**สารบัญ**

**หน้า**

**บทที่ 1 ผลสรุปการปฏิบัติงานในช่วงที่ผ่านมา 1-1**

1.1 พื้นที่สำรวจ 1-1

1.2 เครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง 1-3

1.3 การสำรวจสภาพทาง 1-31

1.4 การประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจ 1-73

1.5 การจัดเก็บข้อมูลสู่ฐานข้อมูล Roadnet 1-92

1.6 การตรวจสอบข้อมูลการสำรวจผ่านระบบ Roadnet 1-118

1.7 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางหลวงเพื่อการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของผิวทาง

ในระยะยาว (Long Term Pavement Performance) ของผิวทางลาดยาง 1-184

1.8 การจัดทำรายงานแผนงานบำรุงทาง 1-192

1.9 สื่อวีดิทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการ 1-219

**บทที่ 2 ความล่าช้าและปัญหา 2-1**

2.1 รายงานความล่าช้า 2-1

2.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน 2-8

2.3 ผลสรุปการปฏิบัติงานทั้งโครงการและข้อเสนอแนะ 2-22

**ภาคผนวก ก รายงานปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจ**

**สารบัญตาราง**

**หน้า**

ตารางที่ 1-1 สรุปผลการดำเนินงานแต่ละด้าน 1-4

ตารางที่ 1-1 แสดงระยะทางสำรวจรายสำนัก แบ่งตามอุปกรณ์การสำรวจ 1-1

ตารางที่ 1-2 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ (ที่ปรึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) 1-14

ตารางที่ 1-3 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ (ที่ปรึกษามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) 1-15

ตารางที่ 1-4 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์แบบ LCMS 1-16

ตารางที่ 1-5 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทาง โดยการใช้อุปกรณ์ LCMS 1-18

ตารางที่ 1-6 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทาง (ที่ปรึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) 1-20

ตารางที่ 1-7 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทาง (ที่ปรึกษามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) 1-20

ตารางที่ 1-8 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ที่ปรึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) 1-22

ตารางที่ 1-9 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง LCMS   
(ที่ปรึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) 1-22

ตารางที่ 1-10 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทางอุปกรณ์ LCMS 1-23

ตารางที่ 1-11 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ที่ปรึกษามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) 1-23

ตารางที่ 1-12 แสดงรายละเอียดเครื่องมือวัดระยะทาง 1-26

ตารางที่ 1-13 รายละเอียดของเครื่องระบุพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS/GNSS) 1-29

ตารางที่ 1-14 เกณฑ์การคัดเลือกสายทางสำรวจเพื่อใช้ในการวางแผนสำรวจสายทางเบื้องต้น 1-35

ตารางที่ 1-15 ระยะทางสำรวจแบ่งตามประเภทชุดเครื่องมือเลเซอร์ 1-38

ตารางที่ 1-16 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นของค่า IRI 1-46

ตารางที่ 1-17 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นของค่า RUTTING 1-48

ตารางที่ 1-18 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นของค่า MPD 1-50

ตารางที่ 1-19 การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางลาดยาง 1-76

ตารางที่ 1-20 การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางคอนกรีต 1-77

ตารางที่ 1-21 ข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) จากการอุปกรณ์สำรวจด้วย LCMS   
และโปรแกรมวิเคราะห์และประเมินความเสียหายเฉพาะทาง 1-83

ตารางที่ 1-22 แสดงชื่อแขวงทางหลวงที่มีการตรวจสอบ (Root Mean Square Error : RMSE) 1-100

ตารางที่ 1-23 ผลการเปรียบเทียบการตรวจสอบความถูกต้องตำแหน่ง  
ของรถสำรวจ 3 ทีม รวม 2 อุปกรณ์สำรวจ 1-106

ตารางที่ 1-24 แสดงข้อมูลสถานะความสามารถของระบบแม่ข่ายของระบบ Roadnet ในปัจจุบัน 1-115

ตารางที่ 1-25 แสดงรายละเอียดในการตรวจสอบรอบที่ 3 (QC3) กระบวนการภายใน 1-119

ตารางที่ 1-26 แสดงข้อมูลการประเมินความเสียหายบนผิวลาดยาง 1-122

**สารบัญตาราง (ต่อ)**

**หน้า**

ตารางที่ 1-27 แสดงข้อมูลการประเมินความเสียหายบนผิวคอนกรีต 1-123

ตารางที่ 1-28 ตารางสรุประยะทางส่งมอบในรายงานขั้นสุดท้าย 1-134

ตารางที่ 1-29 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567   
ค่าเฉลี่ยของ IRI , RUT และ MPD โดยแยกระยะทางตามผิว 1-141

ตารางที่ 1-30 สรุปผลจากการสำรวจสภาพทางค่าดัชนีความขรุขระสากล   
(International Roughness Index : IRI) 1-142

ตารางที่ 1-31 สรุปผลจากการสำรวจสภาพทางค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) 1-144

ตารางที่ 1-32 สรุปผลจากการสำรวจสภาพทางค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง   
(Mean Profile Depth : MPD) 1-147

ตารางที่ 1-33 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล   
(International Roughness Index : IRI) 1-153

ตารางที่ 1-34 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) 1-157

ตารางที่ 1-35 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth : MPD) 1-161

ตารางที่ 1-36 สรุปผลการประเมินความเสียหายผิวทางลาดยางจากภาพถ่ายสภาพผิวทาง 1-164

ตารางที่ 1-37 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 1 (เชียงใหม่) 1-165

ตารางที่ 1-38 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 2 (แพร่) 1-166

ตารางที่ 1-39 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร) 1-167

ตารางที่ 1-40 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 4 (ตาก) 1-168

ตารางที่ 1-41 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 5 (พิษณุโลก) 1-169

ตารางที่ 1-42 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 6 (เพชรบูรณ์) 1-170

ตารางที่ 1-43 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น) 1-171

ตารางที่ 1-44 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม) 1-172

**สารบัญตาราง (ต่อ)**

**หน้า**

ตารางที่ 1-45 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 9 (อุบลราชธานี) 1-173

ตารางที่ 1-46 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 10 (นครราชสีมา) 1-174

ตารางที่ 1-47 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี) 1-175

ตารางที่ 1-48 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 12 (สุพรรณบุรี) 1-176

ตารางที่ 1-49 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ) 1-177

ตารางที่ 1-50 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี) 1-178

ตารางที่ 1-51 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์) 1-179

ตารางที่ 1-52 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 16 (นครศรีธรรมราช) 1-180

ตารางที่ 1-53 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 17 (กระบี่) 1-181

ตารางที่ 1-54 แสดงการสรุปผลการสำรวจภาพรวมปี 2567 ค่า IRI RUT   
และ MPD สำนักงานทางหลวงที่ 18 (สงขลา) 1-182

ตารางที่ 1-55 จำนวนสายทางที่ได้จากการคัดเลือก 1-184

ตารางที่ 1-56 ภาพรวมค่าความเรียบภายหลังการซ่อมด้วยวิธีการเสริมผิว 1-185

ตารางที่ 1-57 ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการปรับปรุงผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม  
นำกลับมาใช้ใหม่ และงานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ 1-187

ตารางที่ 1-58 การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางลาดยาง 1-189

ตารางที่ 1-59 การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางคอนกรีต 1-189

ตารางที่ 1-60 เกณฑ์ระดับการให้บริการ (ความเรียบของผิวทางหลวง) 1-194

ตารางที่ 1-61 ระยะทางต่อ 2 ช่องจราจรแบ่งตามช่วงปริมาณจราจรตามมาตรฐานชั้นทาง 1-195

ตารางที่ 1-62 เกณฑ์คุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวง   
รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา 1-196

**สารบัญตาราง (ต่อ)**

**หน้า**

ตารางที่ 1-63 ประเภททางหลวงจำแนกตามรูปแบบทางกายภาพและระดับปริมาณการจราจร 1-197

ตารางที่ 1-64 เกณฑ์คุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวงของกรทางหลวง 1-197

ตารางที่ 1-65 เป้าหมายคุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวงของกรมทางหลวง 1-197

ตารางที่ 1-66 วิธีซ่อมและราคาต่อหน่วยงานบำรุงรักษา 1-198

ตารางที่ 1-67 ราคาต่อหน่วยงานบำรุงรักษา สำหรับถนนแต่ละประเภทและช่วงค่า IRI 1-198

ตารางที่ 1-68 สรุปผลข้อมูลสภาพโครงข่ายทางหลวงจากจากการสำรวจในโครงการปี 2567   
(ข้อมูลสำรวจของสำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง) 1-199

ตารางที่ 1-69 สรุปผลข้อมูลสภาพโครงข่ายทางหลวงจากข้อมูลสำนักบริหารบำรุงทาง  
และสำนักวิเคราะห์ และตรวจสอบ ที่มีการสำรวจล่าสุดในแต่ละสายทาง ของกรมทางหลวง 1-199

ตารางที่ 1-70 สรุปผลข้อมูลสภาพโครงข่ายทางหลวงจากข้อมูลการสำรวจในโครงการปี 2565 - 2567 (ข้อมูลจากการสำรวจของสำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง ค่าสำรวจ 3 ปี) 1-200

ตารางที่ 1-71 สภาพโครงข่ายทางหลวงจากการวิเคราะห์โดย TPMS ในปี 2569 (ก่อนได้รับงบ) 1-204

ตารางที่ 1-72 สภาพโครงข่ายทางหลวงจากการวิเคราะห์โดย TPMS ในปี 2569   
จำแนกตามสำนักงานทางหลวง 1-205

ตารางที่ 1-73 รายละเอียดการซ่อมบำรุงทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2568 แบบไม่จำกัดงบประมาณ 1 ปี 1-206

ตารางที่ 1-74 สัดส่วนวิธีการซ่อมบำรุงแบ่งตามสำนักงานทางหลวง 1-208

ตารางที่ 1-75 ค่า IRI เฉลี่ยตามแผนและปีงบประมาณ 5 ปี 1-214

ตารางที่ 1-76 ผลการวิเคราะห์งบประมาณ ปี 2569 1-215

ตารางที่ 1-77 สรุปความต้องการงบประมาณการซ่อมบำรุงในปีงบประมาณ 2569 1-217

ตารางที่ 1-78 เนื้อหาสื่อประชาสัมพันธ์ 1-219

ตารางที่ 2-1 สรุปจำนวนวันที่พบปัญหาและอุปสรรคระหว่างการสำรวจ 2-8

ตารางที่ 2-2 สรุปปัญหาและอุปสรรคการนำเข้าข้อมูลผ่านระบบ Roadnet 2-20

ตารางที่ 2-3 สรุปปัญหาและอุปสรรคการตรวจสอบข้อมูลผ่านระบบ Roadnet 2-21

**สารบัญรูป**

**หน้า**

รูปที่ 1-1 ตำแหน่งของสำนักงานทางหลวงทั้ง 18 แห่ง 1-2

รูปที่ 1-2 ชุดอุปกรณ์เลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางที่ติดตั้งบนยานพาหนะ 1-3

รูปที่ 1-3 ตัวอย่างการจำแนกระดับขั้น (Class) ของอุปกรณ์ตรวจวัดตามระดับความแม่นยำ  
และความถี่ ของการบันทึกข้อมูลตามระยะทางสำรวจ เพื่อประมวลผลค่าโพรไฟล์  
ของผิวทาง (Pavement Profile) ตามมาตรฐาน ASTM E950 1-4

รูปที่ 1-4 ผังการทำงานของเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ 1-5

รูปที่ 1-5 เครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะสำรวจ 1-5

รูปที่ 1-6 แสดงการทำงานเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ 1-6

รูปที่ 1-7 อุปกรณ์ Laser Crack Measurement System (LCMS) 1-7

รูปที่ 1-8 หลักการทำงานของอุปกรณ์เลเซอร์ตรวจวัดความเรียบของผิวทาง 1-8

รูปที่ 1-9 หลักการทำงานของอุปกรณ์เลเซอร์ร่วมกับอุปกรณ์ Accelerometer   
ติดตั้งที่ระยะ +-/ 750 มิลลิเมตร จากแนวกึ่งกลางของรถสำรวจ 1-9

รูปที่ 1-10 การตรวจวัดความลึกร่องล้อด้วยเลเซอร์ 7 หัว 1-9

รูปที่ 1-11 แสดงตัวอย่างการเก็บค่า MPD 1-10

รูปที่ 1-12 แสดงตัวอย่างการคำนวณหาค่า MPD 1-10

รูปที่ 1-13 กราฟแสดงค่าการ Bounce Test 1-11

รูปที่ 1-14 หน้าโปรแกรมแสดงการทำ Block Calibration 1-12

รูปที่ 1-15 การคำนวณผลลัพธ์ค่า MPD จากเครื่องมือ Laser 1-12

รูปที่ 1-16 ค่า MPD ที่ตรวจวัดได้เป็นค่าความฝืดของผิวทางในระดับ Macro-Texture 1-13

รูปที่ 1-17 การประมวลผลค่า MTD ตามมาตรฐาน ASTM E965-15 1-13

รูปที่ 1-18 การประมวลผลค่า MTD ตามมาตรฐาน ASTM E1845-15 1-14

รูปที่ 1-19 อุปกรณ์ถ่ายภาพผิวทาง (LCMS) และตัวอย่างภาพจากอุปกรณ์ถ่ายภาพผิวทาง (LCMS) 1-17

รูปที่ 1-20 กล้องบันทึกภาพผิวทาง และตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพผิวทาง 1-19

รูปที่ 1-21 ตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง 1-21

รูปที่ 1-22 ตัวอย่างภาพถ่ายที่มีขนาดความกว้างยาวครอบคลุมผิวทาง และทรัพย์สินข้างเขตทาง 1-24

รูปที่ 1-23 เครื่องมือวัดความเร่ง 1-25

รูปที่ 1-24 รายละเอียดเครื่องวัดระยะทาง 1-25

รูปที่ 1-25 เครื่องวัดระยะทาง 1-26

รูปที่ 1-26 อุปกรณ์รับสัญญาณและชุดบันทึกข้อมูล 1-27

**สารบัญรูป (ต่อ)**

**หน้า**

รูปที่ 1-27 แสดงการเชื่อมโยงระบบต่าง ๆ ภายในระบบคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูล 1-27

รูปที่ 1-28 ลักษณะของรถสำรวจที่ใช้ในการสำรวจ 1-28

รูปที่ 1-29 ตัวอย่างเครื่องมือระบุพิกัดด้วยดาวเทียม 1-29

รูปที่ 1-30 หลักการทำงานของการรับพิกัดและค่าแก้ DGPS 1-29

รูปที่ 1-31 อุปกรณ์ Inertial Measurement Unit (IMU) 1-30

รูปที่ 1-32 แสดงโครงข่ายการเชื่อมโยงระบบต่าง ๆ ของกรมทางหลวง 1-31

รูปที่ 1-33 เพื่อนำมาใช้สำหรับวางแผนสำรวจเพื่อหลีกเลี่ยงงานซ่อมบำรุงถนนจากระบบ Plannet 1-32

รูปที่ 1-34 เพื่อนำมาใช้สำหรับวางแผนสำรวจเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลค่าสภาพทางจากระบบ MIIS 1-32

รูปที่ 1-35 เพื่อใช้ในประเมินจัดทำแผนวิเคราะห์ใช้ในงานซ่อมบำรุงจากระบบ HRIS 1-33

รูปที่ 1-36 เพื่อนำข้อมูลปริมาณจราจรจากระบบ TIMS มาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายทาง 1-33

รูปที่ 1-37 แผนที่แสดงแผนการสำรวจสายทางแบ่งตามประเภทของสายทาง 1-39

รูปที่ 1-38 พื้นที่ทดสอบที่ 1 ทางหลวงหมายเลข 352 ตอน 100 1-41

รูปที่ 1-39 พื้นที่ทดสอบที่ 2 ทางหลวงหมายเลข 3592 ตอน 100 1-41

รูปที่ 1-40 พื้นที่ทดสอบที่ 3 ทางหลวงหมายเลข 3312 ตอน 200 1-42

รูปที่ 1-41 พื้นที่ทดสอบที่ 4 ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอน 100 1-42

รูปที่ 1-42 ส่วนประกอบของแผนภูมิ Boxplot (Lind, 2023) 1-44

รูปที่ 1-43 ส่วนประกอบของแผนภูมิ Boxplot (สถาบันนวัตกรรมและธรรมาภิบาลข้อมูล, 2022) 1-44

รูปที่ 1-44 Boxplots ค่า IRI ของรถสำรวจทั้ง 5 คัน 1-47

รูปที่ 1-45 Boxplots ค่า RUT ของรถสำรวจทั้ง 5 คัน 1-49

รูปที่ 1-46 Boxplots ค่า MPD ของรถสำรวจทั้ง 5 คัน 1-51

รูปที่ 1-47 ที่มา : Lavrakas (2008) 1-53

รูปที่ 1-48 LCMS คำนวณค่า IRI มาจากค่าเฉลี่ยจุดเลเซอร์ทั้งหมดในร่องล้อ   
(Wheel Path กว้าง 750 mm) จำนวน 750 จุด   
ทำให้มีข้อมูลสำรวจสำหรับคำนวณค่า IRI จำนวนมากกว่า 1-54

รูปที่ 1-49 (ก) LASER PROFILER ใช้ข้อมูลจากเลเซอร์ 2 จุด บริเวณกึ่งกลางร่องล้อ   
(ข.) LCMS มีจำนวนเลเซอร์ทั้งสิ้น 4,096 จุด เก็บข้อมูลได้กว้าง 4.0 ม.   
(ค.) การแบ่งพื้นที่ร่องล้อสำหรับคำนวณค่า IRI ของ LCMS 1-55

รูปที่ 1-50 เครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ 7 จุด ที่ติดตั้งบนยานพาหนะสำรวจ 1-56

รูปที่ 1-51 เครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ 15 จุด ที่ติดตั้งบนยานพาหนะสำรวจ 1-56

**สารบัญรูป (ต่อ)**

**หน้า**

รูปที่ 1-52 แสดงความแตกต่างระหว่างจำนวนจุดเลเซอร์ในการเก็บข้อมูลสภาพทาง 1-57

รูปที่ 1-53 แสดงการเก็บข้อมูลด้วยชุดเครื่องมือเลเซอร์ที่ได้จำนวน 4,096 จุด Rutting 1-57

รูปที่ 1-54 อุปกรณ์เลเซอร์ของรถสำรวจลักษณะที่ 1 ที่ใช้สำหรับเก็บค่า MPD 1-59

รูปที่ 1-55 แสดงการเก็บข้อมูลด้วยชุดเครื่องมือเลเซอร์ที่ได้จำนวน 4,096 จุด   
Mean Profile Depth: MPD 1-59

รูปที่ 1-56 แสดงขั้นตอนการทำงานจากก่อนนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ 1-61

รูปที่ 1-57 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวคอนกรีต สายทาง 352 ตอนควบคุม 0100   
อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile 1-61

รูปที่ 1-58 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวคอนกรีต สายทาง 3592 ตอนควบคุม 0100   
อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile 1-61

รูปที่ 1-59 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวลาดยาง สายทาง 3312 ตอนควบคุม 0200   
อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile 1-62

รูปที่ 1-60 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวลาดยาง สายทาง 3050 ตอนควบคุม 0100   
อุปกรณ์รถสำรวจ LCMS และรถสำรวจด้วย Laser Profile 1-62

รูปที่ 1-61 เอกสารรับรองผล Calibrate อุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง LCMS คันที่ 1 1-63

รูปที่ 1-62 เอกสารรับรองผล Calibrate อุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง LCMS คันที่ 2 1-64

รูปที่ 1-63 การ Calibrate อุปกรณ์สำรวจ Laser Profiler คันที่ 1 1-65

รูปที่ 1-64 เอกสารรับรองผล Calibrate อุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง Laser Profiler คันที่ 2 1-66

รูปที่ 1-65 เอกสารรับรองผล Calibrate อุปกรณ์สำรวจค่าสภาพทาง Laser Profiler คันที่ 2 (ต่อ) 1-67

รูปที่ 1-66 แสดงการวิ่งช่องจราจรด้านซ้ายสุด 1-68

รูปที่ 1-67 แสดงการวิ่งช่องจราจรด้านซ้ายสุดของถนนทั้ง 2 ทิศทาง 1-68

รูปที่ 1-68 แสดงภาพมุมสูงการวิ่งจราจรช่องซ้ายสุดทั้งทางหลักและทางขนาน 1-69

รูปที่ 1-69 แสดงภาพการเข้าสำรวจทางขนาน 1-70

รูปที่ 1-70 ภาพมุมสูงแสดงการวิ่งเมื่อเข้าสู่สองช่องจราจร 1-70

รูปที่ 1-71 แสดงภาพเมื่อเข้าสำรวจด้านซ้ายสุดของถนนไม่ได้ 1-71

รูปที่ 1-72 แสดงภาพสายทางที่เปียกจนไม่สามารถสำรวจได้ 1-71

รูปที่ 1-73 แสดงภาพเมื่อไม่สามารถเข้าสำรวจได้   
เนื่องจากมีสิ่งก่อสร้างถาวรกีดขวางทำให้รถไม่สามารถเข้าสำรวจได้ 1-72

รูปที่ 1-74 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าความลึกร่องล้อบนผิวทาง 1-73

**สารบัญรูป (ต่อ)**

**หน้า**

รูปที่ 1-75 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากลของผิวทาง 1-73

รูปที่ 1-76 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง 1-74

รูปที่ 1-77 แสดงภาพถ่ายผิวทางที่สร้างขึ้นจากเลเซอร์ 1-75

รูปที่ 1-78 แสดงความละเอียดภาพถ่ายสภาพความเสียหายผิวทาง (Distress)   
จากอุปกรณ์ ROMDAS Pavement Camera 1-75

รูปที่ 1-79 กระบวนการทำงานการประเมินและวิเคราะห์ความเสียหายของผิวทาง 1-77

รูปที่ 1-80 การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายถนนและสองข้างทางจากอุปกรณ์ ROMDAS 1-78

รูปที่ 1-81 ภาพพื้นผิวถนนที่สร้างจากเลเซอร์สามารถทำความละเอียดสูงสุดได้ที่ 4,090x10,000 Pixels 1-82

รูปที่ 1-82 ภาพรวมการประมวลผลของซอฟต์แวร์วิเคราะห์และประเมินความเสียหายเฉพาะทาง 1-83

รูปที่ 1-83 ตัวอย่างการประเมินความเสียหายผิวทางด้วยวิธีการ Manual Process   
ผ่านโปรแกรมประเมินเฉพาะทางและอุปกรณ์ LCMS Process 1-84

รูปที่ 1-84 ตัวอย่างความละเอียดข้อมูลภาพถ่ายถนนและสองข้างทาง 1-85

รูปที่ 1-85 ตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพถนนและพื้นที่   
ภายในบริเวณเขตทางทั้งสองข้างบนระบบ Roadnet3 1-85

รูปที่ 1-86 ผลลัพธ์การประมวลผลภาพถ่ายต่อเนื่องที่สามารถแสดงเป็นภาพเคลื่อนไหว   
พร้อมบ่งชี้ช่วง กม. บนระบบ Roadnet3 ได้ 1-86

รูปที่ 1-87 ตัวอย่างข้อมูลสำรวจที่ผ่านการประมวลผล   
และถูกจัดอยู่ในรูปแบบ Microsoft Access นามสกุล .mdb 1-88

รูปที่ 1-88 แผนผังแสดงการเพิ่มประสิทธิภาพการนำเข้าข้อมูล  
ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา Python และ SQL 1-88

รูปที่ 1-89 การประมวลผลข้อมูลการสำรวจในรูปแบบของแผนที่ (GIS)   
โดยพิจารณาถึงระบบ พิกัดอ้างอิงที่เป็นมาตรฐาน  
และสามารถจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล Roadnet ได้อย่างเหมาะสม 1-89

รูปที่ 1-90 แสดงภาพถ่ายต่อเนื่องที่สัมพันธ์กับสายทางที่สำรวจ 1-89

รูปที่ 1-91 แสดงพิกัดค่าความเสียหายที่สัมพันธ์กับสายทางสำรวจ 1-90

รูปที่ 1-92 แสดงการประมวลผลการสำรวจในรูปแบบแผนที่ (GIS)   
ข้อมูลที่เกิดความเสียหายสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ย IRI ที่สูงตามข้อมูลประเมิน 1-90

รูปที่ 1-93 แสดงขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลจากรถสำรวจเข้าสู่ฐานข้อมูล Roadnet3 1-92

**สารบัญรูป (ต่อ)**

**หน้า**

รูปที่ 1-94 แสดงขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลความเสียหายผิวทาง  
จากรถสำรวจเข้าสู่ฐานข้อมูล Roadnet3 1-93

รูปที่ 1-95 แสดงแบบจำลองโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ตามมาตรฐาน ISO/OGC 1-94

รูปที่ 1-96 การเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมก่อนแปลงให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลภูมิสารสนเทศ 1-95

รูปที่ 1-97 การ Convert (\*.csv file) to Shapefile (Point) 1-95

รูปที่ 1-98 การ Convert Points to Paths 1-96

รูปที่ 1-99 การปรับโครงสร้างข้อมูลจากโปรแกรม HKE ให้ตรงกับโครงสร้างข้อมูลสำรวจ   
ในฐานข้อมูลกลางงานบำรุงทาง (CRDB) 1-97

รูปที่ 1-100 การปรับโครงสร้างข้อมูลจากโปรแกรมให้ตรงกับโครงสร้างข้อมูลสำรวจในฐานข้อมูล 1-97

รูปที่ 1-101 แสดงรูปแบบการเชื่อมโยงของข้อมูลบัญชีสายทาง 1-98

รูปที่ 1-102 แสดงรูปแบบการเชื่อมโยงของข้อมูลสำรวจจากสำนักบำรุงทาง 1-98

รูปที่ 1-103 แสดงจุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP 1-103

รูปที่ 1-104 แสดงจุด GCP และจุดที่ทำการตรวจสอบ ตำแหน่งที่ 1 1-104

รูปที่ 1-105 แสดงจุด GCP และจุดที่ทำการตรวจสอบ ตำแหน่งที่ 2 1-104

รูปที่ 1-106 แสดงอุปกรณ์สำรองข้อมูลชนิด NAS ที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง 1-113

รูปที่ 1-107 แสดงภาพรวมการทำงานของระบบจัดเก็บข้อมูล (NAS) 1-115

รูปที่ 1-108 แสดงภาพ Database Storage คงเหลือ 18 TB ณ ปัจจุบัน 1-116

รูปที่ 1-109 แสดงการเชื่อมโยงบนระบบ Roadnet บนฐานข้อมูล phpPgadmin 1-116

รูปที่ 1-110 แผนผังแสดงขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลเข้าสู่ระบบ Roadnet บนฐานข้อมูล phpPgadmin 1-117

รูปที่ 1-111 แสดงกระบวนการตรวจสอบผ่านระบบ Roadnet3 1-118

รูปที่ 1-112 การตรวจสอบความสอดคล้องเชิงตำแหน่งบริเวณทางแยก 1-119

รูปที่ 1-113 การตรวจสอบพื้นที่สำรวจและอ้างอิงตำแหน่งภาพจาก Google Map 1-120

รูปที่ 1-114 การตรวจสอบสายทางที่แสดงผิวแอสฟัลต์และรอยต่อผิวลาดยาง 1-120

รูปที่ 1-115 การตรวจสอบสายทางที่แสดงผิวคอนกรีตและรอยต่อผิวลาดยาง 1-121

รูปที่ 1-116 กราฟข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) ที่สภาพความเสียหายสอดคล้องในพื้นที่ 1-121

รูปที่ 1-117 การแสดงผลสภาพความเสียหายลาดยาง 1-122

รูปที่ 1-118 การแสดงผลสภาพความเสียหายคอนกรีต 1-123

รูปที่ 1-119 การแสดงผลภาพถ่ายที่มีคราบมูลนก 1-124

รูปที่ 1-120 การแสดงผลสภาพสัดส่วนที่มีความสอดคล้อง 1-124

**สารบัญรูป (ต่อ)**

**หน้า**

รูปที่ 1-121 การตรวจสอบภาพเคลื่อนไหวที่ไม่ซ้ำกัน 1-125

รูปที่ 1-122 การแสดงการแสดงพิกัดสายทางหมายเลขทางหลวงที่ 1 ตอนควบคุมที่ 1102 1-125

รูปที่ 1-123 ตารางตัวอย่างบัญชีตรวจสอบ QC4 รายแขวงทางหลวง 1-126

รูปที่ 1-124 ตารางตัวอย่างบัญชีตรวจสอบ QC5 1-127

รูปที่ 1-125 กระบวนการขั้นตอนการตรวจสอบของเจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพ 1-128

รูปที่ 1-126 QR code LINE Open Chat สำหรับแจ้งระบบ HRIS 1-132

รูปที่ 1-127 QR code LINE Open Chat Roadnet Survey สำหรับเจ้าหน้าที่ส่วนภูมิภาค 1-132

รูปที่ 1-128 ตัวอย่างเอกสารในการแจ้งผล กรณีหลักกิโลเมตรแสดงผลบนระบบ Roadnet3   
ไม่ตรงกับกิโลเมตรข้อมูลสํารวจ โดยระบุหมายเลขสายทางหลวง ตอนควบคุม   
และข้อมูลช่วงหลักกิโลเมตร 1-133

รูปที่ 1-129 ค่าเฉลี่ย IRI จำแนกตามสำนักงานทางหลวงและชนิดผิวทาง 1-143

รูปที่ 1-130 ค่าเฉลี่ย RUT จำแนกตามสำนักงานทางหลวงและชนิดผิวทาง 1-146

รูปที่ 1-131 ค่าเฉลี่ย MPD จำแนกตามสำนักงานทางหลวงและชนิดผิวทาง 1-149

รูปที่ 1-132 กราฟการกระจายของค่า IRI โครงข่ายทางหลวง 1-150

รูปที่ 1-133 กราฟการกระจายของค่า RUT โครงข่ายทางหลวง 1-151

รูปที่ 1-134 กราฟการกระจายของค่า MPD โครงข่ายทางหลวง 1-151

รูปที่ 1-135 สำนักงานทางหลวงที่มี่สัดส่วนร้อยละ IRI น้อยกว่า 3.5 ภาพรวม 1-152

รูปที่ 1-136 ค่าเฉลี่ย IRI สำนักงานทางหลวงที่มีดัชนีความขรุขระสากลที่เกินค่าเฉลี่ยลำดับแรก 1-154

รูปที่ 1-137 สำนักงานทางหลวง 9 (อุบลราชธานี) ที่มีดัชนีความขรุขระสากล  
ที่เกินค่าเฉลี่ยผิวคอนกรีต 3 ปีสำรวจ 1-154

รูปที่ 1-138 สำนักงานทางหลวง 13 (กรุงเทพ) ที่มีดัชนีความขรุขระสากล  
ที่เกินค่าเฉลี่ยผิวลาดยาง 3 ปีสำรวจ 1-155

รูปที่ 1-139 ค่าเฉลี่ย RUT สำนักงานทางหลวงกลุ่มที่ 1   
แสดงผลวิเคราะห์พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1-158

รูปที่ 1-140 สำนักงานทางหลวงที่ 11 ที่มีค่าความลึกร่องล้อ  
ที่เกินค่าเฉลี่ยผิวลาดยางสูงสุด 3 ปีสำรวจ กลุ่มที่ 1 1-158

รูปที่ 1-141 ค่าเฉลี่ย RUT สำนักงานทางหลวงกลุ่มที่ 2 แสดงผลวิเคราะห์พื้นที่ภาคใต้ 1-159

รูปที่ 1-142 สำนักงานทางหลวงที่ 16 ที่มีค่าความลึกร่องล้อ  
ที่เกินค่าเฉลี่ยผิวลาดยางสูงสุด 3 ปีสำรวจกลุ่มที่ 2 1-160

**สารบัญรูป (ต่อ)**

**หน้า**

รูปที่ 1-143 ค่าเฉลี่ย MPD สำนักงานทางหลวง 1-162

รูปที่ 1-144 ค่าเฉลี่ย MPD สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร) ค่าเฉลี่ยผิวคอนกรีต 1-162

รูปที่ 1-145 ค่าเฉลี่ย MPD สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม) ค่าเฉลี่ยผิวลาดยาง 1-163

รูปที่ 1-146 การคัดเลือกช่วงอายุผิวทาง 1-184

รูปที่ 1-147 ภาพรวมของค่าความเรียบก่อนและหลังการเสริมผิวในแต่ละสายทาง 1-185

รูปที่ 1-148 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างค่า IRI หลังการซ่อมแบบเสริมผิว 1-186

รูปที่ 1-149 ผลสำรวจ IRI หลังการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่ 1-188

รูปที่ 1-150 ผลสำรวจ IRI หลังการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการบูรณะผิวทาง 1-188

รูปที่ 1-151 เงื่อนไขการซ่อมจากรอยแตกของผิวทาง (Cracking) ลงในวิธีการซ่อม Para Slurry Seal 1-190

รูปที่ 1-152 เปรียบเทียบปริมาณงานจาก TPMS โดยมีเงื่อนไขการซ่อมจากรอยแตกและไม่มีรอยแตก 1-190

รูปที่ 1-153 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับความเร็วยานพาหนะ 1-193

รูปที่ 1-154 เกณฑ์ค่า IRI ในการชี้วัดคุณภาพในการให้บริการของถนนของประเทศต่าง ๆ 1-194

รูปที่ 1-155 ค่าดัชนีความเรียบของผิวทางหลวง (IRI) ของโครงข่ายทั้งประเทศ 1-201

รูปที่ 1-156 การทำงานของระบบบริหารงานบำรุงทาง TPMS   
(Thailand Pavement Management System) 1-202

รูปที่ 1-157 การคัดเลือกข้อมูลก่อนนำเข้าโปรแกรม TPMS 1-204

รูปที่ 1-158 ค่าซ่อมบำรุงแยกตามสำนักงานทางหลวง 1-207

รูปที่ 1-159 ร้อยละวิธีการซ่อมบำรุงของแต่ละสำนักงานทางหลวง 1-209

รูปที่ 1-160 กราฟแสดงค่า IRI ของแผนงบประมาณที่ได้รับในแต่ละปี 1-213

รูปที่ 1-161 ร้อยละของค่า IRI ที่น้อยกว่า 3.5 ในแต่ละปีงบประมาณ 1-214

รูปที่ 1-162 ความสัมพันธ์ผลประโยชน์ ผลประโยชน์สุทธิและค่า B/C 1-216

รูปที่ 1-163 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของถนนในโครงข่ายที่ค่า IRI < 3.5 ม./กม.   
กับงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในปี 2569 (เฉพาะถนนลาดยาง) 1-216

รูปที่ 2-1 สรุปผลการดำเนินงานและผลการล่าช้าคิดเป็นร้อยละ รวม 2 อุปกรณ์ 2-2

รูปที่ 2-2 สรุปผลระยะทางสำรวจ 18 สำนักงานทางหลวง 2-3

รูปที่ 2-3 สรุปผลการดำเนินงานตามกำหนดแผนการนำส่ง QC4 รวม 2 อุปกรณ์ 2-4

รูปที่ 2-4 สรุปผลระยะทางนำส่งข้อมูล QC4 18 สำนักงานทางหลวง 2-5

รูปที่ 2-5 สรุปผลการดำเนินงานตามกำหนดแผนการนำส่ง QC5 รวม 2 อุปกรณ์ 2-6

รูปที่ 2-6 สรุปผลระยะทางนำส่งข้อมูล QC5 18 สำนักงานทางหลวง 2-7

**สารบัญรูป (ต่อ)**

**หน้า**

รูปที่ 2-7 ฝนตกระหว่างการสำรวจ 2-9

รูปที่ 2-8 พบการก่อสร้างถนนในระหว่างสำรวจ 2-10

รูปที่ 2-9 DMI ชำรุดระหว่างการสำรวจ 2-11

รูปที่ 2-10 GPS ชำรุดระหว่างการสำรวจ 2-12

รูปที่ 2-11 FPGA & Eeprom ชำรุดระหว่างการสำรวจ 2-13

รูปที่ 2-12 นำรถเข้าศูนย์ตรวจเช็คระยะระหว่างการสำรวจ 2-14

รูปที่ 2-13 กล้องบันทึกภาพถ่ายเขตทางขัดข้องระหว่างการสำรวจ 2-15

รูปที่ 2-14 น้ำท่วมขังระหว่างการสำรวจ 2-16

รูปที่ 2-15 มีการปิดถนนในสายทางสำรวจ 2-17

รูปที่ 2-16 ภาพตัวอย่างความผิดปกติของข้อมูล 2-18

รูปที่ 2-17 เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ตอบกลับโดยผู้ผลิต 2-18

รูปที่ 2-18 ภาพผิวทางที่เป็นโมเสคของสายทาง 11 ตอน 900 ช่วง กม. 562+575 – 562+600 2-19

รูปที่ 2-19 ภาพกล้องหน้าของสายทาง 11 ตอน 900 ช่วง กม. 562+575 – 562+600 2-19

รูปที่ 2-20 ข้อมูลความเร็วของรถสำรวจขณะทำการสำรวจสายทาง 11 ตอน 900 2-20

รูปที่ 2-21 ภาพประกอบปัญหาไม่สามารถ Upload ภาพขึ้นบน Server Roadnet3 2-21