



สำนักบริหารบำรุงทาง
กรมทางหลวง

รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์
งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)
เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง



CUTI
สถาบันการขนส่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY
TRANSPORTATION INSTITUTE

ธันวาคม 2567



สารบัญ

หน้า

รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report).....	1
ส่วนที่ 1 : งานศึกษาทบทวนการบริหารบำรุงทาง และระบบที่เกี่ยวข้อง.....	3
ส่วนที่ 2 : การทดสอบเก็บตัวอย่างข้อมูลความเสียหายนําร่องของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง พร้อมนำเข้าข้อมูลสำรวจไม่น้อยกว่า 900 กม. โดยเป็นการนำเข้าในทั้งระบบ Roadnet และระบบ MIIS.....	9
ส่วนที่ 3 : การรวบรวมข้อมูลสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลอง ความเสียหาย จากการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง รวมถึง สรุปสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ผลการสอบเทียบ และความเชื่อมั่นของแบบจำลอง ด้วยค่าทางสถิติ และเสนอแนะ การปรับปรุง การพัฒนาแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการบริหารจัดการด้านงานทาง.....	11
ส่วนที่ 4 : การปรับปรุงและพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)	19
ส่วนที่ 5 : การเชื่อมต่อข้อมูลจากระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และการทดสอบระบบ.....	20
ส่วนที่ 6 : งานวิเคราะห์ความเหมาะสมในงานสำรวจสภาพทาง และการวิเคราะห์ความต้องการในการ บำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS	21
ส่วนที่ 7 : การจัดทำคู่มือสอบการใช้งานระบบ และสื่อวีดิทัศน์	30



รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทบทวนระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อจัดทำเกณฑ์การเก็บข้อมูลสภาพผิวทางที่สอดคล้องกับหลักการของระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อรองรับมิติด้านความปลอดภัยและเกณฑ์คุณภาพตามทางหลวงประเภทต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับการวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง เช่น ข้อมูลปริมาณจราจร ข้อมูลการสำรวจสภาพทางกับระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ระบบ Plannet และระบบอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อพัฒนาระบบการนำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบรายงาน (Info Graphical Report) ให้สอดคล้องกับการใช้งานและรายงานการวิเคราะห์ความต้องการงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวง จึงจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพ การปรับปรุงและพัฒนาระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 : งานศึกษาทบทวนการบริหารบำรุงทาง และระบบที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 2 : การทดสอบเก็บตัวอย่างข้อมูลความเสียหายนาร่องของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง พร้อมนำเข้าข้อมูลสำรวจไม่น้อยกว่า 900 กม. โดยเป็นการนำเข้าทั้งในระบบ Roadnet และระบบ MIIS

ส่วนที่ 3 : การรวบรวมข้อมูลสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองความเสียหาย จากการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง รวมถึง สรุปสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ผลการสอบเทียบ และความเชื่อมั่นของแบบจำลอง ด้วยค่าทางสถิติ และเสนอแนะการปรับปรุง การพัฒนาแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการบริหารจัดการด้านงานทาง

ส่วนที่ 4 : การปรับปรุงและพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

ส่วนที่ 5 : การเชื่อมต่อข้อมูลจากระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และการทดสอบระบบ

ส่วนที่ 6 : งานวิเคราะห์ความเหมาะสมในงานสำรวจสภาพทาง และการวิเคราะห์ความต้องการในการบำรุงโครงข่ายทางหลวง โดยระบบ TPMS

ส่วนที่ 7 : การจัดทำคู่มือสอบการใช้งานระบบ และสื่อวีดิทัศน์





โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง มีบทบาทหน้าที่ในการกำหนดกลยุทธ์ แผนงาน โครงการ งานบำรุงรักษาทางหลวง รวมทั้ง ศึกษาและพัฒนาการบริหารและบำรุงรักษาทางหลวง ดังนั้น การวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงทาง จึงเป็นหนึ่งในภารกิจที่มีความสำคัญต่อสำนักเป็นอย่างมาก จากในอดีต กรมทางหลวงได้นำระบบบริหารงานบำรุงทาง (Pavement Management System) มาใช้งาน โดยการช่วยเหลือจากธนาคารโลก ซึ่งอ้างอิงแนวทางการวิเคราะห์จาก (Highway Development & Management, HDM) ต่อมาได้มีการพัฒนาปรับปรุงระบบให้เข้ากับสภาพถนนและการจราจรของประเทศไทย และนำมาใช้สำหรับงานบริหารบำรุงรักษาทางทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2530 โดยเรียกระบบบริหารงานบำรุงทาง ว่าระบบ TPMS (Thailand Pavement Management System) แต่ด้วยระบบ TPMS มีพื้นฐานการวิเคราะห์ในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และเงื่อนไขการซ่อมบำรุงทางวิศวกรรมในภาพรวมระดับโครงข่ายเท่านั้น ยังมิได้สะท้อนถึงการกระจายงบประมาณตามพื้นที่ หรือการวิเคราะห์ละเอียดระดับรายโครงการ รวมทั้งปัจจัยด้านความปลอดภัย ดังเช่นค่าความเสียหาย เป็นผลให้ในปัจจุบันการวางแผนงบประมาณบำรุงทางของกรมทางหลวง ด้วยระบบ TPMS สามารถทำได้ในเฉพาะปัจจัยด้านระดับการให้บริการงานทาง และวิเคราะห์ระดับโครงข่ายเท่านั้น ดังนั้นด้วยความต้องการในการวิเคราะห์งบประมาณซ่อมบำรุงทางที่เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งความต้องการให้เจ้าหน้าที่ระดับงานทางหลวงสำนักหรือแขวงทางหลวง สามารถมีส่วนในการช่วยวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางในระดับรายโครงการ ทั้งในระดับโครงข่าย และระดับรายสายทาง จึงมีความจำเป็นจะต้องพัฒนา และปรับปรุงระบบ TPMS ทั้งการพัฒนาแบบจำลองทำนายการเสื่อมสภาพ (Deterioration Model) แบบจำลองผลกระทบจากมาตรฐานการซ่อม (Road Work Effect Model) และแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง (Road User Effect Model) การจัดสรรงบประมาณ รวมทั้งกระบวนการวิเคราะห์ในมิติ และตัวแปรต่าง ๆ ทั้งความเรียบ และความเสียหาย ที่ใช้ในการบริหารแผนและงบประมาณ การซ่อมบำรุง เพื่อยกระดับการปฏิบัติงาน รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพพัฒนาการบริหารและบำรุงรักษาทางหลวงต่อไป โดยมีกระบวนการทำงานแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพรวมโครงการ

ส่วนที่ 1: งานศึกษาทบทวนการบริหารบำรุงทาง และระบบที่เกี่ยวข้อง

1.1 การศึกษาระบบการบริหารจัดการงานบำรุงทาง (Pavement Management System) ที่ใช้ในต่างประเทศ

ที่ปรึกษาได้ทำการศึกษาระบบการบริหารจัดการงานบำรุงทาง (Pavement Management System) ที่มีการใช้งานอยู่ในต่างประเทศ รายละเอียดดังนี้

ประเทศออสเตรเลีย

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

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

ประเทศสหรัฐอเมริกา

มีการใช้ระบบการบริหารจัดการงานบำรุงทาง Pavement Management Systems (PMS) ในการวิเคราะห์และประเมินผลการบำรุงรักษาเพื่อให้มีการจัดการสินทรัพย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการเก็บข้อมูลทั้งในอดีตและปัจจุบัน ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผลในกระบวนการจัดการสินทรัพย์ เพื่อให้ได้ซึ่งวิธีการบำรุงรักษาซึ่งมีประสิทธิภาพ และมีผลลัพธ์ต่อผู้ใช้งานได้ดี ประหยัดค่าใช้จ่ายให้ได้มากที่สุด ข้อมูลที่ระบบบันทึกไว้เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ มีดังนี้

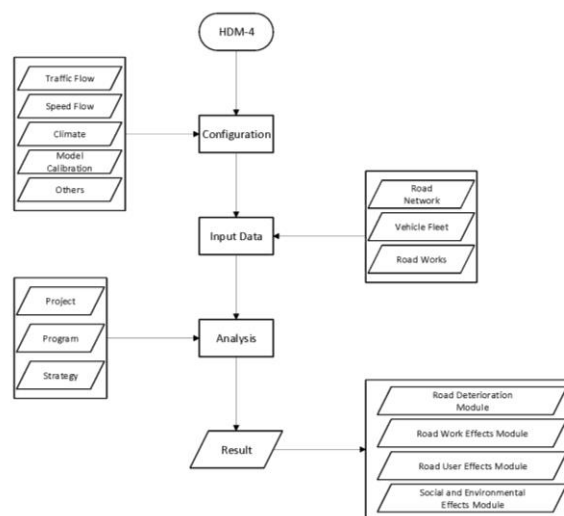
- 1) ชื่อรัฐ หมายเลขทาง ประเภทการบำรุงรักษา ความยาวทั้งหมดของโครงการ และสภาพอากาศ
- 2) แผนการบำรุงรักษาและประวัติการบำรุงรักษา
- 3) ปริมาณการจราจรเฉลี่ย และสัดส่วนของรถบรรทุก
- 4) ประเภทของความเสียหาย และค่าความเสียหายที่กำหนดสำหรับการเลือกวิธีบำรุงรักษา
- 5) การประเมินสภาพของผิวทางก่อน และหลังการบำรุงรักษา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

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

1.2 การศึกษาแนวทางการดำเนินงานของระบบการบริหารจัดการและพัฒนาด้านงานทาง (HDM) ซึ่งพัฒนาโดยธนาคารโลก (World Bank)

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

โครงสร้างของระบบ Highway Design and Maintenance Standards หรือ HDM เวอร์ชันล่าสุด (HDM) ประกอบด้วย 4 ฟังก์ชันหลัก คือ การตั้งค่าทั่วไป (Configuration), การนำเข้าข้อมูล (Input Data), การวิเคราะห์ (Analysis) และผลการวิเคราะห์ (Result)



1.3 การศึกษาทบทวน ตัวแปรที่สำคัญสำหรับใช้ในการเตรียมนำเข้าข้อมูลทั้งในส่วน of ข้อมูลทั่วไปของสายทาง (Inventory Data) และข้อมูลสภาพการใช้งาน (Condition Data) รวมถึงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ที่สามารถส่งออกได้ ของ HDM

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

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

ที่ปรึกษาได้ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ และจัดกลุ่มตัวแปรที่เป็นค่าคงที่ ตัวแปรนำเข้า และตัวแปรส่งออก เพื่อใช้วิเคราะห์ความเหมาะสมในการปรับปรุงตัวแปรในระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)



1.4 การศึกษาทบทวนแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การบริหารจัดการและพัฒนาด้านงานทางทั้งในและต่างประเทศ

แบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทาง

(Road deterioration Model :RD)

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

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

ΔRI_s คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเสื่อมสภาพของโครงสร้างในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

ΔRI_c คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการ แตกร้าวระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

ΔRI_r คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากร่อง
ในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI : m/km)

ΔRI_t คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากหลุมบ่อระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI : m/km)

ΔRI_e คือ การเปลี่ยนแปลงความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาพแวดล้อมในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (IRI m/km)

ผลกระทบจากการซ่อมบำรุง

(Road Deterioration and Work Effects)

ทำการศึกษาแบบจำลองผลกระทบการซ่อมบำรุง แบ่งออกตามประเภทของวิธีการซ่อมบำรุง ดังนี้

- 1) แบบจำลองผลกระทบค่า IRI หลังการฉาบผิวทางลาดยาง (Slurry Seal) มีสมการในการคำนวณ ดังนี้

$$RIb = RIa - \text{MAX}\{0, \text{MIN}[A0*(RIa - 2.85), 0.06 * Hsl]\}$$

$$RIb = \text{IRI หลังการฉาบผิว (m/km)}$$

$$RIa = \text{IRI ก่อนการฉาบผิว (m/km)}$$

$$Hsl = \text{ความหนาของการฉาบผิว l (mm)}$$

$$A0 = 1 \text{ ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ (Default)}$$

- 2) แบบจำลองผลกระทบค่า IRI หลังการเสริมผิวทางลาดยาง (Overlay) มีสมการในการคำนวณ ดังนี้

$$\Delta RIb = \text{max}\{0, a0[\text{min}(a1, RIaw) - a2] + a3\text{max}\{0, (RIaw - a1)\}\}$$

$$RIbw = RIaw - \Delta RIb$$

$$a0 = 0.9 \text{ (default)}$$

$$a1 = \text{max}\{4.0, 2.1\exp[0.019HSNEWbw]\}$$

$$a2 = 1 + 0.018\text{max}\{0, (100 - HSNEWbw)\}$$

$$a3 = \text{min}\{a0, \text{max}\{0, (0.01HSNEWbw - 0.15)\}\}$$

$$\Delta RIb = \text{การลดค่าของค่า IRI หลังการเสริมผิวทาง}$$

$$RIaw = \text{ค่า IRI ก่อนการเสริมผิวทาง (m/km)}$$

$$RIbw = \text{ค่า IRI หลังการเสริมผิวทาง (m/km)}$$

$$HSNEWbw = \text{ความหนาของการเสริมผิวทาง (mm)}$$

- 3) แบบจำลองผลกระทบค่า IRI หลังการซ่อมด้วยการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่และงานบูรณผิวทาง (Recycling) เป็นการรื้อซ่อมตั้งแต่ชั้นโครงสร้างทาง จากนั้นจึงลาดผิวทางใหม่ด้วยแอสฟัลต์ ดังนั้นค่า IRI หลังจากการซ่อมด้วยวิธีนี้จะมีค่าเทียบเท่ากับถนนใหม่อยู่ที่ประมาณ 1.5 - 2.1 ดังนั้น การกำหนดค่า IRI หลังการซ่อมจึงกำหนดให้ค่าเท่ากับ 2.0 m/km



แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่า

(Road User Effects: RUE)

การวิเคราะห์เพื่อหาค่าใช้จ่ายที่กระทบต่อผู้ใช้ทางนั้น จากการศึกษางานวิจัยและข้อมูลเชิงเอกสารเกี่ยวกับแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง (Road User Effect Model, RUE Model) ในการพัฒนาแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทางนี้ จะพิจารณาค่าใช้จ่ายประเภทที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อผลรวมของค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง การคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับยานพาหนะ มูลค่าเวลาในการเดินทาง และมูลค่าความเสียหายจากอุบัติเหตุ

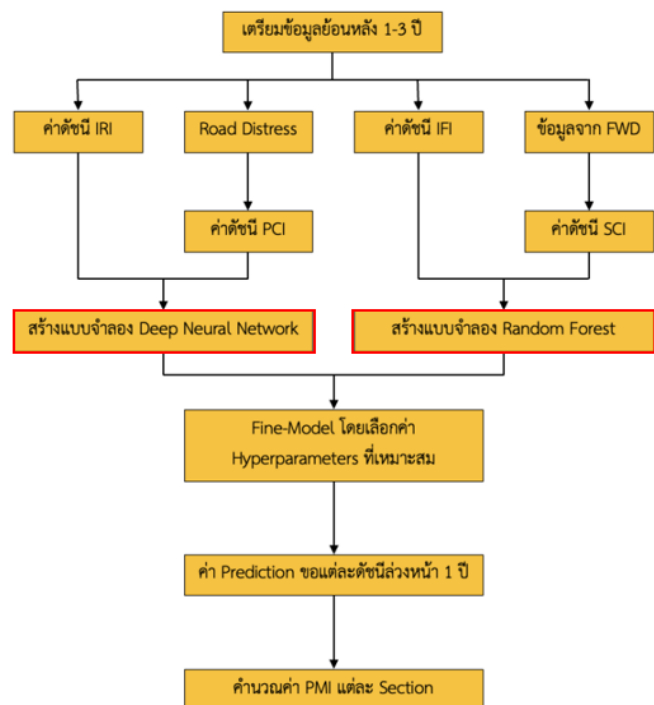
$$RUC_j = VOC_j + TTC_j + AC_j$$

where:

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

1.5 การศึกษา และเสนอแนวทาง การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเสื่อมสภาพ จากการศึกษาของ สำนักวิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง

การดำเนินการศึกษาแบบจำลอง Random Forest และแบบจำลอง Deep Neural Network จากการศึกษางานวิเคราะห์สมรรถนะและประเมินวงจรชีวิตของโครงสร้างถนน ของสำนักวิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวงเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในแบบจำลองการเสื่อมสภาพทางสร้างแบบจำลอง เนื่องจากข้อจำกัดในการคาดการณ์ความเรียบของถนนที่ทำการคาดการณ์ ค่าดัชนีล่วงหน้า 1 ปี จึงเสนอให้นำมาปรับใช้ร่วมกันในอนาคตเพื่อเปรียบเทียบค่าจากการคาดการณ์ แต่ในการทำนายปัจจุบันที่ปรึกษาเสนอให้ใช้การคาดการณ์อ้างอิงตามแบบจำลองของระบบ HDM-4





1.6 การศึกษา ทบทวน แนวทางการตรวจวัดและประเมินความเสี่ยงของผิวทาง (Skid Resistance) ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ที่เหมาะสมกับการเก็บข้อมูล ในระดับโครงข่าย และนำเสนอเครื่องมือสำรวจความเสี่ยงของผิวทาง โดยต้องเป็นการสำรวจความเสี่ยงแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ที่เหมาะสมกับการสำรวจความเสี่ยงของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในระดับโครงข่าย

ผลการศึกษาความเสี่ยงของผิวทางหรือความต้านทานการลื่นไถล (Pavement-Tire Friction หรือ Pavement Friction หรือ Skid Resistance) เป็นปัจจัยหนึ่งในหลาย ๆ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยทางถนน โดยเฉพาะความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากถนนลื่นในกรณีที่ถนนเปียก (Wet Skidding Crash) ทั้งนี้ โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุด้วยสาเหตุดังกล่าวจะลดลงเมื่อความเสี่ยงระหว่างยางรถยนต์กับผิวทางมีมากขึ้น (Moyer, 1959)

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

อย่างไรก็ตามการเกิดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงของผิวทาง (Skid-Related Crash) มีสาเหตุจากหลายปัจจัย อาทิเช่น สภาพทางเรขาคณิตของถนน คุณลักษณะทางจราจร ความเร็วของยานพาหนะพฤติกรรมของผู้ขับขี่ และสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ดังนั้นผิวทางที่เปียกจึงเป็นเพียงหนึ่งในหลายปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุในลักษณะดังกล่าว

วิธีการปรับปรุงผิวทางเพื่อเพิ่มความเสี่ยง

1.7 การศึกษา ทบทวน เกณฑ์การพิจารณาสภาพความเสี่ยงของผิวทาง ผ่านมาทั้งในประเทศ และต่างประเทศ รวมถึงแนวทางการนำค่าดังกล่าวไปใช้พิจารณาการซ่อมบำรุงทาง

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

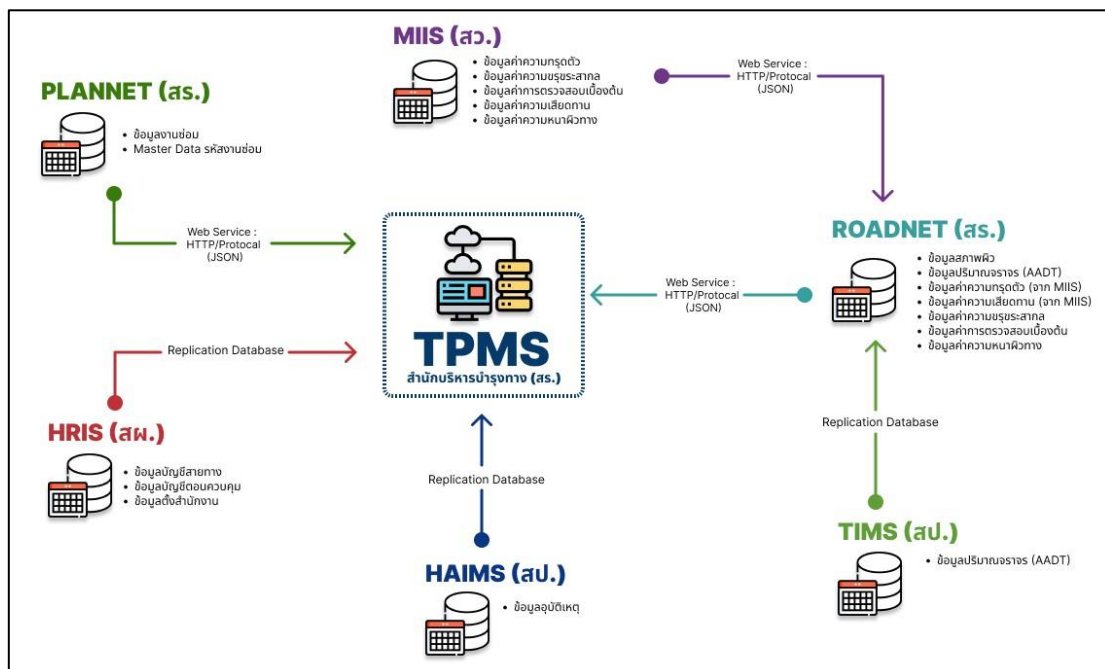
- ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level) หมายถึง ระดับที่ค่า IFI หรือค่า μ หรือ ค่า BPN เริ่มมีอัตราลดลงอย่างรวดเร็วอย่างมีนัยสำคัญ ควรให้ความระมัดระวัง และอาจติดตั้งป้ายเตือนแก่ผู้ใช้งาน โดยค่าระดับพึงระวังมีแนวคิดจากการพิจารณาระยะเวลาที่กรมทางหลวงต้องใช้เพื่อวางแผนงบประมาณในการซ่อมบำรุงผิวทาง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 ปี ดังนั้นการวิเคราะห์ค่าระดับพึงระวัง จึงคำนึงถึงการลดลงตามอายุการใช้งานของผิวทาง บนสมมติฐานที่ว่าค่าความเสี่ยงของผิวทางที่ระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level) เกิดจากการลดลงจากค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level) ในช่วงระยะเวลา 1 ปี
- ค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level) หมายถึงระดับที่ค่า IFI หรือค่า μ หรือค่า BPN มีค่าต่ำ และมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุที่มีสาเหตุจากค่าความเสี่ยงของผิวทาง ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างเร่งด่วน

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

การศึกษาและทบทวนข้อมูลของระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น โครงสร้างฐานข้อมูลสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture), แผนผังอธิบายโครงสร้างและความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (ER-Diagram) และพจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) เพื่อผนวกรวมและเชื่อมโยงข้อมูลตามความต้องการผู้ใช้งาน สำนักบริหารบำรุงทาง

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

ในการเชื่อมโยงข้อมูลจะเห็นได้ว่าที่ปรึกษาจำเป็นที่จะต้องเชื่อมโยงข้อมูลที่จำเป็นจะต้องใช้สำหรับการวิเคราะห์งบประมาณหลายระบบ โดยที่แต่ละระบบที่ปรึกษาก็จะเชื่อมโยงข้อมูลบางส่วนที่จำเป็นจะต้องใช้ในการวิเคราะห์เท่านั้น เพื่อเป็นการช่วยลดภาระที่จะต้องจัดเก็บข้อมูลที่ถูกต้องมา



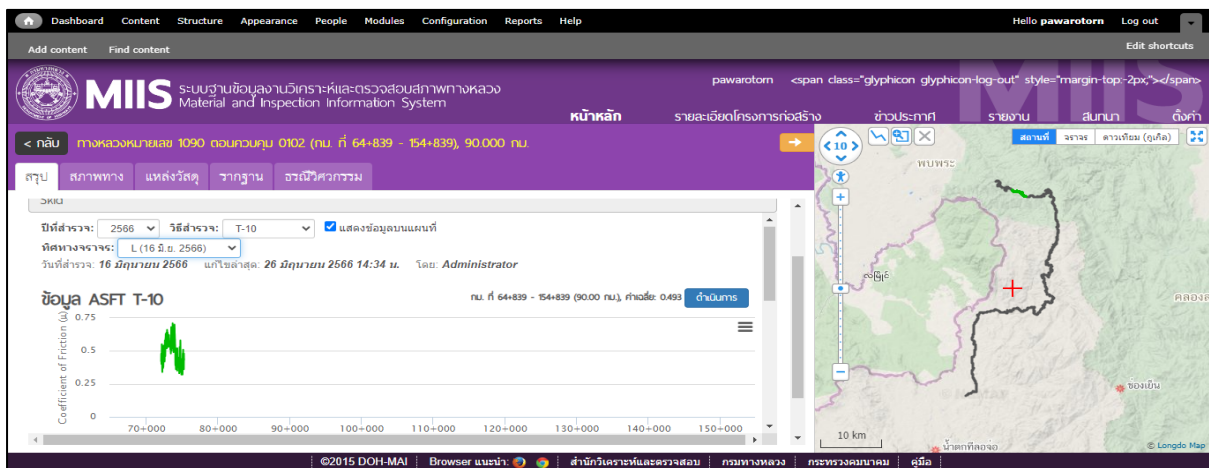


ส่วนที่ 2 : การทดสอบเก็บตัวอย่างข้อมูลความเสียหายนําร่องของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง พร้อมนำเข้าข้อมูลสำรวจไม่น้อยกว่า 900 กม. โดยเป็นการนำเข้าในทั้งระบบ Roadnet และระบบ MIIS

การกำหนดเกณฑ์ในการเลือกสายทาง ที่ปรึกษาได้ดำเนินการพิจารณาถึงให้ครอบคลุมตัวแปรที่เกี่ยวข้อง สายทางมีการกระจายตัวทั่วประเทศ และสามารถเป็นตัวแทนปัจจัยด้านอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณจราจร และลักษณะภูมิประเทศ เพื่อให้การสอบเทียบแบบจำลองการเสื่อมสภาพของค่าความเสียหาย จากผลการศึกษาทั้งของสำนักวิจัยและพัฒนาทาง และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ที่ปรึกษาได้ทำการคัดแยกประเภทสายทางออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งมีหลักการ ดังนี้

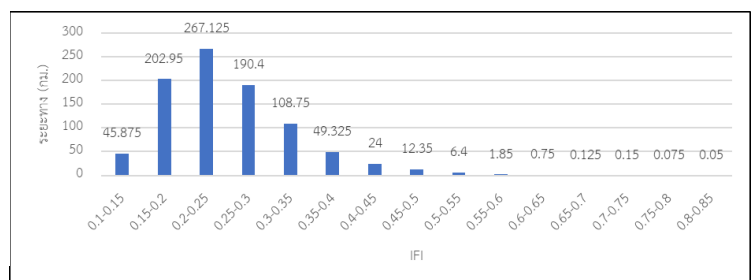
- 1) สายทางในกลุ่มที่ 1 พิจารณาจากผลการทำนายค่า International Friction Index หรือ IFI ในปี พ.ศ. 2567 ด้วย Machine Learning จากการศึกษาของสำนักวิจัยและพัฒนาทาง ซึ่งคำนวณจากแบบจำลองค่าความเสียหายที่กำหนดไว้
- 2) สายทางในกลุ่มที่ 2 พิจารณาสายทางที่มีข้อมูลค่าความเสียหายจากฐานข้อมูลระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (Material and Inspection Information System, MIIS)



ที่ปรึกษาได้ดำเนินการสำรวจค่าความเสียหายเป็นระยะทางแล้วเสร็จ 911.09 กิโลเมตร แบ่งเป็น ผิว AC40/50 119.7 กิโลเมตร ผิว AC60/70 714.20 กิโลเมตร ผิว Concrete 18.48 กิโลเมตร ผิว Para Ac 11.83 กิโลเมตร ผิว PMA 46.88 กิโลเมตร

ค่าความเสียหายที่สำรวจได้พบว่ามีค่าดัชนีความเสียหายสากลอยู่ในเกณฑ์ ช่วง 0.15 - 0.35 เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งหมายความว่าค่าความเสียหายของผิวถนนที่สำรวจได้ของระยะทาง 911.09 กิโลเมตร อยู่ในเกณฑ์ที่ควรปรับปรุง

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

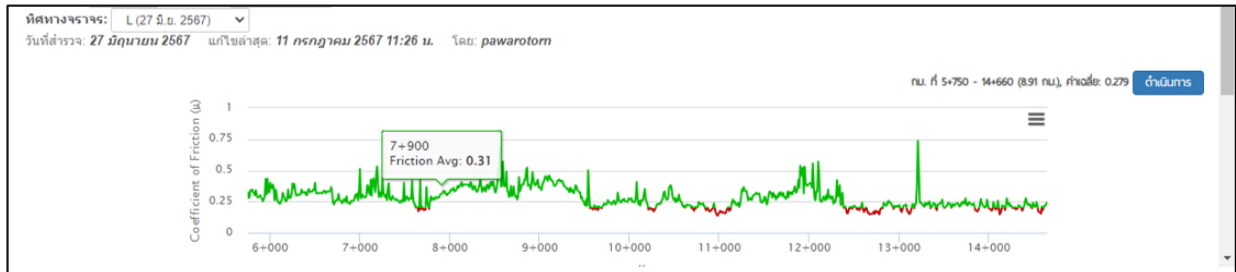




รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

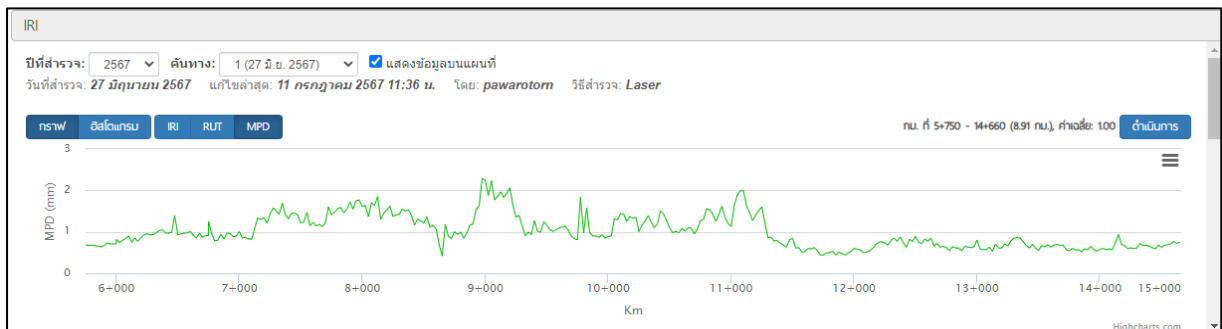
โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการนำเข้าสู่ข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจเป็นระยะทาง 911 กิโลเมตร โดยนำเข้าระบบระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (Material and Inspection Information System, MIIS) ตัวอย่างข้อมูลที่ที่ปรึกษานำเข้าระบบของสายทาง ทางหลวงหมายเลข 35 ตอนควบคุม 100 ดาวคะนอง - แสมดำ กม.ที่ 5+570 - กม.ที่ 14+660



ที่มา: ที่ปรึกษา, 2024

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



ที่มา: ที่ปรึกษา, 2024

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





ส่วนที่ 3 : การรวบรวมข้อมูลสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองความเสียหาย จากการศึกษาดำเนินการของกรมทางหลวง รวมถึง สรุปสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ผลการสอบเทียบ และความเชื่อมั่นของแบบจำลอง ด้วยค่าทางสถิติ และเสนอแนะการปรับปรุง การพัฒนาแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการบริหารจัดการด้านงานทาง

1. การรวบรวมข้อมูลสำรวจค่าความเสียหาย

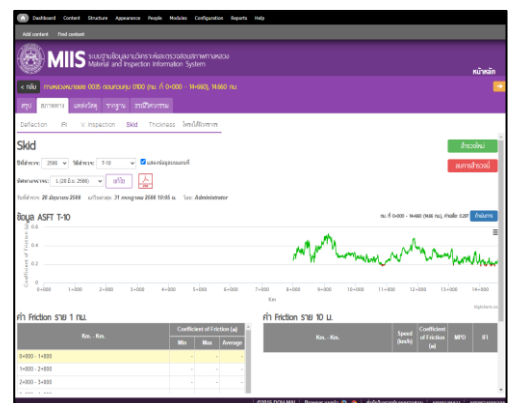
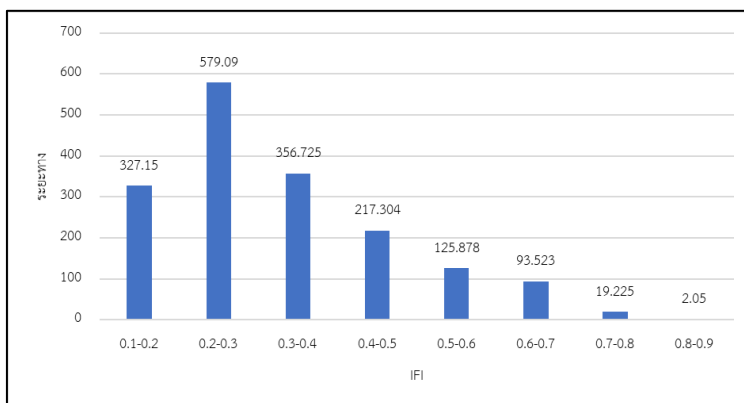
ที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลสำรวจตามเนื้องานในส่วนที่ 2 การสำรวจเก็บข้อมูลสภาพสายทางที่คัดเลือกแล้ว ด้วยเครื่องมือสำรวจ ความเสียหายผิวทาง ประเภทการสำรวจความเสียหายแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ไม่น้อยกว่า 900 กิโลเมตรต่อ 1 ช่องจราจร และสำรวจข้อมูลค่า Mean Profile Depth จากกรมทางหลวง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

2. การรวบรวมข้อมูลสำรวจค่าความเสียหายจากฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลค่าความเสียหายจากระบบฐานข้อมูลงานวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพทางหลวง (MIIS) โดยสายทางที่มีข้อมูลการสำรวจค่าความเสียหายจากฐานข้อมูลเดียวกัน พบว่ามีสายทางที่มีข้อมูลค่าความเสียหาย 6,052 กิโลเมตร และมีสายทางที่มีค่าความเสียหายย้อนหลังตามรายละเอียด

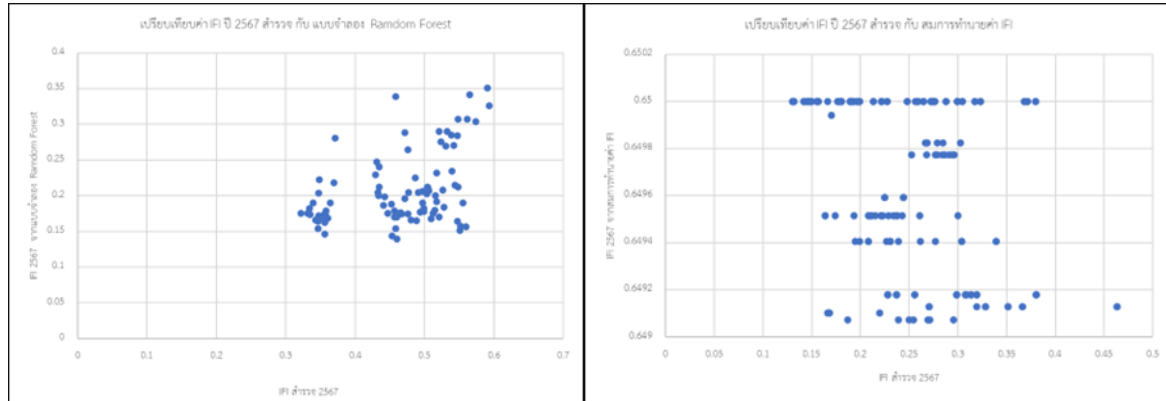
ตัวอย่างข้อมูลสำรวจทางหลวงหมายเลข 0035 ตอนควบคุม 0100 กม. ที่ 5+750 - 5+840

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



ตัวอย่างฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3. การนำข้อมูลสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง มาเปรียบเทียบแบบจำลองความเสียหายกับศึกษาเดิมของกรมทางหลวง ที่ปรึกษาได้ดำเนินการเปรียบเทียบข้อมูลความเสียหายจากการสำรวจและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองความเสียหายจากการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง คือ แบบจำลอง Random Forest และเปรียบเทียบกับสมการทำนายค่า IFI



จากการศึกษาแบบจำลองเดิมของกรมทางหลวง และการจัดทำ User Requirement รับฟังความต้องการใช้งานจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องจากหัวข้องานส่วนที่ 4 พบว่าแบบจำลองการคาดการณ์ความต้านทานการสิ้นเปลืองของผิวทาง จากสำนักวิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง แบบจำลอง Random Forest มีข้อจำกัดในการคาดการณ์ค่าดัชนีล่วงหน้า 1 ปี แต่ไม่เหมาะกับการคาดการณ์แบบต่อเนื่องหลายปีและข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองจำนวนจำกัดที่ปรึกษาจึงเสนอให้นำมาใช้ร่วมกันในอนาคตเพื่อใช้ในการดูเปรียบเทียบ

4. การปรับปรุง และพัฒนาแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการด้านงานทาง

- แบบจำลองการเสื่อมสภาพจากสมการทำนายค่า IFI ปัจจุบันที่ปรึกษาได้ดำเนินการปรับปรุงสมการทำนายค่าความเสียหายและเสนอให้ใช้แบบจำลองจาก Rezaei & Masad (2011) สมการทำนายค่า IFI ที่เปลี่ยนแปลงไป

อันเนื่องมาจากการจำลองการขัดสีในห้วงปฏิบัติการตามสมการ ดังนี้

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

โดยที่ a, b และ c คือ regression parameters ซึ่งบ่งบอกพฤติกรรมของการเสื่อมสภาพของค่า IFI ดังนี้

โดยที่ a, b และ c คือ regression parameters ซึ่งบ่งบอกพฤติกรรมของการเสื่อมสภาพของค่า IFI ดังนี้

a คือ จุด Terminal Value (ค่า IFI ต่ำสุด)

a + b คือ จุด Initial Value (ค่า IFI เริ่มต้น)

c คือ Rate of Change (อัตราการ)

N คือ จำนวนรอบการขัดจากเครื่อง TWPD

ดังนั้นที่ปรึกษาได้คำนวณหาค่า c จากการแทนค่าในสมการ $\ln(b/(y-a)) = cX$ จึงได้แบบจำลองที่มีรายละเอียด ดังนี้

แบบจำลองสำหรับผิว AC 60/70

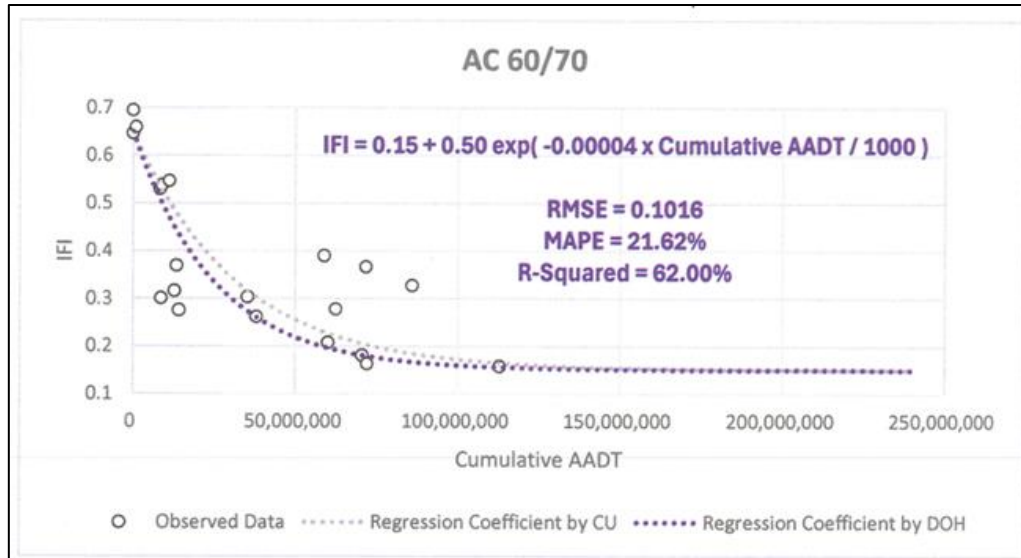
$$IFI = 0.15 + 0.50 e^{(-0.00004 \times \text{Cumulative AADT} / 1,000)}$$

แบบจำลองสำหรับผิว PMA

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

แบบจำลองสำหรับผิว AC 40/50

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



- แบบจำลองการเสื่อมสภาพทางของผิวทางแอสฟัลต์

ปรีกษาได้ดำเนินการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเสียหายที่ได้จากการสำรวจใน 1 รอบการสำรวจ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 ถึงปี พ.ศ. 2566 โดยสรุปค่าความเสียหายของข้อมูลทั้ง 3 ปี และวิเคราะห์การเสื่อมสภาพทางที่ไม่ได้รับการซ่อมบำรุง ตลอดช่วงระยะเวลา 3 ปี โดยเปรียบเทียบกับแบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Deterioration Model) จากโปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System : TPMS) รายละเอียดสมการ ดังนี้

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

โดยที่ปรีกษาได้คัดเลือกค่า K ที่ส่งผลให้ค่า IRI ที่คำนวณได้จากแบบจำลองใกล้เคียง กับค่า IRI จริงมากที่สุด ขั้นตอนที่ 1 จากหลักการของผลรวมความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด (Minimum Sum Squared Error: SSE) เป็นวิธีการที่ใช้ในการประมาณค่าของตัวแปรในแบบจำลอง (เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ m และ c ในสมการเส้นตรง) โดยพยายามหาค่าที่ทำให้ผลรวมของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่คาดการณ์ และค่าจริง มีค่าน้อยที่สุด ณ ที่นี้จะประยุกต์ใช้กับค่าปรับแก้ K โดยที่ปรีกษาจะทำการหาค่าผลต่างระหว่างค่าความเรียบผิวทางจริงที่ได้จากฐานข้อมูลกับค่าความเรียบผิวทาง ซึ่งจะติดอยู่ในพจน์ของ K_{gp}

หลังจากคำนวณและแทนค่าทุกปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความเรียบผิวทาง (ปัจจัยด้านโครงสร้างผิวทาง, ปัจจัยด้านรอยแตกร้าว, ปัจจัยด้านความถี่ร่องล้อ, ปัจจัยด้านหลุมบ่อ และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม)จะได้สมการที่ติดอยู่ในรูปของ K_{gp}

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

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



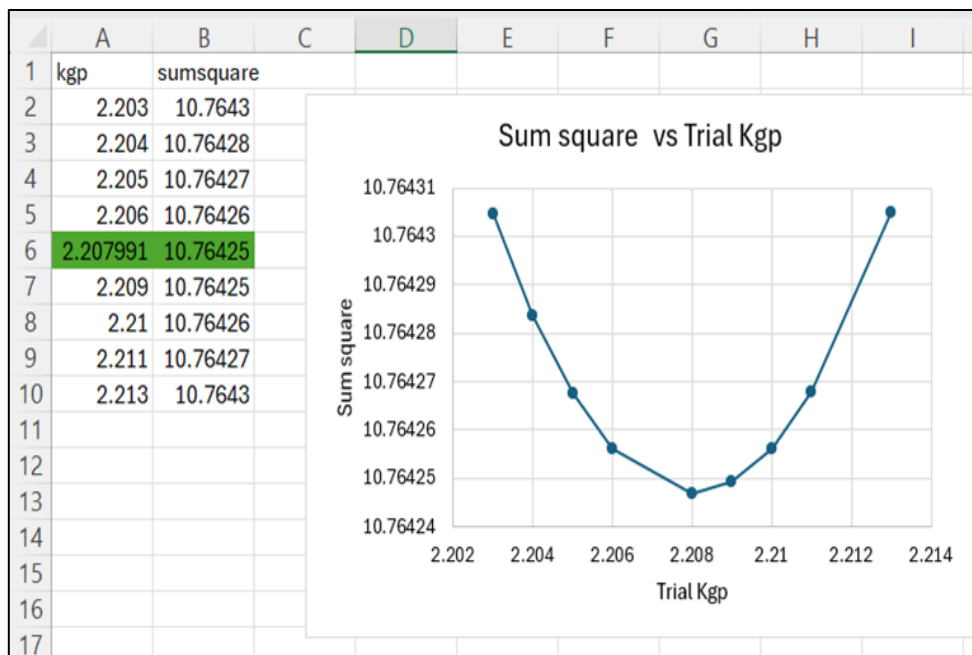
รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

ขั้นตอนที่ 2 ทำการหาค่าผลรวมกำลังสองที่ต่ำที่สุด (Minimum Sum Squared Error: SSE) จากการใช้คำสั่ง Solver ของฟังก์ชันใน Microsoft Excel ในการตั้งค่าจะกำหนดให้ค่าในเซลล์ที่ D2 มีค่าน้อยที่สุดหรือก็คือ ผลรวมกำลังสองที่มีค่าต่ำที่สุดโดยทำการเปลี่ยนค่าจากเซลล์ B1 หรือก็คือค่า Kgp จากขั้นตอนนี้เราจะได้อ่า Kgp ที่ทำให้ได้ค่าผลรวมกำลังสองที่มีค่าต่ำที่สุด

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	kgp	2.207991058		2.207991058	Solver Parameters Set Objective: \$D\$2 To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value Of: 0 By Changing Variable Cells: \$B\$1 Subject to the Constraints: Add Change Delete Reset All Load/Save ☒ Make Unconstrained Variables Non-Negative Select a Solving Method: GRG Nonlinear Options								
2	dir1 actual	dir1 model	sum err	10.7642467984089									
3	0.257387	0.093880615	0.026734										
4	0.346284	0.537203177	0.03645										
5	0.714	0.543985276	0.028905										
6	0.155153	0.558156458	0.162412										
7	0.162325	0.54598485	0.147195										
8	0.839073	0.545383451	0.086254										
9	0.11764	0.54596095	0.183459										
10	0.382564	0.539580264	0.024654										
11	0.089201	0.546730239	0.209333										
12	0.87909	0.543758653	0.112447										
13	0.436533	0.06057531	0.141344										
14	0.612857	0.57096416	0.001755										
15	0.98607	0.541380588	0.197749										
16	0.625455	0.252293414	0.139249										
17	0.258	0.355229782	0.009454										
18	0.556636	0.353429782	0.041293										
19	0.208095	0.058750541	0.022304										
20	0.166	0.090036863	0.00577										
21	0.125409	0.552662265	0.182545										
22	0.513142	0.334029213	0.032082										

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



(ข้อมูลในรูปแบบเป็นเพียงแคตัวอย่างเท่านั้น)



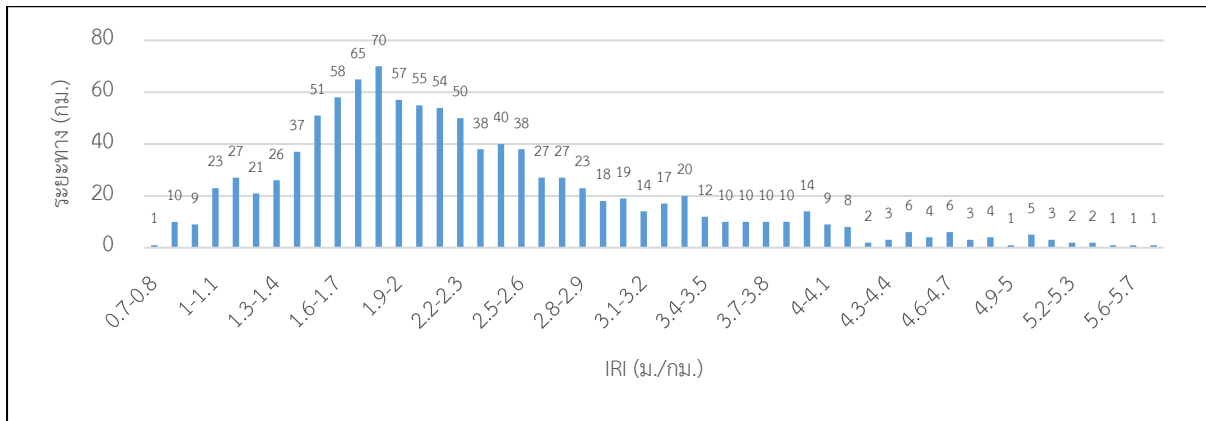


รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

การปรับแก้ค่า Kgp ในแบบจำลองการทำนายค่า IRI ของผิวทางลาดยาง

สายทางที่มีข้อมูลค่าความเสียหายและค่าดัชนีความเรียบขรุขระสากลจากฐานข้อมูลระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) พบว่า มีสายทางที่มีข้อมูลได้น้อยต่อเนื่องอย่างน้อย 3 ปี จำนวน 256 สายทาง ระยะทางทั้งหมด 11,460.814 กิโลเมตร จากระยะทางที่อยู่ในการดูแลของกรมทางหลวง 52,341.804 กิโลเมตร จากการคัดเลือกที่ปรึกษาได้ใช้สายทาง 57 สายทาง ระยะทางรวม 1,022 กิโลเมตร ที่ปรึกษาได้ดำเนินการใช้ข้อมูล สายทางทั้ง 57 สายทางเพื่อเป็นข้อมูลในการใช้เพื่อปรับแก้ค่า Kgp ได้ผลการปรับแก้จาก 2 กรณีได้ผลการสอบเทียบแสดงดังตารางผลการสอบเทียบค่า K โดยที่ปรึกษาได้ใช้หลักการ ดังนี้



การกระจายตัวของของค่าดัชนีความขรุขระสากล

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

ผลการสอบเทียบค่า K





รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

- แบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางคอนกรีต

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

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

RI_t คือ ค่าความขรุขระ ณ เวลาที่ t

Kjr_r คือ ค่าปรับแก้

PSR_t คือ ค่า PSR จากการทำนาย ณ เวลาที่ t

โดยสามารถหาค่า PSR_t ได้จากสมการ

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

PSR คือ คะแนนความสามารถในการให้บริการในปัจจุบัน

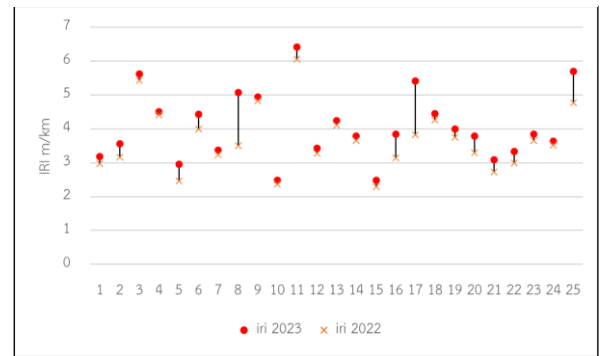
$TFAULT$ คือ ผลรวมความยาวรอยเลื่อนที่รอยต่อตามขวางต่อไมล์

$DCRACK$ คือ จำนวนความเสียหายของรอยแตกตามขวางต่อไมล์

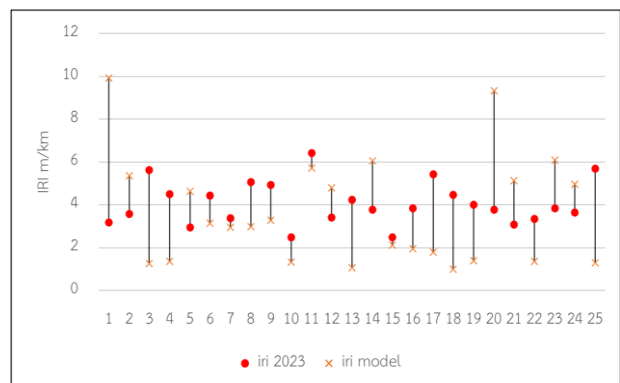
$SPALL$ คือ ร้อยละของรอยบิ่นกะเทาะที่รอยต่อ

จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความขรุขระของผิวทางคอนกรีตจำเป็นต้องคำนึงถึง 3 ปัจจัยคือ รอยเลื่อน (Faulting) รอยแตกร้าว (Cracking) และรอยบิ่นกะเทาะ (Spalling) และยังมีค่า Kjr_r ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่ใช้สำหรับการปรับแก้เพื่อให้แบบจำลองมีความใกล้เคียงกับค่าความขรุขระที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด โดยรายละเอียดในการทำการสอบเทียบเพื่อหาค่าคงที่ Kjr_r จะมีลักษณะเดียวกับกับแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ซึ่งถูกอธิบายละเอียดไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้

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



ที่ปรึกษาได้ดำเนินการวิเคราะห์ค่า IRI ที่ไม่มีการซ่อมด้วยแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางคอนกรีตโดยใช้ค่าความเสียหายของผิวทางคอนกรีตปี 2023 เพื่อทำการหาค่า IRI หลังผ่านแบบจำลองและนำมาเปรียบเทียบกับค่า IRI ที่ไม่มีการซ่อมบำรุงของปี 2024 ได้ดังรูปที่ 2-87 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของค่า IRI ที่ได้จากแบบจำลองจะมีค่าที่สูงกว่าความเป็นจริงและมีทั้งน้อยกว่าความเป็นจริงทั้งนี้เนื่องจากถ้าสังเกตจากสมการของแบบจำลองการเสื่อมสภาพ จะเห็นได้ว่าสมการที่ใช้ไม่ได้มีการคำนึงถึงค่า IRI เริ่มต้น ทำให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่า IRI จากแบบจำลองการเสื่อมสภาพมีค่าขึ้นอยู่กับความเสียหาย หรือสามารถบอกได้ว่า ในกรณีที่สายทางที่มีค่าความเสียหายน้อยมากๆจะส่งผลให้ค่าความเรียบผิวทาง เรียบผิดปกติ และในกรณีที่สายทางที่มีค่าความเสียหายสูง จะส่งผลให้ค่าความเรียบผิวทางสูงกว่าปกติ





รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

- แบบจำลองผลกระทบจากการซ่อมบำรุง (Road Work Effects Model)

จากการศึกษาแบบจำลองผลกระทบการซ่อมบำรุง แบ่งออกตามประเภทของวิธีการซ่อมบำรุง ดังนี้

- 1) แบบจำลองผลกระทบค่า IRI หลังการฉาบผิวทางลาดยาง (Slurry Seal) มีสมการในการคำนวณ ดังนี้

$$Rib = Ria - \text{MAX}\{0, \text{MIN}[A0 \cdot (Ria - 2.85), 0.06 \cdot Hsl]\}$$

Rib = IRI หลังการฉาบผิว (m/km)

Ria = IRI ก่อนการฉาบผิว (m/km)

Hsl = ความหนาของการฉาบผิว l (mm)

A0 = 1 ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ (Default)

- 2) แบบจำลองผลกระทบค่า IRI หลังการเสริมผิวทางลาดยาง (Overlay) มีสมการในการคำนวณ ดังนี้

$$\Delta Rib = \text{max}\{0, a0[\text{min}(a1, Rlaw) - a2] + a3 \text{max}\{0, (Rlaw - a1)\}\}$$

$$Ribw = Rlaw - \Delta Rib$$

$$a0 = 0.9 \text{ (default)}$$

$$a1 = \text{max}\{4.0, 2.1 \exp[0.019 \text{HSNEWbw}]\}$$

$$a2 = 1 + 0.018 \text{max}\{0, (100 - \text{HSNEWbw})\}$$

$$a3 = \text{min}\{a0, \text{max}\{0, (0.01 \text{HSNEWbw} - 0.15)\}\}$$

ΔRib = การลดค่าของค่า IRI หลังการเสริมผิวทาง

Rlaw = ค่า IRI ก่อนการเสริมผิวทาง (m/km)

Ribw = ค่า IRI หลังการเสริมผิวทาง (m/km)

HSNEWbw = ความหนาของการเสริมผิวทาง (mm)

- 3) แบบจำลองผลกระทบค่า IRI หลังการซ่อมด้วยการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่และงานบูรณะผิวทาง (Recycling) เป็นการรื้อซ่อมตั้งแต่ชั้นโครงสร้างทาง จากนั้นจึงลาดผิวทางใหม่ด้วยแอสฟัลต์ ดังนั้นค่า IRI หลังจากการซ่อมด้วยวิธีนี้จะมีความใกล้เคียงกับถนนใหม่อยู่ที่ประมาณ 1.5 - 2.1 ดังนั้น การกำหนดค่า IRI หลังการซ่อมจึงกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2.0 m/km

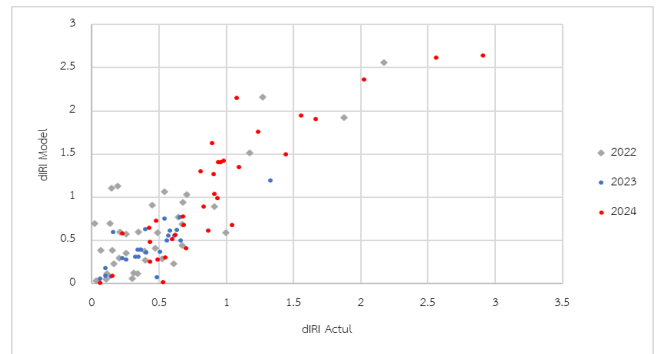
ที่ปรึกษาได้ดำเนินการคัดเลือกสายทางที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ตามขั้นตอน คือ เลือกสายทางที่มีงานบำรุงเป็นสายทางที่มีการซ่อมบำรุงปกติ (Routine Maintenance) และเลือกเฉพาะสายทางที่ไม่มีการซ่อมบำรุงเกิดขึ้นในระยะเวลา 3 ปี (ช่วงปี พ.ศ. 2564 - 2566)

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

เมื่อที่ปรึกษาได้สายทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเรียบผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว ที่ปรึกษาจึงแยกการวิเคราะห์ตามพฤติกรรมและหลักการของค่าความเรียบได้ 2 แบบจำลอง ดังต่อไปนี้

แบบจำลองผลกระทบจากการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการเสริมผิว (HDM)

เมื่อที่ปรึกษาได้ดำเนินการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเรียบหลังการซ่อมแบบเสริมผิวจากแบบจำลอง TPMS และค่าความเรียบหลังการซ่อมจากข้อมูลสายทางจริง พบว่าทั้ง 2 ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้



แบบจำลองผลกระทบจากการซ่อมบำรุงด้วยการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่และงานบูรณะผิวทาง

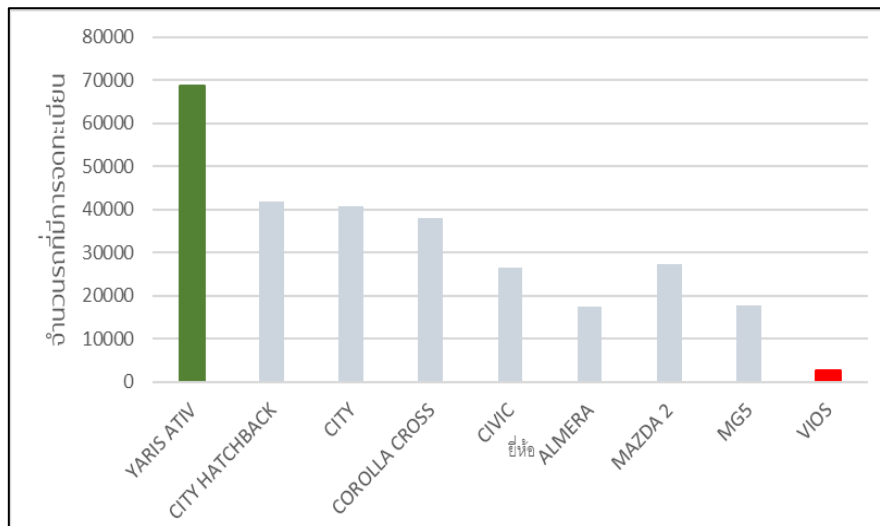
จากข้อมูลที่ที่ปรึกษาได้รวบรวม สามารถแสดงค่าความเรียบภายหลังการซ่อม รายละเอียดดังนี้

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

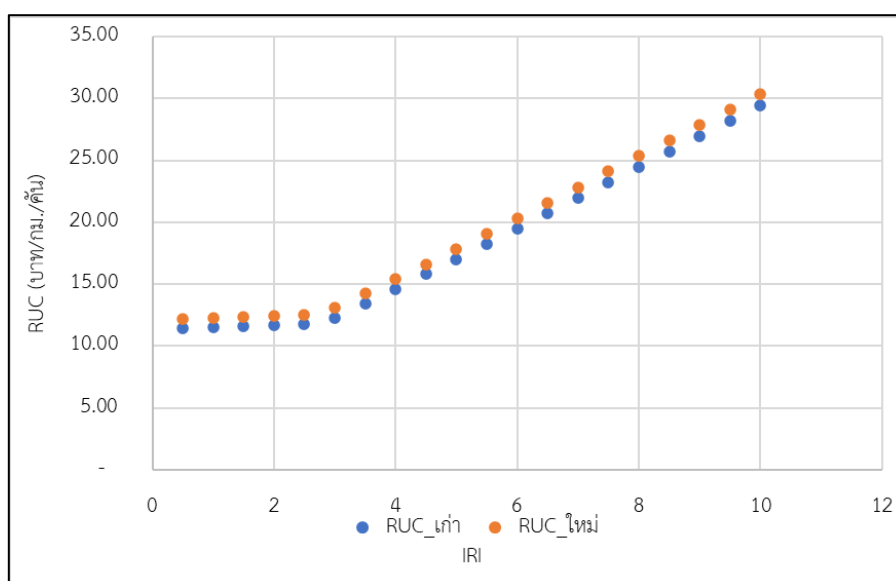


- แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่าที่เหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวง (Road User Effects Model)

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลสถิติจำนวนรถจดทะเบียนครั้งแรกย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2564 - พ.ศ. 2566) จากกรมขนส่งทางบกเพื่อนำจำนวนรถที่มีการจดทะเบียนจำนวนมากมาใช้อ้างอิงข้อมูลตัวแทนยานพาหนะเพื่อใช้ในการค้นหาข้อมูลราคาต่าง ๆ และได้ดำเนินการอัปเดตข้อมูลจากตัวแทนยานพาหนะที่ได้จากข้อมูลของกรมขนส่งทางบก ไม่ว่าจะเป็น ราคาของตัวแทนยานพาหนะ ราคาน้ำมันหล่อลื่น จำนวนเพลลา ราคายาง และค่าแรงซ่อมบำรุง เป็นต้น โดยข้อมูลที่ถูกรวบรวมจะเป็นข้อมูลที่ถูกรวบรวมมาใช้วิเคราะห์แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่าที่เหมาะสมกับโครงข่ายทางหลวง (Road user effects model)



จากการเปรียบเทียบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่า (Road user effects model) ที่ดำเนินการอัปเดตข้อมูลกับค่าเดิมโดยเปรียบเทียบที่ค่า IRI มากขึ้น 0.5 ม./กม. พบว่าในช่วงค่า IRI มากกว่า 2.5 ขึ้นไป ค่า RUC จะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นลำดับเนื่องจากแบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่ามีการจำลองสภาพการใช้เครื่องยนต์ เมื่อค่า IRI ไม่เกิน 2.5 แบบจำลองวิเคราะห์ความคุ้มค่าจะเลือกใช้รอบเครื่องยนต์ในสภาพนิ่ง (Ideal Engine) แต่เมื่อค่า IRI เกิน 2.5 แบบจำลองจะเริ่มใช้การใช้รอบเครื่องยนต์ที่ได้จากการคำนวณเข้ามาคำนวณในแบบจำลอง จึงส่งผลค่า RUC มีค่ามากขึ้นตามลำดับตามค่า IRI





รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

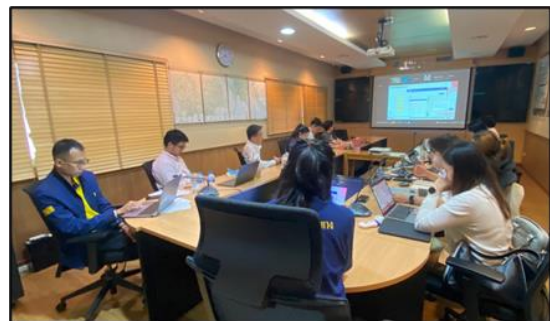
ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านยานพาหนะ												
ชื่อ ยานพาหนะ	ยี่ห้อ	ราคา	น้ำหนัก	เชื้อเพลิง	ราคา น้ำมันหล่อลื่น	เพลลา	ล้อ	ราคายาง	จำนวน ผู้โดยสาร	% ผู้โดยสารที่เดินทาง ไปทำงาน	มูลค่าเวลาที่เดินทาง ไปทำงาน	ค่าแรง ซ่อมบำรุง
Motorcycle	HONDA/WAVE 110	36,830	200	Petrol	540	2	2	400	2	1	70	55.62
Car<=7	TOYOTA/YARIS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

ส่วนที่ 4 : การปรับปรุงและพัฒนา ระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS)

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



ผู้ใช้งานระดับผู้บริหาร (Executive Level)



ผู้ใช้งานระดับโครงข่าย (Network Level)



ผู้ใช้งานระดับปฏิบัติการ (Project Level)

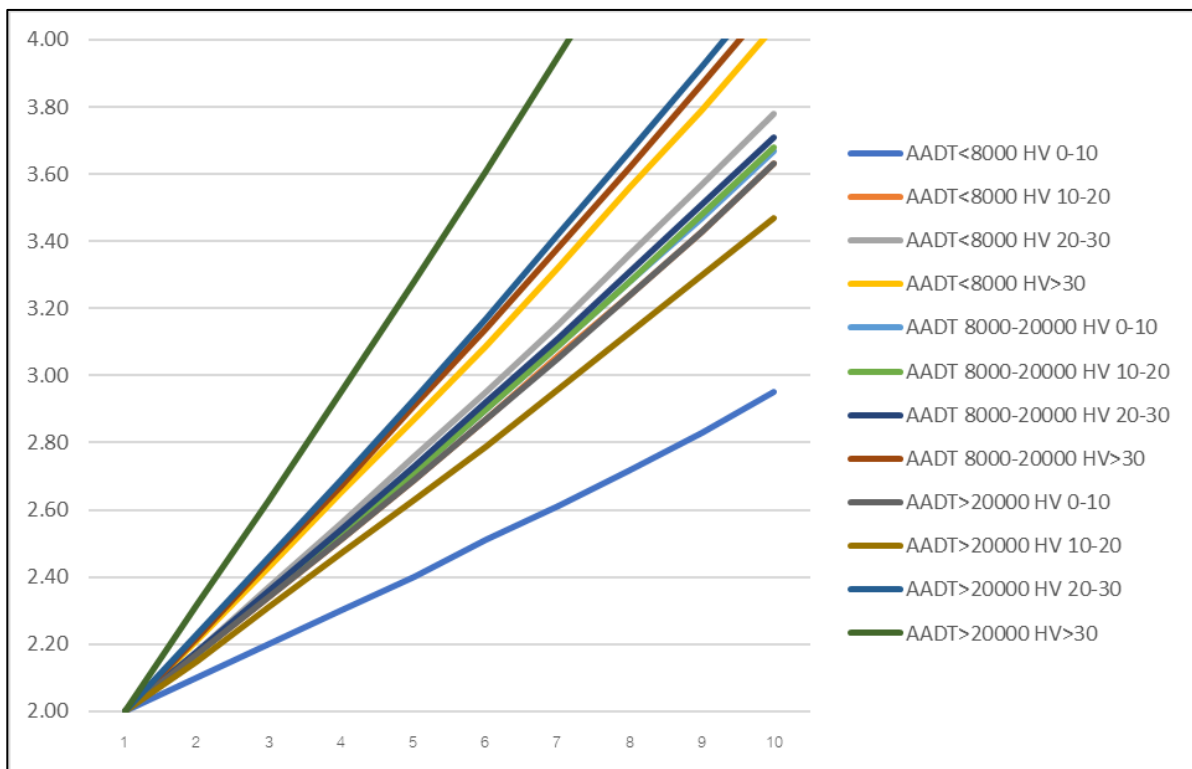


ส่วนที่ 6 : งานวิเคราะห์ความเหมาะสมในงานสำรวจสภาพทาง และการวิเคราะห์ความต้องการในการบำรุงโครงสร้างทางหลวง โดยระบบ TPMS

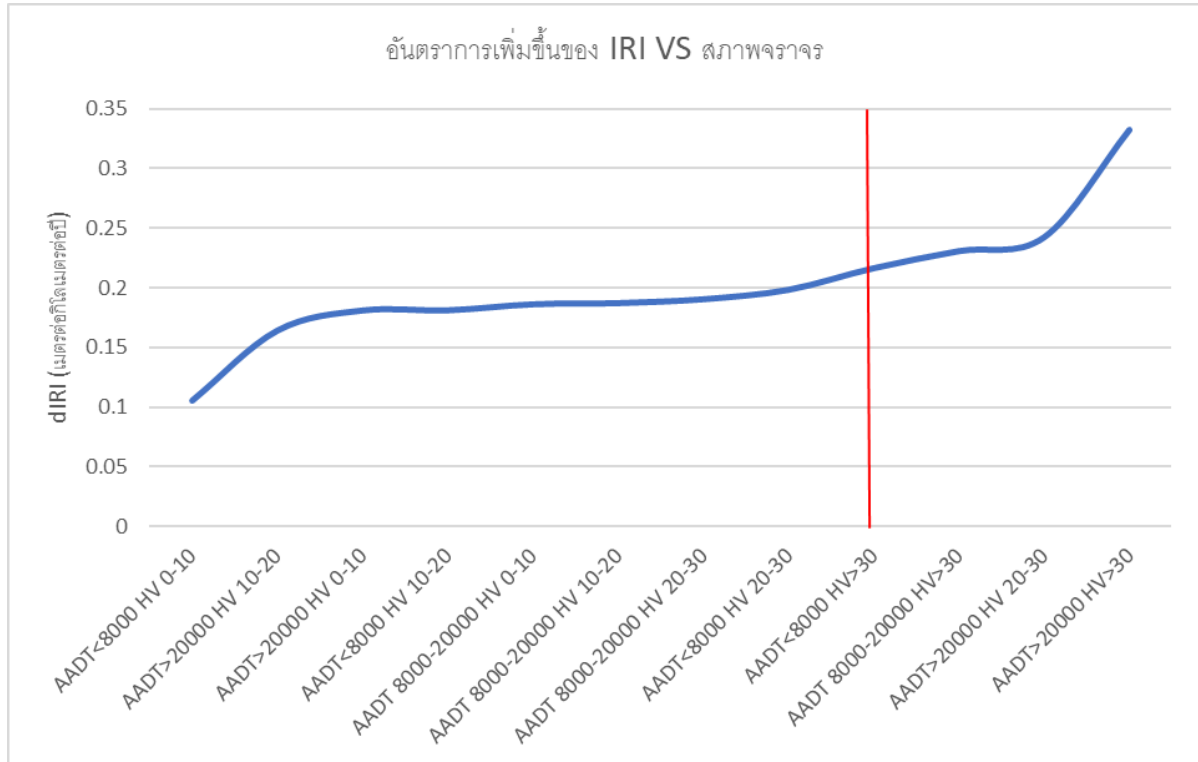
6.1 การวิเคราะห์เงื่อนไขและรอบระยะเวลาของการสำรวจค่าความเสียหายที่เหมาะสมเพื่อให้ครอบคลุมโครงข่ายทางหลวงทั่วประเทศ โดยพิจารณาประกอบกับปัจจัยหลายประเภท

เมื่อพิจารณาปัจจัยหลักจากแบบจำลองการเสื่อมสภาพของ โดยในแบบจำลองต้นแบบของ HDM-4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความชุกชุมของผิวทาง ได้แก่ ปริมาณจราจร และปริมาณรถบรรทุกหนักที่จะส่งผลกระทบต่อ ค่าจำนวนเพลามาตรฐานเทียบเท่า (Annual Number of Equivalent Standard Axles : YE4) เป็นตัวแปรหลักที่ส่งผลให้ IRI เพิ่มขึ้นในแต่ละปีทางที่ปรึกษาถึงทำการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เพื่อวิเคราะห์หาสายทางที่มีความเสี่ยงต่อการเสื่อมสภาพของค่า IRI มากกว่า 3.5 เมตร/กิโลเมตร เพื่อกำหนดเป็นสายทางที่จำเป็นต้องดำเนินการสำรวจ

ซึ่งจากการทดสอบวิเคราะห์ค่าการเสื่อมสภาพของค่า IRI โดยแบบจำลองการเสื่อมสภาพจาก TPMS จะสามารถแสดงค่า IRI ที่เพิ่มขึ้นจากการทำนาย โดยเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจร และร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนัก ตามปีที่เพิ่มขึ้น



จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ยิ่งปริมาณจราจรและ ร้อยละของรถบรรทุกหนักที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลกระทบต่อค่า IRI ที่ได้จากการทำนายมีการเสื่อมสภาพเร็วมากขึ้นตามไปด้วย โดยหากพิจารณาจากสายสายทางที่ ค่า IRI ไม่เกินที่คุณภาพ หรือ IRI < 3.5 จะทำให้สามารถกำหนดเงื่อนไข และวงรอบระยะเวลาของการสำรวจได้



สายทางที่จำเป็นต้องสำรวจทุกปี

สายทางที่มีค่า dIRI มากกว่า 0.216 เมตรต่อกิโลเมตร มีปริมาณจราจรน้อยกว่า 8,000 คันต่อวัน และมีร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนักมากกว่า 30

- สายทางที่มีค่า dIRI มากกว่า 0.216 เมตรต่อกิโลเมตร มีปริมาณจราจรอยู่ในช่วง 8,000 ถึง 20,000 คันต่อวัน และมีร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนักมากกว่า 30
- สายทางที่มีค่า dIRI มากกว่า 0.216 เมตรต่อกิโลเมตร มีปริมาณจราจรมากกว่า 20,000 คันต่อวัน และมีร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนักอยู่ในช่วง 20 ถึง 30
- สายทางที่มีค่า dIRI มากกว่า 0.216 เมตรต่อกิโลเมตร มีปริมาณจราจรมากกว่า 20,000 คันต่อวันและมีร้อยละของปริมาณรถบรรทุกหนักมากกว่า 30

6.2 การเสนอแนะหลักเกณฑ์การเก็บข้อมูลสภาพผิว

ทาง จากความสัมพันธ์ระหว่างการเสื่อมสภาพทาง การวางแผนสำรวจ และปัจจัยที่ได้ศึกษาเพื่อการยกระดับการเก็บข้อมูลสภาพผิวทางให้มีความคุ้มค่าและประสิทธิผลสูงสุด

ที่ปรึกษาเสนอให้มีลำดับขั้นการวางแผนสำรวจสายทางเบื้องต้น เป็นระยะทางตามขอบเขตงานไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร (ระยะทางสำรวจจริง) ทั้งผิวลาดยาง และผิวคอนกรีต รวมไปถึงทางคู่ขนานของแต่ละสายทาง ดังนี้

- สายทางที่จะทำการสำรวจ อยู่ในพื้นที่ความรับผิดชอบของสำนักทางหลวงที่ 1 ถึง 18 ซึ่งไม่รวมพื้นที่ในจังหวัดชายแดนภาคใต้ตาม พ.ร.บ. รักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร ได้แก่ จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา จังหวัดนราธิวาส และ 4 อำเภอ ในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี อำเภोजะนะ และอำเภอสบ้าย้อย



รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

- เกณฑ์ที่ได้รับจากคณะกรรมการ ระยะทางสำรวจรวม ระยะทางไม่น้อยกว่า 39,000 กิโลเมตร (ระยะทางสำรวจจริง) ประกอบด้วย
 - ยึดตามลำดับชั้นทางหลวงเป็นหลัก โดยลำดับชั้นทางหลวงที่ 1 ทำการสำรวจทั้งหมด
 - สายทางที่ไม่เคยสำรวจในรอบ 3 ปี ที่ผ่านมา ให้นำมาสำรวจก่อน โดยใช้อุปกรณ์ Laser Crack Measurement System (LCMS) เป็นหลัก
 - หากระยะทางยังไม่ถึงตามข้อกำหนด ให้คัดเลือกสายทางในลำดับชั้นทางหลวงที่ 2 โดยอ้างอิงจากปริมาณการจราจร (AADT) มากกว่า 8,000

ความเรียบ	IRI (ม./กม.)	ระยะทาง	ร้อยละ	ร้อยละสะสม
ดีมาก	< 2.5	41,956.110	61.23	61.23
ดี	2.5 - 3.5	20,315.915	29.65	90.00
พอใช้	3.5 - 4.5	5,147.96	7.51	98.39
ชำรุด	> 4.5	1,102.325	1.61	100.00
รวม		68,522.31	100	

หมายเหตุ : ข้อมูลการสำรวจ 2567 ไม่ครอบคลุมถึงพื้นที่ในจังหวัดชายแดนใต้ตาม พ.ร.บ. รักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร ได้แก่ จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา และจังหวัดนราธิวาส รวมถึง 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี อำเภोजะนะ และอำเภอสะบ้าย้อย

1. จัดบัญชีสายทางและผิวทาง เสนอต่อคณะกรรมการคณะกรรมการโครงการฯ และหน่วยงานในพื้นที่ เพื่อพิจารณาเห็นชอบวิธีการ และความเป็นไปได้ในการสำรวจ
2. ประชุมชี้แจง และแจ้งสายทางสำรวจโดยส่งบัญชีสายทางที่อยู่ในแผนการสำรวจ ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ดิจิทัล โดยการจัดทำแผนที่โครงข่ายเส้นทางสำรวจ (Layout) ขนาด A4 รายแขวงทางหลวงส่งมอบให้กรมจำนวน 104 แขวงทางหลวง ในรูปแบบ ไฟล์ PDF และรูปแบบไฟล์ KML (Keyhole Markup Language) เพื่อพร้อมเปิดใช้งาน ในรูปแบบแผนที่ โดยให้แก่เจ้าหน้าที่ สำนักงานทางหลวง และแขวงทางหลวงในพื้นที่ที่สำรวจสภาพทางเป็นผู้พิจารณา พร้อมติดต่อประสานงานสอบถามความพร้อมก่อนเข้าสำรวจพื้นที่จริง เพื่อสอบถามสายทางดังกล่าวมีการก่อสร้าง หรือขยายช่องจราจรหรือไม่





รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

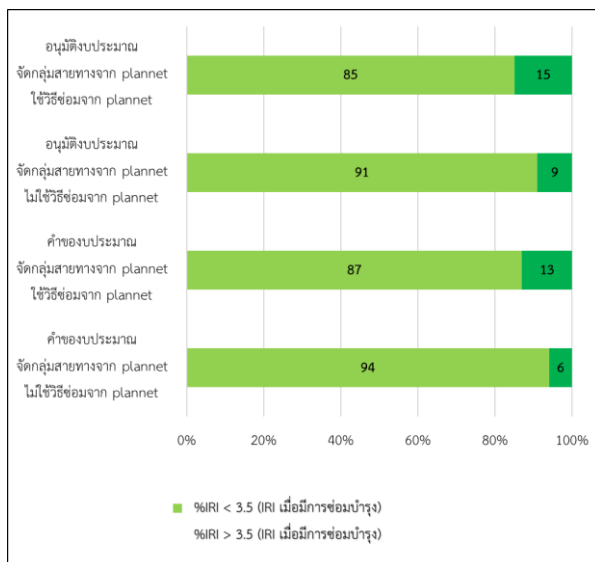
โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

6.3 การวิเคราะห์แผนการในการบำรุงโครงสร้างทางหลวง โดยระบบ TPMS ทั้งแบบกลยุทธ์ (แผนการซ่อมระยะยาว) และประจำปี

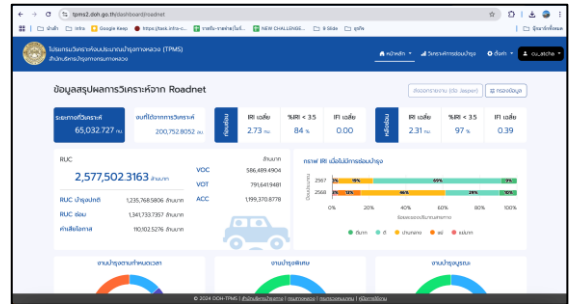
ที่ปรึกษาได้เตรียมข้อมูลสำหรับการทำการแปลผลข้อมูลสภาพโครงสร้างทางหลวงจากข้อมูลสภาพความเสียหายของทางหลวงในฐานะข้อมูลRoadnet ด้วยโปรแกรม TPMS

1) การวิเคราะห์แผนการในการบำรุงโครงสร้างทางหลวง โดยระบบ TPMS แบบประจำปี

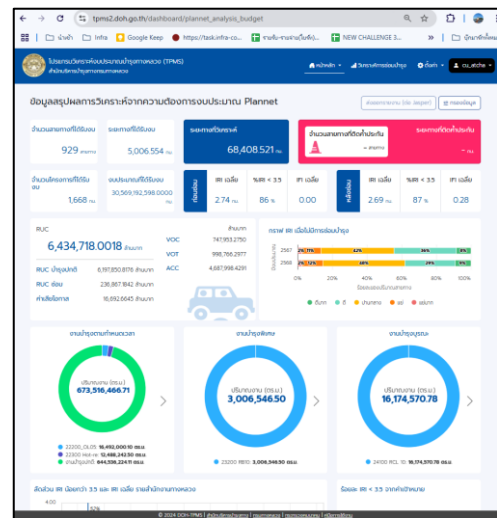
จากการวิเคราะห์คาดการณ์ค่าสภาพความเรียบผิวทางโดยแบบจำลองความเสื่อมสภาพของทางในระบบ TPMS (Road Condition Deterioration Model) จากฐานข้อมูลความเสียหายที่มีอยู่ทั้งหมดตั้งแต่ปี 2557 ถึง 2567 ทั้งในส่วนของการบริหารจัดการบำรุงทาง และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ โดยการวิเคราะห์ทางที่ปรึกษาได้คัดกรองสายทางที่มีค่า IRI ผิดปกติ โดยเลือกสายทางที่มีค่า IRI อยู่ในช่วง 3.5 - 7.0 เมตรต่อกิโลเมตร และดำเนินการวิเคราะห์ซ่อมบำรุงทางหลวงในปี 2568 ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้



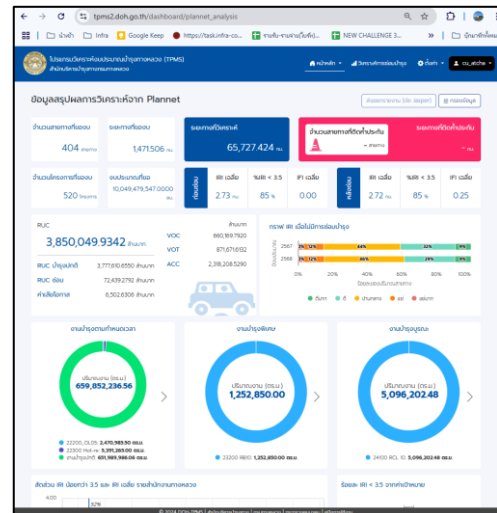
จากรูปที่ปรึกษาได้กำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์เป็นแบบไม่จำกัดงบประมาณโดยใช้เงื่อนไขที่แตกต่างกันทั้งวิธีวิธีซ่อมจาก Plannet และ แผนงานที่เลือกสายทางจาก Roadnet



Dashboard ภาพรวมผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบประมาณจาก Roadnet



Dashboard ภาพรวมผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบประมาณจาก Plannet แต่ไม่ใช้วิธีซ่อมตาม Plannet



Dashboard ภาพรวมผลการวิเคราะห์ประจำปีแบบไม่จำกัดงบประมาณจาก Plannet และใช้วิธีซ่อมตาม Plannet





การเปรียบเทียบงบประมาณของผลการวิเคราะห์ซ่อมแบบไม่จำกัดงบประมาณเมื่อเกณฑ์ต่างกัน

รายละเอียด	IRI ปัจจุบัน	% IRI < 3.5 (IRI ปัจจุบัน)	IRI เมื่อไม่มี การ ซ่อมบำรุง	%IRI < 3.5 (IRI เมื่อไม่มีการซ่อม บำรุง)	IRI เมื่อมีการ ซ่อมบำรุง	%IRI < 3.5 (IRI เมื่อมีการซ่อม บำรุง)	ซ่อมแบบไม่จำกัด งบประมาณ (ล้านบาท)
สภาพโครงข่ายก่อนวิเคราะห์	2.6	90	-	-	-	-	-
ผลการวิเคราะห์ทั่วประเทศแบบไม่ จำกัดงบ	2.6	93	2.73	84	2.31	97	200,752
อนุมัติงบประมาณจัดกลุ่มสายทางจาก plannet ใช้วิธีซ่อมจาก plannet	2.60	90	2.73	85	2.72	85	10,049
อนุมัติงบประมาณจัดกลุ่มสายทางจาก plannet ไม่ใช้วิธีซ่อมจาก plannet	2.60	90	2.73	85	2.69	91	10,049
ฉบับร่างของงบประมาณ จัดกลุ่มสายทาง จาก plannet (ใช้วิธีซ่อมจาก plannet)	2.60	90	2.74	86	2.69	87	30,569
ฉบับร่างของงบประมาณ จัดกลุ่มสาย ทางจาก plannet (ไม่ใช้วิธีซ่อมจาก plannet)	2.60	90	2.74	86	2.63	94	30,569

2) การวิเคราะห์แผนการในการบำรุงโครงสร้างทางหลวง โดยระบบ TPMS แบบกลยุทธ์

ที่ปรึกษาได้แปลผลข้อมูลจากโปรแกรมบริหารบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System : TPMS) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแผนงานบำรุงรักษา ซึ่งเหมาะสมทั้งทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ ที่ปรึกษาได้จัดทำรายงานการจัดสรรงบประมาณบำรุงทางในระยะยาว โดยใช้ระบบ TPMS เพื่อใช้ในการวางแผนในระยะเวลา 5 ปี (ปี 2568 – 2572) โดยในการวิเคราะห์ประกอบด้วย การจัดสรรงบประมาณแบบไม่จำกัดงบประมาณ การจัดสรรงบประมาณแบบจำกัดงบประมาณ และแบบกำหนดดัชนีค่า IRI ไม่เกินค่าที่กำหนด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1) แผนงานซ่อมบำรุงแบบการจัดสรรงบประมาณแบบไม่จำกัด

กรมทางหลวงได้รับงบประมาณประจำปีเพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงโครงสร้างทางหลวง ในปี พ.ศ. 2568 จำนวน 20,000 ล้านบาท (งบประมาณจากการประมาณการ) ซึ่งจากการวิเคราะห์แผนงานซ่อมบำรุงแบบไม่จำกัดงบประมาณ 5 ปี ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 จนถึงปีงบประมาณ พ.ศ. 2572 พบว่า ในปี พ.ศ. 2568 กรมทางหลวงต้องการงบประมาณสูงสุดที่ 200,752 ล้านบาท เพื่อใช้ในการซ่อมสายทางทั้งหมดของกรมทางหลวง (ไม่รวมสายทางที่ติดค่าประกัน) ให้ได้ค่า IRI น้อยที่สุด โดยที่ค่า IRI ก่อนการซ่อมบำรุงปี พ.ศ. 2568 เป็น 2.10 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อมีการซ่อมบำรุงตลอด 5 ปี (พ.ศ. 2569 - พ.ศ. 2572) จะสามารถรักษาค่า IRI อยู่ที่ 2.10 2.17 2.23 2.23 2.15 และ 2.28 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.28 เมตรต่อกิโลเมตร โดยที่งบประมาณที่ต้องการเพื่อให้ค่า IRI เฉลี่ยทั้งโครงข่ายต่ำที่สุด ตลอดระยะเวลา 5 ปี จะมีความต้องการงบประมาณเฉลี่ยปีละ 85,000 ล้านบาท

จะเห็นได้ว่างบประมาณของแผนไม่จำกัดงบในปีแรก ซึ่งใช้งบประมาณกว่าสองแสนล้านบาท จะทำให้ผลการวิเคราะห์สายทางที่มีความเสียหายมาก ถูกซ่อมเกือบหมดในปีแรกและในปีต่อ ๆ ไป จะเป็นการซ่อมบำรุงลักษณะเชิงป้องกัน ได้แก่ ฉาบหรือเสริมผิว อีกทั้งในระบบจะกำหนดให้สายทางส่วนมากที่ถูกซ่อมบำรุงไปแล้วติดค่าประกันจากการซ่อมปีแรก จึงไม่สามารถซ่อมได้อย่างต่อเนื่องได้



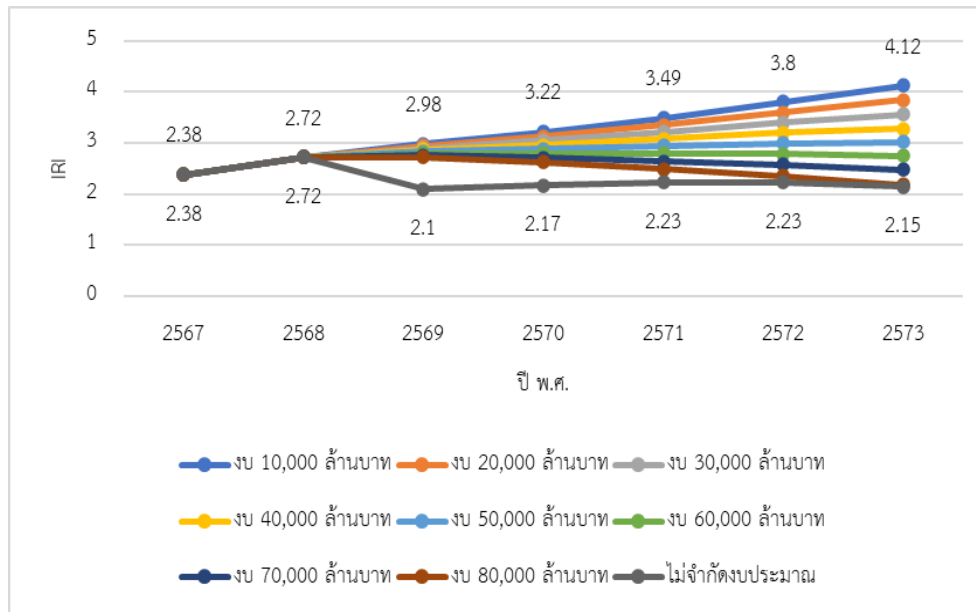
รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

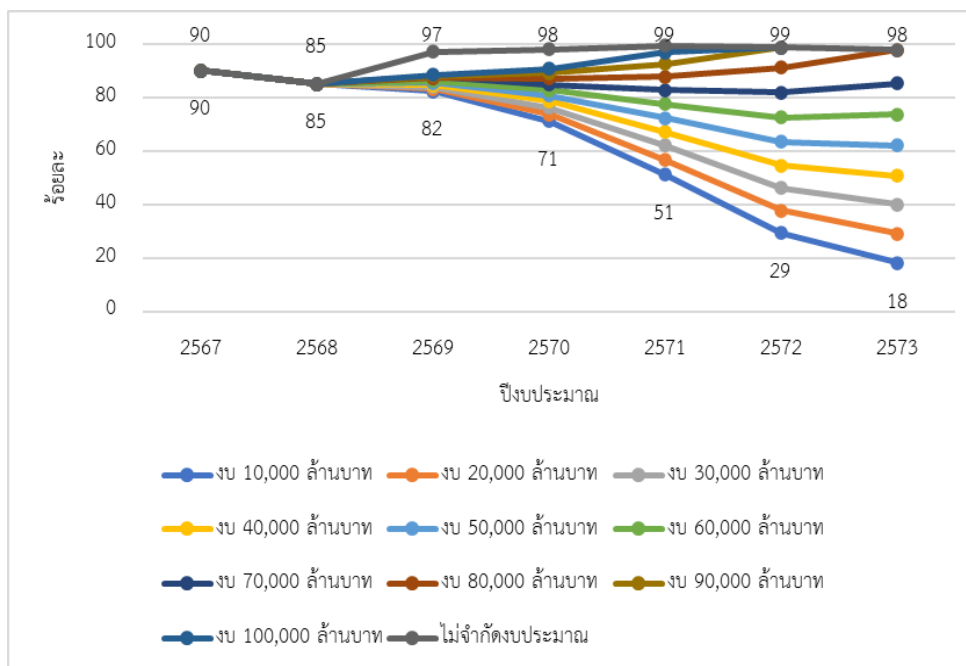
2.2) แผนงานซ่อมบำรุงเชิงกลยุทธ์แบบจำกัดงบประมาณ 5 ปี โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบสภาพโครงข่ายทางในกรณีที่ได้รับเงินงบประมาณแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์จะเห็นว่า หากกรมทางหลวงต้องการที่จะคงค่า IRI < 3.5 ที่ประมาณร้อยละ 90.38 ของระยะความยาวสายทางทั้งหมด (คำรับรองการปฏิบัติราชการปี พ.ศ. 2562) ตลอดระยะเวลา 5 ปี จำเป็นจะต้องใช้งบประมาณปีละ 75,000 ล้านบาท

โดยการวิเคราะห์นี้เป็นการวิเคราะห์จากผลประโยชน์ของผู้ใช้ทางต่อค่าซ่อมบำรุง (B/C) เท่านั้น ไม่ได้คำนึงถึงการกระจายงบประมาณจากความจำเป็นในการซ่อม จึงอาจเป็นผลให้มีบางสายทางที่ไม่ได้รับการซ่อมบำรุงในปีหลัง



ค่า IRI ของแผนงบประมาณที่ได้รับในแต่ละปี



ร้อยละของค่า IRI ที่น้อยกว่า 3.5 ในแต่ละปีงบประมาณ





รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

งบประมาณ	ปี 2568	ปี 2569	ปี 2570	ปี 2571	ปี 2572	เฉลี่ยตลอด 5 ปี
งบ 10,000 ล้านบาท	2.72	2.98	3.22	3.49	3.8	4.12
งบ 20,000 ล้านบาท	2.72	2.94	3.13	3.35	3.6	3.84
งบ 30,000 ล้านบาท	2.72	2.9	3.05	3.22	3.4	3.56
งบ 40,000 ล้านบาท	2.72	2.87	2.96	3.08	3.2	3.28
งบ 50,000 ล้านบาท	2.72	2.83	2.88	2.94	2.99	3.02
งบ 60,000 ล้านบาท	2.72	2.8	2.8	2.8	2.79	2.75
งบ 70,000 ล้านบาท	2.72	2.76	2.71	2.64	2.57	2.48
งบ 80,000 ล้านบาท	2.72	2.72	2.63	2.49	2.35	2.18
ไม่จำกัดงบประมาณ	2.72	2.1	2.17	2.23	2.23	2.15

ค่า IRI เฉลี่ยตามแผนและปีงบประมาณ 5 ปี

3) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

กระบวนการวิเคราะห์โดยโปรแกรม TPMS เป็นการหาวิธีการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมตามหลักวิศวกรรม โดยการวิเคราะห์จะกำหนดงบประมาณที่ต้องการในการซ่อมบำรุง (Cost) ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ได้แก่

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

การวิเคราะห์จะกำหนดงบประมาณในการซ่อมบำรุง ตั้งแต่งบประมาณ 10,000 ล้านบาท ไปจนถึงไม่จำกัดงบประมาณในการซ่อมบำรุง เพื่อหาค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงภายใต้เงื่อนไขงบประมาณดังกล่าว และพิจารณาสัดส่วนร้อยละของค่า IRI ที่น้อยกว่า 3.5 และสำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง ได้สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณในปี 2568 กับร้อยละของระยะทางบนทางหลวงที่มีค่า IRI < 3.5 ของโครงข่ายทางหลวงตามงบประมาณบำรุงทางที่ได้รับกาจัดสรรทั้งประเทศในปี 2568 แสดงดังสมการ

$$\text{Budget} = 18,195.82 * (\% \text{IRI}_{2568} < 3.5) - 1,554,454.30$$

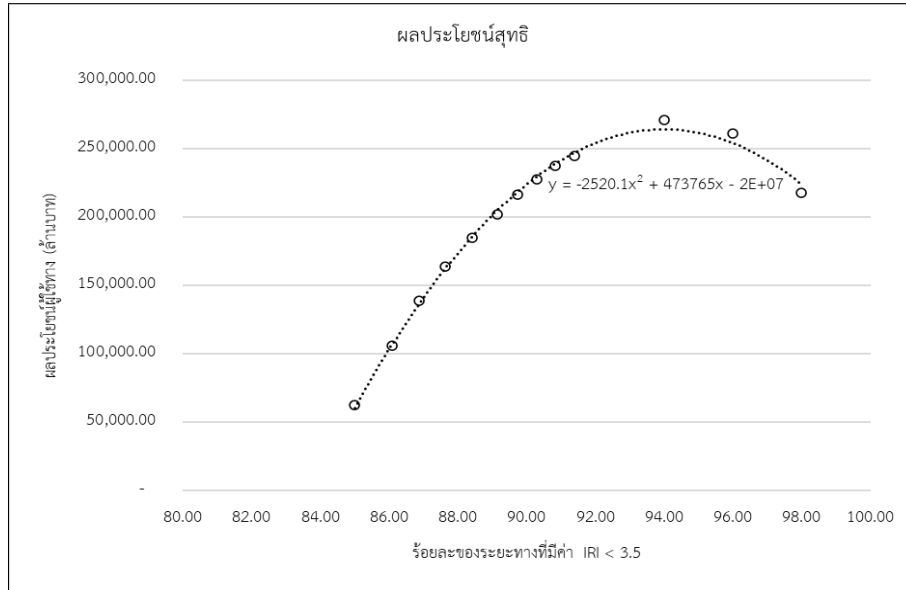
โดยที่

Budget = งบประมาณบำรุงรักษาดนลาดยางในปี 2568 (ล้านบาท)

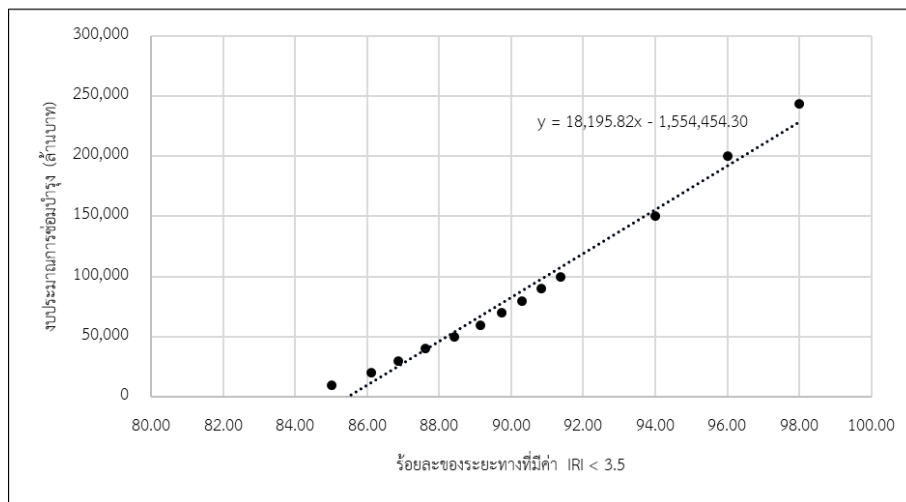
$\% \text{IRI}_{2569} < 3.5$ = ร้อยละของระยะทางของโครงข่ายทางหลวงที่มีค่า IRI น้อยกว่า 3.5 ม./กม.

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





ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของระยะทางที่มีค่า IRI < 3.5 กับผลประโยชน์สุทธิ



ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของถนนในโครงข่ายที่มีค่า IRI < 3.5 ม./กม. กับงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในปี 2568 (เฉพาะถนนลาดยาง)

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



รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)

โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

ตารางสรุปความต้องการงบประมาณการซ่อมบำรุงในปีงบประมาณ 2568

งบประมาณ (ล้านบาท)	ร้อยละ IRI < 3.5	คำอธิบาย
-	90.38	ค่าปฏิบัติราชการ
-	90.00	สภาพทางหลวงปัจจุบัน
-	85.00	สภาพทางหลวงในปี 2568 เมื่อไม่มีการซ่อมบำรุง
10,050	85.00	งบประมาณที่ได้รับในปี 2568 (จาก PLANNET 4 รหัสงานซ่อม)
123,581	90.38	ค่าปฏิบัติราชการ
150,000	92.00	ผลประโยชน์ผู้ใช้ทางสูงสุด
200,752	97.00	ได้รับงบประมาณแบบไม่จำกัด

ส่วนที่ 7 : การจัดทำคู่มือสอบการใช้งานระบบ และสื่อวีดิทัศน์

7.1 จัดทำคู่มือผู้ใช้งานระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) (User Manual)

โดยในรายละเอียดของคู่มือผู้ใช้งานระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) จะเป็นการอธิบายวิธีการใช้งานต่างๆ ภายในระบบ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการบำรุงรักษาเชิงกลยุทธ์ บำรุงรักษาประจำปี หรือตั้งค่า รวมไปถึงอธิบายถึงตัวแปรที่จำเป็นในการนำไปวิเคราะห์ เพื่อให้ผู้ใช้งานระบบสามารถใช้งานระบบได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ



7.2 จัดทำคู่มือผู้ดูแลระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) (Administrator Manual)

ในส่วนของคุณสมบัติของผู้ดูแลระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ที่ปรึกษาจะดำเนินการจัดทำคู่มืออธิบายรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ที่ผู้ดูแลระบบต้องทราบ เพื่อให้สามารถดูแลระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวงได้ครบถ้วนสมบูรณ์ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการตั้งค่าต่าง ๆ ภายในระบบ การจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งาน การสำรองข้อมูล รวมถึงพจนานุกรมฐานข้อมูล และรายละเอียดโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์ระบบฐานข้อมูล (ER-Diagram)





รายงานย่อสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary Report)
โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) เพื่อบูรณาการงานบำรุงทาง

7.3 การจัดทำจัดทำสื่อวีดิทัศน์

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำเนื้อหาสื่อวีดิทัศน์สอนการใช้งานระบบ (Script VDO) และวีดิทัศน์ประชาสัมพันธ์ ความยาวไม่น้อยกว่า 5 นาที

