0.26	0.54	0.24
10+550 - 10+560	35	0.3	0.51	0.26
10+560 - 10+570	35.1	0.27	0.51	0.24
10+570 - 10+580	36.7	0.25	0.52	0.24
10+580 - 10+590	38.2	0.24	0.53	0.24
10+590 - 10+600	40	0.22	0.56	0.23
10+600 - 10+610	41.4	0.2	0.59	0.22
10+610 - 10+620	42.3	0.21	0.59	0.23
10+620 - 10+630	43	0.2	0.56	0.22
10+630 - 10+640	44	0.21	0.53	0.23
10+640 - 10+650	44	0.23	0.54	0.24
10+650 - 10+660	44.1	0.22	0.56	0.24
10+660 - 10+670	44.6	0.22	0.56	0.24
10+670 - 10+680	44.9	0.22	0.54	0.24
10+680 - 10+690	45.8	0.21	0.53	0.24
10+690 - 10+700	46.2	0.2	0.54	0.22
10+700 - 10+710	46.2	0.21	0.56	0.24
10+710 - 10+720	46	0.18	0.56	0.22
10+720 - 10+730	46.1	0.17	0.57	0.21
10+730 - 10+740	47	0.2	0.59	0.24
10+740 - 10+750	47.1	0.2	0.58	0.23
10+750 - 10+760	47.6	0.2	0.58	0.24
10+760 - 10+770	48	0.2	0.58	0.24
10+770 - 10+780	47.4	0.24	0.59	0.27
10+780 - 10+790	47.7	0.23	0.6	0.26

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
10+790 - 10+800	47.9	0.23	0.63	0.26
10+800 - 10+810	48.5	0.23	0.65	0.26
10+810 - 10+820	48.9	0.23	0.65	0.26
10+820 - 10+830	48	0.23	0.62	0.26
10+830 - 10+840	48	0.21	0.59	0.24
10+840 - 10+850	48	0.2	0.61	0.24
10+850 - 10+860	48.6	0.18	0.64	0.22
10+860 - 10+870	49	0.18	0.64	0.23
10+870 - 10+880	49	0.2	0.67	0.24
10+880 - 10+890	49.4	0.18	0.7	0.22
10+890 - 10+900	49	0.17	0.67	0.22
10+900 - 10+910	49.4	0.17	0.65	0.22
10+910 - 10+920	49	0.18	0.65	0.23
10+920 - 10+930	48.2	0.18	0.64	0.22
10+930 - 10+940	47.6	0.2	0.63	0.24
10+940 - 10+950	45.3	0.23	0.63	0.26
10+950 - 10+960	44.3	0.19	0.64	0.22
10+960 - 10+970	45.3	0.16	0.64	0.2
10+970 - 10+980	46.6	0.14	0.64	0.19
10+980 - 10+990	47.7	0.14	0.65	0.19
10+990 - 11+000	48.2	0.15	0.64	0.2
11+000 - 11+010	48.9	0.16	0.64	0.21
11+010 - 11+020	48.9	0.17	0.64	0.22
11+020 - 11+030	47.8	0.17	0.66	0.21
11+030 - 11+040	47	0.16	0.67	0.2
11+040 - 11+050	46.2	0.17	0.65	0.21
11+050 - 11+060	45.3	0.16	0.62	0.2
11+060 - 11+070	44.7	0.15	0.62	0.2

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
11+070 - 11+080	44	0.15	0.62	0.19
11+080 - 11+090	43.9	0.18	0.61	0.21
11+090 - 11+100	43.4	0.2	0.59	0.22
11+100 - 11+110	43	0.2	0.57	0.23
11+110 - 11+120	42.9	0.17	0.57	0.2
11+120 - 11+130	42.4	0.18	0.59	0.21
11+130 - 11+140	42	0.2	0.62	0.23
11+140 - 11+150	41.7	0.24	0.62	0.25
11+150 - 11+160	41	0.27	0.61	0.27
11+160 - 11+170	40.6	0.24	0.61	0.25
11+170 - 11+180	40	0.25	0.62	0.25
11+180 - 11+190	39.3	0.23	0.62	0.24
11+190 - 11+200	39.6	0.22	0.65	0.23
11+200 - 11+210	40	0.23	0.67	0.24
11+210 - 11+220	39.4	0.24	0.67	0.25
11+220 - 11+230	38.8	0.2	0.65	0.22
11+230 - 11+240	38	0.22	0.62	0.23
11+240 - 11+250	37.5	0.27	0.65	0.26
11+250 - 11+260	37	0.34	0.68	0.31
11+260 - 11+270	36.2	0.33	0.68	0.3
11+270 - 11+280	36	0.36	0.65	0.32
11+280 - 11+290	35	0.34	0.61	0.3
11+290 - 11+300	34.8	0.34	0.59	0.29
11+300 - 11+310	35	0.34	0.56	0.29
11+310 - 11+320	35.3	0.3	0.56	0.27
11+320 - 11+330	36.9	0.26	0.55	0.25
11+330 - 11+340	38.8	0.28	0.54	0.26
11+340 - 11+350	40.4	0.27	0.54	0.26

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
11+350 - 11+360	41.2	0.28	0.54	0.27
11+360 - 11+370	42	0.26	0.54	0.26
11+370 - 11+380	42.4	0.28	0.53	0.28
11+380 - 11+390	42	0.3	0.52	0.29
11+390 - 11+400	42.5	0.3	0.51	0.29
11+400 - 11+410	42.9	0.3	0.51	0.29
11+410 - 11+420	42.8	0.32	0.51	0.3
11+420 - 11+430	43	0.31	0.5	0.29
11+430 - 11+440	43.8	0.31	0.49	0.3
11+440 - 11+450	44.8	0.32	0.49	0.3
11+450 - 11+460	45.9	0.29	0.49	0.29
11+460 - 11+470	47.1	0.24	0.49	0.26
11+470 - 11+480	48.5	0.25	0.51	0.27
11+480 - 11+490	49.3	0.24	0.53	0.27
11+490 - 11+500	50	0.26	0.51	0.28
11+500 - 11+510	50.7	0.28	0.5	0.3
11+510 - 11+520	50.8	0.28	0.5	0.3
11+520 - 11+530	51.1	0.24	0.53	0.27
11+530 - 11+540	51.7	0.23	0.55	0.26
11+540 - 11+550	52.3	0.27	0.53	0.3
11+550 - 11+560	52.8	0.31	0.52	0.33
11+560 - 11+570	53.3	0.33	0.52	0.35
11+570 - 11+580	53	0.33	0.57	0.35
11+580 - 11+590	53	0.3	0.63	0.33
11+590 - 11+600	53.4	0.28	0.61	0.31
11+600 - 11+610	53.7	0.32	0.59	0.35
11+610 - 11+620	53.7	0.29	0.59	0.32
11+620 - 11+630	53.9	0.3	0.61	0.33

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
11+630 - 11+640	54	0.27	0.63	0.3
11+640 - 11+650	53.9	0.29	0.58	0.32
11+650 - 11+660	53.7	0.28	0.53	0.31
11+660 - 11+670	53.1	0.32	0.53	0.34
11+670 - 11+680	53	0.29	0.6	0.32
11+680 - 11+690	52.1	0.33	0.67	0.35
11+690 - 11+700	51.8	0.3	0.64	0.33
11+700 - 11+710	51	0.29	0.61	0.32
11+710 - 11+720	50.8	0.32	0.61	0.34
11+720 - 11+730	50.2	0.28	0.59	0.31
11+730 - 11+740	50	0.28	0.58	0.31
11+740 - 11+750	49.8	0.27	0.58	0.29
11+750 - 11+760	49	0.28	0.58	0.3
11+760 - 11+770	49.5	0.33	0.58	0.34
11+770 - 11+780	49.4	0.28	0.58	0.3
11+780 - 11+790	49.3	0.33	0.59	0.33
11+790 - 11+800	48.8	0.31	0.88	0.33
11+800 - 11+810	48.8	0.33	1.18	0.35
11+810 - 11+820	48.7	0.3	1.18	0.33
11+820 - 11+830	48.2	0.33	1.24	0.36
11+830 - 11+840	47.9	0.34	1.31	0.36
11+840 - 11+850	46.9	0.37	1.26	0.39
11+850 - 11+860	46	0.32	1.22	0.34
11+860 - 11+870	45.1	0.33	1.22	0.34
11+870 - 11+880	45	0.35	1.24	0.37
11+880 - 11+890	44.7	0.42	1.25	0.42
11+890 - 11+900	44.6	0.36	1.14	0.37
11+900 - 11+910	46.5	0.54	1.04	0.51

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
11+910 - 11+920	45	0.46	1.04	0.44
11+920 - 11+930	44.7	0.5	1.1	0.48
11+930 - 11+940	44.1	0.52	1.16	0.5
11+940 - 11+950	43.6	0.32	1.27	0.33
11+950 - 11+960	44.3	0.53	1.39	0.51
11+960 - 11+970	45.5	0.39	1.39	0.4
11+970 - 11+980	45.8	0.38	1.27	0.39
11+980 - 11+990	45.7	0.38	1.15	0.38
11+990 - 12+000	46	0.39	1.05	0.39
12+000 - 12+010	45.8	0.39	0.95	0.39
12+010 - 12+020	46.3	0.4	0.95	0.4
12+020 - 12+030	46.5	0.4	0.91	0.39
12+030 - 12+040	47	0.36	0.88	0.37
12+040 - 12+050	47.8	0.56	0.87	0.52
12+050 - 12+060	47.4	0.39	0.85	0.39
12+060 - 12+070	48	0.28	0.85	0.3
12+070 - 12+080	47.8	0.26	0.78	0.29
12+080 - 12+090	48.7	0.34	0.7	0.35
12+090 - 12+100	49.1	0.33	0.73	0.34
12+100 - 12+110	49.3	0.57	0.76	0.54
12+110 - 12+120	49.3	0.47	0.76	0.45
12+120 - 12+130	49	0.26	0.71	0.28
12+130 - 12+140	50	0.26	0.66	0.28
12+140 - 12+150	50	0.24	0.66	0.28
12+150 - 12+160	50.8	0.27	0.65	0.3
12+160 - 12+170	51.3	0.29	0.65	0.32
12+170 - 12+180	50.8	0.27	0.62	0.29
12+180 - 12+190	51	0.26	0.59	0.29

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
12+190 - 12+200	50.7	0.3	0.58	0.32
12+200 - 12+210	51.2	0.27	0.57	0.3
12+210 - 12+220	51.1	0.34	0.57	0.36
12+220 - 12+230	51.3	0.28	0.61	0.31
12+230 - 12+240	50.6	0.29	0.65	0.32
12+240 - 12+250	50.8	0.27	0.7	0.3
12+250 - 12+260	50.3	0.28	0.75	0.31
12+260 - 12+270	50.5	0.29	0.75	0.32
12+270 - 12+280	50.2	0.23	0.84	0.27
12+280 - 12+290	50.4	0.26	0.92	0.29
12+290 - 12+300	50.4	0.24	0.83	0.28
12+300 - 12+310	49.8	0.29	0.74	0.31
12+310 - 12+320	49.4	0.42	0.74	0.42
12+320 - 12+330	48.7	0.29	0.66	0.31
12+330 - 12+340	48.6	0.33	0.59	0.34
12+340 - 12+350	48.4	0.38	0.58	0.37
12+350 - 12+360	48.8	0.22	0.57	0.25
12+360 - 12+370	48.6	0.24	0.57	0.27
12+370 - 12+380	48.5	0.32	0.56	0.33
12+380 - 12+390	48.6	0.2	0.56	0.23
12+390 - 12+400	48.5	0.2	0.57	0.23
12+400 - 12+410	49	0.21	0.58	0.24
12+410 - 12+420	49.1	0.19	0.58	0.23
12+420 - 12+430	49.5	0.15	0.58	0.2
12+430 - 12+440	49.8	0.15	0.59	0.2
12+440 - 12+450	49.9	0.18	0.58	0.23
12+450 - 12+460	49.6	0.2	0.58	0.24
12+460 - 12+470	48.4	0.2	0.58	0.23

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
12+470 - 12+480	47.9	0.2	0.58	0.24
12+480 - 12+490	47	0.19	0.59	0.22
12+490 - 12+500	46.2	0.21	0.6	0.24
12+500 - 12+510	45.5	0.21	0.61	0.24
12+510 - 12+520	44.3	0.2	0.61	0.23
12+520 - 12+530	44	0.2	0.62	0.23
12+530 - 12+540	44	0.18	0.62	0.22
12+540 - 12+550	44	0.18	0.63	0.22
12+550 - 12+560	44.3	0.2	0.65	0.23
12+560 - 12+570	45	0.18	0.65	0.22
12+570 - 12+580	45	0.2	0.63	0.23
12+580 - 12+590	44.9	0.21	0.61	0.24
12+590 - 12+600	44.8	0.24	0.59	0.26
12+600 - 12+610	44.5	0.18	0.56	0.21
12+610 - 12+620	44	0.17	0.56	0.2
12+620 - 12+630	44	0.18	0.55	0.21
12+630 - 12+640	44	0.2	0.54	0.22
12+640 - 12+650	44.3	0.2	0.56	0.22
12+650 - 12+660	44.3	0.16	0.57	0.2
12+660 - 12+670	45	0.16	0.57	0.2
12+670 - 12+680	45.3	0.14	0.56	0.19
12+680 - 12+690	46.2	0.15	0.56	0.19
12+690 - 12+700	46.9	0.15	0.56	0.19
12+700 - 12+710	47.3	0.15	0.57	0.19
12+710 - 12+720	48	0.15	0.57	0.2
12+720 - 12+730	48.7	0.17	0.61	0.21
12+730 - 12+740	48.7	0.15	0.65	0.2
12+740 - 12+750	48.5	0.17	0.63	0.22

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
12+750 - 12+760	48	0.17	0.61	0.21
12+760 - 12+770	48.1	0.17	0.61	0.21
12+770 - 12+780	48.2	0.15	0.62	0.2
12+780 - 12+790	48.1	0.14	0.62	0.19
12+790 - 12+800	48.3	0.18	0.65	0.23
12+800 - 12+810	48.5	0.2	0.67	0.23
12+810 - 12+820	49.2	0.2	0.67	0.24
12+820 - 12+830	49.5	0.2	0.65	0.24
12+830 - 12+840	49.9	0.24	0.63	0.27
12+840 - 12+850	49.8	0.23	0.62	0.26
12+850 - 12+860	49.8	0.22	0.61	0.25
12+860 - 12+870	49.9	0.21	0.61	0.25
12+870 - 12+880	49.3	0.24	0.62	0.27
12+880 - 12+890	49	0.26	0.62	0.28
12+890 - 12+900	48	0.24	0.62	0.27
12+900 - 12+910	47.8	0.24	0.61	0.27
12+910 - 12+920	47.1	0.23	0.61	0.26
12+920 - 12+930	47	0.22	0.61	0.25
12+930 - 12+940	47	0.2	0.6	0.24
12+940 - 12+950	47	0.19	0.59	0.22
12+950 - 12+960	47	0.21	0.59	0.24
12+960 - 12+970	47	0.2	0.59	0.24
12+970 - 12+980	46	0.2	0.63	0.24
12+980 - 12+990	46	0.21	0.67	0.24
12+990 - 13+000	45.8	0.2	0.65	0.24
13+000 - 13+010	46	0.22	0.63	0.25
13+010 - 13+020	46	0.2	0.63	0.24
13+020 - 13+030	45.3	0.17	0.61	0.21

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
13+030 - 13+040	45.8	0.17	0.59	0.2
13+040 - 13+050	46	0.19	0.63	0.22
13+050 - 13+060	45.8	0.21	0.66	0.24
13+060 - 13+070	45	0.21	0.66	0.24
13+070 - 13+080	43.9	0.22	0.7	0.24
13+080 - 13+090	43.8	0.23	0.73	0.25
13+090 - 13+100	44.9	0.17	0.74	0.21
13+100 - 13+110	45.9	0.17	0.74	0.21
13+110 - 13+120	47	0.15	0.74	0.2
13+120 - 13+130	47.7	0.15	0.77	0.2
13+130 - 13+140	48	0.17	0.79	0.22
13+140 - 13+150	48.8	0.2	0.78	0.24
13+150 - 13+160	48.5	0.23	0.77	0.26
13+160 - 13+170	48.3	0.21	0.77	0.25
13+170 - 13+180	48.5	0.2	0.72	0.24
13+180 - 13+190	49	0.23	0.67	0.26
13+190 - 13+200	48.6	0.23	0.68	0.26
13+200 - 13+210	47.8	0.38	0.69	0.38
13+210 - 13+220	48.3	0.73	0.69	0.66
13+220 - 13+230	47.3	0.51	0.69	0.47
13+230 - 13+240	47.8	0.24	0.7	0.27
13+240 - 13+250	48.8	0.24	0.68	0.27
13+250 - 13+260	49.6	0.23	0.66	0.27
13+260 - 13+270	50	0.22	0.66	0.26
13+270 - 13+280	50.1	0.22	0.68	0.26
13+280 - 13+290	50	0.2	0.7	0.25
13+290 - 13+300	50	0.24	0.69	0.27
13+300 - 13+310	50.6	0.22	0.67	0.26

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
13+310 - 13+320	50.4	0.23	0.67	0.26
13+320 - 13+330	50	0.24	0.65	0.27
13+330 - 13+340	49.1	0.23	0.63	0.26
13+340 - 13+350	49.2	0.25	0.63	0.28
13+350 - 13+360	49.3	0.2	0.64	0.23
13+360 - 13+370	48.9	0.2	0.64	0.24
13+370 - 13+380	48.1	0.21	0.63	0.24
13+380 - 13+390	48	0.23	0.63	0.26
13+390 - 13+400	48	0.23	0.63	0.26
13+400 - 13+410	48	0.23	0.63	0.26
13+410 - 13+420	48.1	0.2	0.63	0.23
13+420 - 13+430	48	0.18	0.66	0.22
13+430 - 13+440	48	0.23	0.7	0.26
13+440 - 13+450	48.7	0.23	0.72	0.26
13+450 - 13+460	48.5	0.23	0.74	0.26
13+460 - 13+470	49	0.23	0.74	0.27
13+470 - 13+480	49.3	0.24	0.69	0.28
13+480 - 13+490	49.2	0.27	0.64	0.29
13+490 - 13+500	49	0.21	0.67	0.25
13+500 - 13+510	48.8	0.2	0.7	0.24
13+510 - 13+520	49.1	0.2	0.7	0.24
13+520 - 13+530	49.1	0.2	0.69	0.24
13+530 - 13+540	49.2	0.21	0.67	0.25
13+540 - 13+550	49.4	0.23	0.68	0.26
13+550 - 13+560	49.5	0.24	0.69	0.27
13+560 - 13+570	49.5	0.23	0.69	0.26
13+570 - 13+580	49	0.23	0.66	0.26
13+580 - 13+590	48.9	0.2	0.63	0.24

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
13+590 - 13+600	48.1	0.2	0.66	0.24
13+600 - 13+610	48	0.23	0.69	0.26
13+610 - 13+620	48	0.21	0.69	0.25
13+620 - 13+630	47.9	0.22	0.68	0.25
13+630 - 13+640	47.4	0.23	0.66	0.26
13+640 - 13+650	47	0.23	0.66	0.26
13+650 - 13+660	47	0.23	0.66	0.26
13+660 - 13+670	47	0.23	0.66	0.26
13+670 - 13+680	47.1	0.21	0.65	0.24
13+680 - 13+690	47.6	0.21	0.64	0.24
13+690 - 13+700	47.7	0.23	0.66	0.26
13+700 - 13+710	47.8	0.24	0.68	0.27
13+710 - 13+720	47.7	0.23	0.68	0.26
13+720 - 13+730	47.3	0.25	0.72	0.28
13+730 - 13+740	47.1	0.23	0.76	0.26
13+740 - 13+750	46.9	0.28	0.75	0.29
13+750 - 13+760	47.3	0.23	0.73	0.26
13+760 - 13+770	47.5	0.21	0.73	0.25
13+770 - 13+780	48	0.23	0.7	0.26
13+780 - 13+790	48	0.24	0.67	0.27
13+790 - 13+800	48.1	0.23	0.72	0.26
13+800 - 13+810	48.7	0.23	0.76	0.26
13+810 - 13+820	49	0.23	0.76	0.26
13+820 - 13+830	49	0.22	0.78	0.26
13+830 - 13+840	49	0.23	0.79	0.27
13+840 - 13+850	48.3	0.21	0.79	0.25
13+850 - 13+860	48.4	0.18	0.79	0.22
13+860 - 13+870	48.8	0.17	0.79	0.22

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
13+870 - 13+880	49	0.17	0.8	0.22
13+880 - 13+890	49	0.17	0.81	0.22
13+890 - 13+900	49.8	0.2	0.77	0.24
13+900 - 13+910	50	0.23	0.73	0.26
13+910 - 13+920	50.1	0.27	0.73	0.3
13+920 - 13+930	50.8	0.23	0.77	0.27
13+930 - 13+940	51	0.23	0.8	0.27
13+940 - 13+950	50.9	0.21	0.83	0.25
13+950 - 13+960	50.3	0.2	0.85	0.25
13+960 - 13+970	49.7	0.2	0.85	0.24
13+970 - 13+980	48.9	0.21	0.81	0.25
13+980 - 13+990	48.1	0.27	0.77	0.29
13+990 - 14+000	47.5	0.21	0.76	0.25
14+000 - 14+010	47	0.2	0.76	0.23
14+010 - 14+020	46.1	0.19	0.76	0.23
14+020 - 14+030	46	0.18	0.72	0.22
14+030 - 14+040	46	0.17	0.68	0.21
14+040 - 14+050	46	0.18	0.72	0.22
14+050 - 14+060	45.9	0.24	0.76	0.27
14+060 - 14+070	45.4	0.22	0.76	0.25
14+070 - 14+080	45	0.19	0.75	0.23
14+080 - 14+090	45.3	0.18	0.74	0.22
14+090 - 14+100	45.3	0.2	0.72	0.23
14+100 - 14+110	45.3	0.26	0.71	0.27
14+110 - 14+120	44.9	0.2	0.71	0.23
14+120 - 14+130	44.6	0.14	0.72	0.19
14+130 - 14+140	45	0.16	0.72	0.2
14+140 - 14+150	45	0.18	0.69	0.22

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
14+150 - 14+160	44.5	0.22	0.65	0.24
14+160 - 14+170	44	0.21	0.65	0.24
14+170 - 14+180	44.8	0.2	0.7	0.23
14+180 - 14+190	45	0.18	0.75	0.22
14+190 - 14+200	45.3	0.21	0.72	0.24
14+200 - 14+210	45	0.28	0.69	0.29
14+210 - 14+220	45	0.23	0.69	0.26
14+220 - 14+230	44.5	0.22	0.72	0.25
14+230 - 14+240	44.2	0.23	0.75	0.26
14+240 - 14+250	43.9	0.21	0.76	0.24
14+250 - 14+260	43	0.21	0.77	0.24
14+260 - 14+270	42.1	0.2	0.77	0.23
14+270 - 14+280	42	0.2	0.76	0.22
14+280 - 14+290	42	0.2	0.76	0.23
14+290 - 14+300	42	0.2	0.76	0.23
14+300 - 14+310	42.9	0.18	0.76	0.22
14+310 - 14+320	43	0.19	0.76	0.22
14+320 - 14+330	43.1	0.2	0.73	0.23
14+330 - 14+340	43.7	0.22	0.71	0.24
14+340 - 14+350	44	0.21	0.7	0.24
14+350 - 14+360	44.2	0.2	0.7	0.23
14+360 - 14+370	44.8	0.2	0.7	0.23
14+370 - 14+380	45	0.17	0.67	0.21
14+380 - 14+390	45.1	0.19	0.64	0.22
14+390 - 14+400	45.5	0.21	0.64	0.24
14+400 - 14+410	45.3	0.24	0.65	0.26
14+410 - 14+420	44.6	0.28	0.65	0.28
14+420 - 14+430	43.9	0.25	0.69	0.27

ตารางที่ 1 ค่า Friction ราย 10 เมตร ทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 0+000 - 14+660 ระยะทาง 14.660 กม. (ต่อ)

Km. - Km.	Speed (km/h)	Coefficient of Friction (μ)	MPD	IFI
14+430 - 14+440	43	0.23	0.72	0.25
14+440 - 14+450	42.5	0.22	0.69	0.24
14+450 - 14+460	41.8	0.23	0.66	0.25
14+460 - 14+470	41	0.22	0.66	0.24
14+470 - 14+480	40.5	0.2	0.67	0.22
14+480 - 14+490	40	0.2	0.67	0.22
14+490 - 14+500	39.3	0.24	0.7	0.25
14+500 - 14+510	39.5	0.22	0.72	0.24
14+510 - 14+520	40	0.2	0.72	0.23
14+520 - 14+530	40	0.21	0.7	0.23
14+530 - 14+540	40	0.24	0.68	0.25
14+540 - 14+550	40.7	0.22	0.67	0.24
14+550 - 14+560	40.9	0.17	0.66	0.2
14+560 - 14+570	41	0.17	0.66	0.2
14+570 - 14+580	42	0.16	0.69	0.2
14+580 - 14+590	42.4	0.15	0.72	0.19
14+590 - 14+600	42.8	0.21	0.7	0.23
14+600 - 14+610	43	0.18	0.67	0.21
14+610 - 14+620	43	0.2	0.67	0.23
14+620 - 14+630	43	0.21	0.67	0.24
14+630 - 14+640	43.5	0.22	0.66	0.24
14+640 - 14+650	44	0.23	0.64	0.25
14+650 - 14+660	44.6	0.24	0.62	0.26

ภาคผนวก ง

เอกสารการทดสอบระบบ UAT (User Acceptance Test)

สำหรับระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

เอกสารตรวจสอบฟังก์ชันระบบตามขอบเขตการดำเนินงาน (TOR)
ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง

ตารางที่ 1 รายละเอียดการทดสอบระบบตาม TOR

ลำดับ	รายละเอียด	TOR	หน้า
1	**พัฒนาเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) สำหรับการคัดเลือกสายทาง เพื่อเลือกข้อมูล การสำรวจและข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์บริหารงานบำรุง พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการนำเข้า ตามความต้องการของกรมทางหลวง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้**		
1.1	รองรับการนำเข้า หรือเชื่อมโยงรูปแบบแผนรายประมาณการจากระบบ Plannet โดยระบบจะต้องรองรับการนำเข้าแผนรายประมาณการในรูปแบบที่ทางกรมทางหลวงกำหนด โดยจะต้องสามารถนำเข้า File ในรูปแบบ MS Excel หรือ CSV ได้เป็นอย่างน้อย	4.4.2	
1.2	ระบบจะต้องรองรับการเลือกแหล่งที่มาของฐานข้อมูลสภาพความเสียหายของสายทางพร้อมทั้งเปรียบเทียบข้อมูลที่ใช้ประกอบในการวิเคราะห์แผน การซ่อมบำรุงรักษา ทางหลวงจากแหล่งที่มาอย่างน้อย 2 แห่ง ได้แก่ ระบบ Roadnet และ ระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (MIIS)	4.4.2	
1.3	ระบบจะต้องรองรับตัวแปรในการคัดเลือกสายทาง ได้หลายเงื่อนไข อย่างน้อยดังนี้ O ตามลำดับชั้นทางหลวง O ปริมาณจราจร O จำนวนหลักทางหลวง O ช่วงค่า IRI O ร้อยละของค่า IRI ที่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด O ร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนัก O หมวดทางหลวง แขวงทางหลวง สำนักงานทางหลวง ส่วนบริหารการดำเนินงานส่วนภูมิภาคของสำนักบริหารบำรุงทาง ตามเขตการปกครอง เช่น จังหวัด เป็นต้น	4.4.2	
1.4	ระบบจะต้องสามารถเลือกสายทางในลักษณะของการวิเคราะห์รายโครงการ เพื่อรองรับ การจัดกลุ่มสายทางตามความต้องการของกรมทางหลวงในความละเอียดระดับเมตรได้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ให้สะดวกต่อการใช้งานยิ่งขึ้น เช่น วิเคราะห์ข้อมูลรายสายทางของหน่วยหลักและหน่วยงานย่อย	4.4.2	
1.5	ระบบจะต้องรองรับการบันทึกรูปแบบของการคัดเลือกสายทาง และสามารถเรียกดูสายทางที่ได้ทำการคัดเลือกได้แล้วย้อนหลังได้	4.4.2	
1.6	ระบบจะต้องสามารถแจกแจงและส่งออกค่าดัชนีและตัวแปรต่าง ๆ ที่จะนำเข้าสู่การวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงได้	4.4.2	
1.7	ระบบจะต้องสามารถอนุญาต ให้ผู้ใช้งานดำเนินการเลือกแผนงานที่มีความสำคัญในการซ่อมบำรุงให้นำไปวิเคราะห์ในระบบได้	4.4.2	

ตารางที่ 1 รายละเอียดการทดสอบระบบตาม TOR (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	TOR	หน้า
2	**งานพัฒนาระบบการวิเคราะห์ โดยระบบที่พัฒนาต้องสามารถรองรับการจัดทำแผนการบำรุงรักษาได้ตามระยะเวลาในการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบและเงื่อนไขมีความยืดหยุ่น ปรับเปลี่ยนตัวแปรในสมการและแบบจำลองรูปแบบในการซ่อมบำรุง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้**		
2.1	สามารถกำหนดรูปแบบการซ่อมบำรุงให้สอดคล้องกับปัจจุบันและสอดคล้องกับวิธีซ่อมบำรุงของหน่วยงาน	4.4.3	
2.2	รองรับการลด เพิ่มเติม และแก้ไขวิธีการซ่อมบำรุงและราคาต่อหน่วย รวมถึงการแก้ไขเกณฑ์การซ่อมบำรุงได้	4.4.3	
2.3	สามารถวิเคราะห์งบประมาณและความคุ้มค่าให้สอดคล้องกับเป้าหมายตามความต้องการ ของหน่วยงาน เช่น งบประมาณในการบำรุงรักษาเป้าหมายตามค่าความขรุขระสากล (IRI) ค่าความฝืดสากล (IFI) เป็นต้น	4.4.3	
2.4	ระบบจะต้องมีหน้าจอการตั้งค่าและการกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์การบริหารจัดการความเสียดทานผิวทาง ตามเกณฑ์การพิจารณาสภาพความเสียดทานของผิวทางที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดได้	4.4.3	
2.5	ผู้ใช้สามารถเลือกค่าผลรวมของผลประโยชน์ผู้ใช้ทางระหว่าง ค่าใช้จ่ายในการใช้รถ (Vehicle Operating Costs: VOC) มูลค่าเวลาในการเดินทาง (Value of Time: VOT มูลค่าความสูญเสียจากอุบัติเหตุ (Road Accident Cost: ACC) ได้	4.4.3	
2.6	ผู้ใช้สามารถเลือกแบบจำลองย่อย ในสมการหลักของ แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Road deterioration model) ได้	4.4.3	
2.7	รองรับการกำหนดเกณฑ์ค่า IRI หรือค่าความเสียหายต่างๆ เช่น หลุมบ่อ เป็นต้น ตามลำดับชั้นทางต่างๆ และสามารถวิเคราะห์งบประมาณตามลำดับชั้นทางต่าง ๆ ได้	4.4.3	
2.8	พัฒนาหน้าจอการวิเคราะห์รายสายทางอย่างง่าย เพื่ออำนวยความสะดวกของผู้ใช้งานระดับทั่วไป โดยเงื่อนไขการซ่อมบำรุงถูกกำหนดโดยผู้ดูแลระบบ	4.4.3	
2.9	ระบบจะต้องสามารถรองรับการบริหารจัดการระดับของผู้ใช้งานได้ (Level of ser)	4.4.3	

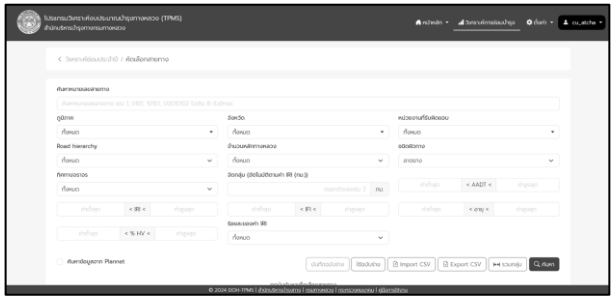
ตารางที่ 1 รายละเอียดการทดสอบระบบตาม TOR (ต่อ)

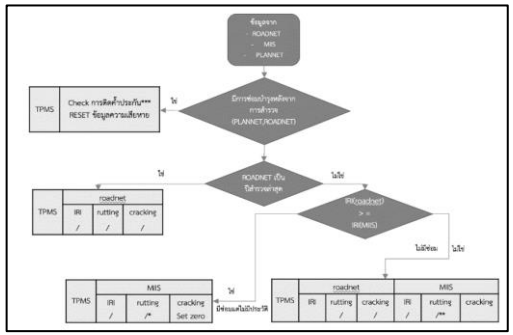
ลำดับ	รายละเอียด	TOR	หน้า
3	**งานพัฒนาระบบการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการส่งออกรายงาน โดยระบบที่พัฒนาจะต้องนำเสนอข้อมูลรูปแบบ เช่น แดชบอร์ด (Dashboard) กราฟ (Graph) แผนภูมิ (Chart) เพื่อนำเสนอผลการวิเคราะห์ในมิติต่าง ๆ ได้อย่างน้อยดังนี้**		
3.1	การแสดงผลการวิเคราะห์แยกตามข้อมูลที่ผู้ใช้กำหนดได้ เพื่อการจัดสรรงบประมาณ ได้เหมาะสมกับลักษณะของสายทาง โดยจะต้องสามารถจัดกลุ่มการแสดงผลได้อย่างน้อยดังต่อไปนี้ O ปริมาณจราจร O จำนวนหลักทางหลวง หรือ ลำดับชั้นทางหลวง O ช่วงดัชนีความขรุขระสากล (IRI) หรือดัชนีความฝืดสากล (IFI) O หมวดทางหลวง แขวงทางหลวง สำนักงานทางหลวง ส่วนบริหารการดำเนินงานส่วนภูมิภาคของสำนักบริหารบำรุงทาง ตามเขตการปกครอง เช่น จังหวัด เป็นต้น O ประเภทกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวง	4.4.4	
3.2	การแสดงผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงที่แนะนำโดยผู้ดูแลระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์สำหรับผู้ใช้ทั่วไป	4.4.4	
3.3	การแสดงการกระจายตัวของสายทางในระดับเกณฑ์คุณภาพต่าง ๆ ในรูปแบบของกราฟการกระจายตัวของระดับค่า IRI โดยจะต้องสามารถกำหนดกลุ่มสายทาง ตามปริมาณจราจร ประเภททางหลวง และร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนักได้	4.4.4	
3.4	การแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การยกระดับคุณภาพสายทางจากงบประมาณที่จัดสรร โดยแสดงค่า IRI ในงบประมาณต่าง ๆ และปีที่วิเคราะห์	4.4.4	
3.5	การแสดงกราฟ หรือสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณที่ต้องการกับตัวแปรต่าง ๆ ได้ อย่างน้อยดังนี้ ค่าร้อยละของค่า IRI ที่กำหนด และค่า IRI เฉลี่ย	4.4.4	
3.6	การแสดงผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงความต้องการของงบประมาณ ของทั้งผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต และผิวทางคอนกรีต	4.4.4	

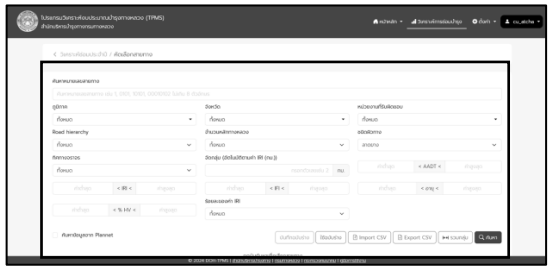
ตารางที่ 1 รายละเอียดการทดสอบระบบตาม TOR (ต่อ)

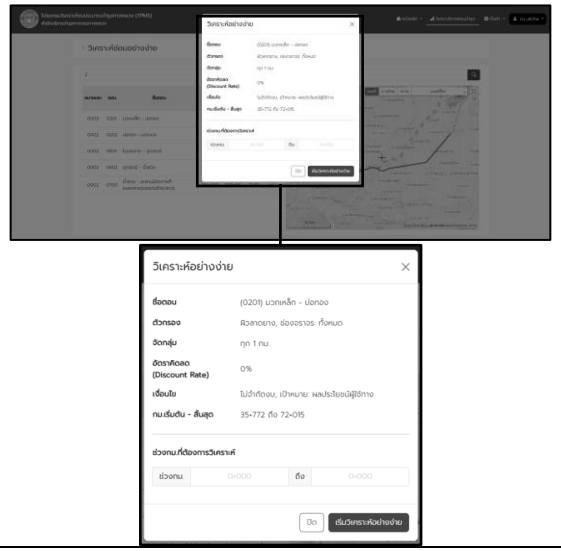
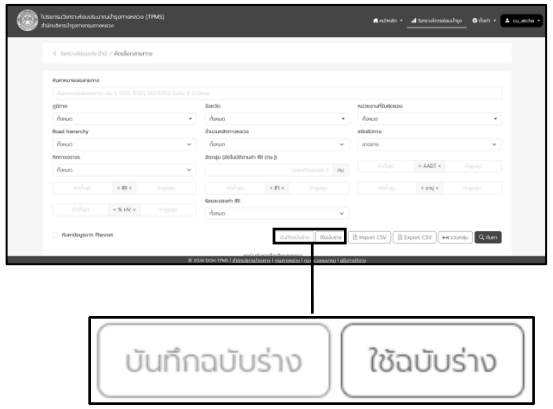
ลำดับ	รายละเอียด	TOR	หน้า
4	**สามารถแสดงผลการวิเคราะห์และส่งออกในรูปแบบต่าง ๆ ตามความต้องการของหน่วยงาน ยกตัวอย่าง ในรูปแบบ .pdf .JPEG .CSV ได้เป็นอย่างน้อยโดยประกอบด้วยรายงานในมิติอย่างน้อยดังต่อไปนี้**		
4.1	รายงานสรุป สภาพโครงข่ายทางหลวงทั้งประเทศ และรายสำนักงานทางหลวง แขวงทางหลวง หมวดทางหลวง โดยแสดงจำนวนระยะทางทั้งหมด ค่า IRI เฉลี่ย และระยะทางตามค่า IRI ที่ผู้ใช้กำหนด (สภาพโครงข่ายก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล)	4.4.5	
4.2	รายงานสรุปการวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงประจำปี	4.4.5	
4.3	รายงานสรุปการวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงเชิงกลยุทธ์ (แผนการซ่อมระยะยาว)	4.4.5	
4.4	รายงานรายละเอียดแผนการซ่อมบำรุงประจำปี	4.4.5	
4.5	รายงานรายละเอียดแผนการซ่อมบำรุงกลยุทธ์ (แผนการซ่อมระยะยาว)	4.4.5	
4.6	รายงานการวิเคราะห์ร้อยละของ IRI ตามเกณฑ์คุณภาพ	4.4.5	

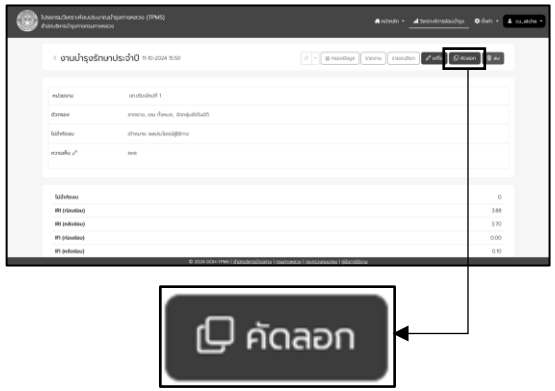
Function Name:	พัฒนาเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) สำหรับการคัดเลือกสายทาง เพื่อเลือกข้อมูล การสำรวจและข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์บริหารงานบำรุง พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการนำเข้า ตามความต้องการของกรมทางหลวง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
TOR:	4.4.2
Date:	15/10/2567

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
1.1	4.4.2	รองรับการนำเข้า หรือเชื่อมโยงรูปแบบแผนรายประมาณการจากระบบ Plannet โดยระบบจะต้องรองรับการนำเข้าแผนรายประมาณการในรูปแบบที่กรมทางหลวงกำหนด โดยจะต้องสามารถนำเข้า File ในรูปแบบ MS Excel หรือ CSV ได้เป็นอย่างน้อย	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกตัวเลือก “บำรุงรักษาประจำปี” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกข้อมูลสายทางที่ต้องการ 2. เลือกตัวแปร “ค้นหาข้อมูลจาก Plannet” 3. เลือกประเภทข้อมูลจาก Plannet 4. กด “ค้นหา” เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป	

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
1.2	4.4.2	ระบบจะต้องรองรับการเลือกแหล่งที่มาของฐานข้อมูลสภาพความเสียหายของสายทาง พร้อมทั้งเปรียบเทียบข้อมูลที่ใช้ประกอบในการวิเคราะห์แผนการซ่อมบำรุงรักษาทางหลวง จากแหล่งที่มาอย่างน้อย 2 แห่ง ได้แก่ ระบบ Roadnet และ ระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (MIIS)	- เลือกแถบเมนู “หน้าหลัก” - เลือกตัวเลือก “ข้อมูลสรุปสภาพทางก่อนการนำเข้า”	 รูปแผนผังการรองรับการเลือกแหล่งที่มาของฐานข้อมูลสภาพความเสียหาย  รูปตัวอย่างหน้าข้อมูลสรุปสภาพทางก่อนการนำเข้า

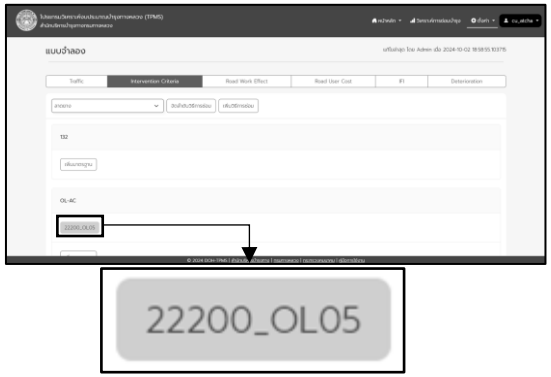
Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
1.3	4.4.2	ระบบจะต้องรองรับตัวแปรในการคัดเลือกสายทางได้หลายเงื่อนไข อย่างน้อยดังนี้ O ตามลำดับชั้นทางหลวง O ปริมาณจราจร O จำนวนหลักทางหลวง O ช่วงค่า IRI O ร้อยละของค่า IRI ที่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด O ร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนัก O หมวดทางหลวง แขวงทางหลวง สำนักงานทางหลวง ส่วนบริหารการดำเนินงานส่วนภูมิภาค ของสำนักบริหารบำรุงทาง ตามเขตการปกครอง เช่น จังหวัด เป็นต้น	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกตัวเลือก “บำรุงรักษาประจำปี” - ระบบสามารถรองรับตัวแปรในการคัดเลือกสายทาง - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกข้อมูลสายทางที่ต้องการ 2. เลือกตัวแปรที่ต้องการ 3. กด “ค้นหา” เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป	

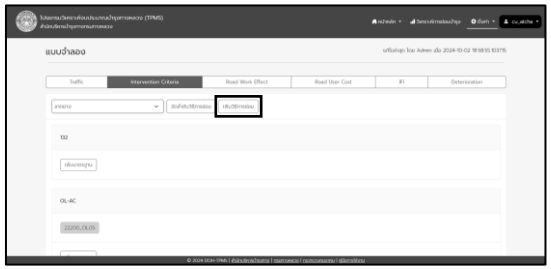
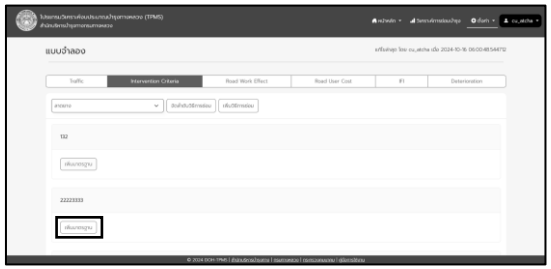
Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
1.4	4.4.2	ระบบจะต้องสามารถเลือกสายทางในลักษณะของการวิเคราะห์รายโครงการ เพื่อรองรับการจัดกลุ่มสายทางตามความต้องการของกรมทางหลวงในความละเอียดระดับเมตรได้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ให้สะดวกต่อการใช้งานยิ่งขึ้น เช่น วิเคราะห์ข้อมูลรายสายทางของหน่วยหลักและหน่วยงานย่อย	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกตัวเลือก “วิเคราะห์อย่างง่าย” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. ค้นหาสายทางที่ต้องการด้วยหมายเลขสายทาง 2. เลือกช่วงกิโลเมตรที่ต้องการวิเคราะห์ 3. ตรวจสอบข้อมูลก่อนวิเคราะห์ 4. กด “เริ่มวิเคราะห์อย่างง่าย”	
1.5	4.4.2	ระบบจะต้องรองรับการบันทึกรูปแบบของการคัดเลือกสายทาง และสามารถเรียกดูสายทางที่ได้ทำการคัดเลือกได้แล้วย้อนหลังได้	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกตัวเลือก “บำรุงรักษาประจำปี” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกข้อมูลสายทางที่ต้องการวิเคราะห์ 2. กด “บันทึกฉบับร่าง” เพื่อบันทึกประวัติการเลือกข้อมูลสายทาง 3. หากต้องการใช้ตัวแปรที่บันทึกไว้ คลิก “ใช้ฉบับร่าง” 4. เลือกฉบับร่างที่ต้องการ 5. กด “ถัดไป” เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป	

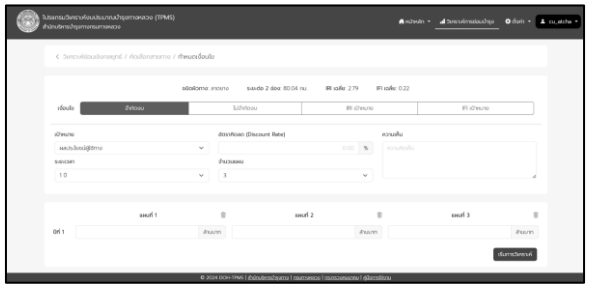
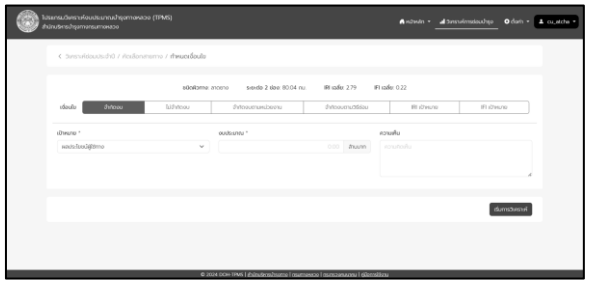
Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
1.6	4.4.2	ระบบจะต้องสามารถแจกแจงและส่งออกค่าดัชนีและตัวแปรต่าง ๆ ที่จะนำเข้าสู่การวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงได้	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกผลการวิเคราะห์ที่ต้องการ 2. กด “คัดลอก” 3. ตรวจสอบข้อมูลสายทางที่คัดลอก สามารถเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่ต้องการได้ 4. กด “ถัดไป” เพื่อวิเคราะห์	

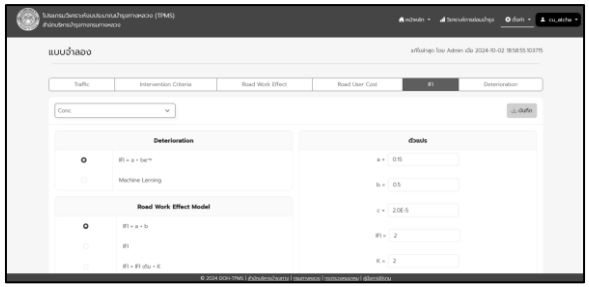
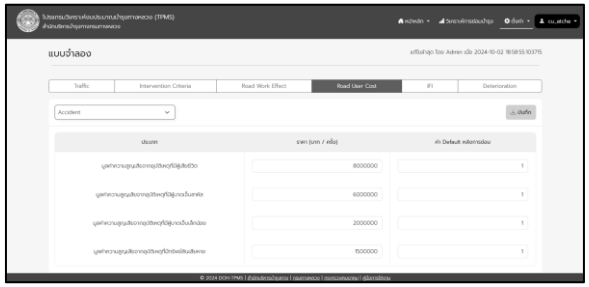
Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
1.7	4.4.2	ระบบจะต้องสามารถอนุญาต ให้ผู้ใช้งานดำเนินการเลือกแผนงานที่มีความสำคัญในการซ่อมบำรุงให้นำไปวิเคราะห์ในระบบได้	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกผลการวิเคราะห์ประเภทบำรุงรักษาประจำปี 2. ตรวจสอบผลการวิเคราะห์ก่อนปักหมุดแผนงาน 3. กด เพื่อปักหมุดผลการวิเคราะห์ที่ต้องการแสดงบนหน้าหลัก 4. สามารถดูข้อมูลที่ปักหมุดได้ในหน้าหลัก	

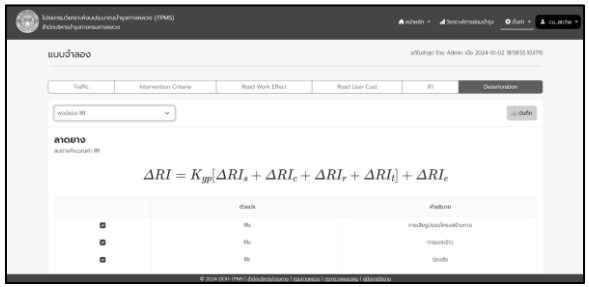
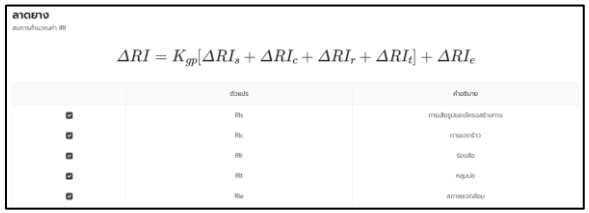
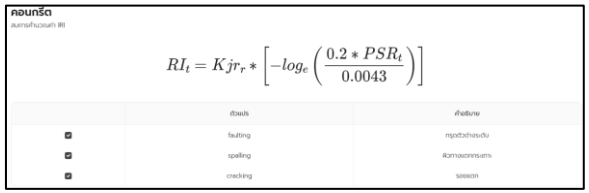
Function Name:	งานพัฒนาระบบการวิเคราะห์ โดยระบบที่พัฒนาต้องสามารถรองรับการจัดทำแผนการบำรุงรักษาได้ตามระยะเวลาในการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบและเงื่ อนไขมีความยืดหยุ่น ปรับเปลี่ยนตัวแปรในสมการและแบบจำลองรูปแบบในการซ่อมบำรุง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
TOR:	4.4.3
Date:	15/10/2567

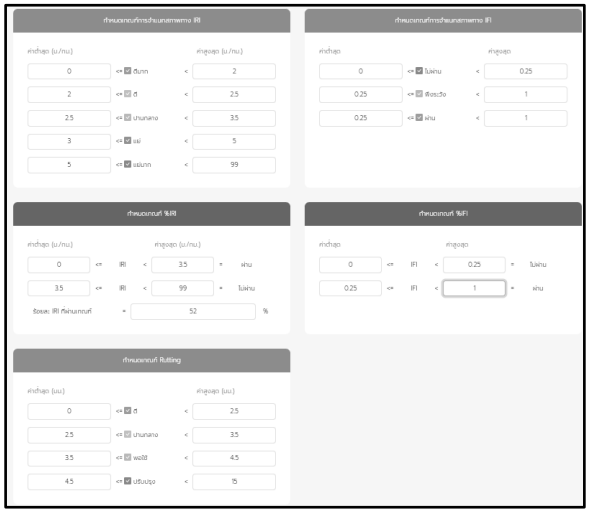
Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
2.1	4.4.3	สามารถกำหนดรูปแบบการซ่อมบำรุงให้สอดคล้องกับปัจจุบันและสอดคล้องกับวิธีซ่อมบำรุงของหน่วยงาน	- เลือกแถบเมนู “ตั้งค่า” - เลือกตัวเลือก “แบบจำลอง” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกแถบ “Intervention Criteria” 2. กดเลือกชื่อมาตรฐานที่ต้องการกำหนดรูปแบบการซ่อม 3. เลือกรูปแบบที่ต้องการกำหนด 4. กด “บันทึก”	

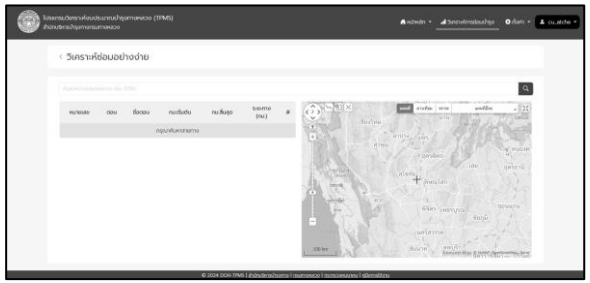
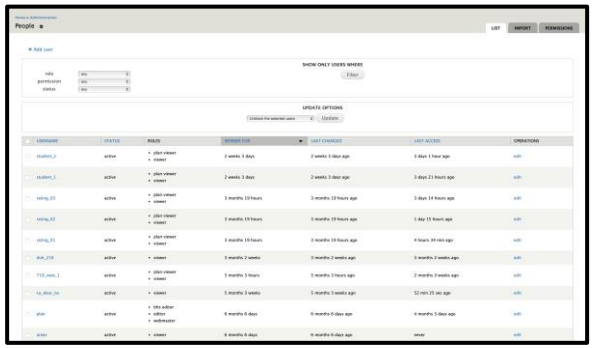
Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
2.2	4.4.3	รองรับการลด เพิ่มเติม และแก้ไขวิธีการซ่อมบำรุงและราคาต่อหน่วย รวมถึงการแก้ไขเกณฑ์การซ่อมบำรุงได้	- เลือกแถบเมนู “ตั้งค่า” - เลือกตัวเลือก “แบบจำลอง” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกแถบ “Intervention Criteria” 2. กด “เพิ่มวิธีการซ่อม” เพื่อแก้ไขวิธีการซ่อมที่ต้องการกำหนด 3. กรอก “ชื่อวิธีการซ่อม” 4. กด “บันทึก” 5. กด “เพิ่มมาตรฐาน” 6. กำหนดรูปแบบวิธีการซ่อม 7. กด “บันทึก”	  

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
2.3	4.4.3	สามารถวิเคราะห์งบประมาณและความคุ้มค่าให้สอดคล้องกับเป้าหมายตามความต้องการของหน่วยงาน เช่น งบประมาณในการบำรุงรักษาเป้าหมายตามค่าความขรุขระสากล (IRI), ค่าความฝืดสากล (IFI) เป็นต้น	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกตัวเลือก “บำรุงรักษาประจำปี” หรือ “บำรุงรักษาเชิงกลยุทธ์” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกข้อมูลสายทางที่ต้องการวิเคราะห์ 2. ตรวจสอบตัวแปรที่เลือก 3. กด “ถัดไป” 4. เลือกข้อมูลเงื่อนไขที่ต้องการวิเคราะห์ 5. กด “เริ่มการวิเคราะห์”	 

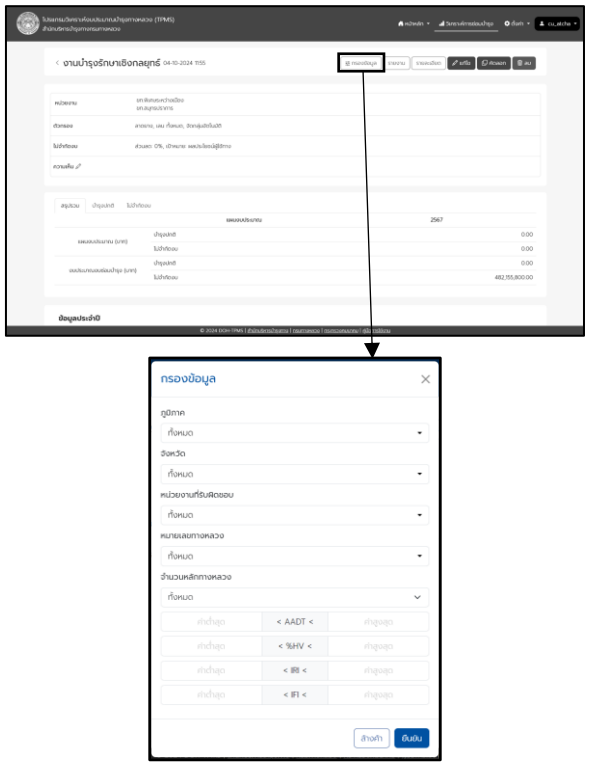
Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
2.4	4.4.3	ระบบจะต้องมีหน้าจอการตั้งค่าและการกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์การบริหารจัดการความเสียดทานผิวทางตามเกณฑ์การพิจารณาสภาพความความเสียดทานของผิวทางที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดได้	- เลือกแถบเมนู “ตั้งค่า” - เลือกตัวเลือก “แบบจำลอง” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกแถบ “IFI” 2. ตรวจสอบเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ต้องการกำหนด 3. กด “บันทึก”	
2.5	4.4.3	ผู้ใช้สามารถเลือกค่าผลรวมของผลประโยชน์ผู้ใช้ทางระหว่าง ค่าใช้จ่ายในการใช้รถ (Vehicle Operating Costs: VOC) มูลค่าเวลาในการเดินทาง (Value of Time: VOT มูลค่าความสูญเสียจากอุบัติเหตุ (Road Accident Cost: ACC) ได้	- เลือกแถบเมนู “ตั้งค่า” - เลือกตัวเลือก “แบบจำลอง” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกแถบ “Road User Cost” 2. ตรวจสอบเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ต้องการกำหนด 3. กด “บันทึก”	

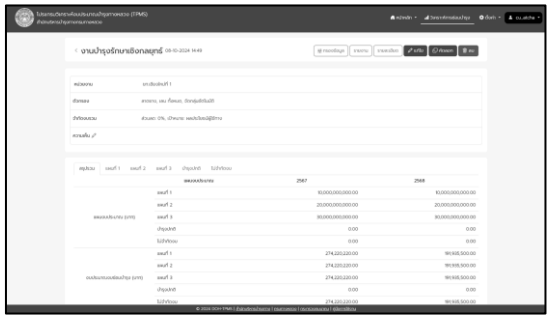
Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
2.6	4.4.3	ผู้ใช้สามารถเลือกแบบจำลองย่อยในสมการหลักของแบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Road deterioration model) ได้	- เลือกแถบเมนู “ตั้งค่า” - เลือกตัวเลือก “แบบจำลอง” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกแถบ “Deterioration” 2. เลือกตัวเลือก “พจน์ของ IRI” 3. ตรวจสอบเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ต้องการกำหนด 4. กด “บันทึก”	  

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
2.7	4.4.3	รองรับการกำหนดเกณฑ์ค่า IRI หรือค่าความเสียหายต่าง ๆ เช่น หลุมบ่อ เป็นต้น ตามลำดับชั้นทางต่าง ๆ และสามารถวิเคราะห์งบประมาณตามลำดับชั้นทางต่าง ๆ ได้	- เลือกแถบเมนู “ตั้งค่า” - เลือกตัวเลือก “เกณฑ์คุณภาพ” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกตัวเลือก Road Hierarchy ที่ต้องการกำหนด 2. ตรวจสอบเกณฑ์ค่า IRI หรือค่าความเสียหายต่าง ๆ 3. กด “บันทึก”	 

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
2.8	4.4.3	พัฒนาหน้าจอการวิเคราะห์รายสายทางอย่างง่าย เพื่ออำนวยความสะดวกของผู้ใช้งานระดับทั่วไป โดยเงื่อนไขการซ่อมบำรุงถูกกำหนดโดยผู้ดูแลระบบ	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกตัวเลือก “วิเคราะห์อย่างง่าย” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. ค้นหาสายทางที่ต้องการด้วยหมายเลขสายทาง 2. เลือกช่วงกิโลเมตรที่ต้องการวิเคราะห์ 3. ตรวจสอบข้อมูลก่อนวิเคราะห์ 4. กด “เริ่มวิเคราะห์อย่างง่าย”	
2.9	4.4.3	ระบบจะต้องสามารถรองรับการบริหารจัดการระดับของผู้ใช้งานได้ (Level of User)	- เลือกแถบเมนู “ตั้งค่า” - เลือกตัวเลือก “ตั้งค่าสิทธิ์ผู้ใช้งาน” - ไปยังหน้าระบบ Roadnet เพื่อตั้งค่าสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งผู้ที่สามารถเข้าถึงระบบได้จำเป็นต้องมีบัญชีผู้ใช้ Admin ระบบ Roadnet	 

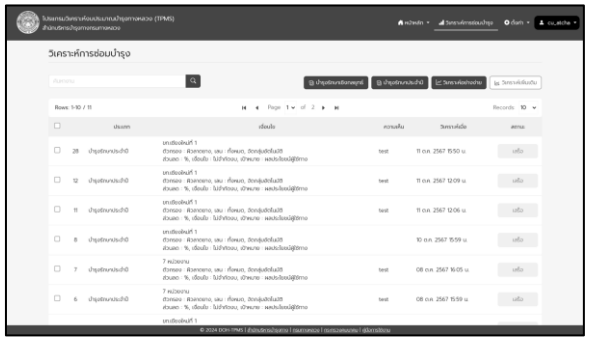
Function Name:	งานพัฒนาระบบการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการส่งออกรายงาน โดยระบบที่พัฒนาจะต้องนำเสนอข้อมูลรูปแบบ เช่น แดชบอร์ด (Dashboard) กราฟ (Graph) แผนภูมิ (Chart) เพื่อนำเสนอผลการวิเคราะห์ในมิติต่าง ๆ ได้อย่างน้อยดังนี้
TOR:	4.4.4
Date:	15/10/2567

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
3.1	4.4.4	การแสดงผลการวิเคราะห์แยกตามข้อมูลที่ผู้ใช้กำหนดได้ เพื่อการจัดสรรงบประมาณได้เหมาะสมกับลักษณะของสายทาง โดยจะต้องสามารถจัดกลุ่มการแสดงผลได้อย่างน้อยดังต่อไปนี้ O ปริมาณจราจร O จำนวนหลักทางหลวง หรือ ลำดับชั้นทางหลวง O ช่วงดัชนีความขรุขระสากล (IRI) หรือดัชนีความฝืดสากล (IFI) O หมวดทางหลวง แขวงทางหลวง สำนักงานทางหลวง ส่วนบริหารการดำเนินงานส่วนภูมิภาค ของสำนักบริหารบำรุงทาง ตามเขตการปกครอง เช่น จังหวัด เป็นต้น O ประเภทกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวง	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - ขั้นตอน ดังนี้ 1. เลือกผลการวิเคราะห์ประเภทบำรุงรักษาประจำปี หรือบำรุงรักษาเชิงกลยุทธ์ 2. กด “กรองข้อมูล” 3. กำหนดตัวแปรกรองข้อมูลที่ต้องการ 4. กด “ยืนยัน” 5. ตรวจสอบผลการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขที่กำหนดตัวแปร	

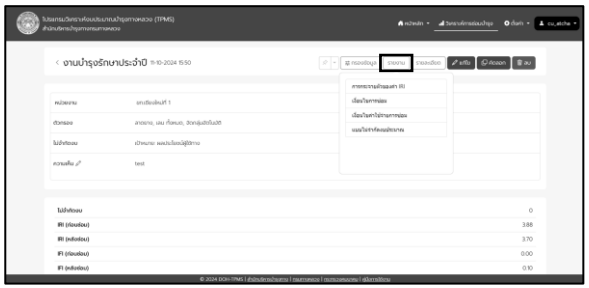
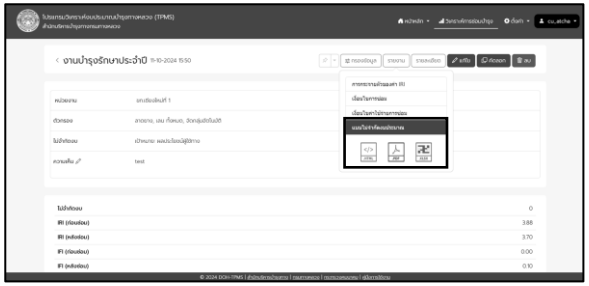
Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
3.2	4.4.4	การแสดงผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงที่แนะนำโดยผู้ดูแลระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกผลการวิเคราะห์ประเภทบำรุงรักษาประจำปี หรือบำรุงรักษาเชิงกลยุทธ์	
3.3	4.4.4	การแสดงการกระจายตัวของสายทางในระดับเกณฑ์คุณภาพต่างๆ ในรูปแบบของกราฟการกระจายตัวของระดับค่า IRI โดยจะต้องสามารถกำหนดกลุ่มสายทางตามปริมาณจราจร ประเภททางหลวง และร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนักได้	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกผลการวิเคราะห์ประเภทบำรุงรักษาประจำปี	

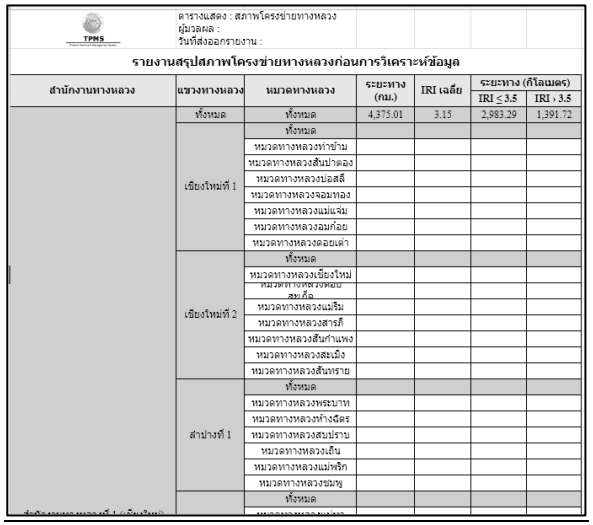
Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
3.4	4.4.4	การแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การยกระดับคุณภาพสายทางจากงบประมาณที่จัดสรร โดยแสดงค่า IRI ในงบประมาณต่าง ๆ และปีที่วิเคราะห์	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกผลการวิเคราะห์ประเภทบำรุงรักษาเชิงกลยุทธ์	

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
3.5	4.4.4	การแสดงกราฟ หรือสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณที่ต้องการกับตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างน้อย ดังนี้ ค่าร้อยละของค่า IRI ที่กำหนด และค่า IRI เฉลี่ย	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกผลการวิเคราะห์ประเภทบำรุงรักษาเชิงกลยุทธ์	

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
3.6	4.4.4	การแสดงผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงความต้องการของงบประมาณ ของทั้งผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตและผิวทางคอนกรีต	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง”	

Function Name:	สามารถแสดงผลการวิเคราะห์และส่งออกในรูปแบบต่าง ๆ ตามความต้องการของหน่วยงาน ยกตัวอย่าง ในรูปแบบ .pdf .JPEG .CSV ได้เป็นอย่างน้อยโดยประกอบด้วยรายงานในมิติอย่างน้อยดังต่อไปนี้
TOR:	4.4.5
Date:	15/10/2567

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
4.1	4.4.5	รายงานสรุป สภาพโครงข่ายทางหลวงทั้งประเทศ และรายสำนักงานทางหลวง แขวงทางหลวง หมวดทางหลวง โดยแสดงจำนวนระยะทางทั้งหมด ค่า IRI เฉลี่ย และ ระยะทางตามค่า IRI ที่ผู้ใช้กำหนด (สภาพโครงข่ายก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล)	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกผลการวิเคราะห์ประเภทบำรุงรักษาประจำปี - ขั้นตอน ดังนี้ 1. กด “รายงาน” 2. เลือกตัวเลือก “แบบไม่จำกัดงบประมาณ” 3. เลือกรูปแบบการส่งออกรายงานที่ต้องการ 4. ตรวจสอบไฟล์รายงานสรุป	 

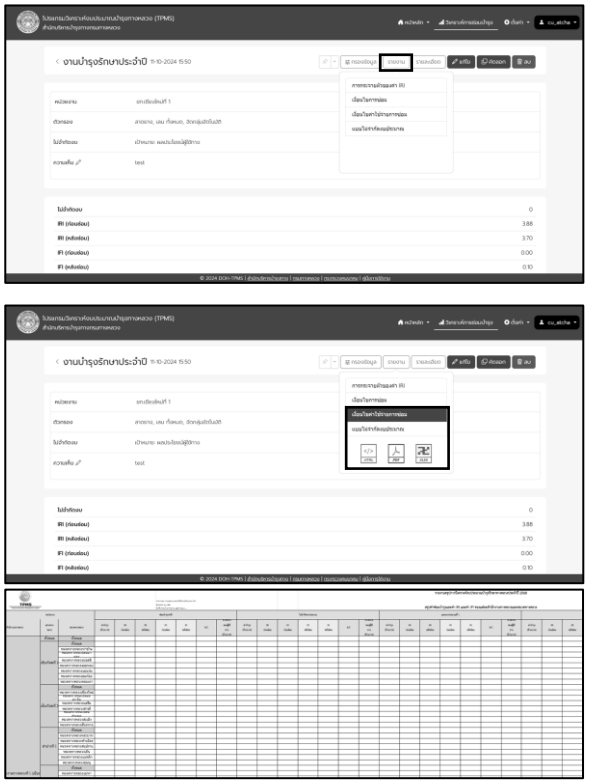
Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
				

ตารางแสดง : สภาพโครงข่ายทางหลวง
ผู้ประสงค์ :
วันที่ส่งออกรายงาน :

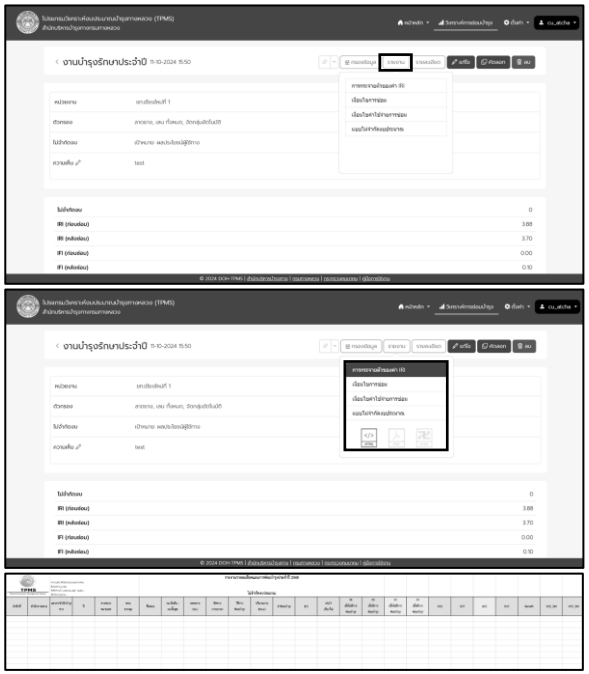
รายงานสรุปสภาพโครงข่ายทางหลวงก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล

สำนักงานทางหลวง	แขวงทางหลวง	หมวดทางหลวง	ระยะทาง (กม.)	IRI เฉลี่ย	ระยะทาง (กิโลเมตร)	
					IRI ≤ 3.5	IRI > 3.5
ทั้งหมด	ทั้งหมด	ทั้งหมด	4,375.01	3.15	2,983.29	1,391.72
	เชียงใหม่ที่ 1	ทั้งหมด				
		หมวดทางหลวงท่าข้าม				
		หมวดทางหลวงสันป่าตอง				
		หมวดทางหลวงบ่อสลี				
		หมวดทางหลวงจอมทอง				
		หมวดทางหลวงแม่แจ่ม				
		หมวดทางหลวงฮมก๋อย				
		หมวดทางหลวงดอยเต่า				
	เชียงใหม่ที่ 2	ทั้งหมด				
		หมวดทางหลวงเชียงใหม่				
		หมวดทางหลวงดอยสะเก็ด				
		หมวดทางหลวงแม่ริม				
		หมวดทางหลวงสารภี				
		หมวดทางหลวงสันกำแพง				
		หมวดทางหลวงสะเมิง				
		หมวดทางหลวงสันทราย				
	ลำปางที่ 1	ทั้งหมด				
		หมวดทางหลวงพระบาท				
		หมวดทางหลวงห้างฉัตร				
		หมวดทางหลวงสบปราบ				
		หมวดทางหลวงเถิน				
		หมวดทางหลวงแม่พริก				
		หมวดทางหลวงชมพู				
		ทั้งหมด				

ตัวอย่างการส่งออกรายงาน

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
4.2	4.4.5	รายงานสรุปการวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงประจำปี	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกผลการวิเคราะห์ประเภทบำรุงรักษาประจำปี - ขั้นตอน ดังนี้ 1. กด “รายงาน” 2. เลือกตัวเลือก “เงื่อนไขค่าใช้จ่ายการซ่อม” 3. เลือกรูปแบบการส่งออกรายงานที่ต้องการ 4. ตรวจสอบไฟล์รายงานสรุป	 ตัวอย่างการส่งออกรายงาน

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
4.3	4.4.5	รายงานสรุปการวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงเชิงกลยุทธ์ (แผนการซ่อมระยะยาว)	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกผลการวิเคราะห์ประเภทบำรุงรักษาเชิงกลยุทธ์ - ขั้นตอน ดังนี้ 1. กด “รายงาน” 2. เลือกตัวเลือก “สรุปค่าซ่อมบำรุงและค่า IRI ของแต่ละปี” 3. เลือกรูปแบบการส่งออกรายงานที่ต้องการ 4. ตรวจสอบไฟล์รายงานสรุป	 ตัวอย่างการส่งออกรายงาน

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
4.4	4.4.5	รายงานรายละเอียดแผนการซ่อมบำรุงประจำปี	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกผลการวิเคราะห์ประเภทบำรุงรักษาประจำปี - ขั้นตอน ดังนี้ 1. กด “รายงาน” 2. เลือกตัวเลือก “การกระจายตัวของค่า IRI” 3. เลือกรูปแบบการส่งออกรายงานที่ต้องการ 4. ตรวจสอบไฟล์รายงานสรุป	 ตัวอย่างการส่งออกรายงาน

Case No.	TOR	รายละเอียด	ขั้นตอนการทำงาน	ภาพประกอบ
4.5	4.4.5	รายงานรายละเอียดแผนการซ่อมบำรุงกลยุทธ์ (แผนการซ่อมระยะยาว)	- เลือกแถบเมนู “วิเคราะห์การซ่อมบำรุง” - เลือกผลการวิเคราะห์ประเภทบำรุงรักษาเชิงกลยุทธ์ - ขั้นตอน ดังนี้ 1. กด “รายงาน” 2. เลือกตัวเลือก “เงื่อนไขการซ่อม” 3. เลือกรูปแบบการส่งออกรายงานที่ต้องการ 4. ตรวจสอบไฟล์รายงานสรุป	 ตัวอย่างการส่งออกรายงาน

<table>
<tr><th>Case No.</th><th>TOR</th><th>รายละเอียด</th><th>ขั้นตอนการทำงาน</th><th>ภาพประกอบ</th></tr>
<tr><td>4.6</td><td>4.4.5</td><td>รายงานการวิเคราะห์ร้อยละของ IRI ตามเกณฑ์คุณภาพ</td><td></td><td>
ตารางแสดง : ร้อยละค่า IRI ตามเกณฑ์คุณภาพงบประมาณ
ผู้มาสมัคร :
วันที่ส่งออกรายงาน :
รายงานการวิเคราะห์ร้อยละของ IRI ตามเกณฑ์คุณภาพ
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางเชิงกลยุทธ์เปรียบเทียบระหว่างงบประมาณ 20,000 ล้านบาทต่อปี และ 50,000 ล้านบาทต่อปี และงบประมาณไม่จำกัดโดยสรุปผลแยกเป็นเกณฑ์คุณภาพต่าง ๆ ตามค่าดัชนีความเรียบขรุขระสากล (IRI) ซึ่งอ้างอิงจาก ตารางเป้าหมายคุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวงของกรมทางหลวงที่จำแนกออกเป็น 5 ประเภทถนน
ตารางเป้าหมายคุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวงของกรมทางหลวง
<table>
<tr><th rowspan="2">IRI
ม./คม.</th><th colspan="5">ประเภททางหลวง</th></tr>
<tr><th>Super Highway</th><th>Highway</th><th>Arterial</th><th>Collector</th><th>Local</th></tr>
<tr><td><2.0</td><td>0.92%</td><td rowspan="2">21.15%</td><td rowspan="3">50.59%</td><td rowspan="4">83.12%</td><td rowspan="4">64.61%</td></tr>
<tr><td>2.0 - 2.5</td><td>49.92%</td></tr>
<tr><td>2.5 - 3.0</td><td rowspan="2">41.93%</td><td>39.39%</td></tr>
<tr><td>3.0 - 3.5</td><td rowspan="2">35.41%</td><td>33.75%</td></tr>
<tr><td>3.5 - 4.0</td><td rowspan="3">6.91%</td><td rowspan="2">13.90%</td><td>12.16%</td><td>18.16%</td></tr>
<tr><td>4.0 - 4.5</td><td rowspan="2">3.43%</td><td>2.82%</td><td>10.10%</td></tr>
<tr><td>4.5 - 5.0</td><td>0.09%</td><td>1.50%</td><td>5.36%</td></tr>
<tr><td>>5.0</td><td>0.32%</td><td>0.62%</td><td>0.02%</td><td>0.40%</td><td>1.77%</td></tr>
<tr><td>IRI เฉลี่ย</td><td>2.58</td><td>2.9</td><td>2.99</td><td>3.12</td><td>3.26</td></tr>
<tr><td>IRI >3.5</td><td>7.05%</td><td>13.44%</td><td>15.30%</td><td>19.93%</td><td>36.24%</td></tr>
</table>
ตารางร้อยละค่า IRI ตามเกณฑ์คุณภาพงบประมาณ 20,000 ล้านบาทต่อปี
<table>
<tr><th rowspan="2">IRI
ม./คม.</th><th colspan="5">งบประมาณเป็นละ 20,000 ล้านบาท</th></tr>
<tr><th>Super Highway</th><th>Highway</th><th>Arterial</th><th>Collector</th><th>Local</th></tr>
<tr><td><2.0</td><td>0.92%</td><td rowspan="2">21.15%</td><td rowspan="3">50.59%</td><td rowspan="4">83.12%</td><td rowspan="4">64.61%</td></tr>
<tr><td>2.0 - 2.5</td><td>49.92%</td></tr>
<tr><td>2.5 - 3.0</td><td rowspan="2">41.93%</td><td>39.39%</td></tr>
<tr><td>3.0 - 3.5</td><td rowspan="2">35.41%</td><td>33.75%</td></tr>
<tr><td>3.5 - 4.0</td><td rowspan="3">6.91%</td><td rowspan="2">13.90%</td><td>12.16%</td><td>18.16%</td></tr>
<tr><td>4.0 - 4.5</td><td rowspan="2">3.43%</td><td>2.82%</td><td>10.10%</td></tr>
<tr><td>4.5 - 5.0</td><td>0.09%</td><td>1.50%</td><td>5.36%</td></tr>
<tr><td>>5.0</td><td>0.32%</td><td>0.62%</td><td>0.02%</td><td>0.40%</td><td>1.77%</td></tr>
<tr><td>IRI เฉลี่ย</td><td>2.58</td><td>2.9</td><td>2.99</td><td>3.12</td><td>3.26</td></tr>
<tr><td>IRI >3.5</td><td>7.05%</td><td>13.44%</td><td>15.30%</td><td>19.93%</td><td>36.24%</td></tr>
</table>
<u>ตัวอย่างการส่งออกรายงาน</u>
</td></tr>
</table>



เอกสารตรวจสอบฟังก์ชันระบบตามขอบเขตการดำเนินงาน (TOR)
โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

ผู้ตรวจสอบ

ลำดับ	ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	ลายเซ็นต์	วันที่
1	นายชัชชัยชาญ สิริมงคล	วิศวกรโยธาชำนาญการ		
2	นาย ศิริชัย วรวิทยชาญ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	ศิริชัย	
3	นาย สันติ โรจน์อัมพรชัย	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	สันติ	
4	น.ส. สุดารัตน์ ชัยนรงค์	วิศวกรโยธาชำนาญการ	สุดารัตน์	
5	นาย จิรพงศ์ ชนะดี	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	จิรพงศ์	22/ต.ค./67
6	นายภูมินทร์ กฤษณ์เจริญ	วิศวกรโยธาชำนาญการ	ภูมินทร์	
7	นาย ทินกร อ่ำไพเพ็ง	วิศวกรโยธาชำนาญการ		
8	นาย ณัฐพงศ์ แก้วศักดิ์	วิศวกรโยธาชำนาญการ		
9	นายวิทวัส พรมนเทียวโกศ	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	วิทวัส	
10	นายศุภกฤษ ฉิมลอย	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	ศุภกฤษ	
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

CUTI สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า 30/30

รูปที่ 1 รายชื่อผู้ตรวจสอบ

ภาคผนวก จ
ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจกับแบบจำลองความเสียดทานจากการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจกับแบบจำลอง Random Forest

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288000	288100	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.24	0.35	0.15
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288100	288200	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.25	0.35	0.16
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288200	288300	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.28	0.36	0.16
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288600	288700	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.29	0.35	0.17
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288700	288800	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.33	0.35	0.17
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	288800	288900	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.41	0.32	0.18
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	289600	289700	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.38	0.35	0.20
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	289700	289800	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.45	0.35	0.22
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	289900	290000	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.43	0.36	0.17
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	290000	290100	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.33	0.33	0.17
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	290100	290200	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.31	0.33	0.18
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	290200	290300	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.27	0.33	0.18
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	290500	290600	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.26	0.34	0.19
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	290600	290700	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.26	0.34	0.17
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	290900	291000	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.27	0.36	0.17
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	291000	291100	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.27	0.36	0.15
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	291100	291200	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.27	0.36	0.17
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	291200	291300	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.36	0.36	0.18
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	291600	291700	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.39	0.37	0.28
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	291800	291900	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.35	0.37	0.22
11	501	นาอิน - ชัยมงคล	291900	292000	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.34	0.36	0.19
11	503	บึงหลัก - หนองน้ำเขียง	327000	327100	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.37	0.46	0.14
11	503	บึงหลัก - หนองน้ำเขียง	327800	327900	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.57	0.56	0.34

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ แบบจำลอง Random Forest (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
11	503	บึงหลัก - หนองน้ำเขียง	328200	328300	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.71	0.59	0.33
11	503	บึงหลัก - หนองน้ำเขียง	328400	328500	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.60	0.59	0.35
11	503	บึงหลัก - หนองน้ำเขียง	328800	328900	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.56	0.57	0.30
11	503	บึงหลัก - หนองน้ำเขียง	328900	329000	L	ทางหลัก	อุตรดิตถ์	0.48	0.54	0.28
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	352200	352300	L	ทางหลัก	แพร่	0.43	0.50	0.20
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	352500	352600	L	ทางหลัก	แพร่	0.47	0.55	0.16
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	352600	352700	L	ทางหลัก	แพร่	0.45	0.54	0.27
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	352800	352900	L	ทางหลัก	แพร่	0.49	0.52	0.19
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	352900	353000	L	ทางหลัก	แพร่	0.44	0.51	0.18
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	353000	353100	L	ทางหลัก	แพร่	0.37	0.48	0.26
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	353200	353300	L	ทางหลัก	แพร่	0.35	0.47	0.29
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	353300	353400	L	ทางหลัก	แพร่	0.47	0.52	0.29
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	353500	353600	L	ทางหลัก	แพร่	0.48	0.56	0.31
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	353600	353700	L	ทางหลัก	แพร่	0.50	0.55	0.28
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	354100	354200	L	ทางหลัก	แพร่	0.52	0.53	0.29
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	354300	354400	L	ทางหลัก	แพร่	0.52	0.53	0.27
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	354400	354500	L	ทางหลัก	แพร่	0.55	0.55	0.31
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	354600	354700	L	ทางหลัก	แพร่	0.56	0.54	0.23
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	354800	354900	L	ทางหลัก	แพร่	0.57	0.51	0.18
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	355000	355100	L	ทางหลัก	แพร่	0.54	0.52	0.20
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	355200	355300	L	ทางหลัก	แพร่	0.51	0.52	0.23
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	355400	355500	L	ทางหลัก	แพร่	0.53	0.53	0.21
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	355500	355600	L	ทางหลัก	แพร่	0.51	0.55	0.21

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ แบบจำลอง Random Forest (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	355700	355800	L	ทางหลัก	แพร่	0.51	0.54	0.22
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	355900	356000	L	ทางหลัก	แพร่	0.51	0.52	0.28
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	356200	356300	L	ทางหลัก	แพร่	0.52	0.48	0.20
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	356400	356500	L	ทางหลัก	แพร่	0.57	0.49	0.23
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	356700	356800	L	ทางหลัก	แพร่	0.50	0.49	0.18
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	356800	356900	L	ทางหลัก	แพร่	0.47	0.49	0.20
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	356900	357000	L	ทางหลัก	แพร่	0.43	0.47	0.20
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	357000	357100	L	ทางหลัก	แพร่	0.20	0.43	0.24
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	357200	357300	L	ทางหลัก	แพร่	0.22	0.43	0.23
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	357300	357400	L	ทางหลัก	แพร่	0.24	0.43	0.25
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	357400	357500	L	ทางหลัก	แพร่	0.24	0.43	0.20
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	357500	357600	L	ทางหลัก	แพร่	0.22	0.44	0.21
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	357700	357800	L	ทางหลัก	แพร่	0.25	0.43	0.20
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	357800	357900	L	ทางหลัก	แพร่	0.24	0.44	0.19
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	358000	358100	L	ทางหลัก	แพร่	0.27	0.50	0.21
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	358100	358200	L	ทางหลัก	แพร่	0.26	0.50	0.21
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	358300	358400	L	ทางหลัก	แพร่	0.25	0.51	0.21
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	358400	358500	L	ทางหลัก	แพร่	0.22	0.51	0.21
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	358500	358600	L	ทางหลัก	แพร่	0.21	0.51	0.21
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	358700	358800	L	ทางหลัก	แพร่	0.25	0.51	0.17
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	359000	359100	L	ทางหลัก	แพร่	0.25	0.50	0.18
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	359100	359200	L	ทางหลัก	แพร่	0.25	0.50	0.19
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	359200	359300	L	ทางหลัก	แพร่	0.22	0.49	0.17

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ แบบจำลอง Random Forest (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	359300	359400	L	ทางหลัก	แพร่	0.27	0.46	0.17
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	359400	359500	L	ทางหลัก	แพร่	0.26	0.46	0.17
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	360100	360200	L	ทางหลัก	แพร่	0.24	0.46	0.15
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	360300	360400	L	ทางหลัก	แพร่	0.27	0.45	0.14
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	360600	360700	L	ทางหลัก	แพร่	0.27	0.47	0.17
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	360700	360800	L	ทางหลัก	แพร่	0.28	0.45	0.18
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	360800	360900	L	ทางหลัก	แพร่	0.29	0.46	0.34
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	361000	361100	L	ทางหลัก	แพร่	0.31	0.44	0.20
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	361100	361200	L	ทางหลัก	แพร่	0.32	0.45	0.19
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	361300	361400	L	ทางหลัก	แพร่	0.32	0.46	0.17
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	361400	361500	L	ทางหลัก	แพร่	0.34	0.47	0.18
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	361500	361600	L	ทางหลัก	แพร่	0.33	0.48	0.17
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	361600	361700	L	ทางหลัก	แพร่	0.32	0.48	0.17
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	361700	361800	L	ทางหลัก	แพร่	0.31	0.46	0.18
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	361800	361900	L	ทางหลัก	แพร่	0.31	0.52	0.17
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	361900	362000	L	ทางหลัก	แพร่	0.31	0.56	0.19
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	362000	362100	L	ทางหลัก	แพร่	0.29	0.53	0.18
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	362300	362400	L	ทางหลัก	แพร่	0.32	0.50	0.18
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	362400	362500	L	ทางหลัก	แพร่	0.26	0.55	0.15
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	362600	362700	L	ทางหลัก	แพร่	0.29	0.55	0.16
11	601	หนองน้ำเขียว - ปางเคาะ	362700	362800	L	ทางหลัก	แพร่	0.21	0.56	0.16

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14$e^{-0.00009(X)}$

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
1090	102	ห้วยน้ำริน - อุ้มผาง	74000	75000	L	ทางหลัก	ตาก	0.41	0.22	0.39
1090	102	ห้วยน้ำริน - อุ้มผาง	73000	74000	L	ทางหลัก	ตาก	0.57	0.24	0.39
1090	102	ห้วยน้ำริน - อุ้มผาง	73000	74000	L	ทางหลัก	ตาก	0.57	0.24	0.39
1090	102	ห้วยน้ำริน - อุ้มผาง	74000	75000	L	ทางหลัก	ตาก	0.41	0.22	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	710000	709000	R	ทางหลัก	พังงา	0.43	0.20	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	706000	705000	R	ทางหลัก	พังงา	0.46	0.34	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	704000	705000	L	ทางหลัก	พังงา	0.49	0.23	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	707000	708000	L	ทางหลัก	พังงา	0.49	0.21	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	701000	700000	R	ทางหลัก	พังงา	0.44	0.24	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	705000	706000	L	ทางหลัก	พังงา	0.49	0.30	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	703000	702000	R	ทางหลัก	พังงา	0.44	0.26	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	702000	701000	R	ทางหลัก	พังงา	0.45	0.23	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	709000	708000	R	ทางหลัก	พังงา	0.42	0.28	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	704000	703000	R	ทางหลัก	พังงา	0.44	0.23	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	707000	706000	R	ทางหลัก	พังงา	0.45	0.21	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	705000	704000	R	ทางหลัก	พังงา	0.45	0.30	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	708000	707000	R	ทางหลัก	พังงา	0.44	0.19	0.39
4	901	อ่าวเคย - บางนายสี	706000	707000	L	ทางหลัก	พังงา	0.49	0.34	0.39
2375	100	บักดอก - พนมดิน	6000	5000	R	ทางหลัก	สุรินทร์	0.48	0.28	0.39
2375	100	บักดอก - พนมดิน	13000	12000	R	ทางหลัก	สุรินทร์	0.49	0.25	0.39
2375	100	บักดอก - พนมดิน	12000	11000	R	ทางหลัก	สุรินทร์	0.52	0.29	0.39
2375	100	บักดอก - พนมดิน	11000	10000	R	ทางหลัก	สุรินทร์	0.54	0.29	0.39
2375	100	บักดอก - พนมดิน	5000	4000	R	ทางหลัก	สุรินทร์	0.51	0.29	0.39

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14$e^{-0.00009(X)}$ (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
2375	100	บักดอก - พนมดิน	9000	8000	R	ทางหลัก	สุรินทร์	0.53	0.30	0.39
2375	100	บักดอก - พนมดิน	10000	9000	R	ทางหลัก	สุรินทร์	0.50	0.28	0.39
2375	100	บักดอก - พนมดิน	7000	6000	R	ทางหลัก	สุรินทร์	0.51	0.27	0.39
2375	100	บักดอก - พนมดิน	8000	7000	R	ทางหลัก	สุรินทร์	0.53	0.28	0.39
1141	100	ดอนจั่น - เชียงใหม่	6500	6000	R	ทางหลัก	เชียงใหม่	0.43	0.22	0.39
1141	100	ดอนจั่น - เชียงใหม่	6000	6500	L	ทางหลัก	เชียงใหม่	0.63	0.12	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	1000	0	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.18	0.16	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	9000	10000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.13	0.17	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	6000	5000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.13	0.17	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	13000	12000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.11	0.16	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	23000	22000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.18	0.16	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	22000	21000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.15	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	19000	18000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.17	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	18000	17000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.14	0.14	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	6000	7000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.13	0.17	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	7000	6000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.15	0.17	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	10000	9000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.17	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	0	1000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.19	0.17	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	15000	16000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.13	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	7000	8000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.14	0.17	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	3000	4000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.09	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	16000	17000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.19	0.13	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	12000	13000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.12	0.15	0.39

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14$e^{-0.00009(X)}$ (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	10000	11000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.16	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	14000	15000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.15	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	17000	18000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.17	0.29	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	1000	2000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.11	0.16	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	21000	20000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.18	0.14	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	4000	5000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.08	0.16	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	8000	9000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.12	0.16	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	22000	23000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.18	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	15000	14000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.10	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	5000	6000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.11	0.16	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	21000	22000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.15	0.14	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	8000	7000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.14	0.16	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	17000	16000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.26	0.29	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	13000	14000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.12	0.16	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	11000	12000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.12	0.18	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	20000	19000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.17	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	14000	13000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.08	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	2000	1000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.10	0.14	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	20000	21000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.13	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	19000	20000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.13	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	4000	3000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.10	0.16	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	5000	4000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.13	0.16	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	9000	8000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.14	0.17	0.39

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14$e^{-0.00009(X)}$ (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	16000	15000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.19	0.13	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	18000	19000	L	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.14	0.14	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	12000	11000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.13	0.15	0.39
37	100	ชะอำ - วังโบสถ์	3000	2000	R	ทางหลัก	เพชรบุรี	0.11	0.15	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	208000	209000	L	ทางหลัก	แพร่	0.34	0.22	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	205000	206000	L	ทางหลัก	แพร่	0.35	0.26	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	210000	211000	L	ทางหลัก	แพร่	0.29	0.19	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	209000	210000	L	ทางหลัก	แพร่	0.30	0.19	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	211000	212000	L	ทางหลัก	แพร่	0.31	0.28	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	214000	215000	L	ทางหลัก	แพร่	0.32	0.38	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	206000	207000	L	ทางหลัก	แพร่	0.33	0.19	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	206000	205000	R	ทางหลัก	แพร่	0.29	0.19	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	210000	209000	R	ทางหลัก	แพร่	0.34	0.19	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	211000	210000	R	ทางหลัก	แพร่	0.38	0.28	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	215000	214000	R	ทางหลัก	แพร่	0.34	0.27	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	207000	208000	L	ทางหลัก	แพร่	0.33	0.20	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	212000	211000	R	ทางหลัก	แพร่	0.38	0.25	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	213000	214000	L	ทางหลัก	แพร่	0.31	0.26	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	212000	213000	L	ทางหลัก	แพร่	0.37	0.25	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	209000	208000	R	ทางหลัก	แพร่	0.38	0.19	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	214000	213000	R	ทางหลัก	แพร่	0.30	0.38	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	213000	212000	R	ทางหลัก	แพร่	0.33	0.26	0.39
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	208000	207000	R	ทางหลัก	แพร่	0.34	0.22	0.39

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14$e^{-0.00009(X)}$ (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
101	401	แม่สิน - ปางเคาะ	207000	206000	R	ทางหลัก	แพร่	0.35	0.20	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	11000	12000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.20	0.17	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	15000	16000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.33	0.24	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	17000	18000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.36	0.22	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	19000	20000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.45	0.23	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	21000	22000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.49	0.21	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	27000	28000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.44	0.21	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	12000	13000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.22	0.16	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	23000	24000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.51	0.23	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	16000	17000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.39	0.22	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	10000	11000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.20	0.26	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	13000	14000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.28	0.16	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	18000	19000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.36	0.22	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	22000	23000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.61	0.24	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	24000	25000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.43	0.30	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	26000	27000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.37	0.22	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	25000	26000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.40	0.21	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	20000	21000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.49	0.19	0.39
3011	100	บ้านไร่ - บ้านใต้	14000	15000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.36	0.24	0.39
213	301	สมเด็จ - สร้างค้อ	103000	104000	L	ทางหลัก	สกลนคร	0.37	0.17	0.39
213	301	สมเด็จ - สร้างค้อ	105000	106000	L	ทางหลัก	สกลนคร	0.35	0.22	0.39
213	301	สมเด็จ - สร้างค้อ	102000	103000	L	ทางหลัก	สกลนคร	0.38	0.17	0.39
213	301	สมเด็จ - สร้างค้อ	106000	107000	L	ทางหลัก	สกลนคร	0.42	0.17	0.39

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14$e^{-0.00009(X)}$ (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	60000	61000	L	ทางหลัก	เชียงราย	0.74	0.37	0.39
1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	59000	58000	R	ทางหลัก	เชียงราย	0.73	0.27	0.39
1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	58000	59000	L	ทางหลัก	เชียงราย	0.75	0.33	0.39
1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	60000	59000	R	ทางหลัก	เชียงราย	0.73	0.37	0.39
1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	58000	57000	R	ทางหลัก	เชียงราย	0.65	0.33	0.39
1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	61000	60000	R	ทางหลัก	เชียงราย	0.69	0.35	0.39
1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	61000	62000	L	ทางหลัก	เชียงราย	0.77	0.35	0.39
1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	62000	61000	R	ทางหลัก	เชียงราย	0.75	0.46	0.39
1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	59000	60000	L	ทางหลัก	เชียงราย	0.77	0.27	0.39
1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	63000	64000	L	ทางหลัก	เชียงราย	0.56	0.32	0.39
1150	200	ขุนแจ๋ - เวียงป่าเป้า	62000	63000	L	ทางหลัก	เชียงราย	0.62	0.46	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	29000	28000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.28	0.18	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	10000	9000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.28	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	16000	15000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.26	0.16	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	14000	13000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.25	0.26	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	11000	12000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.22	0.14	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	64000	65000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.42	0.16	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	12000	11000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.24	0.13	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	28000	27000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.23	0.21	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	25000	26000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.34	0.29	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	64000	65000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.40	0.16	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	23000	22000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.40	0.18	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	60000	61000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.71	0.32	0.39

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14$e^{-0.00009(X)}$ (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	61000	62000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.76	0.30	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	59000	60000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.70	0.37	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	29000	30000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.30	0.18	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	13000	14000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.24	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	61000	62000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.76	0.30	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	10000	11000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.24	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	17000	18000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.28	0.19	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	58000	59000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.74	0.37	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	30000	29000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.30	0.17	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	27000	28000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.25	0.13	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	24000	25000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.46	0.22	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	28000	29000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.33	0.21	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	24000	23000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.32	0.22	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	57000	58000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.67	0.32	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	65000	66000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.63	0.27	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	65000	64000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.40	0.27	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	27000	26000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.31	0.13	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	63000	64000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.41	0.23	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	14000	15000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.30	0.26	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	20000	21000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.35	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	59000	60000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.70	0.37	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	10000	11000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.24	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	26000	27000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.42	0.18	0.39

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14$e^{-0.00009(X)}$ (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	17000	18000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.28	0.19	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	26000	25000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.26	0.18	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	57000	58000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.67	0.32	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	11000	10000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.26	0.14	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	14000	15000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.30	0.26	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	22000	21000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.24	0.20	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	12000	13000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.23	0.13	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	64000	65000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.40	0.16	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	60000	61000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.71	0.32	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	18000	17000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.24	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	22000	23000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.46	0.20	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	65000	66000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.63	0.27	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	15000	16000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.33	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	23000	24000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.38	0.18	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	16000	17000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.30	0.16	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	9000	10000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.27	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	58000	59000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.74	0.37	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	9000	10000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.27	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	21000	22000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.32	0.18	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	12000	13000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.23	0.13	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	15000	16000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.33	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	9000	8000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.24	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	13000	14000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.24	0.15	0.39

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14$e^{-0.00009(X)}$ (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	11000	12000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.22	0.14	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	63000	64000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.41	0.23	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	13000	12000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.25	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	21000	20000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.30	0.18	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	17000	16000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.26	0.19	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	25000	24000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.31	0.29	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	15000	14000	R	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.28	0.15	0.39
226	100	หัวทะเล - หนองกระทิง	16000	17000	L	ทางหลัก	นครราชสีมา	0.30	0.16	0.39
1091	200	ปงสนุก - น่าน	90000	91000	L	ทางหลัก	น่าน	0.31	0.17	0.39
1268	100	เหมืองแพร่ - นาเจริญ	34000	35000	L	ทางหลัก	เลย	0.50	0.30	0.39
1268	100	เหมืองแพร่ - นาเจริญ	35000	36000	L	ทางหลัก	เลย	0.50	0.25	0.39
1268	100	เหมืองแพร่ - นาเจริญ	33000	34000	L	ทางหลัก	เลย	0.54	0.27	0.39
1268	100	เหมืองแพร่ - นาเจริญ	32000	33000	L	ทางหลัก	เลย	0.58	0.24	0.39
1268	100	เหมืองแพร่ - นาเจริญ	30000	31000	L	ทางหลัก	เลย	0.58	0.19	0.39
1268	100	เหมืองแพร่ - นาเจริญ	31000	32000	L	ทางหลัก	เลย	0.56	0.25	0.39
1268	100	เหมืองแพร่ - นาเจริญ	36000	37000	L	ทางหลัก	เลย	0.52	0.27	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	8000	7000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.32	0.24	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	10000	11000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.34	0.31	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	9000	8000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.30	0.23	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	3000	2000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.22	0.32	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	6000	5000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.45	0.31	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	4000	3000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.30	0.38	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	3000	4000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.34	0.32	0.39

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14$e^{-0.00009(X)}$ (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	7000	6000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.37	0.31	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	4000	5000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.36	0.38	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	6000	7000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.42	0.31	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	3000	4000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.34	0.32	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	6000	5000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.45	0.31	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	5000	6000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.46	0.30	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	9000	10000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.26	0.23	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	5000	4000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.38	0.30	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	9000	8000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.30	0.23	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	4000	3000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.30	0.38	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	8000	9000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.27	0.24	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	7000	6000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.37	0.31	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	5000	4000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.38	0.30	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	7000	8000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.37	0.31	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	6000	7000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.42	0.31	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	8000	7000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.32	0.24	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	4000	5000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.36	0.38	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	3000	2000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.22	0.32	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	11000	10000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.40	0.26	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	10000	9000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.28	0.31	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	5000	6000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.46	0.30	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	11000	10000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.40	0.26	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	10000	9000	R	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.28	0.31	0.39

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่า IFI ปี 2567 ระหว่างข้อมูลสำรวจ กับ สมการทำนายค่า IFI (X) = 0.25 + 0.14$e^{-0.00009(X)}$ (ต่อ)

หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ทิศทาง	ประเภททาง	จังหวัด	ค่าสำรวจความเสียดทานจริง หรือจากฐานข้อมูล	ค่า IFI จริง ปี 2567	ค่า IFI แบบจำลอง ปี 2567
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	9000	10000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.26	0.23	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	10000	11000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.34	0.31	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	8000	9000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.27	0.24	0.39
3265	100	แยกโคกหม้อ - ท่าชุง	7000	8000	L	ทางหลัก	อุทัยธานี	0.37	0.31	0.39
12	603	น้ำดุก - ห้วยชำมะคาว	375000	376000	L	ทางหลัก	เพชรบูรณ์	0.54	0.28	0.39
12	603	น้ำดุก - ห้วยชำมะคาว	418000	419000	L	ทางหลัก	เพชรบูรณ์	0.36	0.30	0.39
12	603	น้ำดุก - ห้วยชำมะคาว	419000	420000	L	ทางหลัก	เพชรบูรณ์	0.36	0.27	0.39
12	603	น้ำดุก - ห้วยชำมะคาว	376000	377000	L	ทางหลัก	เพชรบูรณ์	0.39	0.27	0.39
12	603	น้ำดุก - ห้วยชำมะคาว	417000	418000	L	ทางหลัก	เพชรบูรณ์	0.37	0.28	0.39
3191	101	มาบตาพุด - แยกนิคมพัฒนา	500	1000	L	ทางหลัก	ระยอง	0.56	0.27	0.39
3191	101	มาบตาพุด - แยกนิคมพัฒนา	500	1000	L	ทางหลัก	ระยอง	0.69	0.27	0.39
3191	101	มาบตาพุด - แยกนิคมพัฒนา	1000	500	R	ทางหลัก	ระยอง	0.75	0.30	0.39
3191	101	มาบตาพุด - แยกนิคมพัฒนา	1000	500	R	ทางหลัก	ระยอง	0.79	0.30	0.39
3191	101	มาบตาพุด - แยกนิคมพัฒนา	1000	500	R	ทางหลัก	ระยอง	0.56	0.30	0.39
3191	101	มาบตาพุด - แยกนิคมพัฒนา	500	1000	L	ทางหลัก	ระยอง	0.58	0.27	0.39

เอกสารอ้างอิง

(References)

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Austroads. (2018). *Guide to Asset Management, Guide to Pavement Technology*.
2. NCHRP. (2005). *Analytical Tools for Asset Management*.
3. NCHRP. (2010). *Development of Levels of Service for the Interstate Highway System*.
4. RSU International Research Conference. (2562).
5. HDM Manual. (2549).
6. The Asphalt Institute. (September 1981). *Thickness Design-Asphalt Pavements for Highways and Streets, Manual Series No. 1*.
7. *HDM-4 Volume 4 Part C* (2017).
8. HTC Infrastructure Management Ltd. (1997). *Thailand Road User Effects Model*.
9. สำนักงานควบคุมน้ำหนักยานพาหนะ กรมทางหลวง. (2552).
10. Latin American study Team (LAST). (1996).
11. ERES Consultants (ERES). (1995).
12. ERES. (1999).
13. Watanatada, et al. (1987).
14. Hoban, et al. (1994).
15. HDM-4. (2017)
16. Vollor & Hanson. (2006).
17. Rezaei & Masad. (2011).
18. Amini and Beigi. (2015). *Modeling the Effect of Road Surface Friction on the Accident Rate of Urban Un-Signalized Intersections*. CMF Clearing House.
19. *Guide for Pavement Friction* (2007-2008).
20. Marwan Hafez. (2020).
21. กรมทางหลวง. (2024). *โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิผลการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว*.
22. สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง. (2023). *งานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน*.
23. Cano-Ortiz et al. (2022).
24. Choi & Do. (2019).
25. Shtayat et al. (2022).
26. สำนักอำนวยความปลอดภัย (กองวิศวกรรมจราจร). (2002).
27. Henry. (2000).

เอกสารอ้างอิง (References) (ต่อ)

28. Ivey et al. (1992).

29. Moyer. (1959).

30. Mahidol University. (2562).

31. Venkataraman and Venkata Subramanian. (1977).

32. สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง. (2021).