**สารบัญ**

**หน้า**

บทที่ 1 บทนำ 1-1

1.1 หลักการและเหตุผล 1-1

1.2 คำจำกัดความ 1-2

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ 1-3

1.4 ขอบเขตของการศึกษาและการดำเนินงาน 1-3

บทที่ 2 พื้นที่สำรวจและเครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง 2-1

2.1 พื้นที่สำรวจ 2-1

2.2 เครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง 2-4

บทที่ 3 การสำรวจสภาพทาง 3-1

3.1 การจัดทำแผนการสำรวจและเกณฑ์ในการคัดเลือกสายทาง 3-1

3.2 ข้อมูลสำรวจด้วยชุดเครื่องมือเลเซอร์ 3-21

3.3 ข้อมูลภาพถ่ายสภาพผิวทาง 3-21

3.4 ข้อมูลภาพถ่ายถนนและสองข้างทาง 3-31

บทที่ 4 การประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจและการประมวลผลข้อมูลการสำรวจสภาพทาง 4-1

4.1 การประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจ 4-3

บทที่ 5 ประมวลผลข้อมูลการสำรวจสภาพทาง 5-1

บทที่ 6 การจัดเก็บข้อมูลสู่ฐานข้อมูล 6-1

บทที่ 7 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางหลวง 7-1

7.1 วิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุง วิธีต่างๆ
(Road Work Effect Model) จากข้อมูลการสำรวจทั้งหมดของกรมทางหลวง 7-1

7.2 กำหนดวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนการลงทุนที่เหมาะสม (Optimal Investment Plan)

 เพื่อบรรลุเป้าหมายการบำรุงรักษาทางหลวงระยะยาว 7-4

บทที่ 8 การจัดทำรายงานแผนงานบำรุงทาง 8-1

8.1 แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์ 8-3

8.2 แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงประจำปี 8-5

8.3 การส่งออกรายงานค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (Road User Cost: RUC) 8-5

ภาคผนวก ก บัญชีสายทาง ก-1

**สารบัญรูปภาพ**

**รูปที่ หน้า**

1-1 ภาพรวมการดำเนินงานโครงการ 1-10

2-1 แผนที่แสดงสายทางที่จะทำการสำรวจ แบ่งตามพื้นที่ตามหน่วยงานที่รับผิดชอบ 2-3

2-2 ตัวอย่างการจำแนกระดับขั้น (Class) ของอุปกรณ์ตรวจวัด ตามระดับความแม่นยำและความถี่
ของการบันทึกข้อมูลตามระยะทางสำรวจ เพื่อประมวลผลค่าโพรไฟล์ของผิวทาง
(Pavement Profile) ตามมาตรฐาน ASTM E950 2-4

2-3 การติดตั้งอุปกรณ์เลเซอร์บนยานพาหนะสำรวจ 2-5

2-4 หลักการทำงานของอุปกรณ์เลเซอร์ตรวจวัดความเรียบของผิวทาง 2-6

2-5 หลักการทำงานของอุปกรณ์เลเซอร์ร่วมกับอุปกรณ์ Accelerometer

 ติดตั้งที่ ระยะ +-/ 750 มิลลิเมตร จากแนวกึ่งกลางของรถสำรวจ 2-6

2-6 ตัวอย่างผลลัพธ์การคำนวณค่าดัชนี IRI โดยอุปกรณ์เลเซอร์ และอุปกรณ์ Accelerometer 2-6

2-7 การตรวจวัดความลึกร่องล้อด้วยเลเซอร์ 7 หัว 2-7

2-8 การคำนวณผลลัพธ์ค่า MPD จากเครื่องมือ Laser 2-7

2-9 ค่า MPD ที่ตรวจวัดได้เป็นค่าความฝืดของผิวทางในระดับ Macro-texture 2-8

2-10 ตัวอย่างการติดตั้งกล้องบันทึกภาพผิวทาง ในกรณีที่กล้องเดียวไม่สามารถบันทึกภาพ

 ได้ครอบคลุม 1 ช่องจราจร และตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพผิวทาง 2-9

2-11 การสอบเทียบการวัดระยะของวัตถุในภาพกล้องบันทึกภาพถ่ายผิวทาง

 เพื่อให้วัดขนาดและปริมาณความเสียหายจากภาพถ่ายได้ 2-9

2-12 กล้องบันทึกภาพสภาพทางในเขตทาง 2-10

2-13 ตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง 2-11

2-14 กล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง(สำรอง) 2-11

2-15 ตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง(สำรอง) 2-12

2-16 ตัวอย่างเครื่องมือระบุพิกัดด้วยดาวเทียม 2-12

2-17 หลักการทำงานของการรับพิกัดและค่าแก้ DGPS 2-13

2-18 เครื่องมือวัดความเร่ง 2-13

2-19 เครื่องวัดระยะทาง 2-14

2-20 อุปกรณ์รับสัญญาณและชุดบันทึกข้อมูล 2-14

2-21 ลักษณะของรถสำรวจที่ใช้ในการสำรวจ 2-15

2-22 ตัวอย่างข้อมูลแผนที่ในระบบ Roadnet แสดงทางหลวงในจังหวัดสระบุรี 2-15

2-23 ตัวอย่างแบบฟอร์มการสำรวจ-1 2-16

**สารบัญรูปภาพ (ต่อ)**

**รูปที่ หน้า**

2-24 ตัวอย่างแบบฟอร์มการสำรวจ-2 2-17

2-25 การทำงานของเจ้าหน้าที่ขับรถ 2-18

2-26 การทำงานของวิศวกรควบคุมการสำรวจ 2-19

2-27 การทำงานของวิศวกรสนับสนุนการสำรวจ 2-19

2-28 แสดงการสอบเทียบการวัดระยะของอุปกรณ์เลเซอร์ 2-20

2-29 ค่าที่ได้จากการสอบเทียบ Accelerometer 2-20

2-30 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวั ดชนิด Distance Measuring Instrument (DMI) 2-21

2-31 ค่าที่ได้จากการสอบเทียบเครื่องมือวัดชนิด Distance Measuring Instrument (DMI) 2-21

3-1 แผนที่แสดงทางหลวง แบ่งตามหมายเลขทางหลวง 1 และ 2 หลัก 3-3

3-2 แผนที่แสดงทางหลวง แบ่งตามหมายเลขทางหลวง 3 และ 4 หลัก 3-4

3-3 พื้นที่ที่ไม่สำรวจ 3-5

3-4 แผนที่แสดงแผนการสำรวจ 3-17

3-5 ทิศทางการสำรวจช่องจราจรด้านซ้ายสุดของถนนทั้ง 2 ทิศทาง 3-18

3-6 ทิศทางการสำรวจช่องจราจรด้านซ้ายสุดของถนนในทิศทางที่มีความเสียหายมากที่สุด 3-18

3-7 ทิศทางการสำรวจกรณีที่สายทางมีทางคู่ขนาน 3-19

3-8 ทิศทางการสำรวจกรณีที่ไม่สามารถทำการสำรวจในช่องจราจรด้านซ้ายสุดของถนนได้ 3-19

3-9 ทิศทางการสำรวจกรณีที่มีการเพิ่มช่องจราจร จาก 2 ช่องจราจร เป็น 4 ช่องจราจรขึ้นไป 3-20

3-10 รอยแตกต่อเนื่อง (Interconnecting Crack) 3-22

3-11 รอยแตกตามยาว 3-23

3-12 รอยแตกตามขวาง 3-23

3-13 การหลุดร่อน 3-24

3-14 หลุมบ่อ 3-24

3-15 รอยปะซ่อม 3-25

3-16 รอยแตกตามขวาง 3-26

3-17 รอยเลื่อนต่างระดับ 3-27

3-18 รอยบิ่นกะเทาะที่รอยต่อ 3-27

3-19 การแตกตามยาว 3-28

**สารบัญรูปภาพ (ต่อ)**

**รูปที่ หน้า**

3-20 รอยแตกที่มุม 3-28

3-21 ความเสียหายของวัสดุยาแนวรอยต่อ 3-29

3-22 รอยปะซ่อม (Patching) 3-30

3-23 ความเสียหายไหล่ทาง 3-30

3-24 ตัวอย่างข้อมูลกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง 3-31

4-1 ขั้นตอนการประมวลผล 4-2

4-2 ซอฟต์แวร์ Hawkeye Processing Toolkit 4-3

4-3 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) ของผิวทาง 4-4

4-4 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) บนผิวทาง 4-4

4-5 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (MPD) 4-5

4-6 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลจากกล้องบันทึกภาพผิวทางด้วยโปรแกรม POP 4-5

4-7 ตัวอย่างภาพที่ผ่านประมวลผลข้อมูลกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง 4-7

4-8 แสดงหน้าจอประมวลผลส่วนการกำหนดชื่อไฟล์รูปภาพการสำรวจ 4-8

4-9 แสดงหลักการตั้งชื่อไฟล์รูปภาพ 2 ข้างทางจากรถสำรวจ 4-8

4-10 แสดงตัวอย่างตั้งชื่อไฟล์รูปภาพ 2 ข้างทางจากรถสำรวจ 4-9

4-11 แสดงรายละเอียดภายในรหัสย่อยช่วงสำรวจ 4-9

5-1 แสดงการทำงานของการได้มาของข้อมูลจากรถสำรวจ DGPS 5-1

5-2 แสดงผลจากการประมวลผลหลังจากการสำรวจ 5-2

5-3 แสดงตัวอย่างข้อมูลความลึกร่องล้อจากการประมวลผล 5-2

5-4 แสดงตัวอย่างรูป 2 ข้างทางจากระบบ Roadnet 5-3

5-5 แสดงโครงสร้างการเก็บข้อมูลค่าความเสียหาย 5-3

5-6 แสดงตัวอย่างโครงสร้างการเก็บข้อมูลค่าความเสียหาย 5-4

5-7 แสดงขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลสำรวจสภาพทางในรูปแบบของแผนที่ (GIS) 5-5

5-8 แสดงตัวอย่างการจัดเก็บและแสดงผลข้อมูล GIS 5-13

5-9 แสดงสถาปตยกรรมและตารางขอมูลเรขาคณิตในระบบ Roadnet 5-13

5-10 แสดงมาตรฐานการแสดงผลขอมูลระบบพิกัดในรูป WKB และ WKT ของระบบ Roadnet 5-14

5-11 แสดงการปรับแก้ระบบพิกัดให้สอดคล้องกับข้อมูลอื่นๆ ในระบบฐานข้อมูล Roadnet 5-15

5-12 แสดงการกำหนดตำแหน่งบนข้อมูลโครงข่ายสายทาง (Relative location) 5-15

5-13 แสดงการกำหนดตำแหน่งบนข้อมูลโดยอ้างอิงกับหลักกิโลเมตร (Kilometer Post/Linear Ref.) 5-16

**สารบัญรูปภาพ (ต่อ)**

**รูปที่ หน้า**

5-14 แสดงตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ ST\_linelocatepoint ใน Function Postgis 5-16

6-1 ตัวอย่างโครงสร้างตารางข้อมูลบัญชีสายทาง 6-1

6-2 แสดงโครงสร้างข้อมูลปริภูมิตามมาตรฐาน OGC 6-3

6-3 การเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมก่อนแปลงให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลภูมิสารสนเทศ 6-3

6-4 การ convert (\*.csv file) to shapefile (point) 6-4

6-5 การ convert points to Paths 6-5

6-6 การปรับโครงสร้างข้อมูลจากโปรแกรม HKE ให้ตรงกับโครงสร้างข้อมูลสำรวจในฐานข้อมูลกลาง

 งานบำรุงทาง (CRDB) 6-6

6-7 การปรับโครงสร้างข้อมูลจากโปรแกรม POP ให้ตรงกับโครงสร้างข้อมูลสำรวจในฐานข้อมูล 6-7

6-8 แสดงรูปแบบการเชื่อมโยงของข้อมูลบัญชีสายทาง 6-8

6-9 แสดงรูปแบบการเชื่อมโยงของข้อมูลสำรวจจากสำนักบำรุงทาง 6-9

6-10 แสดงตำแหน่งของจุดตรวจสอบเทียบกับตำแหน่งบนแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมไทโซต (THEOS) 6-18

6-11 แสดงโครงสร้างพื้นฐานการเชื่อมโยงระบบต่างๆ 6-20

6-12 แสดงแผนผังระบบ Roadnet 6-21

7-1 ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองผลกระทบจากมาตรฐานการซ่อมและแบบจำลองต่างๆ 7-2

7-2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า IRI เมื่อมีการฉาบผิว 7-3

7-3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า IRI เมื่อทำการซ่อมบำรุงด้วยวิธี Overlay 7-4

7-4 ความสัมพันธ์ระหว่าง IRI เฉลี่ย 5 ปี และงบซ่อมบำรุงจากการวิเคราะห์แบบกำหนด
เป้าหมายงบประมาณ 7-5

8-1 ความเชื่อมโยงของแบบจำลองต่างๆ ในการวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทาง 8-2

8-2 การคำนวณผลประโยชน์ของผู้ใช้ทาง 8-4

8-3 การประเมินผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจจากการประหยัดค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

 (Road User Cost Savings) เมื่อมีโครงการทางหลวง 8-6

8-4 แนวทางการคัดเลือกความเร็วอิสระ 8-8

**สารบัญตาราง**

**ตารางที่ หน้า**

2-1 แสดงพื้นที่รับผิดชอบ แบ่งตามหน่วยงาน พร้อมระยะทางสำรวจจริง 2-2

2-2 รายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องมือเลเซอร์โพรไฟล์ 2-8

2-3 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทาง 2-10

2-4 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง 2-11

2-5 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (สำรอง) 212

2-6 รายละเอียดของเครื่องระบุพิกัดด้วยดาวเทียม (DGPS) 2-13

3-1 ระยะทางตาม บัญชีทะเบียนทางหลวง จำแนกตามหมายเลขหลักทางหลวง
ตามสำนักงานทางหลวง 3-2

3-2 ระยะทางที่ไม่สำรวจ ในพื้นที่สำนักงานทางหลวงที่ 18 (สงขลา) รวมทุกชนิดผิวทาง 3-5

3-3 เกณฑ์ในการคัดเลือกสายทางเพื่อจัดทำแผนการสำรวจ 3-6

3-4 ระยะทางแผนการสำรวจตามเกณฑ์การคัดเลือกสายทาง 3-7

3-5 ระยะทางแผนการสำรวจตามแบ่งตามแขวงพร้อมระยะเวลาในการเข้าสำรวจ แบ่งตามงวดงาน (รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ) ระยะทางสำรวจรวม 5,944.774 กิโลเมตร 3-8

3-6 ระยะทางแผนการสำรวจตามแบ่งตามแขวงพร้อมระยะเวลาในการเข้าสำรวจ แบ่งตามงวดงาน (รายงานขั้นกลาง) ระยะทางสำรวจรวม 15,382.840 กิโลเมตร 3-9

3-7 ระยะทางแผนการสำรวจตามแบ่งตามแขวงพร้อมระยะเวลาในการเข้าสำรวจ แบ่งตามงวดงาน (รายงานขั้นกลาง) ระยะทางสำรวจรวม 10,264.093 กิโลเมตร 3-12

3-8 ระยะทางแผนการสำรวจตามแบ่งตามแขวงพร้อมระยะเวลาในการเข้าสำรวจ แบ่งตามงวดงาน
(ร่างรายงานขั้นสุดท้าย) ระยะทางสำรวจรวม 8,660.569 กิโลเมตร 3-14

3-9 ระยะทางสำรวจแบ่งตามหน่วยงานที่รับผิดชอบ 3-16

3-10 ข้อมูลประเภทความเสียหายที่ได้จากเครื่องมือเลเซอร์ 3-21

3-11 ประเภทความเสียหายเพื่อทำการประเมินของผิวทางลาดยาง 3-22

3-12 ประเภทความเสียหายเพื่อทำการประเมินของผิวทางคอนกรีต 3-26

4-1 การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางลาดยาง 4-6

4-2 การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางคอนกรีต 4-7

6-1 แสดงตัวอย่างจุดตรวจสอบในพื้นที่แขวงทางหลวงแต่ละแห่ง 6-19

7-1 ค่าเฉลี่ยของผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุงโดยวิธีการต่างๆ 7-6

8-1 ตัวอย่างตัวแทนยานพาหนะติดเครื่องยนต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง 8-7