



สำนักบริหารบำรุงทาง
กรมทางหลวง

รายงานเบื้องต้น

INCEPTION REPORT



โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวง
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569



CUTI
สถาบันการขนส่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY
TRANSPORTATION INSTITUTE

มกราคม 2569



สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1	บทนำ..... 1-1
1.1	หลักการและเหตุผล 1-1
1.2	คำจำกัดความ 1-2
1.3	วัตถุประสงค์ 1-3
บทที่ 2	ขั้นตอนการดำเนินงาน 2-1
2.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน 2-1
บทที่ 3	ขอบเขตของงาน 3-1
3.1	พื้นที่สำรวจ..... 3-1
3.2	เครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง 3-1
3.3	การสำรวจสภาพทาง..... 3-3
3.4	การประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจ 3-5
3.5	การจัดเก็บข้อมูลสู่ฐานข้อมูล Roadnet..... 3-6
3.6	การตรวจสอบข้อมูลการสำรวจผ่านระบบ Roadnet 3-6
3.7	การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางหลวงเพื่อการประเมินประสิทธิภาพ การใช้งานของผิวทาง ในระยะยาว (Long Term Pavement Performance) ของผิวทางลาดยาง 3-7
3.8	การจัดทำรายงานแผนงานบำรุงทาง 3-8
บทที่ 4	แนวทางและวิธีการศึกษาตามขอบเขตงานที่กำหนด 4-1
4.1	พื้นที่สำรวจ..... 4-1
4.2	เครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง 4-4
4.3	การสำรวจสภาพทาง..... 4-26
4.4	การประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจ 4-108
4.5	การจัดเก็บข้อมูลสู่ฐานข้อมูล Roadnet..... 4-121
4.6	การตรวจสอบข้อมูลการสำรวจผ่านระบบ Roadnet 4-141
4.7	การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางหลวงเพื่อการประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน ของผิวทางในระยะยาว (Long Term Pavement Performance) ของผิวทางลาดยาง 4-160
4.8	การจัดทำรายงานแผนงานบำรุงทาง 4-185





สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 แผนดำเนินงาน และแผนการทำงานของบุคลากรในโครงการ	5-1
5.1 เอกสาร รายงานและกำหนดการส่งมอบ	5-1
5.2 ระยะเวลาดำเนินการและแผนดำเนินการ	5-6
5.3 บุคลากรในการดำเนินโครงการ.....	5-7
บทที่ 6 แผนการสำรวจสภาพทาง ระยะทางสำรวจไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร	6-1
6.1 สรุประยะทางสำรวจสภาพทาง ระยะทางสำรวจไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร	6-1
6.2 สรุประยะทางที่คาดว่าจะติดโครงการก่อสร้าง และระยะทางแผนการสำรวจสำรอง.....	6-6
6.3 แผนการเข้าพื้นที่สำรวจ	6-7



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1-1 คำจำกัดความ	1-2
ตารางที่ 4-1 แสดงระยะทางสำรวจรายสำนัก แบ่งตามอุปกรณ์การสำรวจ	4-1
ตารางที่ 4-2 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ของอุปกรณ์ LCMS คันที่ 1	4-7
ตารางที่ 4-3 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ของอุปกรณ์ LCMS คันที่ 2	4-8
ตารางที่ 4-4 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ของอุปกรณ์ LASER PROFILER คันที่ 1	4-9
ตารางที่ 4-5 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ ของอุปกรณ์ LASER PROFILER คันที่ 2	4-10
ตารางที่ 4-6 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทาง โดยการใช้อุปกรณ์ LCMS คันที่ 1	4-12
ตารางที่ 4-7 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทาง โดยการใช้อุปกรณ์ LCMS คันที่ 2	4-13
ตารางที่ 4-8 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทางของอุปกรณ์ LASER PROFILER คันที่ 1	4-15
ตารางที่ 4-9 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทางของอุปกรณ์ LASER PROFILER คันที่ 2	4-15
ตารางที่ 4-10 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง อุปกรณ์สำรวจระบบ Laser Profilometer คันที่ 1	4-18
ตารางที่ 4-11 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง อุปกรณ์สำรวจระบบ LCMS คันที่ 1	4-18
ตารางที่ 4-12 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง อุปกรณ์สำรวจระบบ Laser Profilometer คันที่ 2	4-19
ตารางที่ 4-13 แสดงรายละเอียดเครื่องมือวัดระยะทาง	4-22
ตารางที่ 4-14 รายละเอียดของเครื่องระบุพิกัดด้วยดาวเทียม GPS/GNSS	4-25
ตารางที่ 4-15 รายชื่อติดต่อผู้ประสานงานโครงการแขวงทางหลวง	4-33
ตารางที่ 4-16 เกณฑ์การคัดเลือกสายทางสำรวจเพื่อใช้ในการวางแผนสำรวจสายทางเบื้องต้น	4-37
ตารางที่ 4-17 ระยะทางสำรวจแบ่งตามอุปกรณ์	4-44
ตารางที่ 4-18 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นของค่า IRI	4-52
ตารางที่ 4-19 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นของค่า RUTTING	4-57
ตารางที่ 4-20 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นของค่า MPD	4-61
ตารางที่ 4-21 ความสม่ำเสมอภายในระบบจากการวัดซ้ำ (ผิวทาง AC)	4-71
ตารางที่ 4-22 ความสม่ำเสมอภายในระบบจากการวัดซ้ำ (ผิวทาง CC)	4-72
ตารางที่ 4-23 ความสอดคล้องเชิงลำดับระหว่างระบบ (ผิวทาง AC)	4-73
ตารางที่ 4-24 ความสอดคล้องเชิงลำดับระหว่างระบบ (ผิวทาง AC)	4-74
ตารางที่ 4-25 Confusion Matrix (ผิวทาง AC)	4-75





ตารางที่ 4-26	Confusion Matrix (ผิวทาง CC)	4-75
ตารางที่ 4-27	Confusion Matrix (ผิวทาง CC)	4-76
ตารางที่ 4-28	ตารางสรุปพื้นที่ในการทดสอบภาพกล้องหน้า (ROW Camera).....	4-86
ตารางที่ 4-29	ตัวแปรการตั้งค่าของกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) มีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของแต่ละอุปกรณ์	4-87
ตารางที่ 4-30	ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ด้านซ้ายทาง ความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	4-88
ตารางที่ 4-31	ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	4-91
ตารางที่ 4-32	ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	4-94
ตารางที่ 4-33	การเปรียบเทียบภาพกล้องบันทึกภาพผิวทาง (Pavement Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน	4-97
ตารางที่ 4-34	การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางลาดยาง.....	4-112
ตารางที่ 4-35	การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางคอนกรีต	4-113
ตารางที่ 4-36	แสดงตัวอย่างข้อผิดพลาดของภาพที่มีการตรวจสอบ (Root Mean Square Error: RMSE)	4-130
ตารางที่ 4-37	ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่ง.....	4-135
ตารางที่ 4-38	แสดงรายละเอียดในการตรวจสอบรอบที่ 3 (QC3) กระบวนการภายใน.....	4-142
ตารางที่ 4-39	แสดงข้อมูลการประเมินความเสียหายบนผิวลาดยาง.....	4-148
ตารางที่ 4-40	แสดงข้อมูลการประเมินความเสียหายบนผิวคอนกรีต	4-148
ตารางที่ 4-41	คุณสมบัติของอุปกรณ์ Mobile Mapping System (MMS).....	4-174
ตารางที่ 5-1	สรุปรายการส่งมอบงานการศึกษา.....	5-5
ตารางที่ 5-2	ระยะเวลาดำเนินการและแผนดำเนินการ.....	5-6
ตารางที่ 5-3	บุคลากรหลักในการดำเนินงานโครงการ.....	5-7
ตารางที่ 5-4	บุคลากรสนับสนุนในการดำเนินงานโครงการ	5-9
ตารางที่ 5-5	การจำแนกหน้าที่และลักษณะงานต่าง ๆ ของที่ปรึกษาหลักในโครงการ	5-11
ตารางที่ 5-6	รายละเอียดแผนการดำเนินงานของบุคลากร	5-12





สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 6-1	สรุประยะทางแผนการสำรวจจากการยืนยันบัญชีสายทาง (แบ่งตามแขวงทางหลวง) 6-1
ตารางที่ 6-2	สรุประยะทางแผนการสำรวจจากการยืนยันบัญชีสายทาง (แบ่งตามแขวงทางหลวง) 6-6
ตารางที่ 6-3	แผนการเข้าพื้นที่สำรวจ (แบ่งตามแขวงทางหลวง) 6-7





สารบัญญรูป

	หน้า
รูปที่ 2-1 ภาพรวมการดำเนินงานโครงการ	2-3
รูปที่ 4-1 ตำแหน่งของสำนักงานทางหลวงทั้ง 18 แห่ง	4-3
รูปที่ 4-2 ชุดอุปกรณ์เลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางที่ติดตั้งบนยานพาหนะ	4-4
รูปที่ 4-3 ผังการทำงานของเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์	4-6
รูปที่ 4-4 แสดงการทำงานของเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์	4-6
รูปที่ 4-5 อุปกรณ์ถ่ายภาพผิวทาง (LCMS) และตัวอย่างภาพจากอุปกรณ์ถ่ายภาพผิวทาง (LCMS)	4-12
รูปที่ 4-6 กล้องบันทึกภาพผิวทาง และตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพผิวทาง	4-14
รูปที่ 4-7 ตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง	4-17
รูปที่ 4-8 เครื่องมือวัดความเร่ง	4-20
รูปที่ 4-9 รายละเอียดเครื่องวัดระยะทาง	4-21
รูปที่ 4-10 อุปกรณ์รับสัญญาณและชุดบันทึกข้อมูล	4-22
รูปที่ 4-11 แสดงการเชื่อมโยงระบบต่าง ๆ ภายในระบบคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูล	4-23
รูปที่ 4-12 ลักษณะของรถสำรวจที่ใช้ในการสำรวจ	4-23
รูปที่ 4-13 ตัวอย่างเครื่องมือระบุพิกัดด้วยดาวเทียม	4-24
รูปที่ 4-14 หลักการทำงานของกรับพิกัดและค่าแก้ DGPS	4-24
รูปที่ 4-15 อุปกรณ์ Inertial Measurement Unit (IMU)	4-25
รูปที่ 4-16 แสดงโครงข่ายการเชื่อมโยงระบบต่าง ๆ ของกรมทางหลวง	4-26
รูปที่ 4-17 เพื่อนำมาใช้สำหรับวางแผนสำรวจเพื่อหลีกเลี่ยงงานซ่อมบำรุงถนนจากระบบ Plannet	4-27
รูปที่ 4-18 เพื่อนำมาใช้สำหรับวางแผนสำรวจ เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลค่าสภาพทางจากระบบ MIIS	4-27
รูปที่ 4-19 เพื่อใช้ในประเมินจัดทำแผนวิเคราะห์ใช้ในงานซ่อมบำรุงจากระบบ HRIS	4-28
รูปที่ 4-20 เพื่อนำข้อมูลปริมาณจราจรจากระบบ TIMS มาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายทาง	4-28
รูปที่ 4-21 การประชุมชี้แจงและเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มโครงการ	4-31
รูปที่ 4-22 หนังสือเรื่องขอให้ตรวจสอบบัญชีสายทางแผนการสำรวจปี 2569	4-32
รูปที่ 4-23 พื้นที่ทดสอบที่ 1 ทางหลวงหมายเลข 352 ตอน 100	4-46
รูปที่ 4-24 พื้นที่ทดสอบที่ 2 ทางหลวงหมายเลข 3592 ตอน 100	4-47
รูปที่ 4-25 พื้นที่ทดสอบที่ 3 ทางหลวงหมายเลข 3076 ตอน 100	4-47
รูปที่ 4-26 พื้นที่ทดสอบที่ 4 ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอน 100	4-48
รูปที่ 4-27 พื้นที่ทดสอบที่ 5 ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน 101	4-48
รูปที่ 4-28 ส่วนประกอบของแผนภูมิ Boxplot (Lind, 2023)	4-50





สารบัญญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4-29 ส่วนประกอบของแผนภูมิ Boxplot (สถาบันนวัตกรรมและธรรมาภิบาลข้อมูล, 2022)	4-51
รูปที่ 4-30 Boxplots ค่า IRI ของรถสำรวจทั้ง 5 คัน	4-55
รูปที่ 4-31 Boxplots ค่า RUT ของรถสำรวจทั้ง 5 คัน	4-59
รูปที่ 4-32 Boxplots ค่า MPD ของรถสำรวจทั้ง 5 คัน	4-63
รูปที่ 4-33 เกณฑ์การพิจารณา Cronbach's alpha	4-67
รูปที่ 4-34 แสดงขั้นตอนการทำงานจากก่อนนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ	4-77
รูปที่ 4-35 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวคอนกรีต สายทาง 352 ตอนควบคุม 0100 อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile.....	4-77
รูปที่ 4-36 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวคอนกรีต สายทาง 3592 ตอนควบคุม 0100 อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile.....	4-78
รูปที่ 4-37 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวลาดยาง สายทาง 3076 ตอนควบคุม 0100 อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile.....	4-78
รูปที่ 4-38 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวลาดยาง สายทาง 3050 ตอนควบคุม 0100 อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile	4-79
รูปที่ 4-39 เอกสารรับรองผลการวิเคราะห์อุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง LCMS คันที่ 1	4-80
รูปที่ 4-40 เอกสารรับรองผลการวิเคราะห์อุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง LCMS คันที่ 2	4-81
รูปที่ 4-41 เอกสารรับรองผลการวิเคราะห์อุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง Laser Profiler คันที่ 1	4-82
รูปที่ 4-42 เอกสารรับรองผลการวิเคราะห์อุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง Laser Profiler คันที่ 2	4-83
รูปที่ 4-43 ภาพตัวอย่างพื้นที่ที่แสงน้อยของอุปกรณ์ LCMS	4-84
รูปที่ 4-44 ภาพตัวอย่างพื้นที่ที่แสงน้อยของอุปกรณ์ Laser Profilometer	4-84
รูปที่ 4-45 พื้นที่งานทดสอบภาพกล้องหน้า (ROW Camera).....	4-85
รูปที่ 4-46 แสดงลำดับสายทาง และช่องจราจรในการทดสอบ และภาพถ่ายจากสถานที่จริง	4-86
รูปที่ 4-47 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ภาพถ่ายจากตัวอุปกรณ์ LCMS และ Laser Profilometer ..	4-100
รูปที่ 4-48 แสดงการวิ่งช่องจราจรด้านซ้ายสุด	4-101
รูปที่ 4-49 แสดงการวิ่งช่องจราจรด้านซ้ายสุดของถนนทั้ง 2 ทิศทาง	4-101
รูปที่ 4-50 แสดงภาพมุมสูงการวิ่งจราจรช่องซ้ายสุดทั้งทางหลักและทางขนาน	4-102
รูปที่ 4-51 แสดงภาพการเข้าสำรวจทางขนาน	4-102
รูปที่ 4-52 ภาพแสดงรูปแบบการวิ่งสำรวจ Taper.....	4-103
รูปที่ 4-53 แสดงการวิ่งสำรวจกรณีผิวทางสะพานมีความยาวไม่ถึง 75 เมตร	4-103





สารบัญญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4-54 แสดงการวิ่งสำรวจและการตัดข้อมูลประเภททางขนาน.....	4-104
รูปที่ 4-55 ภาพแสดงการตัดผิวสะพาน	4-104
รูปที่ 4-56 แสดงภาพเมื่อเข้าสำรวจด้านซ้ายสุดของถนนไม่ได้ เนื่องจากมีเหตุจำเป็น.....	4-105
รูปที่ 4-57 แสดงภาพสายทางที่เปียกจนไม่สามารถสำรวจได้	4-106
รูปที่ 4-58 แสดงภาพเมื่อไม่สามารถเข้าสำรวจได้เนื่องจากมีสิ่งก่อสร้างถาวรกีดขวาง ทำให้รถไม่สามารถเข้าสำรวจได้.....	4-107
รูปที่ 4-59 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าความลึกร่องล้อบนผิวทาง	4-108
รูปที่ 4-60 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากลของผิวทาง.....	4-108
รูปที่ 4-61 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง.....	4-109
รูปที่ 4-62 แสดงภาพถ่ายผิวทางที่สร้างขึ้นจากเลเซอร์ จากอุปกรณ์ LCMS (Laser Crack Measurement System).....	4-110
รูปที่ 4-63 แสดงความละเอียดภาพถ่ายสภาพความเสียหายผิวทาง (Surface Distress)	4-110
รูปที่ 4-64 กระบวนการทำงานการประเมินและวิเคราะห์ความเสียหายของผิวทาง.....	4-111
รูปที่ 4-65 การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายถนนและสองข้างทางจากอุปกรณ์ ROMDAS.....	4-113
รูปที่ 4-66 ตัวอย่างความละเอียดข้อมูลภาพถ่ายถนนและสองข้างทาง.....	4-114
รูปที่ 4-67 ตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพถนนและพื้นที่ภายในบริเวณเขตทาง ทั้งสองข้างบนระบบ Roadnet.....	4-114
รูปที่ 4-68 ผลลัพธ์การประมวลผลภาพถ่ายต่อเนื่องที่สามารถแสดงเป็นภาพเคลื่อนไหว พร้อมบ่งชี้ช่วง กม. บนระบบ Roadnet ได้.....	4-115
รูปที่ 4-69 ตัวอย่างข้อมูลสำรวจที่ผ่านการประมวลผล.....	4-117
รูปที่ 4-70 แผนผังแสดงการเพิ่มประสิทธิภาพการนำเข้าข้อมูล ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา Python และ SQL.....	4-118
รูปที่ 4-71 การประมวลผลข้อมูลการสำรวจในรูปแบบของแผนที่ (GIS) โดยพิจารณาถึงระบบ พิกัดอ้างอิงที่เป็นมาตรฐานและสามารถจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล Roadnet ได้อย่างเหมาะสม.....	4-118
รูปที่ 4-72 แสดงภาพถ่ายต่อเนื่องที่สัมพันธ์กับสายทางที่สำรวจ	4-119
รูปที่ 4-73 แสดงพิกัดค่าความเสียหายที่สัมพันธ์กับสายทางสำรวจ	4-119
รูปที่ 4-74 แสดงการประมวลผลการสำรวจในรูปแบบแผนที่ (GIS) ข้อมูลที่เกิดความเสียหาย สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ย IRI ที่สูงตามข้อมูลประเมิน	4-120



สารบัญญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4-75 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ย IRI โดยแบ่งเกณฑ์ตามมาตรฐานระบบ	4-121
รูปที่ 4-76 แสดงระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง Roadnet.....	4-122
รูปที่ 4-77 แสดงแบบจำลองโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ตามมาตรฐาน ISO/OGC	4-123
รูปที่ 4-78 การเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมก่อนแปลงให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลภูมิสารสนเทศ	4-124
รูปที่ 4-79 การ convert (*.csv file) to shapefile (point)	4-124
รูปที่ 4-80 การ convert points to Paths	4-125
รูปที่ 4-81 การปรับโครงสร้างข้อมูลจากโปรแกรม HKE ให้ตรงกับโครงสร้างข้อมูลสำรวจ ในฐานข้อมูลกลางงานบำรุงทาง (CRDB)	4-126
รูปที่ 4-82 การปรับโครงสร้างข้อมูลจากโปรแกรมให้ตรงกับโครงสร้างข้อมูลสำรวจในฐานข้อมูล	4-126
รูปที่ 4-83 แสดงรูปแบบการเชื่อมโยงของข้อมูลบัญชีสายทาง	4-127
รูปที่ 4-84 แสดงรูปแบบการเชื่อมโยงของข้อมูลสำรวจจากสำนักบำรุงทาง.....	4-128
รูปที่ 4-85 แสดงตัวอย่างจุดบังคับสภาพภาคพื้นดิน GCP.....	4-132
รูปที่ 4-86 แสดงตัวอย่างจุด GCP และจุดที่ทำการตรวจสอบ ตำแหน่งที่ 1	4-133
รูปที่ 4-87 แสดงตัวอย่างจุด GCP และจุดที่ทำการตรวจสอบ ตำแหน่งที่ 2	4-133
รูปที่ 4-88 แสดงอุปกรณ์สำรวจข้อมูลชนิด NAS ที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง.....	4-137
รูปที่ 4-89 แสดงภาพรวมการทำงานของระบบจัดเก็บข้อมูลสำรวจ บนเครื่องแม่ข่าย Server ในปัจจุบัน.....	4-139
รูปที่ 4-90 แสดงการเชื่อมโยงบนระบบ Roadnet บนฐานข้อมูล phpPgadmin.....	4-139
รูปที่ 4-91 แผนผังแสดงขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลเข้าสู่ระบบ Roadnet บนฐานข้อมูล phpPgadmin .	4-140
รูปที่ 4-92 แสดงกระบวนการตรวจสอบผ่านระบบ Roadnet.....	4-141
รูปที่ 4-93 ตัวอย่างการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงตำแหน่งบริเวณทางแยก	4-143
รูปที่ 4-94 ตัวอย่างการตรวจสอบพื้นที่สำรวจและอ้างอิงตำแหน่งภาพจาก Google Map	4-143
รูปที่ 4-95 ตัวอย่างบัญชีแผนการสำรวจ	4-144
รูปที่ 4-96 ตัวอย่างการตรวจสอบสายทางที่แสดงผิวลาดยางและรอยต่อผิวคอนกรีต	4-144
รูปที่ 4-97 ตัวอย่างการตรวจสอบสายทางที่แสดงผิวคอนกรีตและรอยต่อผิวลาดยาง.....	4-145
รูปที่ 4-98 ตัวอย่างกราฟข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) ที่สภาพความเสียหายสอดคล้องในพื้นที่.....	4-145
รูปที่ 4-99 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลค่าความเสียหายรูปภาพผิวทาง ภาพถ่ายสองข้างทางครบถ้วนและสอดคล้อง	4-146





สารบัญญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4-100 ตัวอย่างกราฟเปรียบเทียบค่าความขรุขระสากล 2 ปี.....	4-147
รูปที่ 4-101 ตัวอย่างการแสดงผลสภาพความเสียหายลาดยาง	4-148
รูปที่ 4-102 ตัวอย่างการแสดงผลสภาพความเสียหายคอนกรีต.....	4-149
รูปที่ 4-103 ตัวอย่างการแสดงผลภาพถ่ายที่มีคราบมูลนก	4-150
รูปที่ 4-104 ตัวอย่างการแสดงผลภาพถ่ายที่มีคราบน้ำ.....	4-150
รูปที่ 4-105 ตัวอย่างการแสดงผลภาพถ่ายที่นกบินผ่าน	4-151
รูปที่ 4-106 ตัวอย่างการแสดงผลสภาพสัดส่วนที่มีความสอดคล้อง.....	4-151
รูปที่ 4-107 ตัวอย่างการตรวจสอบภาพเคลื่อนไหวที่ไม่ซ้ำกัน	4-152
รูปที่ 4-108 ตัวอย่างการแสดงจุดเริ่มต้นทางขนานทางหลวงหมายเลข 1 ตอนควบคุม 0101	4-152
รูปที่ 4-109 ตารางตัวอย่างบัญชีตรวจสอบ QC4 รายแขวงทางหลวง.....	4-153
รูปที่ 4-110 ตารางตัวอย่างบัญชีตรวจสอบ QC5	4-153
รูปที่ 4-111 กระบวนการขั้นตอนการตรวจสอบของเจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพ.....	4-154
รูปที่ 4-112 QR code LINE Open Chat สำหรับแจ้งระบบ HRIS	4-158
รูปที่ 4-113 QR code LINE Open Chat Roadnet Survey สำหรับเจ้าหน้าที่ส่วนภูมิภาค	4-158
รูปที่ 4-114 ตัวอย่างเอกสารในการแจ้งผล กรณีหลักกิโลเมตรแสดงผลบนระบบ Roadnet ไม่ตรงกับกิโลเมตรข้อมูลสำรวจ โดยระบุหมายเลขสายทางหลวง ตอนควบคุม และข้อมูลช่วงหลักกิโลเมตร	4-159
รูปที่ 4-115 ตัวอย่างเอกสารในการแจ้ง Base map ไม่สอดคล้องกับเส้นแผน - ผลการสำรวจ.....	4-159
รูปที่ 4-116 การคัดเลือกช่วงอายุผิวทาง	4-161
รูปที่ 4-117 ตัวอย่างภาพที่แสดงการวิเคราะห์แบบพิกเซล เช่น การใช้ Edge Detection หรือ Thresholding	4-163
รูปที่ 4-118 ตัวอย่างภาพที่แสดงการแบ่งภาพออกเป็นวัตถุ (segments) ก่อนที่จะจำแนก.....	4-164
รูปที่ 4-119 หลักการตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุของ YOLO	4-165
รูปที่ 4-120 กระบวนการทำงาน R-CNN	4-165
รูปที่ 4-121 สถาปัตยกรรมของ YOLOv11.....	4-167
รูปที่ 4-122 สถาปัตยกรรมของ RT-DETR	4-168
รูปที่ 4-123 สถาปัตยกรรมของ RT-DETR สถาปัตยกรรมเมตาการตรวจจับวัตถุการเรียนรู้เชิงลึก	4-169
รูปที่ 4-124 เครื่องมือ Filezilla และ PostgreSQL สำหรับบริหารจัดการข้อมูล	4-171
รูปที่ 4-125 ภาพตัวอย่างชุดอุปกรณ์ MMS และผลลัพธ์จากงานสำรวจ.....	4-173





สารบัญญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4-126 ชุดอุปกรณ์ Mobile Mapping System (MMS).....	4-174
รูปที่ 4-127 ตัวอย่างข้อมูล Point cloud จากรถสำรวจ.....	4-175
รูปที่ 4-128 ตัวอย่างข้อมูล Panorama Image จากรถสำรวจ.....	4-176
รูปที่ 4-129 ตัวอย่างข้อมูล Trajectory ที่ประมวลผลร่วมกับ Base Station	4-177
รูปที่ 4-130 ตัวอย่าง Mockup ผลลัพธ์จากวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่าย 2 ข้างทาง	4-179
รูปที่ 4-131 ตัวอย่างรูปแบบข้อมูลต้นไม้ในระบบ 3 มิติ.....	4-181
รูปที่ 4-132 ตัวอย่าง Mock up ภาพจาก Lidar for Road Surface แสดงผลบนระบบ Potree.....	4-182
รูปที่ 4-133 ตัวอย่าง Mock up ภาพจาก Lidar for Road Surface แสดงผลบนระบบ Potree.....	4-184
รูปที่ 4-134 ตัวอย่างการแสดงผลภาพ 3D Building Data Structure: ด้วย Cesium	4-184
รูปที่ 5-1 แผนผังการบริหารโครงการ.....	5-13



1.1 หลักการและเหตุผล

กรมทางหลวง เป็นหน่วยงานหลักที่ต้องดูแลโครงข่ายสายทางทั่วประเทศ ปัจจุบันมีระยะทางในความรับผิดชอบประมาณ 78,575 กิโลเมตร (ต่อ 2 ช่องจราจร) โดยประกอบด้วยผิวลาดยางประมาณ 69,767 กิโลเมตร ทางผิวคอนกรีตประมาณ 8,763 กิโลเมตร และทางผิวลูกรังประมาณ 45 กิโลเมตร (ข้อมูลบัญชีลักษณะผิวทาง ข้อมูลประจำปี 2568) ที่ผ่านมากรมทางหลวงได้นำเอาระบบบริหารงานบำรุงทางโดยใช้โปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง TPMS Budgeting Module ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์วิธีการและงบประมาณที่ใช้ในการซ่อมบำรุงทางจากสภาพความเสียหายตั้งแต่ปี 2530 เพื่อประกอบการพิจารณาจัดทำแผนบำรุงทางของสำนักงานทางหลวงและแขวงทางหลวงจากนั้นเมื่อปี 2552 ได้พัฒนาเป็น TPMS Optimization Model พัฒนาแนวทางของ World bank โดยข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ ประกอบด้วยข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index: IRI) ข้อมูลค่าความสึกร่อนล้อ (Rutting) ข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth: MPD) ตลอดจนข้อมูลสภาพความเสียหายประเภทต่าง ๆ ที่ได้จากการสำรวจและวิเคราะห์สภาพทางหลวงผิวลาดยางและผิวคอนกรีต และข้อมูลบนภาพถ่ายผิวทาง ข้อมูลทั้งหมดจัดเก็บในระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) พร้อมแสดงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) บนแผนที่ดิจิทัล (Digital Mapping) ในระบบ Roadnet ที่สามารถใช้งานได้สะดวก รวดเร็ว และมีความถูกต้อง โดยได้เปิดให้บริการข้อมูลต่อหน่วยงานอื่นหรือเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศอื่น ๆ ภายในกรมทางหลวง และมีการใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่องเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง มีหน้าที่หลักในการบริหารและจัดการข้อมูลบัญชีผิวทางรวมทั้งการซ่อมบำรุงผิวทางภายในโครงข่ายทางหลวงให้มีประสิทธิภาพ สามารถเดินทางได้อย่างปลอดภัยและรองรับการเดินทางในอนาคต ซึ่งโครงข่ายทางหลวงเป็นข้อมูลหลักส่วนหนึ่งของโครงสร้างพื้นฐานประเทศที่จำเป็นต้องบำรุงรักษาสภาพถนนให้พร้อมต่อการใช้งาน ดังนั้น สำนักบริหารบำรุงทาง จึงมีความจำเป็นต้องทำการสำรวจสภาพผิวทางและผลประเมินค่าความเสียหายบนผิวทางให้ครอบคลุมทั่วทั้งประเทศ โดยมีแผนดำเนินการสำรวจให้ครบทุกสายทางทั้งทางหลักและทางขนาน อีกทั้งบัญชีสายทางที่มีข้อมูลปริมาณจราจรสูงจำเป็นต้องทำการสำรวจทุกปี เพื่อให้ข้อมูลต่าง ๆ จากการสำรวจได้ถูกนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) แสดงผลและวิเคราะห์วางแผนงานซ่อมบำรุง นอกจากนี้ยังนำมาประมวลผลในโปรแกรม TPMS เพื่อวางแผนบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ส่งผลให้การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงทางเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป



1.2 คำจำกัดความ

ตารางที่ 1-1 คำจำกัดความ

ลำดับ	คำจำกัดความ	ความหมาย
1	ผู้ว่าจ้าง	กรมทางหลวง
2	ผู้ยื่นข้อเสนอ	สถาบันการศึกษาของรัฐ หรือสถาบันวิจัย หรือสถาบันบริการทางวิชาการของรัฐ โดยสามารถร่วมกับนิติบุคคล หรือ กลุ่มนิติบุคคลได้ ทั้งนี้ สถาบันนั้นต้องเป็นที่ปรึกษาหลัก (Lead Firm)
3	ที่ปรึกษา	ผู้ที่ได้รับการพิจารณาคัดเลือกจากคณะกรรมการและลงนามในสัญญาจ้างที่ปรึกษากับกรมทางหลวง
4	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS)	กระบวนการทำงานเกี่ยวกับฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการเก็บบันทึก แก้ไข ปรับปรุง แสดงผล และรายงานผลข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยความสัมพันธ์ทางภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับข้อมูลอื่น ๆ
5	ฐานข้อมูล Roadnet	ฐานข้อมูลโครงข่ายถนน เพื่อใช้ในระบบบริหารงานบำรุงทางประกอบด้วย ข้อมูลบัญชีสายทาง บัญชีผิวทาง ลักษณะทางกายภาพ โครงสร้างทาง สภาพทาง และภาพถ่ายสายทาง เป็นต้น
6	โปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System , TPMS)	โปรแกรมบริหารงานบำรุงทางของผู้ว่าจ้างที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์วิธีซ่อมบำรุงทางและจัดลำดับความสำคัญของแผนงานบำรุงทาง ประกอบด้วย กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลความเสียหาย การตัดสินใจในการซ่อมบำรุง และการจัดลำดับความสำคัญของแผนงาน
7	ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet)	โปรแกรมสืบค้นและแสดงผลข้อมูลจากฐานข้อมูลกลางงานบำรุงทาง
8	โปรแกรมวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางจากภาพถ่าย	โปรแกรมเพื่อใช้ในการเปิดข้อมูลภาพถ่ายผิวทางที่ได้จากการสำรวจสภาพทางเพื่อทำการประเมินสภาพความเสียหายต่าง ๆ ของผิวทาง
9	ระบบวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางแบบอัตโนมัติ (Automatic crack detection)	ระบบตรวจจับความเสียหายของผิวทางแบบอัตโนมัติ โดยใช้อัลกอริธึมในการคำนวณหาความเสียหายจากภาพถ่ายผิวทางที่สร้างขึ้นจากเลเซอร์
10	เครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง (Laser Profilometer)	เครื่องมือเลเซอร์ซึ่งใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางเพื่อนำข้อมูลไปคำนวณหาค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI), ค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) และค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD) ของผิวทางที่ทำการสำรวจ



ตารางที่ 1-1 คำจำกัดความ (ต่อ)

ลำดับ	คำจำกัดความ	ความหมาย
11	เครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางแบบ LCMS (Laser Crack Measurement System)	ระบบการวัดรอยแตกด้วยเลเซอร์ โดยใช้การฉายแสงของเลเซอร์กล้องความเร็วสูง และเลนส์ชั้นสูง เพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลภาพทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ ของพื้นผิวถนน ซึ่งสามารถนำมาประมวลผลหาค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI), ค่าความสึกร่งล้อ (Rutting) ค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD) และความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) ของผิวทางที่ทำการสำรวจ
12	ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI)	ค่าความขรุขระสากลของถนนมีหน่วยเป็น เมตรต่อกิโลเมตร
13	ข้อมูลค่าความสึกร่งล้อ (Rutting)	ค่าความสึกของร่องล้อของสายทางมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
14	ข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD)	ค่าความหยาบของพื้นผิวถนนมีหน่วยเป็นความลึกต่อระยะทาง เช่น มิลลิเมตรต่อเมตร

1.3 วัตถุประสงค์

ผู้ว่าจ้างมีความประสงค์จะว่าจ้าง “ที่ปรึกษา” เพื่อ

- 1.3.1 สำรวจสภาพความเสียหายของทางโดยใช้รถสำรวจสภาพทางที่ติดตั้งเครื่องมือเลเซอร์
- 1.3.2 ประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาพความเสียหายของทางผิวลาดยาง และผิวคอนกรีต รวมไปถึงจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล Roadnet และสามารถสืบค้นและแสดงผลข้อมูลได้ครบถ้วนถูกต้อง
- 1.3.3 จัดทำข้อมูลสภาพความเสียหายของผิวทางในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง (TPMS)
- 1.3.4 แปลผลข้อมูลเพื่อจัดทำรายงาน แผนงานบำรุงรักษาทางหลวงที่เหมาะสมทางด้านวิศวกรรม และมีผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์คุ้มค่าต่อการลงทุน
- 1.3.5 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางหลวงเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการจัดทำแผนงานบำรุงทาง

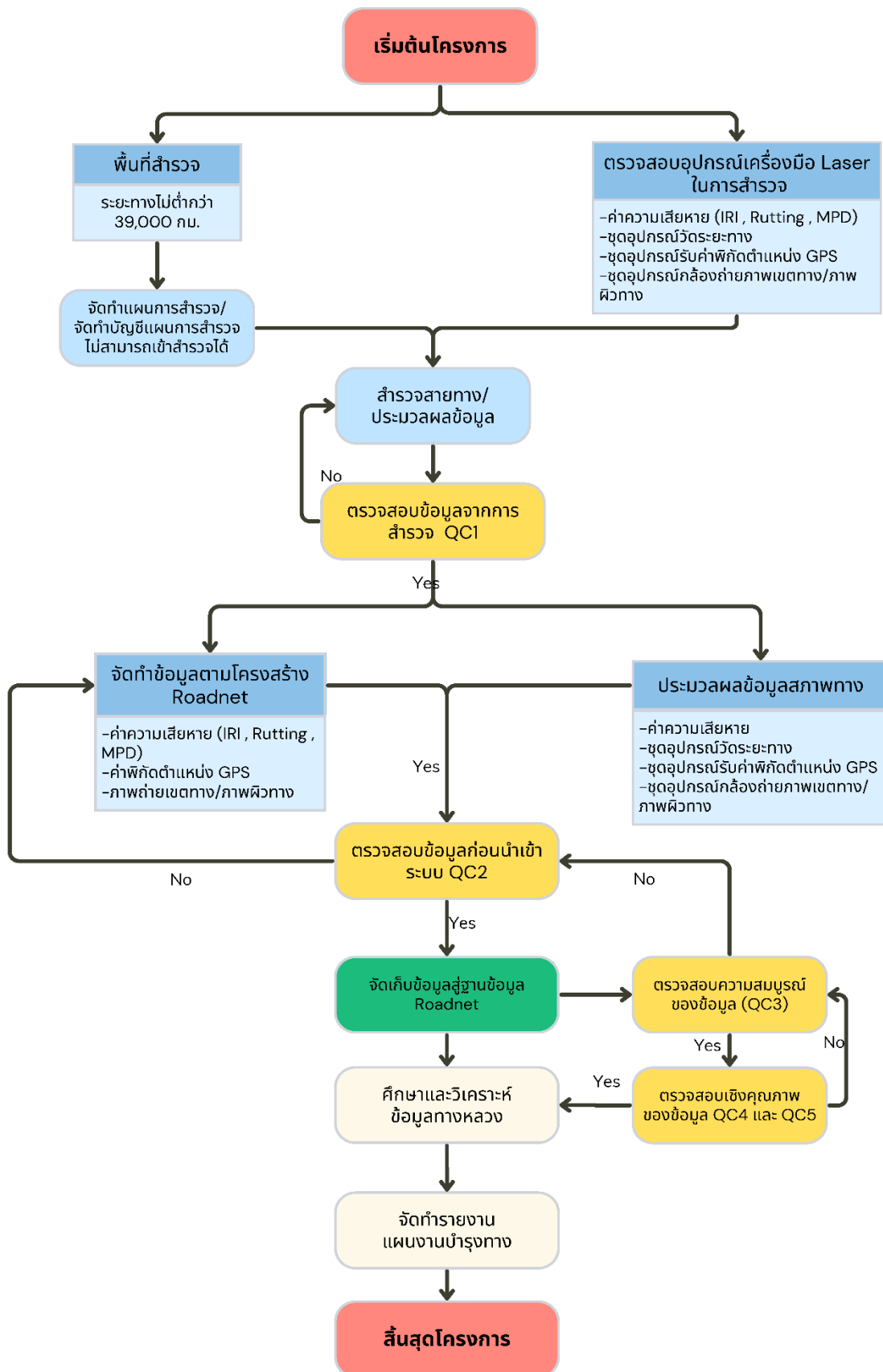
2.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ที่ปรึกษาจะดำเนินงาน โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569 ตามผังการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 2-1 สรุปได้ดังนี้

1. พื้นที่การสำรวจ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการวางกรอบเส้นสำรวจ ภายในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานทางหลวงที่ 1 - 18 ซึ่งไม่รวมถึงพื้นที่ในจังหวัดชายแดนใต้ตาม พ.ร.บ. รักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร ได้แก่ จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา และจังหวัดนราธิวาส รวมถึง 4 อำเภอ ในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี อำเภोजะนะ และอำเภอสะบ้าย้อย
2. จัดทำแผนการสำรวจระยะทางในการจัดทำแผนไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร และทำการส่งมอบแผนการสำรวจเป็นรายแขวงทางหลวง เพื่อรอรับการอนุมัติจากเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวงภายในพื้นที่ พร้อมทั้งความเห็นชอบจากสำนักงานทางหลวง และคณะกรรมการก่อนทำการเข้าสำรวจภายในพื้นที่ โดยการจัดทำแผนสำรวจด้วยอุปกรณ์ LCMS ระยะทาง 20,000 กิโลเมตร แผนสำรวจด้วยอุปกรณ์ Laser Profile ระยะทาง 19,000 กิโลเมตร
3. ตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องมือเลเซอร์ใช้สำรวจ และชุดอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ชุดอุปกรณ์ค่าความเสียหาย, ชุดอุปกรณ์วัดระยะทาง, ชุดอุปกรณ์รับค่าพิกัด, ชุดอุปกรณ์ถ่ายภาพ โดยทำการทดสอบคุณภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจตลอดจนทั้งโครงการ
4. สำรวจสายทาง/ประมวลผล จากข้อมูลจัดทำแผนการสำรวจทำการสำรวจสายทางด้วยชุดอุปกรณ์สำรวจ เพื่อจัดเก็บค่าความเสียหาย (IRI, Rutting, MPD) ค่าพิกัดตำแหน่ง GPS และภาพถ่ายจากชุดอุปกรณ์ถ่ายภาพ ทั้งภาพถ่ายสองข้างทางและภาพถ่ายความเสียหายผิวทาง
5. ตรวจสอบข้อมูลจากการสำรวจ (QC1) จากข้อมูลการสำรวจ ดำเนินการตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลค่าพิกัดตำแหน่ง GPS ค่าสภาพทาง ภาพถ่ายสองข้างทาง และภาพถ่ายความเสียหายผิวทาง เพื่อให้ผลการสำรวจตรงตามแผนงานที่วางแผนไว้ไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร
6. จัดทำข้อมูลตามโครงสร้าง Roadnet ดำเนินการจัดโครงสร้างข้อมูลจากการสำรวจ โดยนำค่าความเสียหาย (IRI, Rutting, MPD) ค่าพิกัดตำแหน่ง GPS และภาพถ่ายสองข้างทาง เพื่อเตรียมนำเข้าระบบฐานข้อมูลโครงข่ายทางหลวง (Roadnet)



7. ประมวลผลข้อมูลสภาพผิวทาง ดำเนินการประเมินความเสียหายสภาพผิวทาง โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผิวทางลาดยาง และผิวทางคอนกรีต จากระบบประมวลผลแบบอัตโนมัติ (Automatic Cracking Detection) และจากโปรแกรมวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางจากภาพถ่าย
8. การตรวจสอบข้อมูลก่อนนำเข้าสู่ระบบ (QC2) จัดเตรียมข้อมูลจากการจัดทำข้อมูลตามโครงสร้างและประมวลผลข้อมูลสภาพผิวทางแล้วเสร็จ ทางเจ้าหน้าที่ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งและตรวจสอบข้อมูลตรงตามโครงสร้างก่อนการนำเข้าสู่ระบบ
9. จัดเก็บข้อมูลสู่ฐานข้อมูล Roadnet นำเข้าสู่ระบบจากโครงสร้างข้อมูลจัดเตรียมไว้ พร้อมทั้งทำการแสดงผลของข้อมูลบนระบบ Roadnet
10. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล (QC3) หลังจากการนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล เจ้าหน้าที่ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ผ่านหน้าระบบโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) พร้อมจัดทำบัญชีสายทางการตรวจสอบส่งมอบผลการสำรวจ
11. ตรวจสอบเชิงคุณภาพข้อมูล QC4 และ QC5 หลังจากการส่งมอบผลการสำรวจที่ผ่านการตรวจสอบความสมบูรณ์ของที่ปรึกษา การตรวจสอบข้อมูล QC4 ขั้นตอนการตรวจสอบดำเนินงานโดยคณะกรรมการตรวจสอบข้อมูลความสอดคล้องและความครบถ้วนของข้อมูลที่แสดงผลบนระบบโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) การตรวจสอบข้อมูล QC5 ขั้นตอนการตรวจสอบดำเนินโดยเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวงและสำนักงานทางหลวง เนื่องจากเป็นเจ้าของพื้นที่การตรวจสอบข้อมูลสำรวจ จะทราบถึงตำแหน่งความถูกต้องตามสภาพความเป็นจริงของพื้นที่
12. ดำเนินการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางหลวง จากผลการสำรวจสภาพทาง โดยแบ่งการศึกษาและวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุง และการกำหนดวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนการลงทุนที่เหมาะสม
13. จัดทำรายงานแผนบำรุงทาง ด้วยระบบ TPMS โดยทำการวิเคราะห์ด้วยระบบบริหารบำรุงทาง TPMS เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดแผนงานบำรุงรักษาทางหลวง ประกอบด้วย แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงประจำปี และแผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์



รูปที่ 2-1 ภาพรวมการดำเนินงานโครงการ

ที่ปรึกษาจะต้องทำการสำรวจและประมวลผลข้อมูลสภาพทางที่อยู่ในความรับผิดชอบของผู้ว่าจ้าง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 พื้นที่สำรวจ

ที่ปรึกษาจะต้องทำการสำรวจเก็บข้อมูลบนผิวลาดยางและผิวคอนกรีต เป็นระยะทางสำรวจ ไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร ในพื้นที่ความรับผิดชอบของสำนักงานทางหลวงที่ 1 - 18 ซึ่งไม่รวม ถึงพื้นที่ ในจังหวัดชายแดนใต้ตาม พ.ร.บ.รักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร ได้แก่ จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา และจังหวัดนราธิวาส รวมถึง 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี อำเภอจะนะ และอำเภอสะบ้าย้อย

3.2 เครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง

ที่ปรึกษาจะต้องสำรวจโดยใช้ชุดเครื่องมือที่ติดตั้งบนยานพาหนะและต้องสามารถสำรวจ ข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องและสามารถสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางที่ช่วงความเร็วที่เหมาะสม ตามมาตรฐาน ASTM E950 (Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference) เพื่อตรวจวัด ค่าความเสียหายต่าง ๆ โดยมีความสามารถของอุปกรณ์อย่างน้อยดังนี้

3.2.1 ชุดเครื่องมือเลเซอร์ต้องสามารถตรวจวัดสภาพผิวทางได้ทุก 25 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่า โดยสามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับเครื่องมือระบุตำแหน่งโดยใช้สัญญาณดาวเทียมแบบ GNSS ทำการบอกพิกัดตำแหน่งแบบ DGPS (Differential Global Positioning System) ทศนิยม อย่างน้อย 6 ตำแหน่ง บนพื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84และค่าพิกัดที่ได้สามารถนำไปคำนวณ เป็นระยะทางตามสายทางได้ โดยชุดเครื่องมือเลเซอร์ต้องมีความสามารถในการสำรวจข้อมูล ได้ดังนี้

- 1) มีชุดอุปกรณ์เลเซอร์ตรวจวัดความเสียหายชนิดประเภทความเรียบของผิวทาง โดยสามารถตรวจวัดและคำนวณเป็นค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index; IRI) ตามมาตรฐาน ASTM E950 (Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference)



- 2) มีชุดอุปกรณ์เลเซอร์ตรวจวัดค่าความลึกเฉลี่ยผิวทาง (Mean Profile Depth; MPD) โดยสามารถตรวจวัดและคำนวณเป็นค่าความลึกในหน่วยมิลลิเมตรได้ และเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E1845 (Standard Practice for Calculating Pavement Macro texture Mean Profile Depth)
 - 3) มีชุดอุปกรณ์เลเซอร์ตรวจวัดข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) โดยสามารถตรวจวัดและคำนวณเป็นค่าความลึกในหน่วยมิลลิเมตรได้ ตามมาตรฐาน ASTM E1703 (Standard Test Method For Measuring Rut-Depth Of Pavement Surfaces Using A Straightedge)
- 3.2.2 มีระบบประมวลผลเพื่อระบุตำแหน่งและขนาดของความเสียหายของผิวทางโดยประมวลผลแบบอัตโนมัติได้ (Automatic Cracking Detection) จากข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายผิวทางที่สร้างขึ้นจากเลเซอร์ หรือ มีชุดอุปกรณ์ถ่ายภาพผิวทางสามารถบันทึกภาพได้อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงสายทางโดยสามารถคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งของภาพและกำหนดระยะห่างระหว่างภาพของการสำรวจได้โดยประมวลผลจากโปรแกรมวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางจากภาพถ่าย โดยมีรายละเอียด ดังนี้
- 1) ความละเอียดของภาพที่สามารถนำไปวิเคราะห์ความเสียหายและสามารถเก็บภาพได้คมชัดในสถานะแสงน้อยถึงน้อยมากได้
 - 2) ภาพที่ได้จากการบันทึกหรือประมวลผลสามารถลบแสง และเงาจากการบดบังของวัตถุหรือตัวรถ เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการประเมินความเสียหายของผิวทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ
 - 3) สามารถเก็บข้อมูลสภาพผิวทาง ความกว้างไม่น้อยกว่า 1 ช่องจราจรหรือไม่น้อยกว่า 3.50 เมตร และสามารถบันทึกข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress)
- 3.2.3 มีชุดอุปกรณ์ถ่ายภาพถนนและสองข้างทางสามารถบันทึกภาพได้อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงสายทางโดยสามารถคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งของภาพและกำหนดระยะห่างระหว่างภาพของการสำรวจได้ที่สามารถนำมาประมวลผลข้อมูลให้เป็นภาพเคลื่อนไหวได้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้
- 1) ความละเอียดของภาพขั้นต่ำ 1600X1200 และสามารถเก็บภาพได้คมชัดในสถานะแสงน้อยถึงน้อยมากได้
 - 2) สามารถเก็บข้อมูลสภาพผิวทางครอบคลุมถึงผิวจราจร ไหล่ทาง ป้ายจราจรราวกันอันตรายไฟสัญญาณจราจรไฟฟ้าแสงสว่างอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ และทรัพย์สินทางหลวงอื่น ๆ



- 3) ภาพวิดีโอ หรือภาพถ่ายต่อเนื่องที่สัมพันธ์กับตำแหน่งระยะทางบนสายทางได้
 - 4) ในกรณีภาพถ่ายที่ทำการเก็บข้อมูลสำรวจมีคุณสมบัติไม่ครบถ้วนตามที่กล่าวมาข้างต้น ให้ที่ปรึกษาทำการสำรวจเก็บภาพถ่าย ณ จุดนั้น ๆ ใหม่ โดยไม่มีข้อยกเว้น
- 3.2.4 มีชุดอุปกรณ์วัดระยะทางชนิดวัดระยะทางจากระบบข้อมูลโดยระยะทางจากอุปกรณ์นี้จะทำงานสัมพันธ์กันกับอุปกรณ์เซนเซอร์อื่น ๆ ที่ติดตั้งบนรถสำรวจเพื่อกำหนดระยะทางในการบันทึกข้อมูลของเซนเซอร์ต่าง ๆ
- 3.2.5 มีชุดอุปกรณ์รับค่าพิกัดตำแหน่งจากสัญญาณดาวเทียมแบบ GNSS พร้อมความสามารถในการรับค่าปรับแก้เพื่อให้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งมีความละเอียดอย่างน้อยในระดับ 1 เมตร จำนวน 1 ชุด
- 3.2.6 มีชุดอุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Roadway Geometry)

3.3 การสำรวจสภาพทาง

- 3.3.1 แผนการสำรวจและตามเกณฑ์ในการคัดเลือกสายทางภายใน 15 วัน หลังจากวันลงนามในสัญญา ที่ปรึกษาจะต้องเสนอแผนการสำรวจเส้นทางให้คณะกรรมการบริหารโครงการฯ และหน่วยงานในพื้นที่เห็นชอบก่อนเข้าทำการสำรวจ ให้จัดทำบัญชีสายทางและผิวทาง พื้นที่สำรวจรายแขวงทางหลวง โดยคัดเลือกสายทางจากเกณฑ์ที่กรมทางหลวงกำหนดประมวลผลจากแหล่งข้อมูลอย่างน้อย ดังนี้ ข้อมูลลักษณะผิวทางและข้อมูลภาพถ่ายจากฐานข้อมูล Roadnet ข้อมูลแผนงานจากระบบบริหารแผนงาน (Plannet) ข้อมูลบัญชีสายทางจากระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง (Highway Registration Systems: HRIS) จากสำนักแผนงานข้อมูลปริมาณจราจรล่าสุดจากระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management Systems: TIMS) จากสำนักอำนวยความสะดวกความปลอดภัยและข้อมูลการสำรวจสภาพทาง (MIIS) จากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ โดยผู้ว่าจ้างขอสงวนสิทธิ์ในการปรับปรุงแก้ไขแผนเส้นทางสำรวจดังกล่าวตามความเหมาะสม
- 3.3.2 จัดทำแผนการสำรวจและตามเกณฑ์ในการคัดเลือกสายทางภายใน 15 วัน หลังจากวันลงนามในสัญญาที่ปรึกษาจะต้องเสนอแผนการสำรวจเส้นทางคณะกรรมการบริหารโครงการฯ และหน่วยงานในพื้นที่เห็นชอบก่อนเข้าทำการสำรวจให้



- 3.3.3 ที่ปริญญานำเสนอ แผนการสำรวจระยะทางไม่น้อยกว่า 39,000 กม. ในการใช้ชุดเครื่องมือเลเซอร์แต่ละประเภทในการสำรวจให้ครบตรงตามกำหนดโดยที่ปรึกษาจะต้องดำเนินการสำรวจสภาพทางดังนี้
- 1) ชุดเครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางแบบ LCMS (LASER CRACK MEASUREMENT SYSTEM) เป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 20,000 กม.
 - 2) ชุดเครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง (LASER PROFILOMETER) เป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 19,000 กม.
- 3.3.4 ที่ปรึกษาจะต้องดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ (Surveying instruments and tools calibration) ในพื้นที่ทดสอบตามเงื่อนไขที่กรมทางหลวงกำหนด เช่น พื้นที่ทางโค้ง พื้นที่ทางลาดชัน เป็นต้น เพื่อดำเนินการสำรวจ และประมวลผลค่าความเสียหายต่าง ๆ จัดเก็บข้อมูลในระบบ Roadnet เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการสำรวจก่อนดำเนินการสำรวจพื้นที่อื่น ๆ โดยทดสอบทั้งผิวทางลาดยาง และผิวทางคอนกรีต ดำเนินการเก็บข้อมูลการสำรวจเป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 1 กิโลเมตร ของผิวทางแต่ละประเภท ประเภทละ 3 รอบการสำรวจ ต่อ 1 ชุดเครื่องมือและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไม่น้อยกว่าข้อมูลดังนี้ ค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index; IRI) ค่าความสึกกร่อน (Rutting) ค่าความลึกเฉลี่ยผิวทาง (Mean Profile Depth; MPD) และนำค่าที่ได้จากการสำรวจมาวิเคราะห์หาค่าสถิติพรรณนา (Descriptive statistics) ซึ่งจะต้องประกอบด้วยค่าอย่างน้อยดังนี้ การแจกแจงของข้อมูล (Frequency distribution) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เป็นต้น พร้อมนำเสนอผลวิเคราะห์ข้อมูลพรรณนาในรูปแบบ ตาราง (Table) และแผนภูมิชนิดต่าง ๆ (Chart) ตามความเหมาะสมของแต่ละประเภทข้อมูลนั้น ๆ
- 3.3.5 ที่ปรึกษาจะต้องดำเนินการทดสอบการถ่ายภาพผิวทางและสองข้างทาง ในพื้นที่ทดสอบตามเงื่อนไขที่กรมทางหลวงกำหนด โดยจะต้องทดสอบในสถานที่ที่มีแสงน้อย แสงจ้า ได้สะพาน และอุโมงค์ทางลอด พร้อมเก็บข้อมูลในระบบ Roadnet โดยภาพถ่ายผิวทางและภาพถ่ายสองข้างทางที่แสดงผลในระบบ Roadnet จะต้องมีคมชัดในทุกสภาวะแสง เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการสำรวจ ก่อนดำเนินการสำรวจพื้นที่อื่น ๆ



3.4 การประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจ

ที่ปรึกษาจะต้องทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ อย่างน้อยตามที่มีในระบบฐานข้อมูล Roadnet

3.4.1 การประมวลผลข้อมูลจากชุดเครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางประกอบด้วย ข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) ทำการคำนวณทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่า
- 2) ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IR) ทำการคำนวณทุกระยะ 25 เมตรหรือน้อยกว่า
- 3) ข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD) ทำการคำนวณทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่า
- 4) การประมวลผลข้อมูลสภาพผิวทาง ประกอบด้วย ข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) ที่ได้จากการสำรวจในข้อ 3.3 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางจากภาพถ่าย หรือระบบวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางแบบอัตโนมัติ (Automatic crack detection) ร่วมกับการตรวจสอบจากผู้ประเมิน (Manual Rating) โดยประเภทความเสียหายต้องประกอบไปด้วยข้อมูลอย่างน้อยที่มีในระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ซึ่งข้อมูลประเภทและปริมาณความเสียหายจะถูกบันทึกโดยอ้างอิงกับพิกัดทางภูมิศาสตร์ ทำการคำนวณทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่า

3.4.2 การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายสองข้างทางจะต้องทำการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายทางที่มีความละเอียด 1600x1200 ในรูปแบบไฟล์ JPEG หรือดีกว่า

3.4.3 การประมวลผลข้อมูลการสำรวจในรูปแบบของแผนที่ (GIS) โดยพิจารณาถึงระบบพิกัดอ้างอิงที่เป็นมาตรฐานและสามารถจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล Roadnet ได้อย่างเหมาะสม เช่น ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinates Systems) พื้นหลักฐานอ้างอิง (WGS84) หากมีหรือระบบพิกัดอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น โดยสามารถระบุตำแหน่งข้อมูลการสำรวจแบบสัมพัทธ์ (Relative location) หรือแบบหลักกิโลเมตรตามระบบทะเบียนทางหลวงปัจจุบันที่ใช้อ้างอิงขณะที่ทำการสำรวจ ที่ปรึกษาจะต้องโดยต้องประมวลผลชุดข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) ข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting)
- 2) ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI)
- 3) ข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD)
- 4) ข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) จากระบบวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางแบบอัตโนมัติ (Automatic Detection)



3.5 การจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานข้อมูล Roadnet

- 3.5.1 ดำเนินการตรวจสอบ ปรับปรุงและทดสอบเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตามข้อ 3.4 ในระบบฐานข้อมูล Roadnet ให้ถูกต้องและสามารถแสดงผลในระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ได้อย่างถูกต้อง
- 3.5.2 ที่ปรึกษาต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ปริมาณข้อมูลที่ได้จากการสำรวจผ่านระบบ Roadnet โดยมีการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งอย่างมีระบบเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความน่าเชื่อถือในระดับสากล เช่น ข้อมูลภาพถ่ายเทียมไทยโชต (รายละเอียดจุดภาพ 2 เมตร) โดยทำการสุ่มตรวจข้อมูลจากแขวงทางหลวง อย่างละ 2 พื้นที่ตัวอย่าง
- 3.5.3 ที่ปรึกษาต้องทำการจัดเก็บข้อมูลที่ได้ จากข้อ 3.4 ในระบบฐานข้อมูล Roadnet เพื่อใช้ในการสืบค้น วิเคราะห์และนำเสนอในรูปแบบของแผนที่ GIS โดยที่ปรึกษาจะต้องจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไว้ในระบบ Roadnet อย่างเป็นระบบของผู้ว่าจ้าง โดยติดตั้งที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง
- 3.5.4 การจัดเก็บข้อมูลในระบบ Roadnet จะต้องไม่มีผลกระทบกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ในระบบ และรูปแบบจะต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่ในระบบ

3.6 การตรวจสอบข้อมูลการสำรวจผ่านระบบ Roadnet

ข้อมูลการสำรวจที่ถูกจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล Roadnet ต้องมีความครบถ้วนถูกต้อง โดยสามารถตรวจสอบผ่านระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ได้อย่างน้อยดังนี้

- 3.6.1 การแสดงผลข้อมูลสภาพทาง ได้แก่ ข้อมูลค่าความสึกกร่อนล้อ (Rutting) ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) และข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD) ต้องดำเนินการ ตรวจสอบความถูกต้องดังนี้
 - 1) ภาพถ่ายสายทางจะต้องมีความสอดคล้องกับตำแหน่งที่ทำการสำรวจ
 - 2) ข้อมูลประเภทผิวทางจะต้องมีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง
 - 3) ความสอดคล้องของสภาพความเสียหายในพื้นที่กับค่าที่ปรากฏ
- 3.6.2 การแสดงผลข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) จะต้องมีความถูกต้องครบถ้วน ตามแต่ละประเภทผิวทางทั้งผิวลาดยางและผิวคอนกรีต และแสดงข้อมูลตามสภาพความเสียหายที่ได้จากการสำรวจ



- 3.6.3 ภาพถ่ายและภาพเคลื่อนไหว (VDO) ของสองข้างทางถนน ต้องมีความสมบูรณ์ของภาพดังนี้
- 1) ภาพถ่ายจะต้องไม่มีสิ่งแปลกปลอมมาบดบังความชัดเจนอันแสดงถึงสภาพของผิวทางหรือทรัพย์สินต่าง ๆ ที่ติดตั้งในบริเวณเขตทางหลวง เช่น คราบหยดน้ำ หรือเงาสะท้อนจากกระจกรถ เป็นต้น
 - 2) สัดส่วนภาพต้องเห็นสองข้างทางถนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ภาพ
 - 3) ความครบถ้วนของภาพจะต้องแสดงผลสอดคล้องตามระยะและทิศทาง (LT/RT) ของการแสดงผลข้อมูลสภาพทาง (ทุกระยะ 25 เมตรหรือน้อยกว่า) โดยภาพในแต่ละระยะจะต้องไม่มีความซ้ำซ้อนหรือสลับกัน
- 3.6.4 การแสดงพิกัดสายทาง (Coordinates) จะต้องมีความสอดคล้องกับภาพถ่ายสายทางและสภาพพื้นที่
- 3.6.5 เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลผู้ว่าจ้างสามารถแต่งตั้งคณะทำงานหรือผู้แทนในระดับภูมิภาคเพื่อตรวจสอบความครบถ้วนสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

3.7 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางหลวง

เพื่อการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของผิวทางในระยะยาว (Long Term Pavement Performance: LTPP) ของผิวทางลาดยาง ดังนี้

- 3.7.1 การศึกษาและวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงวิธีต่าง ๆ (Road Work Effect Model) จากข้อมูลการสำรวจทั้งหมดของกรมทางหลวงอย่างน้อยประกอบด้วยงานเสริมผิว งานบูรณะผิวทาง โดยอาศัยข้อมูลที่ได้รับจากกรมทางหลวง ทั้งในส่วนของประวัติการซ่อมบำรุง และข้อมูลการสำรวจดัชนีความขรุขระสากล (IRI) ทั้งในส่วนของสำนักบริหารบำรุงทาง และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง
- 3.7.2 การศึกษาและวิเคราะห์โดยการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายสองข้างทาง หรือภาพผิวทางที่ได้จากการสำรวจข้อมูล เพื่อนำมาประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการสร้างแบบจำลอง (Model) ช่วยประเมินผลความเสียหายผิวทาง หรือเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบข้อมูลให้มีความถูกต้อง และเสนอแนวทางในการจัดเก็บภาพที่ได้จากการสำรวจจะต้องมีความสม่ำเสมอและเหมาะสม



- 3.7.3 การศึกษาเทคโนโลยี LiDAR (Light Detection and Ranging) ในปัจจุบันสำหรับงานสำรวจสภาพทาง โดยการประเมินความเหมาะสมและแนวทางในการประยุกต์ใช้ร่วมกับงานบำรุงทาง เพื่อส่งเสริมงานบำรุงทางให้เหมาะสมกับภารกิจที่สำนักบริหารบำรุงทาง รองรับความต้องการใช้งานทั้งส่วนกลางและภูมิภาค
- 3.7.4 การศึกษาแนวทางในการพัฒนาระบบหรือเทคโนโลยีปัจจุบันที่สามารถรองรับการแสดงผลหรือแสดงข้อมูลผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ในข้อ 3.7.2 – 3.7.3 เพื่อให้สามารถแสดงผลลัพธ์ดังกล่าวผ่านระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (ROADNET) และระบบบริหารจัดการทรัพย์สินทางหลวง (RAMS)

3.8 การจัดทำรายงานแผนงานบำรุงทาง

ที่ปรึกษาต้องแปลผลข้อมูลจากโปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System, TPMS) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแผนงานบำรุงรักษาทางหลวงซึ่งเหมาะสมทั้งทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย

- 3.8.1 แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์ ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำรายงานการจัดสรรงบประมาณบำรุงทางในระยะยาว โดยใช้ระบบ TPMS เพื่อใช้ในการวางแผนในระยะเวลา 3 ปี โดยในการวิเคราะห์ต้องประกอบด้วยการจัดสรรงบประมาณแบบไม่จำกัดงบประมาณ การจัดสรรงบประมาณแบบจำกัดงบประมาณ และแบบกำหนดดัชนีค่า IRI ไม่เกินค่าที่กำหนด โดยจัดทำรายงานสรุปผลการวิเคราะห์แสดงผลในมิติที่หลากหลาย เช่น แยกตามหน่วยงาน รหัสงาน จังหวัด เป็นต้น
- 3.8.2 แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงประจำปี ที่ปรึกษาจะต้องแปลผลข้อมูลเพื่อจัดทำรายงานวิธีซ่อมบำรุงผิวทางลาดยางและคอนกรีต จากข้อมูลการสำรวจในโครงการนี้ และข้อมูลสภาพความเสียหายของทางหลวงในฐานข้อมูล Roadnet ด้วยโปรแกรม TPMS พร้อมจัดทำแผนงานบำรุงทางประจำปีในระดับความละเอียดทุก 1 กิโลเมตร (แบบไม่จำกัดงบประมาณ) โดยจัดทำรายงานสรุปผลการวิเคราะห์แสดงผลในมิติที่หลากหลาย เช่น แยกตามหน่วยงาน รหัสงาน จังหวัด เป็นต้น

แนวทางและวิธีการศึกษาตามขอบเขตงานที่กำหนด

4.1 พื้นที่สำรวจ

ในการสำรวจและวิเคราะห์สภาพทางชนิดผิวลาดยางและผิวคอนกรีตนั้น ข้อมูลความเสียหายของผิวทางซึ่งเป็นข้อมูลตั้งต้นในการวิเคราะห์เพื่อจัดทำแผนงานบำรุงทางที่เหมาะสมและมีความถูกต้องนั้น ต้องมีการวางแผนงานให้เหมาะสมและเป็นไปตามเกณฑ์ที่ทางคณะกรรมการกำหนดไว้ ดังนั้น ที่ปรึกษาจึงได้พิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจัดเก็บและสำรวจข้อมูลความเสียหายบนถนนผิวลาดยางและผิวคอนกรีต โดยเลือกใช้ยานพาหนะพร้อมติดตั้งอุปกรณ์เลเซอร์และกล้องถ่ายภาพที่มีความคมชัดทำการบันทึกข้อมูลในการสำรวจ พร้อมทำการประมวลผลข้อมูลความเสียหายชนิดต่าง ๆ และนำเข้าสู่ระบบจากระยะทางสำรวจทั้งหมด 75,212.293 กิโลเมตร ตามรอบการสำรวจ 3 ปี ที่ปรึกษาได้ทำการคัดเลือกสายทางที่จะดำเนินการสำรวจตามเกณฑ์ที่คณะกรรมการกำหนดไว้ เป็นระยะทางสำรวจทั้งสิ้น 39,318.483 กิโลเมตร โดยพื้นที่ที่ทำการสำรวจนั้นจะครอบคลุมพื้นที่ความรับผิดชอบของสำนักงานทางหลวงทั้ง 18 สำนักงานทั่วประเทศ โดยจะไม่รวมถึงพื้นที่ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ตาม พ.ร.บ. รักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร ได้แก่ จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา และจังหวัดนราธิวาส รวมถึง 4 อำเภอ ในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี อำเภอจะนะ และอำเภอสะบ้าย้อย ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่รับผิดชอบตามอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ แสดงดังตารางที่ 4-1 ได้ดังนี้

ตารางที่ 4-1 แสดงระยะทางสำรวจรายสำนัก แบ่งตามอุปกรณ์การสำรวจ

สำนักงานทางหลวง	ระยะทางสำรวจ (กม.)		ระยะทางสำรวจรวม (กม.)
	อุปกรณ์สำรวจ LCMS	อุปกรณ์สำรวจ Laser Profilometer	
สำนักงานทางหลวงที่ 1 (เชียงใหม่)	1,873.600	926.319	2,799.919
สำนักงานทางหลวงที่ 2 (แพร่)	1,313.242	1,175.319	2,488.561
สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร)	571.488	623.417	1,194.905
สำนักงานทางหลวงที่ 4 (ตาก)	1,318.466	888.472	2,206.938
สำนักงานทางหลวงที่ 5 (พิษณุโลก)	775.581	817.541	1,593.122
สำนักงานทางหลวงที่ 6 (เพชรบูรณ์)	974.159	618.028	1,592.187
สำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น)	540.734	1,317.016	1,857.750
สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม)	1,065.709	995.171	2,060.880
สำนักงานทางหลวงที่ 9 (อุบลราชธานี)	1,037.242	681.298	1,718.540
สำนักงานทางหลวงที่ 10 (นครราชสีมา)	1,397.967	1,861.346	3,259.313
สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี)	1,663.237	1,094.606	2,757.843

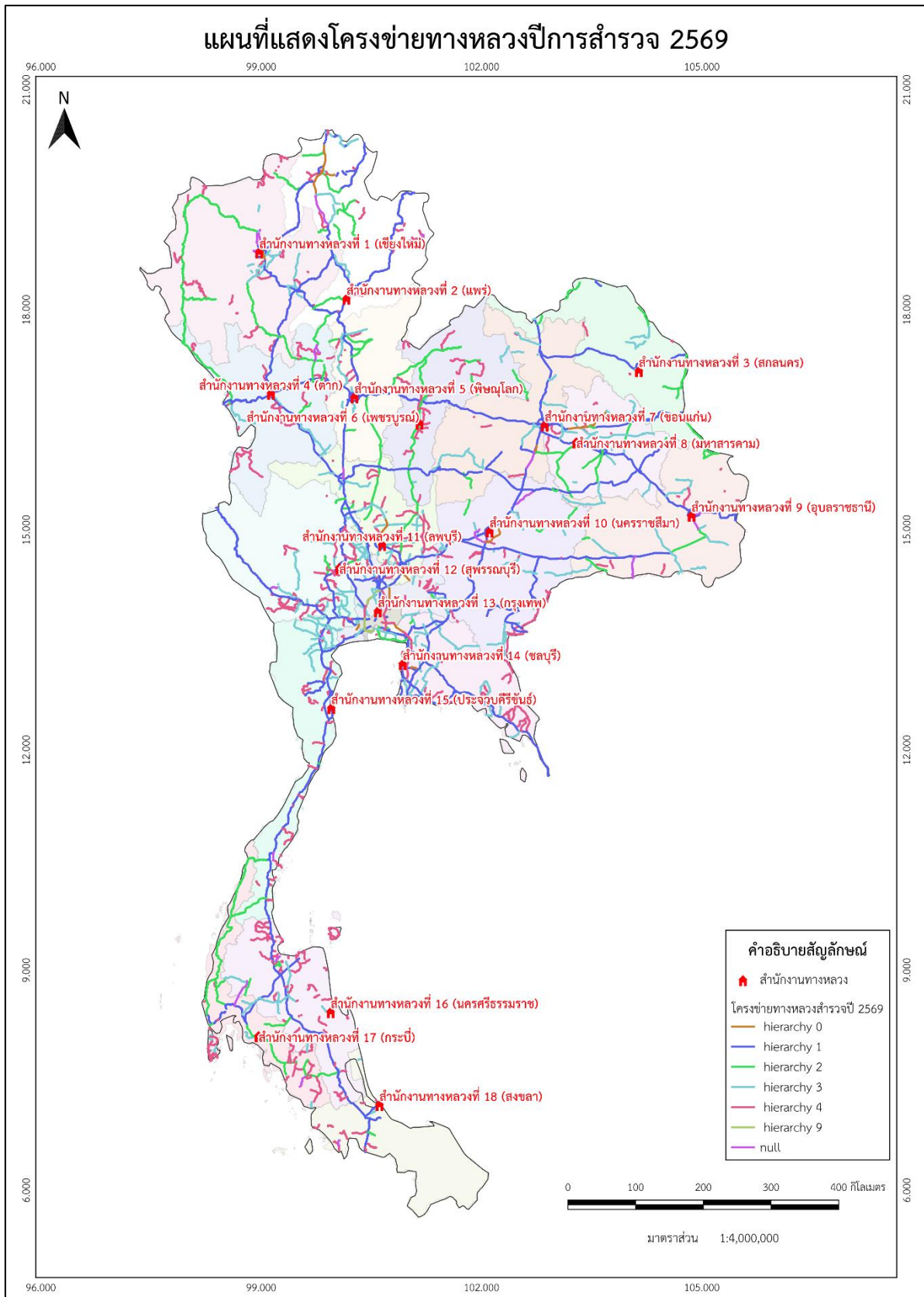




ตารางที่ 4-1 แสดงระยะทางสำรวจรายสำนัก แบ่งตามอุปกรณ์การสำรวจ (ต่อ)

สำนักงานทางหลวง	ระยะทางสำรวจ (กม.)		ระยะทางสำรวจรวม (กม.)
	อุปกรณ์สำรวจ LCMS	อุปกรณ์สำรวจ Laser Profilometer	
สำนักงานทางหลวงที่ 12 (สุพรรณบุรี)	1,285.015	1,171.387	2,456.402
สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)	1,090.069	1,353.246	2,443.315
สำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี)	1,562.147	1,839.576	3,401.723
สำนักงานทางหลวงที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์)	1,197.688	1,562.060	2,759.748
สำนักงานทางหลวงที่ 16 (นครศรีธรรมราช)	1,065.572	974.299	2,039.871
สำนักงานทางหลวงที่ 17 (กระบี่)	1,272.623	853.379	2,126.002
สำนักงานทางหลวงที่ 18 (สงขลา)	263.989	292.515	556.504
ระยะทางสำรวจรวม (กม.)	20,268.528	19,044.995	39,318.483





รูปที่ 4-1 ตำแหน่งของสำนักงานทางหลวงทั้ง 18 แห่ง

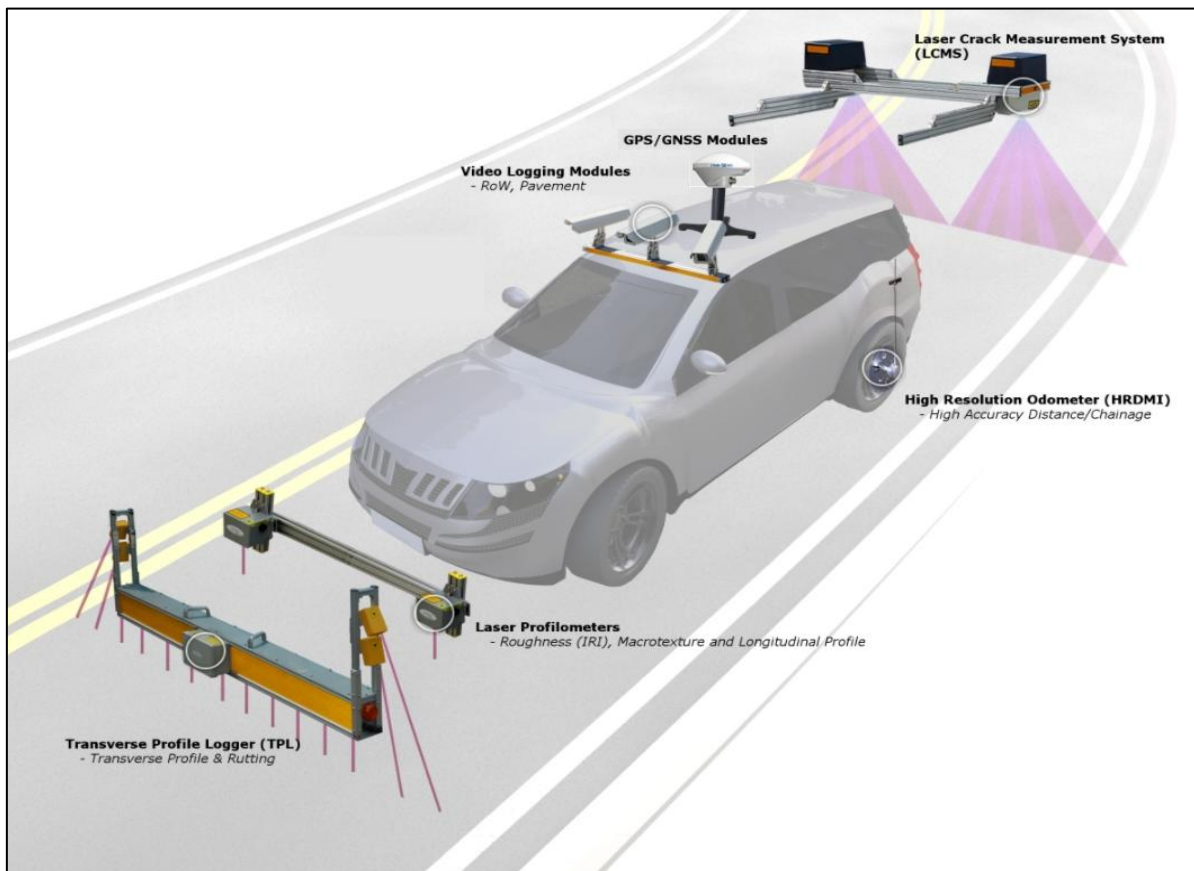




4.2 เครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง

ที่ปรึกษาจะต้องดำเนินการสำรวจโดยใช้ชุดอุปกรณ์ติดตั้งบนยานพาหนะที่สามารถสำรวจข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางในช่วงความเร็วที่เหมาะสมตามมาตรฐาน ASTM E950 (Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference) เพื่อตรวจวัดค่าความเสียหายต่าง ๆ โดยมีความสามารถของอุปกรณ์อย่างน้อย แสดงดังรูปที่ 4-2

ที่ปรึกษาจะทำการจัดหาชุดอุปกรณ์สำรวจแบบติดตั้งบนยานพาหนะ เพื่อใช้ในการสำรวจ และจัดทำข้อมูลในโครงการ จะมีการติดตั้งอุปกรณ์เลเซอร์เฉพาะที่มีความเหมาะสมในการสำรวจข้อมูล โดยชุดอุปกรณ์สำรวจที่ติดตั้งต้องสามารถสำรวจข้อมูลบนถนนของผู้ว่าจ้างได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางในช่วงความเร็วที่เหมาะสมตามมาตรฐาน ASTM E950 (Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference) โดยมีความสามารถของอุปกรณ์เลเซอร์เพื่อตรวจวัดค่าความเสียหายต่าง ๆ ที่มีเครื่องมืออย่างน้อยดังนี้



รูปที่ 4-2 ชุดอุปกรณ์เลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางที่ติดตั้งบนยานพาหนะ

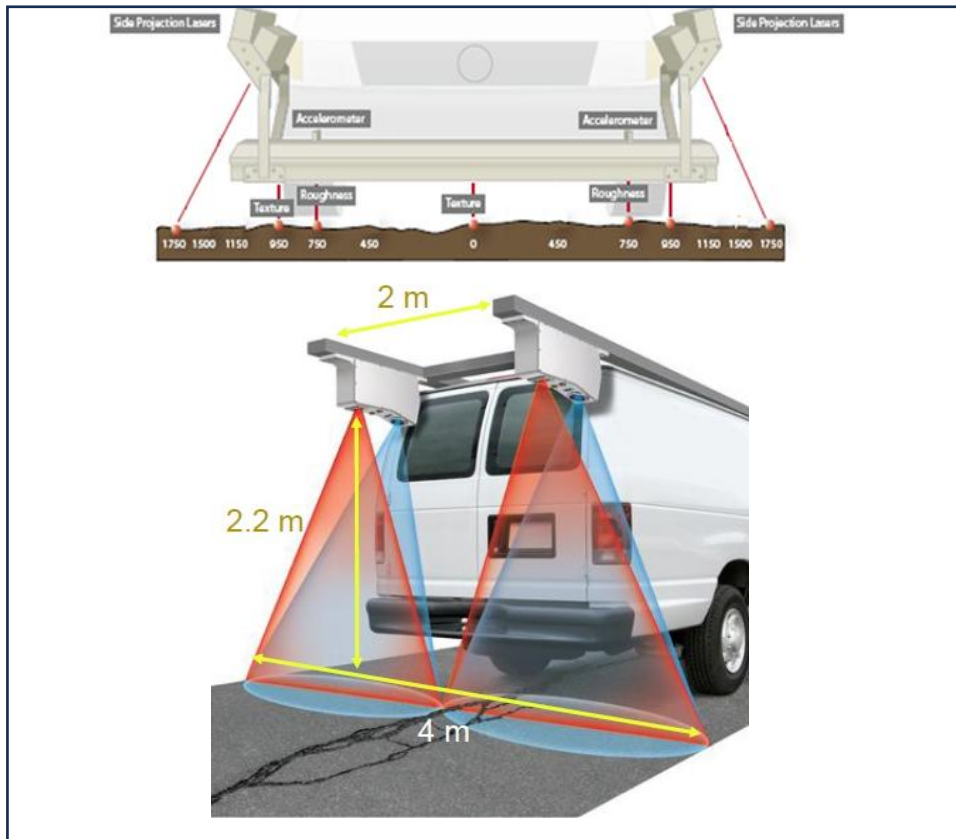


4.2.1 มีชุดอุปกรณ์เลเซอร์ที่สามารถตรวจวัดสภาพผิวทางได้ ทุก 25 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่า โดยสามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับอุปกรณ์ระบุตำแหน่งพิกัดโดยใช้สัญญาณดาวเทียมแบบ GNSS ทำการบอกพิกัดตำแหน่งแบบ DGPS (Differential Global Positioning System) ทศนิยมอย่างน้อย 6 ตำแหน่ง บนพื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84 และค่าพิกัดที่ได้สามารถนำไปคำนวณเป็นระยะทางตามสายทางได้ โดยชุดอุปกรณ์เลเซอร์จะมีความสามารถในการสำรวจข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

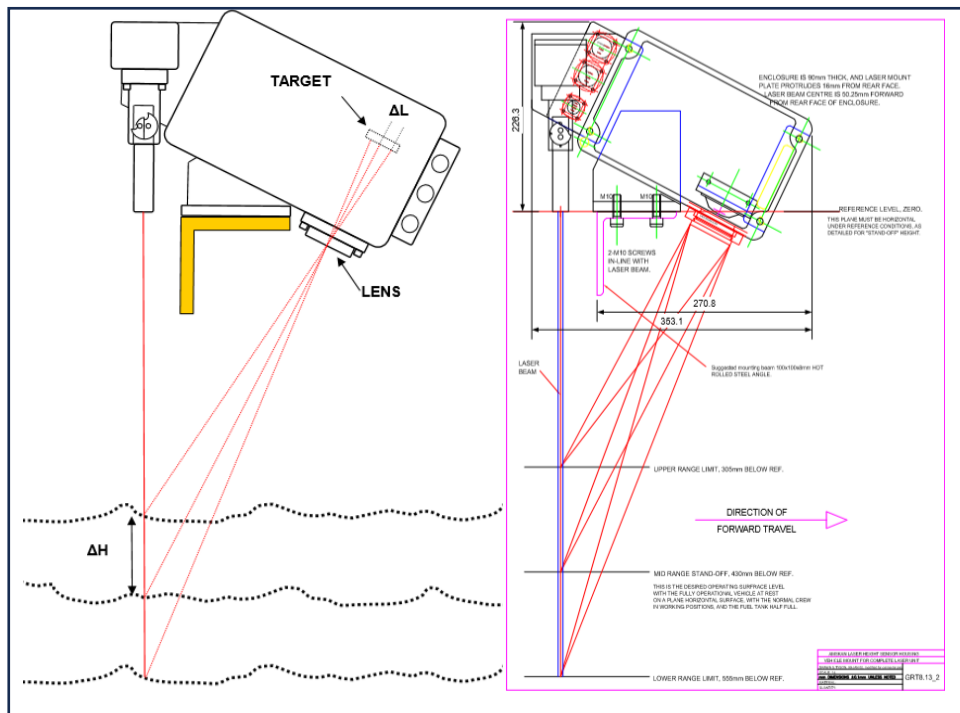
อุปกรณ์เลเซอร์สามารถตรวจวัดความเสียหายประเภทความเรียบของผิวทาง โดยการตรวจวัดและคำนวณออกมาเป็นค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index; IRI) ตามมาตรฐาน ASTM E950 (Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference) สามารถตรวจวัดค่าความลึกเฉลี่ยผิวทาง (Mean Profile Depth; MPD) ที่สามารถตรวจวัดและคำนวณเป็นค่าความลึกในหน่วยมิลลิเมตรได้ และเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E1845 (Standard Practice for Calculating Pavement Macro texture Mean Profile Depth) และสามารถตรวจวัดข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) ที่สามารถตรวจวัดและคำนวณเป็นค่าความลึกในหน่วยมิลลิเมตรได้ตามมาตรฐาน ASTM E1703 (Standard Test Method For Measuring Rut-Depth Of Pavement Surface Using A Straightedge) เมื่อนำข้อมูลความเสียหายที่ได้จากอุปกรณ์เลเซอร์ เข้าสู่กระบวนการประมวลผล จะสามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลพิกัดตำแหน่งแบบ DGPS ที่ได้จากอุปกรณ์ระบุตำแหน่งโดยใช้สัญญาณดาวเทียมแบบ GNSS ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ ในรูปแบบทศนิยมอย่างน้อย 6 ตำแหน่ง บนพื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84 ที่สามารถนำไปคำนวณเป็นระยะทางได้ โดยแบ่งตามชนิดของอุปกรณ์เลเซอร์ ดังนี้

- 1) มีชุดอุปกรณ์เลเซอร์ตรวจวัดความเสียหายชนิดประเภทความเรียบของผิวทาง โดยสามารถตรวจวัดและคำนวณเป็นค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index; IRI) ตามมาตรฐาน ASTM E950 (Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference)
- 2) มีชุดอุปกรณ์เลเซอร์ตรวจวัดค่าความลึกเฉลี่ยผิวทาง (Mean Profile Depth; MPD) โดยสามารถตรวจวัดและคำนวณเป็นค่าความลึกในหน่วยมิลลิเมตรได้ และเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E1845 (Standard Practice for Calculating Pavement Macro Texture Mean Profile Depth)
- 3) มีชุดอุปกรณ์เลเซอร์ตรวจวัดข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) โดยสามารถตรวจวัดและคำนวณเป็นค่าความลึกในหน่วยมิลลิเมตรได้ ตามมาตรฐาน ASTM E1703 (Standard Test Method for Measuring Rut-Depth of Pavement Surfaces Using a Straightedge)





รูปที่ 4-3 ผังการทำงานของเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์



รูปที่ 4-4 แสดงการทำงานของเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์



ตารางที่ 4-2 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ของอุปกรณ์ LCMS คันที่ 1

ข้อมูล	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
จำนวนชุดเลเซอร์	13 ชุด	คุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดของโครงการ
อัตราการเก็บข้อมูลค่าระดับ	สามารถกำหนดได้โดยทั่วไปเก็บทุกระยะ 25 มม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
อัตราการเก็บข้อมูล Texture ของผิวทาง	1 มม. สำหรับ Mean Profile Depth Measurement (MPD)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ความเร็วรถในการเก็บข้อมูล	25 ถึง 90 กม./ชม.	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
มาตรฐานในการเก็บข้อมูล	ASTM E950 Class 1 Requirement for The Measurement of Longitudinal Profile AASHTO PP37 Provisional Standard of Quantifying Roughness of Pavement World Bank Technical Report 42 Class 1 AustRoads Guideline ASTM E1845 Standard Practice for Calculating Pavement Macrotexture Mean Profile Depth ASTM E1703 Standard Test Method for Measuring Rut-Depth of Pavement Surface Using a Straightedge	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
ความละเอียดในการเก็บข้อมูล	0.5 มม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ความยาวคลื่นของการเก็บข้อมูลค่าระดับในแนวยาว	100 มม. ถึง 100 ม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ความกว้างของชุดเลเซอร์	2.2 ม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
น้ำหนักของชุดเลเซอร์	25 กก. (โดยประมาณ)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ



ตารางที่ 4-3 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ของอุปกรณ์ LCMS คันที่ 2

ข้อมูล	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
จำนวนชุดเลเซอร์	2 ชุด กว้าง 4 เมตรจำนวนเลเซอร์ ที่วัดได้จำนวน 4,096 จุด ตามแนวขวาง	คุณสมบัติดีกว่า ข้อกำหนดของโครงการ
อัตราการเก็บข้อมูลคาร์ระดับ	สามารถกำหนดได้โดยทั่วไปเก็บทุกระยะ 5 มม.	คุณสมบัติดีกว่า ข้อกำหนดของโครงการ
อัตราการเก็บข้อมูล Texture ของผิวทาง	ทุกระยะ 1 มม. ตามแนวขวางถนน	คุณสมบัตินอกเหนือ ข้อกำหนดของโครงการ
ความเร็วในการเก็บข้อมูล	100 กม/ชม.	คุณสมบัตินอกเหนือ ข้อกำหนดของโครงการ
มาตรฐานในการเก็บข้อมูล	ASTM E950, ASTM E965, ASTM E1703, ASTM E1845, ASTM E1926, ASTM D5340, ASTM D6433, AASHTO PP37, AASHTO PP38, AASHTO PP67, AASHTO PP68, AASHTO PP69, AASHTO PP70, AASHTO R56, AASHTO R85, AASHTO R86, AUSTROADS Guidelines (where applicable), ISO 13473, NCAT Profiler Certified (longitudinal profiler), LCPC Methode d'essai No 40, World Bank Technical Paper 46.	คุณสมบัติดีกว่า ข้อกำหนดของโครงการ
ความละเอียดในการเก็บข้อมูล	ตามขวางถนน ทุก ๆ 1 มม. ตามยาวถนน ทุก ๆ 5 มม.	คุณสมบัตินอกเหนือ ข้อกำหนดของโครงการ
ตรวจความเสียหายอัตโนมัติ	สามารถตรวจรอยแตก (Crack) ได้ระดับ 1 มม.	คุณสมบัติดีกว่า ข้อกำหนดของโครงการ



ตารางที่ 4-4 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ของอุปกรณ์ LASER PROFILER คันที่ 1

ข้อมูล	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
จำนวนชุดเลเซอร์	2 ชุด กว้าง 4 เมตรจำนวนเลเซอร์ที่วัดได้จำนวน 4,096 จุด ตามแนวขวาง	คุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดของโครงการ
อัตราการเก็บข้อมูลค่าระดับ	สามารถกำหนดได้โดยทั่วไปเก็บทุกระยะ 5 มม.	คุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดของโครงการ
อัตราการเก็บข้อมูล Texture ของผิวทาง	ทุกระยะ 1 มม. ตามแนวขวางถนน	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ความเร็วในการเก็บข้อมูล	100 กม/ชม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
มาตรฐานในการเก็บข้อมูล	ASTM E950, ASTM E965, ASTM E1703, ASTM E1845, ASTM E1926, ASTM D5340, ASTM D6433, AASHTO PP37, AASHTO PP38, AASHTO PP67, AASHTO PP68, AASHTO PP69, AASHTO PP70, AASHTO R56, AASHTO R85, AASHTO R86, AUSTROADS Guidelines (where applicable), ISO 13473, NCAT Profiler Certified (longitudinal profiler), LCPC Methode d'essai No 40, World Bank Technical Paper 46.	คุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดของโครงการ
ความละเอียดในการเก็บข้อมูล	ตามขวางถนน ทุก ๆ 1 มม. ตามยาวถนน ทุก ๆ 5 มม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ตรวจความเสียหายอัตโนมัติ	สามารถตรวจรอยแตก (Crack) ได้ระดับ 1 มม.	คุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดของโครงการ



ตารางที่ 4-5 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ ของอุปกรณ์ LASER PROFILER คันที่ 2

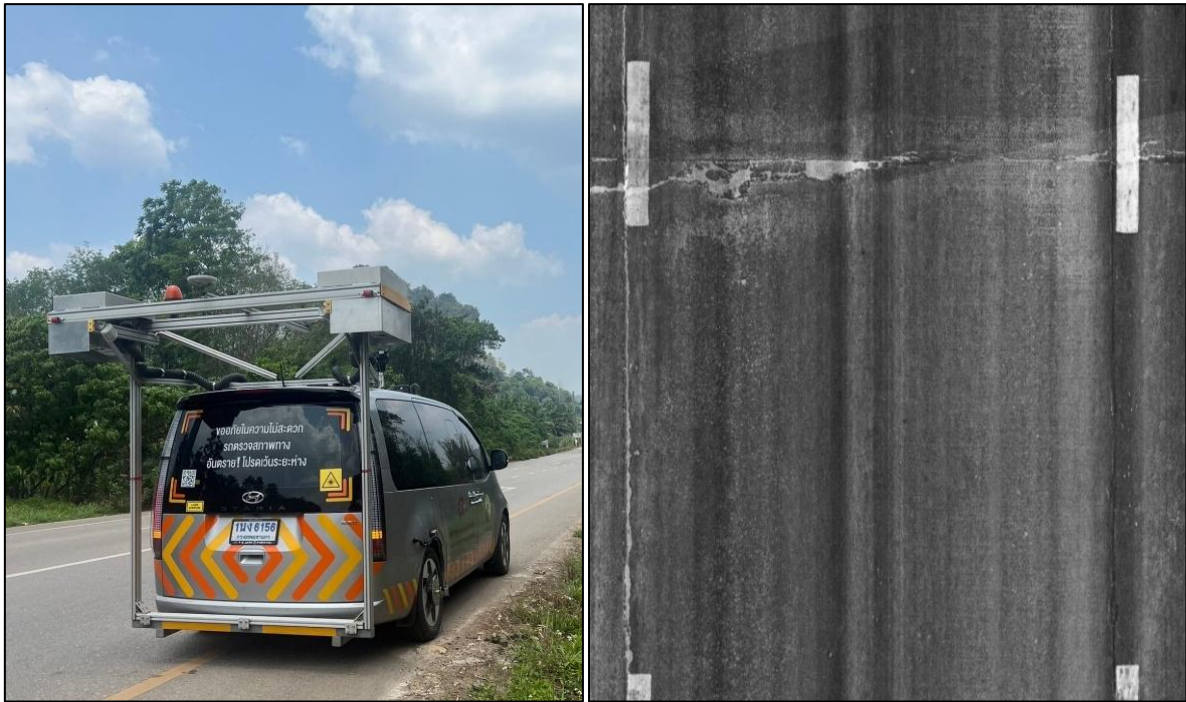
ข้อมูล	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
จำนวนชุดเลเซอร์	7 ชุด	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
อัตราการเก็บข้อมูลค่าระดับ	สามารถกำหนดได้โดยทั่วไปเก็บทุกระยะ 1 มม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
อัตราการเก็บข้อมูล Texture ของผิวทาง	1 มม. สำหรับ Mean Profile Depth Measurement (MPD)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ความเร็วรถในการเก็บข้อมูล	20 ถึง 100 กม./ชม.	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
มาตรฐานในการเก็บข้อมูล	ASTM E950 Class 1 Requirement for The Measurement of Longitudinal Profile AASHTO PP37 Provisional Standard of Quantifying Roughness of Pavement World Bank Technical Paper 46 Class 1 Aust Roads Guideline ASTM E1845 Standard Practice for Calculating Pavement Macrotexture Mean Profile Depth ASTM E1703 Standard Test Method for Measuring Rut-Depth of Pavement Surface Using A Straightedge	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
ความละเอียดในการเก็บข้อมูล	0.5 มม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ความยาวคลื่นของการเก็บข้อมูลค่าระดับในแนวยาว	100 มม. ถึง 100 ม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ความกว้างของชุดเลเซอร์	2 ม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
น้ำหนักของชุดเลเซอร์	30 กก. (โดยประมาณ)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ



4.2.2 มีระบบประมวลผลเพื่อระบุตำแหน่งและขนาดของความเสียหายของผิวทางโดยประมวลผลแบบอัตโนมัติได้ (Automatic Cracking Detection) จากข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายผิวทางที่สร้างขึ้นจากเลเซอร์ หรือมีชุดอุปกรณ์ถ่ายภาพผิวทาง สามารถบันทึกภาพได้อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงสายทาง โดยสามารถคำนวณพิกัดตำแหน่งของภาพ และกำหนดระยะห่างระหว่างภาพของการสำรวจได้ โดยประมวลผลจากโปรแกรมวิเคราะห์ความเสียหายจากภาพถ่าย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- ความละเอียดของภาพที่สามารถนำไปวิเคราะห์ความเสียหาย และสามารถเก็บภาพได้คมชัดในสถานะแสงน้อยถึงน้อยมากได้
- ภาพที่ได้จากการบันทึกหรือประมวลผลสามารถลบแสงและเงาจากการบดบังของวัตถุหรือตัวรถเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการประเมินความเสียหายของผิวทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สามารถเก็บข้อมูลสภาพผิวทาง ความกว้างไม่น้อยกว่า 1 ช่องจราจรหรือไม่น้อยกว่า 3.50 เมตร และสามารถบันทึกข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress)

Laser Crack Measurement System (LCMS) เป็นอุปกรณ์เลเซอร์สำหรับสำรวจสภาพทางที่ใช้เทคโนโลยีล่าสุดในปัจจุบัน มีความแม่นยำสูง สามารถสำรวจข้อมูลสภาพทางออกมาในรูปแบบของ 3D Profiles ความละเอียดสูง อุปกรณ์เลเซอร์สามารถสร้างภาพถ่ายผิวทาง และมีระบบประมวลผลขนาดและชนิดของความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) แบบอัตโนมัติ (Automatic Cracking Detection) ร่วมกับการตรวจสอบจากผู้ประเมิน (Manual Rating) สามารถระบุค่าพิกัดตำแหน่งของภาพ และสามารถบันทึกภาพผิวทางได้อย่างต่อเนื่อง และครอบคลุมความกว้างไม่น้อยกว่า 4.0 เมตร หรือ 1 ช่องจราจร แสดงดังรูปที่ 4-5 โดยรายละเอียดของกล้องแสดงดังตารางที่ 4-6 และตารางที่ 4-7



รูปที่ 4-5 อุปกรณ์ถ่ายภาพผิวทาง (LCMS) และตัวอย่างภาพจากอุปกรณ์ถ่ายภาพผิวทาง (LCMS)
ตารางที่ 4-6 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทาง โดยการใช้อุปกรณ์ LCMS คันที่ 1

กล้อง	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
ความคลาดเคลื่อนของภาพ	น้อยกว่า 1 เมตร ด้วยเครื่องมือวัดระยะทาง (HRDMI 10,000 rpm., resolution distance < 1 มม.)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
มาตรฐานการส่งข้อมูลของกล้อง	บันทึกภาพด้วย Laser 4,096 จุดทุก 1 มม. ได้ความกว้างถนนที่ 4 เมตร และบันทึกทุกระยะ 5 มม. ตามแนวถนน	คุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดของโครงการ
ขนาดของภาพ	ความละเอียดสูงสุด 4,090x10,000 Pixels	คุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดของโครงการ
สี	Mono	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ความเร็วในการเก็บข้อมูล	ไม่เกิน 100 กม./ชม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
การปรับอัตรา การบันทึกภาพ	สามารถทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ควบคุม	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
รูปแบบการเก็บข้อมูล	JPG	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ



ตารางที่ 4-7 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทาง โดยการใช้อุปกรณ์ LCMS คันที่ 2

กล้อง	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
ความคลาดเคลื่อน ของภาพ	น้อยกว่า 1 เมตร ด้วยเครื่องมือวัดระยะทาง (HRDMI 10,000 rpm., resolution distance < 1 มม.)	คุณสมบัตินอกเหนือ ข้อกำหนดของโครงการ
มาตรฐาน การส่งข้อมูลของกล้อง	บันทึกภาพด้วย Laser 4,096 จุดทุก 1 มม. ได้ความกว้างถนนที่ 4 เมตร และบันทึกทุกระยะ 5 มม. ตามแนวถนน	คุณสมบัติดีกว่า ข้อกำหนดของโครงการ
ขนาดของภาพ	ความละเอียดสูงสุด 4,090x10,000 Pixels	คุณสมบัติดีกว่า ข้อกำหนดของโครงการ
สี	Mono	คุณสมบัตินอกเหนือ ข้อกำหนดของโครงการ
ความเร็วในการเก็บข้อมูล	ไม่เกิน 100 กม./ชม.	คุณสมบัตินอกเหนือ ข้อกำหนดของโครงการ
การปรับอัตรา การบันทึกภาพ	สามารถทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ควบคุม	คุณสมบัติเทียบเท่า ข้อกำหนดของโครงการ
รูปแบบการเก็บข้อมูล	JPG	คุณสมบัติเทียบเท่า ข้อกำหนดของโครงการ

อุปกรณ์ Laser Profilometer มีกล้องบันทึกภาพผิวทางที่มีความละเอียดสูง สามารถเก็บภาพ
ได้คมชัดในสภาวะแสงน้อยถึงน้อยมากได้ ใช้เพื่อบันทึกภาพความเสียหายที่เกิดขึ้นบนผิวทาง
ครอบคลุม 1 ช่องจราจร หรือ 3.5 เมตร เพื่อเก็บรายละเอียดลักษณะความเสียหายของถนน
ขนาดและประเภทของการแตกร้าว และยังสามารถนำไปประมวลผลเพิ่มเติมเพื่อทำการลบ
แสงและเงาในกรณีที่เกิดจากการบดบังของวัตถุหรือตัวรถ เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการประเมิน
ความเสียหายของผิวทางได้อย่างมีประสิทธิภาพแสดงดังรูปที่ 4-6 โดยมีรายละเอียดของกล้อง
แสดงดังตารางที่ 4-8 และตารางที่ 4-9



รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569



รูปที่ 4-6 กล้องบันทึกภาพผิวทาง และตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพผิวทาง





ตารางที่ 4-8 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทางของอุปกรณ์ LASER PROFILER คันที่ 1

กล้อง	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
ความคลาดเคลื่อนของภาพ	น้อยกว่า 1 เมตร ด้วยเครื่องมือวัดระยะทาง (DMI Distance Sensor)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
มาตรฐานการส่งข้อมูลของกล้อง	Gigabit Ethernet (GigE)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ขนาดของภาพ	ความละเอียด 1600 x 1200 พิกเซล (Pixels) สามารถปรับความละเอียดได้สูงสุด 3200 x 2200 พิกเซล (Pixels)	คุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดของโครงการ
สี	Mono 8bit	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ความเร็วในการเก็บข้อมูล	ไม่เกิน 80 กม./ชม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
การปรับอัตรา การบันทึกภาพ	สามารถทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ควบคุม	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
รูปแบบการเก็บข้อมูล	ไฟล์ภาพชนิด JPG	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ

ตารางที่ 4-9 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทางของอุปกรณ์ LASER PROFILER คันที่ 2

กล้อง	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
ความคลาดเคลื่อนของภาพ	น้อยกว่า 1 เมตร ด้วยเครื่องมือวัดระยะทาง (DMI Distance Sensor)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
มาตรฐานการส่งข้อมูลของกล้อง	Gigabit Ethernet 1 Gb/sec	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ขนาดของภาพ	ความละเอียด 4096 x 1536 พิกเซล (Pixels) สามารถปรับความละเอียดได้สูงสุด 4096 x 2000 พิกเซล (Pixels)	คุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดของโครงการ
สี	Mono 8bit	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ความเร็วในการเก็บข้อมูล	ไม่เกิน 100 กม./ชม.	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
การปรับอัตรา การบันทึกภาพ	สามารถทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ควบคุม	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
รูปแบบการเก็บข้อมูล	ไฟล์ชนิด AVI และ JPG	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ



4.2.3 มีชุดอุปกรณ์ถ่ายภาพถนนและสองข้างทาง สามารถบันทึกภาพได้อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงสายทาง โดยสามารถคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งของภาพ และกำหนดระยะห่างระหว่างภาพของการสำรวจได้ ที่สามารถนำมาประมวลผลข้อมูลเป็นภาพเคลื่อนไหวได้ โดยรายละเอียด ดังนี้

- ความละเอียดของภาพขั้นต่ำ 1600x1200 และสามารถเก็บภาพได้คมชัดในสภาวะแสงน้อยถึงน้อยมากได้
- สามารถเก็บข้อมูลสภาพผิวทางครอบคลุมถึงผิวจราจร ไหล่ทาง ป้ายจราจร รวกันอันตราย ไฟสัญญาณจราจร ไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ และทรัพย์สินทางหลวงอื่น ๆ
- ภาพวิดีโอ หรือภาพถ่ายต่อเนื่องที่สัมพันธ์กับตำแหน่งระยะทางบนสายทางได้
- ในกรณีภาพถ่ายที่ทำการเก็บข้อมูลสำรวจมีคุณสมบัติไม่ครบถ้วนตามที่กล่าวมาข้างต้น ให้ที่ปรึกษาทำการสำรวจเก็บภาพถ่าย ณ จุดนั้น ๆ ใหม่ โดยไม่มีข้อยกเว้น

กล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทางเป็นกล้องบันทึกภาพความละเอียดสูง เพื่อบันทึกภาพสภาพภายในเขตทางที่อยู่ในระยะห่างจากขอบถนนออกไปมากกว่า 25 เมตร ประกอบด้วยกล้อง 1 ตัว ที่กึ่งกลางรถจะให้มุมมองของการเก็บภาพถ่ายในเขตทางมีความกว้างมองเห็นได้โดยทั่วบริเวณ 2 ข้างทาง โดยตัวกล้องจะทำงานสัมพันธ์กับอุปกรณ์วัดระยะทางและอุปกรณ์รับสัญญาณ GNSS ทำให้สามารถระบุตำแหน่งของภาพกับตำแหน่งบนสายทางได้ โดยจะทำการบันทึกภาพสภาพภายในเขตทางด้านหน้า (Front Center View) เพื่อเก็บรายละเอียดข้อมูลถนน ครอบคลุมสภาพภายในเขตทาง เช่น จำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจร ระบบระบายน้ำ สะพานลอย สะพานข้ามแม่น้ำ ป้ายจราจร รวกันอันตราย ไฟสัญญาณ ไฟฟ้าส่องสว่าง และอุปกรณ์อำนวยความสะดวก เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 4-7 โดยรายละเอียดของกล้องแสดงดังตารางที่ 4-10 ถึงตารางที่ 4-12





รูปที่ 4-7 ตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง



ตารางที่ 4-10 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง อุปกรณ์สำรวจระบบ Laser Profilometer คันที่ 1

กล้อง	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
ความคลาดเคลื่อนของถนนในภาพต่อเนื่อง	น้อยกว่า 1 เมตร ด้วยเครื่องมือวัดระยะทาง (DMI Distance Sensor)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
มาตรฐานการส่งข้อมูลของกล้อง	Gigabit Ethernet (GigE)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ขนาดของภาพ	ความละเอียด 1600x1200 พิกเซล (Pixels) สามารถปรับความละเอียดได้สูงสุด 3200x2200 พิกเซล (Pixels)	คุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดของโครงการ
สี	Color	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
การปรับอัตราการบันทึกภาพ	สามารถทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ควบคุม	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
รูปแบบการเก็บข้อมูล	ไฟล์ชนิด AVI และ JPG	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ

ตารางที่ 4-11 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง อุปกรณ์สำรวจระบบ LCMS คันที่ 1

กล้อง	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
ค่าพิกัดตำแหน่งของภาพ	สามารถระบุค่าพิกัดตำแหน่งของภาพได้	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
มาตรฐานการส่งข้อมูลของกล้อง	Gigabit Ethernet (GigE) หรือ USB3	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ขนาดของภาพ	ความละเอียด 1600x1200 พิกเซล (Pixels)	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
สี	Color	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
การปรับอัตราการบันทึกภาพ	สามารถทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ควบคุม (2 – 10 ม.)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
รูปแบบการเก็บข้อมูล	ไฟล์ชนิด JPG หรือ AVI	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ



ตารางที่ 4-12 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง อุปกรณ์สำรวจระบบ Laser Profilometer คันที่ 2

กล้อง	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
ความคลาดเคลื่อนของถนนในภาพต่อเนื่อง	น้อยกว่า 1 เมตร ด้วยเครื่องมือวัดระยะทาง (DMI Distance Sensor)	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
มาตรฐานการส่งข้อมูลของกล้อง	Gigabit Ethernet 1 Gb/sec	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
ขนาดของภาพ	ความละเอียด 1600 x 1200 พิกเซล (Pixels)	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
สี	Color	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
การปรับอัตรา การบันทึกภาพ	สามารถทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ควบคุม	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ
รูปแบบการเก็บข้อมูล	ไฟล์ชนิด AVI และ JPG	คุณสมบัตินอกเหนือข้อกำหนดของโครงการ

ในกรณีที่ภาพถ่ายที่ได้ทำการบันทึกมีคุณสมบัติไม่ครบถ้วน เช่น ภาพมีเศษวัสดุหรือเศษใบไม้ กิ่งไม้มาบดบังทำให้ไม่เห็นสภาพทางอย่างครบถ้วน, ภาพมืดหรือสว่างจนเกินไปไม่สอดคล้องกับสภาพทางที่แท้จริง ทางที่ปรึกษาจะทำการสำรวจเก็บภาพถ่าย ณ พื้นที่นั้นใหม่ เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพถ่ายสภาพทางที่เห็นรายละเอียดภายในสายทางที่ครบถ้วน และสมบูรณ์มากที่สุด

4.2.4 มีชุดอุปกรณ์วัดระยะทาง ชนิดวัดระยะทางจากรอบล้อ โดยระยะทางจากอุปกรณ์นี้จะทำงานสัมพันธ์กันกับอุปกรณ์เซนเซอร์อื่น ๆ ที่ติดตั้งบนรถสำรวจ เพื่อกำหนดระยะทางในการบันทึกข้อมูลของเซนเซอร์ต่าง ๆ

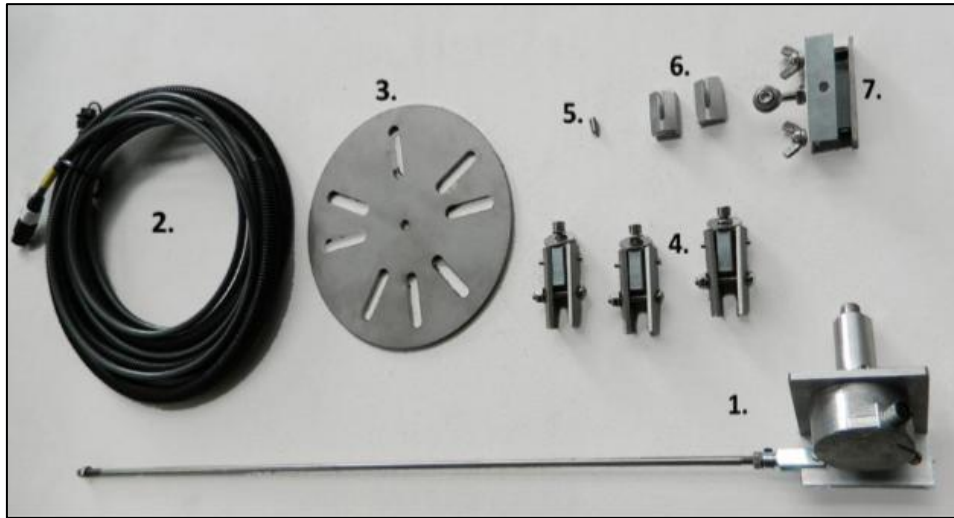
ทางที่ปรึกษาจะจัดชุดอุปกรณ์วัดระยะทางชนิดวัดระยะทางจากรอบล้อ โดยการวัดระยะทางจากอุปกรณ์นี้สามารถทำงานร่วมกันหรือสัมพันธ์กันกับอุปกรณ์เซนเซอร์อื่น ๆ ที่ติดตั้ง บนรถสำรวจ เพื่อกำหนดระยะทางในการบันทึกข้อมูลของเซนเซอร์ต่าง ๆ ดังนี้

- เครื่องวัดความเร่ง (Accelerometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดระดับผิวทางแบบเลเซอร์เนื่องจากการสั่นของรถสำรวจ แสดงดังรูปที่ 4-8



รูปที่ 4-8 เครื่องมือวัดความเร็ว

- เครื่องวัดระยะทาง (Distance Measurement Instruments: DMI) เป็นเครื่องมือที่ติดตั้งกับล้อรถสำรวจเพื่อตรวจวัดระยะทางสำรวจโดยใช้หลักการนับจำนวนรอบของพัลส์ (Pulse) ของล้อรถสำรวจ แสดงดังรูปที่ 4-9 โดยรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4-13



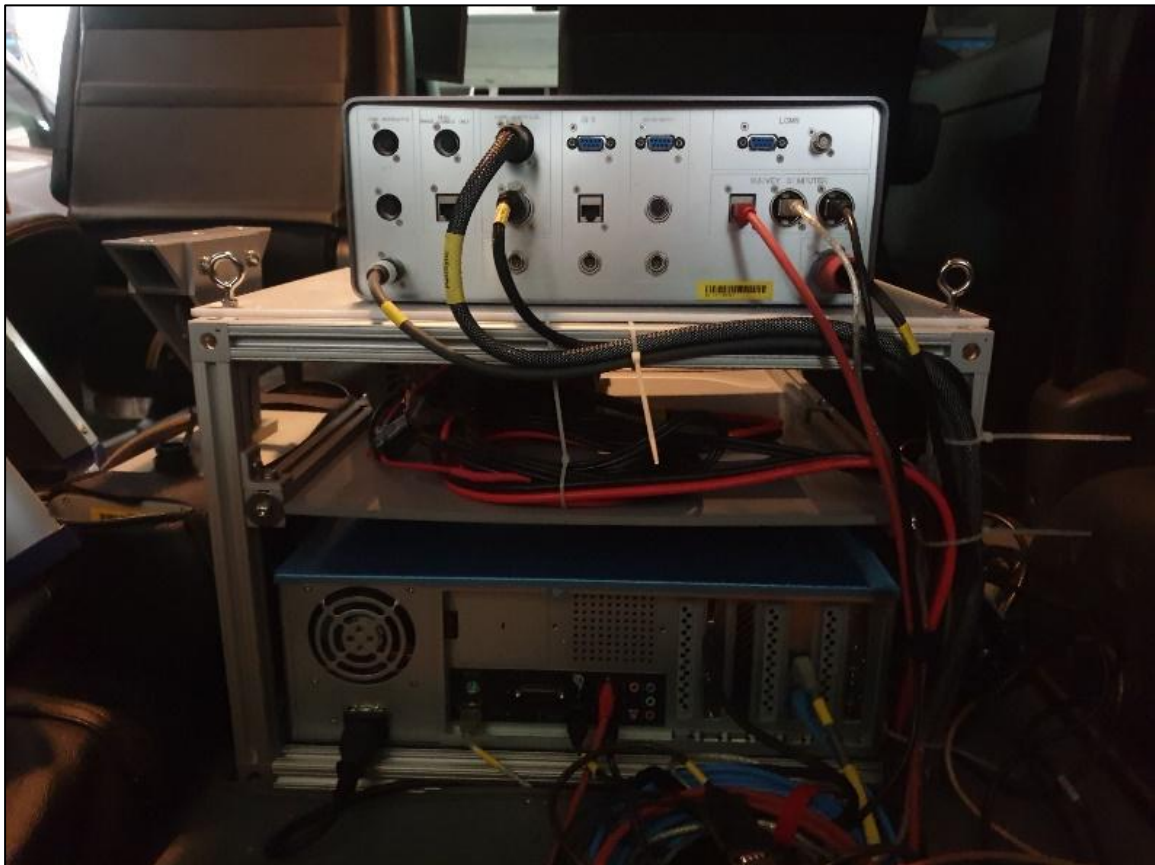
รูปที่ 4-9 รายละเอียดเครื่องวัดระยะทาง



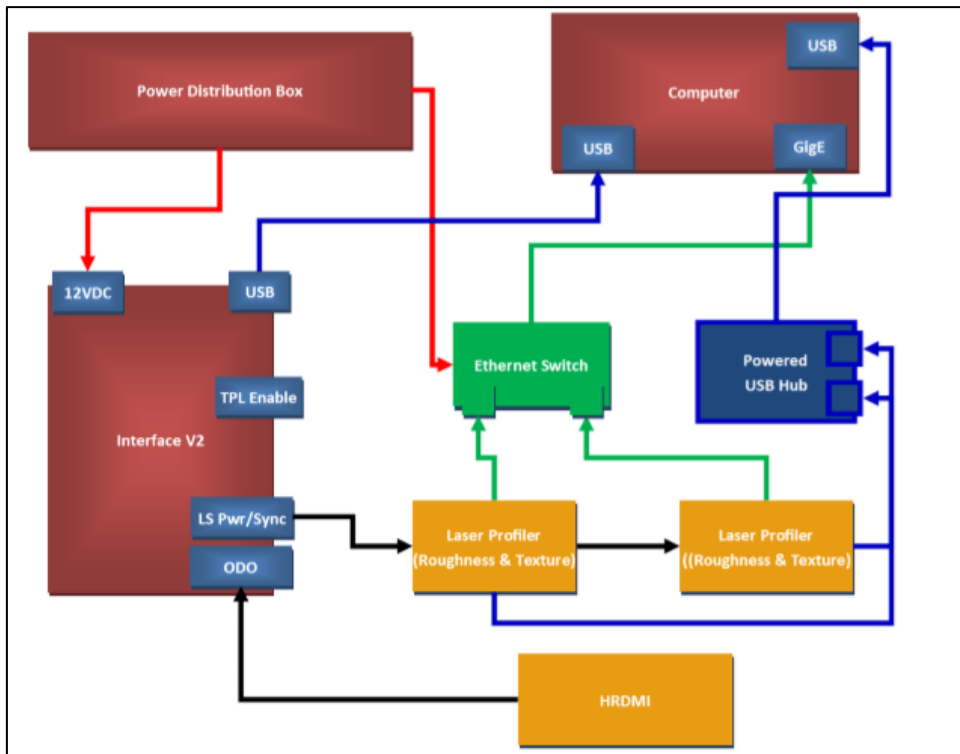
ตารางที่ 4-13 แสดงรายละเอียดเครื่องมือวัดระยะทาง

Item	Description
1	Encoder Mounted with Swivel and R
2	Encoder cable with plugs
3	Wheel plate
4	Wheel Nut Clamp
5	Shaft Collar Grub screw
6	Spaces for Wheel Nut Clamps
7	Wheel Rim Rod Mount

- อุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส และระบบคอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูลสำรวจ (On board Computer) ติดตั้งในรถระบบคอมพิวเตอร์ และอิเล็กทรอนิกส์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งในรถสำรวจเพื่อบันทึกข้อมูล และประมวลผลเบื้องต้นบนรถสำรวจ แสดงดังรูปที่ 4-10 และรูปที่ 4-11



รูปที่ 4-10 อุปกรณ์รับสัญญาณและชุดบันทึกข้อมูล



รูปที่ 4-11 แสดงการเชื่อมโยงระบบต่าง ๆ ภายในระบบคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูล

- การติดตั้งเครื่องมือ จะทำการติดตั้งเครื่องมือดังที่กล่าวมาข้างต้นเข้ากับรถสำรวจสภาพทาง (Road Condition Survey Vehicle : RCSV) แสดงดังรูปที่ 4-12



รูปที่ 4-12 ลักษณะของรถสำรวจที่ใช้ในการสำรวจ

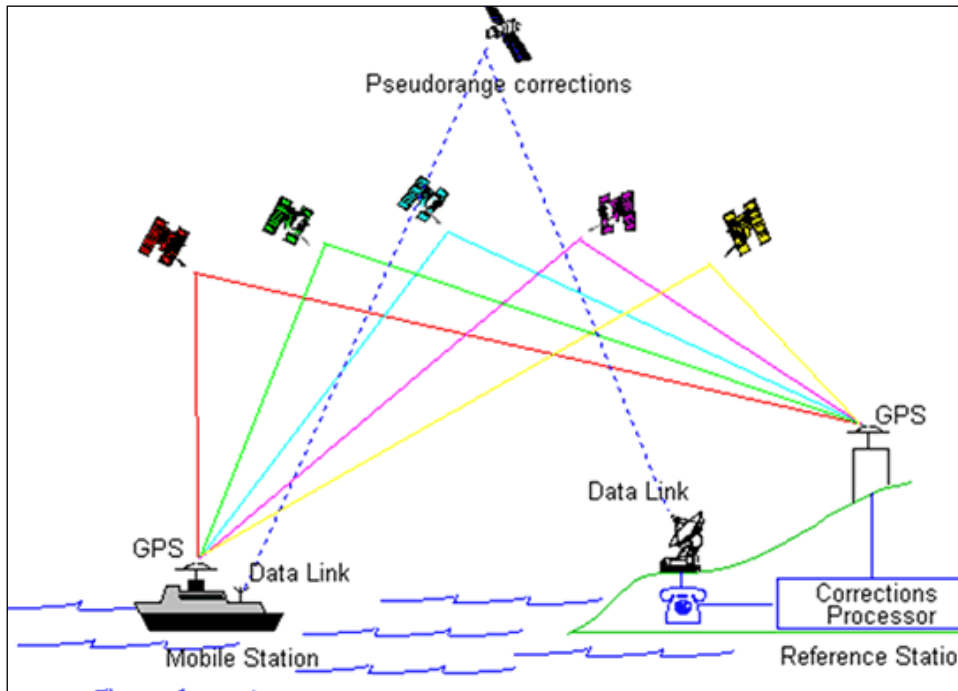


4.2.5 มีชุดอุปกรณ์รับค่าพิกัดตำแหน่งจากสัญญาณดาวเทียมแบบ GNSS พร้อมความสามารถในการรับค่าปรับแก้เพื่อให้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งมีความละเอียดอย่างน้อยในระดับ 1 เมตร จำนวน 1 ชุด

อุปกรณ์รับค่าพิกัดตำแหน่งจากสัญญาณดาวเทียมแบบ GNSS พร้อมรับสัญญาณค่าพิกัดปรับแก้ (Differentials Global Positioning System: DGPS) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ระบุพิกัดตำแหน่งปัจจุบันของยานพาหนะ ขณะทำการสำรวจข้อมูล โดยข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งภายในรถ จะแสดงค่าสัมพันธ์กับตำแหน่งที่ทำการบันทึก ซึ่งได้พิกัดตำแหน่งจากอุปกรณ์ GNSS ชนิด DGPS โดยสามารถแสดงพิกัดทั้งทางแนวราบ และแนวตั้ง อ้างอิงจากสัญญาณดาวเทียม (GPS Satellite) และสัญญาณค่าแก้ Differential Correction จากผู้ให้บริการ แสดงดังรูปที่ 4-13 และรูปที่ 4-14 และรายละเอียดของเครื่องมือ แสดงดังตารางที่ 4-14



รูปที่ 4-13 ตัวอย่างเครื่องมือระบุพิกัดด้วยดาวเทียม



รูปที่ 4-14 หลักการทำงานของกรับพิกัดและค่าแก้ DGPS

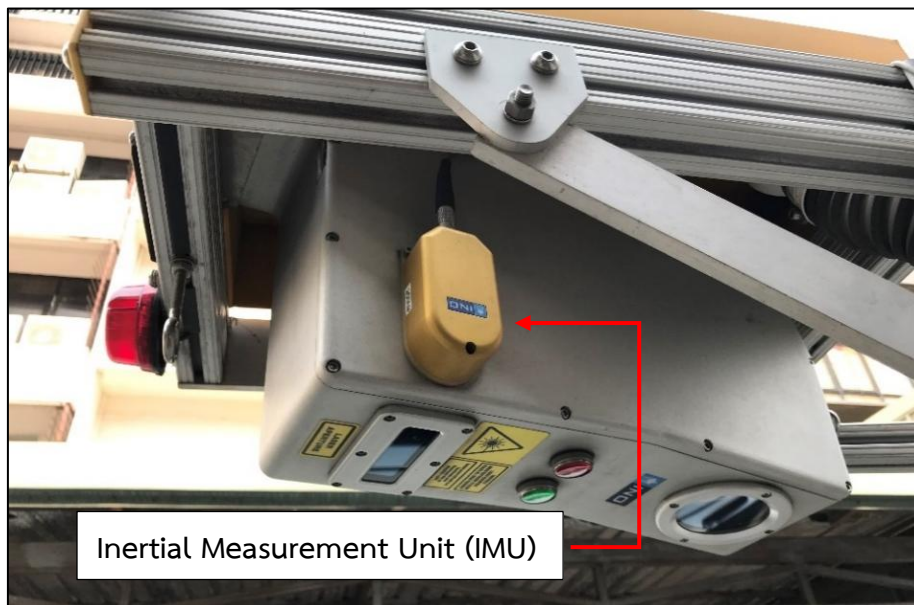


ตารางที่ 4-14 รายละเอียดของเครื่องระบุพิกัดด้วยดาวเทียม GPS/GNSS

เครื่องระบุพิกัดด้วยดาวเทียม (DGPS)	รายละเอียด	คุณสมบัติเพิ่มเติม
ชนิดดาวเทียม	GPS/GNSS	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
การติดต่อกับดาวเทียม	12 ดวงขึ้นไป และขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้า	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
อุณหภูมิ	-30 ถึง 60 องศาเซลเซียส	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
อัตราการอัปเดตข้อมูล	1 วินาที	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ
ความแม่นยำของตำแหน่ง	1 meters RMS	คุณสมบัติเทียบเท่าข้อกำหนดของโครงการ

4.2.6 มีชุดอุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric)

ชุดอุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Road Geometry) คือ Inertial Measurement Unit (IMU) ที่ประกอบด้วย Three Axis Accelerometers และ Gyroscopes ซึ่งจะทำงานร่วมกับอุปกรณ์รับค่าพิกัดตำแหน่งจากสัญญาณดาวเทียมแบบ GNSS ทำให้สามารถคำนวณ และรายงานผลค่าความลาดชัน (Percent Grade Slope) ค่าความลาดเอียง (Percent Crown Slope) ค่าระดับความสูง (Elevation) และค่ารัศมีทางโค้ง (Radius) ได้



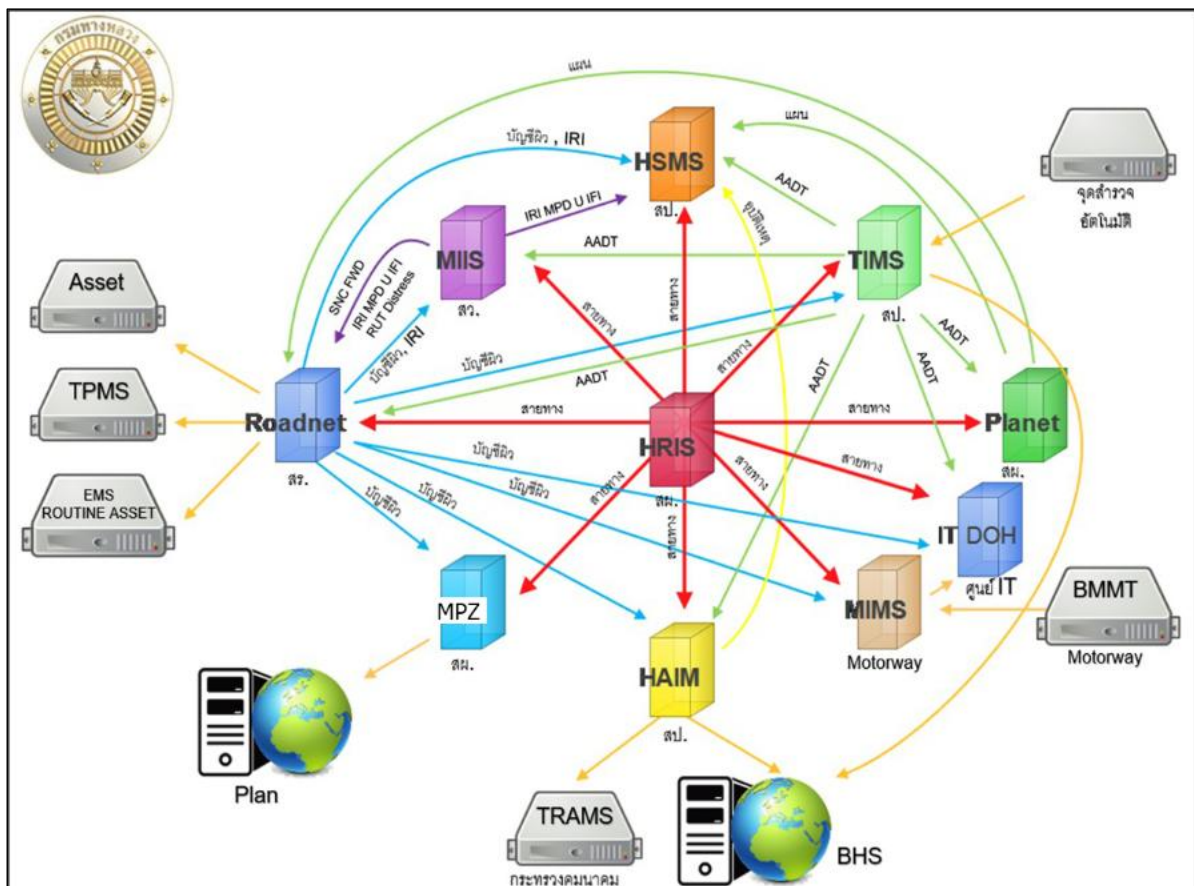
รูปที่ 4-15 อุปกรณ์ Inertial Measurement Unit (IMU)



4.3 การสำรวจสภาพทาง

4.3.1 จัดทำแผนการสำรวจและตามเกณฑ์ในการคัดเลือกสายทาง

ภายใน 15 วันหลังจากวันลงนามในสัญญา ที่ปรึกษาจะเสนอแผนการสำรวจเส้นทาง ให้คณะกรรมการบริหารโครงการฯ และหน่วยงานในพื้นที่เห็นชอบก่อนเข้าทำการสำรวจ ให้จัดบัญชีสายทางและผิวทาง พื้นที่สำรวจรายแขวงทางหลวง โดยคัดเลือกสายทางจากเกณฑ์ที่กรมทางหลวงกำหนด ประมวลผลจากแหล่งข้อมูลอย่างน้อย ดังนี้ ข้อมูลลักษณะผิวทาง และข้อมูลกายภาพจากฐานข้อมูล Roadnet ข้อมูลแผนงานจากระบบบริหารแผนงาน (Plannet) ข้อมูลบัญชีสายทางจากระบบข้อมูลทะเบียนสายทาง (Highway Registration Systems: HRIS) จากสำนักแผนงาน ข้อมูลปริมาณจราจรล่าสุดจากระบบสารสนเทศปริมาณจราจรบนทางหลวง (Traffic Information Management Systems: TIMS) จากสำนักอำนวยความสะดวก และข้อมูลการสำรวจสภาพทาง (MIIS) จากสำนักวิเคราะห์ และตรวจสอบโดยผู้ว่าจ้างขอสงวนสิทธิ์ในการปรับปรุงแก้ไขแผนเส้นทางสำรวจดังกล่าวตามความเหมาะสม

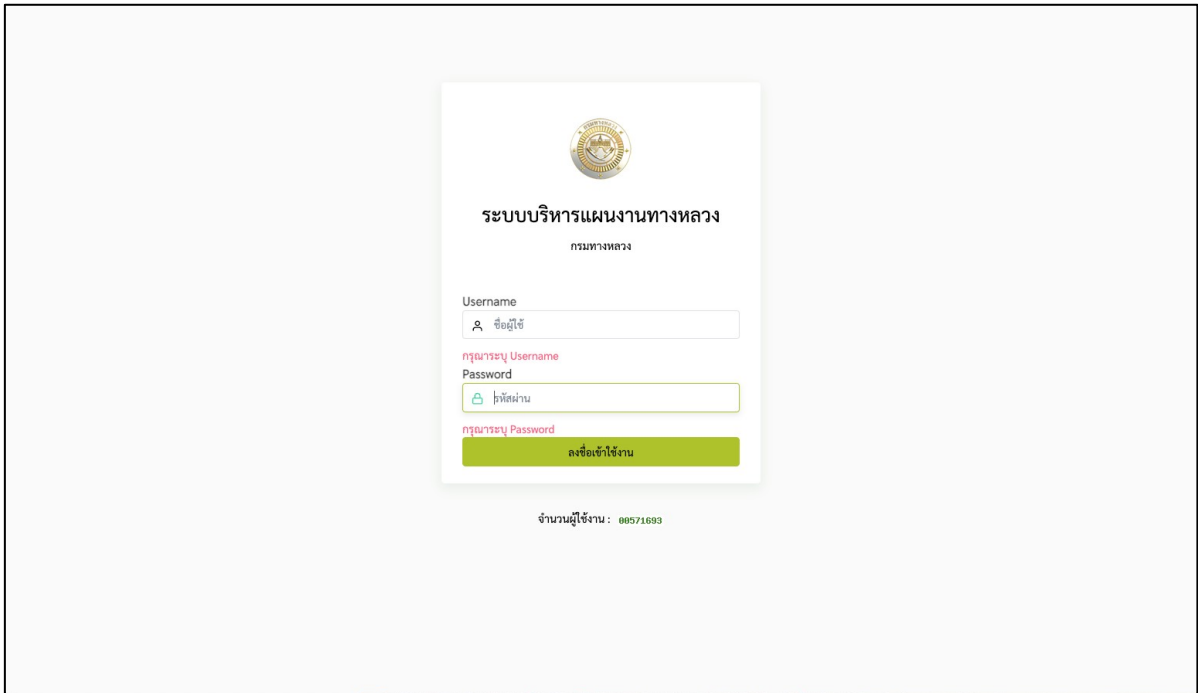


รูปที่ 4-16 แสดงโครงข่ายการเชื่อมโยงระบบต่าง ๆ ของกรมทางหลวง

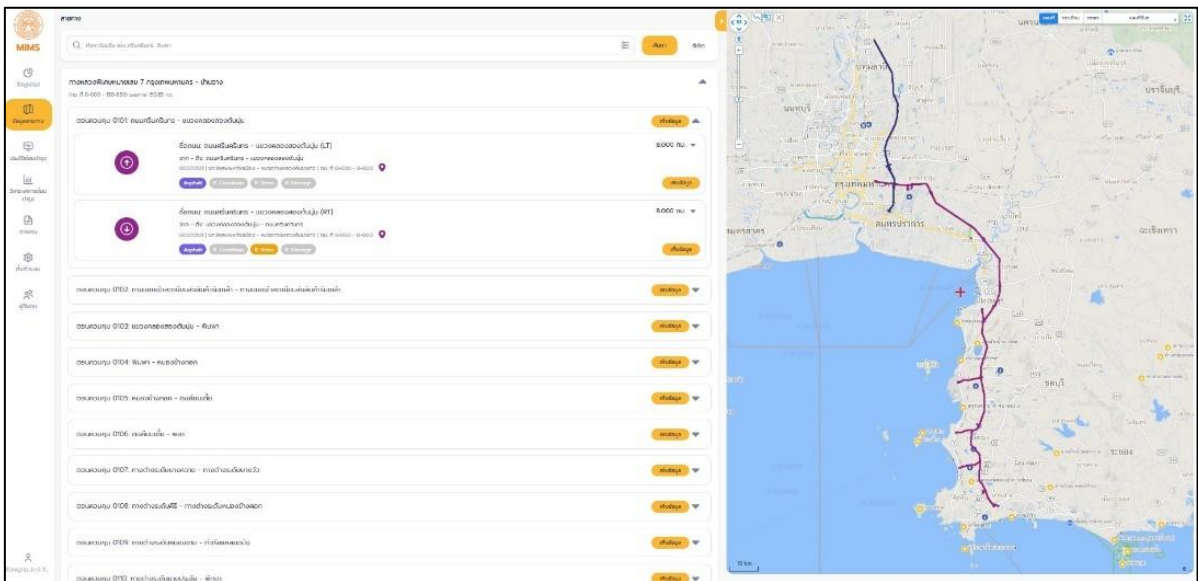


รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569



รูปที่ 4-17 เพื่อนำมาใช้สำหรับวางแผนสำรวจเพื่อหลีกเลี่ยงงานซ่อมบำรุงถนนจากระบบ Plannet



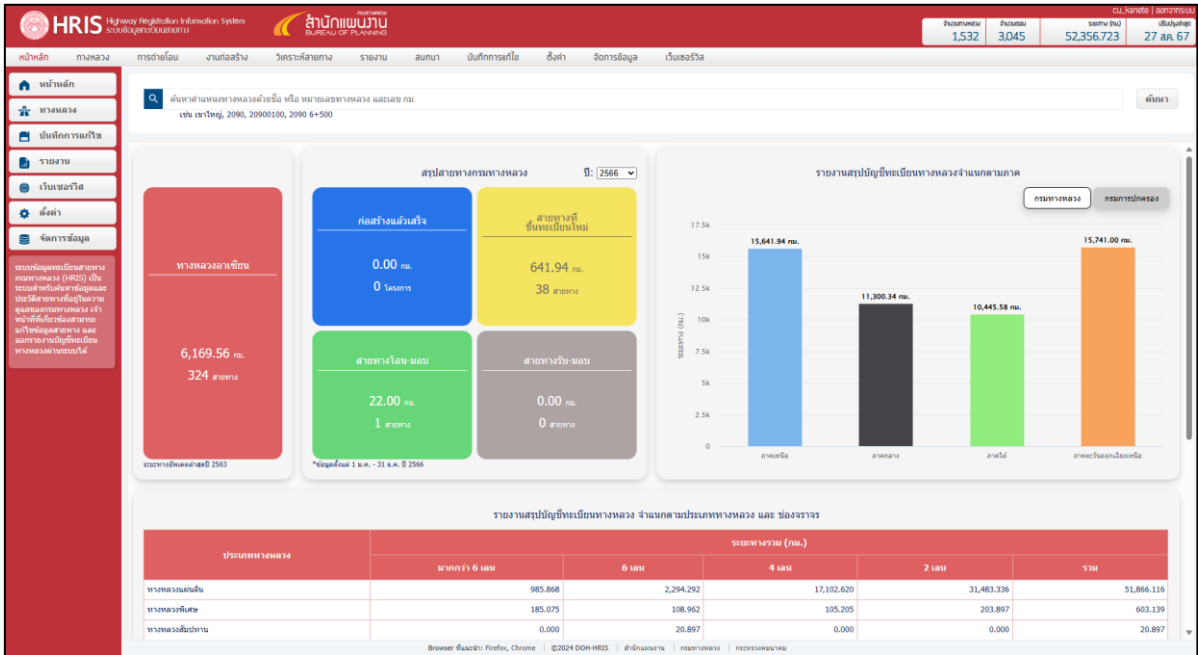
รูปที่ 4-18 เพื่อนำมาใช้สำหรับวางแผนสำรวจ เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลค่าสภาพทางจากระบบ MIIS



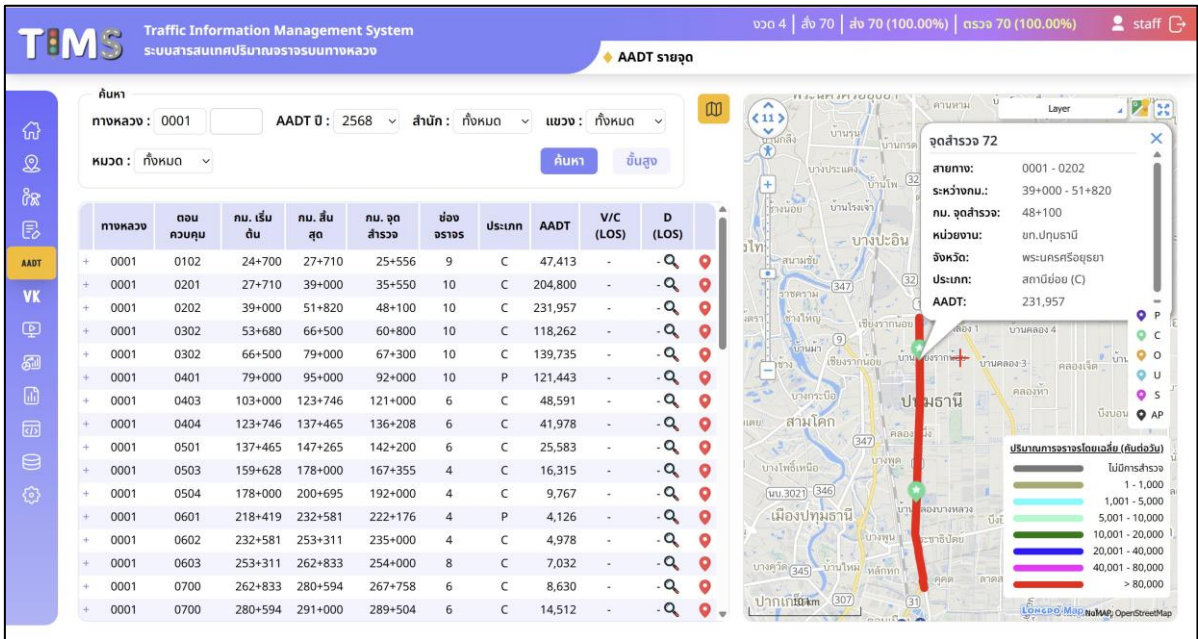


รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569



รูปที่ 4-19 เพื่อใช้ในประเมินจัดทำแผนวิเคราะห์ที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงจากระบบ HRIS



รูปที่ 4-20 เพื่อนำข้อมูลปริมาณจราจรจากระบบ TIMS มาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายทาง

นอกจากการนำข้อมูลจากฐานข้อมูลต่าง ๆ เพื่อประกอบการคัดเลือกสายทางในการจัดทำแผนการสำรวจ และเกณฑ์ในการคัดเลือกสายทาง การสำรวจและจัดเก็บข้อมูลสภาพความเสียหายของผิวทางจะต้องดำเนินการวางแผน และเตรียมการอย่างละเอียดรอบคอบเพื่อลดปัญหาความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น และให้การสำรวจเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง





ในโครงการนี้ ที่ปรึกษามีแนวทางในการจัดทำเกณฑ์การคัดเลือก โดยอ้างอิงถึงการสำรวจในปีที่ผ่านมาซึ่งเป็นรอบการสำรวจใหม่ที่ปรึกษาได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญ ในเรื่องของความครบถ้วนของข้อมูลความเสียหายเป็นประเด็นสำคัญ โดยต้องมีระยะสำรวจที่มาจากอุปกรณ์ Laser Crack Measurement System : LCMS ครอบคลุมทุกสายทางในโครงข่ายทางหลวงทั้งหมด จึงมีแนวทางในการจัดทำแผน ซึ่งจะยึดสายทางที่ยังไม่มีการสำรวจด้วยอุปกรณ์ LCMS มาสำรวจเป็นลำดับแรก จำแนกตามลำดับชั้นทางหลวง (Road Hierarchy) ดังนี้

- ทางหลวงพิเศษ (Motorway) ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง
- ทางหลวงแผ่นดิน ลำดับชั้นที่ 1 ทางหลวงแผ่นดินสายประธาน
- ทางหลวงแผ่นดิน ลำดับชั้นที่ 2 ทางหลวงแผ่นดินสายรองประธาน
- ทางหลวงแผ่นดิน ลำดับชั้นที่ 3 ทางหลวงแผ่นดินสายหลัก
- ทางหลวงแผ่นดิน ลำดับชั้นที่ 4 ทางหลวงแผ่นดินสายรอง
- ทางหลวงประเภทอื่น ๆ หรือถนนที่เชื่อมทางหลวงแผ่นดิน (Connecting Link)

ซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์อย่างมากในการสำรวจเพื่อนำข้อมูลมาใช้บำรุงรักษาทางต่อไป โดยมีลำดับขั้นตอนการวางแผน ดังต่อไปนี้

- 1) 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 อำเภोजะนะ และอำเภอสะบ้าย้อย
 - เกณฑ์ที่ได้รับจากคณะกรรมการระยะทางสำรวจรวม ระยะทางไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร (ระยะทางสำรวจจริง) ประกอบด้วย
 - สายทางที่อุปกรณ์ LCMS ยังไม่เคยสำรวจ ตั้งเป็นแผนหลัก และให้นำมาสำรวจก่อน
 - ยึดตามลำดับชั้นทางหลวงเป็นหลัก โดยลำดับชั้นทางหลวงที่ 1 และ 9 ทำการสำรวจทั้งหมด
 - หากระยะทางสำรวจยังไม่ถึงตามข้อกำหนด ให้คัดเลือกสายทางในลำดับชั้นทางหลวงอื่น ๆ เพิ่มเข้ามาให้ครบระยะ





รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569

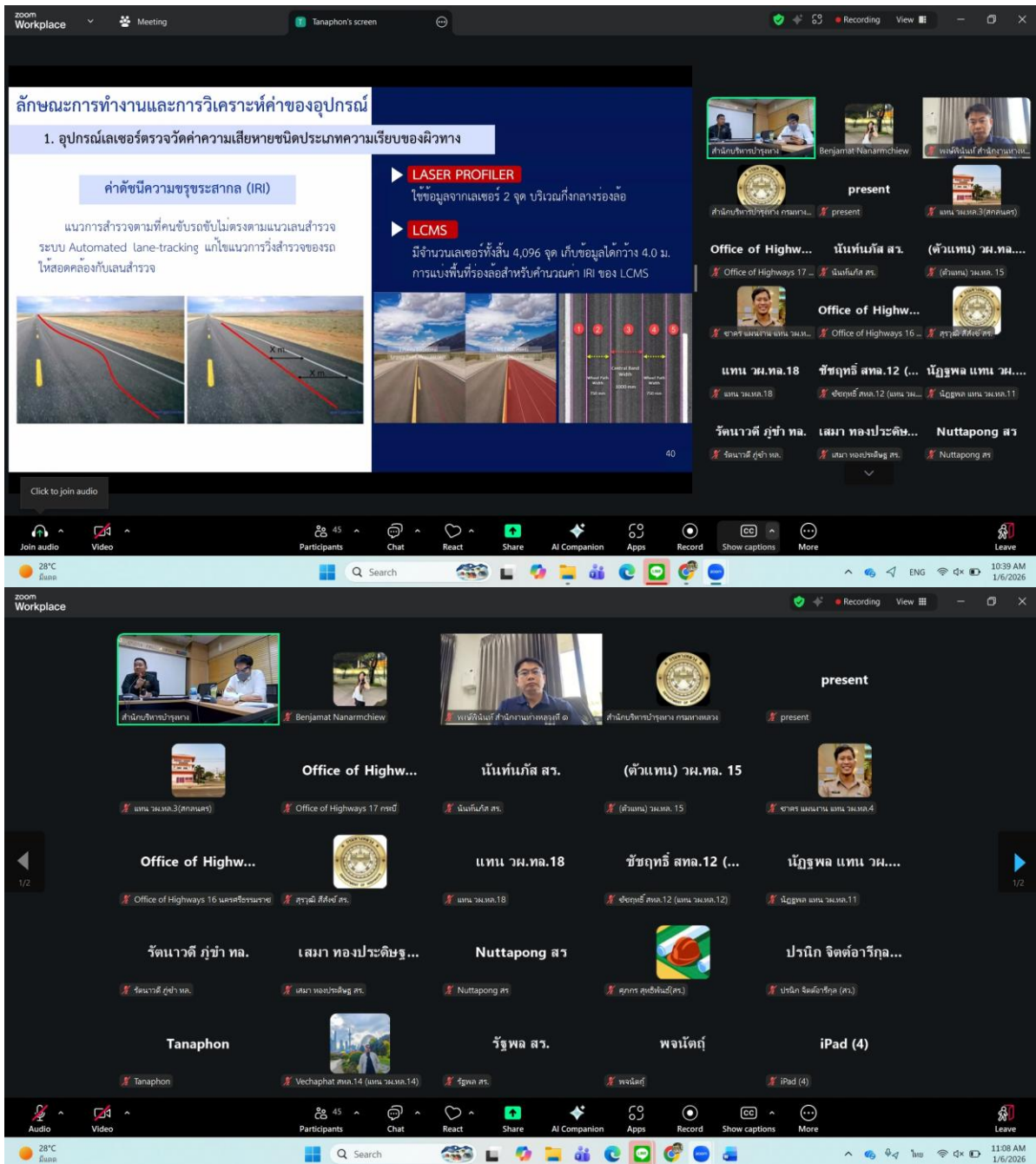
- 2) จัดบัญชีสายทางและผิวทาง เสนอต่อคณะกรรมการคณะกรรมการโครงการฯ และหน่วยงานในพื้นที่ เพื่อพิจารณาเห็นชอบวิธีการ และความเป็นไปได้ในการสำรวจ
- 3) ประชุมชี้แจง และแจ้งสายทางสำรวจโดยส่งบัญชีสายทางที่อยู่ในแผนการสำรวจ ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ดิจิทัล โดยการจัดทำแผนที่โครงข่ายเส้นทางสำรวจ (Layout) ขนาด A4 รายแขวงทางหลวงส่งมอบให้กรม จำนวน 104 แขวงทางหลวง ในรูปแบบไฟล์ PDF และรูปแบบไฟล์ KML (Keyhole Markup Language) เพื่อพร้อมเปิดใช้งาน ในรูปแบบแผนที่ โดยให้แก่เจ้าหน้าที่ สำนักงานทางหลวง และแขวงทางหลวงในพื้นที่ ที่สำรวจสภาพทางเป็นผู้พิจารณา พร้อมติดต่อประสานงานสอบถามความพร้อม ก่อนเข้าสำรวจพื้นที่จริง เพื่อสอบถามสายทางดังกล่าวมีการก่อสร้าง หรือขยาย ช่องจราจรหรือไม่
- ตามหนังสือเลขที่ สร.4/76 ลงวันที่ 12 มกราคม 2569 ทีมที่ปรึกษาได้ดำเนินการ ติดต่อสอบถามผู้ประสานงานโครงการในแต่ละแขวงทางหลวงครบถ้วนแล้วเสร็จ ตั้งแต่วันที่ 12 - 16 มกราคม 2569 โดยมีรายชื่อผู้ประสานงานแขวงทางหลวงแสดง ดังรูปที่ 4-21 ถึงรูปที่ 4-22 และตารางที่ 4-15





รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569



รูปที่ 4-21 การประชุมชี้แจงและเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มโครงการ



CUT สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักบริหารบำรุงทาง โทร.๐ ๒๓๕๔ ๖๖๖๘ ต่อ ๒๓๕๓๒ โทรสาร.๐ ๒๓๕๔ ๖๗๗๔

ที่ สร.๔/ ๗๖

วันที่ ๑๒ ม.ค. ๒๕๖๙

เรื่อง ขอให้ตรวจสอบบัญชีสายทางที่จะดำเนินการสำรวจในโครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี ๒๕๖๙ เรียง ผส.ทล.๑ - ๑๘ และแขวงทางหลวงในสังกัด

ตามบันทึกสำนักบริหารบำรุงทาง ที่ สร.๔/๙๐๘๘ ลงวันที่ ๑๒ ธันวาคม ๒๕๖๘ เรื่อง ขอมติอนุเคราะห์แจ้งรายชื่อผู้ประสานงานโครงการฯ เพื่อตรวจสอบบัญชีการสำรวจและตรวจสอบข้อมูลการสำรวจจากระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ปี ๒๕๖๙ ซึ่งสำนักบริหารบำรุงทางได้ตกลงว่าจ้างที่ปรึกษา สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดำเนิน “โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี ๒๕๖๙” นั้น

การสำรวจสภาพโครงข่ายในโครงการนี้ สำนักบริหารบำรุงทางได้กำหนดเงื่อนไข ดังนี้

๑. ทางหลวงที่อยู่ในลำดับชั้นทางหลวงที่ ๑ และ ๙ ทำการสำรวจทั้งหมด
๒. ทางหลวงที่อยู่ในลำดับชั้นทางหลวงที่ ๒ และ ๓ ที่มีปริมาณจราจรมากกว่าหรือน้อยกว่า ๘,๐๐๐ คันต่อวัน ในทางหลวงหมายเลข ๑ ถึง ๓ หลัก ทำการสำรวจเพื่อให้ระยะทางสำรวจครบถ้วนตามเกณฑ์
๓. ทางหลวงในลำดับชั้นทางหลวงที่ ๒ และ ๔ ที่ยังไม่เคยสำรวจซึ่งสอดคล้องกับโครงข่ายสายทางการสำรวจ เพื่อให้ระยะทางสำรวจครบถ้วนตามเกณฑ์

เพื่อให้การดำเนินโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงขอมติอนุเคราะห์ให้ผู้ประสานงานโครงการฯ (รายชื่อตามเอกสารแนบ) ตรวจสอบบัญชีสายทาง (ตาม QR - Code แนบ) พร้อมทั้งเสนอต่อผู้บังคับบัญชาเพื่อรับทราบแผนการสำรวจ โดยดาวินโหลดแผนการสำรวจ บัญชีสายทาง และแผนที่การสำรวจ หากพบว่าไม่สามารถดำเนินการได้ เช่น มีโครงการก่อสร้างกำลังดำเนินการอยู่ สามารถเสนอสายทางที่จะต้องสำรวจชัดเจนได้ และส่งผลการตรวจสอบให้ผู้อำนวยความสะดวกส่วนแผนงาน (วพ.ทล.) รวบรวมเพื่อให้ระยะทางสำรวจรวมของทางสำนักทางหลวงไม่น้อยกว่าแผนการสำรวจ และแจ้งตอบกลับสำนักบริหารบำรุงทาง ภายในวันศุกร์ที่ ๑๖ มกราคม ๒๕๖๙ ทั้งนี้ที่ปรึกษา ได้ประสานงานไปยังผู้ประสานงานโครงการฯ ในเบื้องต้นแล้ว

หากมีข้อสงสัยประการใด สามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ นายวิฑูรย์ พัฒนเกียรติกร (เลขานุการคณะทำงาน) โทร. ๐ ๒๓๕๔ ๖๖๖๘ ต่อ ๒๓๕๓๐ นายณัฐวัฒน์ เปี่ยมอำไพภักดิ์ (ผู้ช่วยเลขานุการคณะทำงาน) โทร. ๐ ๒๓๕๔ ๖๖๖๘ ต่อ ๒๓๕๓๒ หรือ นายดิษฐ์วัฒน์ อางวิเชียร โทร ๐๖-๒๓๗๑-๓๕๔๓ (ผู้ประสานงานหลักของที่ปรึกษา)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์และดำเนินการต่อไป

(นายกฤตพงษ์ ศิริพลอย)

วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ รักษาราชการแทน

ผู้อำนวยการสำนักบริหารบำรุงทาง



QR Code บัญชีสายทาง

ส่งทางสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น
วันที่ 12 มี.ค. ๒๕๖๙ ผู้ส่ง ขนิงชฐา

รูปที่ 4-22 หนังสือเรื่องขอให้ตรวจสอบบัญชีสายทางแผนการสำรวจปี 2569





รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569

ตารางที่ 4-15 รายชื่อติดต่อผู้ประสานงานโครงการแขวงทางหลวง

ลำดับ	สำนักงานทางหลวง	รหัสแขวงทางหลวง	ชื่อแขวงทางหลวง	รายชื่อผู้ประสานงานโครงการ
1	สำนักงานทางหลวงที่ 1 (เชียงใหม่)	521	ขท.เชียงใหม่ที่ 1	นายธนาภรณ์ แสนบุญ
2		523	ขท.ลำปางที่ 1	นายราเชนทร์ ชัยศักดิ์
3		527	ขท.เชียงใหม่ที่ 3	นายจิราเมท วรรณวิจิตร
4		528	ขท.ลำปางที่ 2	นายขันติ โพธิ์นวล
5		522	ขท.เชียงใหม่ที่ 2	นายธนกร ร่อนทอง
6		524	ขท.ลำพูน	นายนราวุฒิ ศรีแสง
7		526	ขท.แม่ฮ่องสอน	นายวรกมล อิ่มทั่ว
8	สำนักงานทางหลวงที่ 2 (แพร่)	533	ขท.เชียงรายที่ 1	นายพิทักษ์ จันทาพูน
9		537	ขท.เชียงรายที่ 2	นายสาโรจน์ เย็นใจ
10		535	ขท.พะเยา	นางสาวณัทมน ใจกล้า
11		539	ขท.น่านที่ 2	นายกิตติพันธ์ กุศล
12		536	ขท.น่านที่ 1	นายภูวดล คำแฮ
13		531	ขท.แพร่	นายเอม สุวรรณแสง
14	สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร)	646	ขท.หนองคาย	นายสุรศักดิ์ ภู่อ่า
15		641	ขท.สกลนครที่ 1	นายรุ่งพิบูรณ์ จันไต
16		644	ขท.นครพนม	นายอัษฎริยะ แสงทองทิพย์
17		639	ขท.มุกดาหาร	นายกิตติศักดิ์ บุญสูง
18		643	ขท.บึงกาฬ	นายธนากร เทียงผดุง
19		642	ขท.สกลนครที่ 2 (สว่างแดนดิน)	นายวสกร ราชวงศ์
20	สำนักงานทางหลวงที่ 4 (ตาก)	517	ขท.กำแพงเพชร	นายพิรุฬห์ ศิริพัฒ
21		513	ขท.สุโขทัย	นายไชยพัฒน์ กระดิกษ์
22		514	ขท.ตากที่ 2 (แม่สอด)	นายเพชร ผาแสนถิ่น
23		512	ขท.ตากที่ 1	นางสาวสิริลักษณ์ พักเขียว
24	สำนักงานทางหลวงที่ 5 (พิษณุโลก)	557	ขท.อุตรดิตถ์ที่ 1	นายอัศรายุทธ สายสูง
25		511	ขท.พิษณุโลกที่ 1	นายภาณุวัตร ทองรัตน์
26		515	ขท.พิษณุโลกที่ 2 (วังทอง)	นางสาวจามรี ครธานนท์
27		519	ขท.พิจิตร	นายนิธิพล ภาวสุทธิการ
28		558	ขท.อุตรดิตถ์ที่ 2	นายณรงค์ อินทร์ทอง
29	สำนักงานทางหลวงที่ 6 (เพชรบูรณ์)	629	ขท.หนองบัวลำภู	นายเชาวฤทธิ์ มาดาป้อม
30		552	ขท.เพชรบูรณ์ที่ 2 (บึงสามพัน)	นายสุธีร์ ไททอง





ตารางที่ 4-15 รายชื่อติดต่อผู้ประสานงานโครงการแขวงทางหลวง (ต่อ)

ลำดับ	สำนักงานทางหลวง	รหัสแขวงทางหลวง	ชื่อแขวงทางหลวง	รายชื่อผู้ประสานงานโครงการ
31	สำนักงานทางหลวงที่ 6 (เพชรบูรณ์)	551	ขท.เพชรบูรณ์ที่ 1	นายทศพร ลอดพั้ว
32		555	ขท.เลขที่ 2 (ด่านซ้าย)	นายยุรนันท์ รัตนา
33		554	ขท.เลขที่ 1	นายฐิติ รามศิริ
34	สำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น)	621	ขท.ขอนแก่นที่ 1	นายสิริคุณ ปานะสุนทร
35		623	ขท.อุดรธานีที่ 1	ว่าที่ ร.ต.บุญปาน เคนคำภา
36		624	ขท.อุดรธานีที่ 2 (หนองหาน)	นายสืบพงษ์ หมักกุล
37		626	ขท.ชัยภูมิ	นายฉัตรชัย จากกลาง
38		627	ขท.ขอนแก่นที่ 2 (ชุมแพ)	นายสุวัฒน์ เสริมนอก
39		628	ขท.ขอนแก่นที่ 3 (บ้านไผ่)	นายสาธิต ภูผิวัด
40	สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม)	647	ขท.กาฬสินธุ์	นายอรุณ นาเทียมเกตุ
41		622	ขท.มหาสารคาม	นายชนกร เกษมสิริพล
42		635	ขท.ร้อยเอ็ด	นายฐิติ จันทร์เจริญ
43		633	ขท.ยโสธร	นายวินิจ สังสีแก้ว
44	สำนักงานทางหลวงที่ 9 (อุบลราชธานี)	631	ขท.อุบลราชธานีที่ 1	นายนवल สายชื่อ
45		632	ขท.อุบลราชธานีที่ 2	นายเกริก กุลพร
46		634	ขท.อำนาจเจริญ	นายจักรกฤษ คุณมี
47		638	ขท.ศรีสะเกษที่ 1	นายสมบัติ วันโน
48		636	ขท.ศรีสะเกษที่ 2	นายสุรศักดิ์ ดอกพวง
49		615	ขท.สุรินทร์	นายเอกพงศ์ พันธุ์ศรี
50	สำนักงานทางหลวงที่ 10 (นครราชสีมา)	617	ขท.บุรีรัมย์	นายประจักษ์ หม่อมสิทธิ
51		611	ขท.นครราชสีมาที่ 1	นางเรไร หอมจะบก
52		612	ขท.นครราชสีมาที่ 2	นาย วงศ์วิศ ตันวัชรปानी
53		614	ขท.นครราชสีมาที่ 3	นายพลรัฐ อัดถาวงค์
54		619	ขท.สระแก้ว (วัฒนานคร)	นายเมทรรศ กองทอง
55		618	ขท.ปราจีนบุรี	นายธนวิชญ์ เลิศพรประสพโชค
56	สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี)	432	ขท.สระบุรี	นายอดิพงษ์ พรหมทะเล
57		435	ขท.ลพบุรีที่ 2 (ลำน้ำราชน)	นายบัญญัติชัย ชนงค์
58		431	ขท.ลพบุรีที่ 1	นายสถาพร หุ่นยนต์
59		433	ขท.สิงห์บุรี	นายศุภโชค นาคเกตุ
60		438	ขท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	นายณพันธ์เทวา อินทรวาทโยธา
61		437	ขท.นครสวรรค์ที่ 1	นายปรมินทร์ พิณเกษม



ตารางที่ 4-15 รายชื่อติดต่อผู้ประสานงานโครงการแขวงทางหลวง (ต่อ)

ลำดับ	สำนักงานทางหลวง	รหัสแขวงทางหลวง	ชื่อแขวงทางหลวง	รายชื่อผู้ประสานงานโครงการ
62	สำนักงานทางหลวงที่ 12 (สุพรรณบุรี)	447	ขท.อุทัยธานี	นายวิฑูรย์ ศรีบผา
63		446	ขท.ชัยนาท	นายสุริยะ ลำสกุล
64		441	ขท.สุพรรณบุรีที่ 1	นางศิริรัตน์ พุ่มพฤษ์
65		448	ขท.อ่างทอง	นายนพดล พุทธรังค์
66		445	ขท.สุพรรณบุรีที่ 2 (อุ้มทอง)	นายปิยะวัช หลงปาน
67		444	ขท.กาญจนบุรี	นายณัฐพงศ์ แก้วชมภู
68	สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพฯ)	411	ขท.กรุงเทพฯ	นายระพีพัฒน์ ชูชื่นกลิ่น
69		419	ขท.ธนบุรี	นายชิตชัย ธรรมณารักษ์
70		417	ขท.สมุทรปราการ	นายศิริวัฒน์ ดีสุย
71		415	ขท.สมุทรสาคร	นายสุทิวาส ธรรมกร่าง
72		418	ขท.นนทบุรี	นายอัปดุลอาหมีน เปาะมะ
73		416	ขท.ปทุมธานี	นางสาวสุภัทรา กาญจนอุดม
74		413	ขท.อยุธยา	นายกันต์ กีฎามระ
75		414	ขท.นครนายก	นายศิวกร ปักษาสุข
76	สำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี)	421	ขท.ฉะเชิงเทรา	นายภานุสรณ์ โพธิ์แดน
77		422	ขท.ชลบุรีที่ 1	นายจารุพัฒน์ คงวิญญู
78		428	ขท.ชลบุรีที่ 2	นายปกรณ์ ไจยาว
79		426	ขท.ระยอง	นายทัตเทพ เวทประสิทธิ์
80		423	ขท.จันทบุรี	นายสรวิวัฒน์ วงศ์ประทุม
81		425	ขท.ตราด	นางสาวปาจริย์ อาชีวะ
82	สำนักงานทางหลวงที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์)	336	ขท.นครปฐม	นายสุวิจักขณ์ ขุนจันดี
83		335	ขท.ราชบุรี	นางสาววิมลณัฐ นุ่นรอด
84		337	ขท.สมุทรสงคราม	นายจิมตวัตร บัวระบัติ
85		338	ขท.เพชรบุรี	นายจักรพันธ์ แก้วศรีงาม
86		333	ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (หัวหิน)	นายเฉลิมชัย มั่งคั่ง
87		332	ขท.ชุมพร	นายธวัชชัย เกตุพิมล
88	สำนักงานทางหลวงที่ 16 (นครศรีธรรมราช)	325	ขท.สุราษฎร์ธานีที่ 1	นายนิยุต พลการณ์
89		328	ขท.สุราษฎร์ธานีที่ 2 (กาญจนดิษฐ์)	นายกรวิทย์ สุวรรณพฤษ์
90		329	ขท.สุราษฎร์ธานีที่ 3 (เวียงสระ)	นายภานุเทพ ชัยฤกษ์
91		321	ขท.นครศรีธรรมราชที่ 1	นายณัฐกนต์ โคตโน





รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569

ตารางที่ 4-15 รายชื่อติดต่อผู้ประสานงานโครงการแขวงทางหลวง (ต่อ)

ลำดับ	สำนักงานทางหลวง	รหัสแขวงทางหลวง	ชื่อแขวงทางหลวง	รายชื่อผู้ประสานงานโครงการ
92	สำนักงานทางหลวงที่ 16 (นครศรีธรรมราช)	326	ขท.นครศรีธรรมราชที่ 2 (ทุ่งสง)	นายไชยรัตน์ ขาตอริยะกุล
93		314	ขท.พัทลุง	นายประกิจ มุสิกพันธ์ุ
94	สำนักงานทางหลวงที่ 17 (กระบี่)	322	ขท.ตรัง	นางอมรรัตน์ พามา
95		323	ขท.กระบี่	นายภูมิพัฒน์ เหมมหา
96		327	ขท.พังงา	นายณรงค์ศักดิ์ แก้วประสิทธิ์
97		324	ขท.ภูเก็ต	นายสรศักดิ์ ทศการ
98		331	ขท.ระนอง	นายวีรพล นรสิงห์
99	สำนักงานทางหลวงที่ 18 (สงขลา)	311	ขท.สงขลาที่ 1	นายธนิศ สังข์ช่วง
100		318	ขท.สตูล	นายอภิสิทธิ์ หัตถประดิษฐ์
101		319	ขท.สงขลาที่ 2 (นาหม่อม)	นายวรจักร แซ่ล่อง





ตารางที่ 4-16 เกณฑ์การคัดเลือกสายทางสำรวจเพื่อใช้ในการวางแผนสำรวจสายทางเบื้องต้น

ลำดับ ชั้นทางหลวง	ช่องจราจร	AADT total	ระยะทางสำรวจ ปี 2568 (กม.) (40,055.849)	ระยะทางคงเหลือ (กม.) (47,466.975)	วิ่งสำรวจ (เที่ยว)	ระยะทางแผนการสำรวจ ปี 2569 (กม.) (39,318.483)	ระยะทางสำรวจ คงเหลือ (กม.) (29,657.341)	
1* สำรวจทุกปี	2	<8,000	649.418	649.418	1	590.646	590.646	
		>8,000	497.110	497.110	1	499.878	499.878	
	≥4	<8,000	1,726.734	1,726.734	2	1,500.452	1,500.452	
		>8,000	13,247.06	13,321.166	2	13,564.160	13,564.160	
	≥4 ที่มีทางขนาน	<8,000	25.230	25.230	4	19.878	19.878	
		>8,000	784.614	784.614	4	854.284	854.284	
	≥4 ที่มีทางขนาน (ฝั่งเดียว)	<8,000	26.176	26.176	3	23.451	23.451	
		>8,000	302.140	302.140	3	336.177	336.177	
	รวมระยะทางสำรวจ (กม.)			17,258.482	17,332.588	-	17,388.926	17,388.926



ตารางที่ 4-16 เกณฑ์การคัดเลือกสายทางสำรวจเพื่อใช้ในการวางแผนสำรวจสายทางเบื้องต้น (ต่อ)

ลำดับ ชั้นทางหลวง	ช่องจราจร	AADT total	ระยะทางสำรวจ ปี 2568 (กม.) (40,055.849)	ระยะทางคงเหลือ (กม.) (47,466.975)	วิ่งสำรวจ (เที่ยว)	ระยะทางแผนการสำรวจ ปี 2569 (กม.) (39,318.483)	ระยะทางสำรวจ คงเหลือ (กม.) (29,657.341)	
2	2	<8,000	401.150	2,238.398	1	2,144.607	0.000	
		>8,000	1,549.927	0.000	1	143.882	0.000	
	≥4	<8,000	466.438	2,152.484	2	1,919.532	0.000	
		>8,000	10,607.466	0.000	2	2,012.408	0.000	
	≥4 ที่มีทางขนาน	<8,000	0.000	0.000	4	0.000	0.000	
		>8,000	67.784	0.000	4	4.966	0.000	
	≥4 ที่มีทางขนาน (ฝั่งเดียว)	<8,000	1.200	13.236	3	12.278	0.000	
		>8,000	43.775	0.000	3	25.937	0.000	
	รวมระยะทางสำรวจ (กม.)			2,417.515	4,404.118	-	6,263.610	0.000





ตารางที่ 4-16 เกณฑ์การคัดเลือกสายทางสำรวจเพื่อใช้ในการวางแผนสำรวจสายทางเบื้องต้น (ต่อ)

ลำดับ ชั้นทางหลวง	ช่องจราจร	AADT total	ระยะทางสำรวจ ปี 2568 (กม.) (40,055.849)	ระยะทางคงเหลือ (กม.) (47,466.975)	วิ่งสำรวจ (เที่ยว)	ระยะทางแผนการสำรวจ ปี 2569 (กม.) (39,318.483)	ระยะทางสำรวจ คงเหลือ (กม.) (29,657.341)	
3	2	<8,000	4,297.417	10,055.275	1	287.890	9,527.543	
		>8,000	643.656	2,894.863	1	2,971.071	0.000	
	≥4	<8,000	690.148	2,785.378	2	312.444	2,566.692	
		>8,000	376.148	3,807.226	2	3,808.358	0.000	
	≥4 ที่มีทางขนาน	<8,000	0.000	1.452	4	1.452	0.800	
		>8,000	0.000	23.536	4	22.316	0.000	
	≥4 ที่มีทางขนาน (ฝั่งเดียว)	<8,000	4.325	5.326	3	0.200	5.126	
		>8,000	1.022	4.099	3	4.099	0.000	
	รวมระยะทางสำรวจ (กม.)			6,012.716	19,577.155	-	7,407.830	12,100.161





ตารางที่ 4-16 เกณฑ์การคัดเลือกสายทางสำรวจเพื่อใช้ในการวางแผนสำรวจสายทางเบื้องต้น (ต่อ)

ลำดับ ชั้นทางหลวง	ช่องจราจร	AADT total	ระยะทางสำรวจ ปี 2568 (กม.) (40,055.849)	ระยะทางคงเหลือ (กม.) (47,466.975)	วิ่งสำรวจ (เที่ยว)	ระยะทางแผนการสำรวจ ปี 2569 (กม.) (39,318.483)	ระยะทางสำรวจ คงเหลือ (กม.) (29,657.341)	
4	2	<8,000	1,282.134	4,222.146	1	4,228.074	0.000	
		>8,000	436.063	1,014.364	1	1,173.209	0.000	
	≥4	<8,000	135.680	305.548	2	363.542	0.000	
		>8,000	95.356	602.464	2	852.274	0.000	
	≥4 ที่มีทางขนาน	<8,000	0.000	0.000	4	0.000	0.000	
		>8,000	0.000	7.110	4	7.110	0.000	
	≥4 ที่มีทางขนาน (ฝั่งเดียว)	<8,000	0.000	1.064	3	1.064	0.000	
		>8,000	0.000	0.418	3	0.418	0.000	
	รวมระยะทางสำรวจ (กม.)			1,949.233	6,153.114	-	6,625.691	0.000





ตารางที่ 4-16 เกณฑ์การคัดเลือกสายทางสำรวจเพื่อใช้ในการวางแผนสำรวจสายทางเบื้องต้น (ต่อ)

ลำดับ ชั้นทางหลวง	ช่องจราจร	AADT total	ระยะทางสำรวจ ปี 2568 (กม.) (40,055.849)	ระยะทางคงเหลือ (กม.) (47,466.975)	วิ่งสำรวจ (เที่ยว)	ระยะทางแผนการสำรวจ ปี 2569 (กม.) (39,318.483)	ระยะทางสำรวจ คงเหลือ (กม.) (29,657.341)	
9* สำรวจทุกปี	2	<8,000	0.000	0.000	1	0.000	0.000	
		>8,000	0.000	0.000	1	0.000	0.000	
	≥4	<8,000	0.000	0.000	2	0.000	0.000	
		>8,000	182.908	182.908	2	168.254	168.254	
	≥4 ที่มีทางขนาน	<8,000	0.000	0.000	4	0.000	0.000	
		>8,000	0.000	0.000	4	0.000	0.000	
	≥4 ที่มีทางขนาน (ฝั่งเดียว)	<8,000	0.000	0.000	3	0.000	0.000	
		>8,000	0.000	0.000	3	0.000	0.000	
	รวมระยะทางสำรวจ (กม.)			182.908	182.908	-	168.254	168.254





ตารางที่ 4-16 เกณฑ์การคัดเลือกสายทางสำรวจเพื่อใช้ในการวางแผนสำรวจสายทางเบื้องต้น (ต่อ)

ลำดับ ชั้นทางหลวง	ช่องจราจร	AADT total	ระยะทางสำรวจ ปี 2568 (กม.) (40,055.849)	ระยะทางคงเหลือ (กม.) (47,466.975)	วิ่งสำรวจ (เที่ยว)	ระยะทางแผนการสำรวจ ปี 2569 (กม.) (39,318.483)	ระยะทางสำรวจ คงเหลือ (กม.) (29,657.341)	
0	2	<8,000	174.547	0.000	1	7.327	0.000	
		>8,000	36.994	0.000	1	58.769	0.000	
	≥4	<8,000	65.838	0.000	2	0.000	0.000	
		>8,000	550.982	0.000	2	396.510	0.000	
	≥4 ที่มีทางขนาน	<8,000	0.000	0.000	4	0.000	0.000	
		>8,000	33.526	0.000	4	46.746	0.000	
	≥4 ที่มีทางขนาน (ฝั่งเดียว)	<8,000	0.000	0.000	3	0.000	0.000	
		>8,000	1.634	0.000	3	8.241	0.000	
	รวมระยะทางสำรวจ (กม.)			863.521	0.000	-	517.593	0.000





ตารางที่ 4-16 เกณฑ์การคัดเลือกสายทางสำรวจเพื่อใช้ในการวางแผนสำรวจสายทางเบื้องต้น (ต่อ)

ลำดับ ชั้นทางหลวง	ช่องจราจร	AADT total	ระยะทางสำรวจ ปี 2568 (กม.) (40,055.849)	ระยะทางคงเหลือ (กม.) (47,466.975)	วิ่งสำรวจ (เที่ยว)	ระยะทางแผนการสำรวจ ปี 2569 (กม.) (39,318.483)	ระยะทางสำรวจ คงเหลือ (กม.) (29,657.341)	
NULL* ยังไม่ถูกระบุ ในชั้นทางหลวง	2	<8,000	8.959	161.070	1	154.436	0.000	
		>8,000	39.635	41.756	1	14.821	0.000	
	≥4	<8,000	0.000	167.820	2	148.730	0.000	
		>8,000	13.294	1,033.260	2	528.668	0.000	
	≥4 ที่มีทางขนาน	<8,000	0.000	0.000	4	0.000	0.000	
		>8,000	0.000	4.070	4	0.000	0.000	
	≥4 ที่มีทางขนาน (ฝั่งเดียว)	<8,000	0.000	0.000	3	0.735	0.000	
		>8,000	0.000	8.916	3	7.395	0.000	
	รวมระยะทางสำรวจ (กม.)			61.888	1,416.892	-	854.785	0.000

หมายเหตุ : ข้อมูลระยะทางอ้างอิงจากระบบ Roadnet วันที่ 8 กันยายน 2568





4.3.2 นำเสนอแผนการสำรวจระยะทางไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร ในการใช้ชุดอุปกรณ์เลเซอร์ประเภทใดในการสำรวจ โดยที่ปรึกษาจะต้องดำเนินการสำรวจสภาพทางดังนี้

- 1) ชุดอุปกรณ์เลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางชนิด LCMS (Laser Crack Measurement System) เป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 20,000 กม.
- 2) ชุดอุปกรณ์เลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางชนิด Laser Profilometer เป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 19,000 กม.

ที่ปรึกษานำเสนอแผนการสำรวจระยะทางสำรวจรวมไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร (ระยะทางสำรวจจริง) ทั้งผิวลาดยาง และผิวคอนกรีต รวมไปถึงทางคู่ขนานของแต่ละสายทาง และจะทำการแบ่งระยะทางสำรวจ ตามประเภทชุดเครื่องมือเลเซอร์ ดังนี้

- 1) ชุดอุปกรณ์เลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางแบบ LCMS (Laser Crack Measurement System) ทำการสำรวจข้อมูลสภาพทาง เป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 20,000 กิโลเมตร โดยจะสำรวจสายทางประเภท (20,282.101 กิโลเมตร)
 - นำสายทางทั้งหมดที่อุปกรณ์ LCMS ยังไม่เคยสำรวจ นำมาสำรวจก่อน โดยครอบคลุมทางหลวงที่มีลำดับชั้นทางหลวงที่ 2, 4 และ ไม่ระบุ สำรวจทั้งหมด
 - ทางหลวงที่มีลำดับชั้นทางหลวงที่ 3 ที่มีปริมาณการจราจร AADT มากกว่า 8,000 และที่มีปริมาณการจราจรที่ AADT น้อยกว่า 8,000 ที่มีหมายเลขทางหลวง 1, 2 และ 3 หลัก
 - ทางหลวงที่มีลำดับชั้นทางหลวงที่ 0 ที่มีปริมาณการจราจรมากกว่า 8,000 รวมกับระยะทางที่ LCMS ยังไม่เคยสำรวจในลำดับชั้นทางนี้
- 2) ชุดเครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง (Laser Profilometer) ทำการสำรวจข้อมูลสภาพทาง เป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 19,000 กิโลเมตร โดยจะสำรวจสายทางประเภท (19,049.995 กิโลเมตร)
 - ทางหลวงที่มีลำดับชั้นทางหลวงที่ 1 และ 9 นำมาสำรวจทั้งหมด
 - ทางหลวงที่มีลำดับชั้นทางหลวงที่ 2 ที่มีปริมาณการจราจร AADT มากกว่า 8,000 ที่มีหมายเลขทางหลวง 1 และ 2 หลัก

ตารางที่ 4-17 ระยะทางสำรวจแบ่งตามอุปกรณ์

ระยะทางสำรวจ (กม.)		ระยะทางสำรวจรวม (กม.)
อุปกรณ์สำรวจ LCMS	อุปกรณ์สำรวจ Laser Profilometer	
20,268.488	19,049.995	39,318.483



โดยตามเป้าหมายหลักของทางกรมทางหลวงที่ต้องการค่าความเสียหายที่ได้จากงานสำรวจให้มีความครอบคลุมทั้งโครงข่ายทางหลวงที่กรมได้ดูแล เพื่องานบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาวนั้น จึงเป็นที่มาที่ทางที่ปรึกษาได้ให้ความสำคัญสายทางที่ยังไม่เคยสำรวจมาเป็นอันดับแรก เพื่อให้มีข้อมูลค่าความเสียหายครบทุกเส้น จึงได้นำมาเป็นสายทางตั้งต้น จากนั้นทางที่ปรึกษาจึงได้ยกสายทางที่มีลำดับชั้นทางหลวงที่ 1 เป็นหลักในการวิ่งสำรวจทั้ง 3 ปี เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของถนนที่มีรถสัญจรเป็นส่วนใหญ่ และนำเกณฑ์ต่าง ๆ มาใช้ในการคัดเลือกสายทางที่จะดำเนินการสำรวจให้เหมาะสมตามงบประมาณ และระยะเวลาของโครงการ ซึ่งครอบคลุมโครงข่ายสายทางของทางหลวงทั้งหมด

4.3.3 จัดเตรียมพื้นที่ทดสอบตามเงื่อนไขที่กรมทางหลวงกำหนด

ที่ปรึกษาได้ทำการจัดเตรียมพื้นที่ทดสอบตามที่กรมทางหลวงกำหนด ประกอบด้วย สายทางหมายเลข 352 ตอน 100 ผิวคอนกรีต, สายทางหมายเลข 3592 ตอน 100 ผิวคอนกรีตที่มีความเสียหาย, สายทางหมายเลข 33 ตอน 502 ผิวลาดยางที่มีความเสียหาย, สายทางหมายเลข 3050 ตอน 100 เป็นพื้นที่ที่มีทางโค้ง ทางลาด และสายทางหมายเลข 1 ตอน 101 เพื่อทดสอบความมืด ความสว่างของภาพถ่าย เพื่อทำการสำรวจ และประมวลผลค่าความเสียหายต่าง ๆ พร้อมจัดเก็บข้อมูล ในระบบ Roadnet3 สำหรับเตรียมความพร้อมในการสำรวจ ก่อนดำเนินการสำรวจพื้นที่อื่น ๆ ตามแผนการสำรวจมีรายละเอียด ดังนี้

พื้นที่ทดสอบที่ 1 ทางหลวงหมายเลข 352 ตอน 100 พื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงนครนายก สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)

	กม.เริ่มต้น การทดสอบ	กม.สิ้นสุด การทดสอบ	ระยะทาง (กม.)	ช่องจราจร	ประเภทผิวทาง
Section_1	2+000	3+000	1.000	L2	คอนกรีต

พื้นที่ทดสอบที่ 2 ทางหลวงหมายเลข 3592 ตอน 100 พื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงนครนายก สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)

	กม.เริ่มต้น การทดสอบ	กม.สิ้นสุด การทดสอบ	ระยะทาง (กม.)	ช่องจราจร	ประเภทผิวทาง
Section_2	1+869	0+000	1.869	R2	คอนกรีต, เสียหาย



พื้นที่ทดสอบที่ 3 ทางหลวงหมายเลข 3076 ตอน 100 พื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงนครนายก สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)

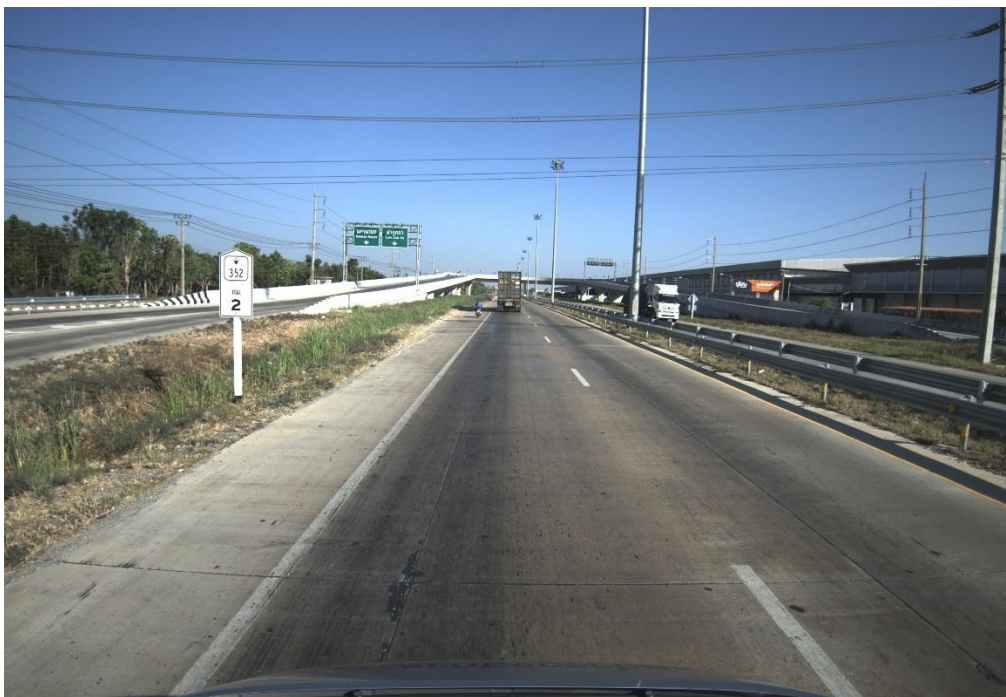
	กม.เริ่มต้น การทดสอบ	กม.สิ้นสุด การทดสอบ	ระยะทาง (กม.)	ช่องจราจร	ประเภทผิวทาง
Section_3	21+000	19+000	2.000	R1	ลาดยาง, เสียหาย

พื้นที่ทดสอบที่ 4 ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอน 100 พื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงนครนายก สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)

	กม.เริ่มต้น การทดสอบ	กม.สิ้นสุด การทดสอบ	ระยะทาง (กม.)	ช่องจราจร	ประเภทผิวทาง
section_4	0+000	2+980	2.980	L1	ลาดยาง, โคน้, ลาดชัน
section_5	2+980	0+000	2.980	R1	ลาดยาง, โคน้, ลาดชัน

พื้นที่ทดสอบที่ 5 ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน 101 พื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงกรุงเทพ สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)

	กม.เริ่มต้น การทดสอบ	กม.สิ้นสุด การทดสอบ	ระยะทาง (กม.)	ช่องจราจร	ประเภทผิวทาง
section_6	18+100	19+000	0.900	TL2	ภาพมืด, ภาพสว่าง
section_7	19+000	18+100	0.900	TR2	ภาพมืด, ภาพสว่าง



รูปที่ 4-23 พื้นที่ทดสอบที่ 1 ทางหลวงหมายเลข 352 ตอน 100



รูปที่ 4-24 พื้นที่ทดสอบที่ 2 ทางหลวงหมายเลข 3592 ตอน 100



รูปที่ 4-25 พื้นที่ทดสอบที่ 3 ทางหลวงหมายเลข 3076 ตอน 100



รูปที่ 4-26 พื้นที่ทดสอบที่ 4 ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอน 100



รูปที่ 4-27 พื้นที่ทดสอบที่ 5 ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน 101



4.3.4 ดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือ (Calibrate) ที่ใช้ในการสำรวจ

ที่ปรึกษาจะดำเนินการสอบเทียบอุปกรณ์ (Calibrate) ที่ใช้ในการสำรวจในพื้นที่ตัวอย่างตามหัวข้อ 4.3.3 โดยทำการทดสอบทั้งผิวทางลาดยาง และคอนกรีต ดำเนินการเก็บข้อมูลการสำรวจเป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 1 กิโลเมตร ของผิวทางแต่ละประเภท ประเภทละ 3 รอบการสำรวจต่อ 1 ชุดอุปกรณ์ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไม่น้อยกว่าข้อมูลดังนี้ ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index ; IRI), ค่าความลึกร่องล้อ (Rutting), ค่าความลึกเฉลี่ยของผิวทาง (Mean Profile Depth ; MPD) ซึ่งจะค่าดังกล่าวออกมาทุก ๆ 25 เมตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยใช้หลักการดังต่อไปนี้

4.3.4.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) สำหรับวิเคราะห์ผล

สถิติเชิงพรรณนา เป็นสถิติที่ใช้สรุปลักษณะของกลุ่มข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากตัวอย่าง อาทิ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน ค่าพิสัย เป็นต้น โดยสถิติเชิงพรรณนาจะช่วยสรุปลักษณะที่สำคัญของข้อมูลซึ่งการเลือกใช้สถิติเชิงพรรณนาที่เหมาะสม จะขึ้นกับประเภทของข้อมูล (วานิชย์บัญชา, 2554) โดยการเลือกใช้สถิติเชิงพรรณนาพิจารณาถึงข้อมูล 2 กลุ่ม ดังนี้

- สถิติเชิงพรรณนาสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพหรือเชิงกลุ่ม
- สถิติเชิงพรรณนาสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ

สถิติเชิงพรรณนาสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพหรือเชิงกลุ่ม

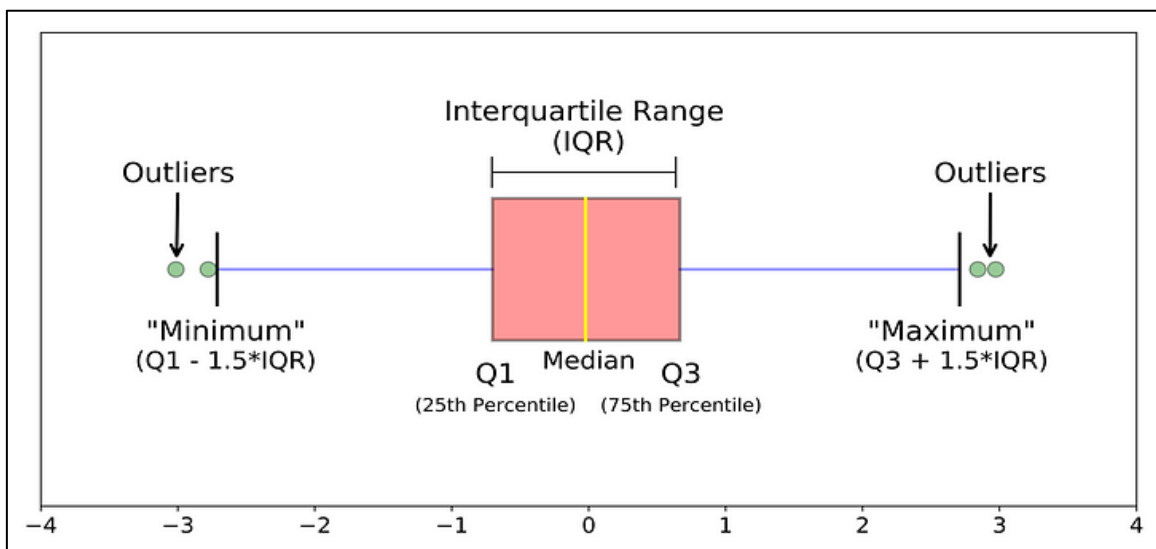
ในที่นี้หมายถึงข้อมูลสเกลแบ่งกลุ่ม (Nominal scale) และสเกลอันดับ (Ordinal scale) อาทิ เพศ ระดับของรายได้ หรือ อาชีพ เป็นต้น โดยสถิติเชิงพรรณนาที่เหมาะสมจะใช้ได้เฉพาะความถี่หรือจำนวนร้อยละและค่าฐานนิยม (วานิชย์บัญชา, 2554) โดยที่ค่าฐานนิยม คือ ค่าที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุดหรือความถี่มากที่สุด ซึ่งข้อมูล IRI, RUT และ MPD ในโครงการนี้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณแบบต่อเนื่อง (Continuous Quantitative Data) ไม่ได้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพหรือเชิงกลุ่ม จึงไม่ควรใช้ความถี่หรือจำนวนร้อยละในการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา



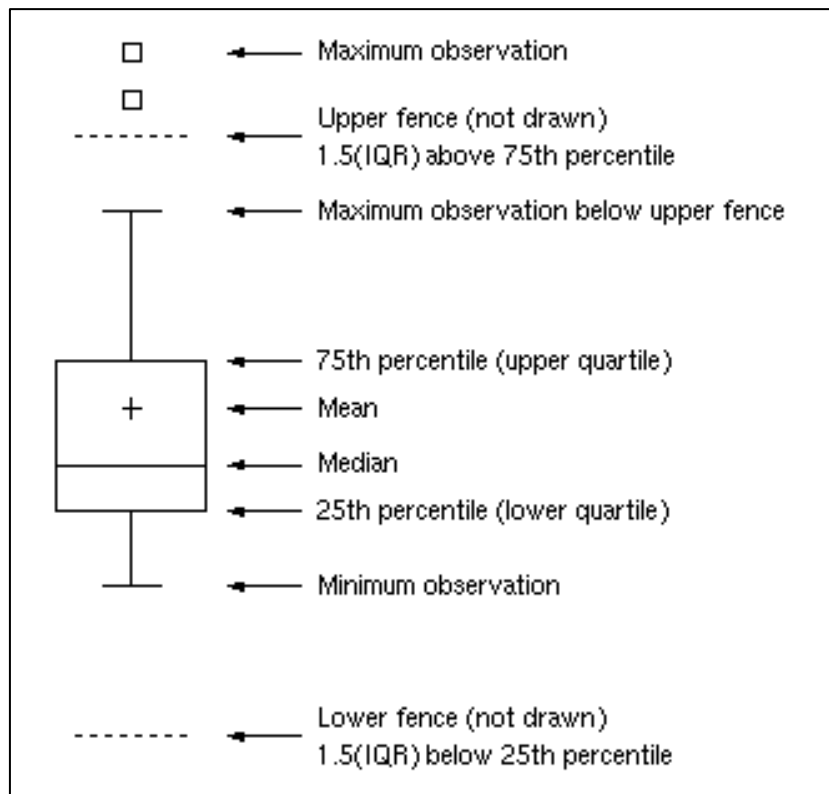
สถิติเชิงพรรณนาสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ

ข้อมูลเชิงปริมาณหมายถึงสเกลแบบช่วง (Interval scale) และสเกลอัตราส่วน (Ratio scale) ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะต้องคำนวณค่าสถิติเพื่อสรุปลักษณะข้อมูลโดยจะต้องหาค่าสถิติซึ่งแสดงค่ากลางและค่าการกระจายของข้อมูล ซึ่งค่ากลางสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าฐานนิยม นอกจากนี้ค่าการกระจายของข้อมูลยังเป็นค่าที่แสดงความแตกต่างของข้อมูล ถ้าข้อมูลชุดใดมีการกระจายมาก แสดงว่าค่าข้อมูลชุดนั้นมีความแตกต่างกันมาก การคำนวณค่าการกระจายสามารถใช้ค่าสถิติต่าง ๆ อาทิ ค่าพิสัย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น

นอกจากจะสามารถวัดการกระจายของข้อมูลด้วยค่าสถิติต่าง ๆ แล้ว ยังสามารถวัดการกระจายข้อมูลด้วยกราฟ ซึ่งกราฟที่ได้รับความนิยมได้แก่ Boxplot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงรายละเอียดการกระจายของข้อมูล โดยสามารถเปรียบเทียบค่ากลาง และค่าการกระจายของข้อมูลหลาย ๆ ชุดได้ ซึ่งกราฟ Boxplot แสดงการกระจายข้อมูลโดยอิงจากสรุปตัวเลขห้าตัว ได้แก่ ค่า ขั้นต่ำ, ควอร์ไทล์ที่หนึ่ง (Q1), ค่ามัธยฐาน หรือควอร์ไทล์ที่สอง (Q2), ควอร์ไทล์ที่สาม (Q3) และ ค่าสูงสุด ดังแสดงดังรูปที่ 4-28 และรูปที่ 4-29



รูปที่ 4-28 ส่วนประกอบของแผนภูมิ Boxplot (Lind, 2023)



รูปที่ 4-29 ส่วนประกอบของแผนภูมิ Boxplot (สถาบันนวัตกรรมและกรรมภักาข้อมูล, 2022)

- คออร์ไทล์แรก หรือ Q1 แสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 ของข้อมูล แสดงเป็นขีดล่างของกล่อง
- ค่ามัธยฐาน หรือคออร์ไทล์ที่ 2 หรือ Q2 แสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ของข้อมูล แสดงเป็นเส้นขีดภายในกล่อง
- คออร์ไทล์ที่สาม หรือ Q3 แสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 ของข้อมูล แสดงเป็นขีดบนของกล่อง
- ช่วงระหว่างคอไทล์ (IQR หรือ Interquatile Range) จะแสดงโดยเป็นระยะห่างระหว่างขีดบนกับขีดล่างของตัวกล่อง (ส่วนต่างระหว่าง Percentile ที่ 25 และ 75)
- Upper fence หรือ “สูงสุด” (โดยส่วนมากอาจจะไม่แสดงในแผนภูมิโดยเฉพาะการใช้โปรแกรมทางสถิติวาดกราฟ) เป็นเส้นสมมติที่จะกำหนดว่าถ้าข้อมูลตัวใดอยู่เหนือกว่าเส้นนี้จะนับเป็น Outlier สามารถคำนวณได้ด้วยสูตร $Q3 + 1.5 \cdot IQR$
- Lower fence หรือ “ขั้นต่ำ” (โดยส่วนมากอาจจะไม่แสดงในแผนภูมิ โดยเฉพาะการใช้โปรแกรมทางสถิติวาดกราฟ) เป็นเส้นสมมติที่จะกำหนดว่าถ้าข้อมูลตัวใดอยู่ต่ำกว่าเส้นนี้จะนับเป็น Outlier สามารถคำนวณได้ด้วยสูตร $Q1 - 1.5 \cdot IQR$



- Maximum Observation เป็นข้อมูลตัวแรกที่อยู่ต่ำกว่าเส้นสมมติ Upper fence แสดงเป็นขีดปลายสุดด้านบนของเส้นที่ออกมาจากกล่อง
- Minimum Observation เป็นข้อมูลตัวแรกที่อยู่เหนือกว่าเส้นสมมติ Lower fence แสดงเป็นขีดปลายสุดด้านล่างของเส้นที่ออกมาจากกล่อง
- Outlier แสดงเป็นจุดของข้อมูลที่อยู่เหนือหรือต่ำกว่าเส้น Maximum และ Minimum (แสดงเป็นวงกลมสีเขียว)

ผลการวิงทดสอบอุปกรณ์สำรวจ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการสอบเทียบอุปกรณ์สำรวจเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพและถูกต้อง โดยดำเนินการตรวจสอบค่าที่ตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ Laser Profilometer และอุปกรณ์ LCMS เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องและมีมาตรฐานของข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือสรุปได้ ดังนี้

1) สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่า IRI

สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่า IRI ของรถสำรวจทั้ง 5 คันสรุปได้แสดงดังตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นของค่า IRI

	สถิติเชิงพรรณนาของ IRI				
	LCMS 1 (CU)	LCMS 2 (STS)	Laser 1 (CU)	Laser 2 (TU)	Laser 3 (DOH)
จำนวน Road sections	423	423	423	423	423
ค่าเฉลี่ย (Mean)	2.66	2.55	2.78	2.56	2.58
ความแปรปรวน (Variance)	1.21	1.52	1.46	1.34	1.30
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	1.10	1.23	1.21	1.16	1.14
ค่าสูงสุด	7.76 Section #404	7.81 Section #104	7.88 Section #408	7.83 Section #382	7.77 Section #404
ค่าต่ำสุด	1.32 Section #123,129	1.22 Section #155	1.33 Section #157,167	1.22 Section #116	1.12 Section #158
พิสัย	6.45	6.59	6.55	6.61	6.65



ตารางที่ 4-18 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นของค่า IRI (ต่อ)

	สถิติเชิงพรรณนาของ IRI				
	LCMS 1 (CU)	LCMS 2 (STS)	Laser 1 (CU)	Laser 2 (TU)	Laser 3 (DOH)
จำนวน Road sections	423	423	423	423	423
Q1	1.91	1.75	1.86	1.77	1.79
Q2	2.43	2.26	2.42	2.29	2.31
Q3	3.07	2.85	3.40	2.94	3.01
IQR	1.16	1.10	1.54	1.17	1.22
Upper fence	4.81	4.49	5.72	4.69	4.83
Lower fence	0.16	0.10	-0.45	0.01	-0.03

ค่าดัชนีความขรุขระของถนน (IRI) เป็นตัวชี้วัดมาตรฐานที่ใช้ประเมินคุณภาพพื้นผิวถนนในระดับสากล โดยค่าที่ต่ำกว่าจะแสดงถึงพื้นผิวถนนที่ราบเรียบ ในขณะที่ค่าที่สูงกว่าแสดงถึงพื้นผิวถนนที่ขรุขระ การสำรวจครั้งนี้ได้ดำเนินการด้วยรถสำรวจ 5 คัน ได้แก่ LCMS 1 (CU), LCMS 2 (STS), Laser 1 (CU), Laser 2 (TU) และ Laser 3 (DOH) ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลจากส่วนถนนทั้งสิ้น 423 ส่วน โดยการวิเคราะห์ผลและข้อสังเกตสรุปได้ดังนี้

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

ค่าดัชนี IRI จากรถสำรวจทั้ง 5 คันมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน คือประมาณ 2.55 mm./m. ถึง 2.78 mm./m. ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของข้อมูลที่ได้จากแต่ละคัน อย่างไรก็ตาม Laser 1 (CU) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 2.78 mm./m. ในขณะที่ LCMS 2 (STS) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่ 2.55 mm./m.

การกระจายตัวของข้อมูล

เมื่อพิจารณาจากความแปรปรวนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า LCMS 2 (STS) มีค่าความแปรปรวนสูงสุดที่ 0.80 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.90 ซึ่งบ่งบอกถึงการกระจายตัวของข้อมูลที่กว้างกว่าเมื่อเทียบกับรถสำรวจคันอื่นเมื่อพิจารณาจากความแปรปรวนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า LCMS 2 (STS) มีค่าความแปรปรวนสูงสุดที่ 1.52 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.23 ซึ่งบ่งบอกถึงการกระจายตัวของข้อมูลที่กว้างกว่าเมื่อเทียบกับรถสำรวจคันอื่น



ค่าสูงสุดและต่ำสุด

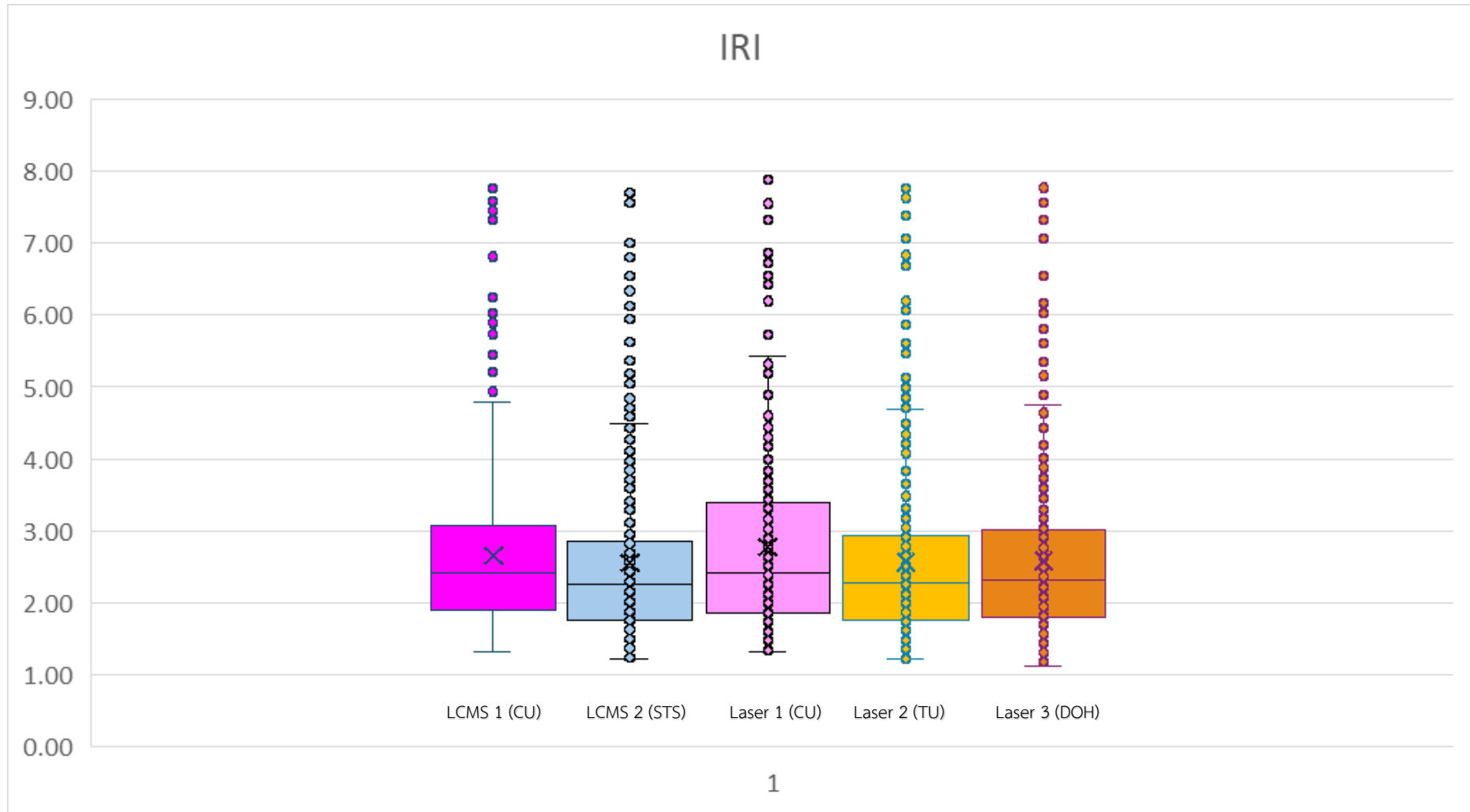
- ค่าสูงสุด (Maximum): Laser 1 (CU) พบค่าดัชนี IRI สูงสุดที่ 7.88 ในส่วนถนนที่ 404
- ค่าต่ำสุด (Minimum): Laser 3 (DOH) พบค่าดัชนี IRI ต่ำสุดที่ 1.12 ในส่วนถนนที่ 158

ค่าสูงสุดและต่ำสุดนี้อาจชี้ถึงปัญหาเฉพาะจุดในพื้นที่สำรวจ ซึ่งควรมีการตรวจสอบเพิ่มเติม

ข้อสังเกตเพิ่มเติม

1. ค่าที่แตกต่างกันในคันรถต่าง ๆ: แม้ว่าค่าเฉลี่ยจะใกล้เคียงกัน แต่ความแปรปรวนของแต่ละคันยังมีความแตกต่าง ซึ่งอาจมาจากปัจจัยทางเทคนิคหรือวิธีการวัด

จากการประมวลผลทางสถิติเบื้องต้น คือ ค่าเฉลี่ย หรือค่า Mean ที่จะบอกจุดศูนย์กลางของข้อมูล และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือค่า SD ที่วัดการกระจายของข้อมูลออกจากค่าเฉลี่ยอย่างไร โดยค่า SD ต่ำ หมายความว่าข้อมูลส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย ส่วนกรณีที่ค่า SD สูง หมายความว่าข้อมูลมีการกระจายออกไปมากขึ้น อนึ่ง การพิจารณาว่าค่า SD ควรสูงหรือต่ำนั้นขึ้นอยู่กับบริบทของแต่ละการศึกษา โดยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นของค่า IRI พบว่าค่าเฉลี่ย IRI จากรถสำรวจทั้ง 5 คัน ค่อนข้างเกาะกลุ่มกันเนื่องจากค่าเฉลี่ยทั้ง 5 ค่า มีความใกล้เคียงกัน และมีการกระจายตัวในลักษณะเดียวกันทั้ง 5 คัน คือ ไม่สมมาตร โดยข้อมูลกระจายตัวในลักษณะเบ้ขวา (Right skewed หรือ Positive skewed) ซึ่งแสดงว่ามีค่า IRI ที่สูง ๆ โดยสูงกว่าค่า Upper fence อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเรียกค่าเหล่านี้ว่าค่า Outliers โดย Boxplot ที่แสดงการกระจายของข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4-30



รูปที่ 4-30 Boxplots ค่า IRI ของรถสำรวจทั้ง 5 คัน



จากการวิเคราะห์กล่องแสดงข้อมูล (Boxplots) ที่แสดงค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) จากรถสำรวจ 5 คัน พบประเด็นสำคัญดังนี้:

- **ค่ากลาง (Median):**
 - ค่ากลางของ IRI ในทั้ง 5 คัน มีความใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วงประมาณ 2-3 ซึ่งสะท้อนถึงแนวโน้มความสม่ำเสมอของค่ากลางระหว่างรถสำรวจแต่ละคัน
- **การกระจายตัวของข้อมูล (Interquartile Range - IQR):**
 - ความกว้างของกล่อง (IQR) แสดงให้เห็นการกระจายตัวของข้อมูลในช่วงกลาง (50% ของข้อมูล)
 - รถสำรวจบางคัน เช่น คันที่ 1 (สีม่วง) และคันที่ 5 (สีส้ม) มี IQR ที่กว้างกว่าคันอื่น ๆ ซึ่งแสดงถึงความแปรปรวนที่มากขึ้นในข้อมูลของรถคันนั้น
- **ค่าผิดปกติ (Outliers):**
 - พบค่าผิดปกติ (Outliers) จำนวนมากในทุกคัน ซึ่งเป็นค่าที่อยู่เหนือช่วงของหนวด (Whiskers)
 - ค่าผิดปกติเหล่านี้อาจแสดงถึงส่วนถนนที่มีสภาพพื้นผิวไม่ดี
- **ช่วงของข้อมูล (Range):**
 - ช่วงของข้อมูลที่แสดงโดยหนวดของกล่องมีความแตกต่างกันในแต่ละคัน เช่น รถคันที่ 1 และคันที่ 5 มีหนวดที่ยาวกว่า ซึ่งแสดงถึงช่วงของข้อมูลที่กว้างกว่า
 - ความแตกต่างนี้อาจสะท้อนถึงความหลากหลายในสภาพถนนหรือความแตกต่างในเทคโนโลยีของรถสำรวจ
- **การเปรียบเทียบระหว่างรถสำรวจ:**
 - ค่ากลางของข้อมูลมีความใกล้เคียงกันในทุกคัน สะท้อนถึงความสอดคล้องในแนวโน้มโดยรวม
 - อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างในช่วงการกระจายตัวและจำนวนค่าผิดปกติชี้ให้เห็นถึงความแปรปรวนที่อาจเกิดจากเทคโนโลยีหรือวิธีการวัดของรถสำรวจแต่ละคัน

สรุป:

ค่าผิดปกติ ที่พบควรได้รับการตรวจสอบเพิ่มเติมว่าเกิดจากสภาพถนนที่มีปัญหาหรือไม่ นอกจากนี้ ควรใช้ข้อมูลนี้ร่วมกับการวิเคราะห์ทางสถิติเพิ่มเติมเพื่อยืนยันความสอดคล้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูล ซึ่งที่ปรึกษาจะทำการศึกษาความสอดคล้องกันของข้อมูลในส่วนต่อไป



2) สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่า RUTTING (RUT)

สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่า RUT ของรถสำรวจทั้ง 5 คันสรุปได้แสดงดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นของค่า RUTTING

	สถิติเชิงพรรณนาของ RUT				
	LCMS 1 (CU)	LCMS 2 (STS)	Laser 1 (CU)	Laser 2 (TU)	Laser 3 (DOH)
จำนวน Road sections	321	321	321	321	321
ค่าเฉลี่ย (Mean)	4.03	5.11	2.90	2.60	2.51
ความแปรปรวน (Variance)	13.11	16.78	10.27	8.10	9.45
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	3.62	4.10	3.20	2.85	3.07
ค่าสูงสุด	19.26 Section #304	23.34 Section #260	19.57 Section #259	15.37 Section #315	25.16 Section #314
ค่าต่ำสุด	0.97 Section #145	1.13 Section #120	0.15 Section #36	0.09 Section #223	0.05 Section #206
พิสัย	18.28	22.21	19.43	15.28	25.11
Q1	1.71	2.48	0.84	0.67	0.69
Q2	2.43	3.52	1.59	1.43	1.31
Q3	4.60	5.70	3.38	3.22	3.10
IQR	2.89	3.22	2.54	2.55	2.40
Upper fence	8.93	10.53	7.19	7.04	6.70
Lower fence	-2.62	-2.35	-2.97	-3.16	-2.91

ค่าร่องล้อ (Rutting) เป็นค่าที่ใช้วัดความลึกของร่องล้อที่เกิดบนผิวถนน ซึ่งส่งผลต่อความปลอดภัยและสมรรถนะของการขับขี่ โดยเฉพาะในสภาพอากาศที่เปียกชื้น การสำรวจครั้งนี้ใช้รถสำรวจ 5 คัน ได้แก่ LCMS 1 (CU), LCMS 2 (STS), Laser 1 (CU), Laser 2 (TU) และ Laser 3 (DOH) ซึ่งรวบรวมข้อมูลจากถนนจำนวน 321 ส่วน โดยการวิเคราะห์ผลและข้อสังเกตสรุปได้ดังนี้



การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

ค่าร้อยละที่ได้จากรถสำรวจมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน โดย LCMS 2 (STS) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 5.11 มม. ในขณะที่ Laser 3 (DOH) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่ 2.51 มม. ซึ่งอาจชี้ถึงความแตกต่างในวิธีการวัดของแต่ละระบบ

การกระจายตัวของข้อมูล

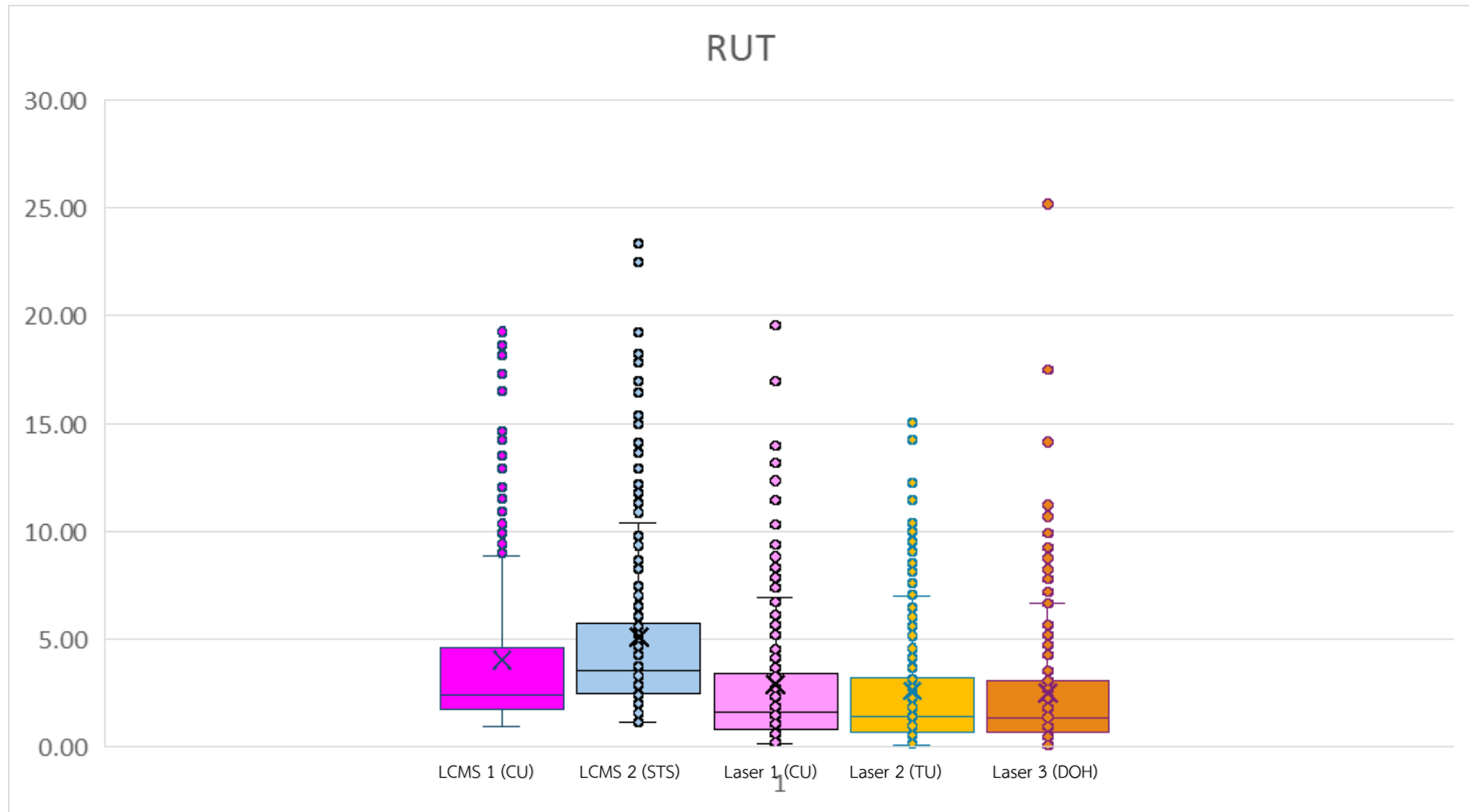
เมื่อพิจารณาความแปรปรวนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า LCMS 2 (STS) มีความแปรปรวนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุด) 16.78 และ 4.10 ตามลำดับซึ่งแสดงถึงการกระจายตัวของข้อมูลที่กว้างที่สุด ซึ่งขณะที่ Laser 2 (TU) มีค่าความแปรปรวนต่ำสุดที่ 8.10 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 2.85

ค่าสูงสุดและต่ำสุด

- ค่าสูงสุด (Maximum): Laser 3 (DOH) พบค่าร้อยละสูงสุดที่ 25.16 มม. (ส่วนที่ 260)
- ค่าต่ำสุด (Minimum): Laser 3 (DOH) พบค่าร้อยละต่ำสุดที่ 0.05 มม. (ส่วนที่ 257)

การกระจายตัวของข้อมูล RUT จาก Boxplots แสดงดังรูปที่ 4-31 ของรถสำรวจทั้ง 5 คันสอดคล้องกัน มีการกระจายตัวในลักษณะเดียวกันทั้ง 5 คัน คือ ไม่สมมาตร โดยข้อมูลกระจายตัวในลักษณะเบ้ขวา (Right skewed หรือ Positive skewed) ซึ่งแสดงว่ามีค่า RUT ที่สูง ๆ โดยสูงกว่าค่า Upper fence อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเรียกค่าเหล่านี้ว่าค่า Outliers

จากการวิเคราะห์กล่องแสดงข้อมูล (Boxplots) ที่แสดงค่าร้อยละ (RUT) จากรถสำรวจ 5 คัน มีข้อสังเกตและผลการวิเคราะห์ดังนี้:



รูปที่ 4-31 Boxplots ค่า RUT ของรถสำรวจทั้ง 5 คัน





จากการวิเคราะห์กล่องแสดงข้อมูล (Boxplots) ที่แสดงค่าร้อยละ (RUT) จากรถสำรวจ 5 คัน มีข้อสังเกตและผลการวิเคราะห์ดังนี้:

1. ค่ากลาง (Median):

- ค่ากลางของ RUT ในรถสำรวจแต่ละคันมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะคันที่ 5 (Laser 3 - สีส้ม) ที่มีค่ากลางสูงกว่าคันอื่น ๆ สะท้อนถึงพื้นที่ที่มีร่องล้อที่ลึกกว่าปกติ

2. การกระจายตัวของข้อมูล (Interquartile Range - IQR):

- ความกว้างของกล่อง (IQR) ของรถสำรวจแต่ละคันมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คันที่ 2 (LCMS 2-สีฟ้า) มี IQR ที่กว้างที่สุด แสดงถึงความหลากหลายของข้อมูลในกลุ่มถนนที่สำรวจ
- คันที่ 5 (Laser 3 - สีส้ม) มี IQR ที่แคบที่สุด สะท้อนถึงข้อมูลที่มีความคงที่มากกว่า

3. ค่าผิดปกติ (Outliers):

- พบค่าผิดปกติ (Outliers) จำนวนมากในรถสำรวจบางคัน เช่น คันที่ 4 (Laser 2 - สีเหลือง) และคันที่ 5 (Laser 3 - สีส้ม) ค่าผิดปกติที่สูงอาจสะท้อนถึงพื้นที่ถนนที่มีปัญหาร่องล้ออย่างรุนแรง หรืออาจเกิดจากความแตกต่างในเทคโนโลยีของรถสำรวจ

4. ช่วงของข้อมูล (Range):

- คันที่ 5 (Laser 3 - สีส้ม) มีช่วงของข้อมูลกว้างที่สุด โดยค่าสูงสุดอยู่ใกล้ 25 มม. ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงถนนที่ได้รับความเสียหายอย่างมาก
- คันที่ 5 (Laser 3 - สีส้ม) มีช่วงข้อมูลที่แคบกว่า สะท้อนถึงสภาพถนนที่มีความสม่ำเสมอ

5. การเปรียบเทียบระหว่างรถสำรวจ:

- รถสำรวจทั้ง 5 คันแสดงความแตกต่างในค่ากลางและการกระจายตัวของข้อมูล ซึ่งอาจเกิดจากเทคโนโลยีการวัดที่แตกต่างกัน

สรุป:

ข้อมูลค่าร้อยละ (RUT) ที่ได้จากรถสำรวจทั้ง 5 คันช่วยให้เห็นภาพรวมของปัญหาพื้นผิวถนนในพื้นที่ที่สำรวจ ความแตกต่างระหว่างรถสำรวจและการกระจายตัวของข้อมูลเป็นปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการวางแผนและดำเนินการแก้ไขปัญหาพื้นผิวถนน



3) สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่า MPD

สถิติเชิงพรรณนาสำหรับค่า MPD ของรถสำรวจทั้ง 5 คันสรุปได้แสดงดังตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นของค่า MPD

	สถิติเชิงพรรณนาของ MPD				
	LCMS 1 (CU)	LCMS 2 (STS)	Laser 1 (CU)	Laser 2 (TU)	Laser 3 (DOH)
จำนวน Road sections	423	423	423	423	423
ค่าเฉลี่ย (Mean)	0.69	0.61	0.61	0.63	0.47
ความแปรปรวน (Variance)	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	0.16	0.17	0.20	0.22	0.19
ค่าสูงสุด	2.20 Section #383	2.42 Section #384	2.06 Section #383	2.18 Section #383	1.52 Section #383
ค่าต่ำสุด	0.36 Section #21	0.32 Section #29	0.23 Section #38	0.26 Section #15,17,32	0.10 Section #38
พิสัย	1.84	2.10	1.83	1.93	1.42
Q1	0.59	0.55	0.51	0.51	0.35
Q2	0.69	0.60	0.62	0.62	0.48
Q3	0.78	0.65	0.69	0.72	0.56
IQR	0.19	0.10	0.18	0.21	0.21
Upper fence	1.07	0.80	0.95	1.04	0.87
Lower fence	0.30	0.39	0.25	0.19	0.05

ค่าความลึกเฉลี่ยของพื้นผิว (Mean Profile Depth: MPD) เป็นค่าที่ใช้วัดความลึกเฉลี่ยของพื้นผิวถนน n ซึ่งเกี่ยวข้องกับการยึดเกาะของล้อรถและความปลอดภัยบนท้องถนน การสำรวจนี้ครอบคลุม 423 ส่วนถนน โดยใช้รถสำรวจ 5 คัน ได้แก่ LCMS 1 (CU), LCMS 2 (STS), Laser 1 (CU), Laser 2 (TU) และ Laser 3 (DOH) โดยการวิเคราะห์ผลและข้อสังเกตสรุปได้ดังนี้





การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ย MPD จากรถสำรวจแสดงความแตกต่างกันเล็กน้อย โดย LCMS 1 (CU) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 0.69 ในขณะที่ Laser 3 (DOH) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่ 0.47

การกระจายตัวของข้อมูล

Laser 2 (TU) มีค่าความแปรปรวนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุด (0.05 และ 0.22 ตามลำดับ) แสดงถึงความหลากหลายของข้อมูล ในขณะที่ LCMS 1 (CU) มีค่าความแปรปรวนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุด (0.03 และ 0.16 ตามลำดับ)

ค่าสูงสุดและต่ำสุด

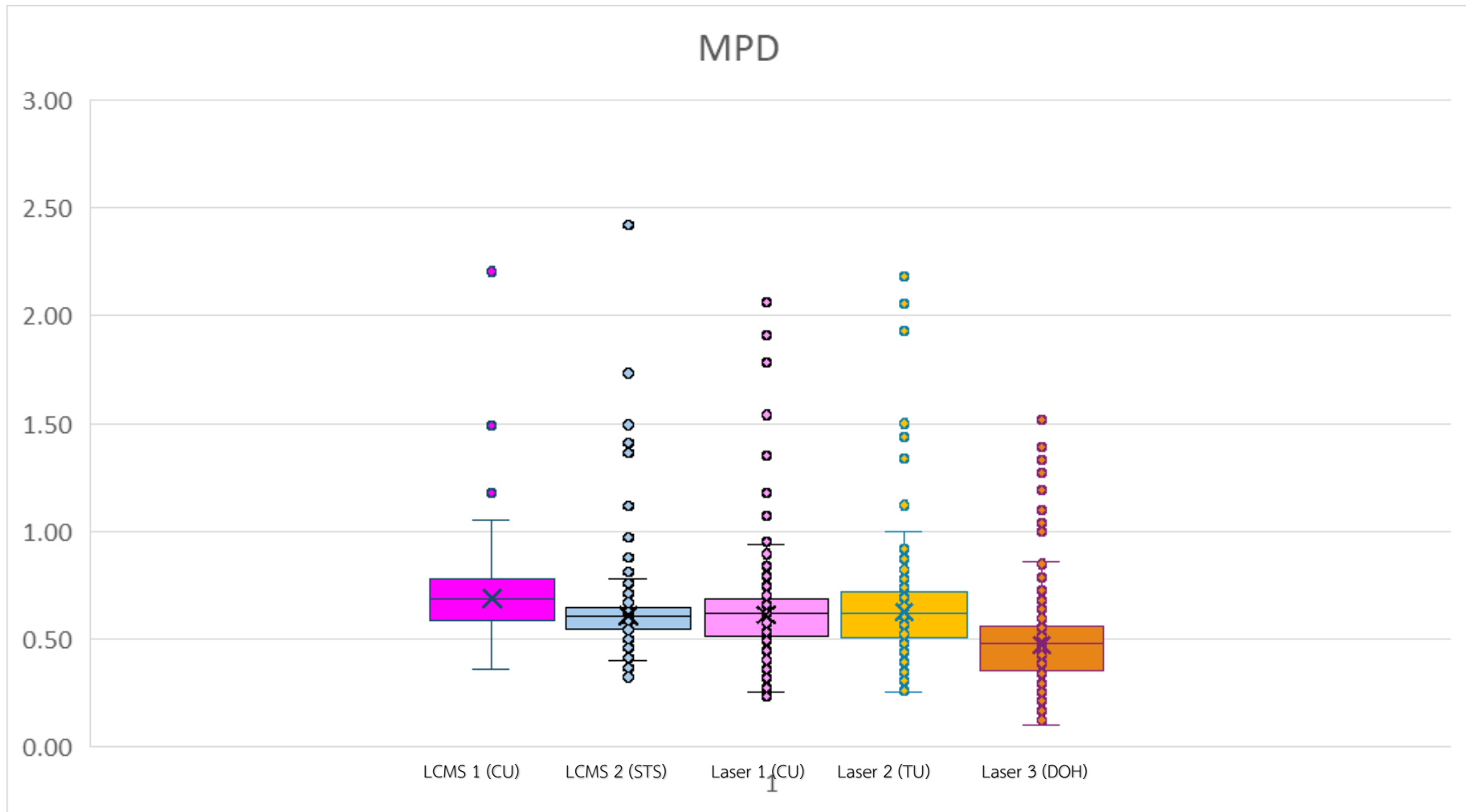
- ค่าสูงสุด: LCMS 2 (STS) พบค่าความลึกสูงสุดที่ 2.42 ในส่วนถนนที่ 384
- ค่าต่ำสุด: Laser 3 (DOH) พบค่าความลึกต่ำสุดที่ 0.10 ในส่วนถนนที่ 38

ข้อสังเกตเพิ่มเติม

1. ส่วนถนนที่มีค่า MPD สูงสุด เช่น ส่วนที่ 384 ควรได้รับการตรวจสอบว่าเกิดจากลักษณะทางกายภาพของถนนหรือข้อจำกัดของการสำรวจ
2. ค่าที่ต่ำสุดในบางส่วนถนน เช่น ส่วนที่ 38 (Laser 3) อาจแสดงถึงพื้นผิวถนนที่มีสภาพราบเรียบ

จากการประมวลผลทางสถิติเบื้องต้นของค่า MPD พบว่าค่าเฉลี่ย MPD จากรถสำรวจทั้ง 5 คัน ค่อนข้างเกาะกลุ่มกัน เนื่องจากค่าเฉลี่ยทั้ง 5 ค่ามีความใกล้เคียงกัน และค่า SD ก็ไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงว่ารถสำรวจ MPD ทั้ง 5 คัน มีจุดศูนย์กลางของข้อมูลที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และการกระจายของข้อมูลก็เป็นไปในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

การกระจายตัวของข้อมูล MPD จาก Boxplots แสดงดังรูปที่ 4-32 ของรถสำรวจทั้ง 5 คัน สอดคล้องกัน มีการกระจายตัวในลักษณะเดียวกันทั้ง 5 คัน คือ เกือบสมมาตร (Approximately Normal) โดยข้อมูลกระจายตัวในลักษณะเบ้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และมีค่า Outliers กระจายอยู่ทั้งในส่วนที่สูงกว่า ค่า Upper fence และมีบางส่วนอยู่ที่ต่ำกว่า Lower fence



รูปที่ 4-32 Boxplots ค่า MPD ของรถสำรวจทั้ง 5 คัน



จากการวิเคราะห์กล่องแสดงข้อมูล (Boxplots) ที่แสดงค่าความถี่เฉลี่ยของพื้นผิว (MPD) จากรถสำรวจ 5 คัน มีข้อสังเกตและผลการวิเคราะห์ดังนี้:

1. ค่ากลาง (Median):

- ค่ากลางของ MPD จากรถสำรวจทั้ง 5 คันมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วงประมาณ 0.50 - 0.60 ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มข้อมูลที่ค่อนข้างสม่ำเสมอระหว่างคันสำรวจ

2. การกระจายตัวของข้อมูล (Interquartile Range - IQR):

- คันที่ 5 (Laser 3 - สีส้ม) มี IQR ที่กว้างที่สุด แสดงถึงความหลากหลายในค่าความถี่เฉลี่ยของพื้นผิว
- ในขณะที่รถสำรวจคันที่ 2 (LCMS 2-สีฟ้า) มี IQR ที่แคบที่สุด สะท้อนถึงการกระจายตัวของข้อมูลที่ค่อนข้างคงที่

3. ค่าผิดปกติ (Outliers):

- พบค่าผิดปกติในรถสำรวจคันที่ 1 (LCMS 1 - สีม่วง) และคันที่ 3 (Laser 1 - สีชมพู) ซึ่งแสดงถึงค่าที่เกินช่วงปกติในบางพื้นที่ที่สำรวจ
- ค่าผิดปกติเหล่านี้ อาจเกิดจากสภาพพื้นผิวถนนที่มีความไม่สม่ำเสมอหรือข้อจำกัดของการวัด

4. ช่วงของข้อมูล (Range):

- รถสำรวจคันที่ 1 (LCMS 1 - สีม่วง) มีช่วงข้อมูลที่กว้างที่สุด โดยค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 2.42 ซึ่งสะท้อนถึงค่าความหยาบที่หลากหลาย
- รถสำรวจคันที่ 1 (LCMS 1 - สีม่วง) มีช่วงข้อมูลที่แคบที่สุด แสดงถึงความสม่ำเสมอของค่าความหยาบเฉลี่ย

5. การเปรียบเทียบระหว่างรถสำรวจ:

- ค่ากลางของ MPD มีความสม่ำเสมอในทุกคัน แต่การกระจายตัวของข้อมูลและจำนวนค่าผิดปกติมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน
- ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากเทคโนโลยีที่ใช้หรือพื้นที่ถนนที่มีความหลากหลาย



สรุป:

ข้อมูล MPD จากรถสำรวจทั้ง 5 คันช่วยสะท้อนถึงลักษณะของพื้นผิวถนนในพื้นที่ที่สำรวจ ความแตกต่างในค่ากลางและการกระจายตัวของข้อมูลระหว่างรถสำรวจแต่ละคันควรได้รับการวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อสนับสนุนการวางแผนปรับปรุงถนนในอนาคต โดยค่าผิดปกติที่พบควรได้รับการตรวจสอบเพิ่มเติม เพื่อระบุว่ามาจากสภาพพื้นผิวถนนที่มีปัญหาหรือความแตกต่างกันของเทคโนโลยีการสำรวจ

จากการสำรวจข้อมูลถนนโดยรถ 5 คัน ได้แก่ LCMS 1 (CU), LCMS 2 (STS), Laser 1 (CU), Laser 2 (TU) และ Laser 3 (DOH) พบว่าค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) มีค่าเฉลี่ยในช่วง 2.55 - 2.78 ซึ่งสะท้อนถึงคุณภาพถนนที่ใกล้เคียงกันในทุกคัน อย่างไรก็ตามความแปรปรวนของค่า IRI แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในส่วนถนนที่มีค่าขรุขระสูง เช่น ส่วนที่ 104 และ 408 ที่ควรได้รับการตรวจสอบเพิ่มเติม

สำหรับค่าร่องล้อ (Rutting) ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.51 - 5.11 มม. โดย LCMS 2 (STS) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด สะท้อนถึงความลึกของร่องล้อที่ชัดเจนกว่าในคันอื่น ในขณะที่ Laser 3 (DOH) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของวิธีการสำรวจ ค่าสูงสุดในบางส่วน เช่น ส่วนที่ 260 และ 314 ควรได้รับการตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์และวางแผนซ่อมแซมถนนอย่างเหมาะสม

สุดท้าย ค่าความลึกเฉลี่ยของพื้นผิว (MPD) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.47 - 0.69 โดย LCMS 1 (CU) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ขณะที่ Laser 3 (DOH) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ซึ่งอาจสะท้อนถึงความแตกต่างในลักษณะพื้นผิวถนน การกระจายตัวของค่า MPD มีความแปรปรวนที่น้อยและคล้ายคลึงกันในทุกคัน

ผลการสำรวจทั้งสามค่าชี้ให้เห็นถึงลักษณะและคุณภาพของถนนที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยควรใช้ข้อมูลนี้เป็นพื้นฐานในการวางแผนปรับปรุงและบำรุงรักษาถนน รวมถึงการจัดลำดับความสำคัญในพื้นที่ที่มีปัญหาเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและยกระดับคุณภาพโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมในประเทศไทย



4.3.4.2 การตรวจสอบความเชื่อถือได้ (Reliability Test)

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดงความจริง เครื่องมือในการเก็บข้อมูลที่มีความเชื่อถือได้เป็นสิ่งจำเป็น โดยถ้าเครื่องมือในการเก็บข้อมูลไม่มีความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้ย่อมส่งผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวไม่มีคุณภาพ ดังนั้น การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล คือ การตรวจสอบความเชื่อถือ หรือความเชื่อมั่น (Reliability Test) ซึ่งความเชื่อถือได้ของเครื่องมือ หมายถึง การนำเครื่องมือมาวัดหลาย ๆ ครั้ง ผลการวัดต้องเหมือนกัน ซึ่งหมายถึงความคงเส้นคงวา หรือมีความสอดคล้องกัน (วานิชย์บัญชา, 2554) นอกจากนี้ พิเชิต ฤทธิจรูญ (2556: 137) ได้ให้ความหมายของความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือชิ้นนั้นๆ ให้ผลการวัดที่คงที่ไม่ว่าจะใช้วัดกี่ครั้งก็ตามกับกลุ่มเดิม ซึ่งสอดคล้องกับที่ วรรณิ แกมเกตุ (2555: 220) ได้ให้ความหมายของความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัย (Reliability) หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือที่ให้ผลการวัดที่คงที่หรือคงเส้นคงวา เมื่อทำการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ด้วยเครื่องมือที่วัดสิ่งเดียวกัน เช่นเดียวกับ สุวิมล ติรกานันท์ (2551: 152) ที่ได้ให้ความหมายของความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่ของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดเดียวกันกับคนกลุ่มเดียวกัน ในเวลาที่ต่างกัน จากความหมายของความเชื่อมั่นที่กล่าวมาสรุปได้ว่าความเชื่อมั่น หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือวิจัยที่มีความคงเส้นคงวาในการวัดสิ่งเดียวกัน ในเวลาที่ต่างกัน นั่นคือไม่ว่าจะนำเครื่องมือวิจัยนั้นไปวัดกี่ครั้งค่าที่ได้จากการวัดจะมีค่าไม่ต่างกัน

การวัดความเชื่อถือได้มีหลายประเภท แต่ในที่นี้จะศึกษาความเชื่อถือได้ที่วัดความสอดคล้องภายในชุดเดียวกัน (Internal Consistency) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ครอนบักอัลฟา (Cronbach's alpha coefficient) การตรวจสอบความเชื่อถือได้ (Reliability Test) หรือความสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์ครอนบักอัลฟา

Cronbach's alpha คือการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวขึ้นไปว่ามีความสัมพันธ์หรือไม่ หากมีความสัมพันธ์กันก็แสดงว่าอยู่ในเรื่องราวเดียวกันได้ (กลุ่มเดียวกัน) ตัวอย่างเช่น การทดสอบการวิ่งรถสำรวจ ประกอบด้วยรถสำรวจ 5 คัน เมื่อทำการทดสอบ Cronbach's Alpha จึงเป็นการตรวจสอบว่าเครื่องมือสำรวจทั้ง 5 คัน มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และเหมาะสมที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือไม่ ดังนั้น ค่า Cronbach's Alpha ที่จะได้ขึ้นจะมีเพียงค่าเดียว ต่อ การทดสอบ 1 กลุ่ม

สำหรับเกณฑ์การพิจารณาว่าเท่าไรถึงจะเรียกว่า Cronbach's alpha ผ่านเกณฑ์ อาจจะมีหลายการอ้างอิง แต่ตัวเลขที่มักเป็นสากลก็คือ 0.7 หมายความว่า ค่า Cronbach's Alpha ควรมีค่ามากกว่า 0.7 ขึ้นไป ถึงจะเรียกว่าผ่านเกณฑ์ แสดงดังรูปที่ 4-33





Cronbach's alpha	Internal consistency
$\alpha \geq 0.9$	Excellent
$0.9 > \alpha \geq 0.8$	Good
$0.8 > \alpha \geq 0.7$	Acceptable
$0.7 > \alpha \geq 0.6$	Questionable
$0.6 > \alpha \geq 0.5$	Poor
$0.5 > \alpha$	Unacceptable

ที่มา : Lavrakas (2008)

รูปที่ 4-33 เกณฑ์การพิจารณา Cronbach's alpha

- ค่า IRI จาการถสำรวจทั้ง 5 คัน
 - ค่าสัมประสิทธิ์ครอนบักอัลฟา = 0.93 ซึ่งมีค่ามาก เข้าใกล้ 1 แสดงความเชื่อถือได้ของเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจาการถสำรวจทั้ง 5 คันว่ามีมาก (ความเชื่อถือได้ของเครื่องมือวัด IRI อยู่ในระดับดีมาก)
- ค่า RUTTING จาการถสำรวจทั้ง 5 คัน
 - ค่าสัมประสิทธิ์ครอนบักอัลฟา = 0.94 ซึ่งมีค่ามาก เข้าใกล้ 1 แสดงความเชื่อถือได้ของเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจาการถสำรวจทั้ง 5 คันว่ามีมาก (ความเชื่อถือได้ของเครื่องมือวัด RUTTING หรือ RUT อยู่ในระดับดีมาก)
- ค่า MPD จาการถสำรวจทั้ง 5 คัน
 - ค่าสัมประสิทธิ์ครอนบักอัลฟา = 0.93 ซึ่งมีค่ามาก เข้าใกล้ 1 แสดงความเชื่อถือได้ของเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจาการถสำรวจทั้ง 5 คันว่ามีมาก (ความเชื่อถือได้ของเครื่องมือวัด MPD อยู่ในระดับดีมาก)

โดยสรุปจากการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของข้อมูลค่า IRI ค่า RUT และ ค่า MPD จากเครื่องมือ คือ รถสำรวจทั้ง 5 คัน พบว่าระดับความสอดคล้องของข้อมูลดังกล่าว อยู่ในระดับที่ดีมาก เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ครอนบักอัลฟามีค่ามากกว่า 0.90 หรือมีค่าใกล้ 1



การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของข้อมูลสภาพผิวทางจากรถสำรวจ

การดำเนินโครงการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเชื่อถือได้ของข้อมูลสภาพผิวทางที่ได้จากรถสำรวจถนนจำนวน 5 คัน ซึ่งเป็นเครื่องมือประเภทเดียวกันแต่ทำงานอย่างอิสระต่อกัน โดยพิจารณาค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index: IRI) ค่าร่องล้อ (Rutting) และค่าความลึกเฉลี่ยของพื้นผิว (Mean Profile Depth: MPD) เพื่อประเมินความเหมาะสมของข้อมูลสำหรับการนำไปใช้ในการวิเคราะห์สภาพถนนและการวางแผนบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคม

ผลการวิเคราะห์เชิงพรรณนาพบว่า ค่า IRI และค่า MPD ที่ได้จากรถสำรวจแต่ละคันมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน และมีรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลที่คล้ายคลึงกัน สะท้อนให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของผลการวัดจากเครื่องมือแต่ละคัน ในขณะที่ค่าร่องล้อ (Rutting) มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันระหว่างรถสำรวจอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างด้านเทคโนโลยีการวัด หรือวิธีการประมวลผลข้อมูล หรือกระบวนการสอบเทียบ (Calibration) ของเครื่องมือแต่ละคัน

อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลด้วยค่าสัมประสิทธิ์ครอนบักอัลฟา (Cronbach's Alpha) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสอดคล้องภายในของชุดข้อมูล พบว่าค่าดัชนี IRI ค่าร่องล้อ และค่า MPD มีค่าความเชื่อถือได้อยู่ในระดับสูงมาก (มากกว่า 0.90) แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากรถสำรวจทั้ง 5 คันมีความสอดคล้องกันในเชิงแนวโน้มของการวัด กล่าวคือ รถสำรวจทุกคันสามารถสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของสภาพถนนในทิศทางเดียวกัน แม้ว่าค่าที่วัดได้ในเชิงระดับจะมีความแตกต่างกันบ้างในบางตัวแปร

สำหรับค่าร่องล้อ แม้ค่าเฉลี่ยจากรถสำรวจแต่ละคันจะมีความแตกต่างกัน แต่ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ารถสำรวจทุกคันให้ผลการวัดที่สอดคล้องกันในเชิงรูปแบบและแนวโน้ม โดยช่วงถนนที่มีร่องลึกลึกจะได้รับการรายงานค่าที่สูงขึ้นจากรถทุกคัน และช่วงถนนที่มีร่องล้อตื้นจะได้รับการรายงานค่าที่ต่ำลงอย่างสอดคล้องกัน ในขณะที่ค่า IRI และค่า MPD ซึ่งมีการกระจายตัวของข้อมูลค่อนข้างแคบ ยังคงแสดงความสอดคล้องของข้อมูลระหว่างรถสำรวจในระดับสูงเช่นเดียวกัน

โดยสรุป แม้ว่าค่าดัชนี IRI ค่าร่องล้อ และค่าความลึกเฉลี่ยของพื้นผิวที่ได้จากรถสำรวจแต่ละคันจะแสดงความแตกต่างกันในเชิงระดับของการวัด แต่ผลการตรวจสอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ครอนบักอัลฟาชี้ให้เห็นว่าข้อมูลจากเครื่องมือทั้ง 5 คันมีความเชื่อถือได้สูงในเชิงความสอดคล้องภายใน สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินสภาพถนน การวิเคราะห์เชิงแนวโน้ม และการวางแผนบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมได้อย่างเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของโครงการ



การทดสอบด้วย Cronbach's Alpha ไม่ได้ดูว่ารถสำรวจแต่ละคันวัดค่า Rutting ได้เท่ากันหรือไม่ แต่ดูว่ารถสำรวจทุกคันสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของสภาพถนนไปในทิศทางเดียวกันหรือเปล่า ในกรณี Rutting แม้ค่าเฉลี่ยของแต่ละรถจะต่างกันพอสมควร ซึ่งอาจเกิดจากความต่างของเทคโนโลยี แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายช่วงถนน จะพบว่า ถนนช่วงไหนมีร่องล้อลึก รถทุกคันก็รายงานว่าสูงพร้อมกัน และช่วงไหนตื้นก็ต่ำพร้อมกัน ความสอดคล้องในลักษณะนี้ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากรถทั้ง 5 คันสูง ส่งผลให้ค่า Cronbach's Alpha ของ Rutting อยู่ในระดับสูงมาก

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากเครื่องมือวัด

เนื่องจากจุดประสงค์หลักของการศึกษาค้างนี้ คือ การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัดประเภทเดียวกันทั้ง 5 เครื่องที่ทำงานกันอย่างอิสระต่อกัน การวัดความสอดคล้องภายในชุดข้อมูล (Internal Consistency) ผ่านการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ครอนบัคอัลฟา (Cronbach's Alpha Coefficient) จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบความเชื่อถือได้ (Reliability Test) โดยผลการวิเคราะห์เบื้องต้นจากการเก็บข้อมูล Try-out พบว่า ค่าดัชนี IRI, ค่า Rutting และค่า MPD มีความสอดคล้องและความน่าเชื่อถือในระดับที่ดีมาก

ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ ใช้เครื่องมือจากรถสำรวจ 5 คัน ซึ่งแต่ละคันอาจใช้เทคโนโลยีและกระบวนการทำงานที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ด้วยสถิติแบบ ANOVA แบบ Single Factor เพื่อเปรียบเทียบกลุ่มข้อมูล 5 กลุ่มจากรถสำรวจทั้ง 5 คัน อาจมีความเอนเอียง (Bias) เนื่องจากความแตกต่างในกระบวนการทำงานและเทคโนโลยีที่ใช้ในแต่ละเครื่องมือ การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากค่าสัมประสิทธิ์ครอนบัคอัลฟาจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เนื่องจากสามารถวัดความสอดคล้องภายในของชุดข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อนึ่ง การวิเคราะห์ด้วย t-test ไม่เหมาะสมกับชุดข้อมูลในกรณีนี้ เนื่องจาก t-test ใช้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรใน 2 กลุ่มเท่านั้น (วานิชย์บัญชา, 2554) ขณะที่ชุดข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วย 5 กลุ่มจากรถสำรวจ 5 คัน ซึ่งการเปรียบเทียบหลายกลุ่มในกรณีนี้ควรใช้การวิเคราะห์ที่เหมาะสมกว่า เช่น การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ครอนบัคอัลฟา เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือและความสอดคล้องของข้อมูล

Reference:

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2554. สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร:
โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



พิชิต ฤทธิจักรุญ. (2556). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์ จำกัด.

วรรณิ แกมเกตุ. (2555). วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันนวัตกรรมและสรรมาภิบาลข้อมูล (2022). แผนภูมิ Box and Whisker Plot คืออะไร ใช้งานอย่างไร (<https://digi.data.go.th/blog/what-is-box-and-whisker-plot/>)

สุวิมล ตีรกานันท์. (2551). ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์: แนวทางสู่การปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Lavrakas, P. (2008). *Encyclopedia of Survey Research Methods*, 1st Edition. SAGE.

Lind, Douglas A., William G Marchal., Samuel A Wathen. (2023). *Basic Statistics for Business and Economics*. Mc Graw Hill. New York

Mohsen Tavakol and Reg Dennick. *Making Sense of Cronbach's Alpha*. *International Journal of Medical Education*. 2011; 2:53-55 Editorial

การประเมินความน่าเชื่อถือและความเหมาะสมในการใช้งานของระบบ LCMS บนผิวทางสองประเภท (AC และ CC)

การประเมินความเหมาะสมในการใช้งานของระบบตรวจจับความเสียหายผิวทางจำเป็นต้องพิจารณาความแตกต่างของลักษณะผิวทาง เนื่องจากผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete: AC) และผิวทางคอนกรีตซีเมนต์ (Cement Concrete: CC) มีลักษณะพื้นผิว รูปแบบความเสียหาย และพฤติกรรมการสะท้อนภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบตรวจจับเชิงภาพแตกต่างกันตามประเภทผิวทาง อย่างไรก็ตาม สำหรับการใช้งานเชิงการจัดการถนนในระดับโครงข่าย ความสามารถของระบบในการรักษาแนวโน้ม การจัดลำดับความรุนแรง และความสอดคล้องในระดับการตัดสินใจ มีความสำคัญมากกว่าความแม่นยำเชิงตัวเลขในระดับจุลภาค ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงดำเนินการประเมินความน่าเชื่อถือและความเหมาะสมในการใช้งานของระบบ LCMS โดยเปรียบเทียบกับระบบ LASER แยกตามผิวทาง AC และ CC ใน 3 ระดับ ได้แก่

- (1) ความสม่ำเสมอภายในระบบจากการวัดซ้ำ
- (2) ความเข้ากันได้เชิงการจัดลำดับระหว่างระบบ
- (3) ความสอดคล้องในระดับการตัดสินใจเชิงการจัดการ



1. ความสม่ำเสมอภายในระบบจากการวัดซ้ำ แยกตามประเภทผิวทาง

การประเมินความสม่ำเสมอภายในระบบจากการวัดซ้ำดำเนินการโดยพิจารณา ค่าความเสียหายของทุกประเภท distress ที่มีอยู่ในข้อมูล โดยไม่มีการคัดเลือกเฉพาะตัวชี้วัดใดตัวชี้วัดหนึ่ง เพื่อหลีกเลี่ยงอคติในการประเมินผล และสะท้อนการใช้งานจริงในระดับโครงข่ายถนน ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ระบบ LASER มีความเสถียรของการวัดซ้ำ อยู่ในระดับสูงมากทั้งบนผิวทาง AC และ CC โดยมีค่า Spearman correlation โดยรวมเท่ากับ 0.766 และ 0.864 ตามลำดับ ในขณะที่ระบบ LCMS มีความสอดคล้องเชิงลำดับ โดยรวมอยู่ในระดับต่ำกว่า (Spearman โดยรวมเท่ากับ 0.220 บนผิวทาง AC และ 0.227 บนผิวทาง CC)

ตารางที่ 4-21 ความสม่ำเสมอภายในระบบจากการวัดซ้ำ (ผิวทาง AC)

Distress	LCMS				LASER			
	n	Pearson	Spearman	Kendall	n	Pearson	Spearman	Kendall
bleeding	80	-0.1531	-0.1060	-0.0868	80	NaN	NaN	NaN
icrack	80	0.0094	0.2870	0.2017	80	0.2623	0.4038	0.3597
patch_ac	80	0.2886	0.2737	0.2474	80	0.8363	0.8135	0.7537
phole	80	-0.0764	-0.1230	-0.1173	80	NaN	NaN	NaN
rav	80	-0.0342	0.0129	0.0108	80	0.8488	0.7811	0.7461
ucrack	80	0.3386	0.1473	0.1027	80	0.8105	0.8519	0.6961
OVERALL	480	0.1871	0.2205	0.1741	480	0.8199	0.7657	0.7177



อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในระดับรายละเอียดความเสียหาย (all distress) พบว่าระบบ LCMS แสดงผลการวัดซ้ำที่มีความสม่ำเสมอสูงในบาง distress โดยเฉพาะบนผิวทาง CC ในความเสียหายประเภท patch_conc ซึ่งให้ค่า Spearman เท่ากับ 0.648 และ Kendall เท่ากับ 0.619 แสดงให้เห็นว่าระบบ LCMS สามารถให้ผลการจัดลำดับความรุนแรงที่มีเสถียรภาพได้ในความเสียหายบางกลุ่ม แม้ภาพรวมจะยังมีข้อจำกัด

ตารางที่ 4-22 ความสม่ำเสมอภายในระบบจากการวัดซ้ำ (ผิวทาง CC)

Distress	LCMS				LASER			
	n	Pearson	Spearman	Kendall	n	Pearson	Spearman	Kendall
corner_ break	63	-0.0532	-0.0532	-0.0532	63	0.4783	0.5671	0.5597
joint_ seal_ damage	63	NaN	NaN	NaN	63	NaN	NaN	NaN
non_ transverse_ _crack	63	NaN	NaN	NaN	63	0.8613	0.8163	0.8120
patch_ conc	63	0.6372	0.6475	0.6187	63	0.9958	0.8978	0.8793
spalling	63	0.1919	0.0621	0.0563	63	0.7894	0.8020	0.7581
transverse_ _crack	63	0.1157	0.1158	0.1142	63	0.8727	0.8964	0.8306
OVERALL	63	-0.0532	-0.0532	-0.0532	378	0.9750	0.8641	0.8359

ทั้งนี้ ในบาง distress พบค่าความสัมพันธ์ไม่สามารถคำนวณได้ (NaN) ซึ่งเกิดจากข้อมูลมีความแปรผันต่ำมากหรือมีค่าเท่ากันเป็นส่วนใหญ่ จึงไม่สามารถประเมินความสอดคล้องด้วยตัวชี้วัดเชิงสถิติได้อย่างมีนัยสำคัญ และไม่ควรถูกตีความว่าเป็นผลลัพธ์เชิงบวกหรือเชิงลบของระบบ



2. ความเข้ากันได้เชิงการจัดลำดับระหว่างระบบ LCMS และ LASER (พิจารณาทุก distress)

การประเมินความเข้ากันได้ระหว่างระบบ LCMS และ LASER ดำเนินการในระดับช่วงถนน โดยใช้ค่าความเสียหายของ ทุกประเภท distress และวัดความสอดคล้องเชิงลำดับด้วย Pearson, Spearman, และ Kendall correlation ซึ่งเหมาะสมกับการใช้งานเชิงการจัดการถนน

บนผิวทาง AC พบว่าความสอดคล้องเชิงลำดับโดยรวมระหว่างระบบอยู่ในระดับยอมรับได้ โดยมีค่า Spearman เท่ากับ 0.447 แสดงให้เห็นว่าทั้งสองระบบให้ผลการจัดลำดับความรุนแรงในทิศทางที่ใกล้เคียงกันในระดับที่สามารถนำไปใช้สนับสนุนการจัดลำดับความสำคัญของช่วงถนนได้ เมื่อพิจารณาในระดับรายประเภทความเสียหาย พบว่า patch_ac มีความสอดคล้องระหว่างระบบในระดับสูงมาก (Spearman = 0.823) สะท้อนว่าระบบ LCMS สามารถให้ผลการประเมินที่ใกล้เคียงกับระบบ LASER ได้ดีใน distress บางประเภทบนผิวทาง AC

ตารางที่ 4-23 ความสอดคล้องเชิงลำดับระหว่างระบบ (ผิวทาง AC)

Distress	n	Pearson	Spearman	Kendall
bleeding	80	0.0012	0.0724	0.0589
icrack	80	0.1834	0.1277	0.0983
patch_ac	80	0.8466	0.8228	0.7526
phole	80	NaN	NaN	NaN
rav	80	0.2838	0.4008	0.3126
ucrack	80	-0.1041	0.0290	0.0373
overall	480	0.3605	0.4474	0.3618



สำหรับผิวทาง CC ความสอดคล้องเชิงลำดับโดยรวมอยู่ในระดับต่ำกว่า (Spearman = 0.382) ซึ่งสะท้อนถึงความซับซ้อนของผิวทางประเภทนี้ อย่างไรก็ตาม ความเสียหายบางประเภท เช่น transverse_crack ยังคงให้ค่าความสอดคล้องในระดับยอมรับได้ (Spearman = 0.511) แสดงให้เห็นว่าการใช้งานระบบ LCMS บนผิวทาง CC ยังคงมีศักยภาพ หากนำไปใช้ในลักษณะเฉพาะเจาะจงตามประเภทความเสียหาย

ตารางที่ 4-24 ความสอดคล้องเชิงลำดับระหว่างระบบ (ผิวทาง AC)

Distress	n	Pearson	Spearman	Kendall
corner_break	63	0.2650	0.1690	0.1655
joint_seal_damage	63	-0.0230	-0.0230	-0.0230
non_transverse_crack	63	-0.0161	0.0522	0.0518
patch_conc	63	0.1871	0.2977	0.2748
spalling	63	-0.0859	-0.0032	-0.0045
transverse_crack	63	0.5028	0.5110	0.4733
overall	378	0.2524	0.3820	0.3526

3. ความสอดคล้องในระดับการตัดสินใจเชิงการจัดการ และวิธีการได้มาของตัวชี้วัด

เพื่อสะท้อนการใช้งานจริงในระดับการบริหารจัดการ ข้อมูลความเสียหายจากทั้งสองระบบถูกนำมาสังเคราะห์เป็น Composite Health Index โดยใช้ข้อมูลความเสียหายของทุกประเภท distress ที่มีอยู่ในข้อมูลโดยค่าดัชนีที่สูงกว่าสะท้อนถึงสภาพผิวทางที่เสื่อมสภาพมากกว่า ตามขั้นตอนดังนี้

- (1) ปรับสเกลด้วย Min-Max normalization โดยใช้ช่วงค่ารวมของ LCMS และ LASER
- (2) รวมค่า normalized ของทุก distress เป็น Composite Health Index
- (3) ประเมินความสอดคล้องด้วย Pearson และ Spearman
- (4) จัดกลุ่ม Good / Mid / Bad ด้วย K-means (k=3) และคำนวณ Cluster agreement rate



ผลการวิเคราะห์พบว่า บนผิวทาง CC ค่า Pearson (Health Index) เท่ากับ 0.170 และค่า Spearman (Health Index) เท่ากับ 0.221 สะท้อนว่าความสอดคล้องของค่าดัชนีรวมระหว่างระบบอยู่ในระดับต่ำ ขณะที่อัตราความสอดคล้องของการจัดกลุ่ม (Cluster agreement rate) เท่ากับ 46.03% จากจำนวนช่วงถนนทั้งหมด 63 ช่วงถนน

ในทางกลับกัน บนผิวทาง AC ค่า Spearman (Health Index) เท่ากับ 0.415 และมี Cluster agreement rate เท่ากับ 58.75% จาก 80 ช่วงถนน โดยระบบ LCMS แสดงความแม่นยำสูงเป็นพิเศษในการจำแนกช่วงถนนในกลุ่มสภาพดี (Good) ซึ่งตรงกันถึง 32 จาก 38 ช่วงถนน

ตารางที่ 4-25 Confusion Matrix (ผิวทาง AC)

	LCMS	Good	Mid	Bad	Sum (LCMS)
LASER					
Good		32	5	1	38
Mid		12	8	6	26
Bad		3	6	7	16
Sum (LASER)		47	19	14	80

ตารางที่ 4-26 Confusion Matrix (ผิวทาง CC)

	LCMS	Good	Mid	Bad	Sum (LCMS)
LASER					
Good		13	13	4	30
Mid		8	15	6	29
Bad		1	2	1	4
Sum (LASER)		22	30	11	63



ตารางที่ 4-27 Confusion Matrix (ผิวทาง CC)

	ค่าที่คำนวณได้ (ผิวทาง AC)	ค่าที่คำนวณได้ (ผิวทาง CC)
Pearson (Health Index)	0.565	0.170
Spearman (Health Index)	0.585	0.221
Cluster agreement rate	58.75%	46.03%
จำนวนช่วงถนน	80	63

4. สรุปเชิงนโยบายและข้อเสนอการใช้งานของระบบ LCMS

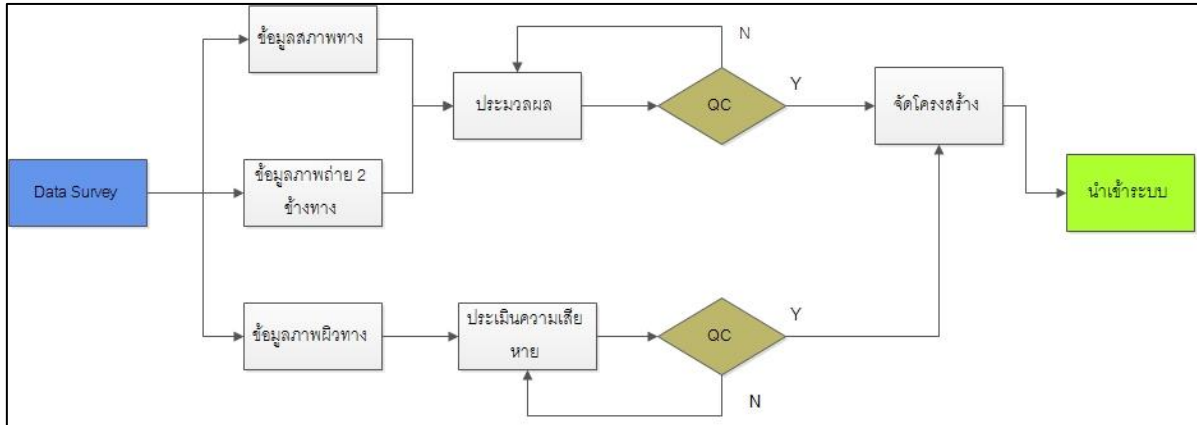
จากผลการประเมินโดยใช้ข้อมูลความเสียหายทุกประเภทโดยไม่มีการคัดเลือกตัวชี้วัดเฉพาะ สามารถสรุปเชิงนโยบายได้ว่า ระบบ LASER มีความเหมาะสมสำหรับการประเมินสภาพผิวทางเชิงปริมาณที่ต้องการความละเอียดสูงและความเสถียรของการวัดซ้ำ ในขณะที่ระบบ LCMS แม้จะมีข้อจำกัดด้านความสอดคล้องเชิงตัวเลขและเชิงลำดับในภาพรวม แต่มีศักยภาพในการใช้งานเชิงการจัดการถนนในระดับโครงข่ายอย่างชัดเจน โดยเฉพาะบนผิวทาง AC ระบบ LCMS สามารถนำไปใช้สนับสนุนการสำรวจภาพรวม การคัดกรอง และการจัดลำดับความสำคัญของช่วงถนนได้ในระดับยอมรับได้ และมีประสิทธิภาพเด่นชัดในการจำแนกช่วงถนนสภาพดี ซึ่งช่วยลดภาระการตรวจสอบเชิงละเอียด ในขณะที่บนผิวทาง CC ควรพิจารณาใช้งานระบบ LCMS ในลักษณะเฉพาะเจาะจงตามประเภทความเสียหายที่ระบบให้ผลสม่ำเสมอ และควรใช้ร่วมกับระบบ LASER สำหรับการยืนยันผลในขั้นถัดไป แนวทางการใช้งานร่วมกันดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการถนนในระดับโครงข่าย โดยใช้ทรัพยากรการสำรวจอย่างเหมาะสม สอดคล้องกับข้อจำกัดของแต่ละเทคโนโลยี และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายได้อย่างรอบคอบ



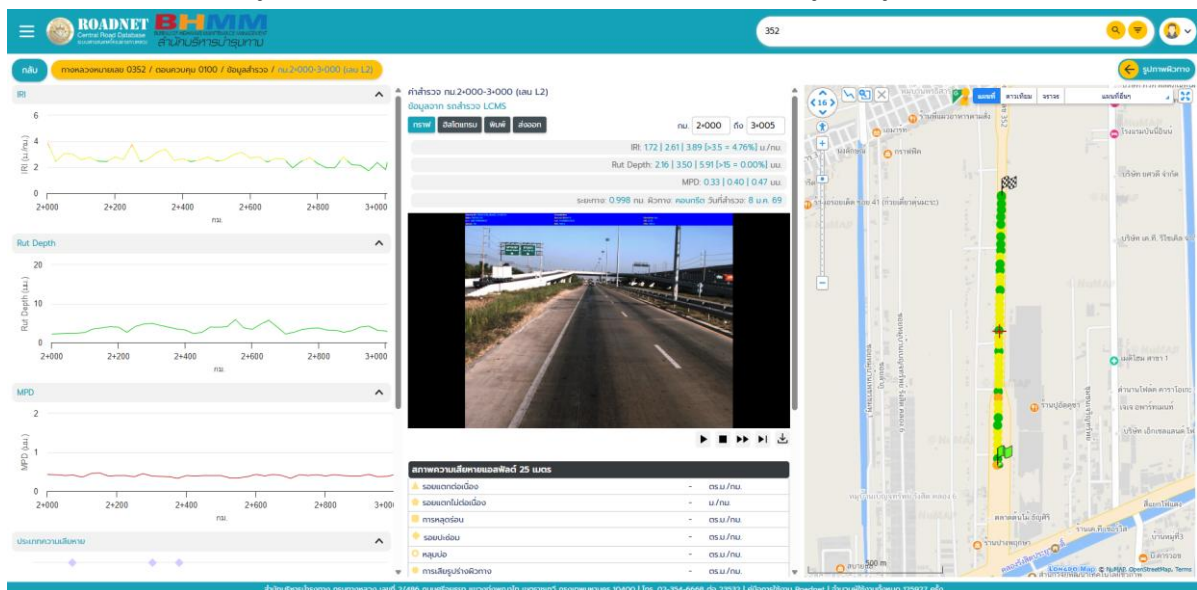
รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569

หลังจากทำการสอบเทียบพื้นที่แล้วเสร็จ ที่ปรึกษาทำการประมวลผลค่าข้อมูลสภาพทางและค่าความเสียหาย พร้อมนำเข้าข้อมูลสอบเทียบครบทั้ง 5 Sections ที่ทำการทดสอบการวิ่งเพื่อเปรียบเทียบค่าสภาพทางบนระบบ Roadnet3 แสดงดังรูปที่ 4-34 ถึงรูปที่ 4-38 และแสดงผลพื้นที่ตัวอย่างผ่านระบบ Roadnet3 ได้แก่ อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS คันที่ 1,2 และรถสำรวจด้วย Laser Profile คันที่ 3,4 ของพื้นที่แปลงทดสอบทั้งหมด

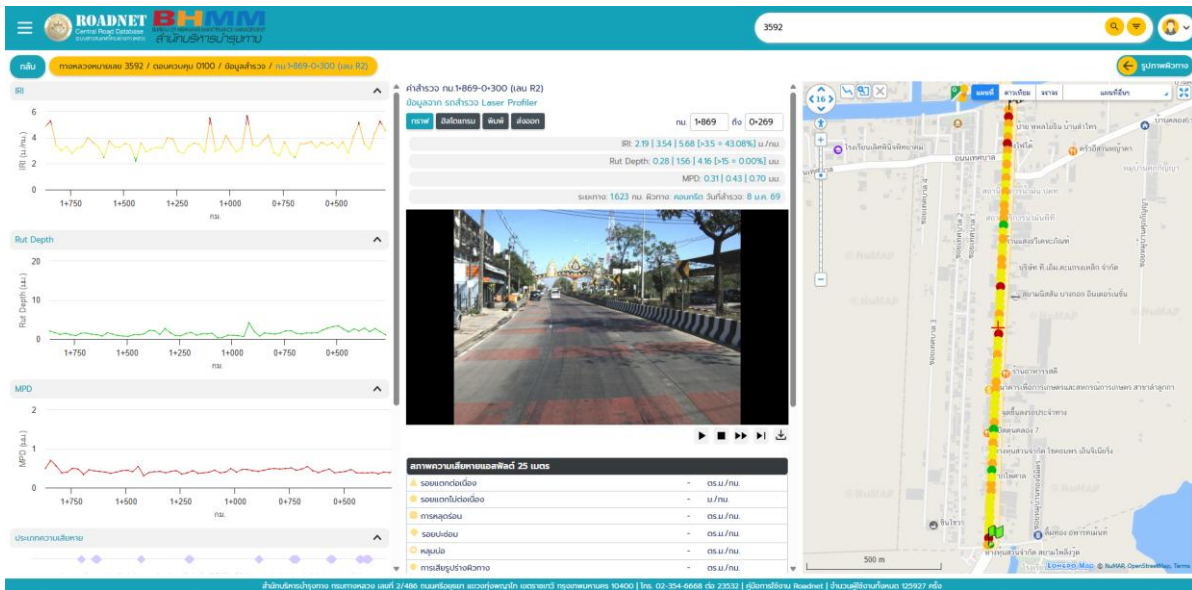


รูปที่ 4-34 แสดงขั้นตอนการทำงานจากก่อนนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ

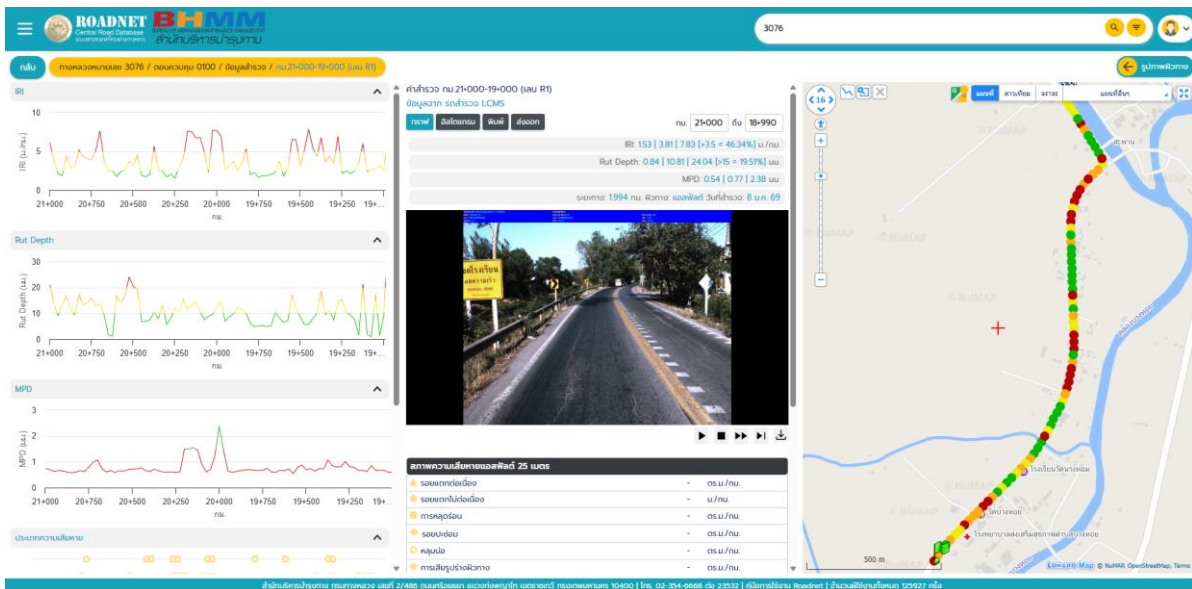


รูปที่ 4-35 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวคอนกรีต สายทาง 352 ตอนควบคุม 0100 อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile

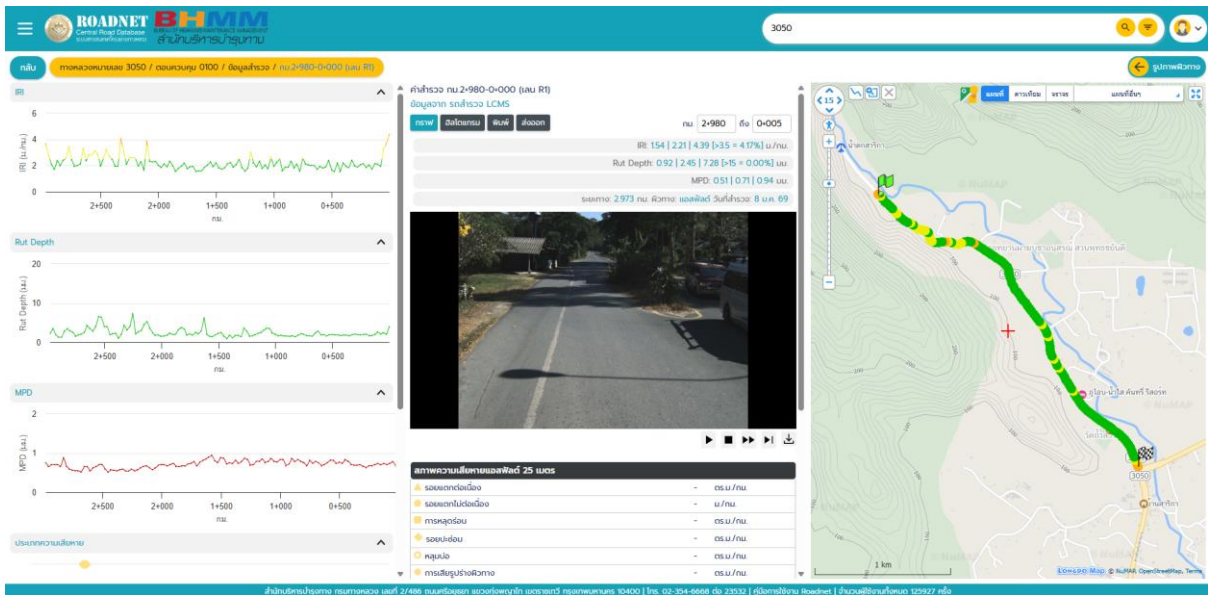




รูปที่ 4-36 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวคอนกรีต สายทาง 3592 ตอนควบคุม 0100 อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile



รูปที่ 4-37 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวลาดยาง สายทาง 3076 ตอนควบคุม 0100 อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile



รูปที่ 4-38 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผลวิเคราะห์ สายทาง 3050 ตอนควบคุม 0100 อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile

4.3.4.3 เอกสารรับรองและการคาริเบตอุปกรณ์สำรวจแต่ละคัน

- เอกสารรับรองผลคาริเบตอุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง LCMS คันที่ 1 จากโรงงานผู้ผลิต



รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569



DATA COLLECTION LIMITED

MANUFACTURERS OF ROMDAS

NZB: 9429037148119

Office: 8C Bentinck Street, New Lynn, Auckland 0600, New Zealand

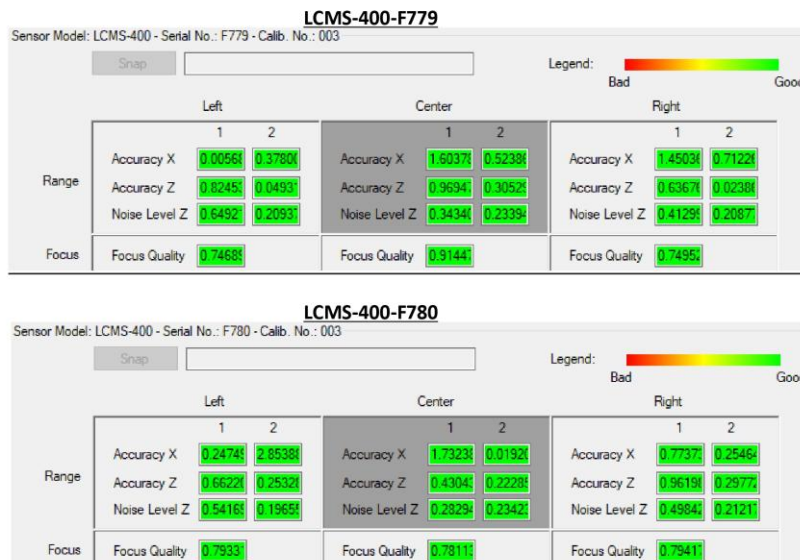
Ph: +64 9 8277703 E-mail: info@romdas.com Website: www.romdas.com



CERTIFICATE OF LCMS VALIDATION

Customer:	Infraplus Co., Ltd	
System Install Date:	October 2022	
LCMS model:	LCMS-400	LCMS-400
LCMS sensors s/n:	F779	F780
Date of validation:	2026/01/15	2026/01/15
Certificate Issue Date:	19 January 2026	
Certificate Validity:	This Certificate is valid for 6 months from the date of the validation.	

The above sensor serial numbers have passed the LCMS validation as per the below results.



Please note that the LCMS validation test should be conducted every 6 months to validate the sensors accuracy. If the results are not satisfactory, then the LCMS must be sent to LCMS manufacturer's factory for recalibration.

For Data Collection Limited


 Kieran MacDonald
 Support Services Supervisor



รูปที่ 4-39 เอกสารรับรองผลการทดสอบอุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง LCMS คันที่ 1



CUTI
สถาบันการขนส่ง
จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
การขนส่งและจราจร

สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569

- เอกสารรับรองผลการเบทอุปกรณสำรวจค่าสภาพทาง LCMS คันที่ 2 จากโรงงานผู้ผลิต



DATA COLLECTION LIMITED MANUFACTURERS OF ROMDAS

NZB: 9429037148119

Office: 8C Bentinck Street, New Lynn, Auckland 0600, New Zealand

Ph: +64 9 8277703 E-mail: info@romdas.com Website: www.romdas.com



CERTIFICATE OF LCMS VALIDATION

Customer: Asia Testing Equipment Co. (ATE), Thailand
System Install Date: January 2019

LCMS model:	LCMS-400	LCMS-400
LCMS sensors s/n:	F325	F326
Date of validation:	2025/11/26	2025/11/26

Certificate Issue Date: 28 November 2025
Certificate Validity: This Certificate is valid for 6 months from the date of the validation.

The above sensor serial numbers have passed the LCMS validation as per the below results.

LCMS-400-F325												
Left			Center				Right					
		1	2			1	2			1	2	
Range	Accuracy X	1.4087%	1.6582%	Accuracy X	0.1921%	0.5804%	Accuracy X	0.4663%	0.4055%	Accuracy X	0.4663%	0.4055%
	Accuracy Z	0.8188%	0.4801%	Accuracy Z	0.7397%	0.3160%	Accuracy Z	0.6544%	0.0143%	Accuracy Z	0.6544%	0.0143%
	Noise Level Z	0.4768%	0.4466%	Noise Level Z	0.2763%	0.2393%	Noise Level Z	0.2806%	0.2245%	Noise Level Z	0.2806%	0.2245%
Focus	Focus Quality	0.4876%		Focus Quality	0.5098%		Focus Quality	0.4850%		Focus Quality	0.4850%	

LCMS-400-F326												
Left			Center				Right					
		1	2			1	2			1	2	
Range	Accuracy X	0.3122%	0.4463%	Accuracy X	0.1519%	0.1173%	Accuracy X	0.5611%	0.4550%	Accuracy X	0.5611%	0.4550%
	Accuracy Z	1.1133%	0.7783%	Accuracy Z	0.5513%	0.4660%	Accuracy Z	0.3863%	0.4634%	Accuracy Z	0.3863%	0.4634%
	Noise Level Z	0.3310%	0.2089%	Noise Level Z	0.3057%	0.2578%	Noise Level Z	0.4848%	0.5199%	Noise Level Z	0.4848%	0.5199%
Focus	Focus Quality	0.4771%		Focus Quality	0.7528%		Focus Quality	0.4985%		Focus Quality	0.4985%	

Please note that the LCMS validation test should be conducted every 6 months to validate the sensors accuracy. If the results are not satisfactory, then the LCMS must be sent to LCMS manufacturer's factory for recalibration.

For Data Collection Limited

Kieran MacDonald
Technical Support Manager



รูปที่ 4-40 เอกสารรับรองผลการเบทอุปกรณสำรวจค่าสภาพทาง LCMS คันที่ 2





รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569

- ผลการិเบทอุปกรณัสำรวจค่าสภาพทาง Laser Profiler คัันที่ 1



DATA COLLECTION LIMITED
MANUFACTURERS OF ROMDAS SYSTEM
Office: 8C Bentinck Street | New Lynn | Auckland 0600 | NEW ZEALAND
Ph: +64 9 8277703 E-mail: info@romdas.com Website: www.romdas.com



Date: 22nd September 2025

Certificate of Calibration – Laser Profiler System

The ROMDAS Dual Laser Profilometer System, owned by **INFRA PLUS CO., LTD.**, was installed on October 2022 by ROMDAS engineers. Recently the lasers were calibrated again, and the laser profilers were tested by a ROMDAS representative remotely and ensured its workability.

Laser Calibration

Laser profiler Model	Laser Profiler V3.2	
Laser sensors	20903-036837E8	20962-036830BF
Date of calibration	15/09/2025	15/09/2025

Please note that the lasers for the Profilometer require annual calibration with block test (using calibration blocks) and bounce test. This must be done under the supervision of Romdas.

We confirm that the above-mentioned system has passed the required calibrations at the factory.

We also confirm that the ROMDAS Laser Profilometer System complies with the relevant data standards listed below –

ASTM E950, ASTM E1926, ASTM E13473, ASTM E1845

For Data Collection Limited



Kieran MacDonald
Technical Support Manager

รูปที่ 4-41 เอกสารรับรองผลการิเบทอุปกรณัสำรวจค่าสภาพทาง Laser Profiler คัันที่ 1



CUTI
สถาบันการขนส่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
THE ASSOCIATION UNIVERSITY
TRANSPORTATION INSTITUTE

สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569

- อุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง Laser Profiler คันที่ 2
เอกสารรับรองผลคาริเบทอุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง Laser Profiler คันที่ 2
จากโรงงานผู้ผลิต



ARRB Systems Pty. Ltd.
ABN 93 621 693 883

25 Kingsley Close
Rowville Vic 3178
Melbourne, Australia

+ 61 3 8595 6000
info@arrbsystems.com

MANUFACTURER'S STATEMENT OF CONFORMANCE

Reference number:	PR59
Customer:	Trinit Thailand
Product:	Hawkeye 2000 case
Date:	18-12-2025

I herein confirm that the ARRB Systems Hawkeye 2000 Digital Laser Profilers (DLP) as supplied to the above customer is designed to meet all requirements of the following international standards:

- World Bank Class 1 longitudinal profile,
- ASTM E950,
- ASTM E1845,
- ASTM E1703,
- EN 13036-5 IRI Quarter car models,
- EN 13036-6 Classification of 2L1111,
- AASHTO M 328,
- AASHTO R 57, R 43, R 54 & R 56
- AGAM-S001 & S005,
- AGAM - T001, T002, T003 & T004,
- AGAM - T013, T014 & T016
- MPD: ISO 13473,
- SMTD TRL Lab Rep. 639

Profilers Sensor Specifications are as follows:

Specification	Profilers Laser	Profilers Accelerometer
Manufacturer	Limab	ST Microelectronics
Model	TexRough	LIS2L06AL
Range	200mm	+/- 6 g
Stand-off	300mm	NA
Resolution	0.01mm	125 µg
Laser spot size	≤1 mm	NA
Wavelength	650-670 nm	NA
Laser Class	3B (20 mW)	NA
Sampling rate/Bandwidth	32258 Hz	300 Hz
Operating temp.	0 - 40°C	-40°C to 85°C

ARRB Profilers have been evaluated under controlled field-testing conditions as specified in the standards. The results as detailed herein show that the Hawkeye systems are fully compliant to the standards outlined in Hawkeye Validation report below. All ARRB products are tested in both workshop and field conditions to ensure operational and performance criteria are met, and the test results agree with established validation standards.

For further information, please contact the undersigned.

Chad Murnane
Chief Technology Officer

Bao Nguyen
Senior Service Technician

www.arrbsystems.com

รูปที่ 4-42 เอกสารรับรองผลคาริเบทอุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง Laser Profiler คันที่ 2



CUTI
สถาบันการขนส่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

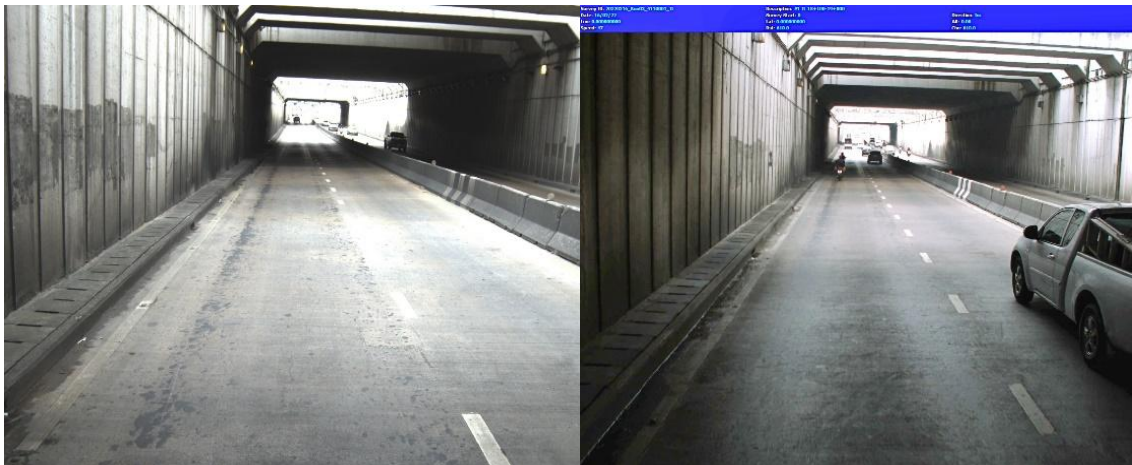
สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



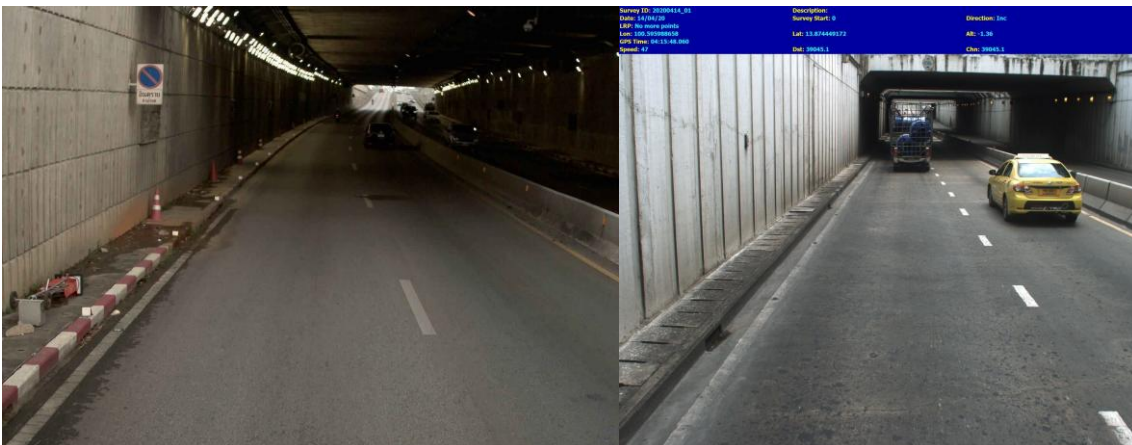
4.3.4.4 ดำเนินการทดสอบการถ่ายภาพผิวทางและสองข้างทางในพื้นที่ทดสอบ

ที่ปรึกษาจะดำเนินการทดสอบการถ่ายภาพผิวทางและสองข้างทางในพื้นที่ทดสอบตามเงื่อนไขที่กรมทางหลวงกำหนด โดยทดสอบในพื้นที่ที่มีแสงน้อย และแสงจ้า เช่น ใต้สะพานใต้ทางยกระดับ อุโมงค์ และทางลอด พร้อมเก็บข้อมูลในระบบ Roadnet โดยผลลัพธ์จะต้องมีความคมชัดในทุกสภาวะแสง เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการสำรวจก่อนที่จะเริ่มดำเนินการสำรวจในพื้นที่อื่น ๆ

เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมทางด้าน การสำรวจ ที่ปรึกษาจะจัดเตรียมพื้นที่ทดสอบและดำเนินการนำเข้า จัดเก็บข้อมูลทดสอบบนระบบ Roadnet ก่อนเริ่มดำเนินการสำรวจในพื้นที่ตามแผนการสำรวจ โดยแปลงการทดสอบประกอบด้วย พื้นที่ที่มีแสงน้อย แสงจ้า ใต้สะพาน ใต้ทางยกระดับ, อุโมงค์ และทางลอด เพื่อให้ข้อมูลภาพทางสองข้างทางมีความคมชัดและเห็นผิวทางในทุกสภาวะแสง ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 4-43 และรูปที่ 4-44



รูปที่ 4-43 ภาพตัวอย่างพื้นที่แสงน้อยของอุปกรณ์ LCMS

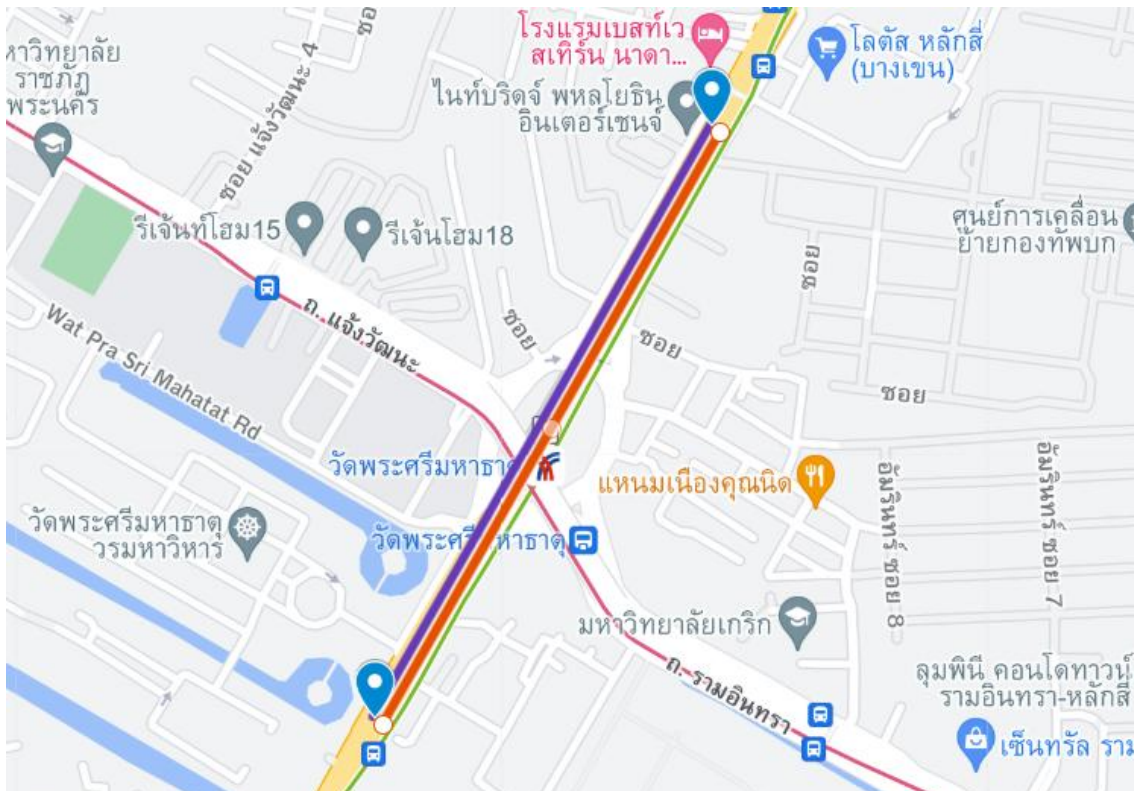


รูปที่ 4-44 ภาพตัวอย่างพื้นที่แสงน้อยของอุปกรณ์ Laser Profilometer



- การเปรียบเทียบกล้องหน้า (ROW Camera) รถสำรวจของทีมที่ปรึกษา ในเขตพื้นที่อุโมงค์บางเขน (วงเวียนวัดพระศรีฯ)

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ Row Camera ในการเก็บภาพภายในอุโมงค์บางเขนที่มีระยะทาง 900 เมตร โดยมุ่งเน้นศึกษาผลกระทบของสภาพแสงน้อย และความเร็วของรถที่มีต่อคุณภาพของภาพที่ได้จาก Row Camera ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการนำ Row Camera ไปประยุกต์ใช้งานจริงในอนาคต โดยทางที่ปรึกษาได้ดำเนินการสำรวจโดยใช้อุปกรณ์สำรวจที่ติดตั้งบนยานพาหนะเพื่อทดสอบภาพที่ความเร็วต่าง ๆ ที่ตัวกล้องสามารถเก็บข้อมูลภาพได้ในสภาวะที่มีแสงแตกต่างกันได้ โดยปัจจัยหลัก คือ กล้องถ่ายภาพของยานพาหนะสำรวจแต่ละคันนั้นมีความแตกต่างในเรื่องของ ยี่ห้อ รุ่น และปีที่ผลิตต่างกัน จึงต้องการหาความเป็นไปได้ที่ภาพของแต่ละยานพาหนะสำรวจ จะมีความชัดเจนของภาพ สี ที่ใกล้เคียงกันให้ได้มากที่สุด ที่ปรึกษาจึงได้ดำเนินการเลือกทดสอบห้องจราจรฝั่งซ้ายสุดของถนนภายในอุโมงค์ ณ พื้นที่วงเวียนวัดพระศรีฯ แสดงดังรูปที่ 4-45

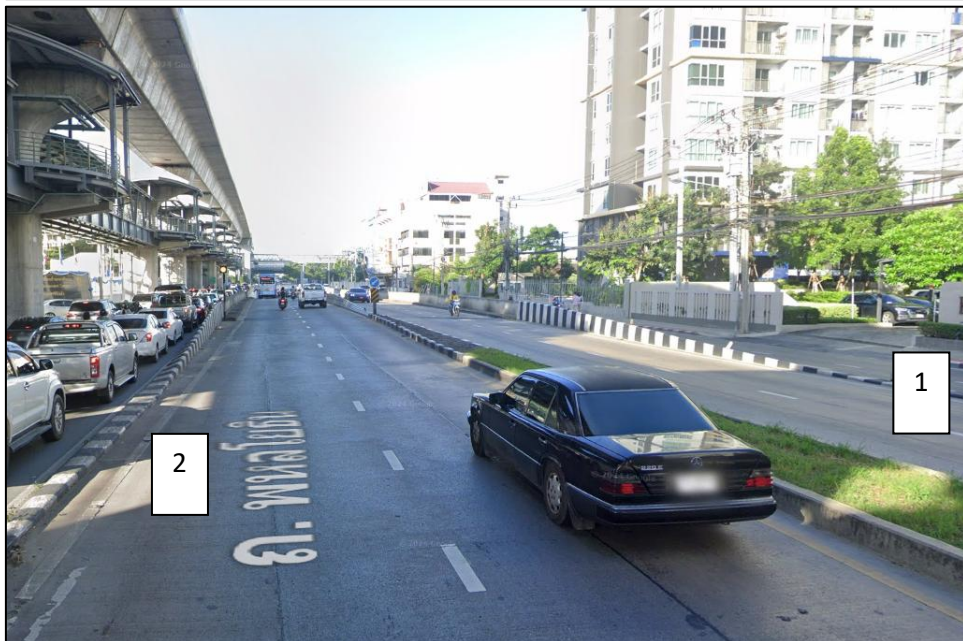


รูปที่ 4-45 พื้นที่งานทดสอบภาพกล้องหน้า (ROW Camera)



ตารางที่ 4-28 ตารางสรุปพื้นที่ในการทดสอบภาพกล้องหน้า (ROW Camera)

ลำดับ	เริ่มต้น	สิ้นสุด	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	ช่องจราจร	ระยะทาง (กม.)
1	หน้าวัดพระศรีฯ	โลตัสหลักสี่	18+100	19+000	L2	0.900
2	โลตัสหลักสี่	หน้าวัดพระศรีฯ	19+000	18+100	R2	0.900



รูปที่ 4-46 แสดงลำดับสายทาง และช่องจราจรในการทดสอบ และภาพถ่ายจากสถานที่จริง



- ผลลัพธ์งานทดสอบผลลัพธ์งานทดสอบภาพจากกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) และ กล้องบันทึกภาพผิวทาง (Pavement Camera)

ที่ปรึกษาได้มีการตรวจสอบสภาพของกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) และ กล้องบันทึกภาพผิวทาง (PAVE Camera) ให้พร้อมใช้งานก่อนเริ่มดำเนินการทดสอบ

โดยเลือกพื้นที่บริเวณอุโมงค์บางเขนเป็นอุโมงค์ลอดทางแยกบนถนนแจ้งวัฒนะ มีระยะทาง 900 เมตร สภาพแวดล้อมภายในอุโมงค์มีแสงสว่างมากน้อย โดยหลักเกณฑ์ของทางที่ปรึกษาได้ตั้งไว้คือการทดสอบที่ความเร็ว 3 ระดับ คือ 40 km/h 50 km/h และ 60 km/h ทดสอบในช่วงเวลา 10.30 น.

ช่วงที่ทำการทดสอบในวันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2569 สภาพอากาศปกติ ท้องฟ้าเปิดโล่ง แสงส่องสว่างได้ดีภายในพื้นที่ทดสอบ

ตารางที่ 4-29 ตัวแปรการตั้งค่าของกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) มีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของแต่ละอุปกรณ์

อุปกรณ์สำรวจ	Exposure auto	Gain auto	gamma	Black level	Balance Ratio	White Balance Auto	ขนาดภาพ
CU LCMS	on	on	0.78	3.5	1.26	off	1600*1200
STS LCMS	on	on	1.03	none	none	none	1600*1200
CU LASER PROFILE	Off (430.01)	on	1.2	6.23	0	on	1600*1200
TU LASER PROFILE	on	470	110	10	none	none	1600*1200



ตารางที่ 4-30 ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ด้านซ้ายทาง ความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ช่วง กม.	รถสำรวจคันที่ 1 LCMS CU	รถสำรวจคันที่ 2 LASER PROFILE CU	รถสำรวจคันที่ 3 LCMS STS	รถสำรวจคันที่ 4 LASER PROFILE TU
18+160				
18+405				



ตารางที่ 4-30 ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ด้านซ้ายทาง ความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ต่อ)

ช่วง กม.	รถสำรวจคันที่ 1 LCMS CU	รถสำรวจคันที่ 2 LASER PROFILE CU	รถสำรวจคันที่ 3 LCMS STS	รถสำรวจคันที่ 4 LASER PROFILE TU
18+435				
18+455				



ตารางที่ 4-30 ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ด้านซ้ายทาง ความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ต่อ)

ช่วง กม.	รถสำรวจคันที่ 1 LCMS CU	รถสำรวจคันที่ 2 LASER PROFILE CU	รถสำรวจคันที่ 3 LCMS STS	รถสำรวจคันที่ 4 LASER PROFILE TU
18+585				
18+690				





ตารางที่ 4-31 ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ช่วง กม.	รถสำรวจคันที่ 1 LCMS CU	รถสำรวจคันที่ 2 LASER PROFILE CU	รถสำรวจคันที่ 3 LCMS STS	รถสำรวจคันที่ 4 LASER PROFILE TU
18+160				
18+405				





ตารางที่ 4-31 ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ต่อ)

ช่วง กม.	รถสำรวจคันที่ 1 LCMS CU	รถสำรวจคันที่ 2 LASER PROFILE CU	รถสำรวจคันที่ 3 LCMS STS	รถสำรวจคันที่ 4 LASER PROFILE TU
18+435				
18+455				





ตารางที่ 4-31 ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ต่อ)

ช่วง กม.	รถสำรวจคันที่ 1 LCMS CU	รถสำรวจคันที่ 2 LASER PROFILE CU	รถสำรวจคันที่ 3 LCMS STS	รถสำรวจคันที่ 4 LASER PROFILE TU
18+585				
18+690				






ตารางที่ 4-32 ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ช่วง กม.	รถสำรวจคันที่ 1 LCMS CU	รถสำรวจคันที่ 2 LASER PROFILE CU	รถสำรวจคันที่ 3 LCMS STS	รถสำรวจคันที่ 4 LASER PROFILE TU
18+160				
18+405				



ตารางที่ 4-32 ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ต่อ)

ช่วง กม.	รถสำรวจคันที่ 1 LCMS CU	รถสำรวจคันที่ 2 LASER PROFILE CU	รถสำรวจคันที่ 3 LCMS STS	รถสำรวจคันที่ 4 LASER PROFILE TU
18+435				
18+455				





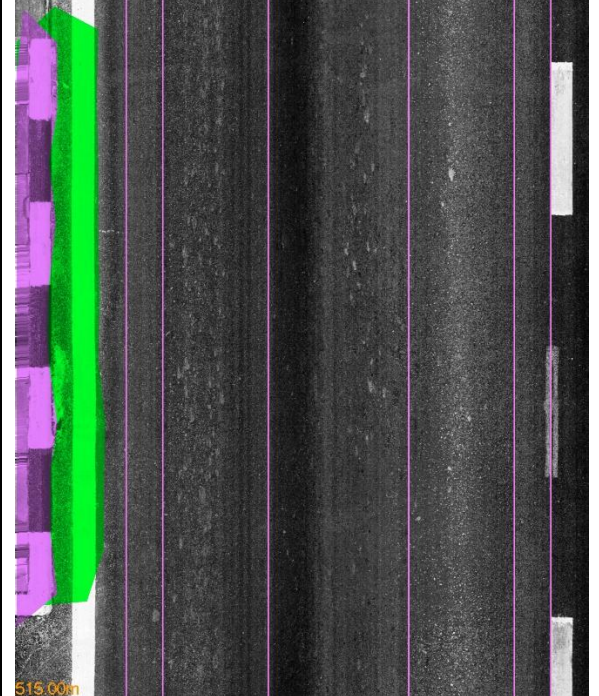
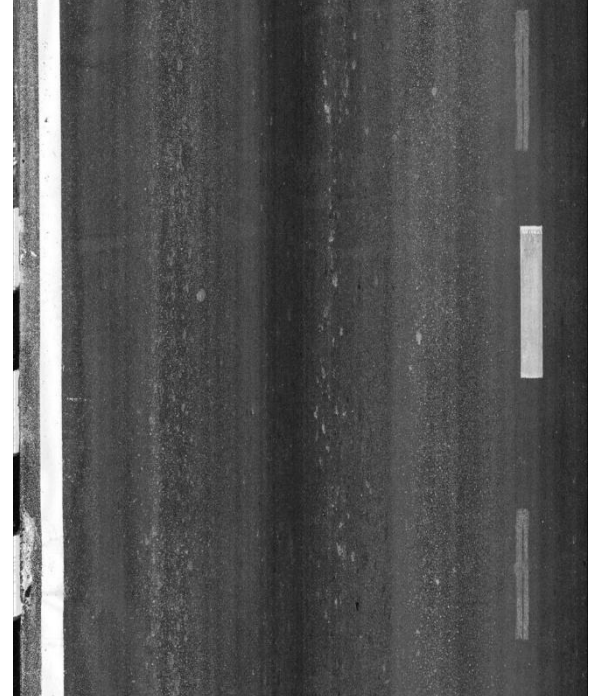
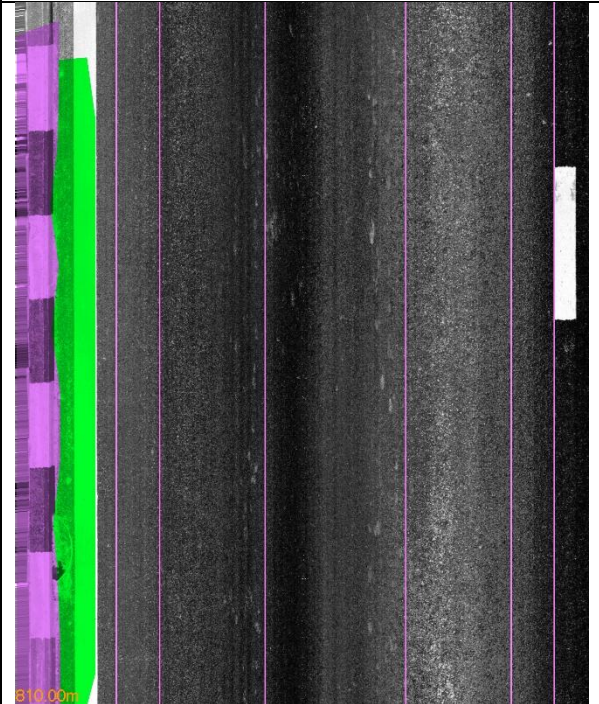
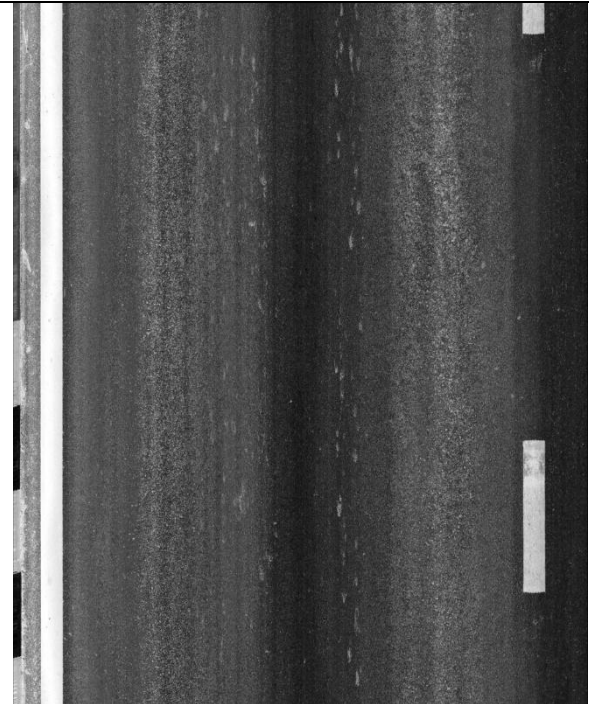
ตารางที่ 4-32 ผลการทดสอบภาพกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน ช่วงเวลา 10.30 น. ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ต่อ)

ช่วง กม.	รถสำรวจคันที่ 1 LCMS CU	รถสำรวจคันที่ 2 LASER PROFILE CU	รถสำรวจคันที่ 3 LCMS STS	รถสำรวจคันที่ 4 LASER PROFILE TU
18+585				
18+690				



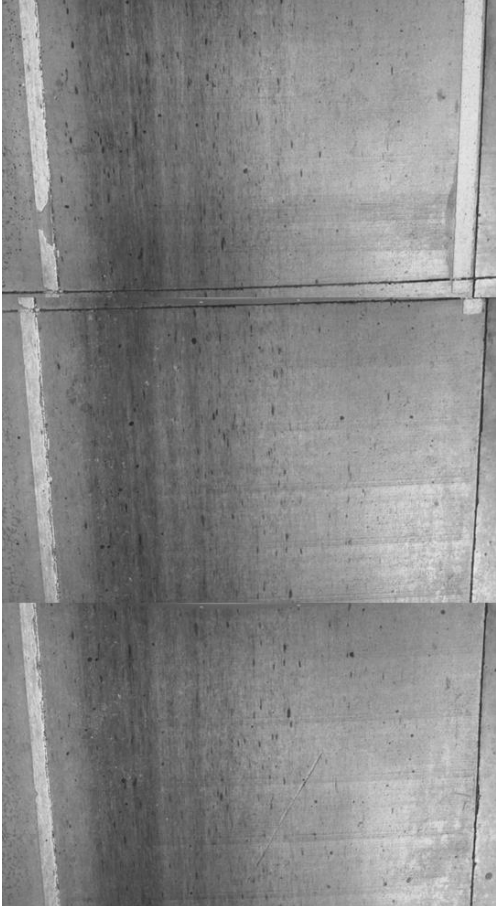
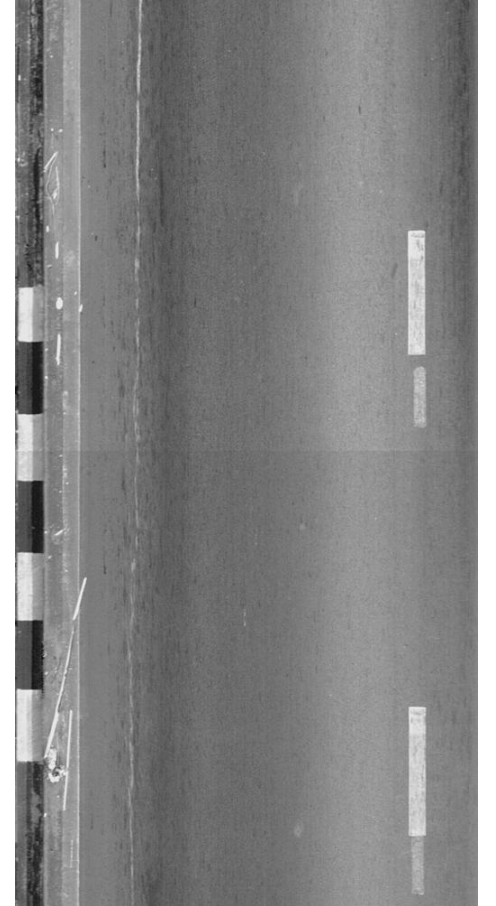


ตารางที่ 4-33 การเปรียบเทียบภาพกล้องบันทึกภาพผิวทาง (Pavement Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน

รถสำรวจคันที่ 1 LCMS CU	รถสำรวจคันที่ 3 LCMS STS
 <p>515.00m</p>	
 <p>810.00m</p>	



ตารางที่ 4-33 การเปรียบเทียบภาพกล้องบันทึกภาพผิวทาง (Pavement Camera) ของรถสำรวจทั้ง 4 คัน (ต่อ)

รถสำรวจคันที่ 2 LASER PROFILE CU	รถสำรวจคันที่ 4 LASER PROFILE TU
	

● ข้อจำกัดของตัวกล้องถ่ายภาพทั้งภาพ ROW และ ภาพ Pavement ของยานพาหนะสำรวจทั้ง 4 คัน

1. ข้อจำกัดทางด้านเทคนิคของกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera)
 - ยี่ห้อ และรุ่นของกล้องที่แตกต่างกันมีผลต่อการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวกล้องทำการปรับให้ภาพที่บันทึกได้มีความแตกต่างไปด้วยในแต่ละอุปกรณ์สำรวจ
 - เมื่อกล้องของอุปกรณ์สำรวจแต่ละคันมียี่ห้อและรุ่นที่ต่างกันแล้วนั้นหมายถึงรูรับแสงของอุปกรณ์สำรวจแต่ละคันนั้นแตกต่างกันไปด้วย จึงส่งผลให้ อุปกรณ์บางคัน ภาพ สว่างหรือมืดแตกต่างกันไป



- มุมของกล้องในแต่ละคันนั้นมีความแตกต่างกันเนื่องจากตัวรถสำรวจแต่ละคันนั้นเป็นรถคนละยี่ห้อ ขนาดความกว้าง ยาว สูง ของตัวรถจึงต่างกัน ส่งผลต่อมุมของกล้องทำให้ส่งผลของรูรับแสงทำให้ แต่ละคันนั้นมีรายละเอียดของภาพที่แตกต่างกันออกไป
 - ความเร็วที่ใช้ในการสำรวจ มีผลต่อรูปรับแสงของกล้อง หากใช้ความเร็วที่สูงเกินไป ก็อาจจะทำให้กล้องไม่สามารถปรับแสงทันตามความเร็วของรถได้ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดภาพมืดภาพสว่างได้ โดยความเร็วที่แนะนำในการสำรวจภายในพื้นที่ได้ทางยกระดับหรืออุโมงค์ จะอยู่ที่ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจะดีที่สุด
2. ข้อจำกัดทางสภาพแวดล้อมกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ROW Camera)
- สภาพอากาศในขณะที่สำรวจมีผลต่อภาพที่ทำการบันทึก เนื่องจากหากพื้นที่สำรวจมีแสงน้อยเกินไปก็ทำให้ภาพมืดได้ หรือหากมีแสงมากเกินไปก็จะทำให้ภาพที่ทำการบันทึกสว่างเกินไปได้
 - สภาพแสงภายในอุโมงค์มีความแตกต่างกันอย่างมากในแต่ละช่วง เช่น บริเวณทางเข้า-ออกอุโมงค์จะมีแสงสว่างจ้า ในขณะที่กลางอุโมงค์จะมีแสงน้อย การเปลี่ยนแปลงของแสงอย่างรวดเร็วอาจทำให้กล้องปรับค่าแสงได้ไม่ทัน ส่งผลให้ภาพบางส่วนมืดเกินไปหรือสว่างเกินไป
3. ข้อจำกัดทางด้านเทคนิคของกล้องบันทึกภาพผิวทาง (Pavement Camera)
- LCMS มีข้อจำกัดทางด้านความสูงของเซนเซอร์ อยู่ที่ 2.2 เมตร +/- 5 ซม. และความเร็วต่ำสุดที่เซนเซอร์จะสามารถบันทึกภาพได้ อยู่ที่ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งหากระหว่างทำการสำรวจ มีการกระแทกจากการตกหลุมหรือรถยวบจากการที่รถกระโดด ทำให้ความสูงต่ำกว่า 2.2 เมตร หรือความเร็วขณะทำการสำรวจน้อยกว่า 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้ภาพกล้องหลังเกิดเป็นภาพโมเสกได้ แต่ในกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้ในบางช่วงไม่ได้เกิดตลอดทั้งสายทางที่ทำการสำรวจ
 - Laser Profilometer มีข้อจำกัดด้านหากพื้นที่สำรวจมีเงาต้นไม้หรือสายไฟบดบังพาดผ่านผิวถนนเป็นสิ่งที่สามารถแก้ไขได้ยากที่จะปรับการตั้งค่าภาพให้เงาบดบังหายไปซึ่งอย่างไรก็ตามหากภาพผิวทางที่ได้ออกมามีความคมชัดมากพอที่จะมองเห็นความเสียหายได้ก็สามารถนำภาพไปใช้ในการประเมินความเสียหายต่อไปได้ ซึ่งในทาง



กลับกันภาพถ่ายผิวทางที่ได้จากอุปกรณ์สำรวจ LCMS เจาบดบังบนผิวทางจะไม่ส่งผลต่อภาพเนื่องจากตัวภาพถูกสร้างจากการซ้อนทับของ point cloud ที่ฉายลงไปยังผิวถนนทำให้มีภาพที่ให้รายละเอียดคมชัดมากกว่า

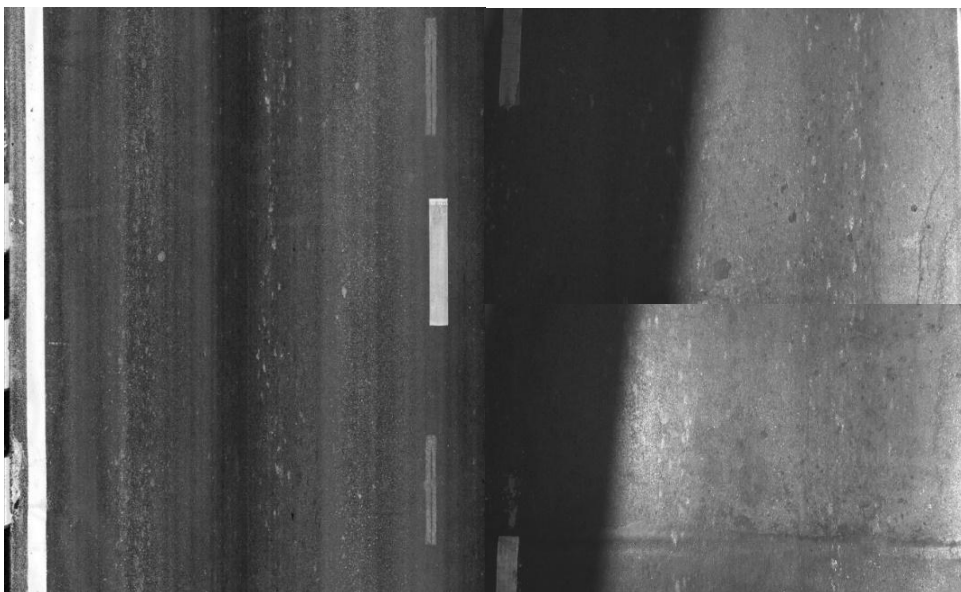
- **แนวทางการแก้ไขเบื้องต้น**

- **ภาพถ่ายกล้องหน้า (ROW Camera)**

ภาพถ่ายกล้องหน้าที่สำรวจมาจากสายทางนั้นถูกบันทึกภาพมาทุก ๆ 5 เมตร เมื่อนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผล และนำเข้าสู่ระบบแล้วจะเป็นการแสดงผลภาพทุก ๆ 25 เมตร ดังนั้น การส่งผลของภาพมืดและสว่างหากเกิดขึ้นไม่ถึง 5 ภาพ ต่อจุด หรือ 25 เมตร จะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานระบบเพื่อแสดงผล หากเกิดขึ้นเกินกว่าบริเวณดังกล่าว ทางที่ปรึกษาจะดำเนินการปรับ และแก้ไขโดยซอฟต์แวร์ปรับภาพเพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดดังกล่าวได้

- **ภาพถ่ายกล้องหลัง (Pavement Camera)**

ภาพถ่ายกล้องหลังเป็นข้อจำกัดซึ่งเกิดจากสภาพแวดล้อมภายในสายทางที่สำรวจ โดยเมื่อสำรวจในช่วงเวลากลางวัน ทำให้ภาพถ่ายติดเงาจากต้นไม้หรือแนวสายไฟฟ้าได้ แต่ภาพถ่ายนั้นยังสามารถเห็นความเสียหายได้อยู่ การแก้ไขทำได้โดยการอัปเดตอุปกรณ์เป็น LCMS ทั้งหมด เนื่องจากอุปกรณ์ LCMS มีหลักการทำงานโดยการยิงจุดเลเซอร์ไปตกกระทบกับวัตถุ เป็นการสะท้อนค่าของวัตถุกลับมาที่ตัวอุปกรณ์ ทำให้ไม่เกิดเงาจากสภาพแวดล้อม



รูปที่ 4-47 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ภาพถ่ายจากตัวอุปกรณ์ LCMS และ Laser Profilometer



4.3.4.5 ดำเนินการสำรวจสภาพทางตามแผนที่ได้นำเสนอและได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการบริหารโครงการฯ และหน่วยงานในพื้นที่ ตามข้อ 4.3.2

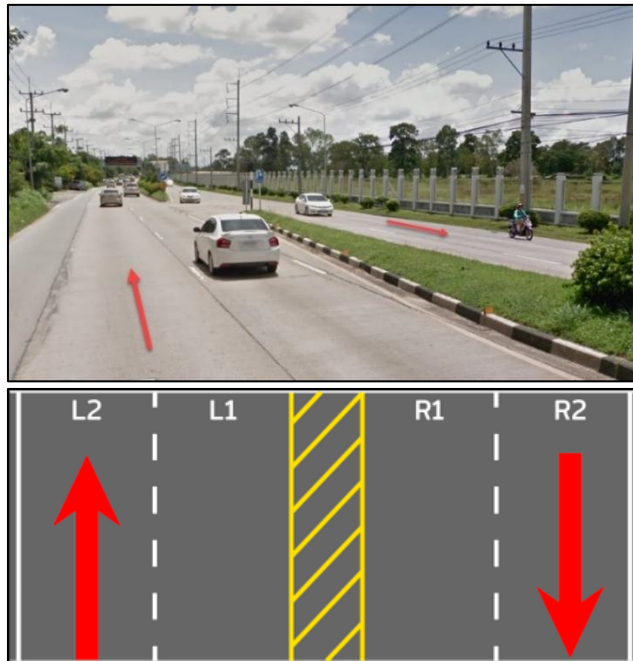
วิธีการวิ่งสำรวจสายทางในโครงการ

- กรณีสำรวจ 1 ทิศทาง จะทำการสำรวจช่องจราจรด้านซ้ายสุดของถนนในทิศทางที่มีความเสียหายมากที่สุด



รูปที่ 4-48 แสดงการวิ่งช่องจราจรด้านซ้ายสุด

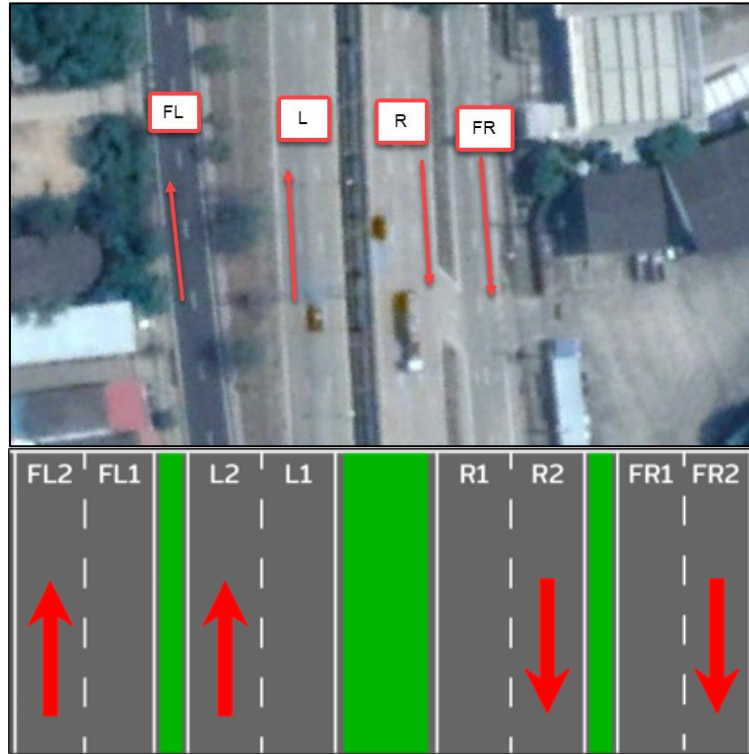
- กรณีสำรวจ 2 ทิศทาง จะทำการสำรวจช่องจราจรด้านซ้ายสุดของถนนทั้ง 2 ทิศทาง



รูปที่ 4-49 แสดงการวิ่งช่องจราจรด้านซ้ายสุดของถนนทั้ง 2 ทิศทาง



- กรณีที่มีการสำรวจ 2 ทิศทาง แล้วมีทางคู่ขนาน ให้ทำการวิ่งสำรวจในช่องจราจรด้านซ้ายสุดของทางคู่ขนาน



รูปที่ 4-50 แสดงภาพมุมมองสูงการวิ่งจราจรช่องซ้ายสุดทั้งทางหลักและทางขนาน

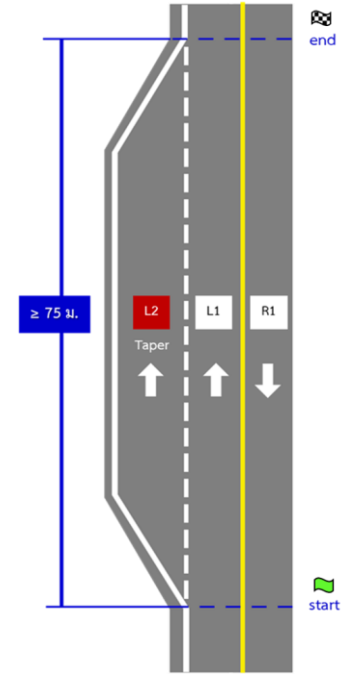
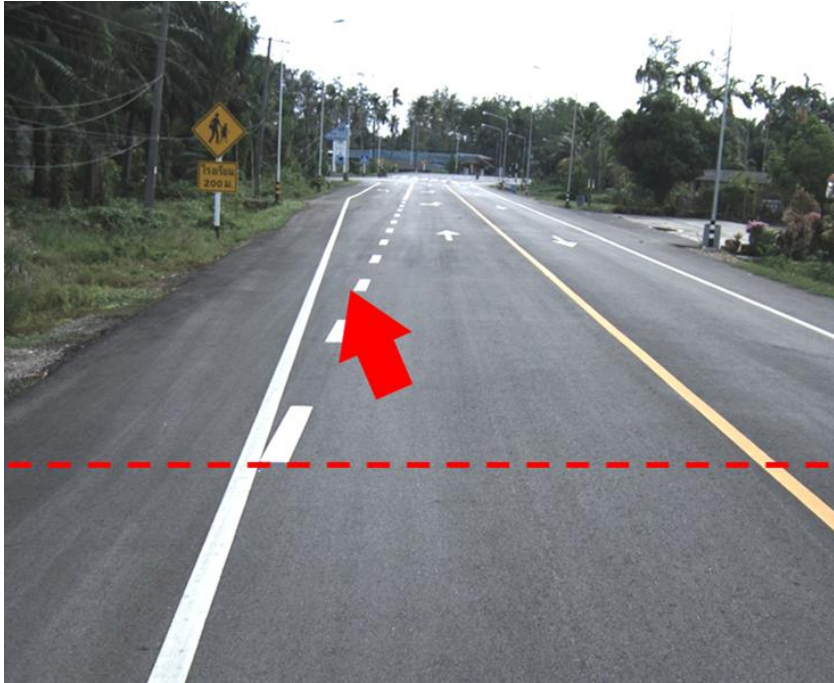
- กรณีที่มีการเพิ่มช่องจราจร จาก 2 ช่องจราจร เป็น 4 ช่องจราจรขึ้นไป ให้ทำการสำรวจช่องจราจรด้านซ้ายสุดของทั้งฝั่งขา L และ ฝั่งขา R



รูปที่ 4-51 แสดงภาพการเข้าสำรวจทางขนาน

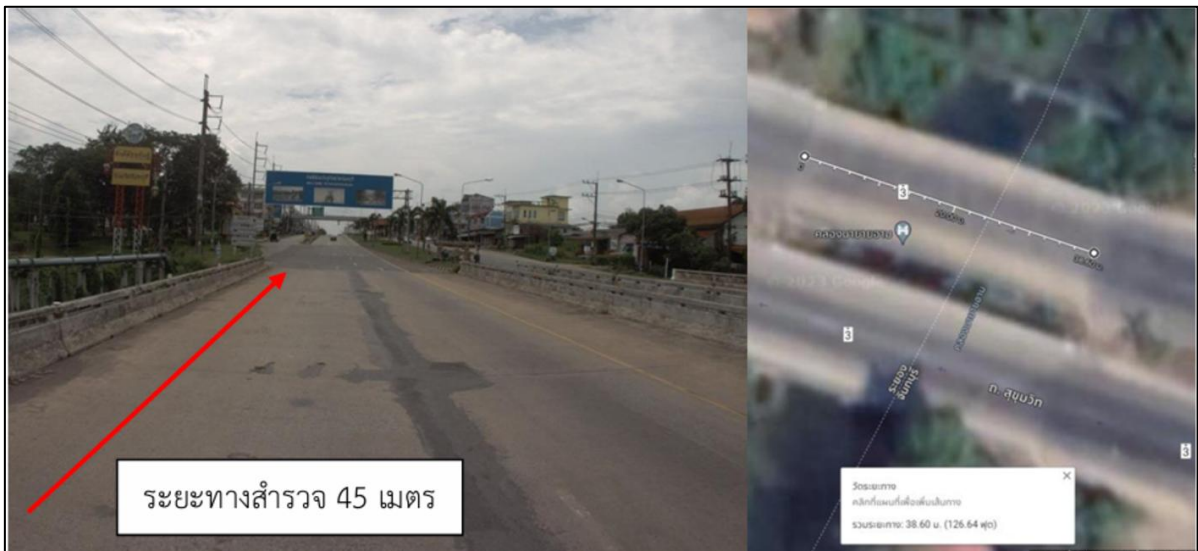


- กรณีช่วงที่มีการขยายความกว้างของช่องจราจร (Taper)
กรณีช่วงที่มีการขยายความกว้างของช่องจราจร (Taper) เป็นระยะทางมากกว่า 75 เมตร ให้ทำการสำรวจเพิ่มเติม



รูปที่ 4-52 ภาพแสดงรูปแบบการวิ่งสำรวจ Taper

- กรณีที่ผิวทางความยาวไม่ถึง 75 เมตร ไม่ต้องแยกผิว ยกเว้น กรณีที่ผิวทางนั้นอยู่ในช่วงต้น และท้าย ของตอนควบคุม



รูปที่ 4-53 แสดงการวิ่งสำรวจกรณีผิวทางสะพานมีความยาวไม่ถึง 75 เมตร

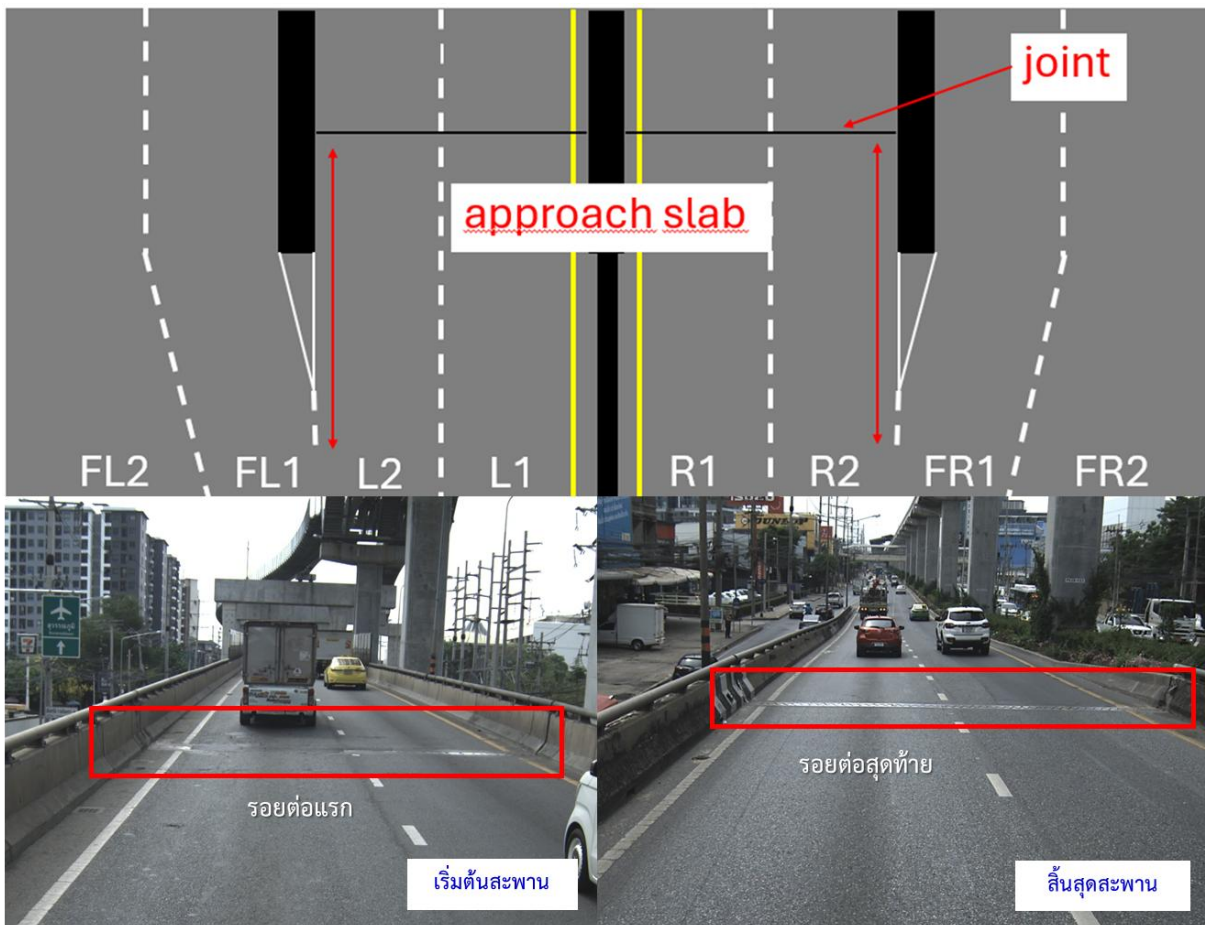


- การตัดผิวของทางขนาน เริ่มต้น และสิ้นสุดผิวที่เส้นจราจรที่บรรจบเส้นประ



รูปที่ 4-54 แสดงการวิ่งสำรวจและการตัดข้อมูลประเภททางขนาน

- การตัดผิวสะพาน ให้ยึดทางที่มีสะพานเป็นทางหลัก ส่วนทางด้านล่างที่ผ่าน 4 แยก ให้เป็นทางขนาน



รูปที่ 4-55 ภาพแสดงการตัดผิวสะพาน



- กรณีที่ไม่สามารถทำการสำรวจในช่องจราจรด้านซ้ายสุดของถนนได้ เนื่องจาก มีเหตุจำเป็น เช่น ปิดปรับปรุงผิวจราจร ก็จะทำให้การสำรวจช่องจราจรที่อยู่ติดกับ ช่องจราจรดังกล่าวแทน



รูปที่ 4-56 แสดงภาพเมื่อเข้าสำรวจด้านซ้ายสุดของถนนไม่ได้ เนื่องจากมีเหตุจำเป็น

- กรณีที่พื้นผิวสายทางเปียกเนื่องจากฝนตกหรือมีน้ำขังในช่องจราจร ที่จะทำให้การสำรวจ จะทำการหยุดการสำรวจในสายทางนั้น แล้วจะกลับมาสำรวจใหม่เมื่อพื้นผิวสายทางแห้งสนิท



รูปที่ 4-57 แสดงภาพสายทางที่เปียกจนไม่สามารถสำรวจได้

- กรณีที่สายทางมีอุปสรรคในการสำรวจ เช่น มีสิ่งก่อสร้างถาวรกีดขวางทำให้รถไม่สามารถเข้าสำรวจได้ หรืออยู่ในพื้นที่หวงห้ามของราชการที่ไม่อนุญาตให้เข้าพื้นที่ได้ จะไม่ทำการสำรวจ แล้วทำการรายงานปัญหาและอุปสรรคเพื่อแจ้งแก่คณะกรรมการ แล้วดำเนินการสำรวจในสายทางสำรองแทน



รูปที่ 4-58 แสดงภาพเมื่อไม่สามารถเข้าสำรวจได้เนื่องจากมีสิ่งก่อสร้างถาวรกีดขวาง
ทำให้รถไม่สามารถเข้าสำรวจได้

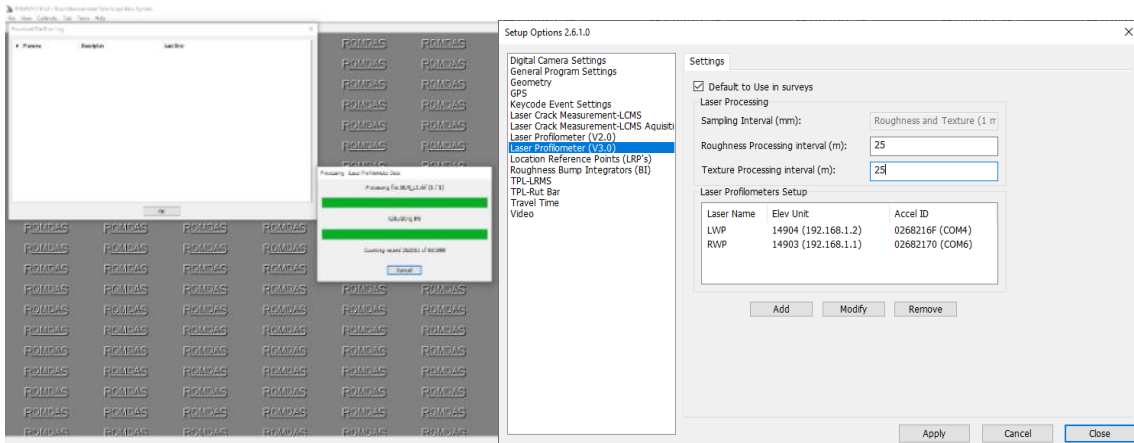


4.4 การประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจ

ที่ปรึกษาจะต้องทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอย่างน้อยตามที่มีในระบบฐานข้อมูล Roadnet

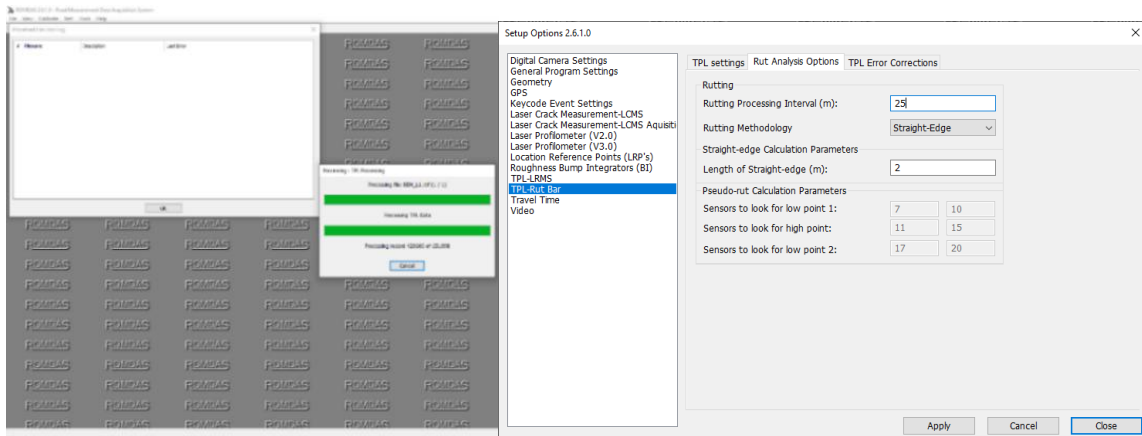
4.4.1 การประมวลผลข้อมูลจากชุดเครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) ทำการคำนวณทุกระยะ 25 เมตรหรือน้อยกว่า



รูปที่ 4-59 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าความลึกร่องล้อบนผิวทาง

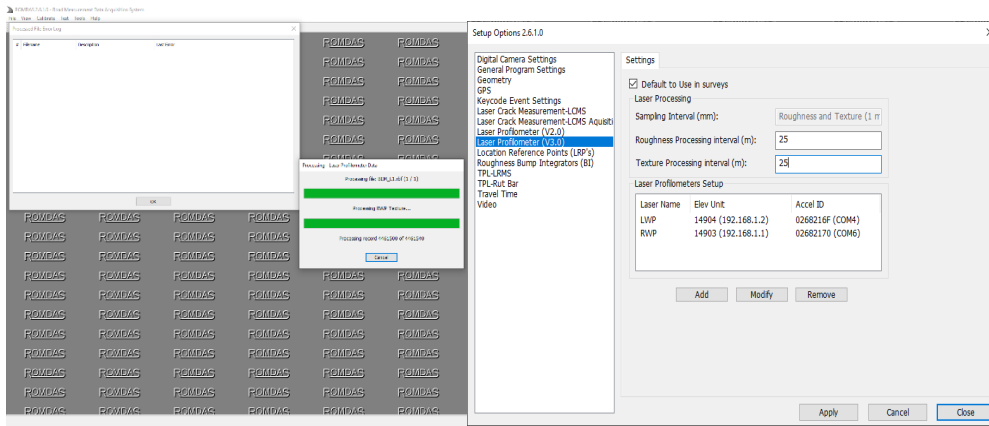
- 2) ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) ทำการคำนวณทุกระยะ 25 เมตรหรือน้อยกว่า



รูปที่ 4-60 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากลของผิวทาง



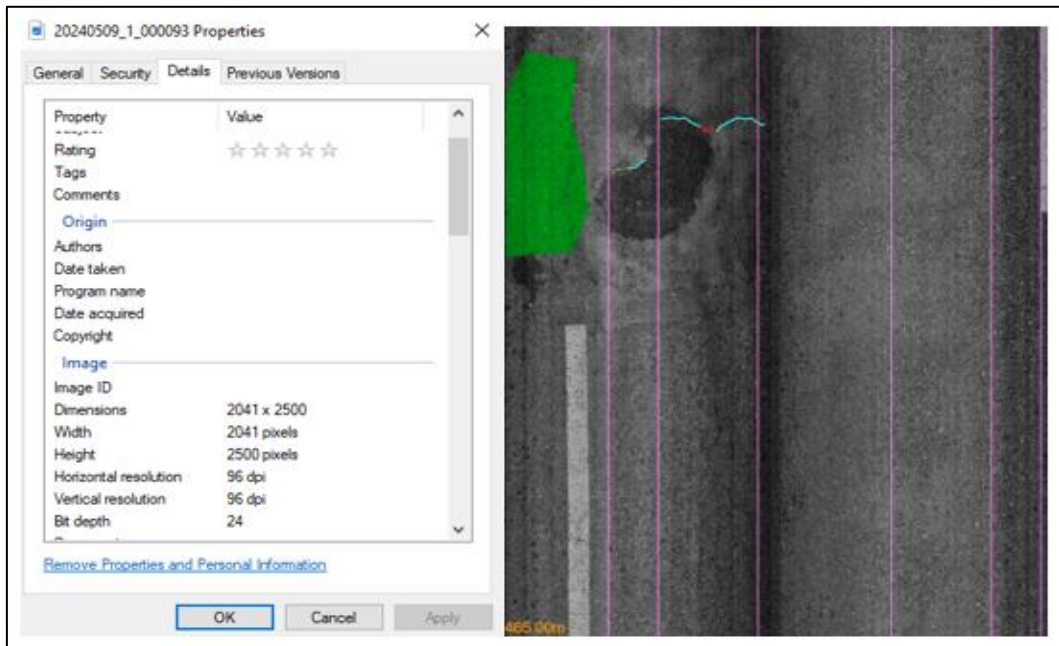
3) ข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD) ทำการคำนวณ ทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่า



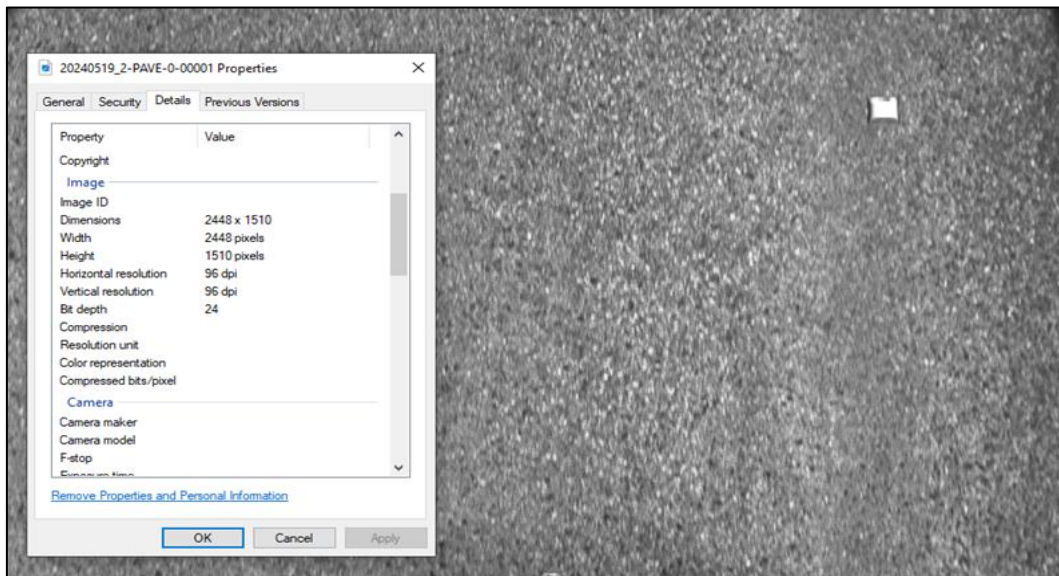
รูปที่ 4-61 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง

4) การประมวลผลข้อมูลสภาพผิวทาง ประกอบด้วย ข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) ที่ได้จากการสำรวจด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ความเสียหายผิวทาง จากภาพถ่ายหรือระบบวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางอัตโนมัติ (Automatic Crack Detection) ร่วมกับการตรวจสอบจากผู้ประเมิน (Manual Rating) เป็นการผสมผสานการใช้ทั้ง 2 รูปแบบ เพื่อความแม่นยำและเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบผิวทาง จะแบ่งเป็นการประเมิน ตามประเภทตามสภาพผิวทาง คือ ผิวลาดยางและผิวคอนกรีต ซึ่งข้อมูลประเภท และปริมาณความเสียหายจะถูกบันทึกโดยอ้างอิงกับพิกัดภูมิศาสตร์ โดยจะทำการคำนวณ ทุกระยะ 25 เมตรหรือน้อยกว่า ข้อมูลสภาพผิวทางจากอุปกรณ์ โดยข้อมูลจะถูกบันทึก ในรูปแบบภาพถ่ายต่อเนื่องของผิวทางที่มีความละเอียด 2041x 2500 Pixels หรือ 2448x1510 Pixels โดยที่ปรึกษาจะทำการประเมินและวิเคราะห์ 2 วิธีประกอบด้วย

- ระบบวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางอัตโนมัติ (Automatic Crack Detection) เป็นการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการตรวจสอบ และวิเคราะห์ด้วยมือเพื่อลดระยะเวลาในการประเมิน
- การตรวจสอบความเสียหายจากผู้ประเมิน (Manual Rating) เป็นการประเมิน ความเสียหายผิวทางโดยใช้ผู้ที่ผ่านการอบรมโดยจะเป็นการประเมินผิวทางลาดยาง และคอนกรีตอย่างละ 6 ประเภทโดยการประเมินจะใช้ภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ระดับสูง Python เข้ามาช่วยร่วมกับการประเมิน และส่งออกค่าในรูปแบบไฟล์ Excel โดยในไฟล์จะประกอบไปด้วยข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IR) เพื่อแบ่งระดับความรุนแรงความเสียหายสภาพผิวทาง และระบุตำแหน่งของรูปภาพผิวทางเพื่อเพิ่มความแม่นยำและความรวดเร็ว ในการประเมิน



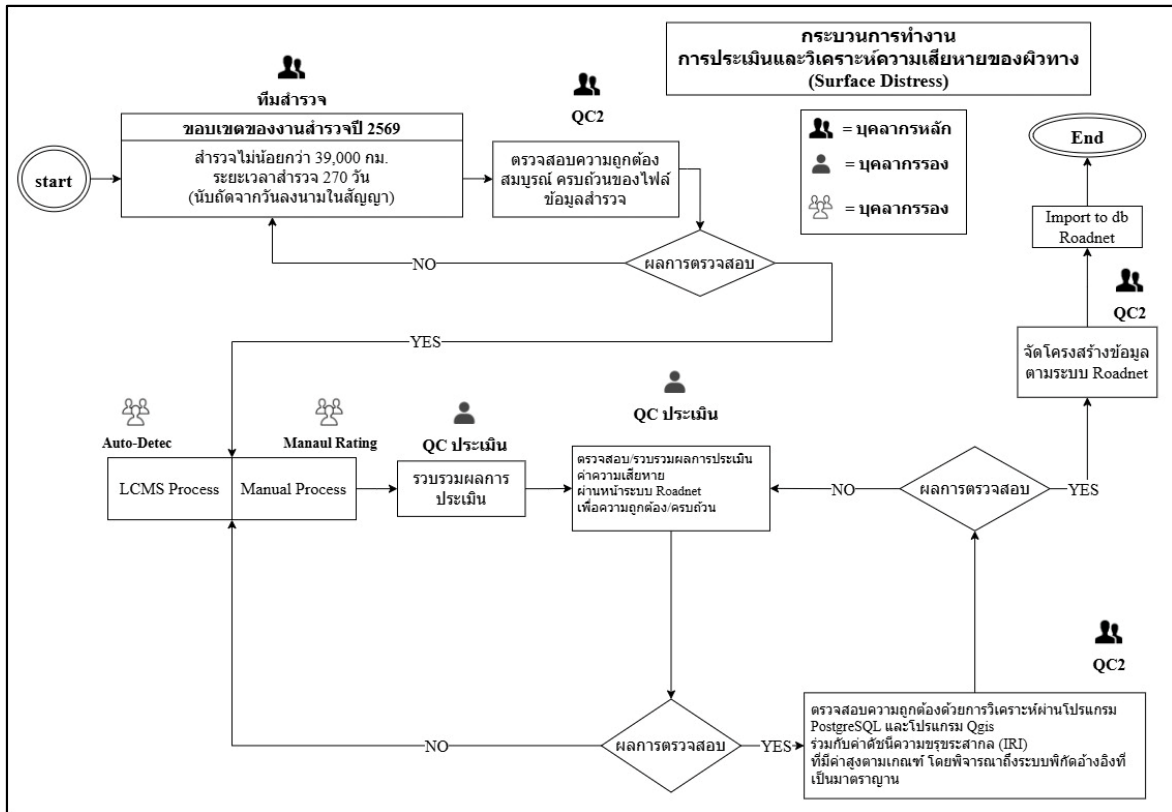
รูปที่ 4-62 แสดงภาพถ่ายผิวทางที่สร้างขึ้นจากเลเซอร์ จากอุปกรณ์ LCMS (Laser Crack Measurement System)



รูปที่ 4-63 แสดงความละเอียดภาพถ่ายสภาพความเสียหายผิวทาง (Surface Distress) จากอุปกรณ์ ROMDAS Pavement Camera



จากการประมวลผลข้อมูลสภาพผิวทาง (Surface Distress) จากกล้องบันทึกภาพถ่ายภาพต่อเนื่อง ที่มีการเก็บข้อมูลสภาพผิวทางเพื่อนำมาวิเคราะห์ความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) โดยที่ปรึกษาจะทำการแบ่งการประมวลผลออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) การประมวลผลข้อมูลความเสียหายผิวทางลาดยาง และ 2) การประมวลผลข้อมูลความเสียหายผิวทางคอนกรีต



รูปที่ 4-64 กระบวนการทำงานการประเมินและวิเคราะห์ความเสียหายของผิวทาง

ในการวิเคราะห์และประเมินความเสียหายมีวิธีการใช้ Coding ภาษา Python และ SQL เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ตรวจสอบความถูกต้องของความเสียหายผิวทางร่วมกับค่าดัชนีความขรุขระ IRI เพื่อแบ่งระดับความรุนแรงความเสียหายสภาพผิวทางและระบุตำแหน่งของรูปภาพความเสียหายสภาพผิวทาง



4.4.2 การประมวลผลข้อมูลความเสียหายของถนนผิวลาดยาง

จากการประมวลผลข้อมูลความเสียหายของผิวทาง ที่ปรึกษาจะประเมินปริมาณความเสียหายประเภทต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4-34 ที่ปรากฏบนถนนผิวลาดยางซึ่งข้อมูลประเภทและปริมาณความเสียหายจะถูกบันทึกและประมวลผลด้วยอุปกรณ์การสำรวจ โดยสามารถระบุค่าพิกัดตำแหน่งของภาพและสามารถบันทึกภาพผิวทางได้อย่างต่อเนื่อง ร่วมกับการประเมินวิเคราะห์ความเสียหายโดยบุคลากรผู้ชำนาญการ โดยใช้โปรแกรมเฉพาะทางสำหรับการประเมินที่สามารถส่งออกผลลัพธ์ค่าความเสียหายจากการประเมินสายทางและค่าพิกัดตำแหน่งของภาพที่เกิดความเสียหายได้

ตารางที่ 4-34 การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางลาดยาง

ผิวทางลาดยาง		
ลำดับที่	ประเภทความเสียหาย	หน่วยต่อระยะทาง
1	รอยแตกต่อเนื่องหรือรอยแตกหนังจระเข้ (Multiple Crack/Alligator Crack)	ตารางเมตร/กม.
2	รอยแตกตามยาว (Longitudinal Crack)	เมตร/กม.
3	การเอี่ยมของลาดยาง (Bleeding)	ตารางเมตร/กม.
4	การหลุดล่อน (Raveling)	ตารางเมตร/กม.
5	หลุมบ่อ (Pot holes)	ตารางเมตร/กม.
6	รอยปะซ่อม (Patching)	ตารางเมตร/กม.

4.4.3 การประมวลผลข้อมูลความเสียหายของถนนผิวคอนกรีต

ที่ปรึกษาจะประเมินปริมาณความเสียหายประเภทต่าง ๆ ที่ปรากฏบนถนน ผิวคอนกรีตซึ่งข้อมูลประเภทและปริมาณความเสียหายจะถูกบันทึกโดยอ้างอิงกับพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยหน่วยการวัดความเสียหายจากถนนผิวคอนกรีตจะแตกต่างจากหน่วยการวัดความเสียหายของถนนผิวลาดยาง เช่น รอยแตกตามขวางของถนนผิวลาดยางจะมีหน่วยการวัดเป็นความยาว (เมตร) ส่วนรอยแตกตามขวางของถนนผิวคอนกรีตจะมีหน่วยการวัดเป็นจำนวนแผ่น/กิโลเมตร เป็นต้น ซึ่งความเสียหายจากถนนผิวคอนกรีตแสดงดังตารางที่ 4-35

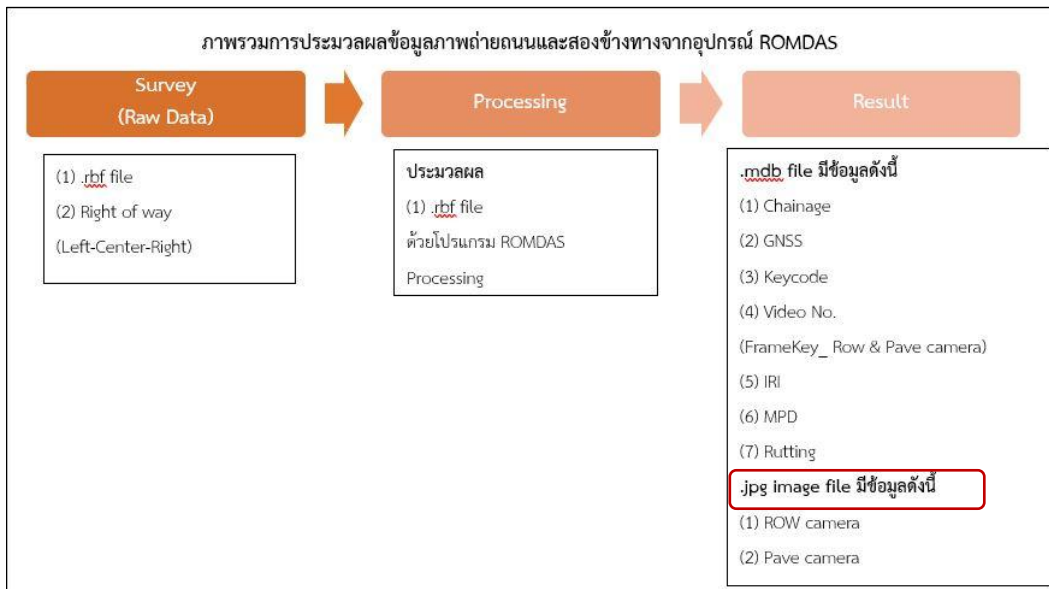


ตารางที่ 4-35 การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางคอนกรีต

ผิวทางคอนกรีต		
ลำดับที่	ประเภทความเสียหาย	หน่วยต่อระยะทาง
1	รอยแตกตามขวาง (Transverse cracks)	จำนวนแผ่น/กม.
2	รอยแตกตามยาว (Longitudinal cracks)	จำนวนแผ่น/กม.
3	รอยบิ่นกะเทาะที่รอยต่อ (Spalling)	(จำนวนจุด) ร้อยละของการบิ่นที่รอยต่อตามขวาง
4	รอยแตกที่มุม (Corner Breaks)	จำนวน/กม.
5	ความเสียหายของวัสดุยาแนวรอยต่อ (Joint Seal Damage)	เมตร/กม.
6	รอยปะซ่อม (Patching)	ตารางเมตร/กม.

4.4.4 การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายสองข้างทางจะต้องทำการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายทางที่มีความละเอียด 1600x1200 ในรูปแบบไฟล์ JPEG หรือดีกว่า

ข้อมูลภาพที่ได้จากการสำรวจสายทาง จะถูกนำมาประมวลผลที่มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 1600x1200 Pixel ในรูปแบบของไฟล์ JPEG หรือดีกว่า ซึ่งข้อมูลที่ได้จากกล้องบันทึกภาพภายในเขตทาง จะประกอบด้วยภาพถ่าย 2 ข้างทาง และสภาพแวดล้อมภายในเขตทางและนอกเขตทาง เป็นต้น

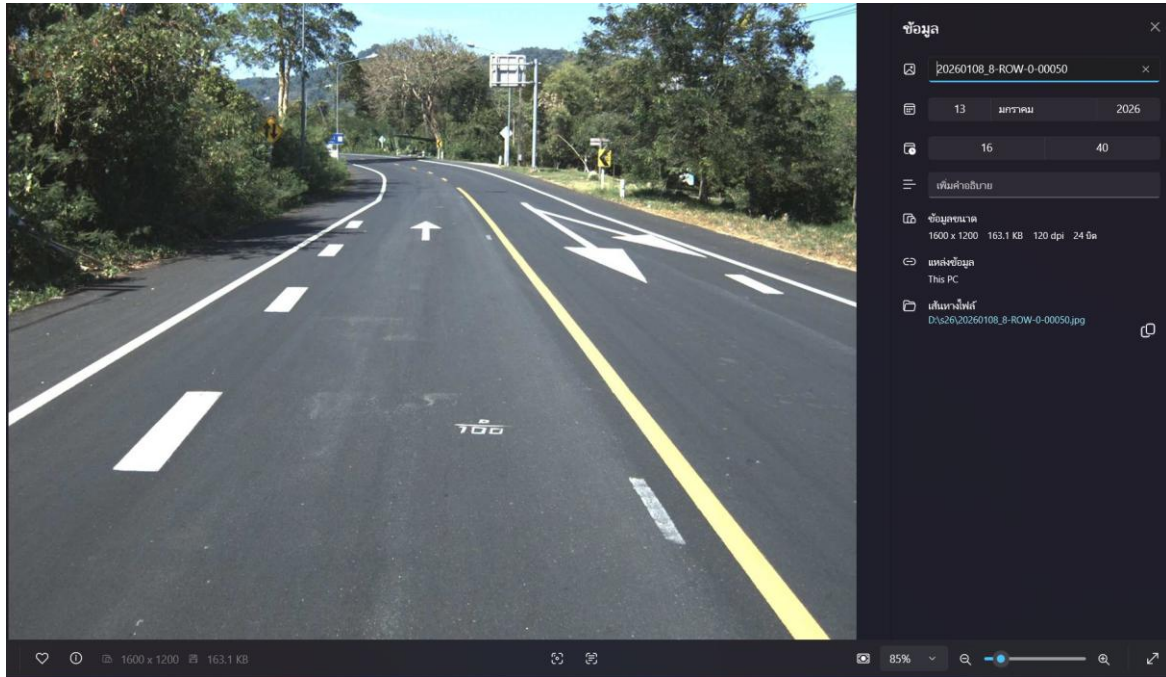


รูปที่ 4-65 การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายถนนและสองข้างทางจากอุปกรณ์ ROMDAS



รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569



รูปที่ 4-66 ตัวอย่างความละเอียดข้อมูลภาพถ่ายถนนและสองข้างทาง



รูปที่ 4-67 ตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพถนนและพื้นที่ภายในบริเวณเขตทาง ทั้งสองข้างบนระบบ Roadnet





ค่าสำรวจ กม.0+000-2+980 (เลน L1)

ข้อมูลจาก รถสำรวจ LCMS

กราฟ ฮิสโตแกรม พิวพ์ ส่งออก กม. 0+000 ถึง 2+975

IRI: 0.89 | 2.09 | 4.53 [$>3.5 = 4.17\%$] ม./กม.

Rut Depth: 140 | 3.87 | 11.28 [$>15 = 0.00\%$] มม.

MPD: 0.59 | 0.80 | 1.02 มม.

ระยะทาง: 2.98 กม. ผิวทาง: แอสฟัลต์ วันที่สำรวจ: 8 ม.ค. 69



รูปที่ 4-68 ผลลัพธ์การประมวลผลภาพถ่ายต่อเนื่องที่สามารถแสดงเป็นภาพเคลื่อนไหว พร้อมบ่งชี้ช่วง กม. บนระบบ Roadnet ได้

4.4.5 การประมวลผลข้อมูลการสำรวจในรูปแบบของแผนที่ (GIS) โดยพิจารณาถึงระบบพิกัดอ้างอิงที่เป็นมาตรฐานและสามารถจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล Roadnet ได้อย่างเหมาะสม เช่น ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinates Systems) พื้นหลักฐานอ้างอิง (WGS84) หากมีหรือระบบพิกัดอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น โดยสามารถระบุตำแหน่งข้อมูลการสำรวจแบบสัมพัทธ์ (Relative location) หรือแบบหลักกิโลเมตรตามระบบทะเบียนทางหลวงปัจจุบันที่ใช้อ้างอิงขณะที่ทำการสำรวจ โดยที่ปรึกษาจะต้องประมวลผลชุดข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) ข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting)
- 2) ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI)
- 3) ข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD)
- 4) ข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) จากระบบวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางแบบอัตโนมัติ (Automatic Detection)





ในปัจจุบัน การสำรวจข้อมูลภาคสนามมีบทบาทสำคัญต่อการวิเคราะห์และตัดสินใจในหลายมิติ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมักถูกเก็บในรูปแบบกระดาษหรือไฟล์ Excel ซึ่งสร้างปัญหาในการจัดการ ค้นหา และวิเคราะห์ข้อมูล ที่ปรึกษาจึงได้นำเสนอระบบฐานข้อมูล Access บนรถสำรวจ ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ระบบนี้ช่วยให้การจัดการข้อมูลมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และสะดวกยิ่งขึ้น

ที่ปรึกษาได้ทำการศึกษาระบบการส่งออกข้อมูลผ่านอุปกรณ์บนรถสำรวจ และพัฒนาทั้งตัวอุปกรณ์และวิธีการจัดเก็บข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยระบบฐานข้อมูล Microsoft Access ถูกเลือกใช้สำหรับจัดการข้อมูลในระบบนี้ ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

- **ใช้งานง่าย:** ผู้ใช้สามารถเรียนรู้และใช้งานโปรแกรม Access ได้อย่างง่ายดาย โดยไม่ต้องมีความรู้ด้านเทคนิคมากนัก
- **มีประสิทธิภาพ:** โปรแกรม Microsoft Access มีความเร็วในการค้นหาและประมวลผลข้อมูลสูง
- **รองรับการใช้งานหลากหลาย:** โปรแกรม Microsoft Access รองรับการใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Windows และ Mac
- **การจัดการข้อมูลมีประสิทธิภาพ:** ผู้ใช้สามารถค้นหา วิเคราะห์ และจัดการข้อมูลได้อย่างสะดวกรวดเร็ว
- **ข้อมูลมีความถูกต้อง:** โครงสร้างข้อมูลแบบสัมพันธ์ช่วยลดความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูล
- **การรายงานผลมีประสิทธิภาพ:** โปรแกรม Microsoft Access รองรับการสร้างรายงานในรูปแบบต่าง ๆ
- **ใช้งานกับระบบข้อมูลแบบสัมพันธ์ (Relational Database)** ซึ่งเก็บข้อมูลในรูปแบบตารางข้อมูล (Table) แต่ละตารางจะประกอบด้วยฟิลด์ (Field) หรือหัวรายการข้อมูล และเรคคอร์ด (Record) หรือชุดข้อมูลของแต่ละหน่วยเก็บข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้
 - **บิต (Bit):** ข้อมูลขนาดเล็กที่สุด เป็นข้อมูลที่เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจและนำไปใช้งานได้ ได้แก่ เลข 0 หรือ เลข 1 เท่านั้น
 - **ไบต์ (Byte):** 8 บิต เท่ากับ 1 ตัวอักษร
 - **ฟิลด์ (Field):** หัวรายการข้อมูล
 - **เรคคอร์ด (Record):** ฟิลด์ตั้งแต่ 1 ฟิลด์ขึ้นไป
 - **ไฟล์ (Files):** ฐานข้อมูล Access ประกอบด้วย Table, Form, Report, Query, Macro และ Module





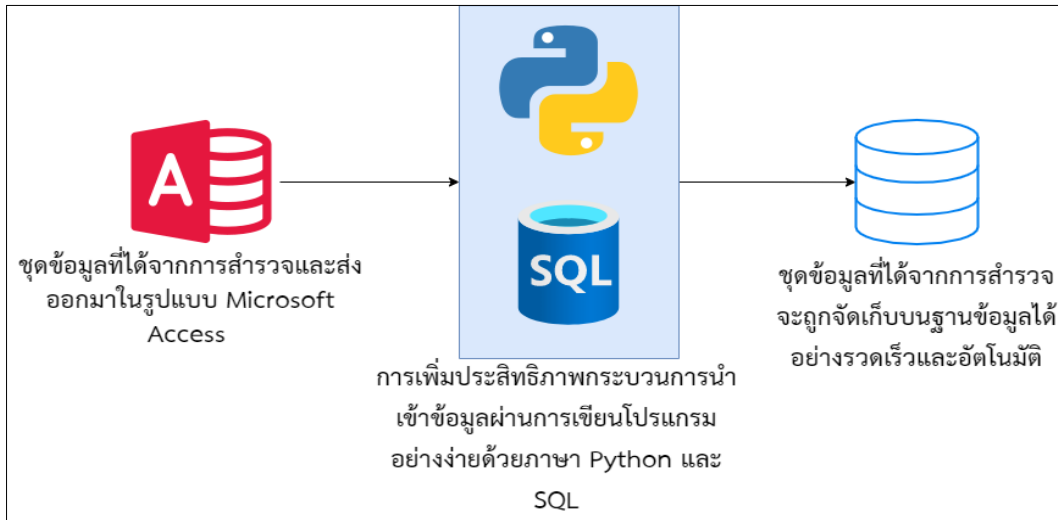
CHAINAGE	SPEED	LRP_NUMBE	LRP_OFFSET	GPS_TIME	LATITUDE	LONGITUDE	HEADING	EASTING	ALT_HAE	ALT_MSL	HEADING	POOP	HOOP	GPS_SOURCE
0	13	0	0	08:16:20.456	14.029360989833	101.1941805475	0	0	0	1.69	356.735	0.9	0.5	GPS-Geo-DR
5	18.3	0	5	08:16:21.599	14.0294071816667	101.194178113667	0	0	0	1.73	8.308	0.9	0.5	GPS-Geo-DR
10	20.8	0	10	08:16:22.485	14.0294520476667	101.1941836285	0	0	0	1.76	11.203	0.9	0.5	GPS-Geo-DR
15	23.3	0	15	08:16:23.251	14.0294980166667	101.194191453333	0	0	0	1.81	13.02	0.9	0.5	GPS-Geo-DR
20	26.1	0	20	08:16:23.959	14.0295412811667	101.194202495	0	0	0	1.95	14.757	0.9	0.5	GPS-Geo-DR
25	30	0	25	08:16:24.591	14.029585938333	101.194213877667	0	0	0	1.98	15.398	0.9	0.4	GPS-Geo-DR
30	30	0	30	08:16:25.166	14.0296296711667	101.194225930333	0	0	0	1.97	16.728	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
35	33.5	0	35	08:16:25.698	14.02967253	101.194239583333	0	0	0	1.96	18.133	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
40	37	0	40	08:16:26.200	14.0297156821667	101.194254043333	0	0	0	2.02	19.427	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
45	39	0	45	08:16:26.670	14.0297584818333	101.194270182833	0	0	0	2.05	20.255	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
50	39	0	50	08:16:27.119	14.029801309	101.194286484667	0	0	0	2.1	20.314	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
55	40.5	0	55	08:16:27.560	14.029843821	101.194302252833	0	0	0	2.08	20.298	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
60	40.2	0	60	08:16:27.999	14.0298867255	101.194317949667	0	0	0	2.1	20.352	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
65	40.8	0	65	08:16:28.441	14.0299297326667	101.194333959667	0	0	0	2.14	20.537	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
70	39.4	0	70	08:16:28.885	14.029971598833	101.194350052667	0	0	0	2.02	20.658	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
75	39.4	0	75	08:16:29.333	14.030013085	101.194366309667	0	0	0	2.13	20.885	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
80	40.7	0	80	08:16:29.774	14.030054501333	101.194382617	0	0	0	2.12	21.068	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
85	40.7	0	85	08:16:30.214	14.0301012478333	101.1943991205	0	0	0	2.12	21.3	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
90	41.2	0	90	08:16:30.653	14.0301431478333	101.19441667167	0	0	0	2.13	21.48	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
95	41.4	0	95	08:16:31.091	14.030185443333	101.1944343441	0	0	0	2.11	22.067	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
100	41.7	0	100	08:16:31.526	14.030227761667	101.194451308333	0	0	0	2.1	23.265	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
105	41.9	0	105	08:16:31.957	14.030269691667	101.19446864333	0	0	0	2.07	24.322	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
110	41.9	0	110	08:16:32.383	14.030311799833	101.19448605167	0	0	0	2.09	25.16	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
115	43.2	0	115	08:16:32.808	14.030353916667	101.194503483333	0	0	0	2.11	25.749	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
120	43.1	0	120	08:16:33.229	14.030393096667	101.19452079667	0	0	0	2.09	26.195	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
125	43.7	0	125	08:16:33.645	14.030434033333	101.19453825667	0	0	0	2.05	26.68	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
130	43.7	0	130	08:16:34.058	14.030474299833	101.19455644833	0	0	0	1.93	27.096	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
135	43.7	0	135	08:16:34.470	14.030515416667	101.194574903333	0	0	0	1.92	27.633	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
140	44.3	0	140	08:16:34.879	14.0305555305	101.19461114167	0	0	0	1.92	27.928	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
145	44.3	0	145	08:16:35.288	14.030595384833	101.194631242333	0	0	0	1.9	28.828	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
150	44.3	0	150	08:16:35.693	14.0306342925	101.19465160833	0	0	0	1.91	29.772	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
155	44.6	0	155	08:16:36.098	14.030673016667	101.19467155667	0	0	0	1.98	30.706	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
160	45.4	0	160	08:16:36.495	14.0307115155	101.194701864167	0	0	0	2	31.328	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
165	46.2	0	165	08:16:36.885	14.0307502596667	101.1947324295	0	0	0	2.06	32.012	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
170	45.8	0	170	08:16:37.277	14.030788625	101.1947520041	0	0	0	2.04	32.725	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
175	46.5	0	175	08:16:37.664	14.030827156667	101.19477492667	0	0	0	2.03	33.454	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
180	47.1	0	180	08:16:38.051	14.0308637835	101.19480049667	0	0	0	2.15	33.996	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
185	47	0	185	08:16:38.434	14.030901623833	101.194826624	0	0	0	2.18	34.662	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
190	47.6	0	190	08:16:38.813	14.0309394196667	101.1948527095	0	0	0	2.24	35.244	0.8	0.4	GPS-Geo-DR
195	47.6	0	195	08:16:39.190	14.030977082	101.19487957095	0	0	0	2.21	35.911	0.8	0.5	GPS-Geo-DR

รูปที่ 4-69 ตัวอย่างข้อมูลสำรวจที่ผ่านการประมวลผล และถูกจัดอยู่ในรูปแบบ Microsoft Access นามสกุล .mdb

4.4.6 การเพิ่มประสิทธิภาพการนำเข้าข้อมูลด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา Python และ SQL

ส่วนสำคัญสำหรับการจัดเก็บข้อมูลจากชุดข้อมูลรูปแบบ Microsoft Access ที่ได้จากการสำรวจ คือ การดึงข้อมูลสำรวจในแต่ละรายการออกมาให้อยู่ในรูปแบบ file .csv เพื่อตอบสนองต่อการนำเข้รายการข้อมูลต่าง ๆ โดยทางที่ปรึกษาได้ยกระดับรูปแบบกระบวนการการนำเข้าข้อมูลจากข้อมูลสำรวจ โดยการสร้างโปรแกรมการนำเข้าข้อมูลสำรวจอย่างง่าย ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา Python และ SQL ซึ่งข้อดีของกระบวนการดังกล่าวนี้สามารถยกระดับการนำเข้าข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและอัตโนมัติ เพื่อลดเวลาการนำเข้าและใช้เวลากับการตรวจสอบข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น





รูปที่ 4-70 แผนผังแสดงการเพิ่มประสิทธิภาพการนำเข้าข้อมูลด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา Python และ SQL



รูปที่ 4-71 การประมวลผลข้อมูลการสำรวจในรูปแบบของแผนที่ (GIS) โดยพิจารณาถึงระบบพิกัดอ้างอิงที่เป็นมาตรฐานและสามารถจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล Roadnet ได้อย่างเหมาะสม

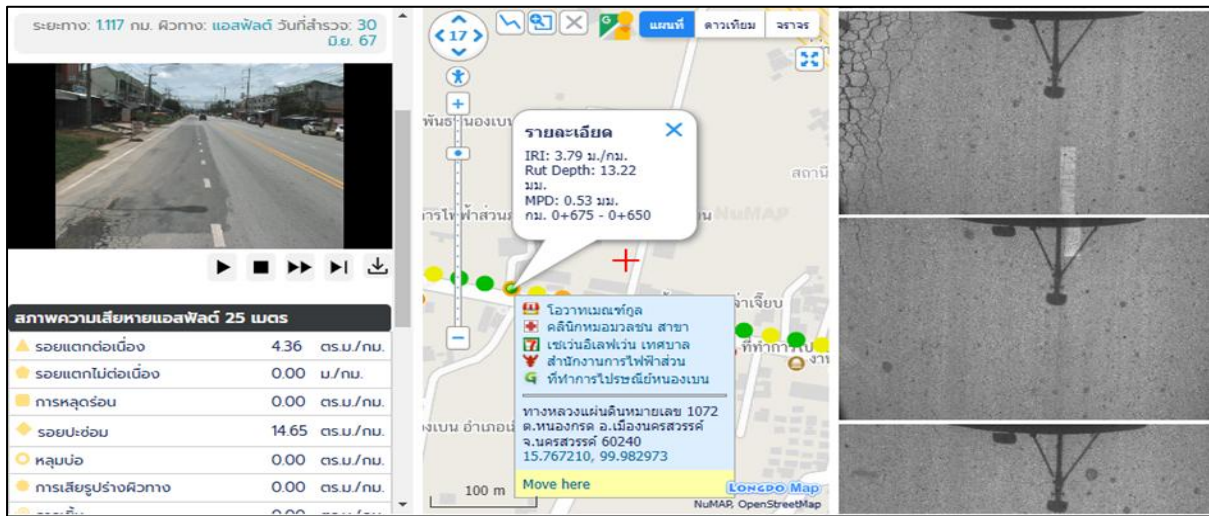
ข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์และประเมินความเสียหายเฉพาะทางและระบบ Laser Crack Measurement System (LCMS) ที่สามารถแสดงผลในรูปแบบแผนที่ (GIS)

หลักเกณฑ์การตรวจสอบความเสียหายสภาพทาง โดยพิจารณาถึงระบบพิกัดอ้างอิงของข้อมูลประเมิน Distress จากโปรแกรมวิเคราะห์และประเมินความเสียหายเฉพาะทาง ร่วมกับการประมวลผลด้วยระบบ LCMS และค่าเฉลี่ยข้อมูลความเสียหายประเภทค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) และค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index; IRI) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์บ่งชี้ว่าเกิดความเสียหาย ณ ตำแหน่งใดบนสายทางที่สำรวจ

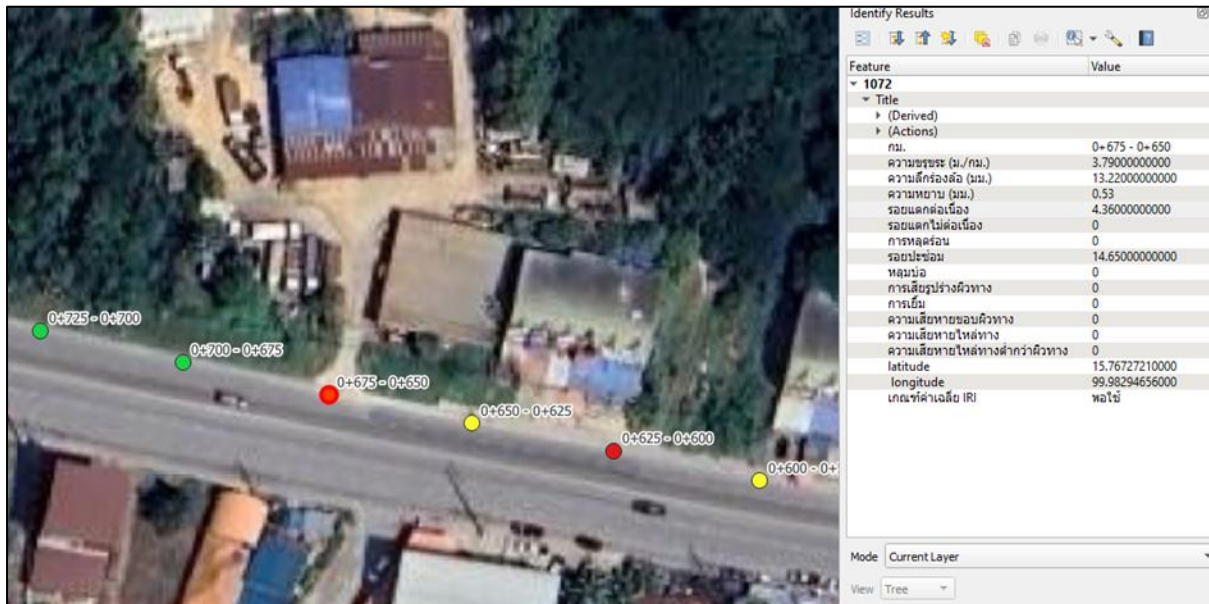


รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569

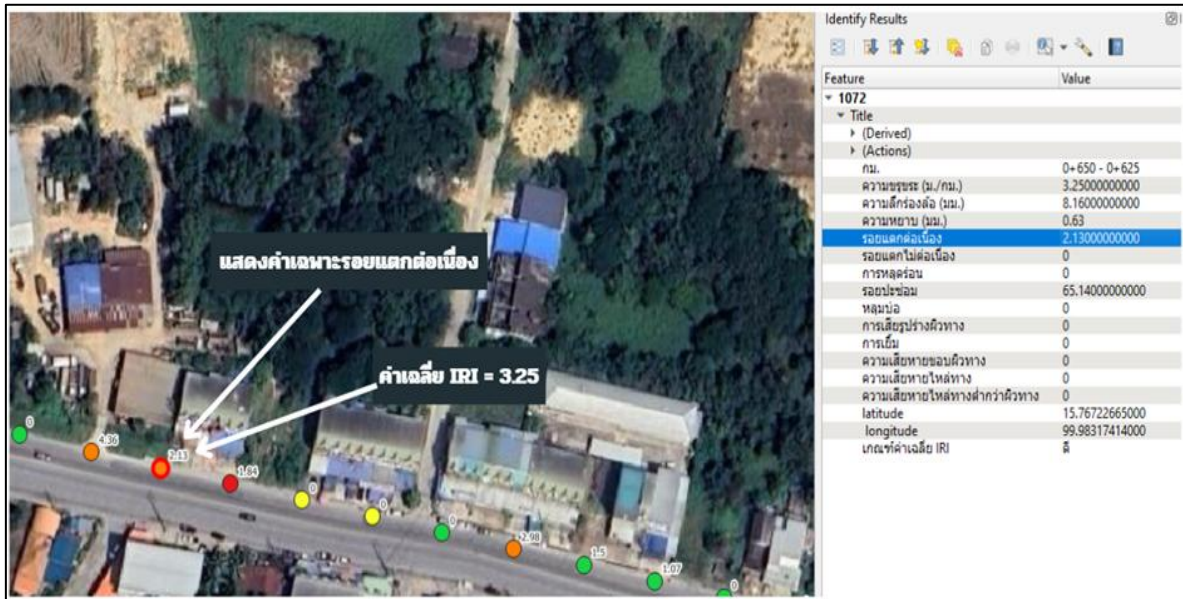


รูปที่ 4-72 แสดงภาพถ่ายต่อเนื่องที่สัมพันธ์กับสายทางที่สำรวจ



รูปที่ 4-73 แสดงพิกัดค่าความเสียหายที่สัมพันธ์กับสายทางสำรวจ





รูปที่ 4-74 แสดงการประมวลผลการสำรวจในรูปแบบแผนที่ (GIS) ข้อมูลที่เกิดความเสียหายสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ย IRI ที่สูงตามข้อมูลประเมิน

จากรูปที่ 4-81 แสดงการวิเคราะห์สภาพทางในรูปแบบแผนที่ GIS โดยใช้ข้อมูลความเสียหายของผิวทางจากโปรแกรมวิเคราะห์และประเมินความเสียหายผิวทางเฉพาะทางจากภาพถ่าย หรือระบบวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางแบบอัตโนมัติ (Automatic Detection)

● **ข้อมูลที่แสดงบนแผนที่**

- จุดที่เกิดความเสียหายสภาพทางที่เกิดรอยแตกต่อเนื่อง (ICRACK) ของผิวถนนลาดยาง: แสดงเป็นจุดสีบนแผนที่ หน่วยวัดเป็นตารางเมตร
- ค่าเฉลี่ยดัชนีความขรุขระสากล (IRI): แสดงเป็นค่าตัวเลขบนแผนที่

● **การวิเคราะห์**

จุดที่เกิดความเสียหายจะสัมพันธ์กับข้อมูลค่าเฉลี่ยดัชนีความขรุขระสากล (IRI) ที่มีค่าสูงตามเกณฑ์ที่คณะกรรมการกำหนด ที่ปรึกษาทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย IRI โดยแบ่งตามเกณฑ์มาตรฐานระบบ TPMS ที่ค่าเฉลี่ย IRI ดังนี้

- IRI ค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 2.5 คือ เกณฑ์ดีมาก (สีเขียว)
- IRI ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.5 - 3.5 คือ เกณฑ์ดี (สีเหลือง)
- IRI ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.5 - 4.5 คือ เกณฑ์พอใช้ (สีส้ม)
- IRI ค่าเฉลี่ยมากกว่า 4.5 คือ เกณฑ์ชำรุด (สีแดง)



km	route_control	lane_group	iri	iri_rating	file_name	image_pave
6+050 - 6+025	3090101	-1	1.87	green	20240618_1	5840, 5841, 5842, 5843, 5844, 5845, 5846, 5847, 5848, 5849, 5850, 5851
6+025 - 6+000	3090101	-1	2.45	green	20240618_1	5852, 5853, 5854, 5855, 5856, 5857, 5858, 5859, 5860, 5861, 5862, 5863, 5864
6+000 - 5+975	3090101	-1	1.66	green	20240618_1	5865, 5866, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5872, 5873, 5874, 5875, 5876
5+975 - 5+950	3090101	-1	1.93	green	20240618_1	5877, 5878, 5879, 5880, 5881, 5882, 5883, 5884, 5885, 5886, 5887, 5888, 5889
5+950 - 5+925	3090101	-1	1.78	green	20240618_1	5890, 5891, 5892, 5893, 5894, 5895, 5896, 5897, 5898, 5899, 5900, 5901
5+925 - 5+900	3090101	-1	2.33	green	20240618_1	5902, 5903, 5904, 5905, 5906, 5907, 5908, 5909, 5910, 5911, 5912, 5913, 5914
5+900 - 5+875	3090101	-1	2.26	green	20240618_1	5915, 5916, 5917, 5918, 5919, 5920, 5921, 5922, 5923, 5924, 5925, 5926
5+875 - 5+850	3090101	-1	2.03	green	20240618_1	5927, 5928, 5929, 5930, 5931, 5932, 5933, 5934, 5935, 5936, 5937, 5938, 5939
5+850 - 5+825	3090101	-1	1.73	green	20240618_1	5940, 5941, 5942, 5943, 5944, 5945, 5946, 5947, 5948, 5949, 5950, 5951
5+825 - 5+800	3090101	-1	2.31	green	20240618_1	5952, 5953, 5954, 5955, 5956, 5957, 5958, 5959, 5960, 5961, 5962, 5963, 5964
5+800 - 5+775	3090101	-1	6.47	red	20240618_1	5965, 5966, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 5972, 5973, 5974, 5975, 5976
5+775 - 5+750	3090101	-1	7.47	red	20240618_1	5977, 5978, 5979, 5980, 5981, 5982, 5983, 5984, 5985, 5986, 5987, 5988, 5989
5+750 - 5+725	3090101	-1	3.63	orange	20240618_1	5990, 5991, 5992, 5993, 5994, 5995, 5996, 5997, 5998, 5999, 6000, 6001
5+725 - 5+700	3090101	-1	1.66	green	20240618_1	6002, 6003, 6004, 6005, 6006, 6007, 6008, 6009, 6010, 6011, 6012, 6013, 6014
5+700 - 5+675	3090101	-1	1.78	green	20240618_1	6015, 6016, 6017, 6018, 6019, 6020, 6021, 6022, 6023, 6024, 6025, 6026
5+675 - 5+650	3090101	-1	1.32	green	20240618_1	6027, 6028, 6029, 6030, 6031, 6032, 6033, 6034, 6035, 6036, 6037, 6038, 6039
5+650 - 5+625	3090101	-1	1.39	green	20240618_1	6040, 6041, 6042, 6043, 6044, 6045, 6046, 6047, 6048, 6049, 6050, 6051
5+625 - 5+600	3090101	-1	2.13	green	20240618_1	6052, 6053, 6054, 6055, 6056, 6057, 6058, 6059, 6060, 6061, 6062, 6063, 6064
5+600 - 5+575	3090101	-1	1.53	green	20240618_1	6065, 6066, 6067, 6068, 6069, 6070, 6071, 6072, 6073, 6074, 6075, 6076
5+575 - 5+550	3090101	-1	1.52	green	20240618_1	6077, 6078, 6079, 6080, 6081, 6082, 6083, 6084, 6085, 6086, 6087, 6088, 6089
5+550 - 5+525	3090101	-1	1.53	green	20240618_1	6090, 6091, 6092, 6093, 6094, 6095, 6096, 6097, 6098, 6099, 6100, 6101
5+525 - 5+500	3090101	-1	3.89	orange	20240618_1	6102, 6103, 6104, 6105, 6106, 6107, 6108, 6109, 6110, 6111, 6112, 6113, 6114
5+500 - 5+475	3090101	-1	2.2	green	20240618_1	6115, 6116, 6117, 6118, 6119, 6120, 6121, 6122, 6123, 6124, 6125, 6126
5+475 - 5+450	3090101	-1	1.62	green	20240618_1	6127, 6128, 6129, 6130, 6131, 6132, 6133, 6134, 6135, 6136, 6137, 6138, 6139
5+450 - 5+425	3090101	-1	1.44	green	20240618_1	6140, 6141, 6142, 6143, 6144, 6145, 6146, 6147, 6148, 6149, 6150, 6151
5+425 - 5+400	3090101	-1	2.51	yellow	20240618_1	6152, 6153, 6154, 6155, 6156, 6157, 6158, 6159, 6160, 6161, 6162, 6163, 6164
5+400 - 5+375	3090101	-1	2.62	yellow	20240618_1	6165, 6166, 6167, 6168, 6169, 6170, 6171, 6172, 6173, 6174, 6175, 6176
5+375 - 5+350	3090101	-1	3.98	orange	20240618_1	6177, 6178, 6179, 6180, 6181, 6182, 6183, 6184, 6185, 6186, 6187, 6188, 6189
5+350 - 5+325	3090101	-1	2.22	green	20240618_1	6190, 6191, 6192, 6193, 6194, 6195, 6196, 6197, 6198, 6199, 6200, 6201
5+325 - 5+300	3090101	-1	2.27	green	20240618_1	6202, 6203, 6204, 6205, 6206, 6207, 6208, 6209, 6210, 6211, 6212, 6213, 6214
5+300 - 5+275	3090101	-1	5.11	red	20240618_1	6215, 6216, 6217, 6218, 6219, 6220, 6221, 6222, 6223, 6224, 6225, 6226
5+275 - 5+250	3090101	-1	2.63	yellow	20240618_1	6227, 6228, 6229, 6230, 6231, 6232, 6233, 6234, 6235, 6236, 6237, 6238, 6239
5+250 - 5+225	3090101	-1	1.49	green	20240618_1	6240, 6241, 6242, 6243, 6244, 6245, 6246, 6247, 6248, 6249, 6250, 6251

รูปที่ 4-75 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ย IRI โดยแบ่งเกณฑ์ตามมาตรฐานระบบ

• ข้อดีของการใช้ GIS

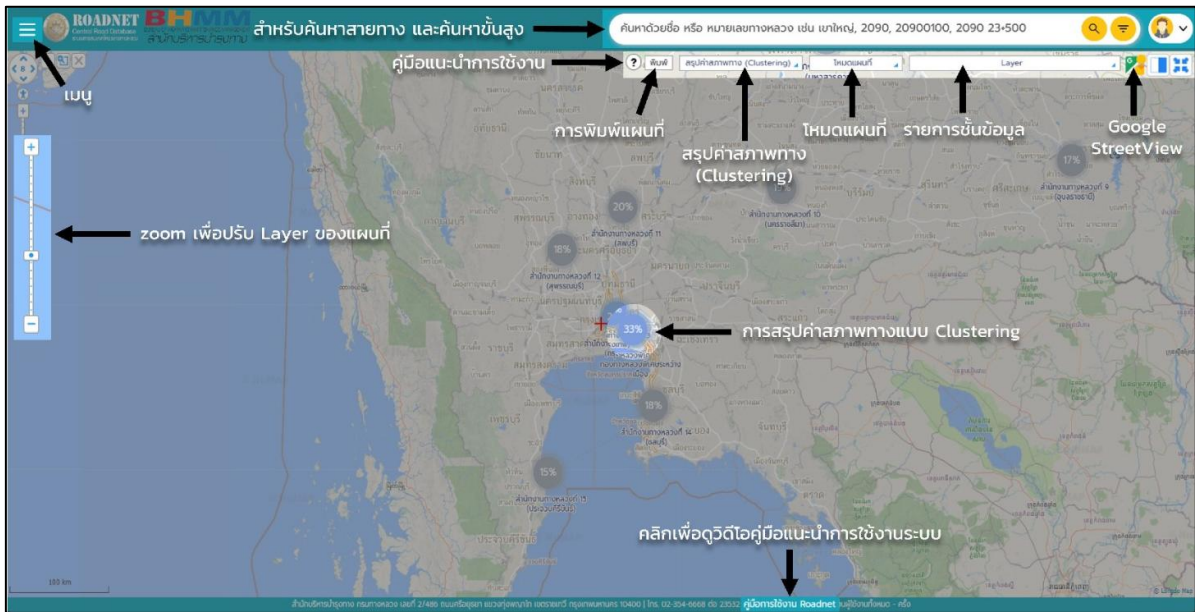
- แสดงภาพรวมของสภาพทางในพื้นที่
- ระบุจุดที่เกิดปัญหาได้ชัดเจน
- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่เกิดปัญหาและค่า IRI
- ช่วยให้ตัดสินใจเลือกวิธีการซ่อมแซมได้อย่างเหมาะสม

จากแผนที่ GIS เราสามารถวิเคราะห์ได้ว่าถนนสายใดที่มีจุดเกิดปัญหา Raveling มากที่สุดถนนสายใดที่มีค่า IRI สูงถนนสายใดที่มีทั้งจุดเกิดปัญหา Raveling และค่า IRI สูง

4.5 การจัดเก็บข้อมูลสู่ฐานข้อมูล Roadnet

ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ได้รับการบริหารจัดการฐานข้อมูลโดยที่ปรึกษาผ่านระบบหลังบ้านอย่างเป็นระบบ มีการดูแลจัดการข้อมูลให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด รวมถึงการบำรุงรักษาระบบให้มีความเสถียร ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลโครงข่ายทางหลวงได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ พร้อมใช้งานในการวิเคราะห์และการตัดสินใจเชิงนโยบาย





รูปที่ 4-76 แสดงระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง Roadnet

ทั้งนี้ ที่ปรึกษาได้มีการออกแบบเพื่อจัดเก็บข้อมูลสำรวจสภาพทางหลวง โดยมีวัตถุประสงค์ให้สามารถค้นหา วิเคราะห์ และแสดงข้อมูลผ่านแผนที่ในรูปแบบ GIS ข้อมูลที่นำมาใช้ในระบบ Roadnet ต้องเป็นไปตามโครงสร้างมาตรฐานที่กำหนด สำหรับข้อมูลที่ปรึกษาจะนำเข้าประกอบด้วย ข้อมูลสภาพทางหลวงที่สำรวจระยะทางไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร ซึ่งจะถูกบันทึกในฮาร์ดดิสก์และจัดเก็บในอุปกรณ์ NAS (Network Attached Storage) ซึ่งติดตั้งที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง

4.5.1 ดำเนินการตรวจสอบ ปรับปรุงและทดสอบเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตามข้อ 4.4 ในระบบฐานข้อมูล Roadnet ให้ถูกต้อง และสามารถแสดงผลในระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ได้อย่างถูกต้อง

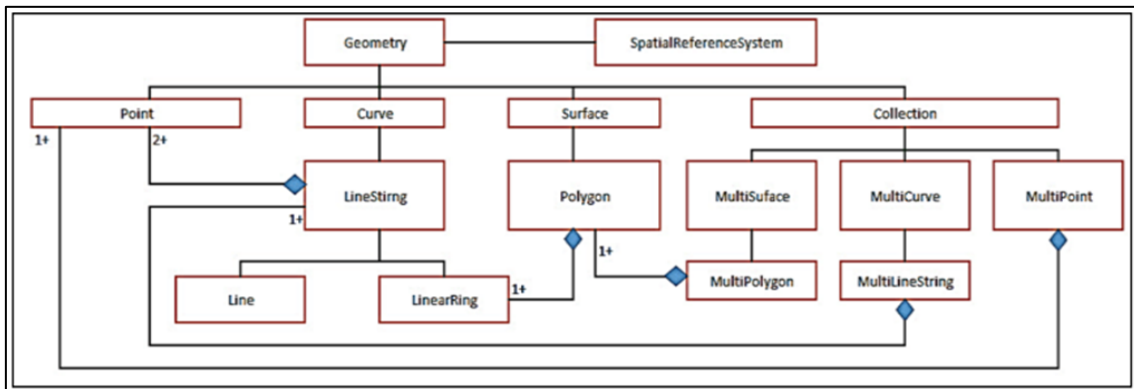
ระบบฐานข้อมูลสำหรับระบบสำรวจผิวทางมีบทบาทสำคัญในการจัดเก็บ วิเคราะห์ และใช้งานข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และแม่นยำ ที่ปรึกษาได้นำเสนอแนวทางการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลสำหรับระบบสำรวจผิวทาง โดยมุ่งเน้นไปที่หลักการสำคัญดังต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ของข้อมูล: โครงสร้างฐานข้อมูลจะต้องรองรับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจผิวทาง รวมไปถึงข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เพิ่มเติม
- การแยกข้อมูล: ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจผิวทางจะถูกแยกออกจากข้อมูลสายทาง เพื่อป้องกันผลกระทบต่อข้อมูลในอนาคต



- ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่: โครงสร้างฐานข้อมูลจะใช้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในการเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มข้อมูล ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- การอ้างอิงตำแหน่ง: ข้อมูลเชิงพื้นที่ในฐานข้อมูลจะมีการอ้างอิงตำแหน่งแบบพิกัดสมบูรณ และรองรับการแปลงค่าพิกัดเพื่อรองรับเทคนิค linear referencing

ที่ปรึกษาได้รวบรวมข้อมูลสภาพผิวทางของแต่ละพื้นที่ทั่วประเทศเข้าไว้ด้วยกันภายใต้มาตรฐานโครงสร้างฐานข้อมูลเดียวกันโดยการจัดทำรูปแบบโครงสร้างข้อมูลลักษณะสภาพผิวทางข้อมูลสายทางในแบบจำลองของโครงข่ายสายทาง (Road Network Model) ให้เป็นไปตาม Open Geospatial Consortium (OGC) ซึ่งมาตรฐาน OGC เป็นแนวทางในการออกแบบโครงสร้างข้อมูลปฎิภูมิช่วยให้ระบบต่าง ๆ สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ และมาตรฐานนานาชาติ International Standard Organization (ISO) ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลปฎิภูมิ เพื่อให้ข้อมูลในแต่ละพื้นที่มีความพร้อมต่อการนำเข้าระบบฐานข้อมูลกลาง



รูปที่ 4-77 แสดงแบบจำลองโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ตามมาตรฐาน ISO/OGC

- 1) การกำหนดโครงสร้างตารางโดยวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจสภาพผิวทางเพื่อระบุประเภทของข้อมูล กำหนดชื่อตารางและชื่อคอลัมน์ให้สอดคล้องกับความหมายของข้อมูล กำหนดชนิดข้อมูลของคอลัมน์ เช่น ตัวเลข ตัวอักษร วันที่ เวลาที่กำหนดคีย์หลัก (Primary Key) สำหรับระบุข้อมูลแต่ละ Record ซ้ำ และกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตาราง (Foreign Key)
- 2) การแปลงรูปแบบข้อมูลสำรวจ โดยแปลงรูปแบบข้อมูลให้สอดคล้องกับโครงสร้างตารางที่กำหนด ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เช่น รูปแบบ ช่วงค่าความสมเหตุสมผล และแปลงค่าพิกัดให้เป็นรูปแบบที่ระบบฐานข้อมูลรองรับ ซึ่งที่ปรึกษามีการพัฒนากระบวนการในการจัดทำข้อมูล ให้สอดคล้องกับปัจจุบัน มากขึ้น ด้วยกระบวนการพัฒนา Data Pipeline คือกระบวนการอัตโนมัติในการเคลื่อนย้ายและประมวลผลข้อมูลจากแหล่งต้นทางไปยังปลายทางอย่างมีขั้นตอนและโครงสร้าง โดยใน Data Pipeline ข้อมูลจะถูกนำเข้า ประมวลผล และจัดเก็บในขั้นตอนต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ทำให้ข้อมูลถูกส่งไปยังปลายทางได้อย่างแม่นยำและตรงตามเวลาที่ต้องการ



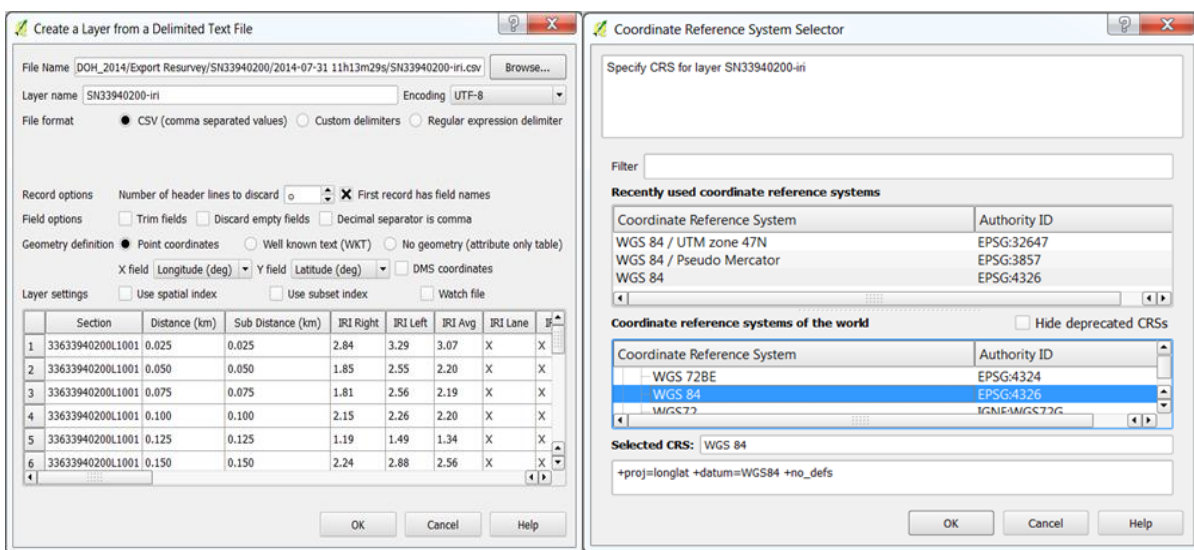
3) ใช้วิธีการแก้ไขข้อมูลตารางโดยคัดลอก *.csv file ทั้งหมดจากการประมวลผลด้วย Data Pipeline โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ IRI, Rutting และ MPD

- IRI (*.csv file) ทำการปรับแก้โครงสร้างฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่กำหนด โดยการ transform จาก point to line และ ทำการลบ (Delete) ข้อมูลที่ผิดปกติ เช่น LEADIN, LEADOUT, ค่าพิกัด Latitude, Longitude ที่มีค่าเป็น 0 และข้อมูล EVENT บริเวณสะพาน เป็นต้น
- Rutting (*.csv file) ทำการปรับแก้โครงสร้างฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่กำหนด โดยการ Edit field name ตามโครงสร้างที่กำหนด
- Texture-MPD (*.csv file) ทำการปรับแก้โครงสร้างฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่กำหนดโดยการ Edit field name ตามโครงสร้างที่กำหนด

vent_typ	event_nar	lnk_id	section_id	km_start	km_end	length	lane_no	survey_dalat_str	lat_end
ave type cc		44100330100R2CC02	2024	0+485	0+000	485	FR2	20240711 14.46429	14.46441
ave type cc		44100330100L2CC01	2024	0+000	0+485	485	FL2	20240711 14.46588	14.46449
ave type cc		44103570102L1CC10	10044	11+966	18+856	6890	L2	20240711 14.49924	14.5486
ave type cc		44103570101L1CC03	6343	0+000	2+450	2450	L3	20240711 14.44755	14.45237
ave type ac		44103570102L1AC11	10044	18+856	19+051	195	L2	20240711 14.5486	14.54953
ave type cc		44103570102L1CC12	10044	19+051	22+241	3190	L2	20240711 14.54953	14.56449
ave type ac		44103570102L1AC13	10044	22+241	22+361	120	L2	20240711 14.56449	14.56491
ave type cc		44103570102L1CC14	10044	22+361	25+000	2660	L2	20240711 14.56491	14.56276
ave type cc		44103570103L1CC15	6344	25+000	25+120	120	L2	20240711 14.56276	14.56217
ave type ac		44103570103L1AC16	6344	25+120	25+980	860	L2	20240711 14.56217	14.55786
ave type cc		44103570103L1CC17	6344	25+980	26+340	360	L2	20240711 14.55786	14.55603
ave type ac		44103570103L1AC18	6344	26+340	26+690	350	L2	20240711 14.55603	14.55408
ave type cc		44103570103L1CC19	6344	26+690	35+000	8310	L2	20240711 14.55408	14.48791
ave type cc		44103570104L1CC20	316	35+000	41+895	6895	L2	20240711 14.48791	14.44817
ave type ac		44103570101L1AC04	6343	2+450	2+790	340	L2	20240711 14.45237	14.45314

รูปที่ 4-78 การเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมก่อนแปลงให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลภูมิสารสนเทศ

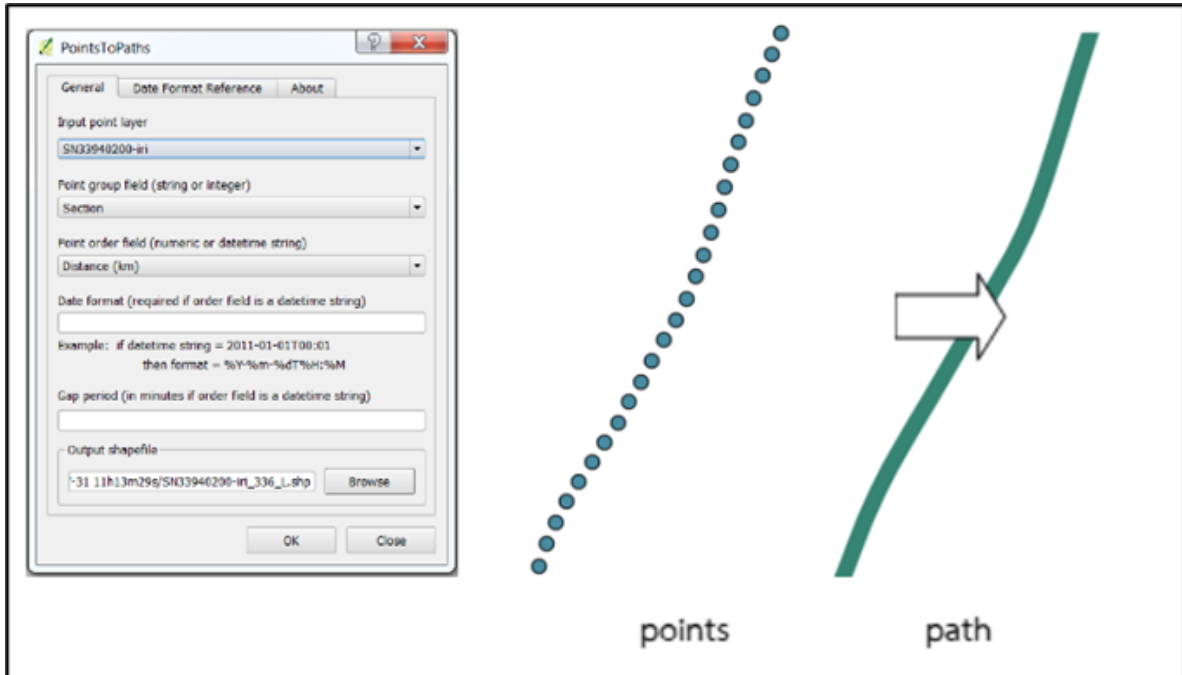
- ทำการ convert (*.csv file) to Shape file (point) ในข้อมูล IRI, Rutting และ MPD โดยใช้โปรแกรม QGIS Desktop และกำหนด Map project file



รูปที่ 4-79 การ convert (*.csv file) to shapefile (point)

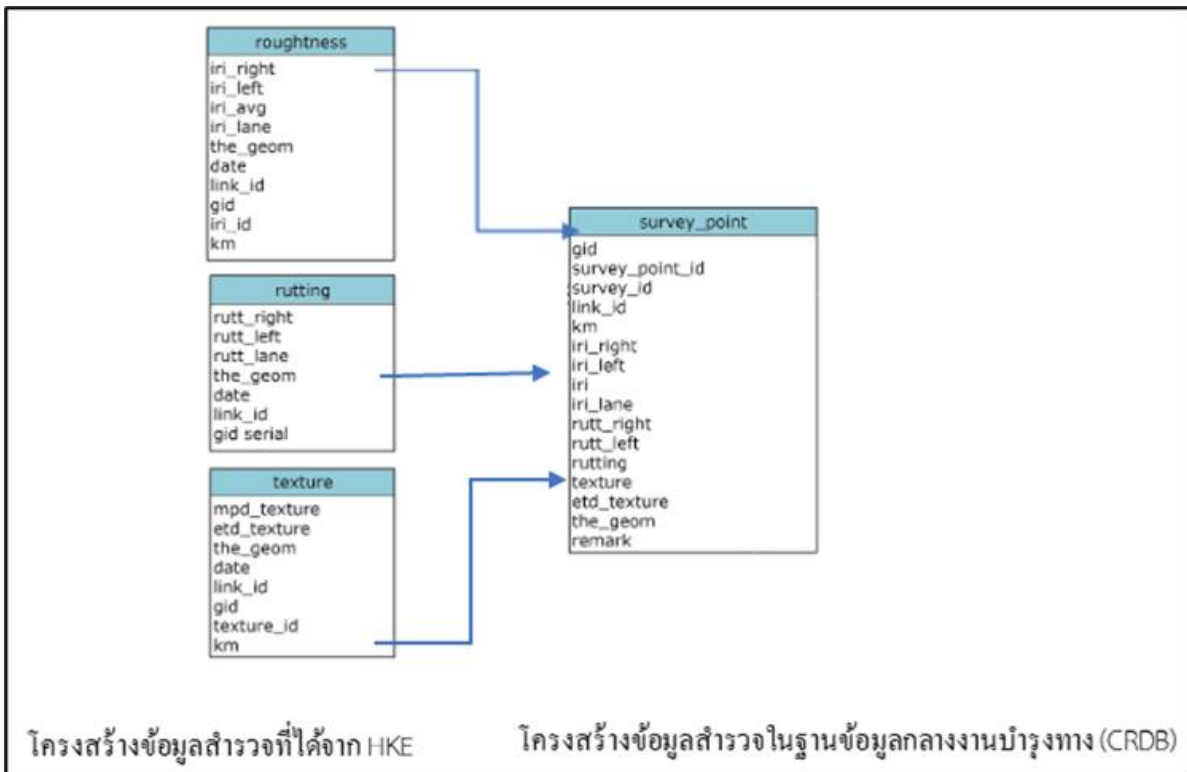


- 4) ตรวจสอบจำนวน record ของข้อมูล IRI Rutting Texture-MPD หลังจากการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของสารสนเทศภูมิศาสตร์แล้วทำการ convert Points to Paths เฉพาะข้อมูล IRI โดยใช้โปรแกรม QGIS Desktop ที่ได้จะเป็น feature ของบัญชีสายทาง หรือแนวสายทางที่สำรวจ



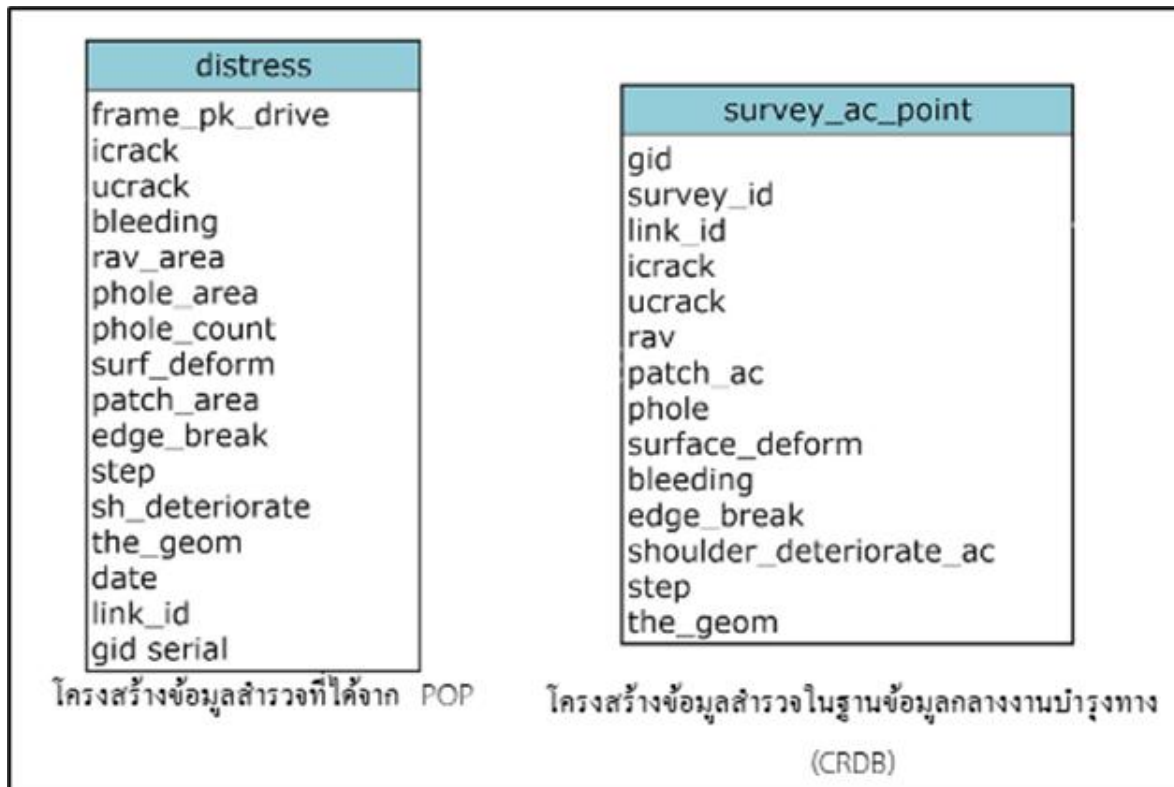
รูปที่ 4-80 การ convert points to Paths

- 5) การนำเข้าข้อมูล โดยนำเข้าข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลโดยใช้ PostgreSQL หรือเครื่องมือจัดการฐานข้อมูลอื่น ๆ ที่เหมาะสม โดยที่ปรึกษาใช้วิธีการนำเข้าข้อมูลสำรวจสภาพทางที่ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy data) และความถูกต้องของข้อมูลอธิบาย (Attribute Data) เรียบร้อยแล้ว ทำการปรับโครงสร้างข้อมูลให้ตรงกับโครงสร้างข้อมูลสำรวจสภาพทางในฐานข้อมูล Roadnet เพื่อให้สามารถสืบค้นและแสดงผลข้อมูลผ่านโปรแกรมสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ได้



รูปที่ 4-81 การปรับโครงสร้างข้อมูลจากโปรแกรม HKE

ให้ตรงกับโครงสร้างข้อมูลสำรวจ ในฐานข้อมูลกลางงานบำรุงทาง (CRDB)

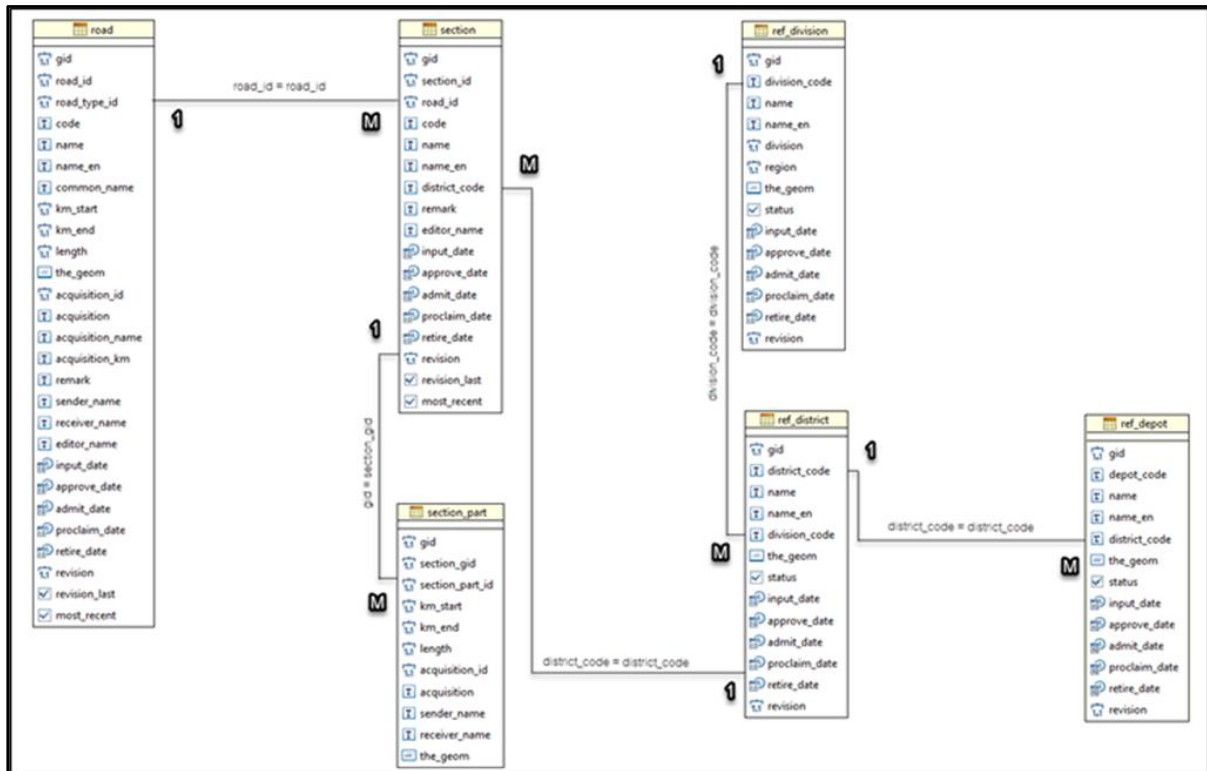


รูปที่ 4-82 การปรับโครงสร้างข้อมูลจากโปรแกรมให้ตรงกับโครงสร้างข้อมูลสำรวจในฐานข้อมูล



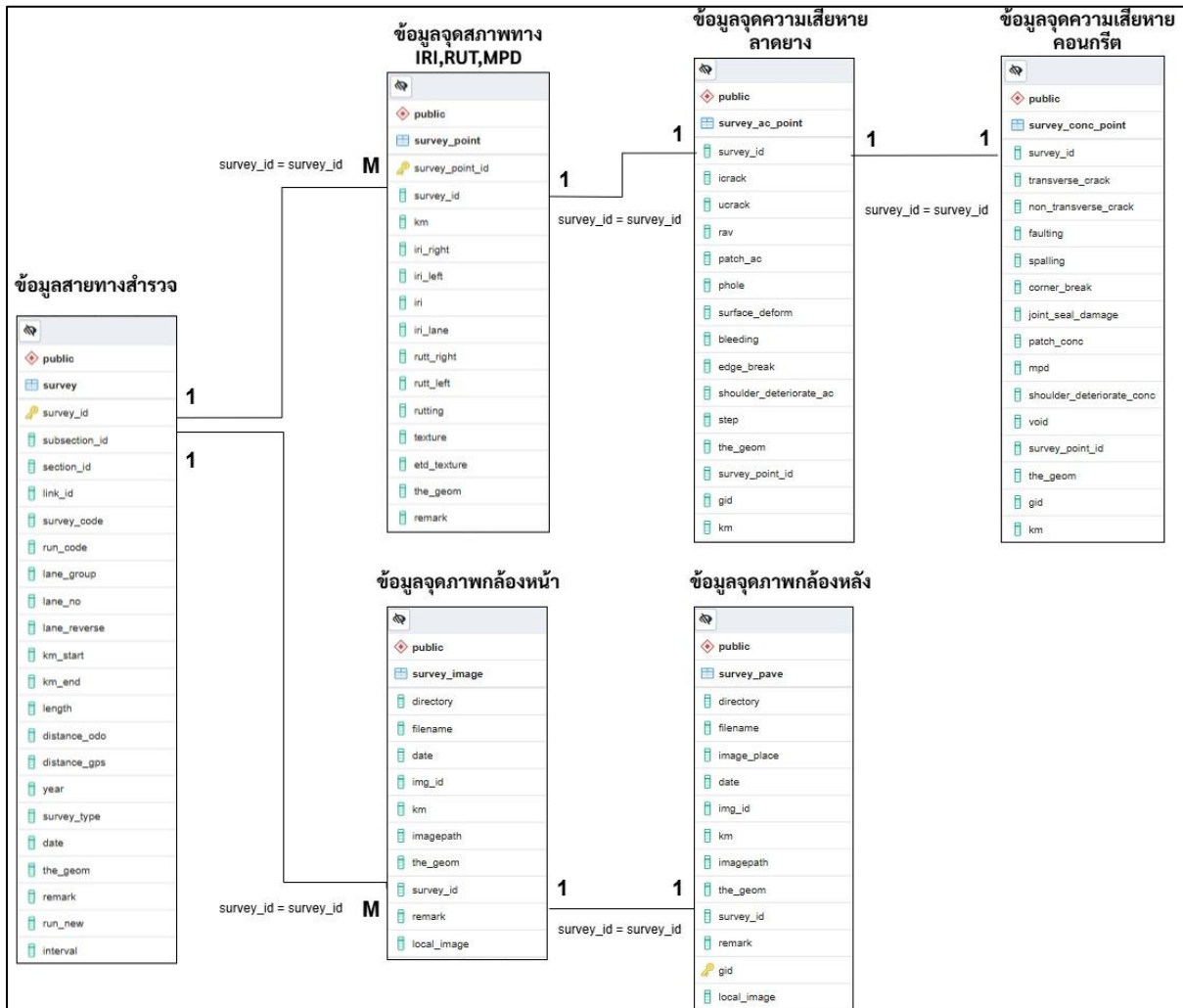
รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่าย
งบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569



รูปที่ 4-83 แสดงรูปแบบการเชื่อมโยงของข้อมูลบัญชีสายทาง





รูปที่ 4-84 แสดงรูปแบบการเชื่อมโยงของข้อมูลสำรวจจากสำนักบำรุงทาง

- 6) การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลหลังจากนำเข้า การตรวจสอบและแก้ไขข้อมูล ตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาด เช่น ข้อมูลที่ไม่มีค่าพิกัด ข้อมูลซ้ำซ้อน แก้ไขหรือลบข้อมูลที่ผิดพลาดออกจากตาราง



4.5.2 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลตำแหน่งเทียบกับแผนที่ ภาพถ่ายดาวเทียม ที่ปรึกษาต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ปริมาณข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ผ่านโปรแกรม Roadnet โดยมีการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งอย่างมีระบบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความน่าเชื่อถือในระดับสากล เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต (รายละเอียดจุดภาพ 2 เมตร) โดยทำการสุ่มตรวจ ข้อมูลจากช่องทางหลวง อย่างละ 2 พื้นที่ตัวอย่าง

เมื่อทำการสำรวจข้อมูลแล้วเสร็จ มีการตรวจสอบคุณภาพเชิงตำแหน่งของข้อมูล โดยใช้การเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต (รายละเอียดจุดภาพ 2 เมตร) รวมไปถึงการตรวจสอบค่าความสึกกร่อน (Rutting) ค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) และค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง ก่อนการนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวงและระบบบริหารงานบำรุงทาง (TPMS) การทำเช่นนี้จะทำให้ระบบการบริหารข้อมูลมีความเป็นเอกภาพ และเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างข้อมูลให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะป้อนเข้า (Input) สู่ระบบประเมินความเสียหาย โดยรายงานความถูกต้องของข้อมูลตำแหน่ง เทียบกับแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม

ที่ปรึกษาจะดำเนินการจัดทำรายงานผลการประเมินพร้อมตรวจสอบความถูกต้องทางตำแหน่งเทียบกับตำแหน่งบนแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต (THEOS) มาตรฐาน 1:25000 ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) โดยจัดกลุ่มของการตรวจสอบ ออกเป็นกลุ่ม (Grouping Data for Validation) จุดตรวจสอบ (GCP) มีการกระจายตัว และระยะห่างที่เหมาะสม และครอบคลุมทั่วถึงทั้งพื้นที่ตามมาตรฐาน และยอมให้มีความคลาดเคลื่อนจากจุดตรวจสอบอิสระบนแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต (THEOS) ได้ไม่เกิน 2 เมตร เมื่อคิดจากรากที่สองของค่าเฉลี่ยของผลต่างยกกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) โดยแบ่งผลการตรวจสอบข้อมูลมีรายละเอียดของการตรวจสอบแบ่งเป็นกลุ่ม

โดยทำการสุ่มตรวจข้อมูลดังกล่าว จะพิจารณาจากระยะทางสำรวจ และจำนวนวันทำงานที่สำรวจในพื้นที่ช่องทางหลวง อย่างน้อยอย่างละ 2 จุด (กรณีสำรวจข้อมูลสายทางในช่องทางหลวง นั้น 2 วัน) กล่าวคือ การรายงานคุณภาพข้อมูลเชิงพื้นที่ จะทำการสุ่มตรวจสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์สำรวจที่ใช้งานในวันนั้น ๆ มีสภาพการทำงานปกติ สามารถอ่านค่าจากอุปกรณ์ตรวจวัด อุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียม GPS ระบบส่งค่าพิกัดเข้าสู่อุปกรณ์จัดเก็บ และบันทึกข้อมูล โดยสามารถตรวจสอบได้ก่อนเริ่มงานสำรวจ 1 ครั้งต่อวัน ดังนั้นหากทำการสำรวจช่องทางหลวง 3 วัน จะต้องใช้จุดตรวจสอบ 3 จุด เป็นต้น ในพื้นที่ช่องทางหลวงนั้น ๆ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือ



ตารางที่ 4-36 แสดงตัวอย่างชื่อแขวงทางหลวงที่มีการตรวจสอบ (Root Mean Square Error: RMSE)

ลำดับ	Team	รายชื่อสำนัก	รหัสแขวง	รายชื่อแขวง	จำนวนจุด
1	TU	สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร)	639	ขท.มุกดาหาร	2
2			644	ขท.นครพนม	2
3			641	ขท.สกลนครที่ 1	2
4			642	ขท.สกลนครที่ 2 (สว่างแดนดิน)	2
5			646	ขท.หนองคาย	2
6			511	ขท.พิษณุโลกที่ 1	2
7		สำนักงานทางหลวงที่ 5 (พิษณุโลก)	515	ขท.พิษณุโลกที่ 2	2
8			557	ขท.อุตรดิตถ์ที่ 1	2
9			519	ขท.พิจิตร	2
10			554	ขท.เลย ที่ 1	2
11		สำนักงานทางหลวงที่ 6 (เพชรบูรณ์)	555	ขท.เลย ที่ 2 (ด่านซ้าย)	2
12			551	ขท.เพชรบูรณ์ ที่ 1	2
13			552	ขท.เพชรบูรณ์ ที่ 2 (บึงสามพัน)	2
14			623	ขท.อุดรธานี ที่ 1	2
15			624	ขท.อุดรธานี ที่ 2 (หนองหาน)	2
16			สำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น)	621	ขท.ขอนแก่น ที่ 1
17		627		ขท.ขอนแก่น ที่ 2 (ชุมแพ)	2
18		628		ขท.ขอนแก่น ที่ 3	2
19		633		ขท.ยโสธร	2
20		635		ขท.ร้อยเอ็ด	2
21		สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม)	622	ขท.มหาสารคาม	2
22			647	ขท.กาฬสินธุ์	2
23			615	ขท.สุรินทร์	2
24			638	ขท.ศรีสะเกษที่ 1	2



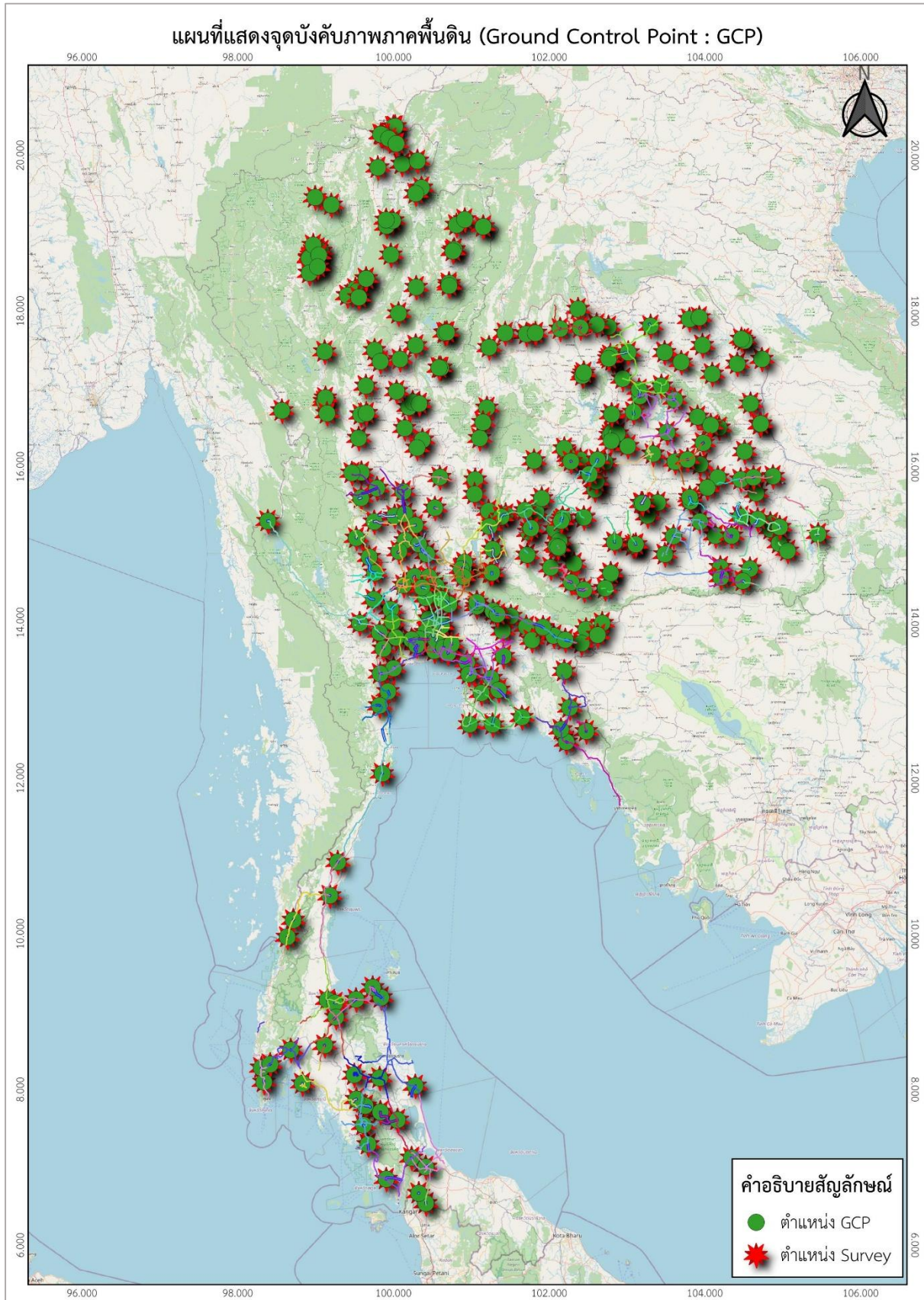
รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่าย
งบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569

ตารางที่ 4-36 แสดงตัวอย่างชื่อแขวงทางหลวงที่มีการตรวจสอบ (Root Mean Square Error: RMSE) (ต่อ)

ลำดับ	Team	รายชื่อสำนัก	รหัสแขวง	รายชื่อแขวง	จำนวนจุด
25		สำนักงานทางหลวงที่ 9 (อุบลราชธานี)	636	ขท.ศรีสะเกษที่ 2	2
26			631	ขท.อุบลราชธานีที่ 1	2
27			632	ขท.อุบลราชธานีที่ 2	2
28			611	ขท.นครราชสีมาที่ 1	2
29			612	ขท.นครราชสีมาที่ 2	2
30		สำนักงานทางหลวงที่ 10 (นครราชสีมา)	614	ขท.นครราชสีมาที่ 3	2
31			617	ขท.บุรีรัมย์	2
32			618	ขท.ปราจีนบุรี	2
33			619	ขท.สระแก้ว	2





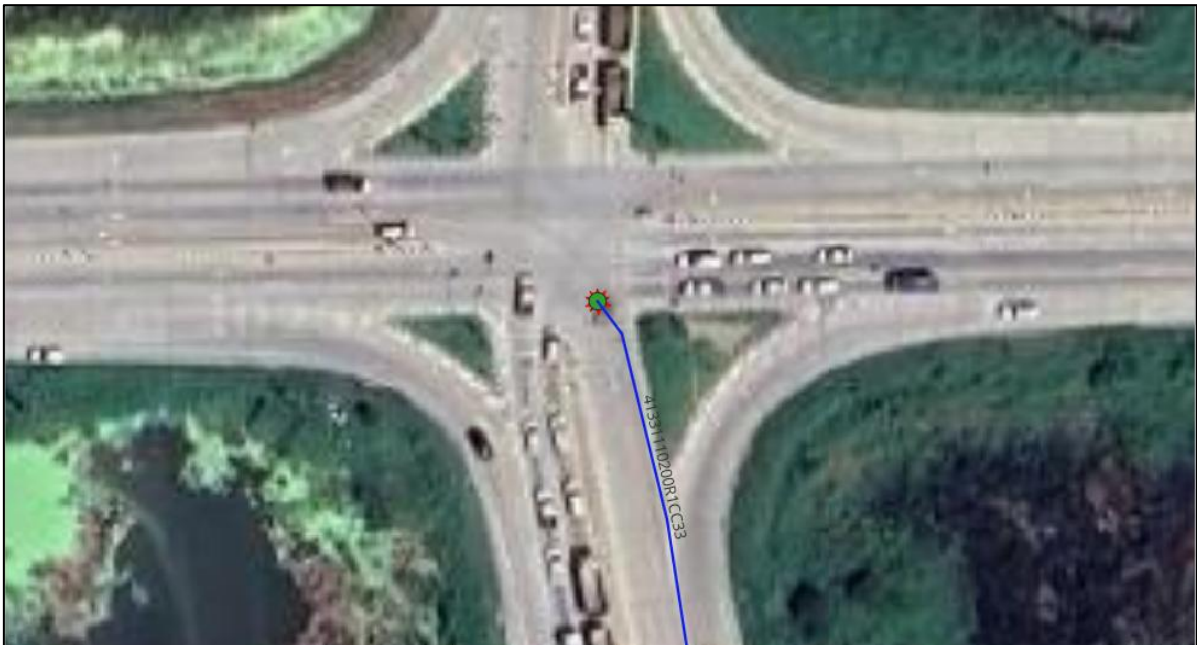
รูปที่ 4-85 แสดงตัวอย่างจุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP



จุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) และจุดที่ทำการตรวจสอบ
ทั้ง 34 จุด ต้องสามารถมองเห็นตำแหน่งจุดตัดทางแยกจากภาพถ่ายดาวเทียมโทโซด (THEOS)
หรือเทียบเท่าได้ชัดเจน แสดงดังรูปที่ 4-86 ถึงรูปที่ 4-87



รูปที่ 4-86 แสดงตัวอย่างจุด GCP และจุดที่ทำการตรวจสอบ ตำแหน่งที่ 1



รูปที่ 4-87 แสดงตัวอย่างจุด GCP และจุดที่ทำการตรวจสอบ ตำแหน่งที่ 2



ในการตรวจสอบความละเอียดถูกต้องทางตำแหน่งทางราบ (Horizontal positional accuracy) ของแผนที่ ทางที่ปรึกษาได้เลือกใช้มาตรฐานของ Federal Geographic Data Committee (FGDC) สหรัฐอเมริกา อันเป็นหน่วยงานมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับในวงการภูมิสารสนเทศสากล และมาตรฐานดังกล่าวปรากฏใน Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 3 : National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) โดยมีสาระสำคัญคือ ในการประเมินความละเอียดถูกต้องของแผนที่ใด ๆ ให้ทำการเลือกจุดตรวจสอบ (GCP) ไปเปรียบเทียบกับจุด ๆ เดียวกันที่ปรากฏบนแผนที่ทำขึ้นอิสระ (Independent) ข้อมูลแผนที่อิสระที่จะนำมาเปรียบเทียบกับควรรอยู่ในเกณฑ์ความถูกต้องที่กำหนด เช่น แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมโทโซต (THEOS) มาตรฐาน 1 : 25,000 ความละเอียดจุดภาพ 2 เมตร

นอกจากการตรวจสอบแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมโทโซต (THEOS) ในประเด็นความละเอียดถูกต้องทางตำแหน่งทางราบแล้ว ยังจะมีการตรวจสอบคุณภาพในประเด็นอื่น ๆ ซึ่งที่ปรึกษาจะได้วางแผนดำเนินการ เพื่อให้ผลการปฏิบัติงานมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานอันเป็นสากล เช่น การตรวจสอบอัตราการบีบอัดภาพที่ยังทำให้ภาพดูคล้ายคลึงต้นฉบับ อันเนื่องมาจากกระบวนการ Lossy compression (JPG/PNG) ให้อยู่ในเกณฑ์ความละเอียดจุดภาพ 800x600 พิกเซล กล่าวคือ การบีบอัดข้อมูล (Compression) คือ กระบวนการเข้ารหัสข้อมูลที่เลือกเอาเฉพาะบิตที่จำเป็นเท่านั้น เพื่อประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ และสามารถรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยกระบวนการ Lossy Compression จะตัดข้อมูลบางส่วนออกไปเพื่อลดขนาดของไฟล์ โดยข้อมูลที่ซ้ำซ้อนจะถูกตัดทิ้งอย่างถาวร ข้อดี คือขนาดข้อมูลจะลดลงมากแต่ข้อเสียคือ ข้อมูลจะไม่ละเอียดเหมือนต้นฉบับ แต่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์งานทาง และแสดงผลในระบบสารสนเทศ Roadnet รวมไปถึงการคัดกรอกข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์เครื่องตรวจวัดต่าง ๆ IRI Rutting หรือ MPD ที่ข้อมูลมีความผิดปกติจากการรับสัญญาณ เช่น ค่า IRI มากกว่า 10 เป็นต้น



ตารางที่ 4-37 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่ง

Point	E (m) Survey	N (m) Survey	E (m) GCP	N (m) GCP	ΔE (m)	ΔN (m)	ΔE^2 (m)	ΔN^2 (m)
Point_1	506870.335	-9007318.003	506870.335	-9007318.003	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_2	526586.810	-8897133.871	526586.810	-8897133.871	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_3	495027.873	-8949035.833	495027.873	-8949035.833	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_4	525821.295	-8947296.144	525821.295	-8947296.144	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_5	510214.554	-8965847.864	510214.554	-8965847.864	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_6	530829.440	-8980643.909	530829.440	-8980643.909	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_7	523248.488	-8976914.205	523248.488	-8976914.205	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_8	519237.629	-8981909.448	519237.629	-8981909.448	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_9	497344.856	-9075453.426	497344.856	-9075453.426	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_10	525598.174	-8995373.576	525598.174	-8995373.576	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_11	473432.279	-9072306.268	473432.279	-9072306.268	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_12	496541.070	-8998295.065	496541.070	-8998295.065	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_13	516233.806	-9000375.573	516233.806	-9000375.573	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_14	514954.940	-9036949.202	514954.940	-9036949.202	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_15	518722.065	-9029195.751	518722.065	-9029195.751	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_16	495084.639	-9161139.630	495084.639	-9161139.630	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_17	518999.311	-8949238.845	518999.311	-8949238.845	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_18	521552.912	-9000628.757	521552.912	-9000628.757	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_19	531594.917	-8999899.470	531594.917	-8999899.470	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_20	536314.226	-8988840.198	536314.226	-8988840.198	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_21	537248.907	-8954960.210	537248.907	-8954960.210	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_22	541317.147	-8991593.732	541317.147	-8991593.732	0.000	0.000	0.000	0.000
Point_23	11510005.550	1751189.200	11510006.590	1751188.730	-1.040	0.470	1.082	0.221
Point_24	11467017.200	1835384.800	11467016.700	1835382.800	0.500	2.000	0.250	4.000
Point_25	11503101.500	1823872.700	11503101.300	1823869.700	0.200	3.000	0.040	9.000
Point_26	11595962.510	1788724.850	11595963.740	1788724.370	-1.230	0.480	1.513	0.230
Point_27	11570414.730	1808236.810	11570413.730	1808237.850	1.000	-1.040	1.000	1.082
Point_28	11580759.190	1773538.280	11580760.910	1773536.650	-1.720	1.630	2.958	2.657
Point_29	11534786.560	1812109.670	11534786.690	1812108.520	-0.130	1.150	0.017	1.322
Point_30	11597644.710	1862897.440	11597645.500	1862889.700	-0.790	7.740	0.624	59.908
Point_31	11404223.000	1729374.700	11404222.790	1729373.360	0.210	1.340	0.044	1.796





ตารางที่ 4-37 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่ง (ต่อ)

Point	E (m) Survey	N (m) Survey	E (m) GCP	N (m) GCP	ΔE (m)	ΔN (m)	ΔE^2 (m)	ΔN^2 (m)
Point_32	11364938.730	1687423.690	11364938.140	1687424.650	0.590	-0.960	0.348	0.922
Point_33	11419946.810	1771004.410	11419944.470	1771004.210	2.340	0.200	5.476	0.040
Sum							680.781	723.593
Mean							2.161	2.297
RMSE (E)							1.470	
RMSE (N)								1.516
RMSE							2.111	

โดยแสดงรายละเอียดหัวตารางดังนี้

Point	หมายถึง	ตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบ
E และ N (Survey)	หมายถึง	ค่า E และ N ของข้อมูลสำรวจ
E และ N (GCP)	หมายถึง	จุดค่า E และ N ของจุดบังคับภาพภาคพื้นดิน
ΔE	หมายถึง	ผลต่าง E
ΔN	หมายถึง	ผลต่าง N

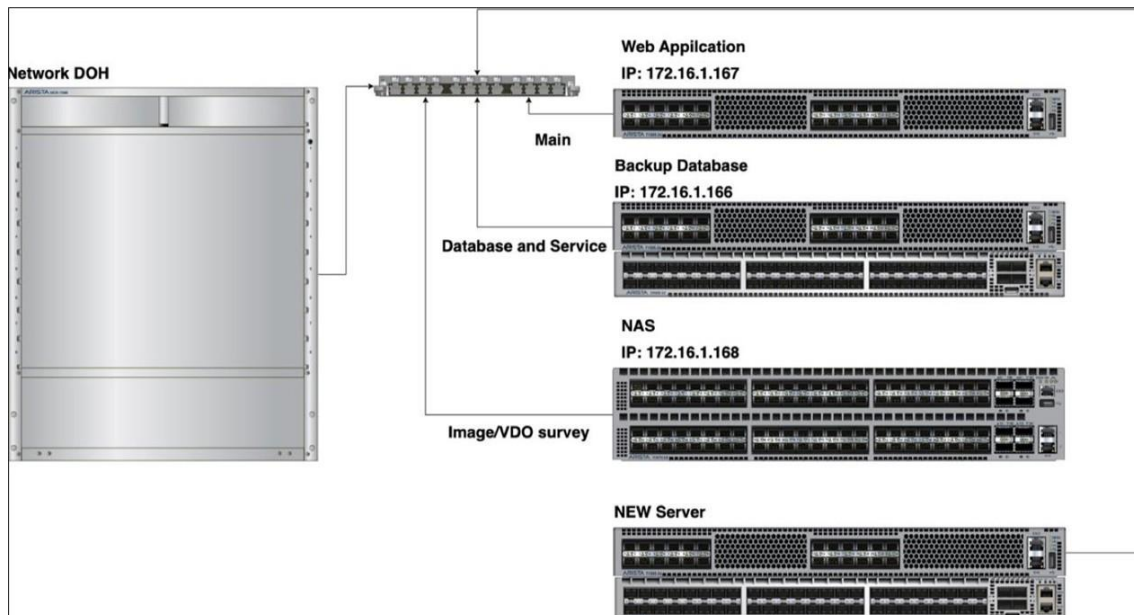
ผลการเปรียบเทียบในส่วนของการตรวจสอบเชิงตำแหน่งระหว่างข้อมูลสำรวจที่ได้ลงพื้นที่ทำการสำรวจบนสายทางในแต่ละแขวงทางหลวง เปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบ RMSE ผลที่ได้อยู่ประมาณ 2.111 เมตร ซึ่งถ้านำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการทำงานแผนที่หรือการแสดงผลข้อมูลสายทางบนระบบ แต่ถ้านำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในงานก่อสร้าง หรือการทำแผนที่รายละเอียดสูง เช่น 1:500 หรือ 1:100 เป็นต้น อาจจะต้องนำมาทดสอบค่าอีกครั้งจากการวัดด้วยกล้องระดับให้เหมาะสมมากขึ้น สรุปจากผลการเปรียบเทียบข้อมูล RMSE นี้สามารถนำไประบุค่าคุณภาพของข้อมูลหรือนำไปเป็นเอกสารอ้างอิง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการงานทางได้อย่างเหมาะสม



4.5.3 ที่ปรึกษาต้องทำการจัดเก็บข้อมูลที่ได้ จากข้อ 4.4 ในระบบฐานข้อมูล Roadnet เพื่อใช้ในการสืบค้น วิเคราะห์ และนำเสนอในรูปแบบของแผนที่ GIS โดยที่ปรึกษาจะต้องจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไว้ในอุปกรณ์ที่เก็บข้อมูล (Hard disk) และสำรองข้อมูลชนิด NAS (Network Attached Storage) อย่างเป็นระบบของผู้ว่าจ้าง โดยติดตั้งที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง

เพื่อรองรับการสืบค้น วิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลสภาพทางในรูปแบบแผนที่ GIS ที่ปรึกษาได้จัดเก็บข้อมูลการสำรวจไว้ในระบบฐานข้อมูล Roadnet อย่างเป็นระบบ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- 1) ข้อมูลสำรวจ: เก็บไว้ในอุปกรณ์ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) เพื่อการเข้าถึงที่รวดเร็ว
- 2) ข้อมูลสำรอง: เก็บบนระบบ NAS (Network Attached Storage) ที่ติดตั้ง ณ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง เพื่อความปลอดภัยและป้องกันข้อมูลสูญหาย



รูปที่ 4-88 แสดงอุปกรณ์สำรองข้อมูลชนิด NAS ที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง



ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ณ ปัจจุบันเปรียบเสมือนคลังข้อมูลขนาดใหญ่ที่เก็บรวบรวมข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาใช้เพื่อสนับสนุนงานบริหารจัดการทางหลวงในหลากหลายด้าน ช่วยให้การบำรุงรักษาทางหลวงมีประสิทธิภาพ ประหยัดงบประมาณ และเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งาน

ข้อมูลที่อยู่ในระบบ Roadnet ประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลบัญชีสายทาง: ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวง เช่น ชื่อทางหลวง หมายเลขทางหลวง ระยะทาง สถานการณ์อัปเดตบัญชีสายทางที่เชื่อมจากระบบ HRIS ของสำนักแผนงาน ฯลฯ
- 2) ข้อมูลลักษณะผิวทาง: ข้อมูลเกี่ยวกับผิวทาง เช่น ประเภทของผิวทาง สภาพผิวทาง ฯลฯ
- 3) ข้อมูลโครงสร้างและกายภาพ: ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างทางหลวง เช่น จำนวนช่องจราจร ความกว้างทางหลวง จำนวนเลน ฯลฯ
- 4) ข้อมูลสำรวจสภาพทาง: ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาพทาง เช่น ดัชนีความขรุขระสากล (IRI) ความลึกร่องล้อ (Rutting) ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวถนน (MPD) ค่าความเสียดทานผิว (Skidding) ฯลฯ
- 5) ข้อมูลสภาพความเสียหาย: ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพความเสียหายของทางหลวง เช่น รอยแตก ร้าว หลุมบ่อ ฯลฯ
- 6) ข้อมูลภาพถ่าย 2 ข้างทาง: ภาพถ่ายทางหลวงทั้งสองข้าง เก็บไว้เพื่อตรวจสอบสภาพทาง วิเคราะห์ความเสียหาย และออกแบบงานซ่อมแซม
- 7) ข้อมูลอื่น ๆ: ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทางหลวง เช่น ข้อมูลสะพาน ท่อลอด หลักกิโลเมตร ฯลฯ

ระบบ Roadnet แสดงผลข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

- 1) แผนที่: แสดงข้อมูลทางหลวงบนแผนที่ เช่น ตำแหน่งทางหลวง ประเภททางหลวง สภาพผิวทาง ฯลฯ
- 2) กราฟ: แสดงข้อมูลทางหลวงในรูปแบบกราฟ ข้อมูลดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index : IRI) ข้อมูลความลึกร่องล้อ (Rutting) ข้อมูลค่าเฉลี่ยความลึกโพรไฟล์ (Mean Profile Depth : MPD) และค่าความเสียดทานผิว (Skidding : μ) ตลอดจนข้อมูลสภาพความเสียหายประเภทต่าง ๆ
- 3) ตาราง: แสดงข้อมูลทางหลวงในรูปแบบตาราง เช่น ตารางข้อมูลบัญชีสายทาง ตารางข้อมูลสภาพความเสียหาย ฯลฯ
- 4) ภาพถ่าย: แสดงภาพถ่ายทางหลวงทั้งสองข้าง (Road Asset View) ในรูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่ ช่วยให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบสภาพทางได้โดยตรง
- 5) รายงาน: จัดทำรายงานสรุปข้อมูลทางหลวงในรูปแบบต่าง ๆ เช่น รายงานสรุปสภาพทางหลวง รายงานผลการสำรวจ ฯลฯ





- 6) จากการศึกษาอุปกรณ์แม่ข่ายของระบบ Roadnet ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโดยประกอบด้วยเครื่องแม่ข่ายจำนวน 3 เครื่อง ดังนี้
 - เครื่องที่ 1 Web Base Application : พัฒนาระบบ Roadnet ทั้งฟังก์ชัน และหน้าจอแสดงผล
 - เครื่องที่ 2 Database : เก็บฐานข้อมูลและสำรองข้อมูลป้องกันสูญหาย
 - เครื่องที่ 3 (NAS): เก็บข้อมูลภาพ 2 ข้างทางและภาพเคลื่อนไหวจากรถสำรวจตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

```

Fri Jul 25 16:15:59 +07 2025

Size  Used Avail Use%
18T   4.0T   13T   24% /data-local
17T   12T    5.8T  66% /data-nas

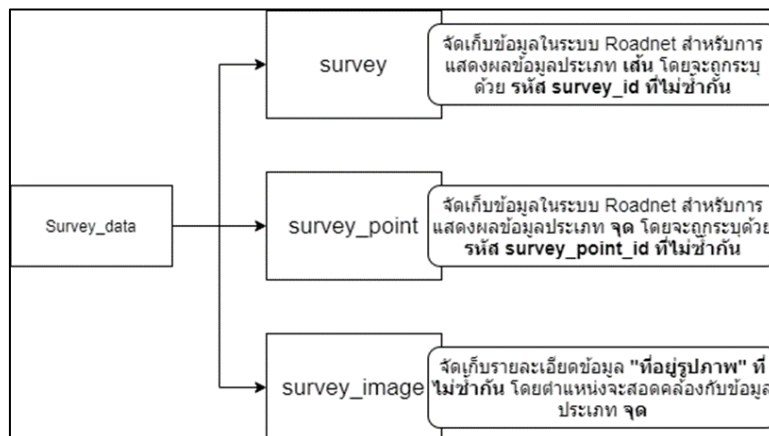
```

รูปที่ 4-89 แสดงภาพรวมการทำงานของระบบจัดเก็บข้อมูลสำรวจ บนเครื่องแม่ข่าย Server ในปัจจุบัน

จากรูปที่ 4-89 เป็นการแสดงผลการทำงานของระบบจัดเก็บข้อมูล NAS ซึ่งมีการใช้จัดเก็บข้อมูลอยู่ประมาณ 18.0 TB หลังจากดำเนินงานสำรวจที่ผ่านมาตั้งแต่ พ.ศ. 2567 จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีขนาดการจัดเก็บที่สามารถจัดเก็บข้อมูลได้อีก 13.0 TB สามารถรองรับการจัดเก็บข้อมูลการสำรวจในรอบต่อไปได้

4.5.4 การจัดเก็บข้อมูลในระบบ Roadnet จะต้องไม่มีผลกระทบกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ในระบบ และรูปแบบจะต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่ในระบบ

การจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเข้าสู่ระบบ Roadnet บนฐานข้อมูล phpPgAdmin จะมีโครงสร้างตามข้อ 4.5.1 โดยมีการออกแบบโครงสร้างเพื่อยกระดับกระบวนการการนำเข้าข้อมูลเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบ โดยแบ่งกลุ่มข้อมูลสำรวจที่ถูกประมวลผลพร้อมนำเข้าระบบแสดงดังรูปที่ 4-90

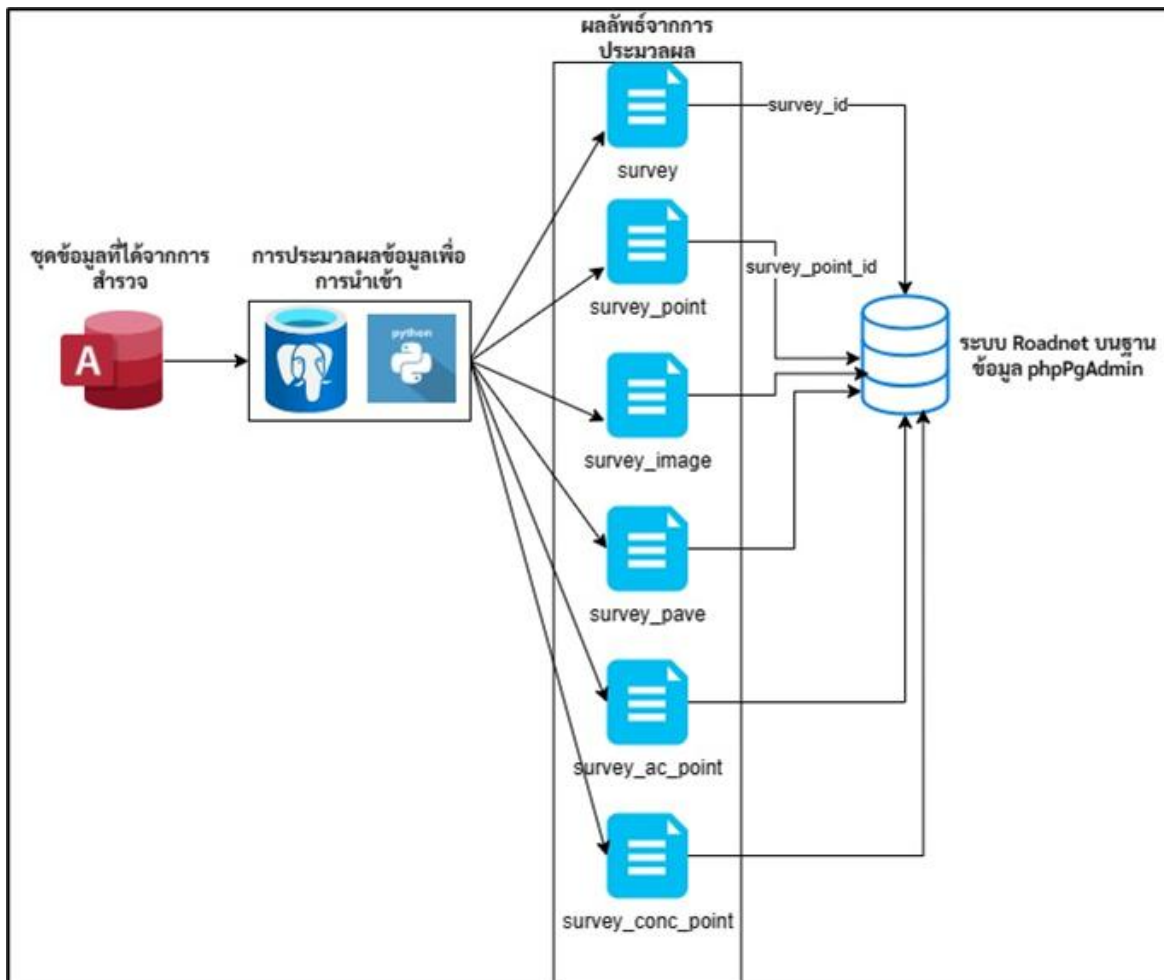


รูปที่ 4-90 แสดงการเชื่อมโยงบนระบบ Roadnet บนฐานข้อมูล phpPgadmin



จากแผนผังการแสดงผลการเชื่อมโยงในระบบ Roadnet บนฐานข้อมูล phpPgadmin จะเห็นว่าองค์ประกอบของข้อมูลมี 3 ส่วน คือ 1.ข้อมูลกลุ่ม survey ที่ระบุตำแหน่งเส้นถนนบนทางหลวงของแต่ละตอนควบคุมระบบ โดยมีการกำหนดรหัสข้อมูล survey_id ที่ระบุชุดข้อมูลต่าง ๆ เพื่อป้องกันผลกระทบระหว่างการนำเข้าสู่ข้อมูลในแต่ละรอบ 2. ข้อมูลกลุ่ม survey_point ที่ระบุตำแหน่งจุดสำรวจที่ระยะห่างทุก ๆ 25 เมตร โดยมีการกำหนดรหัสข้อมูล survey_point_id เพื่อป้องกันผลกระทบระหว่างการนำเข้าสู่ข้อมูลในแต่ละรอบ 3.ข้อมูลกลุ่ม survey_image ที่ระบุรายละเอียด ที่อยู่รูปภาพ เพื่อให้ระบบสามารถดึงข้อมูลรูปภาพจากฐานข้อมูลการจัดเก็บรูปภาพ (NAS) โดยตำแหน่งรูปภาพจะสอดคล้องกับตำแหน่งจุดสำรวจ

สำหรับขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลเข้าสู่ระบบ Roadnet บนฐานข้อมูล phpPgadmin สามารถอธิบายกระบวนการการนำเข้าแสดงดังรูปที่ 4-91



รูปที่ 4-91 แผนผังแสดงขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลเข้าสู่ระบบ Roadnet บนฐานข้อมูล phpPgadmin



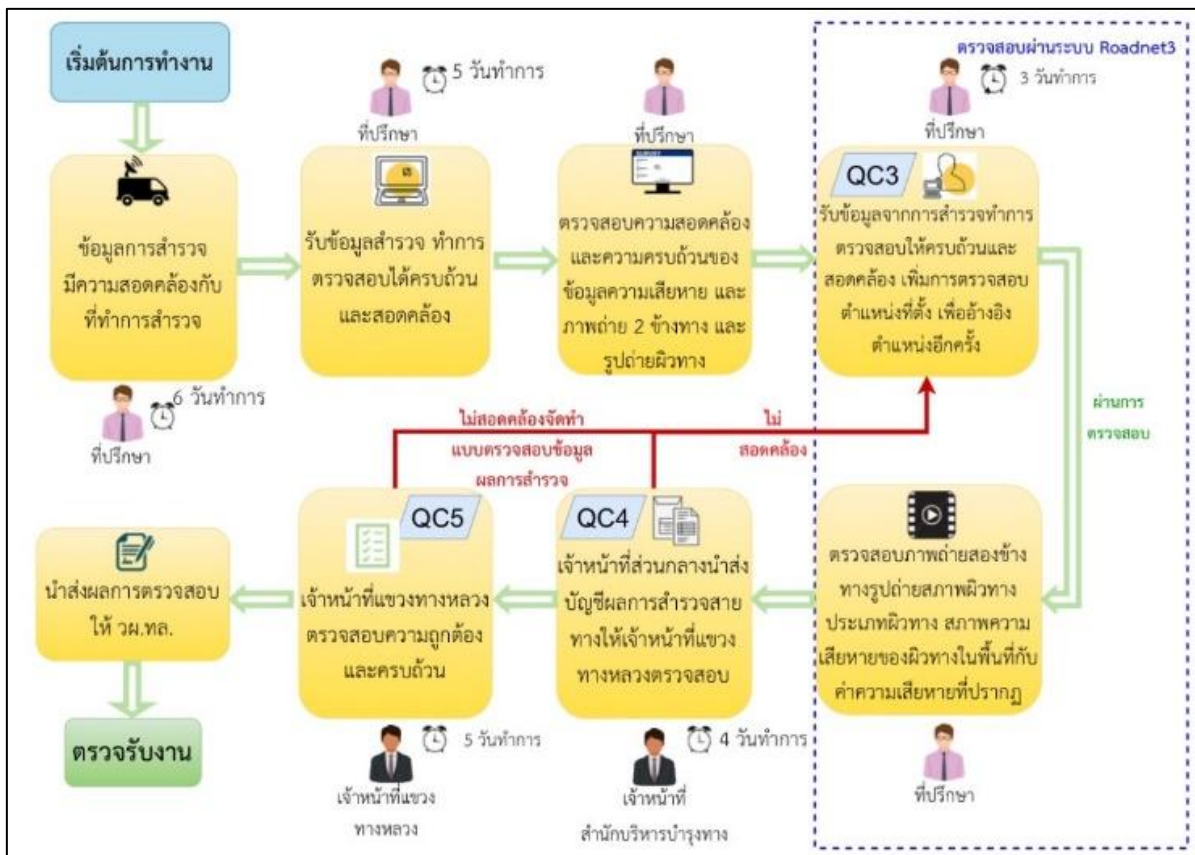
4.6 การตรวจสอบข้อมูลการสำรวจผ่านระบบ Roadnet

ข้อมูลการสำรวจที่ถูกจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล Roadnet ต้องมีความครบถ้วนถูกต้อง โดยสามารถตรวจสอบผ่านระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ได้อย่างน้อยดังนี้

4.6.1 การแสดงผลข้อมูลสภาพทาง ได้แก่ ข้อมูลค่าความสึกกร่อน (Rutting) ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) และข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD) ต้องดำเนินการตรวจสอบความถูกต้อง ดังนี้

- ภาพถ่ายสายทางจะต้องมีความสอดคล้องกับตำแหน่งที่ทำการสำรวจ
- ข้อมูลประเภทผิวทางจะต้องมีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง
- ความสอดคล้องของสภาพความเสียหายในพื้นที่กับค่าที่ปรากฏ

กระบวนการตรวจสอบข้อมูลสำรวจ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการสำรวจจากภาคสนาม จนมาถึงขั้นตอนการรับข้อมูลสำรวจ ตลอดจนการนำเข้าสู่ระบบ Roadnet ซึ่งจะทำการตรวจสอบตั้งแต่รายละเอียดภายในสายทาง รวมทั้งความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลสำรวจ ตลอดจนความสอดคล้องและสัมพันธ์กับภาพถ่ายสองข้างทาง เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ โดยมีกระบวนการและรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4-92



รูปที่ 4-92 แสดงกระบวนการตรวจสอบผ่านระบบ Roadnet



ในขั้นตอนการตรวจสอบการแสดงผลหน้าข้อมูลสำรวจผ่านระบบ Roadnet ที่ปรึกษาได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลรอบที่ 3 (QC3) ได้กำหนดเงื่อนไขการตรวจสอบเพื่อความถูกต้อง ความครบถ้วน ความสอดคล้องของข้อมูลสำรวจสายทางในทุก ๆ หมายเลขทางหลวง ตอนควบคุม และแผนการสำรวจ และผิวการสำรวจ เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลมีความสอดคล้องทุกกระบวนการ ทั้งนี้ การตรวจสอบจะดำเนินการตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-38 แสดงรายละเอียดในการตรวจสอบรอบที่ 3 (QC3) กระบวนการภายใน

ลำดับ	รายละเอียดการตรวจสอบ	สอดคล้อง	ไม่สอดคล้อง
1	ตาราง,กราฟ สำรวจระยะทางค่า IRI, RUTTING, MPD มีความสอดคล้อง	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	ข้อมูลภาพถ่าย 2 ข้างทางไม่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง/ไม่สมบูรณ์	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	ตรวจสอบเปรียบเทียบค่า IRI กับปีการสำรวจเก่า	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	ภาพเคลื่อนไหวไม่สอดคล้องกับข้อมูลภาพถ่าย 2 ข้างทาง/ไม่สมบูรณ์	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	ไม่มีข้อมูลตารางความเสียหาย หรือข้อมูลไม่ถูกต้อง	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	ไม่มีข้อมูลการสำรวจ หรือไม่ได้นำเข้าข้อมูลในระบบ Roadnet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	ไม่แสดงผลหน้าสรุปรายละเอียดสายทางในระดับตอนควบคุม	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	แผนระยะทางสำรวจ ไม่ตรงกับระยะทางในระบบ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	วันที่สำรวจไม่ถูกต้อง ไม่แสดง (วัน/เดือน/ปี)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	แผนการสำรวจซับซ้อนหรือไม่ครบถ้วนกับข้อมูลในระบบ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	กม.แผนการสำรวจไม่ตรงกับประเภททาง (ทางขนาน, สะพานข้ามแยก, อุโมงค์ทางลอด)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	ข้อมูลผิวทางบนระบบไม่ตรงกับข้อมูลบัญชีผิวทาง	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	ตำแหน่ง GPS ในแผนที่ไม่สมบูรณ์	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	ตำแหน่ง GPS เส้นทางสำรวจสัมพันธ์กับโครงข่ายทางหลวง (HRIS)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	ข้อมูลรูปภาพผิวทาง ค่าความเสียหาย และภาพถ่าย 2 ข้างทาง แสดงผลครบถ้วนและสอดคล้องกัน	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	ผลการสำรวจสอดคล้องกับแผนการสำรวจ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

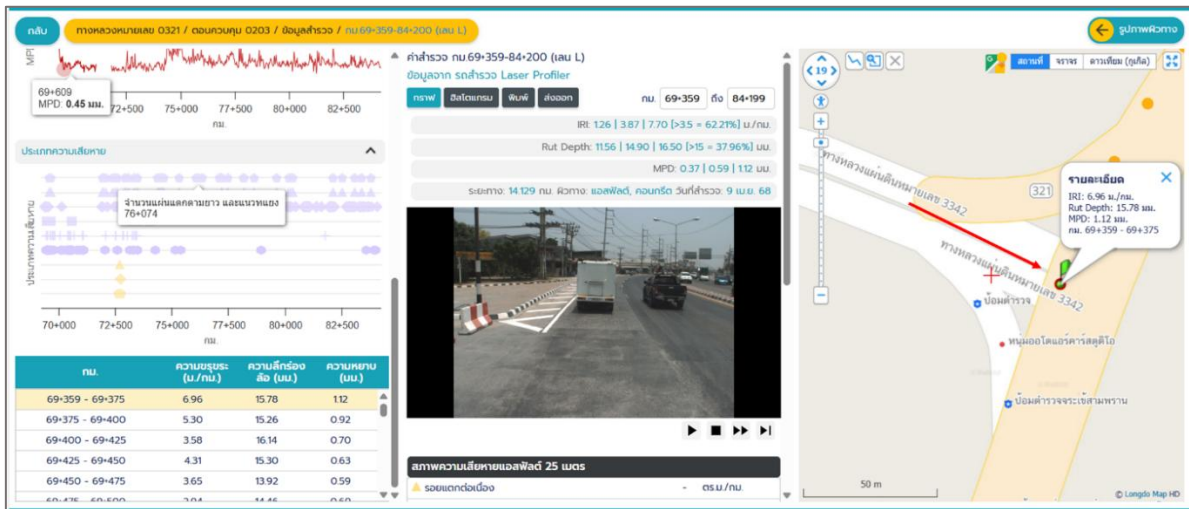
● **ภาพถ่ายสายทางจะต้องมีความสอดคล้องกับตำแหน่งที่ทำการสำรวจ**

การแสดงผลภาพถ่ายสองข้าง (LT/RT) จะต้องมีความสอดคล้องกับทิศทางและสายทางที่ทำการสำรวจในพื้นที่จริง เช่น ทางด้านซ้ายทางแสดงผลโลเมตรสำรวจจากน้อยไปมาก จะต้องสอดคล้องกับสายทางที่สำรวจในพื้นที่ โดยการแสดงผลภาพถ่ายสองข้างทาง ผ่านระบบ Roadnet แสดงผลทุก 25 เมตร ตามที่กำหนดไว้อย่างต่อเนื่องกันไปตลอดสายทาง สังเกตจากการแสดงพิกัดสายทางเส้นทางบนแผนที่ควบคู่กันไป



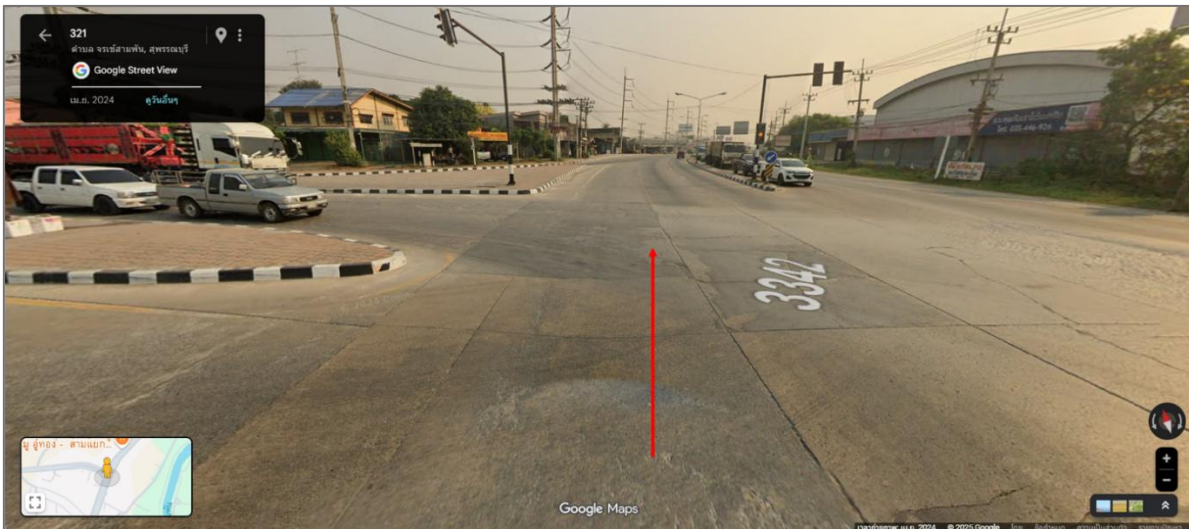
รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569



รูปที่ 4-93 ตัวอย่างการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงตำแหน่งบริเวณทางแยก

จากตรวจสอบภาพถ่าย ณ จุดเริ่มต้นความสอดคล้องกับตำแหน่งที่ได้ดำเนินการสำรวจจริงที่ปรึกษาได้เพิ่มขึ้นขั้นตอนการตรวจสอบอีก 1 ขั้นตอน โดยทำการเปรียบเทียบภาพถ่ายสายทางและภาพจาก Google Map เพื่ออ้างอิงและยืนยันความสอดคล้องของตำแหน่งสายทางที่ทำการสำรวจ



รูปที่ 4-94 ตัวอย่างการตรวจสอบพื้นที่สำรวจและอ้างอิงตำแหน่งภาพจาก Google Map



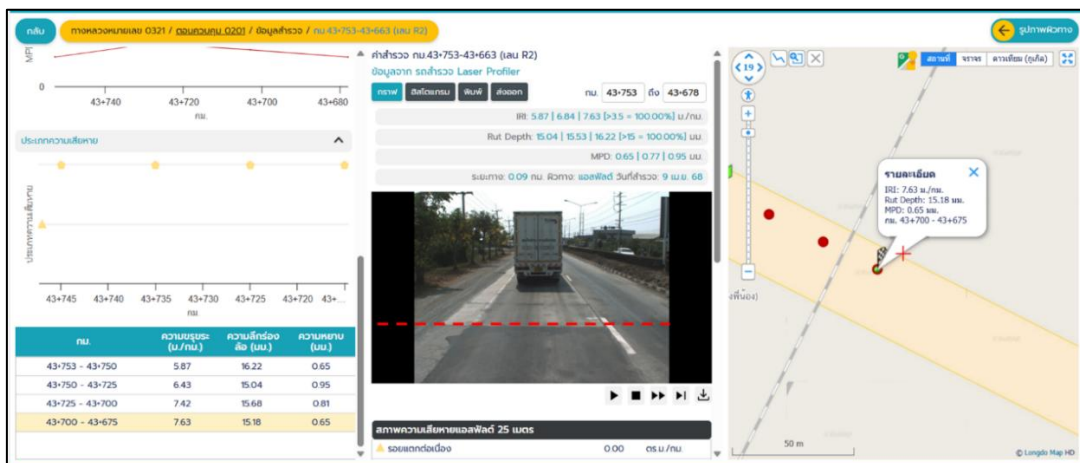


และในตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ที่ปรึกษาต้องดำเนินการตรวจสอบผลการสำรวจ และบัญชีแผนการสำรวจ ให้มีความสอดคล้องกัน โดยในขั้นตอนเบื้องต้นที่ปรึกษาซึ่งรับผิดชอบการวิ่งสำรวจสภาพทางต้องตรวจสอบแผนการสำรวจ และจัดทำบันทึกสายทางที่ได้ดำเนินวิ่งสำรวจแล้วอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการสำรวจ และแผนการสำรวจ ได้อย่างถูกต้อง และในกรณีสายทางที่มีงานก่อสร้างจากการแจ้ง แต่ไม่ได้อยู่ในรายการแจ้งของเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวงที่ได้ตอบกลับหนังสือแจ้งตรวจสอบแผนการสำรวจก่อนเริ่มการสำรวจข้อมูลสภาพทาง ที่ปรึกษาซึ่งดำเนินการวิ่งสำรวจให้บันทึกสายทางดังกล่าวที่มีงานก่อสร้างโดยระบุช่วง กม.เริ่มต้น - สิ้นสุด ที่มีงานก่อสร้างอย่างชัดเจน เพื่ออำนวยความสะดวกและเพิ่มความถูกต้องในการตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลในกระบวนการตรวจสอบถัดไป

div_no	district_c	name_dis	section_pa	route	control	name_contr	km_start	km_end	character_	งานก่อสร้าง
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	3792	0344	0103	หนองปรือ - เถินโน	32+400	46+325	ทางหลัก	22300_44+150-45+260 24100_71+300-71+880
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	3792	0344	0103	หนองปรือ - ดลอง	49+675	62+600	ทางหลัก	28100_73+478-74+440 28300_60+300-60+500
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	5549	0344	0101	บ้านสวน - นหนองรี	4+300	5+070	ทางหลัก	22500_4+300-5+200
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	5549	0344	0101	บ้านสวน - นหนองรี	5+070	5+300	ทางหลัก	22500_4+300-5+200 28100_81+150-83+150 RT 2410084+650-85+255
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	5550	0331	0202	เฒ่าโกล - แปลงยา	80+550	86+375	ทางหลัก	
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	5959	0344	0102	หนองรี - นหนองรี	13+700	14+000	ทางขนาน	31800_14+060-16+100,17+000-17+150
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	5959	0344	0102	หนองรี - นหนองรี	17+645	17+900	ทางขนาน	31800_14+060-16+100,17+000-17+150
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	5959	0344	0102	หนองรี - นหนองรี	13+000	14+000	ทางหลัก	29100_13+667
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	5959	0344	0102	หนองรี - นหนองรี	15+000	24+600	ทางหลัก	29100_16+695
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	5959	0344	0102	หนองรี - นหนองรี	25+000	30+850	ทางหลัก	22300_26+640-27+600
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	6054	0003	0300	หนองไม้แดง - ชล	87+450	88+820	ทางหลัก	22350_87+700-88+207
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	11313	0361	0100	ทางเลี้ยงเมืองชล	3+900	4+600	ทางหลัก	29100_4+364
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	11313	0361	0100	ทางเลี้ยงเมืองชล	4+600	8+500	ทางหลัก	28300_6+100-6+200
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	646	3340	0100	หนองเสม็ด - ปอข	16+900	18+960	ทางหลัก	22350_17+000-17+960
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	1527	3466	0100	บ้านเก่า - พานทอง	0+000	6+200	ทางหลัก	33110_1+850-2+225
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	5519	3138	0100	บ้านมิ่ง - มามป	1+575	6+950	ทางหลัก	22300_5+800-6+950
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	3794	3127	0100	มายโม่ง - หัวไผ่	6+992	18+935	ทางหลัก	22300_7+260-9+650 28100_15+490-17+810 RT 24100_16+870-18+058
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	5519	3138	0100	บ้านมิ่ง - มามป	7+630	19+200	ทางหลัก	
14	422	ชท.ชลบุรีที่ 1	5520	3127	0100	มายโม่ง - หัวไผ่	0+650	5+000	ทางหลัก	22350_4+120-5+000

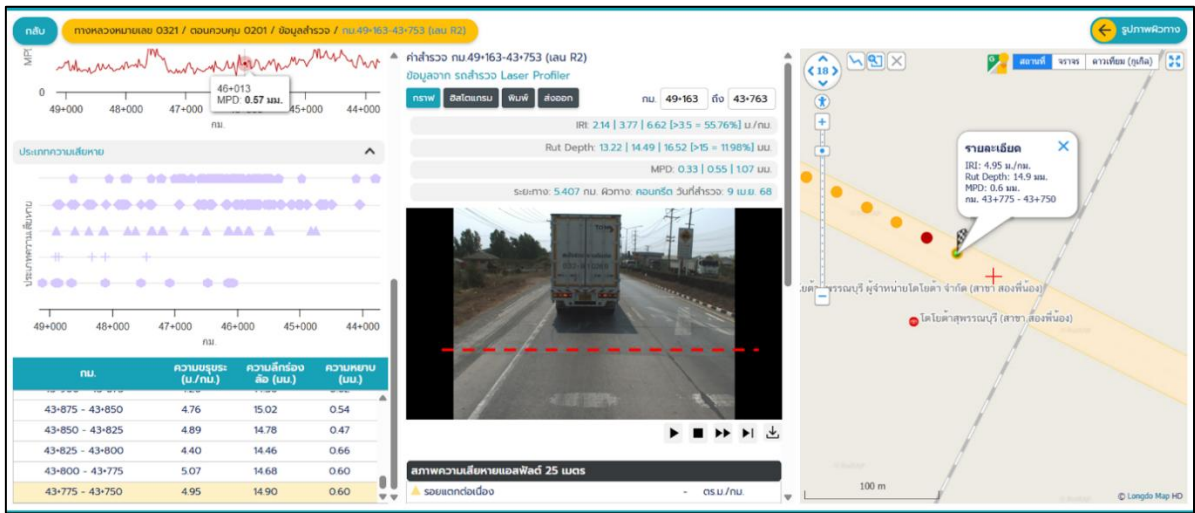
รูปที่ 4-95 ตัวอย่างบัญชีแผนการสำรวจ

- ข้อมูลประเภท ผิวทาง จะต้องมีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง ประเภทผิวทางผ่านระบบและผิวทางพื้นที่จริงต้องมีความสอดคล้องกัน โดยแสดงผลผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีต ซึ่งในบางสายทางอาจมีผิวทางมากกว่า 1 ผิวทาง



รูปที่ 4-96 ตัวอย่างการตรวจสอบสายทางที่แสดงผิวลาดยางและรอยต่อผิวคอนกรีต

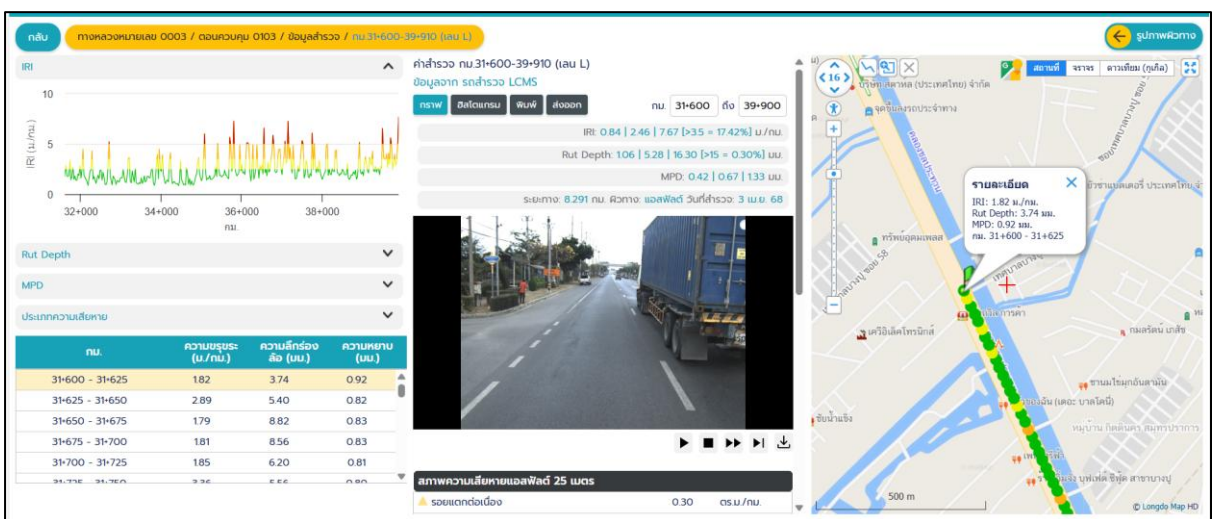




รูปที่ 4-97 ตัวอย่างการตรวจสอบสายทางที่แสดงผิวคอนกรีตและรอยต่อผิวลาดยาง

● ความสอดคล้องของสภาพความเสียหายในพื้นที่กับค่าที่ปรากฏ

วิธีการตรวจสอบการแสดงผลหน้าข้อมูลสำรวจเบื้องต้นจากการนำเข้าระบบข้อมูลสภาพทาง จะทำการตรวจสอบผ่านระบบ Roadnet โดยทำการตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วน และความสอดคล้องของข้อมูลสำรวจในแต่ละสายทาง ยกตัวอย่างการตรวจสอบความสอดคล้องของสภาพความเสียหายของข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) เนื่องจากข้อมูลกราฟแสดงค่าความขรุขระสากล (IRI) มากกว่าที่กำหนดจึงต้องตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างค่าความขรุขระสากล (IRI) และภาพถ่ายสองข้างทาง นอกจากนี้การตรวจสอบการแสดงผลกราฟต้องเป็นไปตามปกติ ค่าของกราฟจะต้องไม่เท่ากับ 0 และค่าไม่เกิน 8 หรือการแสดงผลกราฟผิดเพี้ยนไป เมื่อพบข้อผิดพลาดดังกล่าว จะดำเนินการส่งข้อมูลกลับไปแก้ไข เพื่อความครบถ้วน และความสอดคล้องของข้อมูลจึงจำเป็นต้องตรวจสอบอย่างละเอียด

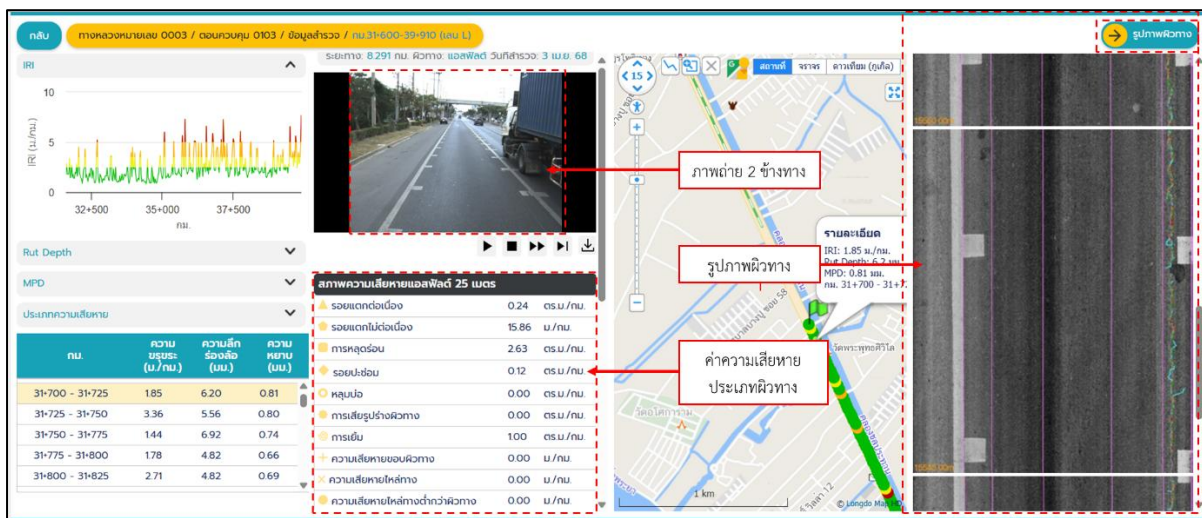


รูปที่ 4-98 ตัวอย่างกราฟข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) ที่สภาพความเสียหายสอดคล้องในพื้นที่





เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในการตรวจสอบค่าความเสียหายของข้อมูล ที่ปรึกษาได้เพิ่มกระบวนการตรวจสอบความครบถ้วนและสอดคล้องของข้อมูล ประกอบด้วย ภาพถ่ายสองข้างทาง รูปภาพผิวทาง ประเภทค่าความเสียหายของข้อมูล ซึ่งข้อมูลทั้ง 3 ส่วนนี้จะต้องสอดคล้องกัน หากภาพถ่ายสองข้างทาง และรูปภาพผิวทาง ไม่แสดงความเสียหายประเภทรอยแตก หรือความเสียหายประเภทอื่น ๆ แต่ระบบแสดงค่าความเสียหายถือว่าไม่สอดคล้องกัน หรือรูปภาพผิวทางมีการประเมินอัตโนมัติจากค่าความเสียหายจากพารามิเตอร์ของหัวเลเซอร์ และแสดงค่าความเสียหาย แต่ในช่วงผิวทางนั้นไม่มีความเสียหาย ซึ่งภาพถ่ายสองข้างทางแสดงผิวทางที่ความราบเรียบ ถือว่าไม่สอดคล้องกัน



รูปที่ 4-99 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลค่าความเสียหายรูปภาพผิวทาง

ภาพถ่ายสองข้างทางครบถ้วนและสอดคล้อง

นอกจากนี้ยังเสริมสร้างความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยที่ปรึกษาได้เพิ่มกระบวนการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล โดยการเปรียบเทียบค่าความขรุขระสากล (IRI) ของปีงบประมาณที่ผ่านมา และปีงบประมาณสำรวจปัจจุบันเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงความถูกต้อง และความเสถียรของอุปกรณ์สำรวจที่ติดตั้งบนรถสำรวจสภาพทางตลอดจนความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาพทางในรอบปีงบประมาณปัจจุบันแสดงดังรูปที่ 4-110





รูปที่ 4-100 ตัวอย่างกราฟเปรียบเทียบค่าความขรุขระสากล 2 ปี

4.6.2 การแสดงผลข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) จะต้องมีความถูกต้องครบถ้วน ตามแต่ละประเภทผิวทางทั้งผิวลาดยางและผิวคอนกรีต และแสดงข้อมูลตามสภาพความเสียหายที่ได้จากการสำรวจ

การตรวจสอบข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) ที่ได้จากการประเมินความเสียหายผิวทางทั้งผิวทางลาดยางและผิวคอนกรีตมีการบวนการตรวจสอบเบื้องต้นก่อนนำเข้าระบบ โดยมีกระบวนการตรวจสอบตามข้อ 4.4.2 ซึ่งเป็นกระบวนการก่อนนำข้อมูลเข้าระบบ Roadnet การตรวจสอบดังกล่าว สามารถทำการตรวจสอบตำแหน่งของข้อมูลเทียบกับสายทางที่มีค่าสภาพทางสูงเพียงเท่านั้น จนนำข้อมูลเข้าระบบ Roadnet จึงทำการตรวจสอบข้อมูลทางด้านความสอดคล้อง และครบถ้วนกับภาพถ่ายสองข้างทาง และตรวจสอบภาพเคลื่อนไหวอีกครั้ง เพื่อให้แน่ใจ ตารางสภาพความเสียหายนำเข้าระบบมีความครบถ้วนสมบูรณ์ และสอดคล้องกับรูปภาพผิวทาง และภาพถ่ายสองข้างทาง โดยมีรายการของประเภทความเสียหายของผิวทางแสดงดังตารางที่ 4-39

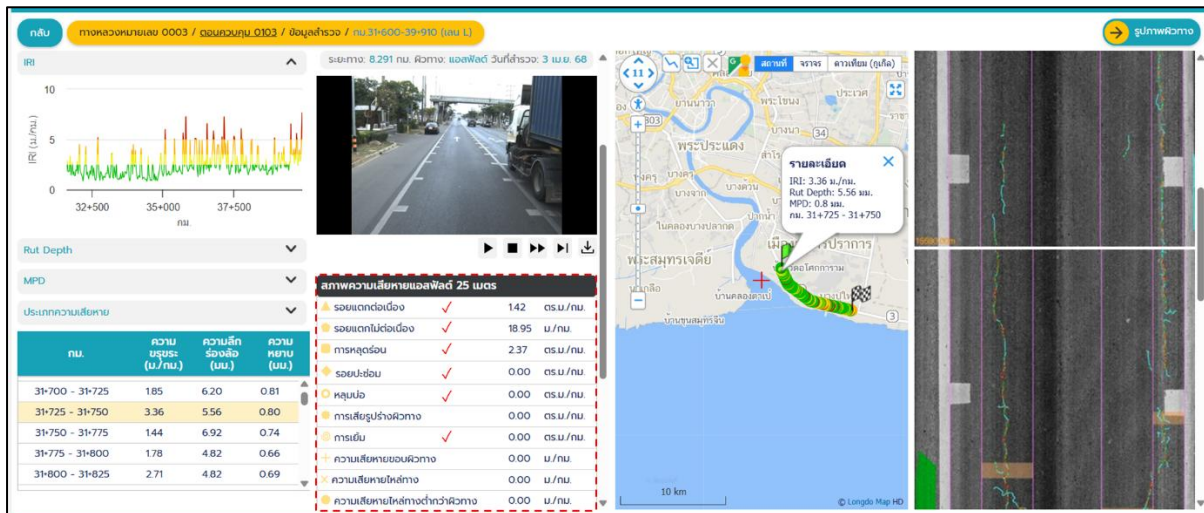




ตารางที่ 4-39 แสดงข้อมูลการประเมินความเสียหายบนผิวลาดยาง

ลำดับที่	ประเภทความเสียหายของทางผิวลาดยาง
1	รอยแตกต่อเนื่อง (Interconnecting Crack)
2	รอยแตกไม่ต่อเนื่อง (U-Crack)
3	การเฝิ้มของลาดยาง (Bleeding)
4	การหลุดร่อน (Raveling)
5	หลุมบ่อ (Pot Holes)
6	รอยปะซ่อม (Patching)

จากผลการนำเข้าข้อมูลความเสียหายผิวทางลาดยาง จะดำเนินการตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบกับกราฟของผลการสำรวจค่าสภาพทาง รวมถึงข้อมูลภาพถ่ายสองข้างทางควบคู่กันไป เพื่อความสอดคล้องกันของข้อมูล ดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 4-101 ตัวอย่างการแสดงผลสภาพความเสียหายลาดยาง

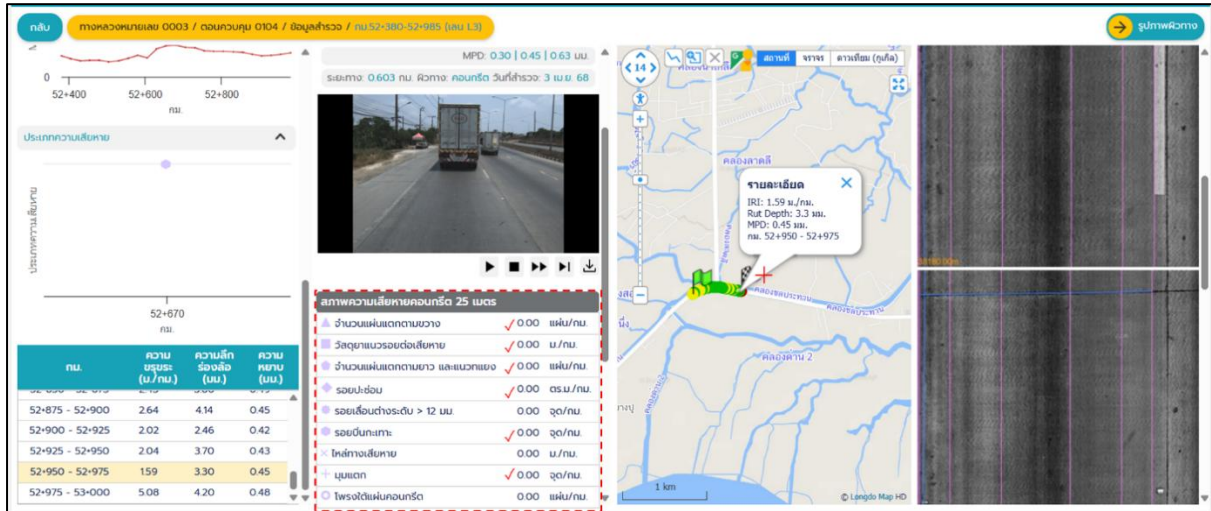
ตารางที่ 4-40 แสดงข้อมูลการประเมินความเสียหายบนผิวคอนกรีต

ลำดับที่	ประเภทความเสียหายของผิวทางคอนกรีต
1	รอยแตกตามขวาง (Transverse Cracks)
2	รอยบิ่นกระเทาะที่รอยต่อ (Spalling)
3	รอยแตกตามยาว (Longitudinal Cracks)
4	รอยแตกที่มุม (Corner Breaks)
5	ความเสียหายของวัสดุยาแนวรอยต่อ (Joint Seal Damage)
6	รอยปะซ่อม (Patching)





จากผลการนำเข้าข้อมูลความเสียหายผิวทางคอนกรีต จะดำเนินการตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบกับกราฟของผลการสำรวจค่าสภาพทาง รวมถึงข้อมูลภาพถ่ายสองข้างทางควบคู่กันไป เพื่อความสอดคล้องกันของข้อมูล ดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 4-102 ตัวอย่างการแสดงผลสภาพความเสียหายคอนกรีต

4.6.3 ภาพถ่ายและภาพเคลื่อนไหว (VDO) ของสองข้างทางถนนต้องมีความสมบูรณ์ของภาพดังนี้

- ภาพถ่ายจะต้องไม่มีสิ่งแปลกปลอมมาบดบังความชัดเจนอันแสดงถึงสภาพของผิวทางหรือทรัพย์สินต่าง ๆ ที่ติดตั้งในบริเวณเขตทางหลวง เช่น คราบหยดน้ำ หรือเงาสะท้อนจากกระจก เป็นต้น

จากการการนำภาพถ่ายสองข้างทางที่ได้จากการสำรวจที่บันทึกด้วยกล้องภายในห้องโดยสารของรถสำรวจ (DVR) นำมาเรียงลำดับภาพตามระยะทางทุก ๆ 25 เมตร และประมวลผลเป็นภาพเคลื่อนไหว (VDO) ในกระบวนการตรวจสอบภาพถ่ายต้องไม่มีสิ่งแปลกปลอมหรือสิ่งรบกวนทัศนวิสัยของผิวทาง เช่น เงาสะท้อนจากกระจก คราบหยดน้ำ คราบมูลนก ภาพมืด หรืออื่น ๆ เป็นต้น ที่บดบังทัศนวิสัยในการแสดงผลบนหน้าระบบ Roadnet มีตัวอย่างภาพที่เกิดปัญหาแสดงดังรูปที่ 4-103 และรูปที่ 4-105



รูปที่ 4-103 ตัวอย่างการแสดงผลภาพถ่ายที่มีคราบมูลนก



รูปที่ 4-104 ตัวอย่างการแสดงผลภาพถ่ายที่มีคราบน้ำ



รูปที่ 4-105 ตัวอย่างการแสดงผลภาพถ่ายที่นักบินผ่าน

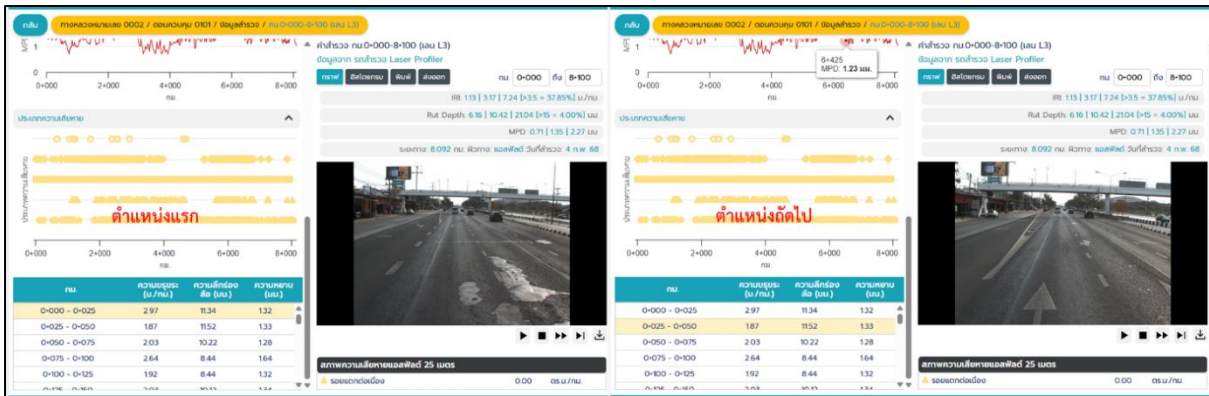
- สัดส่วนภาพต้องเห็นสองข้างทางถนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ภาพสัดส่วนภาพต้องปรากฏผิวจราจรและสองข้างทาง คิดเป็นสัดส่วนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของพื้นที่ภาพทั้งหมด ที่ปรึกษาทำการตรวจสอบคุณภาพของภาพถ่ายโดยวิธีดูภาพถ่ายสองข้างทาง และภาพเคลื่อนไหว โดยภาพที่สอดคล้องดังตัวอย่างนี้



รูปที่ 4-106 ตัวอย่างการแสดงผลภาพสัดส่วนที่มีความสอดคล้อง



- ความครบถ้วนของภาพจะต้องแสดงผลสอดคล้องตามระยะและทิศทาง (LT/RT) ของการแสดงผลข้อมูลสภาพทาง (ทุกระยะ 25 เมตรหรือน้อยกว่า) โดยภาพในแต่ละระยะจะต้องไม่มีความซ้ำซ้อนหรือสลับกัน ภาพถ่ายต้องไม่กระตุกไม่ซ้ำกันสลับซับซ้อน โดยการตรวจสอบจำเป็นต้องทำการตรวจสอบผ่านการดูภาพถ่ายสองข้างทาง เช่น จากกราฟข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล IRI ภาพที่เปลี่ยนทุก ๆ 25 เมตร มีความสอดคล้องหรือไม่ และตรวจสอบจากฟังก์ชันการดูภาพเคลื่อนไหว (VDO) ของสายทางบนระบบ Roadnet3



รูปที่ 4-107 ตัวอย่างการตรวจสอบภาพเคลื่อนไหวที่ไม่ซ้ำกัน

4.6.4 การแสดงพิกัดสายทาง (Coordinates) จะต้องมีความสอดคล้องกับภาพถ่ายสายทางและสภาพพื้นที่

การแสดงพิกัดสายทางเส้นทาง (Coordinates) สายทางที่สำรวจ และหน้าแผนที่ Base map ของข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน ตำแหน่งหลักกิโลเมตรของจุดสำรวจสภาพทาง เรียงตามจุด Layer หลักกิโลเมตรของสายทาง ไม่สลับซับซ้อน ข้อมูลภาพถ่ายสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริงที่ปรากฏ จุดสังเกต เช่น ทางขนาน ทิศทางของสายทางที่ต้องต่อเนื่องจนถึงจุดสิ้นสุดของสายทาง ดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 4-108 ตัวอย่างการแสดงจุดเริ่มต้นทางขนานทางหลวงหมายเลข 1 ตอนควบคุม 0101



4.6.5 เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลผู้ว่าจ้างสามารถแต่งตั้งคณะทำงานหรือผู้แทนในระดับภูมิภาคเพื่อตรวจสอบ ความครบถ้วนสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

เมื่อทางที่ปรึกษาได้ทำการนำข้อมูลสำรวจขึ้นระบบ Roadnet แล้วเสร็จ จึงเริ่มทำการตรวจสอบความครบถ้วน และความสอดคล้องของข้อมูล โดยที่ปรึกษาจะจัดรูปแบบในการตรวจสอบรอบที่ 3 (QC3) เพื่อทำการตรวจสอบข้อมูลโดยละเอียด และเมื่อผ่านการตรวจสอบดังกล่าว จึงจะจัดทำบัญชีสรุปผลการสำรวจเป็นรายแขวงทางหลวง โดยจะสรุปบัญชีสายทางส่งเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลความครบถ้วนของข้อมูล จากสำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง เป็นบัญชีตรวจสอบรอบที่ 4 (QC4) แสดงดังรูปที่ 4-109 และที่ปรึกษาดำเนินการจัดทำบัญชีสรุป สายทางส่งไปยังหน่วยงานภายในพื้นที่แขวงทางหลวง ให้แก่คณะทำงานหรือผู้แทนในระดับภูมิภาคเพื่อตรวจสอบ ซึ่งจะทำการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งว่าตั้งอยู่ภายในพื้นที่ดังกล่าวหรือไม่ โดยขั้นตอนการตรวจสอบนี้จะเป็นการตรวจสอบรอบที่ 5 (QC5) มีรายละเอียดตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 4-110 โดยกระบวนการทั้งสิ้นที่ปรึกษาได้จัดทำรายละเอียดขั้นตอนการตรวจสอบแสดงดังรูปที่ 4-111

Table with columns: หมายเลขทางหลวง, คยอควบคุม, ชื่อสายทาง, ผลการสำรวจ (กม.เริ่มต้น, กม.สิ้นสุด, ระยะทางใน, ระยะทางสำรวจ คม 2 ซีก), ชนิดผิวทาง, วิธีการสำรวจ (เริ่ม, สิ้นสุด, การสำรวจ, การเก็บข้อมูล การสำรวจ), ผลการสำรวจ (ระยะทาง (กม.), ชื่อแขวง, มีผิวทาง, จำนวนช่องจราจร, ความกว้างการสำรวจ), หมายเหตุ, หมายเหตุ

รูปที่ 4-109 ตารางตัวอย่างบัญชีตรวจสอบ QC4 รายแขวงทางหลวง

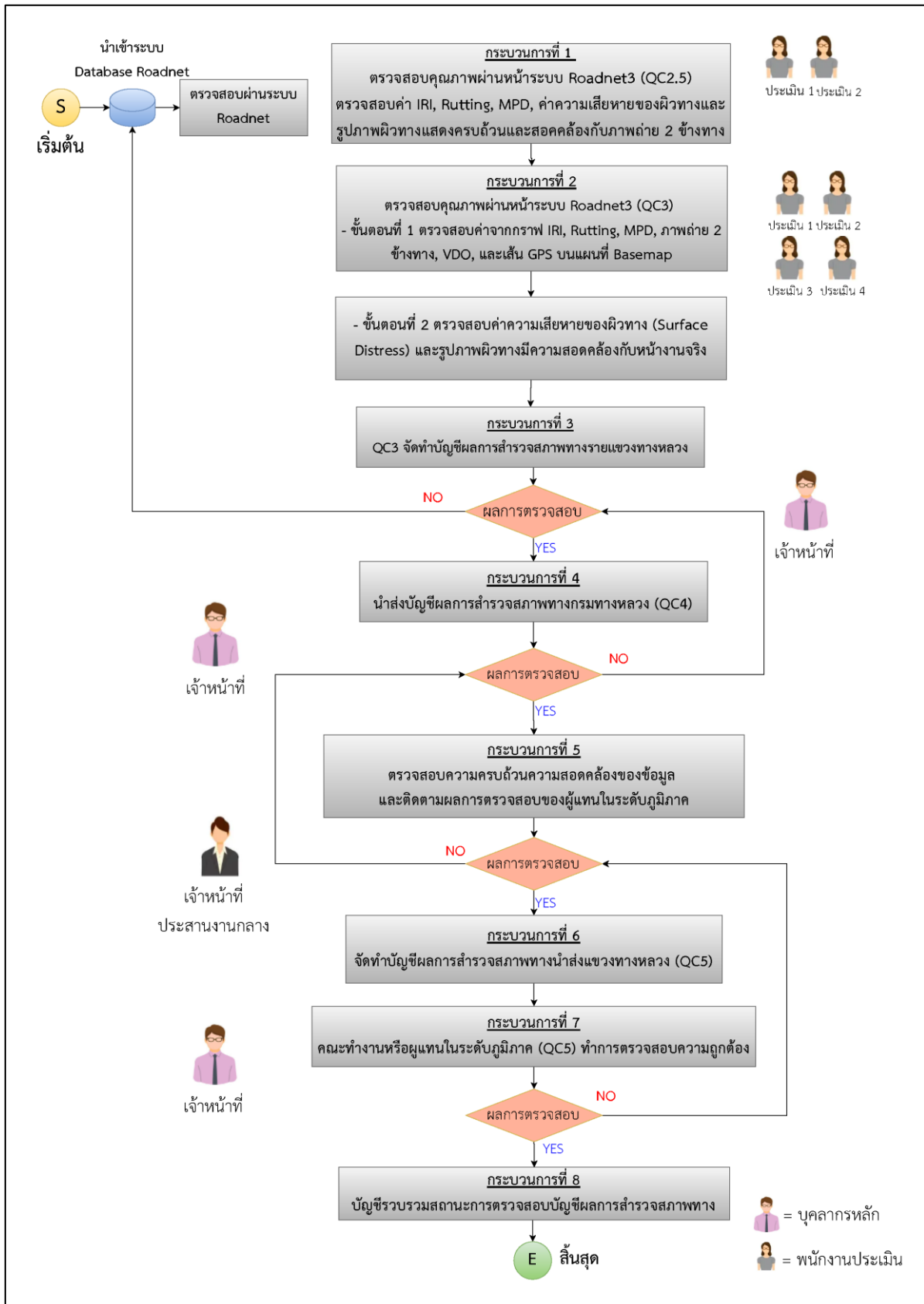
Table with columns: หมายเลขทางหลวง, คยอควบคุม, ชื่อสายทาง, ผลการสำรวจ (กม.เริ่มต้น, กม.สิ้นสุด), ชื่อแขวง, ผลการนับเข้าข้อมูล (กม.เริ่มต้น การสำรวจ, กม.สิ้นสุด การสำรวจ, ระยะทาง (กม.)), ประเภททาง, ประเภทผิวทาง, สรุปลงชื่อ (/ สอดคล้อง x ไม่สอดคล้อง), หมายเหตุ

รูปที่ 4-110 ตารางตัวอย่างบัญชีตรวจสอบ QC5



รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569



รูปที่ 4-111 กระบวนการขั้นตอนการตรวจสอบของเจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพ





จากรูปที่ 4-111 รายละเอียดขยายความกระบวนการตรวจสอบผ่านหน้าระบบ Roadnet3 มีกระบวนการทั้งสิ้น 7 กระบวนการดังนี้

กระบวนการที่ 1

เจ้าหน้าที่ QC2.5 ตรวจสอบค่า IRI, Rutting, MPD, ค่าความเสียหายของผิวทางและรูปภาพผิวทาง แสดงครบถ้วนและสอดคล้องกับภาพถ่ายสองข้างทาง

กระบวนการที่ 2

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบค่า IRI, Rutting, MPD, ภาพถ่าย และภาพเคลื่อนไหว

- 1) ตรวจสอบการแสดงผลผ่านกราฟ ได้แก่
 - (IRI) มีความต่อเนื่อง ตรวจสอบค่ามีความสอดคล้องกับสภาพทาง
 - (Rutting) มีความต่อเนื่อง ตรวจสอบค่ามีความสอดคล้องกับสภาพทาง
 - (MPD) มีความต่อเนื่อง ตรวจสอบค่ามีความสอดคล้องกับสภาพทาง
- 2) ปรากฏภาพถ่ายสองข้างทาง ขึ้นครบตามช่วง และภาพไม่ซ้ำ
- 3) ภาพถ่ายไม่มีสิ่งแปลกปลอมมาบดบังทัศนวิสัย
- 4) ข้อมูลภาพถ่ายสองข้างทางสอดคล้องกับโครงข่ายทางหลวง (HRIS)
- 5) ประเภทผิวทางกล้องหน้าสอดคล้องกับข้อมูลแสดงผลบนระบบ Roadnet3
- 6) ภาพเคลื่อนไหว (VDO) มีความต่อเนื่องไม่สะดุด
- 7) พิกัดเส้นสำรวจสอดคล้องกับ GPS บนแผนที่ Basemap

ขั้นที่ 2 ตรวจสอบค่าความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) มีความสอดคล้องกับความเสียหายหน้างานจริง ได้แก่ ข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) ข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD) ตรวจสอบความเสียหายที่มีค่าสูงประกอบกับภาพกล้องหน้าอย่างละเอียด

กระบวนการที่ 3

เจ้าหน้าที่ QC3 จัดทำบัญชีสายทางการสำรวจรายแขวงทางหลวงดำเนินการจัดทำบัญชีสรุปสายทางส่งไปยังหน่วยงานสำนักบริหารบำรุงทางให้แก่คณะทำงาน ดังตัวอย่างบัญชีตรวจสอบ QC4 รายแขวงทางหลวง แสดงดังรูปที่ 4-111

กระบวนการที่ 4

เจ้าหน้าที่ผู้ประสานงานกลาง ดำเนินบันทึกผล รายงานผลระยะทางความก้าวหน้าวันที่รับ – ส่งข้อมูลและดำเนินการประสานงานไปยังหน่วยงานสำนักบริหารบำรุงทางให้แจกจ่ายบัญชีสายทางแก่คณะทำงานตรวจสอบ



กระบวนการที่ 5

เจ้าหน้าที่ QC4 ตรวจสอบความครบถ้วนความสอดคล้องของข้อมูลสำรวจสายทางในทุก ๆ หมายทางหลวง ตอนควบคุม และแผนการสำรวจและผิวการสำรวจ ต้องสอดคล้องทุกกระบวนการ และติดตามคณะทำงานหรือผู้แทนในระดับภูมิภาคในกระบวนการ QC5

กระบวนการที่ 6

เจ้าหน้าที่ QC4 จัดทำบัญชีสายทางการสำรวจรายแขวงทางหลวงดำเนินการจัดทำบัญชีสรุปสายทางนำส่งแก่คณะทำงานหรือผู้แทนในระดับภูมิภาคในกระบวนการ QC5

กระบวนการที่ 7

เจ้าหน้าที่ QC5 ตรวจสอบ ความถูกต้องของสายทาง ความครบถ้วนความสอดคล้องของข้อมูลสำรวจสายทางในทุก ๆ หมายทางหลวง ตอนควบคุม และแผนการสำรวจและผิวทางการสำรวจ ต้องสอดคล้องทุกกระบวนการ และติดตามคณะทำงานหรือผู้แทนในระดับภูมิภาคในกระบวนการ QC5

กระบวนการที่ 8

ที่ปรึกษาจัดทำสรุปบัญชีรวบรวมสถานการณ์ตรวจสอบบัญชีผิวทาง และติดตามระยะทางการผ่านการตรวจสอบ พร้อมทั้งรายงานผลเป็นประจำรายสัปดาห์

เมื่อพบข้อมูลไม่ตรงกับบัญชีผิวทาง ที่ปรึกษาสามารถหมายเหตุข้อมูลการสำรวจเป็นจุดสังเกต เพื่อให้เจ้าหน้าที่จากสำนักบริหารบำรุงทาง และเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวง ทำการตรวจสอบบัญชีของตนเองผ่านระบบ Roadnet3 อีกครั้ง โดยมีรายละเอียดของหมายเหตุดังนี้

- 1) ระยะทางสำรวจไม่ตรงกับบัญชี คือ เมื่อทำการสำรวจ กม.เริ่มต้น - กม.สิ้นสุด ระยะสำรวจไม่สอดคล้องกับระยะทางในบัญชีลักษณะผิวทาง โดยระยะทาง ± 100 เมตร
- 2) ข้อมูลจำนวนช่องจราจรไม่ตรงกับบัญชี คือ เมื่อดำเนินการสำรวจพบว่าสภาพจริงเป็น 4 ช่องจราจร แต่บัญชีลักษณะผิวทางระบุ 2 ช่องจราจร หรือสภาพจริงเป็น 2 ช่องจราจรแต่บัญชีลักษณะผิวทางเป็น 4 ช่องจราจร ควรแจ้งให้งานสถิติตรวจสอบและปรับปรุงข้อมูลในระบบ Roadnet3 ให้เป็นปัจจุบัน
- 3) ข้อมูลทางขนานไม่ตรงกับบัญชี, ข้อมูลอุโมงค์ทางลอดไม่ตรงกับบัญชี, ข้อมูลสะพานข้ามแยกไม่ตรงกับบัญชี คือ เมื่อดำเนินการสำรวจพบว่าสภาพจริงพบข้อมูลทางขนาน, อุโมงค์ทางลอด และสะพานข้ามแยก แต่บัญชีลักษณะผิวทางไม่ระบุข้อมูลทางขนาน, อุโมงค์ทางลอด และสะพานข้ามแยก ที่ปรึกษาจึงได้สำรวจเพิ่มจากบัญชีลักษณะผิวทาง ควรแจ้งให้งานสถิติตรวจสอบและปรับปรุงข้อมูลในระบบ Roadnet3 ให้เป็นปัจจุบัน



- 4) ข้อมูลประเภทผิวทางไม่ตรงกับบัญชี เช่น เมื่อดำเนินการสำรวจพบว่าประเภทผิวทางตามสภาพจริงไม่ตรงตามบัญชีลักษณะผิวทาง ควรแจ้งให้งานสถิติ ตรวจสอบและปรับปรุงข้อมูลในระบบ Roadnet3 ให้ เป็นปัจจุบัน
- 5) รอนำส่งข้อมูลครั้งที่ 2 คือ ไม่สามารถนำส่งได้ในรอบนี้ ทำให้สายทางช่วงนี้ไม่ต้องตรวจสอบ และจะมีการส่งข้อมูลให้ตรวจสอบ 2 ครั้ง
- 6) ตรวจสอบแล้วเสร็จ, อยู่ระหว่างตรวจสอบของแขวงฯ (เฉพาะบัญชี OC5), อยู่ระหว่างตรวจสอบของกรมฯ (เฉพาะบัญชี OC4) คือ สายทางในช่วงดังกล่าว ได้ตรวจสอบและยืนยันผลการตรวจสอบแล้ว หรืออยู่ระหว่างการตรวจสอบของแขวงฯ ในการส่งตรวจครั้งที่ 1 (เฉพาะบัญชี QC5) หรืออยู่ระหว่างการตรวจสอบของกรมฯ ในการส่งตรวจครั้งที่ 1 (เฉพาะบัญชี QC4)
- 7) ไม่สามารถสำรวจได้ คือ มีการก่อสร้างระหว่างที่ที่ปรึกษาดำเนินการสำรวจ ซึ่งช่วงกม.ดังกล่าวจะไม่มีข้อมูลการสำรวจ หรือโอนให้หน่วยงานอื่น
- 8) หลักกิโลเมตรแสดงผลบนระบบ Roadnet3 ไม่ตรงกับกิโลเมตรข้อมูลสำรวจ ที่ปรึกษาดำเนินการจัดทำเอกสารในการแจ้งผล โดยระบุหมายเลขทางหลวง ตอนควบคุมและข้อมูลช่วงหลักกิโลเมตร และระบุหมายเหตุเพื่อแจ้งเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวง โดยแจ้งในกลุ่ม LINE Open Chat ระบบ HRIS
- 9) ภาพเป็นโมเสค คือ รูปภาพผิวทางเบลอไม่เห็นผิวทางชัดเจน เนื่องจากความเร็วของรถสำรวจ น้อยกว่า 25 กม./ชม. จากการชะลอรถ รถสำรวจจอดหยุดนิ่งติดไฟแดงหรือรถติดบนสายทางที่กำลังสำรวจ และรถสำรวจเกิดการกระแทก
- 10) โครงสร้างสะพาน, โครงสร้างอุโมงค์ เมื่อดำเนินการสำรวจพบว่ามีช่วงสะพานยกระดับจากพื้นดิน หรือมีอุโมงค์ ที่ปรึกษาจะหมายเหตุเพื่อให้เจ้าหน้าที่ผู้ตรวจสอบข้อมูลทราบช่วงสะพาน หรืออุโมงค์

สำหรับบัญชี Qc4

- 11) สายทางที่สำรวจเพิ่มเติม คือ ในกรณีที่น่าสายทางแผนสำรอง (PlanB) นำมาสำรวจเพิ่มเติม เมื่อระยะทางไม่ครบถ้วนจากแผนหลักที่ได้รับมอบหมาย ระบุในช่องสถานะการวิ่งสำรวจ และหากมีข้อมูลไม่ตรงตามสถิติ เช่น ระยะทางสำรวจไม่ตรงกับบัญชี ให้ระบุข้อสังเกตเพิ่มในช่องหมายเหตุ





ทั้งนี้ในกรณีหลักกิโลเมตรแสดงผลบนระบบ Roadnet3 ไม่ตรงกับกิโลเมตรข้อมูลสำรวจที่ปรึกษาดำเนินการจัดทำเอกสารในการแจ้งผลดังรูปที่ 4-112 โดยระบุหมายเลขสายทางหลวง ตอนควบคุม และข้อมูลช่วงหลักกิโลเมตร เพื่อแจ้งเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวง โดยแจ้งในกลุ่ม LINE Open Chat ดังนี้



รูปที่ 4-112 QR code LINE Open Chat สำหรับแจ้งระบบ HRIS

หากในกรณีแจ้งประเด็นบัญชีแผนหรืองานก่อสร้าง ระหว่างเจ้าหน้าที่ส่วนภูมิภาคแขวงทางหลวงและหน่วยงานสำนักบริหารบำรุงทางแจ้งในกลุ่ม LINE Open Chat ดังนี้

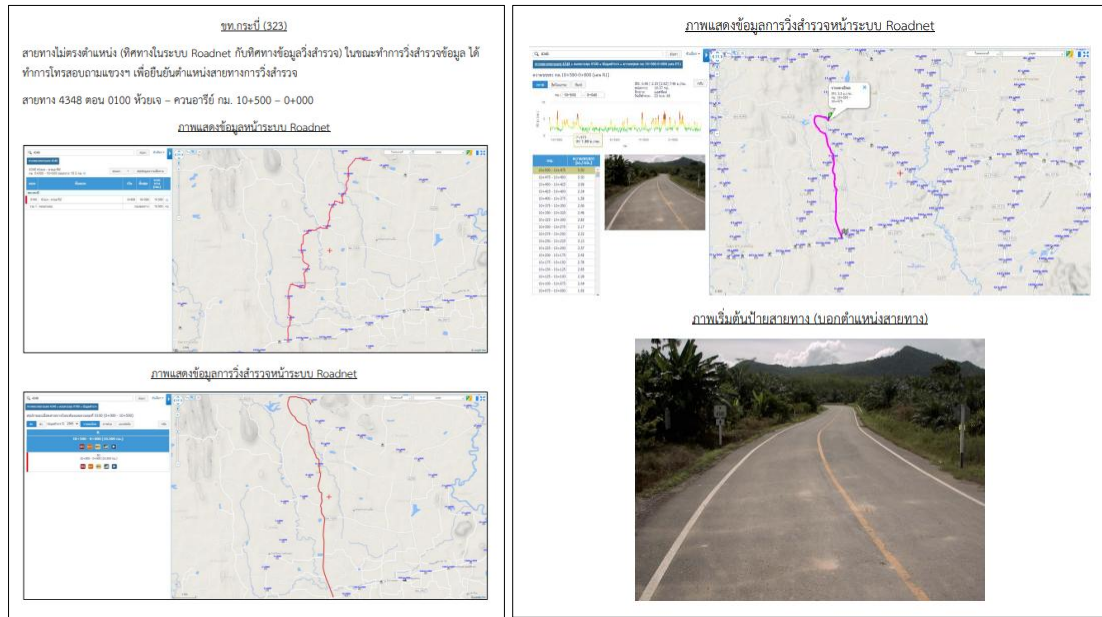


รูปที่ 4-113 QR code LINE Open Chat Roadnet Survey สำหรับเจ้าหน้าที่ส่วนภูมิภาค

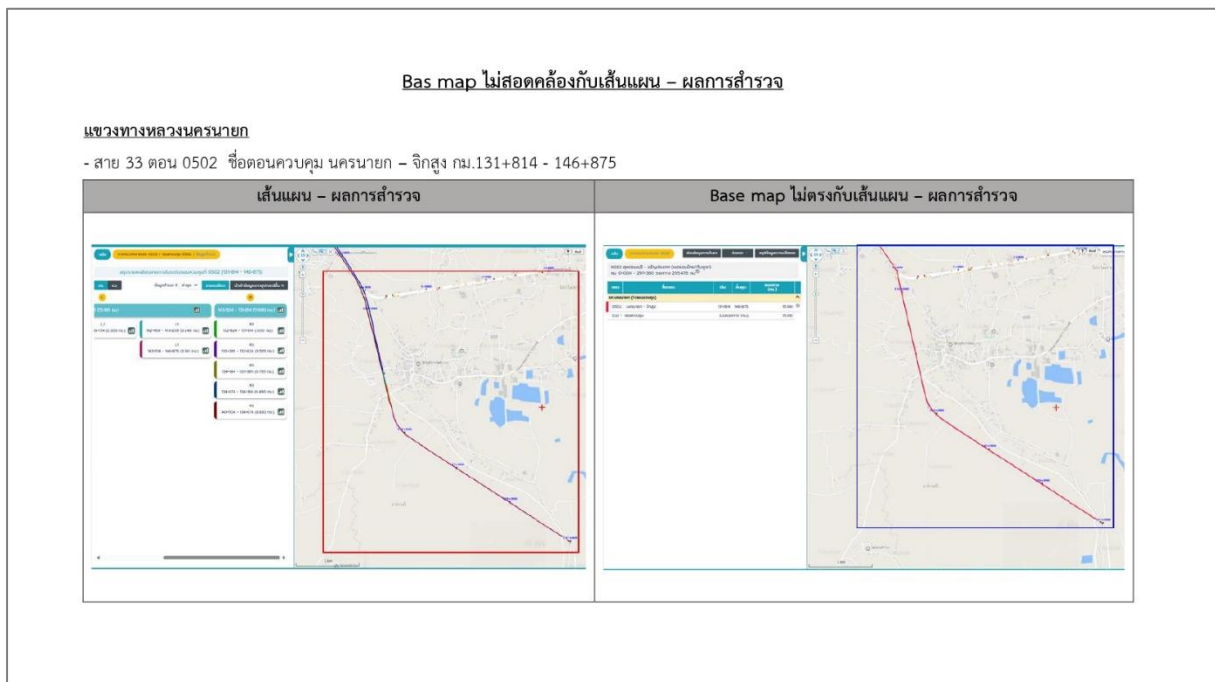


รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569



รูปที่ 4-114 ตัวอย่างเอกสารในการแจ้งผล กรณีหลักกิโลเมตรแสดงผลบนระบบ Roadnet ไม่ตรงกับกิโลเมตร ข้อมูลสำรวจ โดยระบุหมายเลขสายทางหลวง ตอนควบคุม และข้อมูลช่วงหลักกิโลเมตร และในกรณีที่ Base map ไม่สอดคล้องกับเส้นแผน - ผลการสำรวจ ที่ปรึกษาได้ดำเนินการ จัดทำเอกสารแจ้งปัญหาตามตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 4-115 โดยระบุข้อมูลดังนี้ แขวงทางหลวง หมายเลข ทางหลวง ตอนควบคุม ชื่อตอนควบคุม และช่วงหลักกิโลเมตร เพื่อนำส่งให้ผู้พัฒนาระบบดำเนินการ แก้ไขให้สอดคล้องกับเส้นแผนและผลการสำรวจ



รูปที่ 4-115 ตัวอย่างเอกสารในการแจ้ง Base map ไม่สอดคล้องกับเส้นแผน - ผลการสำรวจ





4.7 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางหลวงเพื่อการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของผิวทาง ในระยะยาว (Long Term Pavement Performance) ของผิวทางลาดยาง ดังนี้

4.7.1 การศึกษาและวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงวิธีต่าง ๆ (Road Work Effect Model) จากข้อมูลการสำรวจทั้งหมดของกรมทางหลวงอย่างน้อย ประกอบด้วย งานเสริมผิว งานบูรณะพื้นทาง โดยอาศัยข้อมูลที่ได้รับจากกรมทางหลวง ทั้งในส่วนของการปฏิบัติการซ่อมบำรุง และข้อมูลการสำรวจดัชนีความขรุขระสากล (IRI) ทั้งในส่วนของผู้บริหารบำรุงทาง และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

การวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุง (Road Work Effect Model)
คือ แบบจำลองที่คำนวณค่า IRI หลังจากการซ่อมบำรุงด้วยวิธีต่าง ๆ หรือแบบจำลองผลกระทบจาก
การซ่อมบำรุง (Road Work Effect Model) โดยที่ปรึกษาจะใช้ข้อมูลค่า IRI จากการสำรวจในโครงการร่วมกับ
ข้อมูลประวัติการซ่อมบำรุง อันประกอบด้วย งานเสริมผิว งานบูรณะพื้นทาง และงานปรับปรุงผิวทาง
แอสฟัลต์คอนกรีตเดิมนำกลับมาใช้ใหม่ และงานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ โดยใช้ข้อมูลประวัติการ
ซ่อมบำรุงและข้อมูลการสำรวจดัชนีความขรุขระสากล (IRI) ของผู้บริหารบำรุงทาง
และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ เพื่อนำมาวิเคราะห์และสอบเทียบแบบจำลองผลกระทบ
จากการซ่อมบำรุง ให้เป็นไปตามสภาพความเป็นจริงสายทางของกรมทางหลวงมากที่สุด
ทางที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวม และวิเคราะห์ผลตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำเข้าข้อมูล

ที่ปรึกษาจะดำเนินการรวบรวมข้อมูลจากผู้บริหารบำรุงทาง และสำนักวิเคราะห์
และตรวจสอบ กรมทางหลวง ในการนำข้อมูลมาประกอบการวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลัง
ได้รับการซ่อมบำรุง โดยข้อมูลที่ได้รับประกอบด้วย

- ชื่อสายทาง
- ตอนควบคุม
- ประเภทการซ่อมบำรุง
- ตำแหน่ง กม.
- ตำแหน่งช่องจราจร
- วันที่สำรวจค่า IRI
- ผู้ทำการสำรวจ (สำนักบริหารบำรุงทาง หรือสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ)
- ผลการสำรวจค่า IRI



ขั้นตอนที่ 2 การคัดเลือกสายทาง

เมื่อดำเนินการรวบรวมข้อมูลแล้วที่ปรึกษาจะคัดเลือกสายทางที่นำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดการคัดเลือก ดังนี้

- เลือกสายทางที่มีงานบำรุงตามรหัสงาน 3 ประเภท ได้แก่ 22200 : งานเสริมผิวแอสฟัลต์ 22300 : งานปรับปรุงผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมนำกลับมาใช้ใหม่ 24100 : งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์
- เลือกเฉพาะสายทางที่มีการสำรวจค่า IRI ในช่วงเวลาก่อนซ่อมบำรุงไม่เกิน 360 วัน และมีการสำรวจค่า IRI ในช่วงเวลาหลังซ่อมบำรุงไม่เกิน 90 วัน แสดงดังรูปที่ 4-123 เพื่อให้ได้สายทางที่ได้รับผลกระทบจากการซ่อมมากที่สุด



รูปที่ 4-116 การคัดเลือกช่วงอายุผิวทาง

- ผลการสำรวจของ IRI เฉลี่ยหลังซ่อมจะต้องมีค่าไม่มากกว่า ค่า IRI เฉลี่ยก่อนซ่อม เพื่อให้ได้สายทางที่มีการปรับปรุงค่า IRI อย่างแท้จริง

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบข้อมูล

เมื่อที่ปรึกษาจะดำเนินการคัดเลือกสายทางที่สามารถนำไปวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทาง ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว ที่ปรึกษาจึงส่งข้อมูลให้ทางคณะกรรมการพิจารณาความเหมาะสมของสายทางอีกครั้ง ทั้งข้อมูลตำแหน่งของสายทางและประวัติงานซ่อมบำรุง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว

เมื่อที่ปรึกษาได้สายทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว ที่ปรึกษาจึงแยกการวิเคราะห์ตามพฤติกรรม และหลักการของค่าความเรียบได้ 3 แบบจำลองดังต่อไปนี้

- 1) แบบจำลองผลกระทบจากการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการเสริมผิว (HDM)

ปรึกษาจะนำค่าความราบเรียบก่อน และหลังการซ่อมบำรุงมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเรียบหลังการซ่อมจากแบบจำลอง TPMS และค่าความเรียบหลังการซ่อมบำรุงจากข้อมูลสายทางจริง ซึ่งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการเสริมผิวลาดยางในระบบ TPMS ที่อ้างอิงจาก HDM-4 มีสมการในการคำนวณดังนี้



$$\Delta Rla = \max\{0, A_0[\min(a_1, Rlbw) - a_2] + a_3 \max[0, (Rlbw - a_1)]\}$$

$$Rlaw = Rlbw - \Delta Rla$$

โดยที่

$$A_0 = 0.9 \text{ ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ (default)}$$

$$a_1 = \max\{4.0, 2.1 \exp[0.019 \text{HSNEWaw}]\}$$

$$a_2 = 1 + 0.018 \max[0, (100 - \text{HSNEWaw})]$$

$$a_3 = \min\{a_0, \max[0, (0.01 \text{HSNEWaw} - 0.15)]\}$$

ΔRla = การลดค่าของค่า IRI หลังการเสริมผิวทาง

Rlbw = ค่า IRI ก่อนการเสริมผิวทาง (m/km)

Rlaw = ค่า IRI หลังการเสริมผิวทาง (m/km)

HSNEWaw = ความหนาของการเสริมผิวทาง (mm)

- 2) แบบจำลองผลกระทบจากการซ่อมบำรุงด้วยการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่ และงานบูรณะผิวทาง

การซ่อมบำรุงด้วยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่ และการบูรณะผิวทาง เป็นวิธีการซ่อมบำรุงแบบรีอิตตั้งแต่ชั้นโครงสร้างทาง จากนั้นจึงลาดผิวทางใหม่ด้วยแอสฟัลต์ ซึ่งวิธีการซ่อมบำรุงดังกล่าวส่งผลให้ค่า IRI ภายหลังการซ่อมด้วยวิธีนี้จะมีค่าเทียบเท่ากับ ถนนใหม่ ทางที่ปรึกษาจึงจะรวบรวมข้อมูลค่า IRI ยอนหลังเพื่อกำหนดเป็นค่าความราบเรียบ ภายหลังการซ่อมด้วยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่และการบูรณะผิวทาง

4.7.2 การศึกษาและวิเคราะห์โดยการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายสองข้างทาง หรือภาพผิวทางที่ได้จากการสำรวจข้อมูล เพื่อนำมาประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการสร้างแบบจำลอง (Model) ช่วยประเมินผล ความเสียหายผิวทาง หรือเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบข้อมูลให้มีความถูกต้อง และเสนอแนวทางในการจัดเก็บภาพที่ได้จากการสำรวจจะต้องมีความสม่ำเสมอและเหมาะสม

ในปัจจุบันการสำรวจสภาพทางด้วยภาพถ่ายจากรถสำรวจให้ข้อมูลเชิงพื้นที่จำนวนมาก ทั้งภาพสองข้างทางและภาพผิวทาง แต่การประเมินผลสภาพผิวทางยังคงอาศัยการตรวจสอบด้วยสายตาและการวิเคราะห์เชิงประสบการณ์ ซึ่งมีข้อจำกัดด้านความถูกต้อง ความสม่ำเสมอ และความต่อเนื่องของข้อมูล การนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และเทคนิคการประมวลผลภาพ (Computer Vision) เข้ามาช่วยวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากการสำรวจ จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำของการประเมินสภาพทาง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวคิด ความเป็นไปได้ และแนวทางเชิงเทคนิคในการประยุกต์ใช้ AI เพื่อช่วยตรวจจบบริเวณของผิวทาง (Joint Detection) และจำแนกความเสียหายของผิวทาง





(Pavement Distress Classification) รวมถึงเพื่อเสนอแนวทางในการจัดเก็บและบริหารข้อมูลภาพสำรวจให้เป็นระบบสำหรับการพัฒนาโมเดลในอนาคต โดยมีการบูรณาการเทคโนโลยีข้อมูลเชิงพื้นที่ (GIS) เพื่อสร้างฐานข้อมูลที่สามารถอ้างอิงเชิงตำแหน่งได้แบบอัตโนมัติ

1. การประมวลผลภาพและการตรวจจับวัตถุ (Computer Vision and Object Detection)

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือกระบวนการแปลงและวิเคราะห์ข้อมูลภาพในเชิงดิจิทัล เพื่อปรับปรุงคุณภาพหรือดึงลักษณะสำคัญของภาพ เช่น รูปร่าง พื้นผิว สี หรือขอบวัตถุ (Gonzalez & Woods, 2018) โดยมีขั้นตอนตั้งแต่การทำ Image Enhancement เช่น การปรับความคมชัด การลดนอยส์ (Noise Reduction) และการปรับคอนทราสต์ ไปจนถึงการทำ Feature Extraction เพื่อแยกคุณลักษณะสำคัญที่ใช้ในการจำแนกหรือวิเคราะห์ภาพ เช่น Texture Features (Haralick, 1973) หรือ Histogram of Oriented Gradients (HOG; Dalal & Triggs, 2005) ในขณะที่ “วิสัยทัศน์เชิงคอมพิวเตอร์” (Computer Vision) มุ่งให้คอมพิวเตอร์สามารถ “เข้าใจ” ความหมายของภาพได้โดยอัตโนมัติ ทั้งในระดับการจำแนก การตรวจจับ และการตีความความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Szeliski, 2022) เทคโนโลยีนี้พัฒนาอย่างรวดเร็วด้วยพลังของ Deep Learning โดยเฉพาะโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNN) ซึ่งมีศักยภาพสูงในการเรียนรู้คุณลักษณะจากข้อมูลภาพโดยไม่ต้องกำหนดพีเจอร์ด้วยมือในเชิงเทคนิค การวิเคราะห์ภาพสามารถแบ่งเป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่

1.1 Pixel-based Analysis ซึ่งพิจารณาข้อมูลภาพรายพิกเซล โดยอาศัยค่าความเข้มแสงหรือสี เช่น เทคนิค Thresholding, Edge Detection (Sobel, Canny) หรือ Gradient-based Filtering วิธีนี้มีข้อดีที่เรียบง่ายและเร็ว แต่มีข้อจำกัดในกรณีที่ภาพมีแสงไม่สม่ำเสมอ หรือพื้นผิวมีลักษณะซับซ้อน นอกจากนี้การวิเคราะห์รายพิกเซลมักไวต่อ Noise และอาจทำให้การแยกขอบวัตถุไม่ชัดเจน

Original Image



Edge Detected Image



ที่มา : <https://www.geeksforgeeks.org/computer-vision/what-is-edge-detection-in-image-processing/>

รูปที่ 4-117 ตัวอย่างภาพที่แสดงการวิเคราะห์แบบพิกเซล

เช่น การใช้ Edge Detection หรือ Thresholding



1.2 **Object-Based Image Analysis (OBIA)** ที่มองภาพในระดับ “กลุ่มของพิกเซล” ที่มีลักษณะคล้ายกัน โดยเริ่มจากขั้นตอน Segmentation เพื่อแยกวัตถุภาพออกจากฉากหลัง แล้ววิเคราะห์ลักษณะเชิงสเปกตรัม รูปร่าง หรือ Texture ของแต่ละวัตถุสำหรับงานด้านโครงสร้างพื้นฐาน OBIA มีข้อดีคือสามารถลดปัญหาความแปรปรวนของพิกเซลในพื้นที่เดียวกัน และจับขอบเขตของวัตถุที่ต่อเนื่อง เช่น รอยต่อของผิวทาง หรือพื้นที่ความเสียหายของผิวถนนได้ดีกว่าแบบพิกเซล อีกทั้งยังสามารถผสมผสานข้อมูลเสริม เช่น ความลึกจาก LiDAR หรือค่าพิกัด GPS เพื่อช่วยจำแนกวัตถุได้แม่นยำยิ่งขึ้น การประยุกต์ OBIA ในโครงการนี้สามารถช่วยจำแนก “วัตถุผิวทาง” ตามประเภทวัสดุ (AC หรือ CC) และระบุแนวรอยต่อ (Joint) ซึ่งมักปรากฏเป็นแนวเส้นบาง ๆ ต่อเนื่อง มีลักษณะคอนทราสต์แตกต่างจากพื้นผิวข้างเคียง

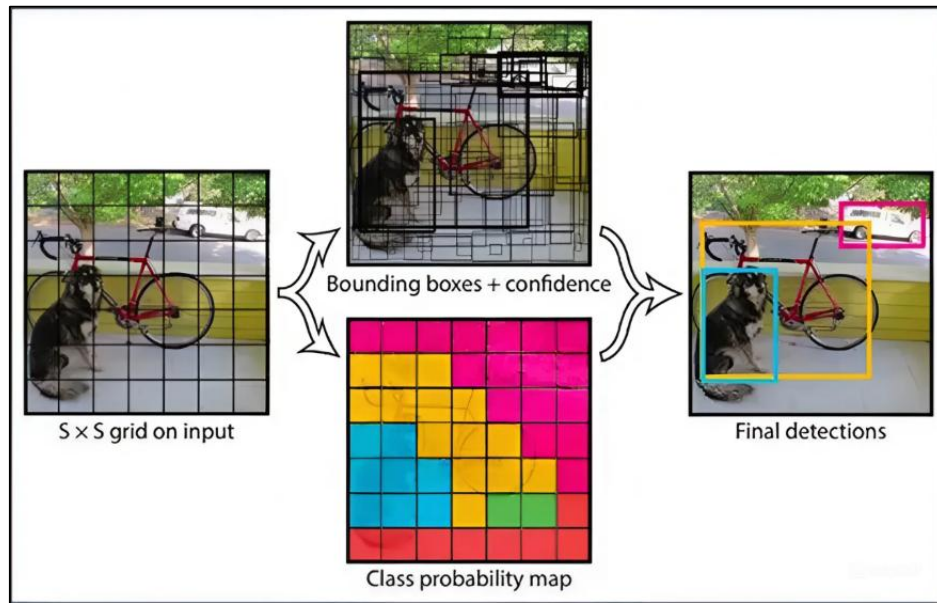


ที่มา : <https://gisgeography.com/obia-object-based-image-analysis-geobia/>

รูปที่ 4-118 ตัวอย่างภาพที่แสดงการแบ่งภาพออกเป็นวัตถุ (segments) ก่อนที่จะจำแนก

1.3 **การตรวจจับวัตถุ (Object Detection)** เป็นขั้นตอนสำคัญของ Computer Vision โดยมุ่งระบุวัตถุที่สนใจในภาพและตำแหน่งของมัน ปัจจุบันเทคนิคหลักมี 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

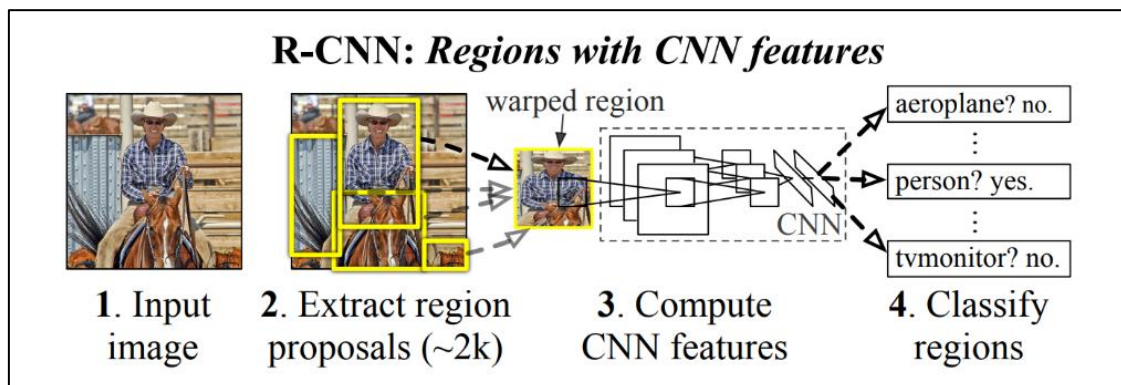
- **One-Stage Detector** เช่น YOLO (You Only Look Once), SSD, RetinaNet ซึ่งรวมขั้นตอนการคาดตำแหน่งและจำแนกประเภทวัตถุไว้ในโครงสร้างเดียว มีจุดเด่นด้านความเร็ว เหมาะกับระบบเรียลไทม์ เช่น รถสำรวจที่ต้องประมวลผลภาพต่อเนื่องในขณะขับเคลื่อน สามารถประยุกต์ใช้ตรวจจับรอยต่อหรือรอยแตกที่เห็นได้ชัดในภาพจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ที่มา : J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection,” Jun. 2015, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1506.02640>

รูปที่ 4-119 หลักการตรวจจับและจำแนกประเภทวัตถุของ YOLO

- **Two-Stage Detector** เช่น Faster R-CNN (Ren et al., 2015) และ Mask R-CNN (He et al., 2017) ซึ่งแยกขั้นตอนการสร้าง Region Proposal และการจำแนกวัตถุออกจากกัน ทำให้มีความแม่นยำสูง เหมาะกับวัตถุที่มีขนาดเล็กหรือรูปร่างซับซ้อน เช่น รอยแตกแบบเส้นฝอย (Hairline Crack) หรือขอบรอยต่อที่จาง ในบริบทของงานถนน เทคนิคเหล่านี้สามารถใช้ร่วมกับการเรียนรู้เชิงลึกแบบเชิงพื้นที่ (Spatial Deep Learning) เพื่อสร้างแบบจำลองที่สามารถระบุ “ชนิดของความเสียหาย” ได้ เช่น รอยแตกแบบ Alligator, Longitudinal, Transverse หรือ Block Cracking



ที่มา : Sumeet Sewate, Introduction to object detection and Evolution: RCNN, Fast-RCNN, Faster-RCNN, YOLO

รูปที่ 4-120 กระบวนการทำงาน R-CNN



การตรวจจับวัตถุ (Object Detection) จึงมีบทบาทสำคัญในการพัฒนา “ระบบช่วยวิเคราะห์สภาพผิวทางอัตโนมัติ” ซึ่งสามารถตรวจจับทั้ง “รอยต่อผิวทาง” (Joint) และ “ความเสียหาย” (Distress) เช่น รอยแตก (Crack), หลุมบ่อ (Pothole), Spalling หรือการขีดของเส้นจราจร การรวมผลลัพธ์การตรวจจับเข้ากับข้อมูลเชิงพื้นที่ (GPS/ตำแหน่ง) จะช่วยให้สามารถทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ได้อย่างต่อเนื่อง และสร้างฐานข้อมูลผิวทางในลักษณะ Spatial Database ที่สามารถเชื่อมโยงกับระบบบริหารจัดการสินทรัพย์ถนน (Pavement Management System: PMS) ได้โดยตรง ในอนาคต ระบบนี้สามารถต่อยอดสู่การประเมินอายุการใช้งาน (Remaining Service Life) และการวางแผนซ่อมบำรุงเชิงรุก (Predictive Maintenance) โดยใช้ข้อมูลภาพจากการสำรวจจริงเป็นฐานในการตัดสินใจ

2. แบบจำลองที่ใช้ในการตรวจจับและจำแนกวัตถุ (AI Models for Pavement Analysis)

แบบจำลองที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุในปัจจุบันอาศัยโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (Deep Neural Network) ซึ่งมีศักยภาพสูงในการเรียนรู้ลักษณะของภาพอย่างซับซ้อน โดยเฉพาะโมเดลในตระกูล Convolutional Neural Network (CNN) ที่สามารถเรียนรู้ “ตัวกรอง (filters)” เพื่อระบุขอบ เส้น และลวดลายของผิวทางโดยอัตโนมัติ (LeCun et al., 2015) แบบจำลองที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุในปัจจุบันอาศัยโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (Deep Neural Network: DNN) ซึ่งมีศักยภาพสูงในการเรียนรู้ลักษณะของภาพอย่างซับซ้อน โดยเฉพาะโมเดลในตระกูล Convolutional Neural Network (CNN) ที่สามารถเรียนรู้ “ตัวกรอง (filters)” เพื่อระบุขอบ เส้น และลวดลายของผิวทางโดยอัตโนมัติ (LeCun et al., 2015) โครงสร้างของ CNN จะประกอบด้วยชั้น Convolution สำหรับดึงลักษณะสำคัญของภาพ, ชั้น Pooling สำหรับลดขนาดและเน้นลักษณะเด่น, และชั้น Fully Connected สำหรับทำการจำแนกวัตถุ ซึ่งการเรียนรู้จะเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติผ่านการปรับค่าน้ำหนักของตัวกรองตามค่าความสูญเสีย (Loss Function) ที่ระบบคำนวณจากผลลัพธ์จริงกับผลลัพธ์ที่คาดการณ์ สำหรับการศึกษานี้ จะมุ่งเปรียบเทียบโมเดล 2 กลุ่มหลัก ได้แก่

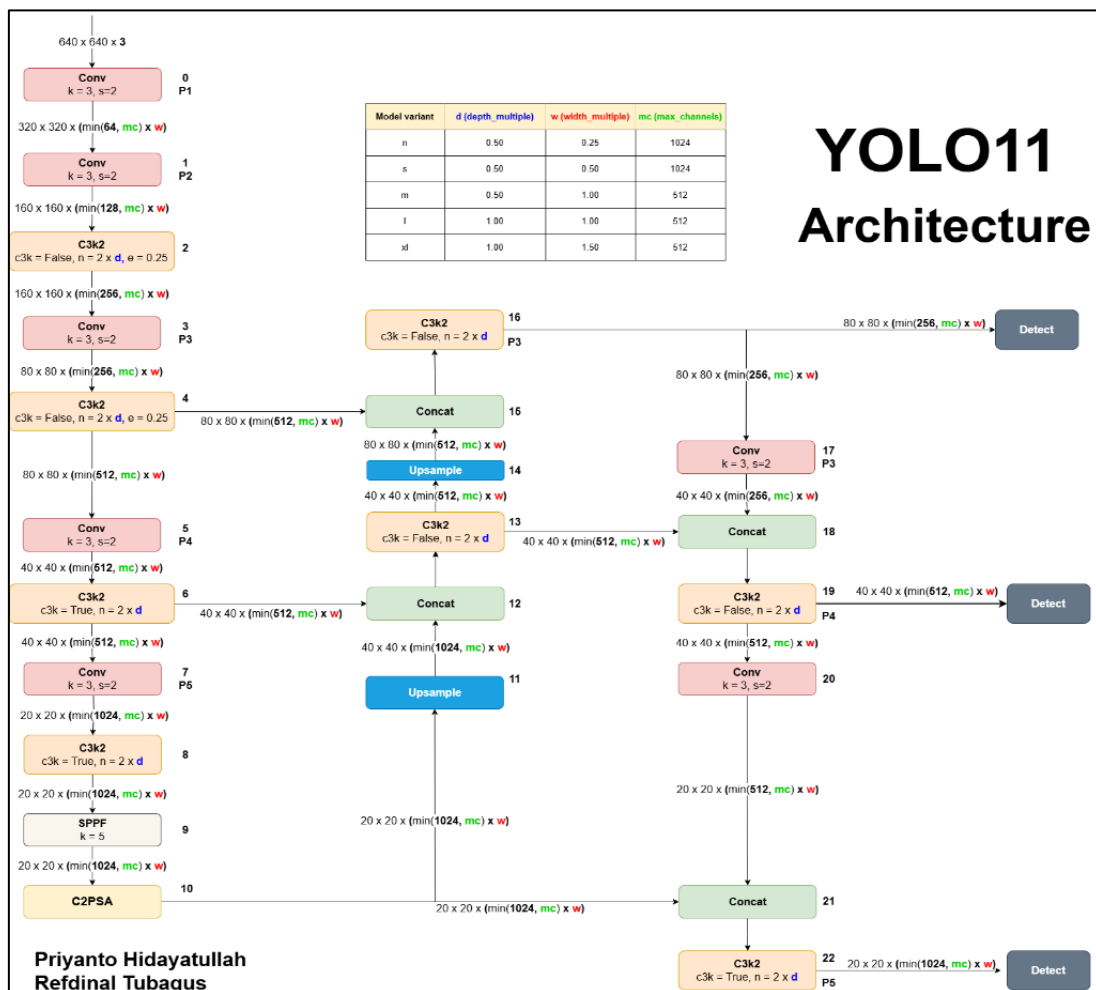




2.1 One-Stage Detection Models

ได้แก่ YOLOv8/YOLOv9, YOLOv11 ซึ่งเป็นโมเดลรุ่นใหม่ที่มีน้ำหนักเบา (Lightweight Models) ออกแบบให้เหมาะกับการประมวลผลแบบเรียลไทม์ (Real-Time Inference) โดยลดความซับซ้อนของสถาปัตยกรรมและใช้เทคนิคการคำนวณแบบ parallelized บน GPU จุดเด่นคือสามารถประมวลผลได้รวดเร็วกว่า 60 FPS บนอุปกรณ์ภาคสนาม เช่น รถสำรวจหรือระบบ edge device ที่มีทรัพยากรจำกัด

- YOLOv8 และ YOLOv9 มีการปรับ Backbone ด้วยโมดูล CSPDarknet และ ELAN Block เพื่อเพิ่มความลึกและความสามารถในการเรียนรู้เชิงลำดับชั้น (Hierarchical Representation) ส่วน YOLOv11n เป็นรุ่นล่าสุดที่เพิ่มประสิทธิภาพด้วย Efficient Decoupled Head (EDH) และกลไก RepViT Attention ทำให้สามารถตรวจจับวัตถุขนาดเล็กได้ดีขึ้น ซึ่งมีความสำคัญต่อการตรวจจับ “รอยต่อผิวทาง” ที่มักมีลักษณะเป็นเส้นบางในบริเวณกว้าง



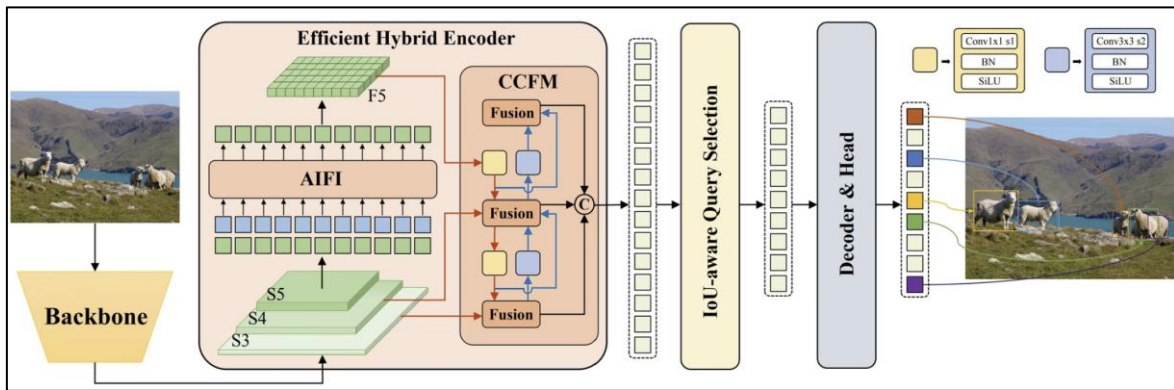
ที่มา : <https://learnopencv.com/yolo11/>

รูปที่ 4-121 สถาปัตยกรรมของ YOLOv11





- โมเดล RT-DETR (Real-Time DEtection TRansformer) นับเป็นอีกแนวทางสำคัญที่ใช้สถาปัตยกรรมแบบ Vision Transformer (ViT) ผสานกับโครงสร้าง DETR (Carion et al., 2020) โดยใช้กลไก Attention ในการเรียนรู้บริบทของภาพทั้งเฟรม แทนที่จะอาศัยการสไลด์ตัวกรองแบบ CNN เพียงอย่างเดียว ข้อดีคือสามารถแยกวัตถุที่ซ้อนทับกันได้ดีและมีความสามารถสูงในการเรียนรู้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ซึ่งเหมาะกับภาพผิวทางที่มีเงา รอยต่อ และสิ่งแวดล้อมแทรกซ้อน



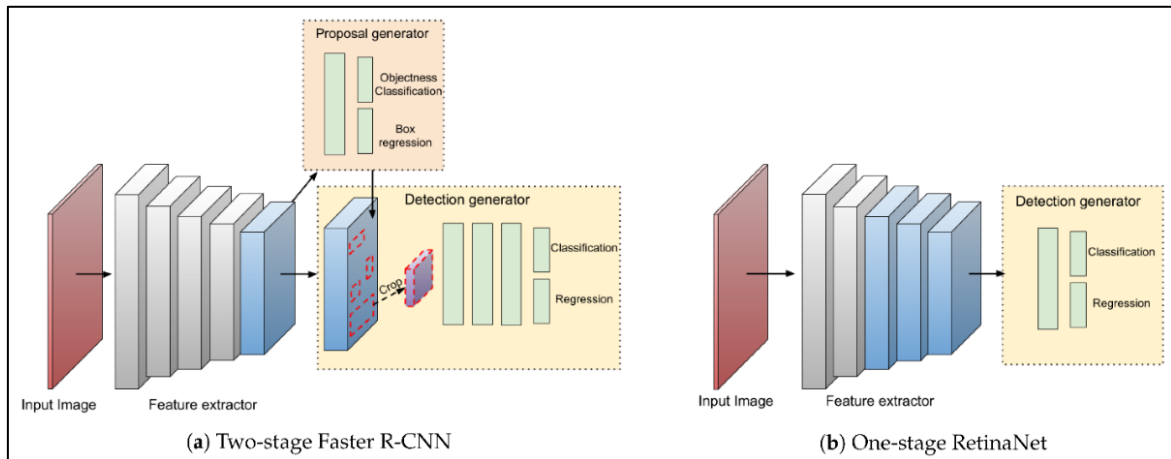
ที่มา : <https://docs.ultralytics.com/models/rtdetr/#overview>

รูปที่ 4-122 สถาปัตยกรรมของ RT-DETR

2.2 Two-Stage Detection / Segmentation Models

ได้แก่ Faster R-CNN และ Mask R-CNN ซึ่งแม้จะใช้เวลาประมวลผลมากกว่าแบบ One-Stage แต่ให้ความแม่นยำสูงกว่า โดยเฉพาะกับวัตถุที่มีขนาดเล็กหรือมีรูปร่างซับซ้อน เช่น รอยแตก (Crack)

- Faster R-CNN ใช้ขั้นตอน “Region Proposal Network (RPN)” เพื่อสร้างพื้นที่ที่น่าจะเป็นวัตถุ ก่อนจะส่งต่อไปยังโมดูลจำแนก (Classifier) ซึ่งช่วยลดความซ้ำซ้อนในการคำนวณและเพิ่มความแม่นยำ
- Mask R-CNN เพิ่มแขนงของ “Segmentation Branch” เพื่อสร้าง Pixel-level Mask ทำให้ไม่เพียงแต่ตรวจจับขอบเขตวัตถุได้ แต่ยังระบุพื้นที่วัตถุได้อย่างละเอียดระดับพิกเซล เหมาะกับการวิเคราะห์ความเสียหายที่มีรูปร่างไม่แน่นอน เช่น การร่อนของผิวทาง (Spalling) หรือการแตกร้าวแบบสุ่ม



ที่มา : Manuel Carranza-García, On the Performance of One-Stage and Two-Stage Object Detectors in Autonomous Vehicles Using Camera Data)

รูปที่ 4-123 สถาปัตยกรรมของ RT-DETR สถาปัตยกรรมเมตาการตรวจจับวัตถุการเรียนรู้เชิงลึก

3. การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Works)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การประยุกต์เทคโนโลยี ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และ วิทยาศาสตร์เชิงคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) เข้ากับงานด้านโครงสร้างพื้นฐานถนนได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางทั่วโลก เนื่องจากสามารถเพิ่มความรวดเร็วและความแม่นยำของการประเมินสภาพผิวทาง ลดภาระการตรวจสอบด้วยมนุษย์ และสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ต่อเนื่องมากขึ้น งานวิจัยในช่วงปี 2018–2025 พบว่า การใช้ โมเดลเชิงลึก (Deep Learning Models) โดยเฉพาะตระกูล Convolutional Neural Network (CNN) เช่น YOLO, Faster R-CNN และ Mask R-CNN สามารถตรวจจับและจำแนกรอยแตกหรือความเสียหายของผิวทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในภาพจากกล้องหน้ารถและภาพผิวทาง

- **A Lightweight YOLOv11n-Based Framework for Highway Pavement Distress Detection under Occlusion Conditions (Li et al., 2024)**
เสนอโมเดล RS-YOLOv11n ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรม YOLO รุ่นล่าสุดที่ปรับปรุงให้มีขนาดเบาโดยลดจำนวนพารามิเตอร์ลงประมาณ 20% แต่ยังคงเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับ (mAP) ได้สูงกว่า YOLOv5 และ YOLOv8 จุดเด่นคือการเพิ่มโมดูล SEAM Attention และ RepConv Block เพื่อเพิ่มความสามารถของโมเดลในการตรวจจับความเสียหายที่ถูกบดบัง (Occlusion) หรือมีแสงเงาซับซ้อน เหมาะกับการใช้งานภาคสนามบนรถสำรวจที่ต้องการการประมวลผลรวดเร็วแบบเรียลไทม์



- **A Pavement Distresses Identification Method Optimized for YOLOv5s (Zhang et al., 2022)** เป็นงานที่เน้นการปรับแต่งโครงสร้าง YOLOv5s ให้เหมาะสมกับภาพผิวทางจริง โดยใช้ข้อมูลจากมณฑลเจียงซู ประเทศจีน การติดฉลากภาพ (Annotation) ใช้รูปแบบ Polygon ผ่านโปรแกรม LabelMe เพื่อให้โมเดลเรียนรู้รูปร่างความเสียหายที่ไม่เป็นสี่เหลี่ยม เช่น รอยแตกแบบไม่ต่อเนื่องหรือหลุมผิวทาง ผลการทดลองพบว่าโมเดลที่ปรับปรุงสามารถเพิ่มค่า mAP ได้กว่า 5% เมื่อเทียบกับ YOLOv5s เดิม และยังสามารถในการแยกแยะรอยแตกขนาดเล็กได้ดีขึ้น
- **Mask R-CNN for Pavement Crack Segmentation (He et al., 2017; Adapted Works 2023)** ได้นำ Mask R-CNN มาประยุกต์ใช้ในการจำแนกความเสียหายผิวทางที่ต้องการผลลัพธ์ระดับพิกเซล เช่น การแยกบริเวณที่มีการล่อนของผิว (Spalling) หรือการซีดของเส้นจราจร (Fading Markings) จุดเด่นคือสามารถสร้าง Segmentation Mask ที่บ่งชี้ขอบเขตความเสียหายได้ละเอียด เหมาะสำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เช่น การคำนวณพื้นที่ความเสียหายหรือการประมาณค่าระดับความรุนแรง

จากการทบทวนข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า แนวโน้มของงานวิจัยปัจจุบันมุ่งไปสู่การสร้างโมเดลแบบเบา (Lightweight) ที่สามารถทำงานได้ในภาคสนามจริงโดยไม่ต้องใช้ GPU ขนาดใหญ่ พร้อมทั้งพัฒนา ชุดข้อมูลเฉพาะโดเมน (Domain-Specific Dataset) เพื่อให้โมเดลเข้าใจลักษณะของผิวทางและความเสียหายได้ดียิ่งขึ้น งานวิจัยหลายชิ้นชี้ว่า โมเดล One-Stage (เช่น YOLO) เหมาะกับระบบตรวจจับความเสียหายแบบเรียลไทม์ ขณะที่โมเดล Two-Stage (เช่น Mask R-CNN) เหมาะกับการวิเคราะห์เชิงลึกในกรณีที่ต้องการความละเอียดระดับพิกเซล

4. การจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูลภาพสำรวจ (Data Management and Storage)

การจัดเก็บข้อมูลภาพจากการสำรวจเป็นองค์ประกอบสำคัญของการศึกษา เนื่องจากข้อมูลภาพมีขนาดใหญ่และต้องเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อให้การบริหารจัดการข้อมูลมีประสิทธิภาพ โครงการนี้จึงใช้ระบบจัดเก็บและฐานข้อมูลที่สามารถรองรับการเข้าถึงข้อมูลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย โดยใช้เทคโนโลยีหลักดังนี้





- 1) **FileZilla Server** ใช้เป็นระบบจัดเก็บไฟล์ภาพต้นฉบับ (Raw Images) จากรถสำรวจ ทำหน้าที่เป็นพื้นที่เก็บข้อมูลกลาง (Central Repository) ที่สามารถรับ-ส่งไฟล์ขนาดใหญ่ผ่านเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนี้ช่วยให้สามารถจัดการโครงสร้างไฟล์ภาพตามสายทาง ช่วงกิโลเมตร และประเภทผิวทางได้อย่างเป็นระบบ และสะดวกต่อการเรียกใช้งานย้อนหลัง
- 2) **PostgreSQL พร้อมส่วนขยาย PostGIS** ใช้เป็นฐานข้อมูลหลักสำหรับเก็บข้อมูลเมตาเดต้า (Metadata) ของภาพ เช่น พิกัด GPS วันที่-เวลา ประเภทผิวทาง รหัสสายทาง และลิงก์เชื่อมโยงไปยังไฟล์ภาพใน FileZilla เพื่อให้สามารถสืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่ได้โดยตรง ฐานข้อมูลนี้ช่วยให้การเชื่อมโยงข้อมูลภาพเข้ากับระบบ ROADNET หรือระบบวิเคราะห์เชิงพื้นที่อื่น ๆ ทำได้อย่างราบรื่น



รูปที่ 4-124 เครื่องมือ Filezilla และ PostgreSQL สำหรับบริหารจัดการข้อมูล

ข้อมูลภาพจะถูกจัดเก็บและเชื่อมโยงในลักษณะ “สายทาง – ช่วงกิโลเมตร – ประเภทผิวทาง” เพื่อให้สามารถค้นหาและอ้างอิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โครงสร้างดังกล่าวยังรองรับการวิเคราะห์เชิงเวลา (Time-Series Analysis) และการนำข้อมูลไปใช้ฝึกแบบจำลอง AI สำหรับการตรวจจับรอยต่อและจำแนกความเสียหายของผิวทางในอนาคต การใช้ FileZilla และ PostgreSQL/PostGIS ร่วมกันทำให้ระบบมีทั้งความหลากหลายในการจัดเก็บไฟล์ภาพจำนวนมาก และความสามารถในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่อย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการพัฒนา ฐานข้อมูลภาพสำรวจเพื่อการวิเคราะห์สภาพถนนด้วย AI อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน



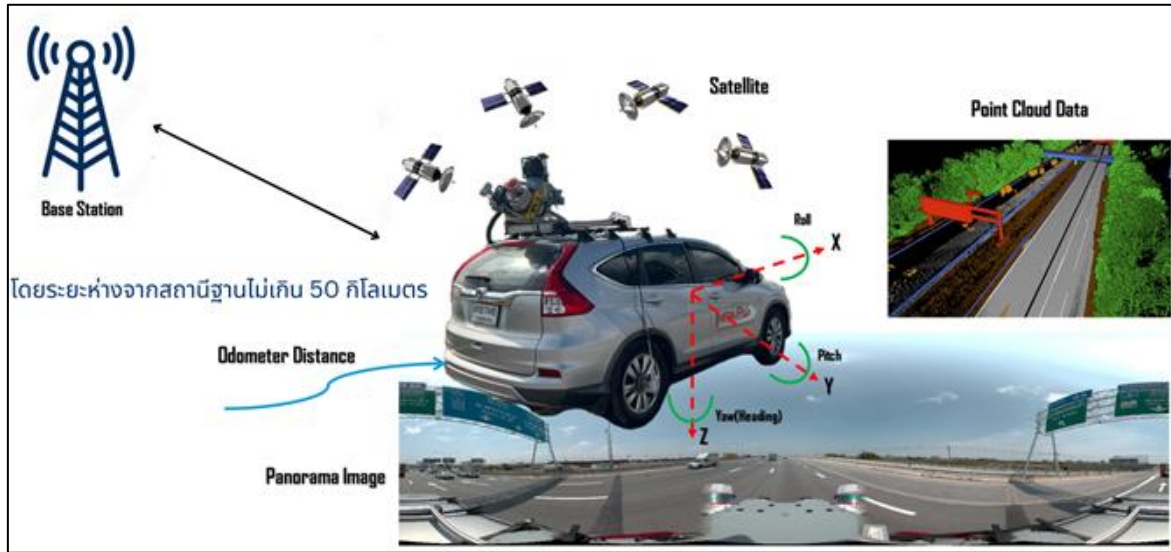
4.7.3 การศึกษาเทคโนโลยี LiDAR (Light detection and Ranging) ในปัจจุบันสำหรับงานสำรวจสภาพทาง โดยการประเมินความเหมาะสมและแนวทางในการประยุกต์ใช้ร่วมกับงานบำรุงทาง เพื่อส่งเสริมงานบำรุงทางให้เหมาะสมกับภารกิจที่สำนักบริหารบำรุงทางรองรับความต้องการใช้งานทั้งส่วนกลางและภูมิภาค

ปัจจุบันสำนักบริหารบำรุงทาง (สร.) มีภารกิจสำคัญในการบริหารจัดการโครงข่ายทางหลวงให้มีสภาพใช้งานได้อย่างปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ทรัพยากรงบประมาณบำรุงรักษาได้อย่างคุ้มค่า การตัดสินใจเชิงบำรุงรักษาจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความถูกต้อง ครบถ้วน และสะท้อนสภาพโครงสร้างและผิวทางได้อย่างแท้จริง แม้ในปัจจุบันจะมีการใช้เทคโนโลยี Laser Crack Measurement System (LCMS) และอุปกรณ์วัดความเรียบ (IRI) เป็นเครื่องมือหลักในการประเมินสภาพผิวทาง แต่ข้อมูลที่ได้ยังมีข้อจำกัดในด้านมิติเรขาคณิตของทาง (Road Geometry) ความสมบูรณ์ของข้อมูลในเชิงพื้นที่ และการรองรับการวิเคราะห์เชิงลึก เช่น การคำนวณ cross section, road profile และการประเมินความเสี่ยงเชิงโครงสร้าง เทคโนโลยี LiDAR โดยเฉพาะในรูปแบบ Mobile Mapping System (MMS) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถจัดเก็บข้อมูลจุดสามมิติของผิวทาง โครงสร้าง และสภาพแวดล้อมได้อย่างต่อเนื่อง มีความละเอียดสูง และสามารถนำไปสร้างแบบจำลองผิวทาง (Surface Model) เพื่อใช้วิเคราะห์เรขาคณิตของทางและความเสียหายของผิวทางได้อย่างเป็นระบบ จึงมีศักยภาพสูงในการยกระดับการวางแผนงานบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ประเมินศักยภาพของเทคโนโลยี LiDAR (MMS) ในการสนับสนุนภารกิจบำรุงรักษาทางหลวงของสำนักบริหารบำรุงทาง
2. ประเมินความแม่นยำเชิงตำแหน่ง (Absolute และ Relative Accuracy) และความสอดคล้องกับค่ามาตรฐานของอุปกรณ์ที่ใช้ในปัจจุบัน (LCMS, IRI)
3. ศึกษาความสามารถของ LiDAR ในการสกัดข้อมูล
 - Cross Section
 - Road Profile
 - Road Geometry
 - Distress บนผิวทาง
4. เสนอแนวทางการบูรณาการข้อมูล LiDAR เข้ากับระบบงานของสำนักบริหารบำรุงทางทั้งส่วนกลางและภูมิภาค





รูปที่ 4-125 ภาพตัวอย่างชุดอุปกรณ์ MMS และผลลัพธ์จากงานสำรวจ

แผนการดำเนินงาน

ก่อนดำเนินการสำรวจภาคสนาม ทางที่ปรึกษาจะจัดทำ แผนสายทางสำรวจ (Survey Plan) และนำเสนอต่อคณะกรรมการเพื่อพิจารณาให้ความเห็นชอบ โดยแผนดังกล่าวจะประกอบด้วย รายชื่อสายทาง ระยะทาง ขอบเขตพื้นที่สำรวจ ช่องจราจร และตำแหน่งควบคุมที่ใช้สำหรับการปรับแก้เชิงตำแหน่ง เพื่อให้การเก็บข้อมูลเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาและสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลจากอุปกรณ์มาตรฐาน (LCMS) ได้อย่างเหมาะสม เมื่อได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการแล้ว ทางที่ปรึกษาจะดำเนินการสำรวจด้วยระบบ Mobile Mapping System (MMS) ที่ติดตั้ง LiDAR, กล้องถ่ายภาพ, GNSS, IMU และ Odometer บนยานพาหนะสำรวจ โดยทำการวิ่งสำรวจไปตามแนวสายทางที่กำหนดด้วยความเร็วสม่ำเสมอและอยู่ในสภาพการจราจรปกติ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนสภาพการใช้งานจริงของทางหลวง

ระหว่างการสำรวจ ระบบจะทำการบันทึก

1. ข้อมูลจุดสะท้อน LiDAR เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติของผิวทางและสภาพแวดล้อม
2. ข้อมูลตำแหน่งจาก GNSS และ IMU เพื่อกำหนดตำแหน่งและทิศทางของยานพาหนะในทุกช่วงเวลา
3. ข้อมูลระยะทางจาก Odometer เพื่อเสริมความต่อเนื่องของตำแหน่งตามแนวสายทาง
4. ภาพถ่ายแบบ Panorama เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตรวจสอบและยืนยันลักษณะผิวทางและความเสียหาย



การสำรวจจะดำเนินการโดยควบคุมระยะห่างจากสถานีฐาน GNSS ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เพื่อให้ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูล LiDAR อยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม เช่น การสร้างหน้าตัด (Cross Section) และโปรไฟล์แนวยาวของทาง (Road Profile) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากเสร็จสิ้นการสำรวจภาคสนาม ทางที่ปรึกษาจะนำข้อมูลดิบทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการประมวลผล เพื่อจัดทำข้อมูลตัวอย่าง (Sample Dataset) และตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น ก่อนนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับข้อมูลจาก LCMS และการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4-126 ชุดอุปกรณ์ Mobile Mapping System (MMS)

ตารางที่ 4-41 คุณสมบัติของอุปกรณ์ Mobile Mapping System (MMS)

คุณสมบัติ	CHC AU20
ประเภท	Mobile Mapping System
Laser scanner	Class1 (in accordance with IEC 60825-1:2014)
น้ำหนัก (โดยประมาณ)	2.6 kg (LiDAR), 3.1 kg (พร้อมกล่อง)
ระยะการสแกน	สูงสุด 150 m
ความหนาแน่นของจุด	2M จุดต่อวินาที
IMU Update rate	600 Hz
ระบบ GNSS	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo
ความแม่นยำ	<5 cm Horizontal, <5 cm Vertical (ไม่มีจุดควบคุม, ที่ระดับความสูง 150 m AGL)
คุณสมบัติพิเศษ	SLAM, Multi-target, IP67
การใช้งาน	สำรวจถนน, สร้างแผนที่ 3 มิติ, ตรวจสอบโครงสร้าง

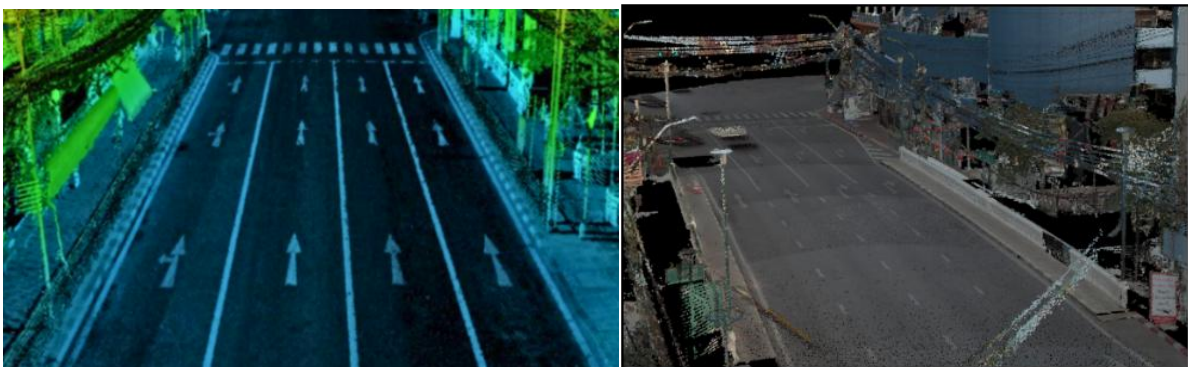


ผลลัพธ์ของชุดอุปกรณ์ Mobile Mapping System (MMS)

1. Point Cloud

ระบบ Mobile Mapping System (MMS) จะจัดเก็บข้อมูลจุดสะท้อนเลเซอร์ในรูปแบบ Point Cloud สามมิติ (3D Point Cloud) โดยมีความสามารถในการบันทึกข้อมูลไม่น้อยกว่า 2,000,000 จุดต่อวินาที ซึ่งทำให้สามารถสะท้อนรายละเอียดของผิวทาง โครงสร้าง และสภาพแวดล้อมข้างทางได้อย่างครบถ้วนและต่อเนื่อง ข้อมูล Point Cloud จะถูกจัดเก็บในระบบพิกัดสามมิติ (3D Coordinate System) ซึ่งสามารถระบุค่าพิกัดของจุดแต่ละจุดในแนวแกน X (แนวนอนตามแนวขวางของทาง), Y (แนวนอนตามแนววิ่งของรถสำรวจ) และ Z (ระดับความสูงหรือระดับผิวทาง) ได้อย่างแม่นยำ ทำให้สามารถนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองผิวทาง (Surface Model) การสร้างหน้าตัดทาง (Cross Section) และการวิเคราะห์เรขาคณิตของทาง (Road Geometry) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบ LiDAR ที่ติดตั้งบนรถ MMS สามารถสแกนได้ไกลไม่น้อยกว่า 150 เมตรต่อด้าน ทำให้สามารถเก็บข้อมูลพื้นที่ได้อย่างกว้างขวาง ครอบคลุมทั้งผิวทาง ช่องจราจร ไหล่ทาง และองค์ประกอบข้างทาง เช่น รวากันตก ป้ายจราจร และโครงสร้างอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสำหรับการสำรวจโครงข่ายทางหลวงที่มีพื้นที่กว้างและมีความซับซ้อน Point Cloud ที่ได้จะมีความหนาแน่นสูงและมีความต่อเนื่องตามแนวสายทาง ทำให้สามารถสร้างแผนที่ชนิดเคลื่อนที่ได้ (Mobile Mapping) ที่มีความละเอียดและความถูกต้องเชิงตำแหน่งสูง รองรับการนำไปใช้ในงานวิศวกรรม งานบำรุงรักษาทาง และการวิเคราะห์สภาพผิวทางในระดับเชิงลึก



รูปที่ 4-127 ตัวอย่างข้อมูล Point cloud จากรถสำรวจ



2. Panorama Image

นอกจากข้อมูล LiDAR แล้ว ระบบ MMS จะบันทึก ภาพถ่ายแบบ Panorama อย่างต่อเนื่องตลอดแนวสายทางที่ทำการสำรวจ โดยภาพถ่ายจะถูกผูกโยงกับ ตำแหน่งและเวลาจากระบบ GNSS และ IMU ทำให้สามารถเชื่อมโยงภาพถ่ายกับ ตำแหน่งเชิงพื้นที่บน Point Cloud ได้อย่างถูกต้อง ภาพ Panorama มีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตีความข้อมูล Point Cloud และการตรวจสอบ ลักษณะของผิวทางและความเสียหายที่เกิดขึ้นจริง เช่น รอยแตกร้าว ร่องล้อ หลุมบ่อ และสภาพการระบายน้ำบนผิวทาง รวมถึงสภาพแวดล้อมข้างทางที่อาจมี ผลต่อการบำรุงรักษา ข้อมูลภาพถ่ายแบบ Panorama จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือ ในการแปลผลข้อมูล LiDAR และสามารถใช้เป็นหลักฐานเชิงภาพประกอบ ในการตรวจสอบคุณภาพข้อมูล (QA/QC) รวมถึงการรายงานผลต่อคณะกรรมการ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 4-128 ตัวอย่างข้อมูล Panorama Image จากรถสำรวจ

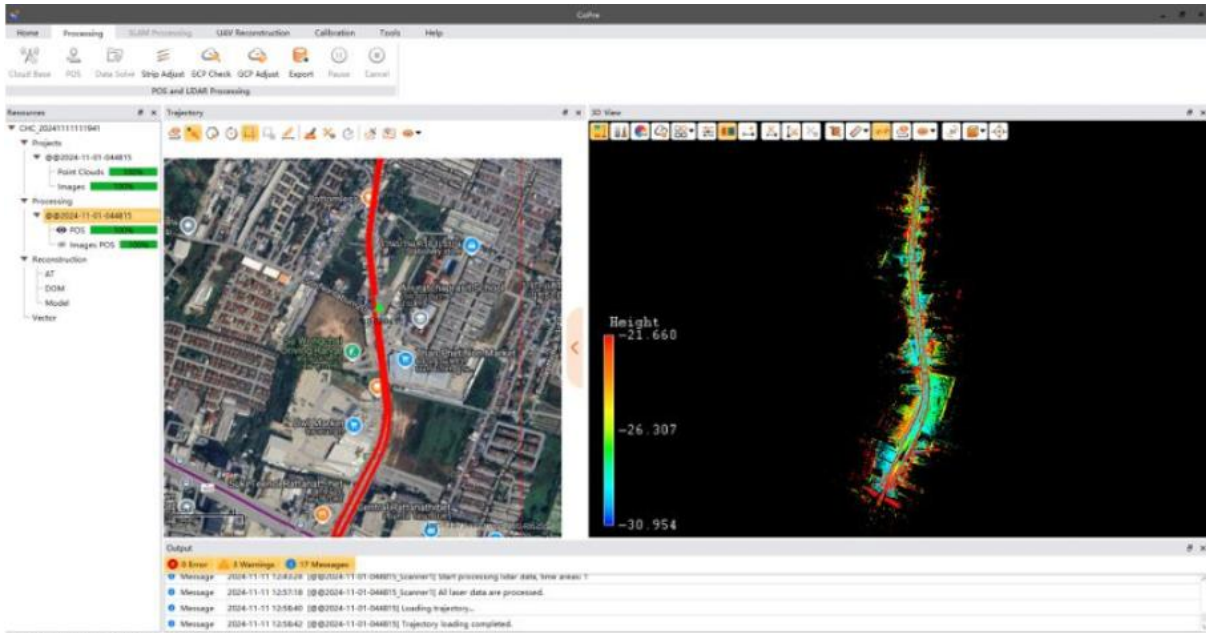


3. Trajectory และข้อมูลตำแหน่ง (GNSS/IMU/Odometer)

ระบบ Mobile Mapping System (MMS) จะจัดเก็บข้อมูลตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของรถสำรวจในรูปแบบ Trajectory ซึ่งเป็นเส้นทางการเคลื่อนที่เชิงเวลา (Time-based trajectory) ที่ได้จากการบูรณาการข้อมูลของ

- ระบบกำหนดตำแหน่งดาวเทียม (GNSS)
- หน่วยวัดความเฉื่อย (IMU)
- เครื่องวัดระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ (Odometer)

ข้อมูล Trajectory จะระบุค่าตำแหน่ง (X, Y, Z) ทิศทาง (Roll, Pitch, Yaw) และเวลา (Timestamp) ของรถสำรวจในทุกช่วงการสแกน ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการเชื่อมโยงข้อมูล Point Cloud และภาพถ่าย Panorama ให้มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งทั้งในระดับ Absolute Accuracy (พิภักตบนระบบภูมิศาสตร์) และ Relative Accuracy (ความต่อเนื่องและความเรียบของข้อมูลตามแนวสายทาง) Trajectory ที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการปรับแก้ตำแหน่ง (Georeferencing) ของ Point Cloud และภาพถ่าย เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการสร้างแผนที่เชิงวิศวกรรม การวิเคราะห์ Cross Section และ Road Profile รวมถึงการเปรียบเทียบกับข้อมูลจากอุปกรณ์มาตรฐาน เช่น LCMS และ IRI ได้อย่างสอดคล้องกันในเชิงตำแหน่ง



รูปที่ 4-129 ตัวอย่างข้อมูล Trajectory ที่ประมวลผลร่วมกับ Base Station



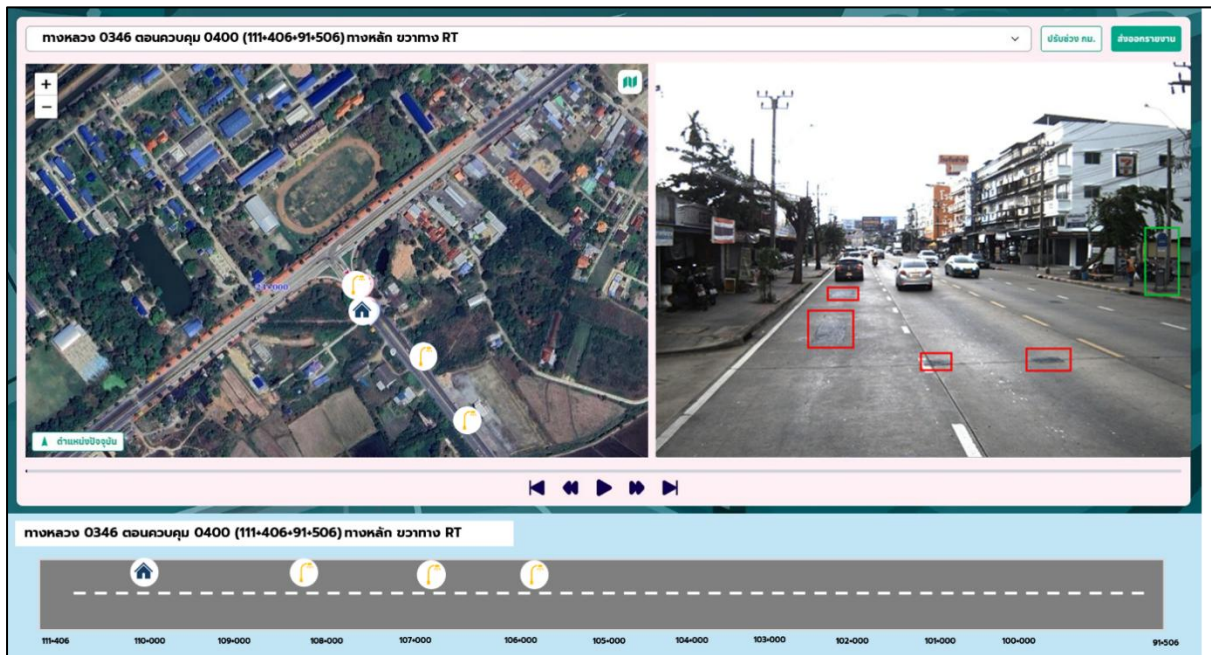
**4.7.4 การศึกษาแนวทางในการพัฒนาระบบ หรือเทคโนโลยีปัจจุบัน ที่สามารถรองรับการ
แสดงผลหรือ แสดงข้อมูลผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ ในข้อ 2.7.2 – 2.7.3 เพื่อให้สามารถ
แสดงผลลัพธ์ดังกล่าวผ่านระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (ROADNET) และระบบ
บริหารจัดการทรัพย์สินทางหลวง (RAMS)**

ในการศึกษาแนวทางในการพัฒนาระบบหรือเทคโนโลยีปัจจุบัน ทางที่ปรึกษาจะดำเนินการ
การศึกษาและวิเคราะห์แนวทางทางเทคนิค เพื่อพัฒนาระบบหรือปรับปรุงขีดความสามารถ
ของเทคโนโลยีปัจจุบัน ให้สามารถรองรับกระบวนการวิเคราะห์ และการแสดงผลข้อมูล
ที่ได้จากผลลัพธ์ในข้อ 4.7.2 – 4.7.3 โดยมีเป้าหมายสูงสุดคือการนำผลการวิเคราะห์ไปแสดงผล
บน ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (ROADNET) และระบบบริหารจัดการทรัพย์สินทางหลวง
(RAMS) ของกรมทางหลวงซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องในส่วนต่าง ๆ สามารถเข้าถึง
และใช้ประโยชน์จากข้อมูลเชิงวิเคราะห์ดังกล่าวประกอบการตัดสินใจต่อไปได้

การศึกษาจะเริ่มต้นจากการวิเคราะห์สถานะปัจจุบัน ของระบบ ROADNET และ RAMS
เพื่อทำความเข้าใจสถาปัตยกรรมทางเทคนิค, โครงสร้างฐานข้อมูล เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนา
และข้อจำกัดของระบบ โดยที่ปรึกษาจะต้องการประเมินความสามารถในการเชื่อมต่อข้อมูล
และการส่งข้อมูลการจัดเก็บข้อมูลบนเครื่องแม่ข่ายที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจะมุ่งเน้นไปที่การกำหนด
ผลลัพธ์เป้าหมายและโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากงานศึกษา ข้อ 4.7.2 การศึกษาและวิเคราะห์
โดยการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่าย 2 ข้างทาง หรือภาพผิวทาง
ที่ได้จากการสำรวจข้อมูล ซึ่งอาจมีทั้งข้อมูลเชิงสถิติ, ผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Geospatial
Analysis), หรือแบบจำลองการพยากรณ์ Model แนวทางการพัฒนาที่เป็นไปได้ โดยมีกระบวนการศึกษา
เช่น การศึกษาสถาปัตยกรรมที่ขับเคลื่อนด้วย API เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพผลลัพธ์มาแสดงผล
และมีความเสถียรภาพ จากการแปลงผลลัพธ์จาก ตำแหน่งตามระบบพิกัดภูมิศาสตร์, ประเภท
ความเสียหายสภาพทางและขนาด) ให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลภูมิสารสนเทศ (GIS Data) เช่น GeoJSON
หรือ Shapefile เพื่อนำไปแสดงผลเป็นชั้นข้อมูล (Layer) ซ้อนทับบนแผนที่โครงข่ายทางหลวง
ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูตำแหน่งและรายละเอียดของความเสียหายที่ตรวจพบบนภาพความเสียหาย
ผิวทางบนระบบบริหารจัดการทรัพย์สินทางหลวง (RAMS) ได้



จากการศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อหาแนวทางรองรับหรือแสดงผลลัพธ์ ในการส่งข้อมูล ผลการวิเคราะห์ไประบุตัวตน (Mapping) กับประเภททรัพย์สินทางหลวง ที่อยู่ในระบบ RAMS อาทิเช่น เสาไฟส่องสว่าง ป้ายจราจร ฯลฯ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูตำแหน่ง, รายละเอียด, และภาพถ่ายความเสียหายได้โดยตรง แนวทางพัฒนาระบบ API ที่แปลงผลลัพธ์จาก AI ให้อยู่ในรูปแบบ GeoJSON เพื่อให้ระบบสามารถนำไปแสดงผลเป็นชั้นข้อมูล (Layer) บนแผนที่ 2D นำไปสู่การบริหารจัดการทรัพย์สินทางหลวง (Asset Management) ในการประเมินสภาพการใช้งาน และวางแผนซ่อมบำรุงของระบบระบบบริหารจัดการทรัพย์สินทางหลวง (RAMS) ต่อไป



รูปที่ 4-130 ตัวอย่าง Mockup ผลลัพธ์จากวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่าย 2 ข้างทาง

การศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม ไปแสดงผลบนระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (ROADNET)อ้างอิงจากหัวข้องาน 4.7.3 ศึกษาเทคโนโลยี LiDAR (Light detection and Ranging) ในปัจจุบันสำหรับงานสำรวจสภาพทาง ที่ปรึกษาจะเลือกใช้เทคโนโลยีโอเพนซอร์สเป็นหลัก ลดการพึ่งพาผู้พัฒนาซอฟต์แวร์รายใดรายหนึ่ง (Vendor lock-in) โดยจะเลือกโครงสร้างที่มีความเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ปลอดภัย และมีการแก้ไขช่องโหว่อย่างทันท่วงที ซึ่งในการศึกษาเทคโนโลยี Web-based 3D Viewer ที่ออกแบบมาสำหรับข้อมูล Point Cloud โดยเฉพาะ เช่น Potree และแพลตฟอร์ม CesiumJS ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รายละเอียด Potree

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบดั้งเดิมในการประมวลผลและแสดงผลข้อมูล 3 มิติเชิงพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูง โดยเฉพาะข้อมูลกลุ่มเมฆจุด (Point Clouds) จากเทคโนโลยี LiDAR เทคโนโลยีการแสดงผลข้อมูลบนเว็บเบราว์เซอร์จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าวสามารถแบ่งปันชุดข้อมูลของตนเองกับหรือสาธารณะได้ โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมประยุกต์ (applications) ของบุคคลที่สาม และไม่จำเป็นต้องถ่ายโอนข้อมูลปริมาณมหาศาลและสามารถแสดงผลผ่าน Browsers ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจสภาพแวดล้อมได้ทันที ซึ่งในการแสดงรายละเอียดข้อมูลจุดพอยต์คลาวด์ (3D Point Cloud) จากอุปกรณ์เลเซอร์สแกนการแสดงผลข้อมูลจุด Point Clouds ในรูปแบบ Potree is licensed under the FreeBSD License เป็นซอฟต์แวร์ฟรีรหัสเปิดอยู่ภายใต้ลิขสิทธิ์ การประยุกต์ใช้ระบบปฏิบัติการสำหรับงานเฉพาะด้านที่มีการคุ้มครองจาก FreeBSD License โดยซอฟต์แวร์นี้ถูกพัฒนาโดย TU Wien, Institute of Computer Graphics and Algorithms ที่มีความน่าเชื่อถือในการออกแบบและพัฒนาระบบด้านการสร้างแบบจำลอง 3D (ที่มา: <https://www.cg.tuwien.ac.at/>)

ลักษณะของกราฟิกชนิดนี้ถูกเรียกว่า Voxel โดยเป็นการผสมผสานกันระหว่าง Pixel ซึ่งเป็นลักษณะของจุดเม็ดสีในระบบภาพ 2 มิติ (ภาพ bitmap) เข้ากับคำว่า Volumetric ซึ่งหมายถึงปริมาตรในระบบ 3 มิติ โดย Voxel นั้นไม่ได้มีขนาดที่แน่นอนตายตัว เพียงแต่เป็นการนำภาพแบบราสเตอร์มาเรียงทับซ้อนกันหลายๆ ชั้น ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ แต่การจัดวางจะจัดให้อยู่ในลักษณะของการเรียงตัวของพิกเซล (Pixel) โดยสามารถผสม Cube ให้มีความละเอียดมากขึ้นจนได้วัตถุที่มีเอกลักษณ์ของ pixel แต่มีความหนาและความลึกในระบบ 3 มิติ โดย Potree มีฟีเจอร์ที่ใช้งานดังนี้

การแสดงผลสีและการจำแนกประเภท (Colorization & Classification)

- Eye-Dome Lighting (EDL): เทคนิคการให้แสงเงาที่ช่วยเพิ่มการรับรู้มิติความลึก (Depth Perception) ทำให้มองเห็นรายละเอียดและรูปร่างของวัตถุได้ชัดเจน แม้จะเป็นเพียงกลุ่มเมฆจุด
- การแสดงผลสี (Colorization): รองรับการแสดงผลหลากหลายรูปแบบ (เช่น สีจริง RGBA, ระดับความสูง, การจำแนกประเภท)
- เครื่องมือวิเคราะห์: มีเครื่องมือวัดผลพื้นฐานติดตั้งมาด้วย (เช่น วัดระยะทาง, พื้นที่, ปริมาตร, และการสร้างภาพตัดขวาง (Profile/Clipping))



คุณสมบัติด้านโครงสร้างข้อมูล

คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ Potree สามารถทำงานกับข้อมูลปริมาณมหาศาลได้ มีโครงสร้างดังนี้

1. โครงสร้างข้อมูลแบบ Octree และการโหลดแบบลำดับขั้น ซึ่ง Potree จะไม่ได้โหลดไฟล์ LiDAR ทั้งหมดมาครั้งเดียว แต่จะทำการจะแปลงข้อมูลดิบเช่น .LAS, .LAZ ให้อยู่ในโครงสร้างข้อมูลแบบ Octree ซึ่ง Progressive Loading: เมื่อทำการซูมเข้า Potree จะร้องขอข้อมูล (LOD - Level of Detail) ที่มีความละเอียดสูงขึ้นเฉพาะในบริเวณที่มองเห็นเท่านั้น ส่วนที่อยู่ไกลออกไปจะแสดงผลแบบหยาบ ทำให้สามารถเปิดไฟล์ขนาดใหญ่ได้โดยใช้ทรัพยากรหน่วยความจำเพียงเล็กน้อย
2. Potree มีเครื่องมือ PotreeConverter ที่จำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟล์มาตรฐาน เช่น .LAS และ .LAZ ให้ออกมาเป็นโครงสร้าง Octree ที่ Potree นำมาใช้งาน

คุณสมบัติด้านการนำทาง Navigation & UI

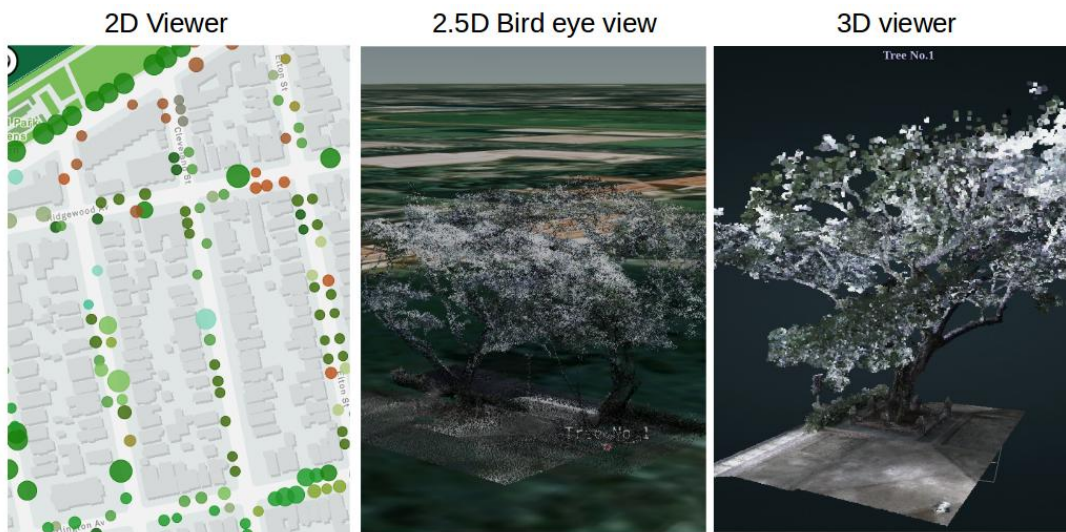
Potree มีโหมดการนำทาง (Navigation) ที่หลากหลายเพื่อให้เหมาะกับข้อมูลประเภทต่าง ๆ

- Orbit Control: โหมดมาตรฐานสำหรับหมุนดูรอบวัตถุในรูปแบบ โมเดล 3 มิติ
- First Person Control: โหมดการเดินสำรวจทำให้ผู้ใช้สามารถเดินเข้าไปในกลุ่มเมฆจุดได้
- Earth Control: โหมดสำหรับการควบคุมแบบ Google Earth เหมาะสำหรับข้อมูลภูมิประเทศขนาดใหญ่

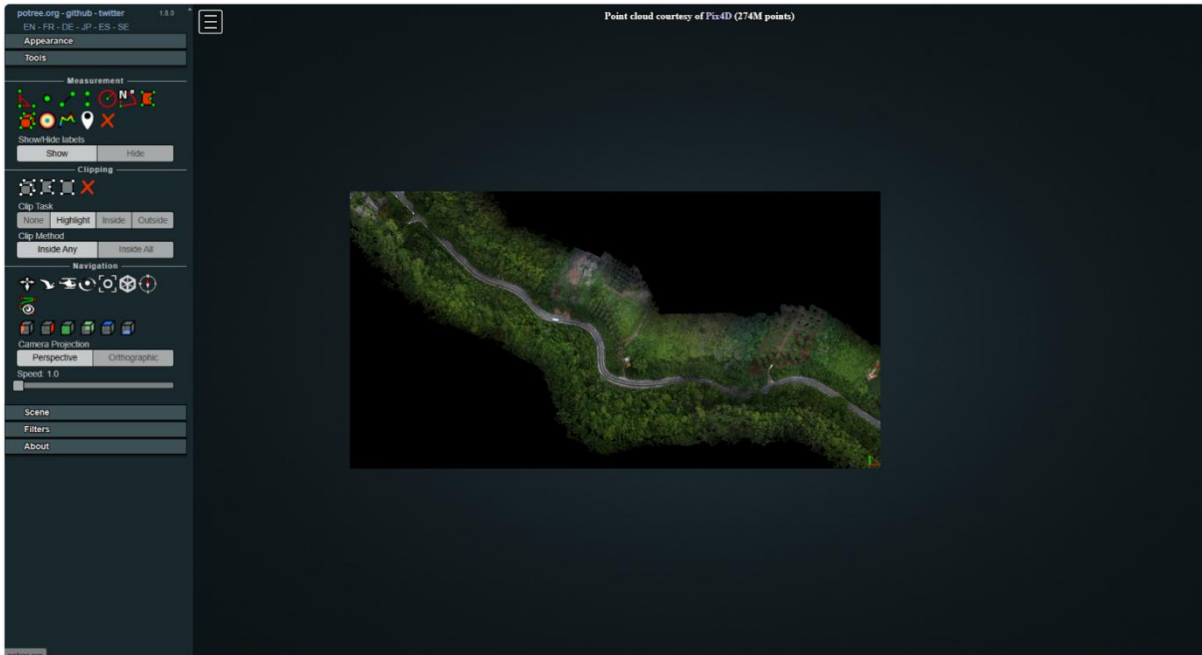
ด้านการปรับแต่งและเชื่อมต่อ (Customization & API)

Potree ไลบรารีที่ให้นักพัฒนาสามารถนำไปสร้างแอปพลิเคชันของตนเองได้ เช่น:

- สร้างหน้าเว็บที่มีแผนที่ 2D (เช่น Leaflet/OpenLayers) และหน้าต่าง 3D ของ Potree
- สร้างปุ่มหรือเครื่องมือวิเคราะห์แบบกำหนดเอง (Custom Tools) ที่ได้ต่อกับข้อมูลได้



รูปที่ 4-131 ตัวอย่างรูปแบบข้อมูลต้นไม้ในระบบ 3 มิติ



รูปที่ 4-132 ตัวอย่าง Mock up ภาพจาก Lidar for Road Surface แสดงผลบนระบบ Potree

รายละเอียดแพลตฟอร์ม Cesium สำหรับแสดงผล

แพลตฟอร์ม Cesium มีจุดเริ่มต้นในปี ค.ศ. 2011 ภายใต้การดำเนินงานของบริษัท Analytical Graphics, Inc. (AGI) ซึ่งเป็นบริษัทที่เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์ในอุตสาหกรรมการบินและอวกาศ (ปัจจุบันคือบริษัท Ansys) โดยมี Patrick Cozzi ผู้เชี่ยวชาญด้านกราฟิกคอมพิวเตอร์เป็นหัวหน้าทีมพัฒนา โครงการนี้เริ่มต้นจากแนวคิดในการสร้างแอปพลิเคชันที่สามารถจำลองและแสดงภาพวัตถุในอวกาศได้อย่างแม่นยำตามเวลา (Time-dynamic) และมีความละเอียดสูงเพื่อให้สามารถนำเสนอภาพจำลองที่มีความสมจริงและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ที่มา: <https://cesium.com/about/>)

ต่อมา Cesium ได้พัฒนาให้เป็น แพลตฟอร์มแบบโอเพนซอร์ส (Open Source Platform) สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันด้านภูมิสารสนเทศสามมิติ (3D Geospatial Applications) ที่มีบทบาทสำคัญในวงการเทคโนโลยีเชิงพื้นที่ (Geospatial Technology) และการสร้างโลกเสมือนจริง (Virtual Globe) โดยมีจุดเด่นในการรวบรวมและแสดงผลข้อมูลเชิงภูมิสารสนเทศจากหลายแหล่งร่วมกันในระบบเดียว อาทิ ข้อมูลกลุ่มเมฆจุด (Point Clouds), ข้อมูลการรังวัดด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry), ข้อมูลแบบจำลองอาคาร (Building Information Modeling: BIM) ตลอดจนข้อมูลสามมิติประเภทอื่น ๆ ซึ่งสามารถผสานเข้ากับระบบ Cesium ion เพื่อช่วยในการประมวลผลและสตรีมข้อมูลในรูปแบบ 3D Tiles ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง



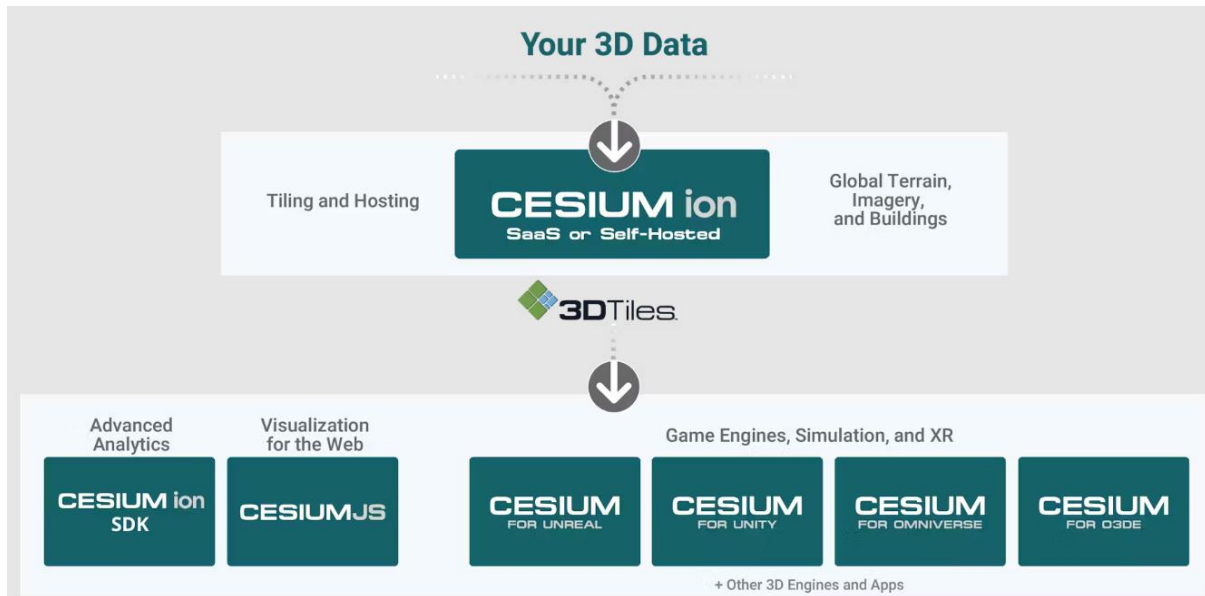
Cesium ion ทำหน้าที่เป็นระบบบริการบนคลาวด์ที่สนับสนุนกระบวนการจัดการข้อมูล และสิทธิ์การเข้าถึง (Access Control) ได้อย่างยืดหยุ่น ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการใช้งานได้ทั้งแบบ บริการบนคลาวด์ (Software as a Service: SaaS) หรือแบบ ติดตั้งในระบบขององค์กรตนเอง (Self-Hosted) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและการควบคุมข้อมูลได้ตามความต้องการของแต่ละ หน่วยงาน

ในรายละเอียดส่วนประกอบสำคัญของแพลตฟอร์มคือ CesiumJS ซึ่งเป็นไลบรารี JavaScript แบบโอเพนซอร์ส สำหรับการแสดงผลข้อมูลสามมิติบนเว็บเบราว์เซอร์ โดย CesiumJS รองรับการสร้างแบบจำลองโลกเสมือน (Virtual Globe) ตามมาตรฐานพิกัดภูมิศาสตร์ WGS84 และสามารถสตรีมข้อมูลในรูปแบบ 3D Tiles รวมถึงรูปแบบมาตรฐานอื่น ๆ จาก Cesium ion หรือแหล่งข้อมูลภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้สำหรับโครงการส่วนบุคคลและที่ไม่ใช่เชิงพาณิชย์ Cesium ion มีพื้นที่จัดเก็บข้อมูล (Storage) จำนวน 5 GB สำหรับการสร้างแบบจำลองเสมือนจริง หากผู้ใช้งานต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง (Advanced Analytics) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานด้วย Cesium ion SDK ซึ่งเป็นบริการเชิงพาณิชย์ ที่เปิดให้สมัครสมาชิกเพิ่มเติม นอกจากนี้ตัวระบบ Cesium ยังมีส่วนขยายสำหรับการสร้างแบบจำลองของ Game Engine หลายประเภท ได้แก่

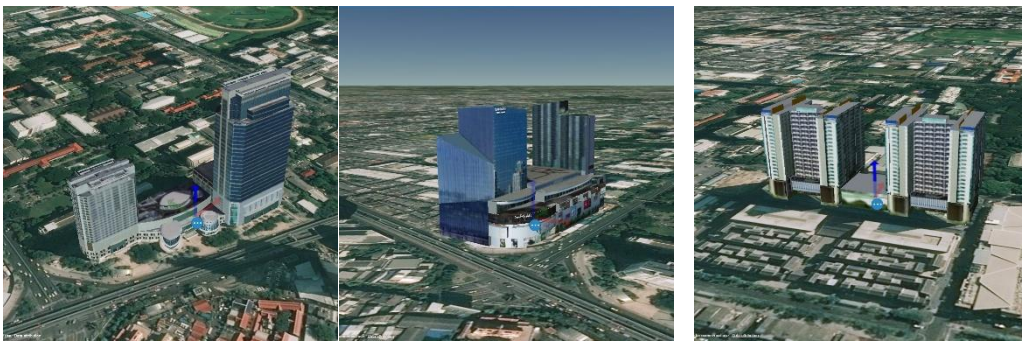
- Cesium for Unity คือส่วนขยายที่มอบคุณสมบัติแบบจำลองโลกเสมือน (globe) เต็มสัดส่วน (full-scale) ที่มีความแม่นยำสูง (ตามมาตรฐาน WGS84) และรองรับโปรแกรมประมวลผล 3D Tiles แบบเรียลไทม์สำหรับ Unity เพื่อการผสมผสานข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์เข้ากับงานสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง
- Cesium for Unreal คือแบบจำลองโลกเสมือนความแม่นยำสูง (WGS84) ตัวแรก ที่ทำงานบน Game Engine ซึ่งนำรายละเอียดและความแม่นยำจากโลกแห่งความเป็นจริง (real-world detail and accuracy) ของ Cesium มาสู่สภาพแวดล้อมจำลอง (simulated environments)
- Cesium for Omniverse คือส่วนขยาย (extension) ที่เพิ่มขีดความสามารถด้าน ภูมิสารสนเทศ 3 มิติ ให้กับ NVIDIA Omniverse
- Cesium for O3DE คือส่วนขยายที่มอบคุณสมบัติแบบจำลองโลกเสมือน (globe) เต็มสัดส่วน (full-scale) ที่มีความแม่นยำสูง (WGS84) และโปรแกรมประมวลผล 3D Tiles แบบเรียลไทม์ (runtime 3D Tiles engine) สำหรับ Open 3D Engine (O3DE) ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบโอเพนซอร์ส



จากการศึกษาแนวทางในการพัฒนาระบบหรือเทคโนโลยีในการแสดงผลข้อมูล 3 มิติ แพลตฟอร์มดังกล่าวมีระบบบริหารจัดการสินทรัพย์ข้อมูล (asset organization) ที่ใช้งานง่ายผ่านแดชบอร์ด, มีระบบตรวจสอบสถิติการใช้งาน (monitor usage) และที่สำคัญที่สุดคือ มีระบบควบคุมการเข้าถึง (access control) ที่ละเอียดผ่านการใช้ Access Tokens ทำให้ผู้ใช้สามารถแบ่งปันผลงานผ่านลิงก์ (link) หรือ Embed Code ได้อย่างปลอดภัย



รูปที่ 4-133 ตัวอย่าง Mock up ภาพจาก Lidar for Road Surface แสดงผลบนระบบ Potree



รูปที่ 4-134 ตัวอย่างการแสดงผลภาพ 3D Building Data Structure: ด้วย Cesium



4.8 การจัดทำรายงานแผนงานบำรุงทาง

ที่ปรึกษาต้องแปลผลข้อมูลจากโปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System, TPMS) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแผนงานบำรุงรักษาทางหลวง ซึ่งเหมาะสมทั้งทางด้านวิศวกรรม และเศรษฐศาสตร์ โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย

4.8.1 แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์ ที่ปรึกษาจะต้องจัดทำรายงานการจัตสรงบประมาณบำรุงทางในระยะยาว โดยใช้ระบบ TPMS เพื่อใช้ในการวางแผนในระยะเวลา 3 ปี โดยในการวิเคราะห์ต้องประกอบด้วยการจัตสรงบประมาณแบบไม่จำกัดงบประมาณ การจัตสรงบประมาณแบบจำกัดงบประมาณ และแบบกำหนดดัชนีค่า IRI ไม่เกินค่าที่กำหนด โดยจัดทำรายงานสรุปผลการวิเคราะห์แสดงผลในมิติที่หลากหลาย เช่น แยกตามหน่วยงาน รหัสงาน จังหวัด เป็นต้น

แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์ หรือแผนงานระยะยาว ซึ่งจะใช้ Optimization Model ร่วมกับแบบจำลองการเสื่อมสภาพ และแบบจำลองหลังการซ่อมเพื่อวิเคราะห์งบประมาณ (Budget) ค่าซ่อมบำรุง (Maintenance Cost) และค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง (Road User Cost) กรณีซ่อมบำรุงปกติ และกรณีที่ซ่อมบำรุงด้วยวิธีอื่น ๆ ซึ่งการจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมบำรุงด้วยวิธี Optimization ซึ่งจากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์ จำเป็นต้องใช้แบบจำลองต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ระยะยาวเป็นผลให้ไม่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ผิวทางประเภทคอนกรีตได้ ทั้งนี้แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์สามารถกระทำได้ 3 วิธี ดังนี้

- 1) กรณีไม่จำกัดงบประมาณ (Unlimited Budget)
 - Objective Function: Maximize Total Benefit
- 2) กรณีจำกัดงบประมาณในแต่ละปี (Budget Constraint)
 - Objective Function: Maximize Total Benefit เน้นการทำให้เกิดผลตอบแทนต่อผู้ใช้ทางสูงสุด ภายใต้งบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด เหมาะสำหรับกรณีที่ต้องการเน้นความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
 - Objective Function: Minimize Average IRI เน้นการทำให้ค่าเฉลี่ย IRI ทั้งโครงข่ายของกรมทางหลวงต่ำสุด ภายใต้งบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด เหมาะสำหรับการซ่อมบำรุงถนน ทั้งสายหลักและสายรอง โดยไม่คำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์



3) กรณีกำหนดค่า IRI เป้าหมายในแต่ละปี (IRI Constraint)

- Objective Function: Maximize Total Benefit เน้นการคัดเลือกการซ่อมบำรุงสายทางที่ให้ผลประโยชน์ต่อผู้ใช้ทางสูงสุด
- Objective Function: Minimize Total Cost เน้นการซ่อมบำรุงสายทาง เพื่อให้ได้ค่า IRI เฉลี่ยทั้งโครงข่ายตามเป้าหมาย และใช้งบประมาณน้อยที่สุด

4.8.2 แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงประจำปี ที่ปรึกษาจะต้องแปลผลข้อมูลเพื่อจัดทำรายงาน วิธีซ่อมบำรุงผิวทางลาดยางและคอนกรีต จากข้อมูลการสำรวจในโครงการนี้ และข้อมูลสภาพความเสียหายของทางหลวงในฐานข้อมูล Roadnet ด้วยโปรแกรม TPMS พร้อมจัดทำแผนงานบำรุงทางประจำปีในระดับความละเอียดทุก 1 กิโลเมตร (แบบไม่จำกัดงบประมาณ) โดยจัดทำรายงานสรุปผลการวิเคราะห์แสดงผลในมิติที่หลากหลาย เช่น แยกตามหน่วยงาน รหัสงาน จังหวัด เป็นต้น

ที่ปรึกษาจะต้องแปลผลข้อมูลเพื่อจัดทำรายงาน วิธีซ่อมบำรุงผิวทางลาดยางและคอนกรีต จากข้อมูลการสำรวจในโครงการนี้ และข้อมูลสภาพความเสียหายของทางหลวงในฐานข้อมูล Roadnet ด้วยโปรแกรม TPMS พร้อมจัดทำแผนงานบำรุงทางประจำปีในระดับความละเอียดทุก 1 กิโลเมตร (แบบไม่จำกัดงบประมาณ) โดยจัดทำรายงานสรุปผลการวิเคราะห์แสดงผลในมิติที่หลากหลาย เช่น แยกตามหน่วยงาน รหัสงาน จังหวัด เป็นต้น

ในปัจจุบันระบบ TPMS ของกรมทางหลวงได้มีการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการวิเคราะห์งบประมาณ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน โดยการปรับปรุงระบบ TPMS ในการวิเคราะห์ประจำปี มีรายละเอียดดังนี้

- 1) สามารถการเลือกข้อมูลสายทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ให้สะดวกต่อการใช้งานยิ่งขึ้น โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกลักษณะของสายทางที่จะทำการวิเคราะห์ คือ วิเคราะห์ถนนลาดยาง หรือคอนกรีต กำหนดช่วงค่า IRI ของสายทางรวมถึงปริมาณจราจร เพื่อคัดกรองสายทางที่ต้องการ
- 2) สามารถกำหนดวงเงินแยกในแต่ละกิจกรรมซ่อมบำรุงตามที่กรมทางหลวงกำหนดเพื่อทำการวิเคราะห์
- 3) สามารถกำหนดวงเงินแยกในแต่ละหน่วยงาน เพื่อเป็นการกระจายงบประมาณไปยังแต่ละหน่วยงาน ก่อนทำการวิเคราะห์
- 4) สามารถกำหนดวงเงินกรณีไม่จำกัดงบประมาณ (Unlimited Budget)
- 5) สามารถกำหนดวงเงินกรณีจำกัดงบประมาณรวมในแต่ละปี (Budget Constraint)
- 6) สามารถกำหนดกรณีกำหนดค่า IRI เป้าหมายในแต่ละปี (IRI Constraint)





รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่าย
งบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2569

โดยที่ปรึกษาจะทำการวิเคราะห์และจัดทำจัดทำรายงานแผนบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System, TPMS) ทั้งแผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงประจำปี และแผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์ เพื่อนำส่งตามความต้องการของ สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง



แผนดำเนินงาน และแผนการทำงานของบุคลากรในโครงการ

5.1 เอกสาร รายงานและกำหนดการส่งมอบ

ที่ปรึกษาจะจัดทำรายงานและเอกสารต่าง ๆ โดยรูปแบบและเนื้อหาจะต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการกำกับโครงการ ดังต่อไปนี้

5.1.1 การส่งมอบรายงานและเอกสาร

1) รายงานเบื้องต้น (Inception Report)

ที่ปรึกษาจะจัดทำรายงานเบื้องต้นพร้อมแผนการปฏิบัติงาน จำนวน 20 ฉบับ ภายใน 15 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยรายงานเบื้องต้น (Inception Report) จะต้องประกอบด้วย

- ความเป็นมาของโครงการและวัตถุประสงค์ของโครงการ
- ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ
- ขอบเขตของงาน
- แนวทางและวิธีการศึกษาตามขอบเขตของงานที่กำหนด
- แผนการดำเนินงาน และแผนการทำงานของบุคลากรในโครงการ
- แผนการสำรวจสภาพทางและบัญชีสายทาง ระยะทางไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร
- งานในข้อ 4.1 – 4.3 แล้วเสร็จ

2) รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 (Progress Report I)

ที่ปรึกษาจะจัดทำรายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 จำนวน 20 ฉบับ ภายใน 90 วัน โดยรายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 (Progress Report I) จะต้องประกอบด้วย

- ความก้าวหน้าของงานแต่ละด้าน
- ผลสรุปการปฏิบัติงานในช่วงที่ผ่านมา
- บัญชีสายทางที่ทำการสำรวจ (ผลการสำรวจรวมไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลเมตร) พร้อมจัดเก็บข้อมูลและสามารถตรวจสอบในระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวงได้ตามข้อ 4.4 - 4.6
- รายงานเกี่ยวกับความล่าช้าและปัญหา (ถ้ามี) ตลอดจนวิธีแก้ไขอุปสรรคต่าง ๆ โดยละเอียด





3) รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2 (Progress Report II)

ที่ปรึกษาจะจัดทำรายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2 (Progress Report II) จำนวน 20 ฉบับ ภายใน 150 วัน โดยรายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2 (Progress Report II) จะต้องประกอบด้วย

- ความก้าวหน้าของงานแต่ละด้าน
- ผลสรุปการปฏิบัติงานในช่วงที่ผ่านมา
- บัญชีสายทางที่ทำการสำรวจ (ผลการสำรวจรวมไม่น้อยกว่า 15,000 กิโลเมตร) พร้อมจัดเก็บข้อมูลและสามารถตรวจสอบในระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวงได้ตามข้อ 4.4 - 4.6
- รายงานเกี่ยวกับความล่าช้าและปัญหา (ถ้ามี) ตลอดจนวิธีแก้ไขอุปสรรคต่าง ๆ โดยละเอียด

4) รายงานขั้นกลาง (Interim Report)

ที่ปรึกษาจะจัดทำรายงานขั้นกลาง (Interim Report) จำนวน 16 ฉบับ ภายใน 180 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยรายงานขั้นกลาง (Interim Report) จะต้องประกอบด้วย

- ความก้าวหน้าของงานแต่ละด้าน
- ความก้าวหน้าของงานในข้อ ข้อ 4.7
- ผลสรุปการปฏิบัติงานในช่วงที่ผ่านมา
- บัญชีสายทางที่ทำการสำรวจ (ผลการสำรวจรวมไม่น้อยกว่า 25,000 กิโลเมตร) พร้อมจัดเก็บข้อมูลและสามารถตรวจสอบในระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวงได้ตามข้อ 4.4 - 4.6
- รายงานเกี่ยวกับความล่าช้าและปัญหา (ถ้ามี) ตลอดจนวิธีแก้ไขอุปสรรคต่าง ๆ โดยละเอียด



5) รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 3 (Progress Report III)

ที่ปรึกษาจะจัดทำรายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 3 (Progress Report III) จำนวน 20 ฉบับ ภายใน 210 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยรายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 3 (Progress Report III) จะต้องประกอบด้วย

- ความก้าวหน้าของงานแต่ละด้าน
- ความก้าวหน้าของงานในข้อ ข้อ 4.7 และ 4.8
- ผลสรุปการปฏิบัติงานในช่วงที่ผ่านมา
- บัญชีสายทางที่ทำการสำรวจ (ผลการสำรวจรวมไม่น้อยกว่า 35,000 กิโลเมตร) พร้อมจัดเก็บข้อมูลและสามารถตรวจสอบในระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวงได้ตามข้อ 4.4 - 4.6
- รายงานเกี่ยวกับความล่าช้าและปัญหา (ถ้ามี) ตลอดจนวิธีแก้ไขอุปสรรคต่าง ๆ โดยละเอียด

6) ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)

ที่ปรึกษาจะจัดทำร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report) จำนวน 20 ฉบับ ภายใน 240 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report) จะต้องประกอบด้วย

- งานในข้อ 4.3 - 4.8 แล้วเสร็จ
- ผลสรุปการปฏิบัติงานในช่วงที่ผ่านมา
- บัญชีสายทางที่ทำการสำรวจ (ผลการสำรวจรวมไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร) พร้อมจัดเก็บข้อมูลและสามารถตรวจสอบในระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวงได้ตามข้อ 4.4 - 4.6
- รายงานเกี่ยวกับความล่าช้าและปัญหา (ถ้ามี) ตลอดจนวิธีแก้ไขอุปสรรคต่าง ๆ โดยละเอียด

7) ร่างรายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Draft Executive Summary Report)

ที่ปรึกษาจะจัดทำร่างรายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Draft Executive Summary Report) จำนวน 20 ฉบับ ภายใน 240 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา





8) รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report)

ที่ปรึกษาจะจัดทำรายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) จำนวน 38 ฉบับ ภายใน 270 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยรายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) จะต้องประกอบด้วย

- ผลสรุปการปฏิบัติงานทั้งโครงการ
- รายงานเกี่ยวกับความล่าช้าและปัญหา (ถ้ามี) ตลอดจนวิธีแก้ไขอุปสรรคต่าง ๆ โดยละเอียด

9) รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

ที่ปรึกษาจะจัดทำรายงานย่อสำหรับผู้บริหาร จำนวน 38 ฉบับ ภายใน 270 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

10) รายงานสรุปผลการสำรวจสภาพทาง (Road Condition Survey Report)

ที่ปรึกษาจะจัดทำรายงานสรุปผลการสำรวจสภาพทาง จำนวน 38 ฉบับ ภายใน 270 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

11) รายงานผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงทางด้วยโปรแกรม TPMS (Road Maintenance Plan Analysis Report with TPMS)

ที่ปรึกษาจะจัดทำรายงานการจัดทำแผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์ และแผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงประจำปี ในหัวข้อ 4.8 จำนวน 38 ฉบับ ภายใน 270 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

12) การจัดทำข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลไฟล์ (Document Digitization)

ที่ปรึกษาจะจัดส่งข้อมูลในรูปแบบไฟล์ต้นฉบับ (.doc, .ppt .exe) และไฟล์ .pdf ของงานนำเสนอ รายงานและเอกสารในโครงการทั้งหมด เช่น รายงานฉบับต่าง ๆ รายงานสรุปผลการสำรวจสภาพทาง รายงานผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงทางด้วยโปรแกรม TPMS รายงานขั้นสุดท้าย รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร เป็นต้น พร้อม thumb drive จำนวน 2 ชุด



รายละเอียดการส่งมอบรายงานตามงวดงาน พร้อมทั้งรายละเอียดข้อมูลรายงานที่จัดอยู่ในรูปแบบไฟล์ดิจิทัล รายละเอียดดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 สรุปรายการส่งมอบงานการศึกษา

งวดงานที่	งานที่จะส่งมอบ	จำนวน (ฉบับ)	กำหนดเวลาส่งมอบตามระยะสัญญา	กำหนดเวลาส่งมอบตามระยะสัญญา
1	รายงานเบื้องต้น (Inception Report)	20	ภายใน 15 วัน นับจากวันลงนามในสัญญา	20 มกราคม 2569
2	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 (Progress Report I)	20	ภายใน 90 วัน นับจากวันลงนามในสัญญา	5 เมษายน 2569
3	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2 (Progress Report II)	20	ภายใน 150 วัน นับจากวันลงนามในสัญญา	4 มิถุนายน 2569
4	รายงานขั้นกลาง (Interim Report)	20	ภายใน 180 วัน นับจากวันลงนามในสัญญา	4 กรกฎาคม 2569
5	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 3 (Progress Report III)	20	ภายใน 210 วัน นับจากวันลงนามในสัญญา	3 สิงหาคม 2569
6	ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)	20	ภายใน 240 วัน นับจากวันลงนามในสัญญา	2 กันยายน 2569
7	ร่างรายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Draft Executive Summary Report)	20		
8	รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report)	38	ภายใน 270 วัน นับจากวันลงนามในสัญญา	2 ตุลาคม 2569
9	รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)			
10	รายงานสรุปผลการสำรวจสภาพทาง			
11	รายงานผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงทางด้วยโปรแกรม TPMS (Road Maintenance Plan Analysis Report with TPMS)			
12	ข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลไฟล์ฯ พร้อม Thumb Drive	2		2 ตุลาคม 2569



5.3 บุคลากรในการดำเนินโครงการ

สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นหน่วยงานที่ปรึกษาที่จดทะเบียนถูกต้องตามกฎหมาย และมีวิศวกรและบุคลากรที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับหน้าที่ มีประสบการณ์และความชำนาญในวิชาชีพเป็นอย่างดี มีบุคลากรที่เพียงพอเพื่อดำเนินโครงการดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดบุคลากรหลัก และบุคลากรสนับสนุนแสดงดังตารางที่ 5-3 และตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-3 บุคลากรหลักในการดำเนินงานโครงการ

ลำดับ	ตำแหน่ง	รายชื่อ	คุณสมบัติตาม TOR	คุณสมบัติที่ยื่นข้อเสนอ	ประสบการณ์ (ปี)
1	ผู้จัดการโครงการ	รศ.ดร.ธีทัต เจริญกมลัญญาตา	วิศวกรโยธา วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาโท	ปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	28
2	ผู้ชำนาญการด้านวิศวกรรมการทาง	ดร.วีระชัย วงษ์วีระนิมิตร	วิศวกรโยธา วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาโท	ปริญญาโท สาขาบริหารการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	23
3	ผู้ชำนาญการด้านสำรวจ	ผศ.ดร.ชัยยุทธ เจริญผล	วิศวกรสำรวจ วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาโท	ปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	22
4	วิศวกรโยธา -1	นายยุทธนา ปัญจธนศักดิ์	วิศวกรโยธา วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	15
5	วิศวกรโยธา -2	นายวีระเดช ธนพลังกร	วิศวกรโยธา วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	13





ตารางที่ 5-3 บุคลากรหลักในการดำเนินโครงการ (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่ง	รายชื่อ	คุณสมบัติตาม TOR	คุณสมบัติที่ยื่นข้อเสนอ	ประสบการณ์ (ปี)
6	วิศวกรสำรวจ -1	นายธีรรัชช์ มณีนาถ	วิศวกรสำรวจ วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	23
7	วิศวกรสำรวจ -2	นางสาวสายน้ำผึ้ง แซ่หัน	วิศวกรสำรวจ วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	10



ตารางที่ 5-4 บุคลากรสนับสนุนในการดำเนินงานโครงการ

ลำดับ	ตำแหน่ง	รายชื่อ	คุณสมบัติตาม TOR	คุณสมบัติที่ยื่นข้อเสนอ
1	เจ้าหน้าที่ภาคสนาม -1	นายธีระยุทธ ย่องเซ่ง	วุฒิมัธยมศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี สาขาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2	เจ้าหน้าที่ภาคสนาม -2	นายเกียรติสิทธิ์ อินทร์นอก	วุฒิมัธยมศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี สาขาภูมิศาสตร์สารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
3	เจ้าหน้าที่ภาคสนาม -3	นายโกศล ขำริด	วุฒิมัธยมศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
4	เจ้าหน้าที่ภาคสนาม -4	นายอดิศักดิ์ วีระพันธุ์	วุฒิมัธยมศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
5	เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล -1	นายสุวิจักขณ์ ชัยชนะ	วุฒิมัธยมศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์ข้อมูลและการวิเคราะห์เชิงสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ตารางที่ 5-4 บุคลากรสนับสนุนในการดำเนินงานโครงการ (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่ง	รายชื่อ	คุณสมบัติตาม TOR	คุณสมบัติที่ยื่นข้อเสนอ
6	เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล -2	นายสิริวุฒิ ธนภูริรัตน์	วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมสำรวจและสารสนเทศภูมิศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7	เลขานุการโครงการ	นางสาวณัฐธิดา แซ่ลู่	วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี สาขาภาษาอังกฤษ คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง



ตารางที่ 5-5 การจำแนกหน้าที่และลักษณะงานต่าง ๆ ของที่ปรึกษาหลักในโครงการ

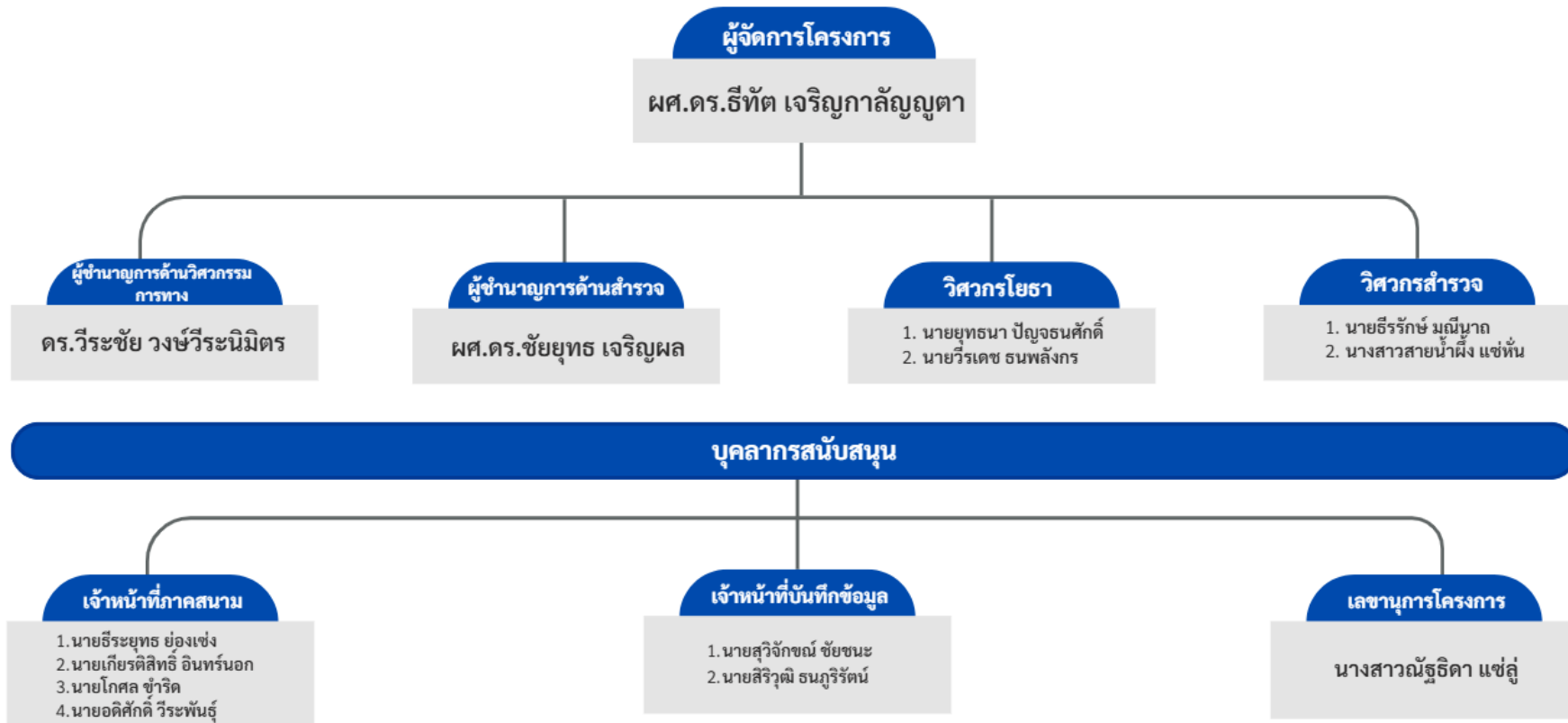
ลำดับ	การดำเนินงาน	บุคลากรหลักที่รับผิดชอบในการดำเนินงาน						
		ผู้จัดการโครงการ	ผู้ชำนาญการด้านวิศวกรรมจราจร	ผู้ชำนาญการด้านสำรวจ	วิศวกรโยธา - 1	วิศวกรโยธา - 2	วิศวกรสำรวจ - 1	วิศวกรสำรวจ - 2
1	พื้นที่สำรวจ							
1.1	สำรวจเก็บข้อมูลบนมิลาตาตายงและมิวคอนกรีต เป็นระยะทางสำรวจไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร	✓	✓					
2	เครื่องมือที่ใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง							
2.1	สำรวจโดยใช้ชุดเครื่องมือที่ติดตั้งบนยานพาหนะ และต้องสามารถสำรวจข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง และเหมาะสมตามมาตรฐาน ASTM E950	✓				✓		
2.1.1	ชุดเครื่องมือเลเซอร์หรือสามารดตรวจวัดสภาพผิวทางได้ ทุก 25 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่า			✓			✓	
2.1.2	มีระบบประมวลผลเพื่อระบุตำแหน่งและขนาดของความเสียหายของผิวทางโดยประมวลผลแบบอัตโนมัติได้ (Automatic Cracking Detection)			✓			✓	
2.1.3	อุปกรณ์ถ่ายภาพเขตทางทาง บันทึกภาพได้อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงสายทาง, กำหนดค่าพิกัดตำแหน่งของภาพ และกำหนดระยะห่างระหว่างภาพของการสำรวจได้			✓			✓	
2.1.4	อุปกรณ์วัดระยะทางชนิดระยะทางจากรอบล้อ ซึ่งสัมพันธ์กับอุปกรณ์เซนเซอร์อื่นๆ เพื่อกำหนดระยะทางในการบันทึกข้อมูลของเซนเซอร์ต่างๆ			✓			✓	
2.1.5	อุปกรณ์รับค่าพิกัดตำแหน่งจากสัญญาณดาวเทียมแบบ GNSS พร้อมความสามารถในการรับค่าปรับแก้เพื่อให้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งมีค่าความละเอียดอย่างน้อยในระดับ 1 เมตร จำนวน 1 ชุด			✓			✓	
2.1.6	มีชุดอุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Roadway Geometry)			✓			✓	
3	การสำรวจสภาพทาง							
3.1	จัดทำแผนการสำรวจและเกณฑ์ในการคัดเลือกสายทาง		✓					✓
3.2	การสำรวจสภาพทาง โดยเก็บข้อมูลสภาพผิวทางด้วยชุดเครื่องมือเลเซอร์ ระยะทางทั้งหมด 39,000 กิโลเมตร แบ่งเป็นอุปกรณ์ LCMS 20,000 กิโลเมตร และอุปกรณ์ Laser Profile 19,000 กิโลเมตร			✓				✓
3.3	ที่ปรึกษาจะต้องดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ (Surveying instruments and tools calibration) ในพื้นที่ทดสอบ เช่น พื้นที่ทางโค้ง พื้นที่ทางลาดชันฯ ระยะทางไม่น้อยกว่า 1 กิโลเมตรของผิวทาง ประเภท 3 รอบ		✓	✓	✓		✓	
3.4	ที่ปรึกษาจะต้องดำเนินการทดสอบการถ่ายสภาพผิวทางและส่องสว่าง ในพื้นที่ทดสอบตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยจะต้องทดสอบในสถานที่ที่มีแสงน้อย แสงจ้า ใต้สะพาน และอุโมงค์ทางลอด เป็นต้น	✓		✓		✓		✓
4	การประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจ							
4.1	การประมวลผลข้อมูลจากชุดเครื่องมือเลเซอร์เพื่อให้สำรวจสภาพทาง ประกอบด้วย ข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล ข้อมูลค่าความหนาเฉลี่ยของพื้นผิวทาง และข้อมูลสภาพผิวทาง							✓
4.2	การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายถนนและส่องสว่าง ที่มีรายละเอียด 1600x1200 ในรูปแบบไฟล์ JPEG หรือดีกว่า					✓		✓
4.3	การประมวลผลข้อมูลการสำรวจในรูปแบบของแผนที่ (GIS) โดยพิจารณาถึงระบบพิกัดอ้างอิงที่เป็นมาตรฐานและสามารถจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล Roadnet ได้อย่างเหมาะสม							✓
5	การจัดเก็บข้อมูลฐานข้อมูล Roadnet							
5.1	ดำเนินการตรวจสอบ ปรับปรุงและทดสอบเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ตามข้อ 4.4 ในระบบฐานข้อมูล Roadnet ให้ถูกต้อง	✓						✓
5.2	ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตำแหน่งเทียบกับแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม โดยทำการสุ่มตรวจข้อมูลจากแวงทางหลวง อย่างละ 2 พื้นที่ตัวอย่าง	✓						✓
5.3	ต้องทำการจัดเก็บข้อมูลที่ได้ จากข้อ 4.4 ในระบบฐานข้อมูล Roadnet เพื่อใช้ในการสืบค้น วิเคราะห์และนำเสนอในรูปแบบของแผนที่ GIS ให้ในระบบ Roadnet							✓
5.4	การจัดเก็บข้อมูลในระบบ Roadnet จะต้องไม่มีผลกระทบกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ในระบบและรูปแบบจะต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่ในระบบ							✓
6	การตรวจสอบข้อมูลการสำรวจหน้าระบบ Roadnet							
6.1	การแสดงผลข้อมูลสภาพทาง ประกอบด้วย ข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) และข้อมูลค่าความหนาเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MP)	✓		✓				✓
6.2	การแสดงผลข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) มีความสมบูรณ์ ตามแต่ละประเภทผิวทางทั้งมิวลาตาตายงและมิวคอนกรีต				✓			
6.3	การแสดงผลภาพถ่ายและภาพเคลื่อนไหว (VDO) ของถนนและส่องสว่าง							✓
6.4	การเลือกพิกัดสายทาง (Coordinates) จะต้องมีความสอดคล้องกับภาพถ่ายสายทางและสภาพพื้นที่	✓		✓				✓
6.5	เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลผู้ใช้งานสามารถแต่งตั้งคณะทำงานหรือผู้แทนในระดับภูมิภาค เพื่อตรวจสอบ ความครบถ้วนสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ	✓						✓
7	การศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบจากสภาพผิวทาง							
7.1	การศึกษาและวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงวิธีต่าง ๆ (Road Work Effect Model)		✓		✓			
7.2	การศึกษาแนวทางการนำข้อมูลความเสียหายที่ตรวจวัดได้จากข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) เพื่อไปประโยชน์ในมิติของงานบำรุงทาง				✓		✓	✓
7.3	การศึกษาเทคโนโลยี LIDAR (Light Detection and Ranging) ในปัจจุบันสำหรับงานสำรวจสภาพทาง							✓
7.4	การศึกษาแนวทางในการพัฒนาระบบ หรือเทคโนโลยีปัจจุบัน ที่สามารถรองรับการแสดงผลหรือ แลกเปลี่ยนผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ในข้อ 4.7.2 - 4.7.3 เพื่อให้สามารถแสดงผลสัมพันธ์กับระบบ ROADNET และ RAMS			✓		✓		✓
8	การจัดทำรายงานแผนงานบำรุงทาง							
8.1	แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์		✓		✓			
8.2	แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงประจำปี		✓		✓			





ตารางที่ 5-6 รายละเอียดแผนการดำเนินงานของบุคลากร

บุคลากรหลัก	ระยะเวลาดำเนินการ (270 วัน)									
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	
ผู้จัดการโครงการ	■			■			■			■
ผู้ชำนาญการด้านวิศวกรรมทาง	■			■		■				■
ผู้ชำนาญการด้านสำรวจ	■			■						■
วิศวกรโยธา -1					■	■	■	■	■	■
วิศวกรโยธา -2	■	■				■	■	■	■	■
วิศวกรสำรวจ -1	■	■	■	■	■	■				
วิศวกรสำรวจ -2		■	■	■	■	■				



รูปที่ 5-1 แผนผังการบริหารโครงการ

แผนการสำรวจสภาพทาง ระยะทางสำรวจไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร

6.1 สรุประยะทางสำรวจสภาพทาง ระยะทางสำรวจไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร

จากการประสานงานของทีมที่ปรึกษา เพื่อส่งบัญชีสายทางให้ทาง ผู้อำนวยการส่วนแผนงาน สำนักงานทางหลวง (วพ.สทล.) ทำการตรวจสอบเพื่อยืนยันบัญชีสายทางที่จะทำการสำรวจในปี พ.ศ. 2569 สามารถสรุประยะทางที่สามารถดำเนินการสำรวจ แบ่งตามแขวงทางหลวง ตามตารางสรุปดังนี้

ตารางที่ 6-1 สรุประยะทางแผนการสำรวจจากการยืนยันบัญชีสายทาง (แบ่งตามแขวงทางหลวง)

ชื่อสำนักงานทางหลวง/แขวงทางหลวง	ระยะทางสำรวจ (กม.)		ระยะทางสำรวจรวม (กม.)
	สำรวจอุปกรณ์ด้วย LCMS	สำรวจอุปกรณ์ด้วย Laser Profile	
สำนักงานทางหลวงที่ 1 (เชียงใหม่)	1,873.600	926.319	2,799.919
ขท.เชียงใหม่ที่ 1	136.143	-	136.143
ขท.เชียงใหม่ที่ 2	402.162	172.379	574.541
ขท.ลำปางที่ 1	155.744	421.786	577.530
ขท.ลำพูน	322.611	81.348	403.959
ขท.แม่ฮ่องสอน	509.466	-	509.466
ขท.เชียงใหม่ที่ 3	214.983	-	214.983
ขท.ลำปางที่ 2	132.491	250.806	383.297
สำนักงานทางหลวงที่ 2 (แพร่)	1,313.242	1,175.319	2,488.561
ขท.แพร่	177.431	362.039	539.470
ขท.เชียงรายที่ 1	373.378	238.430	611.808
ขท.พะเยา	399.617	50.651	450.268
ขท.น่านที่ 1	71.171	114.980	186.151
ขท.เชียงรายที่ 2	206.122	219.619	425.741
ขท.น่านที่ 2	85.523	189.600	275.123
สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร)	571.448	623.417	1,194.865
ขท.มุกดาหาร	69.302	132.894	202.196
ขท.สกลนครที่ 1	61.692	147.574	209.266
ขท.สกลนครที่ 2 (สว่างแดนดิน)	19.943	177.727	197.670
ขท.บึงกาฬ	67.857	24.166	92.023
ขท.นครพนม	264.793	95.442	360.235
ขท.หนองคาย	87.861	45.614	133.475



ตารางที่ 6-1 สรุประยะทางแผนการสำรวจจากการยืนยันบัญชีสายทาง (แบ่งตามแนวทางหลวง) (ต่อ)

ชื่อสำนักงานทางหลวง/แนวทางหลวง	ระยะทางสำรวจ (กม.)		ระยะทางสำรวจรวม (กม.)
	สำรวจอุปกรณ์ด้วย LCMS	สำรวจอุปกรณ์ด้วย Laser Profile	
สำนักงานทางหลวงที่ 4 (ตาก)	1,318.466	888.472	2,206.938
ขท.ตากที่ 1	197.666	410.053	607.719
ขท.สุโขทัย	371.919	135.205	507.124
ขท.ตากที่ 2 (แม่สอด)	531.844	123.014	654.858
ขท.กำแพงเพชร	217.037	220.200	437.237
สำนักงานทางหลวงที่ 5 (พิษณุโลก)	775.581	817.541	1,593.122
ขท.พิษณุโลกที่ 1	133.819	231.569	365.388
ขท.พิษณุโลกที่ 2 (วังทอง)	184.845	290.748	475.593
ขท.พิจิตร	112.412	127.918	240.330
ขท.อุตรดิตถ์ที่ 1	263.100	167.306	430.406
ขท.อุตรดิตถ์ที่ 2	81.405	-	81.405
สำนักงานทางหลวงที่ 6 (เพชรบูรณ์)	974.159	618.028	1,592.187
ขท.เพชรบูรณ์ที่ 1	258.705	308.606	567.311
ขท.เพชรบูรณ์ที่ 2 (บึงสามพัน)	148.689	277.558	426.247
ขท.เลยที่ 1	253.784	-	253.784
ขท.เลยที่ 2 (ด่านซ้าย)	200.232	31.864	232.096
ขท.หนองบัวลำภู	112.749	-	112.749
สำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น)	540.734	1,317.016	1,857.750
ขท.ขอนแก่นที่ 1	89.965	342.600	432.565
ขท.อุดรธานีที่ 1	67.113	238.161	305.274
ขท.อุดรธานีที่ 2 (หนองหาน)	14.205	102.656	116.861
ขท.ชัยภูมิ	185.310	247.607	432.917
ขท.ขอนแก่นที่ 2 (ชุมแพ)	14.554	200.701	215.255
ขท.ขอนแก่นที่ 3 (บ้านไผ่)	169.587	185.291	354.878
สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม)	1,065.709	995.171	2,060.880
ขท.มหาสารคาม	263.746	293.848	557.594
ขท.ยโสธร	101.573	315.630	417.203
ขท.ร้อยเอ็ด	328.494	244.899	573.393
ขท.กาฬสินธุ์	371.896	140.794	512.690



ตารางที่ 6-1 สรุประยะทางแผนการสำรวจจากการยืนยันบัญชีสายทาง (แบ่งตามแนวทางหลวง) (ต่อ)

ชื่อสำนักงานทางหลวง/แนวทางหลวง	ระยะทางสำรวจ (กม.)		ระยะทางสำรวจรวม (กม.)
	สำรวจอุปกรณ์ด้วย LCMS	สำรวจอุปกรณ์ด้วย Laser Profile	
สำนักงานทางหลวงที่ 9 (อุบลราชธานี)	1,037.242	681.298	1,718.540
ขท.สุรินทร์	361.803	195.509	557.312
ขท.อุบลราชธานีที่ 1	96.598	171.124	267.722
ขท.อุบลราชธานีที่ 2	167.813	198.656	366.469
ขท.อำนาจเจริญ	85.907	-	85.907
ขท.ศรีสะเกษที่ 1	49.913	67.665	117.578
ขท.ศรีสะเกษที่ 2	275.208	48.344	323.552
สำนักงานทางหลวงที่ 10 (นครราชสีมา)	1,397.967	1,861.346	3,259.313
ขท.นครราชสีมาที่ 1	106.532	337.070	443.602
ขท.นครราชสีมาที่ 2	300.051	318.011	618.062
ขท.นครราชสีมาที่ 3	214.368	351.621	565.989
ขท.บุรีรัมย์	215.178	332.621	547.799
ขท.ปราจีนบุรี	227.424	240.158	467.582
ขท.สระแก้ว (วัฒนานคร)	334.414	281.865	616.279
สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี)	1,663.237	1,094.606	2,757.843
ขท.ลพบุรีที่ 1	483.212	134.232	617.444
ขท.สระบุรี	263.220	339.258	602.478
ขท.สิงห์บุรี	197.315	89.346	286.661
ขท.ลพบุรีที่ 2 (ลำน้ำราชมัย)	209.432	122.754	332.186
ขท.นครสวรรค์ที่ 1	128.214	281.124	409.338
ขท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	381.844	127.892	509.736
สำนักงานทางหลวงที่ 12 (สุพรรณบุรี)	1,285.015	1,171.387	2,456.402
ขท.สุพรรณบุรีที่ 1	224.777	318.984	543.761
ขท.กาญจนบุรี	343.356	368.562	711.918
ขท.สุพรรณบุรีที่ 2 (อู่ทอง)	327.265	149.900	477.165
ขท.ชัยนาท	92.073	248.885	340.958
ขท.อุทัยธานี	33.139	-	33.139
ขท.อ่างทอง	264.405	85.056	349.461



ตารางที่ 6-1 สรุประยะทางแผนการสำรวจจากการยืนยันบัญชีสายทาง (แบ่งตามแขวงทางหลวง) (ต่อ)

ชื่อสำนักงานทางหลวง/แขวงทางหลวง	ระยะทางสำรวจ (กม.)		ระยะทางสำรวจรวม (กม.)
	สำรวจอุปกรณ์ด้วย LCMS	สำรวจอุปกรณ์ด้วย Laser Profile	
สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)	1,090.069	1,353.246	2,443.315
ขท.กรุงเทพ	101.672	87.730	189.402
ขท.นครนายก	223.238	3.006	226.244
ขท.อยุธยา	186.253	375.241	561.494
ขท.สมุทรสาคร	90.594	237.597	328.191
ขท.ปทุมธานี	113.553	96.192	209.745
ขท.สมุทรปราการ	136.954	239.106	376.060
ขท.นนทบุรี	127.239	113.420	240.659
ขท.ธนบุรี	110.566	200.954	311.520
สำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี)	1,562.147	1,839.576	3,401.723
ขท.ฉะเชิงเทรา	286.943	351.725	638.668
ขท.ชลบุรีที่ 1	242.697	282.152	524.849
ขท.จันทบุรี	262.768	131.197	393.965
ขท.ตราด	231.008	283.661	514.669
ขท.ระยอง	251.539	358.689	610.228
ขท.ชลบุรีที่ 2	287.192	432.152	719.344
สำนักงานทางหลวงที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์)	1,197.688	1,562.060	2,759.748
ขท.ชุมพร	142.592	348.597	491.189
ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (หัวหิน)	87.281	478.950	566.231
ขท.ราชบุรี	289.440	132.533	421.973
ขท.นครปฐม	215.133	117.508	332.641
ขท.สมุทรสงคราม	278.081	159.153	437.234
ขท.เพชรบุรี	185.161	325.319	510.480



ตารางที่ 6-1 สรุประยะทางแผนการสำรวจจากการยืนยันบัญชีสายทาง (แบ่งตามแขวงทางหลวง) (ต่อ)

ชื่อสำนักงานทางหลวง/แขวงทางหลวง	ระยะทางสำรวจ (กม.)		ระยะทางสำรวจรวม (กม.)
	สำรวจอุปกรณ์ด้วย LCMS	สำรวจอุปกรณ์ด้วย Laser Profile	
สำนักงานทางหลวงที่ 16 (นครศรีธรรมราช)	1,065.572	974.299	2,039.871
ขท.พัทลุง	80.443	240.866	321.309
ขท.นครศรีธรรมราชที่ 1	110.752	-	110.752
ขท.สุราษฎร์ธานีที่ 1 (พุนพิน)	276.161	152.988	429.149
ขท.นครศรีธรรมราชที่ 2 (ทุ่งสง)	81.375	212.954	294.329
ขท.สุราษฎร์ธานีที่ 2 (กาญจนดิษฐ์)	273.894	152.792	426.686
ขท.สุราษฎร์ธานีที่ 3 (เวียงสระ)	242.947	214.699	457.646
สำนักงานทางหลวงที่ 17 (กระบี่)	1,272.623	858.379	2,131.002
ขท.ตรัง	253.856	71.172	325.028
ขท.กระบี่	182.484	224.436	406.920
ขท.ภูเก็ต	369.884	46.733	416.617
ขท.พังงา	273.785	265.250	539.035
ขท.ระนอง	192.614	250.788	443.402
สำนักงานทางหลวงที่ 18 (สงขลา)	263.989	292.515	556.504
ขท.สงขลาที่ 1	39.908	222.583	262.491
ขท.สตูล	145.779	-	145.779
ขท.สงขลาที่ 2 (นาหม่อม)	78.302	69.932	148.234
รวมระยะทางสำรวจ (กม)	20,268.488	19,049.995	39,318.483



6.2 สรุประยะทางที่คาดว่าจะติดโครงการก่อสร้าง และระยะทางแผนการสำรวจสำรอง

หลังจากทีมที่ปรึกษา ได้ทำการส่งบัญชีสายทางให้ทาง ผู้อำนวยการส่วนแผนงาน สำนักงานทางหลวง (ว.สทล.) ทำการตรวจสอบเพื่อยืนยันบัญชีสายทางที่จะทำการสำรวจในปี พ.ศ. 2569 สามารถสรุประยะทางที่ติดงานโครงการ และระยะทางที่ทาง ว.สทล. แนะนำให้สำรวจทดแทนได้ร่วมกับสายทางสำรวจสำรองที่คัดเลือกจากทางที่ปรึกษาตามตารางสรุป ดังนี้

ตารางที่ 6-2 สรุประยะทางแผนการสำรวจจากการยืนยันบัญชีสายทาง (แบ่งตามแขวงทางหลวง)

พื้นที่สำรวจ	ระยะทางสำรวจ (กม.)	ระยะทางที่ติดโครงการ (กม.)	ระยะทางสำรวจสำรอง (กม.)
สำนักงานทางหลวงที่ 1 (เชียงใหม่)	1,792.097	452.915	1,843.882
สำนักงานทางหลวงที่ 2 (แพร่)	2,779.760	219.997	941.172
สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร)	2,863.544	105.658	1,906.666
สำนักงานทางหลวงที่ 4 (ตาก)	1,642.484	538.027	707.535
สำนักงานทางหลวงที่ 5 (พิษณุโลก)	2,102.227	23.500	748.507
สำนักงานทางหลวงที่ 6 (เพชรบูรณ์)	1,951.259	93.381	1,170.575
สำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น)	2,634.716	0.000	1,220.253
สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม)	1,992.351	210.327	755.258
สำนักงานทางหลวงที่ 9 (อุบลราชธานี)	2,951.456	211.013	1,982.195
สำนักงานทางหลวงที่ 10 (นครราชสีมา)	3,720.864	265.758	1,929.512
สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี)	1,818.325	289.896	1,109.750
สำนักงานทางหลวงที่ 12 (สุพรรณบุรี)	2,066.835	63.386	1,328.111
สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)	2,454.196	427.128	704.651
สำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี)	2,594.029	780.239	669.105
สำนักงานทางหลวงที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์)	1,770.947	632.704	699.727
สำนักงานทางหลวงที่ 16 (นครศรีธรรมราช)	2,117.392	0.000	1,782.147
สำนักงานทางหลวงที่ 17 (กระบี่)	1,546.003	160.459	688.979
สำนักงานทางหลวงที่ 18 (สงขลา)	963.963	0.000	585.643
รวมระยะทางสำรวจ (กม.)	39,318.483	4,474.388	20,773.668



จากตารางสรุปผลการติดตามบัญชีสายทางจาก วผ.สทล. จากระยะทางสำรวจทั้งหมด 39,318.483 กม. จะเห็นได้ว่ามีระยะทางที่ติดโครงการก่อสร้าง 4,474.388 กม. ที่ปรึกษาจึงได้ทำการเพิ่มระยะทางสำรวจสำรอง โดยมีระยะทางสำรวจอยู่ที่ 20,773.668 กม. เพื่อเป็นตัวเลือกรหากสายทางในแผนการสำรวจหลักไม่สามารถทำการสำรวจได้

หมายเหตุ : ระยะทางสำรวจที่มีการเสนอให้สำรวจทดแทน จะทำการสำรวจ เมื่อมีระยะทางสำรวจรวมไม่ครบตามระยะทางจาก TOR

6.3 แผนการเข้าพื้นที่สำรวจ

ทีมที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำแผนการเข้าพื้นที่สำรวจ โดยจะเริ่มทำการสำรวจตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2569 ถึงวันที่ 10 มิถุนายน 2569 มีรายละเอียดแผนการเข้าพื้นที่สำรวจตามตารางดังนี้

ตารางที่ 6-3 แผนการเข้าพื้นที่สำรวจ (แบ่งตามแขวงทางหลวง)

ชื่อสำนัก/แขวง	วันเริ่มการสำรวจ	วันสิ้นสุดการสำรวจ	รถสำรวจที่รับผิดชอบ	อุปกรณ์สำรวจ	
สำนักงานทางหลวงที่ 1 (เชียงใหม่)					
521	ขท.เชียงใหม่ที่ 1	20 ก.พ. 69	20 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
522	ขท.เชียงใหม่ที่ 2	21 ก.พ. 69	23 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		15 ก.พ. 69	18 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
523	ขท.ลำปางที่ 1	10 ก.พ. 69	11 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		9 ก.พ. 69	13 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
524	ขท.ลำพูน	13 ก.พ. 69	15 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		14 ก.พ. 69	14 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
569	ขท.แม่ฮ่องสอน	16 ก.พ. 69	19 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
527	ขท.เชียงใหม่ที่ 3	24 ก.พ. 69	69 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
528	ขท.ลำปางที่ 2	12 ก.พ. 69	12 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		7 ก.พ. 69	8 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
สำนักงานทางหลวงที่ 2 (แพร่)					
531	ขท.แพร่	8 มี.ค. 69	8 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		5 มี.ค. 69	8 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
533	ขท.เชียงรายที่ 1	27 ก.พ. 69	2 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		19 ก.พ. 69	22 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
535	ขท.พะเยา	5 มี.ค. 69	7 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		27 ก.พ. 69	27 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
536	ขท.น่านที่ 1	9 มี.ค. 69	9 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		28 ก.พ. 69	1 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2



ตารางที่ 6-3 แผนการเข้าพื้นที่สำรวจ (แบ่งตามแนวทางหลวง) (ต่อ)

ชื่อสำนัก/แขวง		วันเริ่มการสำรวจ	วันสิ้นสุดการสำรวจ	รถสำรวจที่รับผิดชอบ	อุปกรณ์สำรวจ
537	ขท.เชียงรายที่ 2	3 มี.ค. 69	4 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		23 ก.พ. 69	69 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
539	ขท.น่านที่ 2	10 มี.ค. 69	10 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		2 มี.ค. 69	4 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร)					
639	ขท.มุกดาหาร	8 เม.ย. 69	8 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		69 เม.ย. 69	27 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
641	ขท.สกลนครที่ 1	4 เม.ย. 69	4 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		23 เม.ย. 69	24 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
642	ขท.สกลนครที่ 2 (สว่างแดนดิน)	5 เม.ย. 69	5 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		20 เม.ย. 69	22 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
643	ขท.บึงกาฬ	3 เม.ย. 69	3 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		25 เม.ย. 69	25 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
644	ขท.นครพนม	6 เม.ย. 69	7 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		22 เม.ย. 69	22 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
646	ขท.หนองคาย	2 เม.ย. 69	2 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		10 เม.ย. 69	11 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
สำนักงานทางหลวงที่ 4 (ตาก)					
512	ขท.ตากที่ 1	31 ม.ค. 69	3 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		31 ม.ค. 69	4 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
513	ขท.สุโขทัย	28 ม.ค. 69	30 ม.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		29 ม.ค. 69	30 ม.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
514	ขท.ตากที่ 2 (แม่สอด)	4 ก.พ. 69	9 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		5 ก.พ. 69	6 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
517	ขท.กำแพงเพชร	69 ม.ค. 69	27 ม.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		69 ม.ค. 69	28 ม.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2



ตารางที่ 6-3 แผนการเข้าพื้นที่สำรวจ (แบ่งตามแนวทางหลวง) (ต่อ)

สำนักงานทางหลวงที่ 5 (พิษณุโลก)					
511	ขท.พิษณุโลกที่ 1	14 มี.ค. 69	14 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		10 มี.ค. 69	12 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
515	ขท.พิษณุโลกที่ 2 (วังทอง)	15 มี.ค. 69	16 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		13 มี.ค. 69	15 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
ชื่อสำนัก/แขวง		วันเริ่มการสำรวจ	วันสิ้นสุดการสำรวจ	รถสำรวจที่รับผิดชอบ	อุปกรณ์สำรวจ
519	ขท.พิจิตร	17 มี.ค. 69	17 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		16 มี.ค. 69	17 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
557	ขท.อุตรดิตถ์ที่ 1	12 มี.ค. 69	13 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		8 มี.ค. 69	9 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
558	ขท.อุตรดิตถ์ที่ 2	11 มี.ค. 69	11 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
สำนักงานทางหลวงที่ 6 (เพชรบูรณ์)					
551	ขท.เพชรบูรณ์ที่ 1	19 มี.ค. 69	20 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		20 มี.ค. 69	22 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
552	ขท.เพชรบูรณ์ที่ 2 (บึงสามพัน)	18 มี.ค. 69	18 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		18 มี.ค. 69	19 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
554	ขท.เลยที่ 1	69 มี.ค. 69	27 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
555	ขท.เลยที่ 2 (ด่านซ้าย)	28 มี.ค. 69	29 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		23 มี.ค. 69	24 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
629	ขท.หนองบัวลำภู	30 มี.ค. 69	30 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
สำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น)					
621	ขท.ขอนแก่นที่ 1	25 มี.ค. 69	25 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		30 มี.ค. 69	3 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
623	ขท.อุดรธานีที่ 1	31 มี.ค. 69	31 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		6 เม.ย. 69	8 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
624	ขท.อุดรธานีที่ 2 (หนองหาน)	1 เม.ย. 69	1 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		9 เม.ย. 69	9 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
669	ขท.ชัยภูมิ	21 มี.ค. 69	22 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		27 มี.ค. 69	29 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
627	ขท.ขอนแก่นที่ 2 (ชุมแพ)	24 มี.ค. 69	24 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		25 มี.ค. 69	69 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
628	ขท.ขอนแก่นที่ 3 (บ้านไผ่)	23 มี.ค. 69	23 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		4 เม.ย. 69	5 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2



ตารางที่ 6-3 แผนการเข้าพื้นที่สำรวจ (แบ่งตามแนวทางหลวง) (ต่อ)

ชื่อสำนัก/แขวง		วันเริ่มการสำรวจ	วันสิ้นสุดการสำรวจ	รถสำรวจที่รับผิดชอบ	อุปกรณ์สำรวจ
สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม)					
622	ขท.มหาสารคาม	17 เม.ย. 69	18 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		30 เม.ย. 69	2 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
633	ขท.ยโสธร	21 เม.ย. 69	21 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		6 พ.ค. 69	10 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
635	ขท.ร้อยเอ็ด	19 เม.ย. 69	20 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		3 พ.ค. 69	5 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
647	ขท.กาฬสินธุ์	9 เม.ย. 69	11 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		28 เม.ย. 69	29 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
สำนักงานทางหลวงที่ 9 (อุบลราชธานี)					
615	ขท.สุรินทร์	28 เม.ย. 69	30 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		17 พ.ค. 69	18 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
631	ขท.อุบลราชธานีที่ 1	24 เม.ย. 69	24 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		13 พ.ค. 69	14 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
632	ขท.อุบลราชธานีที่ 2	23 เม.ย. 69	23 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		11 พ.ค. 69	12 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
634	ขท.อำนาจเจริญ	22 เม.ย. 69	22 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
636	ขท.ศรีสะเกษที่ 2	25 เม.ย. 69	29 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		15 พ.ค. 69	15 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
638	ขท.ศรีสะเกษที่ 1	27 เม.ย. 69	27 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		16 พ.ค. 69	16 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
สำนักงานทางหลวงที่ 10 (นครราชสีมา)					
611	ขท.นครราชสีมาที่ 1	5 พ.ค. 69	5 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
		29 พ.ค. 69	2 มิ.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
612	ขท.นครราชสีมาที่ 2	2 มี.ค. 69	5 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		3 มิ.ย. 69	7 มิ.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2



ตารางที่ 6-3 แผนการเข้าพื้นที่สำรวจ (แบ่งตามแขวงทางหลวง) (ต่อ)

ชื่อสำนัก/แขวง	วันเริ่มการสำรวจ	วันสิ้นสุดการสำรวจ	รถสำรวจที่รับผิดชอบ	อุปกรณ์สำรวจ
614 ขท.นครราชสีมาที่ 3	3 พ.ค. 69	4 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
	24 พ.ค. 69	28 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
617 ขท.บุรีรัมย์	1 พ.ค. 69	2 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 3	LCMS2
	19 พ.ค. 69	23 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 4	Laser Profiler2
618 ขท.ปราจีนบุรี	27 ก.พ. 69	1 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
	24 ก.พ. 69	25 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
619 ขท.สระแก้ว (วัฒนานคร)	24 ก.พ. 69	69 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
	22 ก.พ. 69	23 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี)				
431 ขท.ลพบุรีที่ 1	9 มี.ค. 69	13 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
	69 ก.พ. 69	69 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
432 ขท.สระบุรี	6 มี.ค. 69	8 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
	25 ก.พ. 69	28 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
433 ขท.สิงห์บุรี	69 มี.ค. 69	28 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
	1 มี.ค. 69	1 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
435 ขท.ลพบุรีที่ 2 (ลำานรายณ์)	14 มี.ค. 69	16 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
	1 มี.ค. 69	69 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
437 ขท.นครสวรรค์ที่ 1	17 มี.ค. 69	19 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
	6 มี.ค. 69	8 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
438 ขท.นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	20 มี.ค. 69	23 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
	9 มี.ค. 69	9 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
สำนักงานทางหลวงที่ 12 (สุพรรณบุรี)				
441 ขท.สุพรรณบุรีที่ 1	1 เม.ย. 69	3 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
	12 มี.ค. 69	15 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
444 ขท.กาญจนบุรี	4 เม.ย. 69	6 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
	20 มี.ค. 69	22 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
445 ขท.สุพรรณบุรีที่ 2 (อู่ทอง)	7 เม.ย. 69	9 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
	16 มี.ค. 69	16 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1



ตารางที่ 6-3 แผนการเข้าพื้นที่สำรวจ (แบ่งตามแนวทางหลวง) (ต่อ)

ชื่อสำนัก/แขวง		วันเริ่ม การสำรวจ	วันสิ้นสุด การสำรวจ	รถสำรวจที่ รับผิดชอบ	อุปกรณ์สำรวจ
446	ขท.ชัยนาท	25 มี.ค. 69	25 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		10 มี.ค. 69	11 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
447	ขท.อุทัยธานี	24 มี.ค. 69	24 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
448	ขท.อ่างทอง	29 มี.ค. 69	31 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		4 มี.ค. 69	4 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพฯ)					
411	ขท.กรุงเทพฯ	69 ม.ค. 69	28 ม.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		69 ม.ค. 69	27 ม.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
413	ขท.อยุธยา	10 เม.ย. 69	11 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		28 ก.พ. 69	3 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
414	ขท.นครนายก	19 เม.ย. 69	21 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		25 ก.พ. 69	25 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
415	ขท.สมุทรสาคร	24 เม.ย. 69	24 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		28 ม.ค. 69	30 ม.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
416	ขท.ปทุมธานี	22 เม.ย. 69	23 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		17 มี.ค. 69	17 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
417	ขท.สมุทรปราการ	2 ก.พ. 69	3 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		3 ก.พ. 69	5 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
418	ขท.นนทบุรี	29 ม.ค. 69	30 ม.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		31 ม.ค. 69	2 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
419	ขท.ธนบุรี	31 ม.ค. 69	1 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		27 ม.ค. 69	28 ม.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
สำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี)					
421	ขท.ฉะเชิงเทรา	4 ก.พ. 69	7 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		6 ก.พ. 69	10 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
422	ขท.ชลบุรีที่ 1	9 ก.พ. 69	11 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		11 ก.พ. 69	12 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
423	ขท.จันทบุรี	18 ก.พ. 69	20 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		19 ก.พ. 69	19 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
425	ขท.ตราด	21 ก.พ. 69	23 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		20 ก.พ. 69	21 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1



ตารางที่ 6-3 แผนการเข้าพื้นที่สำรวจ (แบ่งตามแขวงทางหลวง) (ต่อ)

ชื่อสำนัก/แขวง		วันเริ่มการสำรวจ	วันสิ้นสุดการสำรวจ	รถสำรวจที่รับผิดชอบ	อุปกรณ์สำรวจ
469	ขท.ระยอง	15 ก.พ. 69	17 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		16 ก.พ. 69	18 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
428	ขท.ชลบุรีที่ 2	12 ก.พ. 69	14 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		13 ก.พ. 69	15 ก.พ. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
สำนักงานทางหลวงที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์)					
332	ขท.ชุมพร	7 พ.ค. 69	8 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		2 เม.ย. 69	4 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
333	ขท.ประจวบคีรีขันธ์ (หัวหิน)	6 พ.ค. 69	6 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		29 มี.ค. 69	1 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
335	ขท.ราชบุรี	28 เม.ย. 69	30 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		23 มี.ค. 69	23 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
336	ขท.นครปฐม	25 เม.ย. 69	27 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		18 มี.ค. 69	19 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
337	ขท.สมุทรสงคราม	1 พ.ค. 69	3 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		24 มี.ค. 69	25 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
338	ขท.เพชรบุรี	4 พ.ค. 69	5 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		69 มี.ค. 69	28 มี.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
สำนักงานทางหลวงที่ 16 (นครศรีธรรมราช)					
314	ขท.พัทลุง	23 พ.ค. 69	23 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		24 เม.ย. 69	25 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
321	ขท.นครศรีธรรมราชที่ 1	20 พ.ค. 69	22 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
325	ขท.สุราษฎร์ธานีที่ 1 (พุนพิน)	9 พ.ค. 69	11 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		7 เม.ย. 69	7 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
369	ขท.นครศรีธรรมราชที่ 2 (ทุ่งสง)	18 พ.ค. 69	19 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		22 เม.ย. 69	23 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
328	ขท.สุราษฎร์ธานีที่ 2 (กาญจนดิษฐ์)	12 พ.ค. 69	14 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		8 เม.ย. 69	8 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
329	ขท.สุราษฎร์ธานีที่ 3 (เวียงสระ)	15 พ.ค. 69	17 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		9 เม.ย. 69	10 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1



ตารางที่ 6-3 แผนการเข้าพื้นที่สำรวจ (แบ่งตามแขวงทางหลวง) (ต่อ)

ชื่อสำนัก/แขวง		วันเริ่มการสำรวจ	วันสิ้นสุดการสำรวจ	รถสำรวจที่รับผิดชอบ	อุปกรณ์สำรวจ
สำนักงานทางหลวงที่ 17 (กระบี่)					
322	ขท.ตรัง	30 พ.ค. 69	31 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		69 เม.ย. 69	69 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
323	ขท.กระบี่	1 มิ.ย. 69	2 มิ.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		20 เม.ย. 69	21 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
324	ขท.ภูเก็ต	5 มิ.ย. 69	8 มิ.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		20 เม.ย. 69	20 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
327	ขท.พังงา	3 มิ.ย. 69	4 มิ.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		18 เม.ย. 69	19 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
331	ขท.ระนอง	9 มิ.ย. 69	10 มิ.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		5 เม.ย. 69	6 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
สำนักงานทางหลวงที่ 18 (สงขลา)					
311	ขท.สงขลาที่ 1	24 พ.ค. 69	25 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		27 เม.ย. 69	28 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1
318	ขท.สตูล	28 พ.ค. 69	29 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
319	ขท.สงขลาที่ 2 (นาหม่อม)	69 พ.ค. 69	27 พ.ค. 69	รถสำรวจคันที่ 1	LCMS1
		29 เม.ย. 69	29 เม.ย. 69	รถสำรวจคันที่ 2	Laser Profiler1