กรอบการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของสายทางที่เหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์

นาย ชานนท์ อมรชัยศักดา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANALYTICAL FRAMEWORK OF ROAD SERVICEABILITY LEVEL CORRESPONDING TO ROAD STRATEGIES

Mr. Chanon Amornchaisakda

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กรอบการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของสายทางที่เหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์
โดย	นาย ชานนท์ อมรชัยศักดา
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. วิศณุ ทรัพย์สมพล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธนิต ธงทอง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิศณุ ทรัพย์สมพล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชระ เพียรสุภาพ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนีรัตน์ กุศลาศัย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชานนท์ อมรชัยศักดา: กรอบการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของสายทางที่เหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์ (ANALYTICAL FRAMEWORK OF ROAD SERVICEABILITY LEVEL CORRESPONDING TO ROAD STRATEGIES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตร์ตราจารย์ .ดร.วิศณุ ทรัพย์สมพล, 145 หน้า.

ปัจจุบันการบริหารงานบำรุงโครงข่ายสายทางของหน่วยงานรัฐบาลได้จัดสรรงบประมาณการซ่อมบำรุงตามยุทธศาสตร์สายทาง โดยพิจารณาถึงความสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาประเทศ ซึ่งปัจจัยสำคัญในการบริหารงานบำรุงโครงข่ายสายทางคือ การกำหนดค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการเป้าหมายของสายทาง เพื่อใช้ประเมินประสิทธิผลของการบริหารจัดการงานบำรุงทาง ในอดีตที่ผ่านมาผู้บริหารของหน่วยงานจะเป็นผู้กำหนดค่าดัชนีชี้วัดเป้าหมายของระดับการให้บริการสายทาง โดยใช้ค่าระดับการให้บริการเฉลี่ยของโครงข่ายทางเป็นตัวชี้วัด แต่เนื่องจากวัตถุประสงค์ในการให้บริการในแต่ละสายทางมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการใช้งาน ดังนั้นการวิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้วัดเป้าหมายของแต่ละสายทางควรพิจารณาถึงความเหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ระดับการให้บริการในแต่ละยุทธศาสตร์สายทาง โดยใช้ค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) เป็นตัวแทนระดับการให้บริการ ผลการศึกษาพบว่าวิธีการวิเคราะห์หาค่า IRI เป้าหมายมี 3 วิธีคือ 1) การประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับสายทางที่มีวัตถุประสงค์ในการอำนวยความความสะดวกในการเดินทางของประชาชน 2) การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับสายทางที่รองรับการขนส่งและมีปริมาณการจราจรสูง และ 3) การวิเคราะห์ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานของสายทาง เหมาะสำหรับสายทางที่ไม่ได้มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการประชาชน แต่มีไว้สำหรับสนับสนุนการปฏิบัติงานราชการของเจ้าหน้าที่ การวิเคราะห์หาค่า IRI เป้าหมายที่เหมาะสมนั้น สามารถนำวิธีการวิเคราะห์ในแต่ละแนวทางมาพิจารณาร่วมกัน หากสายทางนั้นรองรับหลายวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ซึ่งงานวิจัยนี้จะช่วยให้ผู้บริหารโครงข่ายทางสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดค่าดัชนีชี้วัดเป้าหมายของการดำเนินงานได้อย่างเป็นระบบและเหมาะสม เพื่อให้งบประมาณการบริหารจัดการโครงข่ายทางที่ได้รับเกิดประโยชน์สูงสุด และมีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามนโยบายการบริหารราชการแผ่นดินที่รัฐบาลกำหนดไว้

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2552

4970280821: MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS : ROAD SERVICEABILITY LEVEL / ROAD STRATEGIES

CHANON AMORNCHAISAKDA: ANALYTICAL FRAMEWORK OF ROAD SERVICEABILITY LEVEL CORRESPONDING TO ROAD STRATEGIES. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF. WISANU SUBSOMPON, Ph.D., 145 pp.

At present, the Thai government's budget for road network maintenance is allocated corresponding to road strategies and in line with the national development policy. The determination of road serviceability level target index is an important factor in the system of road network maintenance management because the index will be used to assess the effectiveness of the system. In the past, the average serviceability target level was determined by the experts from the Department of Highways and the Department of Rural Roads. However, since different roads may serve different service purposes, the determination of the serviceability level should correspond with each road strategy. The aim of this research is to present an analytical framework of road serviceability level corresponding to road strategies by using the International Roughness Index (IRI) as a representative index of serviceability level. The findings show that there are three approaches to determine the target IRI which are (1) the road users' satisfaction approach which is suitable for roads facilitating the several travellers; (2) the economic analysis approach which is suitable for road that accommodate high traffic volume; (3) the minimum life cycle maintenance cost approach which is suitable for service roads or road that are designed to facilitate governmental missions. These three approaches can be considered together in order to determine the appropriate IRI for roads that serve various purposes. This research has provided road network management authorities with an analytical framework that can be applied to be used as a tool to determine the target index in a systematic and appropriate way. In doing so, they will be able to optimize the allocated budget and manage the road network system in line with the national strategy of the government.

Department	Civil Engineering	Student's Signature.....
Field of Study	Civil Engineering	Advisor's Signature.....
Academic Year	2009	

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อรอง ศาสตราจารย์ ดร.วิศณุ ทรัพย์สมพล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด พร้อมทั้งช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีต่อผู้วิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ และกรุณาสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่ออธิการบดี คณบดี และเจ้าหน้าที่ต่างๆ ของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกๆคนในครอบครัว ที่สนับสนุนการศึกษาและให้กำลังใจเสมอมา ตลอดจนถึงครูบาอาจารย์ทุกท่านในอดีตที่ได้ให้การอบรมสั่งสอน ชี้แนะ จนทำให้ผู้วิจัยสามารถสำเร็จการศึกษาได้ในปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 4

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 4

1.4 วิธีการศึกษา..... 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 7

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.1 นโยบายการบริหารงานโครงข่ายทางของภาครัฐ..... 8

2.2 ดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการของสายทาง..... 11

2.3 การนำดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการไปประยุกต์ใช้ในการบริหารงานทาง..... 16

2.4 แนวทางการวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการ..... 18

2.5 บทสรุป..... 33

3 แนวทางการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการในแต่ละยุทธศาสตร์สายทาง.... 34

3.1 การกำหนดประเภทดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการสำหรับการวิเคราะห์..... 34

3.2 การกำหนดขอบเขตของกลุ่มยุทธศาสตร์สายทางและแนวทางการวิเคราะห์..... 35

3.3 แนวทางการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง..... 38

3.4 แนวทางการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทาง..... 41

3.5 บทสรุป..... 61

4 การวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการที่เหมาะสมโดยใช้ค่าดัชนีความขรุขระสากล..... 63

4.1 การวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง..... 63

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	4.2 การวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์	67
	4.3 การวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานน้อยที่สุด	79
	4.4 ปัญหาและข้อจำกัดของข้อมูล	84
	4.5 บทสรุป	85
5	ผลการวิเคราะห์	86
	5.1 ผลการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง	86
	5.2 ผลการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์	89
	5.3 ผลการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุด	94
	5.4 แนวทางการปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานจริง	97
	5.5 บทสรุป	99
6	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	100
	6.1 สรุปผลการวิจัย	100
	6.2 ข้อเสนอแนะ	103
รายการอ้างอิง		106
ภาคผนวก ก เครื่องมือวัดความขรุขระของผิวทาง		110
ภาคผนวก ข สายทางที่สำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง		117
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการปรับแก้แบบจำลองการทำนายค่าดัชนีความขรุขระสากล		126
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง		131
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์		145

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนงบประมาณตามยุทธศาสตร์ของกรมทางหลวง……..... 2

1.2 วงเงินคำของบประมาณรายจ่ายประจำปี 2551 ของสำนักแผนงานกรมทางหลวงชนบท……..... 2

2.1 เกณฑ์การซ่อมบำรุงตามค่า IRI ของกรมทางหลวงปี 2550..... 17

2.2 เกณฑ์การให้คะแนนสภาพการให้บริการของสายทาง…..... 19

2.3 มาตรฐานการซ่อมบำรุงทางหลวง…..... 29

3.1 ค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม, m..... 46

3.2 การคำนวณค่า IRI หลังการฉาบผิวทางโดยใช้แบบจำลองของ NDLI ……..... 48

3.3 ตัวแทนยานพาหนะที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง…..... 51

3.4 ค่าพารามิเตอร์ตั้งต้น สำหรับ Speed Volume Model……..... 56

4.1 ช่วงของค่า IRI ในแต่ละค่าคะแนนของผู้ประเมิน…… 66

4.2 ตัวอย่างข้อมูลสายทางในปีเริ่มต้นวิเคราะห์……..... 71

4.3 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณตัวแทนยานพาหนะ…..……..…… 71

4.4 ตัวอย่างข้อมูลมาตรฐานการซ่อมบำรุง……..……. 72

4.5 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่า IRI ตลอดระยะเวลา 14 ปี…… ….....74

4.6 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์วิธีการซ่อมและค่าใช้จ่ายในการซ่อม…… ….. 76

4.7 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง (RUC) ตลอดระยะเวลา 14 ปี …… 76

4.8 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่า B/C เมื่อกำหนดให้ค่า IRI ทางเลือกเท่ากับ 3.0 ม./กม. … 77

4.9 ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนในแต่ละค่า IRI ที่กำหนดเป็นทางเลือก……..…… 78

4.10 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ต้นทุนค่าซ่อมบำรุง เมื่อกำหนดให้ค่า IRI ทางเลือก เท่ากับ 6.0 ม./กม..... 82

4.11 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงในแต่ละค่า IRI ที่กำหนดเป็นทางเลือก…. 83

5.1 ผลการวิเคราะห์ค่า B/C เมื่อกำหนดปริมาณการจราจร 500 – 50,000 คันต่อวัน……. 88

5.2 องค์ประกอบค่าใช้จ่ายต่างๆ ของยานพาหนะแต่ละประเภท……. 90

5.3 สัดส่วนขององค์ประกอบค่าใช้จ่ายต่างๆ ของยานพาหนะแต่ละประเภท……. 91

5.4 ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเมื่อราคาน้ำมันเพิ่มขึ้น…….... 94

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.5	ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมของสายทางที่มีปริมาณการจราจร 100 -300 คัน/วัน.....	95
ข-1	สายทางที่สำรวจเก็บจ้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง.....	119
ค-1	ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่า IRI จริง กับ ค่า IRI จากแบบจำลอง.....	129
ง-1	ตัวอย่างข้อมูลสายทางสำหรับการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง.....	133
ง-2	ตัวอย่างข้อมูลปริมาณการจราจรสำหรับการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง.....	134
ง-3	การคำนวณปริมาณการจราจร.....	137
ง-4	การผลลัพธ์การคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง.....	143

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนวิธีการศึกษา	6
2.1	แบบสอบถามในการประเมินสภาพสายทาง (PSR)	12
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับ ความเร็วในการเดินทาง	15
2.3	เครื่องมือวัดค่า IRI โดยใช้ Bump Integrator	16
2.4	เครื่องมือวัดค่า IRI โดยใช้ Laser Profilometer	16
2.5	การประเมินระดับค่า IRI ของประเทศต่าง ๆ	18
2.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI ที่ยอมรับได้ ณ ความเร็วต่างๆ	20
3.1	ขอบเขตของกลุ่มยุทธศาสตร์สายทางและแนวทางการวิเคราะห์	37
3.2	แนวทางการคัดเลือกค่า IRI มากสุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้	41
3.3	แนวทางการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทาง	42
3.4	ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความขรุขระของผิวทาง	44
3.5	การลดของค่า IRI หลังการการเสริมผิวทาง	49
3.6	ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง	50
3.7	แบบจำลองความเร็วอิสระ	52
3.8	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลการจราจร	55
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความพึงพอใจกับค่า IRI	67
4.2	ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์	70
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับอายุสายทาง	75
4.4	ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดตลอดอายุการใช้งานของสายทาง	80
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับอายุสายทาง	82
5.1	สัดส่วนขององค์ประกอบค่าใช้จ่ายต่างๆ ของยานพาหนะแต่ละประเภท	92
5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับค่าใช้จ่ายของยานพาหนะแต่ละประเภท	92
ก-1	เครื่องมือ Profilograph	111
ก-2	เครื่องมือ Dipstick	112
ก-3	การใช้งานเครื่องมือ Dipstick	112

รูปที่ หน้า

ก-4 เครื่องมือ Abay Beam 113
ก-5 การติดตั้ง Bump Integrator 114
ก-6 การติดตั้งสายสลิงกับเพลารถยนต์ 115
ก-7 อุปกรณ์ Laser Profiler และอุปกรณ์ Acceleromter..... 116
ก-8 ตำหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ Laser Profiler 116
ค-1 การกระจายของข้อมูล 4 ชุดที่มีความสัมพันธ์ต่างกัน 128
ค-2 การเปรียบเทียบค่า IRI จริง กับ ค่า IRI จากแบบจำลอง..... 130
ง-1 ขั้นตอนการคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง 133

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

ถนนเป็นโครงสร้างพื้นฐานและเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม การปกครอง และความมั่นคงของประเทศ ซึ่งประสิทธิภาพของระบบการบริหารโครงข่ายสายทางที่ดีนั้น จำเป็นต้องมีการบริหารจัดสรรงบประมาณที่สอดคล้องกับนโยบายและตอบสนองยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานหรือการให้บริการแก่ผู้ใช้ทาง เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด

ปัจจุบันรัฐบาลได้กำหนดยุทธศาสตร์ในการพัฒนาประเทศไว้หลายด้าน โดยที่การส่งเสริมยุทธศาสตร์ในแต่ละด้านมีความแตกต่างกัน จึงส่งผลให้การบริหารงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับโครงข่ายสายทาง เช่น กรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท มีนโยบายการจัดสรรงบประมาณในแต่ละยุทธศาสตร์สายทางแตกต่างกัน ซึ่งการพิจารณาเพื่อกำหนดยุทธศาสตร์สายทางของถนนแต่ละสายทางนั้น ขึ้นอยู่กับการกำหนดเป้าหมายในการให้บริการและคุณลักษณะเฉพาะของสายทาง เช่น ตำแหน่งที่ตั้ง ลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ทาง แหล่งชุมชน และแหล่งท่องเที่ยว เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้การวางแผนงบประมาณสำหรับการบริหารงานโครงข่ายทางเกิดประโยชน์สูงสุดตามการกำหนดวัตถุประสงค์ในการให้บริการของสายทาง จึงควรพิจารณาวิธีการวิเคราะห์หาค่าระดับการให้บริการที่เหมาะสมของแต่ละยุทธศาสตร์สายทาง เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดเป้าหมายสำหรับประเมินผลการดำเนินงานในยุทธศาสตร์สายทางประเภทนั้นๆ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท ได้มีการจัดสรรงบประมาณสำหรับการบริหารงานโดยแบ่งงบประมาณออกเป็นยุทธศาสตร์ต่างๆ จากแผนปฏิบัติราชการกรมทางหลวงปี พ.ศ. 2549-2552 พบว่าได้แบ่งงบประมาณสำหรับการบริหารงานโครงข่ายสายทางออกเป็น 5 ประเด็นยุทธศาสตร์ ซึ่งงบประมาณในการบริหารงานโครงข่ายทางในแต่ละประเด็นยุทธศาสตร์ของกรมทางหลวง แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนงบประมาณตามยุทธศาสตร์ของกรมทางหลวง (หน่วย: ล้านบาท)

ประเด็นยุทธศาสตร์	งบประมาณรวม	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2552
1. การพัฒนาระบบทางหลวงเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจ	111,158	8,831	24,358	31,320	46,650
2. การพัฒนาทางหลวงที่ปลอดภัย	8,119	724	2,195	2,500	2,700
3. การบำรุงรักษาและพัฒนาคุณภาพการให้บริการของระบบทางหลวง	174,267	19,970	44,836	50,890	58,570
4. การพัฒนาระบบทางหลวงที่ส่งเสริมคุณภาพชีวิตและรักษาสิ่งแวดล้อม	11,623	1,328	2,605	3,670	4,020
5. การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการ	622	10	200	232	180
รวม	305,789	30,863	74,194	88,612	112,120

ที่มา: แผนปฏิบัติราชการกรมทางหลวงปี พ.ศ. 2549-2552

และสำหรับกรมทางหลวงชนบท สำนักแผนงานได้ตั้งวงเงินคำของบประมาณรายจ่ายประจำปี 2551 โดยแบ่งแผนงบประมาณในการบริหารโครงข่ายทางหลวงชนบท ออกเป็น 5 ผลผลิต และในแต่ละผลผลิตได้กระจายงบประมาณตามกิจกรรมหลักต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 วงเงินคำของบประมาณรายจ่ายประจำปี 2551ของสำนักแผนงาน กรมทางหลวงชนบท (หน่วย: ล้านบาท)

แผนงบประมาณ : พัฒนาเครือข่ายการขนส่งและระบบการบริหารการขนส่งสินค้าและบริการ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน	งบลงทุน		รวม
			ผูกพันเดิม	รายการใหม่	
ผลผลิตที่ 1: การบำรุงรักษาระบบโครงข่ายทาง					
1. กิจกรรมหลัก: การบำรุงรักษาระบบโครงข่ายทาง	264	39	-	4,550	4,853
2. กิจกรรมหลัก: บูรณะและฟื้นฟูหลังน้ำท่วม	-	-	-	300	300
3. กิจกรรมหลัก: อำนวยความปลอดภัยงานทาง	114	20	-	1,150	1,284

ตารางที่ 1.2 วงเงินคำของบประมาณรายจ่ายประจำปี 2551ของสำนักแผนงาน กรมทางหลวงชนบท (หน่วย: ล้านบาท) (ต่อ)

แผนงบประมาณ : พัฒนาเครือข่ายการขนส่งและระบบการบริหารการขนส่งสินค้าและบริการ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน	งบลงทุน		รวม
			ผูกพันเดิม	รายการใหม่	
ผลผลิตที่ 2: การพัฒนาระบบโครงข่ายทางหลวง					
1. กิจกรรมหลัก: ยกระดับมาตรฐานทาง	242	38	2,310	2,008	4,599
2. กิจกรรมหลัก: พัฒนาโครงข่ายสะพาน	105	8	958	292	1,363
3. กิจกรรมหลัก: แก้ไขปัญหาจราจรในปริมณฑลและภูมิภาค	46	8	981	238	1,274
4. กิจกรรมหลัก: จัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน	14	2	-	955	972
5. กิจกรรมหลัก: อำนวยการ	68	29	75	113	285
6. กิจกรรมหลัก: สนับสนุนยุทธศาสตร์ชายแดน	-	-	-	-	-
7. กิจกรรมหลัก: พัฒนา 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้	-	-	144	4	148
8. กิจกรรมหลัก: การลงทุนขนาดใหญ่ตามมติคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก (คจร.)	-	-	-	65	65
ผลผลิตที่ 3: การพัฒนาบุคลากรทางด้านการช่างให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น					
1. กิจกรรมหลัก: การพัฒนาบุคลากรด้านช่างให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น	71 -	34 -	- -	- -	105 -
ผลผลิตที่ 4: โครงข่ายทางหลวงเพื่อการท่องเที่ยว					
1. กิจกรรมหลัก: สนับสนุนยุทธศาสตร์การท่องเที่ยว	-	1	828	283	1,111
ผลผลิตที่ 5: โครงข่ายทางหลวงเพื่อการเชื่อมต่อระบบขนส่ง					
1. กิจกรรมหลัก: สนับสนุนยุทธศาสตร์โลจิสติกส์	32	5	703	205	946
รวมทั้งสิ้น	958	184	6,000	10,163	17,304

ที่มา: สำนักแผนงาน กรมทางหลวงชนบท 2551

จากนโยบายการกระจายงบประมาณในการบริหารงานโครงข่ายทางของทั้ง 2 หน่วยงานหลัก จะเห็นว่าการบริหารงบประมาณได้แบ่งออกเป็นงบประมาณในด้านยุทธศาสตร์ต่างๆ เพื่อรองรับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ ซึ่งนอกจากกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทที่เป็นหน่วยงานหลักที่ต้องรับผิดชอบดูและระบบโครงข่ายทางของประเทศแล้ว หน่วยงานที่ต้องบริหารจัดการโครงข่ายทางที่อยู่ในความรับผิดชอบ ได้แก่ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต่างๆ กรมชลประทานและกรมป่าไม้ ก็จำเป็นต้องบริหารจัดการโครงข่ายทางให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศเช่นกัน

สำหรับการบริหารงานบำรุงโครงข่ายทางโดยทั่วไปนั้น สำนักงบประมาณและบริหารของหน่วยงานทางจะเป็นผู้กำหนดค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการเฉลี่ยของโครงข่าย เพื่อประเมินสภาพสายทางทั้งโครงข่าย ซึ่งในอดีตที่ผ่านมายังไม่เคยมีการศึกษาถึงค่าดัชนีชี้วัดเป้าหมายที่เหมาะสมในแต่ละลักษณะสายทาง แต่ในปัจจุบันจะเห็นว่า แนวโน้มในการบริหารงบประมาณบำรุงทางจำเป็นต้องพิจารณาถึงยุทธศาสตร์ของสายทางในด้านต่างๆ ซึ่งหากยังคงกำหนดค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการเป็นค่าเดียวกันทุกสายทางเหมือนในอดีต อาจจะไม่เหมาะสม เนื่องจากวัตถุประสงค์และลักษณะการให้บริการของสายทางไม่เหมือนกัน ดังนั้นเพื่อให้การบริหารงานโครงข่ายทางเกิดประโยชน์สูงสุดจึงควรศึกษาถึงวิธีการวิเคราะห์หาค่าระดับการให้บริการที่เหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์สายทาง เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดดัชนีชี้วัดเป้าหมายที่เหมาะสมสำหรับการบริหารจัดการโครงข่ายทางต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อสร้างกรอบวิธีคิดสำหรับการวิเคราะห์หาค่าระดับการให้บริการของสายทาง ในยุทธศาสตร์ประเภทต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยใช้ค่า IRI สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดดัชนีชี้วัดเป้าหมายในการบริหารงานโครงข่ายสายทาง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาเฉพาะสายทางที่เป็นผิวทางลาดยาง (Asphaltic Pavement) ในประเทศไทย เนื่องจากเป็นประเภทผิวทางส่วนใหญ่ของประเทศไทย

1.3.2 ใช้ค่าดัชนีความขรุขระสากล (Inter National Roughness Index, IRI) เป็นตัวแทนค่าระดับการให้บริการของสายทางในการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นข้อมูลสภาพสายทางหลัก ที่กรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทสำรวจเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง

1.3.3 การทำนายสภาพสายทางในอนาคตและการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ได้อ้างอิงแบบจำลองที่ศึกษาและวิเคราะห์มาจากข้อมูลสภาพผิวทางและลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ทางในประเทศไทย ซึ่งในส่วนของวิธีการซ่อมและราคาค่าซ่อมบำรุงผิวทางลาดยางนั้นได้อ้างอิงจากข้อมูลของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท

1.3.4 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆ จะพิจารณาเฉพาะค่าใช้จ่ายทางตรง คือ ต้นทุนค่าใช้จ่ายในแต่ละวิธีการซ่อมบำรุง และค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางเท่านั้น โดยไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม เช่น ค่าใช้จ่ายทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม

1.4 วิธีการศึกษา

1.4.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

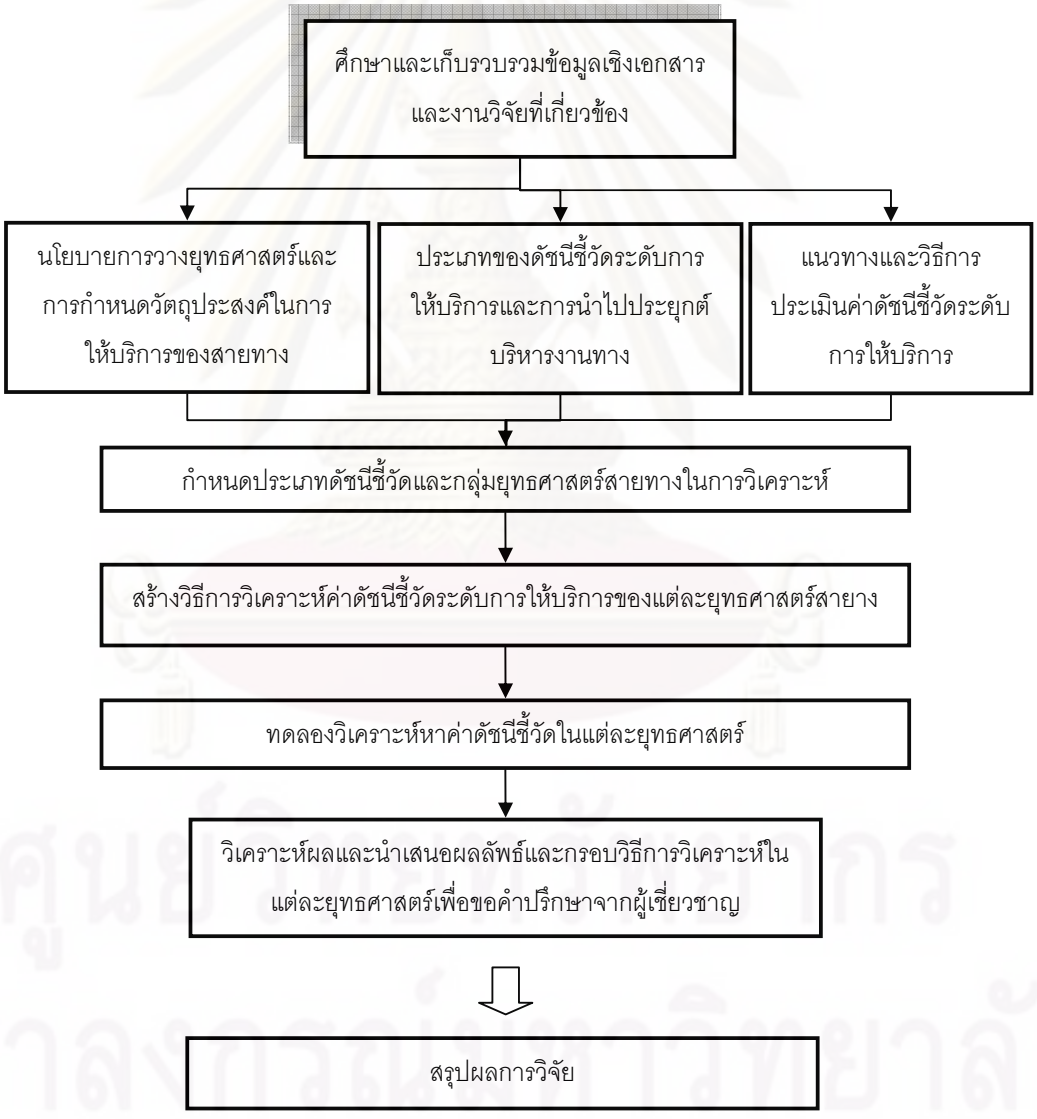
1. ศึกษาข้อมูลเชิงเอกสารที่เกี่ยวข้องกับนโยบายการบริหารงานโครงข่ายทางของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบถึงการกำหนดเป้าประสงค์และลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ทางใน สำหรับจัดกลุ่มยุทธศาสตร์สายทางที่มีในปัจจุบัน
2. ศึกษาทบทวนประเภทของดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการของสายทางต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ตลอดจนการนำค่าระดับการให้บริการไปใช้ในการบริหารจัดการโครงข่ายสายทาง
3. ศึกษาและทบทวนแนวทางการวิเคราะห์หาค่าระดับการให้บริการ โดยพิจารณาจากความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง และแนวทางการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

1.4.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัย

1. กำหนดกลุ่มของยุทธศาสตร์สายทางที่นำมาพิจารณาหาวิธีวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการของสายทาง
2. พิจารณาแนวทางและกำหนดวิธีการวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มของยุทธศาสตร์สายทาง
3. ทดลองวิเคราะห์หาค่าระดับการให้บริการในแต่ละกลุ่มยุทธศาสตร์

4. สรุปกรอบวิธีการวิเคราะห์ นำเสนอตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการตัวอย่างที่เหมาะสมต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารงานโครงข่ายทางของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท เพื่อขอคำแนะนำในการปรับปรุงกรอบวิธีการวิเคราะห์ เพื่อให้วิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประยุกต์สำหรับการบริหารงานโครงข่ายสายทางได้อย่างเหมาะสม
5. สรุปผลการวิจัยและจัดทำรายงานผลการวิจัย

ซึ่งขั้นตอนวิธีการศึกษาแสดงภาพรวมดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนวิธีการศึกษา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำกรอบวิธีวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการของสายทางไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดเป้าหมายการดำเนินงาน และวิเคราะห์วางแผนงบประมาณบริหารงานโครงข่ายทางในแต่ละยุทธศาสตร์สายทางได้อย่างเหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การบริหารจัดการงบประมาณบำรุงรักษาโครงข่ายทางให้เกิดประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศนั้น จำเป็นต้องเข้าใจถึงนโยบายการวางยุทธศาสตร์พัฒนาประเทศ และลักษณะของการใช้งานของผู้ใช้สายทาง ซึ่งต้องวิเคราะห์ต่อไปว่าสายทางที่อยู่ในความรับผิดชอบนั้น จัดเป็นยุทธศาสตร์สายทางประเภทใด และในส่วนของการกำหนดระดับการให้บริการในแต่ละยุทธศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง เนื่องจากเป็นปัจจัยสำหรับวิเคราะห์งบประมาณการซ่อมบำรุงและใช้เป็นตัวชี้วัดผลการดำเนินงาน ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มยุทธศาสตร์สายทางที่มีการกำหนดไว้ในปัจจุบันของหน่วยงานทางในประเทศไทย และศึกษาประเภทของค่าระดับการให้บริการต่างๆ ตลอดจนแนวทางการนำค่าระดับการให้บริการไปประยุกต์ใช้ในการบริหารงานทาง

2.1 นโยบายการบริหารงานโครงข่ายทางของภาครัฐ

2.1.1 กรมทางหลวง

จากการศึกษานโยบายการวางแผนงบประมาณของกรมทางหลวงพบว่า แผนปฏิบัติราชการกรมทางหลวง พ.ศ. 2549 – 2552 (กรมทางหลวง, 2548) ได้แบ่งงบประมาณออกเป็นประเด็นยุทธศาสตร์ 5 ประเด็น เพื่อพัฒนาและก่อสร้างโครงข่ายทางหลวงดังนี้

1. การพัฒนาระบบทางหลวงเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจ มีเป้าประสงค์หลักเพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์โลจิสติกส์และการท่องเที่ยว
2. การพัฒนาทางหลวงที่ปลอดภัย มีเป้าประสงค์หลักเพื่อการลดอุบัติเหตุที่เกิดบนโครงข่ายทางหลวง
3. การบำรุงรักษาและพัฒนาคุณภาพการให้บริการของระบบทางหลวง มีเป้าประสงค์หลักเพื่อบำรุงรักษาสภาพทาง เพิ่มความสะดวกในการสัญจรและแก้ไขปัญหาการจราจร
4. การพัฒนาระบบทางหลวงที่ส่งเสริมคุณภาพชีวิตและรักษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีเป้าประสงค์หลักเพื่อลดผลกระทบทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมงานทางและการขนส่งทางถนน

5. การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการ มีเป้าประสงค์หลักเพื่อพัฒนาให้ระบบการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี

ซึ่งแต่ละประเด็นยุทธศาสตร์จะมีหน่วยงานที่รับผิดชอบแตกต่างกัน เช่น ประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบทางหลวงเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจ หน่วยงานหลักของกรมทางหลวงที่เกี่ยวข้อง คือ สำนักวางแผน สำนักสำรวจและออกแบบ และสำนักก่อสร้าง ในกรณีที่เป็นประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาทางหลวงที่ปลอดภัย หน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบ คือ สำนักอำนวยความปลอดภัย และสำหรับประเด็นยุทธศาสตร์การบำรุงรักษาและพัฒนาคุณภาพการให้บริการของระบบทางหลวงนั้น หน่วยงานหลักที่ดูแลรับผิดชอบคือ สำนักบริหารบำรุงทาง

จากการศึกษานโยบายการบริหารงานบำรุงทางของกรมทางหลวง พบว่าปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดประเภทของยุทธศาสตร์ในแต่ละสายทางอย่างชัดเจน แต่หากพิจารณาการเชื่อมโยงประเด็นยุทธศาสตร์ทั้ง 5 ของกรมทางหลวง และวิเคราะห์การวางเป้าหมายในการให้บริการของทางหลวง พบว่าหน้าที่ของสายทางสามารถแบ่งเป็นยุทธศาสตร์หลักๆ ได้ดังนี้

1. ยุทธศาสตร์โลจิสติกส์
2. ยุทธศาสตร์การท่องเที่ยว
3. ยุทธศาสตร์ความปลอดภัย
4. ยุทธศาสตร์อำนวยความสะดวกและแก้ไขปัญหาการจราจร
5. ยุทธศาสตร์การลดผลกระทบทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม

2.1.2 กรมทางหลวงชนบท

จากการศึกษาโครงการพัฒนาระบบบริหารโครงข่ายสายทางของกรมทางหลวงชนบท ระยะที่ 2 (กรมทางหลวงชนบท, 2551) พบว่า กรมทางหลวงชนบทได้แบ่งประเภทของยุทธศาสตร์สายทางเพื่อรองรับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ โดยได้ใช้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 พ.ศ. 2550-2554 เป็นแม่แบบในการเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศและยุทธศาสตร์สายทาง ซึ่งจำแนกยุทธศาสตร์สายทางออกเป็น 5 กลุ่ม และมีเกณฑ์การจำแนกดังนี้

1. สนับสนุนยุทธศาสตร์โลจิสติกส์

- มีปริมาณการจราจรรวมของยานพาหนะขนส่งเฉลี่ยต่อวันตลอดปี ได้แก่ รถบรรทุกขนาดเล็ก รถบรรทุก 2 เพลา รถบรรทุก 3 เพลา รถบรรทุกพ่วง และรถบรรทุกกึ่งพ่วง ไม่น้อยกว่า 300 PCU/วัน
- เป็นเส้นทางที่เชื่อมต่อระบบขนส่งทางน้ำ หรือ ทางอากาศ

2. สนับสนุนการแก้ไขปัญหาการจราจรในปริมณฑลและภูมิภาค
   - มีปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี ไม่น้อยกว่า 3,000 PCU/วัน
   - เป็นเส้นทางที่อยู่ในเขตผังเมืองรวม
3. สนับสนุนยุทธศาสตร์การท่องเที่ยว
   - มีแหล่งท่องเที่ยวในสายทางไม่น้อยกว่า 1 แห่ง
   - เป็นเส้นทางลัดหรือเส้นทางเชื่อมสู่แหล่งท่องเที่ยวและมีปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี ไม่น้อยกว่า 100 PCU/วัน
4. สนับสนุนการเสริมสร้างศักยภาพการแข่งขันทางเศรษฐกิจ
   - มีสถานที่ราชการ หรือสถานที่สำคัญทางศาสนาไม่น้อยกว่าน้อย 3 แห่ง
   - มีแหล่งชุมชนพักอาศัยอย่างน้อย 1 แห่ง
   - มีแหล่งเพาะปลูก แหล่งเกษตรกรรม
5. สนับสนุนยุทธศาสตร์ชายแดน
   - อยู่ติดพื้นที่ชายแดน พิจารณาเฉพาะสายทางที่ผ่าน อำเภอเป้าหมาย หรือหมู่บ้านเป้าหมายที่กำหนดเป็นพื้นที่ชายแดน

จะเห็นว่าการจำแนกยุทธศาสตร์สายทางของกรมทางหลวงชนบท ได้กำหนดเงื่อนไขสำหรับจำแนกยุทธศาสตร์อย่างชัดเจน โดยใช้ปัจจัยหลายด้านเป็นตัวกำหนเงื่อนไข เช่น ปริมาณการจราจรสถานที่ท่องเที่ยว สถานที่ที่สายทางตัดผ่าน ตลอดจนลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ทาง

2.1.3 **หน่วยงานอื่น ๆ**

กรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทถือเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่หลักในการดูแลรับผิดชอบโครงข่ายทาง แต่สำหรับหน่วยงานอื่นๆ เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรมชลประทาน และกรมป่าไม้ ถึงแม้จะไม่ได้เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่บริหารจัดการโครงข่ายทางโดยตรง แต่เพื่อให้การบริหารจัดการองค์กรบรรลุตามแผนนโยบายจึงจำเป็นต้องบริหารงบประมาณในส่วนของการดูแลรักษาโครงข่ายทางที่หน่วยงานนั้นๆ รับผิดชอบให้เกิดประโยชน์สูงสุดเช่นกัน

เมื่อศึกษาแผนปฏิบัติการกำหนดขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ฉบับที่ 2 (พระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 2552) พบว่ามีนโยบายให้กรมทางหลวงชนบทโอนถ่าย ส่งมอบสายทางที่ไม่ใช่สายทางสำคัญที่อยู่ในเขตองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นดูแลรับผิดชอบแทน โดยกรมทางหลวงชนบทมีถนนสายย่อยที่กำหนดไว้ว่าจะดำเนินการถ่ายโอนจำนวน 6,100 กิโลเมตร ถนนโครงข่ายสายรองที่ไม่สำคัญจำนวน 13,810 กิโลเมตร และยังมีแผนงานทางและงบประมาณซ่อมบำรุงสนับสนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีความพร้อมและผ่านหลักเกณฑ์ตามที่คณะกรรมการกลางกำหนด สำหรับการบริหารงานบำรุงโครงข่ายทางขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นนั้น ปัจจุบันยังไม่มีการจำแนกสายทางออกเป็นยุทธศาสตร์ในด้านต่างๆ แต่วัตถุประสงค์หลักของการให้บริการของสายทางจะใช้เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่ได้สัญจรระหว่างหมู่บ้านหรือชุมชนภายในพื้นที่

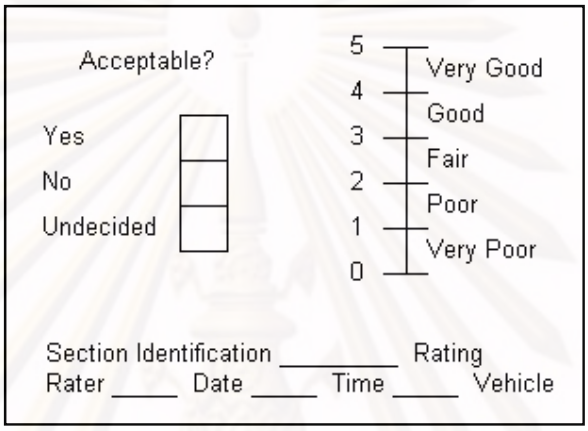
จากการศึกษาเพื่อพิจารณาถึงหน่วยงานที่ต้องรับผิดชอบดูแลโครงข่ายทาง พบว่าหน่วยงานที่อื่นที่เกี่ยวข้องคือ กรมชลประทานและกรมป่าไม้ ซึ่งกรมชลประทานได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์ในการบริหารงาน ตามแผนยุทธศาสตร์กรมชลประทาน 2553-2556 โดยที่พิจารณาถึงประสิทธิภาพของการปฏิบัติราชการ มีเป้าประสงค์เพื่อก่อสร้างซ่อมแซมและปรับปรุงสิ่งก่อสร้างต่างๆ ได้แก่ อาคารชลประทาน ประตูน้ำ ตลอดจนสายทางที่อยู่ในความรับผิดชอบ ซึ่งในส่วนของการบำรุงรักษาสายทางนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการให้การปฏิบัติงานราชการของเจ้าหน้าที่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับนโยบายในการบำรุงรักษาสายทางของกรมป่าไม้มีวัตถุประสงค์คล้ายกับกรมชลประทานคือเป็นการสนับสนุนในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ เช่น การปฏิบัติงานวางแผนป้องกันไฟป่า หรือการตรวจสอบการลักลอบตัดไม้เป็นต้น

2.2 ดัชนีชี้วัดระดับให้บริการของสายทาง

2.2.1 สภาพบริการของสายทาง (Present Serviceability Rating, PSR)

สภาพบริการของสายทาง เกิดขึ้นจากแนวคิดและการพัฒนาของ The American Association of State Highway Officials หรือ AASHO โดยได้กำหนดว่าสภาพบริการของสายทาง (Present Serviceability Rating, PSR) ควรพิจารณาจากความคิดเห็นและการยอมรับของผู้ใช้ทาง ดังนั้นจึงได้ตั้งกลุ่มผู้ประเมินสภาพของผิวทางเพื่อออกไปสำรวจและให้คะแนนของสภาพการให้บริการของสายทาง โดยใช้แบบสอบถามดังรูปที่ 2.1 และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- คะแนน 4 - 5 สภาพบริการดีมาก (Very Good)
- คะแนน 3 - 4 สภาพบริการดี (Good)
- คะแนน 2 - 3 สภาพบริการพอใช้ (Fair)
- คะแนน 1 - 2 สภาพบริการแย่ (Poor)
- คะแนน 0 - 1 สภาพบริการแย่มาก (Very Poor)



รูปที่ 2.1 แบบสอบถามในการประเมินสภาพสายทาง (Al-Omari, 1994)

สำหรับวิธีการให้ผู้ประเมินทำการประเมินเช่นนี้มีข้อจำกัดอยู่คือ การทำได้ช้าและมีความคลาดเคลื่อนเชิงบุคคล (Subjective Measurement) ซึ่งต่อมา AASHO Road Test ได้มีการพัฒนานำเครื่องมือในการตรวจวัดสภาพทาง โดยเปรียบเทียบกับค่า PSR เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากผู้ประเมินเรียกว่า ดัชนีสภาพบริการของทาง (Present Serviceability Index, PSI)

2.2.2 **ดัชนีสภาพบริการของสายทาง (Present Serviceability Index, PSI)**

ดัชนีสภาพบริการของสายทาง (PSI) ได้ถูกพัฒนาโดย AASHO Road Test ในปี ค.ศ. 1962 เนื่องจากการประเมินสภาพการให้บริการโดยวิธี PSR นั้นต้องการกลุ่มบุคคลเป็นผู้ประเมินหลัก ซึ่งการให้กลุ่มบุคคลประเมินสภาพสายทางทุกเส้นทาง ในโครงข่ายทางที่มีปริมาณมากจึงไม่เหมาะสมในแง่ของการปฏิบัติ ดังนั้น AASHO Road Test จึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาการวิเคราะห์ค่าสภาพการให้บริการ ซึ่งในระหว่างปี ค.ศ. 1958 – 1960 จากการที่ได้ศึกษาข้อมูลค่า PSR และสภาพความเสียหายของผิวทาง ในรัฐอิลลินอยส์ รัฐมินนิโซตา และรัฐอินเดียนา พบว่าค่า PSR มีความสัมพันธ์กับความแปรผันของความลาดชัน (Slope variance) รอยปะซ่อม (Patching) และ

รอยแตกร้าว (Cracking) ดังนั้น AASHO Road Test จึงได้ศึกษาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า PSR และสภาพของสายทางต่างๆ โดยเรียกค่าที่คำนวณได้จากสมการนี้ว่า PSI ซึ่งความหมายของผลลัพธ์ที่ได้มีความหมายเดียวกับค่า PSR เช่น PSI เท่ากับ 5 มีความหมายว่าสภาพบริการดีมาก สำหรับสมการในการคำนวณค่า PSI คือ

$$PSI = 5.03 - 1.91*Log(1+SV) - 1.38(RD)^2 - 0.01\sqrt{C+P} \quad (2.1)$$

โดยที่ PSI = Present Serviceability Index

SV = Slope Variance

RD = Average Rut Depth of both Wheel Paths (in)

C = Major Cracking (ft^2 / 1000 ft^2 of area)

P = Patching (ft^2 / 1000 ft^2 of area)

จากสมการที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าการพิจารณาสภาพบริการสายทาง ได้เริ่มนำสภาพความเสียหายของผิวทาง เช่น ความลึกร่องล้อ (Rut Depth) รอยแตกร้าว (Cracking) และรอยปะซ่อม (Patching) มาร่วมในการวิเคราะห์ และจากการพิจารณาสภาพบริการของสายทางโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดความเสียหายนั้น จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนเชิงบุคคลได้อีกด้วย

2.2.3 **ค่าดัชนีสภาพทาง (Pavement Condition Index, PCI)**

ค่าดัชนีสภาพทาง พัฒนาโดยหน่วยงาน U.S. Army Construction Engineering Research (Haas et al., 2001) มีค่าระดับอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 ซึ่งค่าที่ระดับ 100 คือ ระดับผิวทางที่ดีที่สุด ค่าดัชนีสภาพทางเป็นการประเมินปริมาณความเสียหายแต่ละประเภทของสายได้แก่ รอยแตกหนังจระเข้ (Alligator cracking) รอยแตกแบบตาราง (Block cracking) รอยแตกตามยาวและตามขวาง (Longitudinal and Transverse cracking) การบิดเบี้ยวของผิวทาง (Distortions) รอยปะซ่อม (Patching) รอยร่องล้อ (Rutting) ผิวทางหลุดร่อน (Raveling) หลุมบ่อ (Potholes) เป็นต้น ซึ่งแต่ละประเภทความเสียหายผู้ประเมินจะต้องแบ่งระดับความเสียหายออกเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ กลาง และสูง แล้วจึงนำมาคำนวณค่าดัชนีสภาพทาง แสดงดังสมการที่ 2.2

$$PCI = 100 - CDV \quad (2.2)$$

โดยที่ PCI = ค่าดัชนีสภาพทาง

CDV = Corrected Deduct Value

สำหรับการคำนวณค่า CDV นั้น จะเป็นการประเมินเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นของปริมาณความเสียหาย (Density) กับ ระดับความรุนแรงของความเสียหาย (Severity) จากวิธีการคำนวณเพื่อหาค่าของ PCI จะเห็นว่าข้อดีคือ ค่า PCI ที่คำนวณได้สามารถเป็นตัวแทนสภาพสายทางที่พิจารณาครอบคลุมความเสียหายหลายประเภท แต่ข้อจำกัดคือ หากต้องประเมินสายทางในโครงข่ายทางขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์และจำนวนผู้ประเมินจำนวนมาก

2.2.4 ค่าระดับสภาพของทาง (Pavement Condition Rating: PCR)

ค่าระดับสภาพของทาง (Pavement Condition Rating, PCR) (Haas et al., 2001) คล้ายกับค่าดัชนีสภาพทางคือ มีระดับอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 โดยที่ระดับ 100 เป็นระดับของผิวทางที่มีสภาพดีที่สุด ซึ่งวิธีการคำนวณไม่ได้พิจารณาจากความเสียหายหลายประเภทเหมือนกับ PCI แต่จะพิจารณาจากค่าระดับความเรียบ (Roughness Rating) ร่วมกับค่าระดับความเสียหาย (Distress Rating) ตามสมการที่ 2.3 ดังนี้

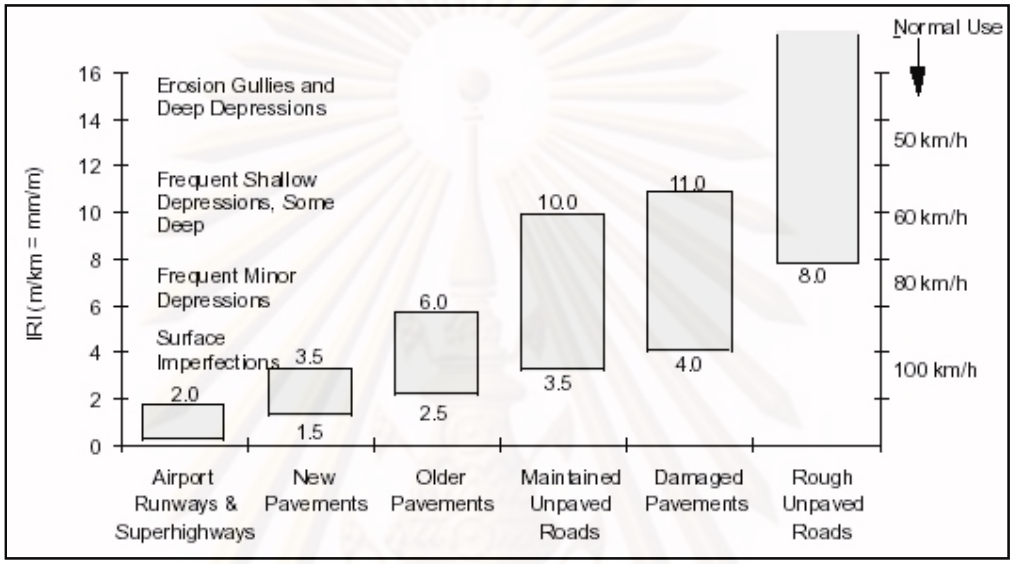
$$PCR = RR^{0.6} DR^{0.4} \quad (2.3)$$

โดยที่ PCR = ค่าระดับสภาพของทาง
RR = ระดับความเรียบ
DR = ระดับความเสียหาย

2.2.5 ค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI)

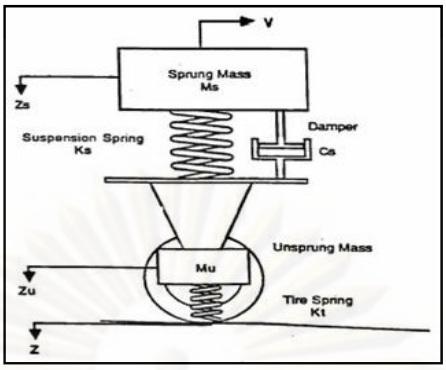
ค่าดัชนีความขรุขระสากล (Paterson, 1987) เริ่มนำมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1982 โดยธนาคารโลก (World Bank) ซึ่งได้รับความร่วมมือจากประเทศอังกฤษ ฝรั่งเศส สหรัฐอเมริกา และบราซิล เพื่อที่จะรวบรวมแนวทางในการวัดค่าความขรุขระของผิวทาง ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละประเทศ จากนั้นจึงหาความสัมพันธ์ของค่าความเรียบของทางที่วัดได้จากเครื่องมือแต่ละชนิด โดยได้ตั้งค่ามาตรฐานความเรียบเป็นสากลขึ้นเรียกว่า ค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) ค่า IRI ถูกใช้เพื่อที่นิยามลักษณะของรูปตัดของผิวทางในแนวยาว (Longitudinal Profile) มีหน่วยเป็น เมตร/กิโลเมตร หรือ มิลลิเมตร/เมตร ซึ่งผลการศึกษาของ

AASHO Road Test พบว่าคุณภาพของการให้บริการทางขึ้นอยู่กับความขรุขระของผิวทาง นอกจากนั้นความขรุขระยังเป็นตัวสะท้อนระดับความเร็วที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูปที่ 2.2 ซึ่งความเร็วในการเดินทางและสภาพความขรุขระของผิวทางจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

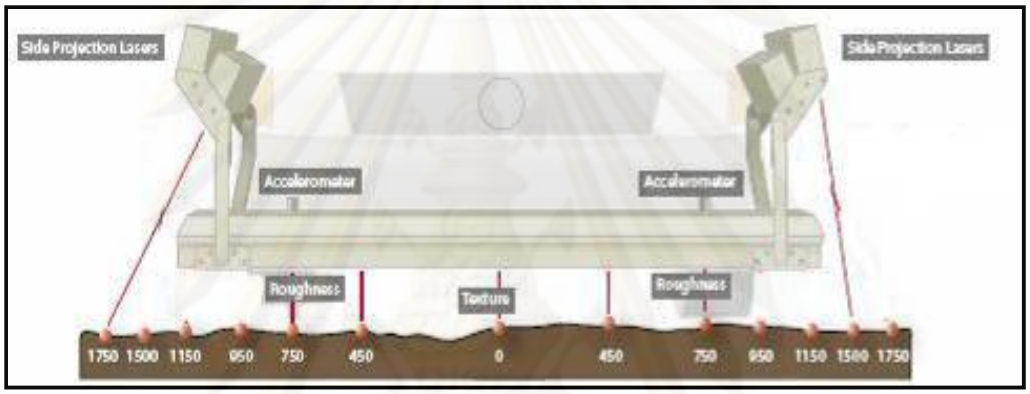


รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI และความเร็วในการเดินทาง (Sayers, 1986)

ปัจจุบันเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวัดค่า IRI มี 2 ประเภทคือ Bump Integrator และ Laser Profilometer แสดงในภาคผนวก ก. ซึ่งเครื่องมือทั้ง 2 ประเภทจะติดตั้งอยู่บนรถสำรวจ หลักการในการวัดค่า IRI ของ Bump Integrator เป็นการคำนวณระยะการสั่นสะเทือนขึ้น–ลงทั้งหมดของเพลาล้อรถหารด้วยระยะทางที่เคลื่อนที่ในแนวราบ เช่น หากระยะการสั่นขึ้นลงของเพลามีค่ารวม 3 เมตร ในระยะทางวิ่งสำรวจ 1 กิโลเมตร ค่า IRI ที่คำนวณได้จะเท่ากับ 3 เมตร/กิโลเมตร และสำหรับหลักการในการคำนวณค่า IRI ของ Laser Profilometer ใช้วิธีเดียวกันกับ Bump Integrator แต่เปลี่ยนจากการวัดระยะขึ้นลงของเพลา แสดงดังรูปที่ 2.3 เป็นการวัดระยะขึ้นลงของระยะห่างระหว่างผิวทางกับตัวรับสัญญาณเลเซอร์ ซึ่งข้อดีของการใช้เลเซอร์เป็นตัววัดค่า IRI นั้นสามารถวัดรูปตัดของผิวทางในแนวยาว (Longitudinal Profile) ได้หลายรูปตัดขึ้นอยู่กับจำนวนของตำแหน่งเลเซอร์ที่ติดตั้ง แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 เครื่องมือวัดค่า IRI โดยใช้ Bump Integrator (Paterson, 1987)



รูปที่ 2.4 เครื่องมือวัดค่า IRI โดยใช้ Laser Profilometer (กรมทางหลวง, 2550)

2.3 การนำดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการไปประยุกต์ใช้ในการบริหารงานทาง

การนำค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการของสายทางไปบริหารงานโครงข่ายทาง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ 4 แนวทาง (Delton et al., 1998) คือ

1. ใช้กำหนดเงื่อนไขวิธีการซ่อมบำรุง (Trigger treatment) ซึ่งระดับการให้บริการที่ค่าต่างๆ จะถูกใช้เป็นเกณฑ์การติดสินใจในการเลือกวิธีซ่อมบำรุงสายทาง
2. ใช้กำหนดระยะเวลาและต้นทุนค่าซ่อมบำรุงเมื่อชะลอการซ่อมออกไป เช่น กรณีที่ค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการของสายทางไม่แย่จนถึงขั้นยอมรับไม่ได้ ผู้บริหารงานทางสามารถประเมินระยะเวลาและราคาค่าซ่อมหากต้องการชะลอการซ่อมได้ โดยพิจารณาผลต่างของค่าดัชนีในปัจจุบันกับค่าดัชนีขั้นต่ำสุดที่ยอมรับได้
3. ใช้คำนวณหาค่าดัชนีชี้วัดของทั้งโครงข่ายสายทาง เมื่อมีการสำรวจเก็บค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการในทุกๆ สายทาง จะช่วยให้ผู้บริหารงานทางสามารถประเมินค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการในภาพรวมของทั้งโครงข่ายได้

4. ใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของสายทางในกรณีที่เป็นสายทางประเภทเดียวกัน ในกรณีนี้ค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการจะเป็นปัจจัยที่บอกคุณภาพของสายทางว่าแตกต่างกันมากน้องเพียงใด เมื่อผู้บริหารงานทางต้องการเปรียบเทียบระหว่างสายทางที่มาตรฐานชั้นทางเดียวกันหรือสายทางที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน

สำหรับประเทศไทยในอดีตที่ผ่านมา กรมทางหลวงได้นำแนวทางการสำรวจสภาพสายทางคล้ายกับการสำรวจหาค่าดัชนี PSI มาประยุกต์ใช้ในระบบบริหารงานบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System, TPMS) โดยตรวจสอบสภาพสายทางจากลักษณะความเสียหาย ปริมาณความเสียหาย และปริมาณการจราจร เพื่อนำมาจัดทำระดับความเสียหาย (Defect Rating Value, DRV) ของแต่ละสายทาง แต่การสำรวจสภาพทางหรือระดับการให้บริการนี้ทำได้ช้าและไม่ทันในปีงบประมาณ จึงทำให้ในปี 2532 กรมทางหลวงได้นำเครื่องมือที่เรียกว่า Bump Integrator มาวัดค่า ดัชนีความขรุขระสากล (IRI)

การบริหารงานโครงข่ายทางในปัจจุบัน ได้ใช้ค่า IRI เป็นดัชนีชี้วัดเป้าหมายของสภาพการให้บริการของโครงข่ายทาง ซึ่งทั้งกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทได้ใช้ค่า IRI เป็นตัวกำหนดเงื่อนไขวิธีการซ่อมบำรุงในแต่ละประเภท เพื่อวิเคราะห์และวางแผนงบประมาณซ่อมบำรุงโครงข่ายทาง ตัวอย่างเกณฑ์การซ่อมบำรุงของกรมทางหลวงแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การซ่อมบำรุงตามค่า IRI ของกองบำรุง กรมทางหลวง ปี 2550

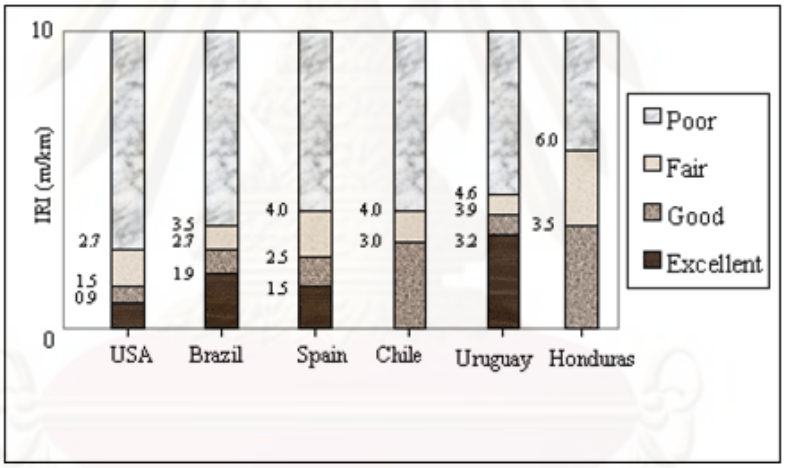
ประเภทของสายทาง	ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (AADT)	งานบูรณะ		การบำรุงตามกำหนดระยะเวลา (Overlay)		
		ระดับของ IRI ณ จุดปรับปรุง	ระดับของ IRI หลังปรับปรุง	ระดับของ IRI ณ จุดปรับปรุง	ระดับของ IRI หลังปรับปรุง	
					50 mm.	80 mm.
สายประธานและรองประธาน		5.5	2.5	3.8	2.8	2.5
ทางหลวงจังหวัด	> 1,000	5.5	2.5	4.0	2.9	-*
	< 1,000	6.0	2.5	4.5	3.0	-*

* หมายเหตุ ไม่มีการ Overlay 80 mm. สำหรับทางหลวงจังหวัด

2.4 แนวทางการวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการ

2.4.1 การประเมินจากระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง

จากการศึกษาวิธีกำหนดค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการเป้าหมายในต่างประเทศ พบว่าโดยส่วนใหญ่นิยมใช้ค่า IRI เป็นดัชนีตัวแทนระดับการให้บริการของสายทาง โดยที่การกำหนดค่า IRI เป้าหมายในประเทศต่างๆ นั้นมีความแตกต่างกัน (Ricardo et al., 2006) ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความยอมรับได้ของผู้ประเมินในแต่ละประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาได้จำกัดค่า IRI ที่ยอมรับได้ในการให้บริการของสายทางเท่ากับ 2.7 เมตร/กิโลเมตร ซึ่งต่ำกว่าประเทศอื่นๆ ได้แก่ ประเทศสเปน ประเทศบราซิล ประเทศชิลี ประเทศอุรุกวัย และประเทศฮอนดูรัสที่จำกัดค่า IRI ที่ยอมรับได้ในการให้บริการของสายทางอยู่ที่ 3.50 4.00 4.00 4.60 และ 6.0 เมตร/กิโลเมตร ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การประเมินระดับค่า IRI ของประเทศต่าง ๆ (Ricardo et al., 2006)

Martin (2005) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการประเมินระดับค่า IRI ที่ยอมรับได้ของผู้ใช้ทางในประเทศออสเตรเลีย โดยใช้ผู้สำรวจมีอายุตั้งแต่ 18 ปีจนถึง 65 ปี รวมทั้งหมด 201 คน ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ควบคุมตัวแปรในการเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง คือ ใช้พาหนะคนขับ ลักษณะภูมิอากาศ ทิศทางการจราจรและใช้ความเร็วในการสำรวจเดียวกัน โดยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนสภาพการให้บริการของสายทางดังนี้

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การให้คะแนนสภาพการให้บริการของสายทาง

Community Assessment	Community Rating for Road Serviceability
Excellent	10
Very Good	8 to 9
Good	6 to 7
Adequate	4 to 5
Poor	2 to 3
Bad	0 to 1

ที่มา: Martin, 2005

ซึ่งจากผลการสำรวจสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างค่า IRI ณ เวลานั้นกับระดับความพึงพอใจในสภาพการให้บริการของสายทาง แสดงดังสมการที่ 2.4

$$Rating = IRI_{(t)} \times K_1 + K_2 \qquad (2.4)$$

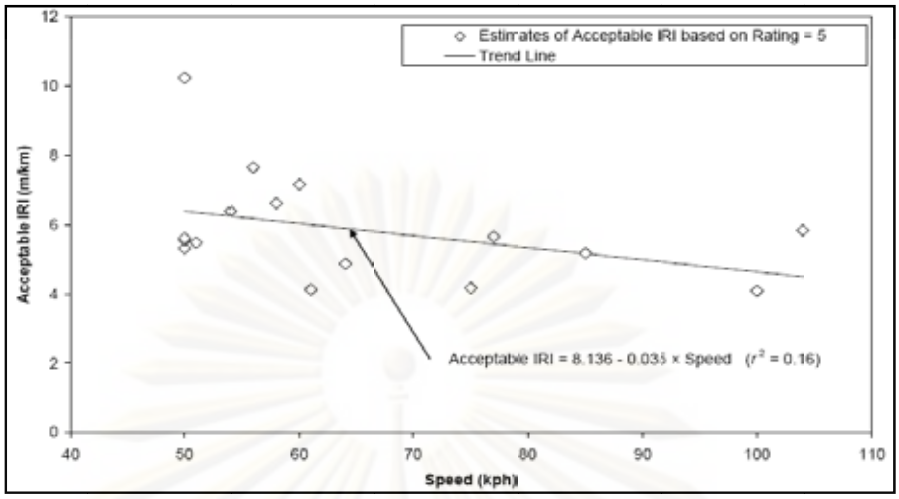
โดยที่ Rating = ค่าคะแนนระดับความพึงพอใจ

$IRI_{(t)}$ = ค่า IRI ณ เวลานั้น

K_1 = ค่าคงที่การปรับแก้ความขรุขระ

K_2 = ค่าคงที่การปรับแก้ที่เกิดจากผลกระทบอื่นๆ

ซึ่งจากสมการความสัมพันธ์ข้างต้น หากต้องการทราบค่า IRI ที่ค่าคะแนนต่างๆ รวมทั้งค่า IRI ที่ยอมรับได้ สามารถทำได้โดยแทนค่าคะแนนลงในสมการ (2.4) แล้วคำนวณย้อนกลับก็จะได้ค่า IRI ที่ต้องการ และผลการศึกษาพบว่าเมื่อได้สำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางโดยใช้ความเร็วในการสำรวจแตกต่างกัน ค่า IRI ที่ยอมรับของผู้ใช้ทางจะมีค่าแตกต่างกัน โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI ที่ยอมรับได้ กับ ความเร็วในการสำรวจ ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อสำรวจด้วยความเร็วต่ำกว่า ค่า IRI ที่ยอมรับได้จะมีค่าสูงกว่า



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI ที่ยอมรับได้ ณ ความเร็วต่างๆ (Martin, 2005)

สำหรับประเทศไทย ได้ศึกษาค่า IRI ที่ยอมรับได้ของผู้ใช้ทาง (ภัทรพรและมนต์สันต์, 2550) จากการสุ่มตัวอย่างสายทางที่มีค่า IRI อยู่ในช่วง 3.0-6.0 ม./กม. รวม 90 สายทาง ในจังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรสาคร โดยให้วิศวกรจากกรมทางหลวงชนบทจังหวัดละ 2 คน เป็นผู้ประเมินระดับการให้บริการของสายทาง ซึ่งควบคุมความเร็วในการสำรวจประมาณ 55-60 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผลการสำรวจพบว่าค่า IRI ขั้นต่ำสุดที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 4.8 เมตร/กิโลเมตร

2.4.2 การประเมินจากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

จากแนวทางการวิเคราะห์ระดับสภาพการให้บริการขั้นต่ำสุดที่ยอมรับได้ (Minimum Acceptable Level of Service) โดยให้ผู้ใช้ทางเป็นผู้ประเมินนั้น ผู้ใช้ทางย่อมต้องการให้สภาพสายทางหรือระดับการให้บริการดีที่สุดที่จะเป็นไปได้ ดังนั้นหากต้องการคงสภาพการให้บริการที่ดีตลอดอายุการใช้งานของสายทางก็จำเป็นต้องใช้งบประมาณในการบำรุงดูแลรักษาสูงตามไปด้วยเช่นกัน ซึ่งงบประมาณในการดูแลรักษาสภาพโครงข่ายทางนั้น ก็คือเงินภาษีของประชาชน ดังนั้นจึงได้เกิดแนวทางในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับการบริหารงานบำรุงทาง โดยพิจารณาความเหมาะสมของแผนงานซ่อมบำรุงที่ทำให้เกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดตลอดอายุของการใช้งาน

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาแนวทางการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost Analysis, LCCA) ถูกนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการวางแผนงานโครงข่ายทางของประเทศสหรัฐอเมริกา (Chan et al., 2008) โดยใช้เป็นเครื่องมือคัดเลือกวิธีการบำรุงรักษาหรือ

แผนงานที่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการลงทุนสูงสุด ซึ่งองค์ประกอบในการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน แบ่งองค์ประกอบในการวิเคราะห์ ออกเป็น 4 องค์ประกอบหลัก คือ

2.4.2.1 การเสื่อมสภาพของสายทาง (Road Deterioration)

2.4.2.2 ผลกระทบหลังการซ่อมบำรุง (Road Work Effects)

2.4.2.3 ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง (Road User Cost)

2.4.2.4 กาวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)

2.4.2.1 การเสื่อมสภาพของสายทาง (Road Deterioration)

การวิเคราะห์การเสื่อมสภาพของสายทางเป็นองค์ประกอบที่มีความจำเป็นในการบริหารจัดการโครงข่ายทาง เนื่องจากการวางแผนงบประมาณต้องวิเคราะห์และทำนายพฤติกรรมของทางในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่งบประมาณการซ่อมบำรุงมีจำกัด การวิเคราะห์ทำนายสภาพสายทางจะช่วยในการจัดลำดับความสำคัญของสายทางว่าควรซ่อมสายทางใดก่อนหลัง สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทาง (Road Deterioration Model) ได้พัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ซึ่งการเลือกที่จะศึกษาการเสื่อมสภาพของสายทางโดยใช้ตัวแทนค่าดัชนีชี้วัดประเภทต่างๆ ขึ้นอยู่กับประเภทและปริมาณข้อมูลในอดีตของแต่ละหน่วยงาน นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและนโยบายการเก็บข้อมูลในอนาคตด้วย

Shahin, et al. (1983) ได้ศึกษาลักษณะพฤติกรรมของทาง ที่รัฐเวอร์จิเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ค่าดัชนีสภาพทาง (PCI) เป็นตัวแทนสภาพความเสียหายและใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) วิเคราะห์วิธีการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) หาสมการที่เหมาะสม ซึ่งผลการศึกษาสามารถจัดกลุ่มตัวแปรที่มีผลกระทบกับทางแบ่งได้ 6 กลุ่ม ได้แก่ ชนิดของทาง ข้อมูลสภาพความเสียหาย ข้อมูลการแอ่นตัวบนผิวทางโดยใช้เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) อายุของทาง ปริมาณการจราจร และความหนาของชั้นทาง

George, et al. (1989) ได้ศึกษาแบบจำลองการเสื่อมสภาพของทาง ที่รัฐมิสซิสซิปปี ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยรวบรวมข้อมูลสภาพความเสียหายของทางจำนวน 2,000 ไมล์ ในระยะเวลา 2 ปี ซึ่งเป็นทางลาดยางที่ไม่เสริมผิวทาง ทางลาดยางที่เสริมผิวทาง และทางผสม (ผิวทางลาดยางทับพื้นคอนกรีต) แบบจำลองใช้วิธี Mechanistic–Empirical Models และใช้ค่าระดับสภาพของทาง (PCR) เป็นตัวแทนสภาพความเสียหายที่กำหนดให้เป็นตัวแปรตาม โดยการ

วิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) หาสมการที่เหมาะสม ตัวแปรทางด้านอายุของทาง ปริมาณการจราจร และค่าความแข็งแรงของทาง (Structural Number) เป็นตัวแปรอิสระ ตัวอย่างแบบจำลองของทางลาดยางที่ไม่เสริมผิวทาง แสดงดังสมการที่ 2.5

$$PCR(t) = 90 - a\,[\exp(Age^{b}) - 1]\,Log[ESAL / SNC^{c}] \quad (2.5)$$

โดยที่ PCR(t) = ค่าระดับสภาพของทางที่เวลาใด

Age = อายุของทางตั้งแต่เริ่มใช้งานหรือเสริมผิวทางครั้งสุดท้าย (ปี)

ESAL = Equivalent Single Axle Load

SNC = ค่าความแข็งแรงของทาง

a, b, c = ค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลอง

Kheder, et al. (1992) ได้ศึกษาแบบจำลองพฤติกรรมของทาง ที่ประเทศจอร์แดน สำหรับทางชนบทในทางสายประธานและสายรองประธาน ของทางลาดยางจำนวน 275 สายทาง ซึ่งมีงบประมาณและอุปกรณ์การซ่อมบำรุงรักษาทางจำกัด แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย ใช้ค่าดัชนีสภาพทาง (PCI) เป็นตัวแทนสภาพความเสียหายที่กำหนดให้เป็นตัวแปรตาม และน้ำหนักการจราจร ปริมาณน้ำฝน อายุทาง เป็นตัวแปรอิสระ โดยน้ำหนักการจราจรจะคำนวณเป็นค่า Equivalent Single Axle Load (ESAL) และปริมาณน้ำฝนมีการแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (1)ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 400 มิลลิเมตร (2)ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 240–290 มิลลิเมตร (3)ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 50-130 มิลลิเมตร ตัวอย่างแบบจำลองพฤติกรรมของทาง แสดงดังสมการที่ 2.6

$$PCI = 100 - 1.03 \times (Age)^{1.39} \times 10^{0.0441} \times (\Sigma ESAL) \quad (2.6)$$

โดยที่ PCI = ดัชนีสภาพทาง

Age = อายุของทางตั้งแต่เริ่มใช้งานหรือเสริมผิวทางครั้งสุดท้าย (ปี)

ΣESAL = Accumulated Equivalent Single Axle Load (Millions)

AL-Omari และ Darter (1994) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) กับสภาพบริการของทาง (PSR) ที่รัฐหลุยเซียนา มิชิแกน นิวแม็กซิโก นิวเจอร์ซี โอไฮโอ และอินเดียนา ประเทศสหรัฐอเมริกา บนทางลาดยาง ทางคอนกรีต และทางผสม (ผิวทางลาดยางทับพื้นคอนกรีต) จำนวน 18 ทาง ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีทั้งสองใช้โปรแกรม Statistical Analysis System โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การ

ตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.76 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ (Standard Error of Estimate: SEE) เท่ากับ 0.383 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของผิวทางลาดยาง แสดงดังสมการที่ 2.7

$$PSR = 5 \times e^{(-0.24 \times IRI)} \quad (2.7)$$

โดยที่ PSR = สภาพบริการของทาง

IRI = ค่าดัชนีความเรียบสากล (มม./ม.)

วิศณุ และคณะ (2543) ได้ศึกษาพฤติกรรมของทางลาดยางในประเทศไทยเพื่อพัฒนาแบบจำลองสภาพความเสียหายของผิวทางลาดยาง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความเรียบสากลกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบได้แก่ อายุผิวทางหลังการเสริมหรือบูรณะผิวแอสฟัลท์ ปริมาณการจราจร สัดส่วนรถหนัก ปริมาณน้ำฝนต่อปี และความลาดชันของภูมิประเทศ โดยลักษณะภูมิประเทศที่นำวิเคราะห์เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ กำหนดจากลักษณะความลาดชันของพื้นที่ (%Gradient) ไว้ 3 กลุ่มดังนี้ ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบ (Gradient 0–3%) ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสลับเนิน (Gradient 3–5%) และลักษณะภูมิประเทศเป็นที่เนินสลับภูเขาจนถึงภูเขาสูง (Gradient >5%) ผลการศึกษาสรุปว่าลักษณะความสัมพันธ์ของแบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชัน Exponential โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ อยู่ระหว่าง 0.6–0.8 แสดงดังสมการที่ 2.8

$$IRI = a \times e^{[(b1 \times Age) + (b2 \times AVG.AADT) + (b3 \times \%HV)]} \quad (2.8)$$

โดยที่ IRI = ค่าดัชนีความเรียบสากล (ม./กม.)

Age = อายุผิวทางหลังการเสริมหรือบูรณะผิวแอสฟัลท์ (ปี)

AVG.AADT = ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (คัน/วัน–2 ช่องจราจร)

%HV = สัดส่วนรถหนัก (%)

a, b_1, b_2, b_3 = ค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลองสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ

ปี ค.ศ. 2000 ธนาคารโลกได้ทำการพัฒนาระบบบริหารงานบำรุงทาง ซึ่งเรียกว่า HDM-4 (Highway Development and Management Tool) ซึ่งการพัฒนาแบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้อ้างอิงมาจากเอกสารงานวิจัยหลายฉบับ เช่น Peterson (1987) Watanatada, et al. (1987) และ NDIL (1995) โดยได้พัฒนาแบบจำลองการเสื่อมสภาพความขรุขระของทาง (Roughness Deterioration Model) เพื่อเป็นตัวแทนของค่าดัชนีชี้วัดสภาพ

สายทาง ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระของทางมี 5 ปัจจัยหลัก คือ ความแข็งแรงของโครงสร้าง รอยแตกร้าว หลุมบ่อ รอยร่องล้อ และผลกระทบจากสภาพแวดล้อม ดังที่แสดงสมการที่ 2.9 ซึ่งในแต่ละปัจจัยมีแบบจำลองในการคำนวณแตกต่างกัน แสดงดังสมการที่ 2.10 2.11 2.12 2.13 และ 2.14

$$\Delta IRI = \Delta RIs + \Delta RIc + \Delta RIr + \Delta RIp + \Delta RIe \quad (2.9)$$

โดยที่ ΔIRI = ผลรวมของต่างการเปลี่ยนแปลงของค่า IRI จากทั้ง 5 ปัจจัย

ΔRIs = อัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระเนื่องมาจากความแข็งแรงโครงสร้างทาง

ΔRIc = อัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระเนื่องมาจากรอยแตกร้าว

ΔRIr = อัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระเนื่องมาจากร่องล้อ

ΔRIp = อัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระเนื่องมาจากหลุมบ่อ

ΔRIe = อัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม

อัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระอันเนื่องมาจากความแข็งแรงของโครงสร้างทาง มีรายละเอียดของแบบจำลองดังสมการที่ 2.10

$$\Delta RIs = K_{gs} \times a_0 \times \exp[(K_{gm}) \times m \times (AGE3)] \times (1 + SNPKb)^{-5} \times (YE4) \quad (2.10)$$

โดยที่ K_{gs} = calibration factor for structural component of roughness

a_0 = coefficient value

K_{gm} = calibration factor for environment coefficient

m = ค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

AGE3 = อายุสายทางตั้งแต่มีการ Overlay หรือ Reconstruction (ปี)

SNPKb = ค่าปรับแก้ความแข็งแรงของโครงสร้างทาง

YE4 = annual number of equivalent standard axles (million ESA/lane/year)

อัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระอันเนื่องมาจากรอยแตกร้าว มีรายละเอียดของแบบจำลองดังสมการที่ 2.11

$$\Delta RIc = K_{gc} \times a_0 \times (\Delta ACRA) \quad (2.11)$$

โดยที่ K_{gc} = ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้แบบจำลอง

a_0 = coefficient value

ΔACRA = อัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่รอยแตกทั้งหมดภาย
ในช่วงระยะเวลาที่สนใจ

อัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระอันเนื่องมาจากร่องล้อ มีรายละเอียดของแบบจำลองดังสมการที่ 2.12

$$\Delta RIr = K_{gr} \times a_0 \times (\Delta RDS) \quad (2.12)$$

โดยที่ Kgr = ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้แบบจำลอง

a_0 = coefficient value

ΔRDS = อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
รอยร่องล้อทั้งหมดภายในช่วงระยะเวลาที่สนใจ

อัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระอันเนื่องมาจากหลุมบ่อ มีรายละเอียดของแบบจำลองดังสมการที่ 2.13

$$\Delta RIp = K_{gp} \times a_0 \times (a_1 - FM) \times [(NPT_{bu})^{a2} - (NPT_a)^{a2}] \quad (2.13)$$

โดยที่ K_{gp} = ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้แบบจำลอง

a_0 a_1 และ a_2 = coefficient value

FM = ดัชนีความอิสระในการขับขี่ยวดยาน

NPT_a = จำนวนหลุมบ่อต่อกิโลเมตรเมื่อเริ่มปีที่สนใจ

NPT_{bu} = จำนวนหลุมบ่อต่อกิโลเมตรเมื่อท้ายปีที่สนใจ

อัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม มีรายละเอียดของแบบจำลองดังสมการที่ 2.14

$$\Delta RIe = K_{gm} \times m \times RIa \quad (2.14)$$

โดยที่ RIa = ค่าความขรุขระสากลเมื่อต้นปีที่สนใจ

m = ค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

K_{gm} = ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้แบบจำลอง

2.4.2.2 ค่าใช้จ่ายและผลกระทบหลังการซ่อมบำรุง (Cost and Road Work Effects)

งานด้านการบำรุงรักษาผิวทางลาดยางของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท มีประเภทของงานบำรุงรักษาทางที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งมีข้อแตกต่างอยู่ที่การเลือกวิธีการซ่อมบำรุงในบางส่วนเท่านั้น โดยสามารถสรุปงานด้านการบำรุงรักษาทางของทั้งสองหน่วยงานนี้ได้เป็น 4 ประเภท (กรมทางหลวงชนบท, 2551) ดังนี้

1. งานบำรุงปกติ (Routine Maintenance) เป็นการบำรุงรักษาผิวทางลาดยางเป็นประจำตลอดเวลาเพื่อให้ทางอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี และป้องกันไม่ให้ความเสียหายลุกลามแผ่กว้างออกไป ซึ่งจะมีวิธีการซ่อมบำรุง เช่น งานอุดรอยแตก (Sealing) งานฉาบผิว (Seal Coat) งานปะซ่อมผิวทาง (Skin Patch) งานขุดซ่อมผิวทาง (Deep Patch) และงานปรับระดับของผิวทางลาดยาง (Surface Leveling)
2. งานบำรุงตามกำหนดเวลา (Periodic Maintenance) เป็นการบำรุงรักษาทางตามช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อเป็นการต่ออายุให้ทางอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้นานขึ้น เช่น งานฉาบผิวลาดยางเคพซีล และงานเสริมผิวลาดยางแอสฟัลติกท์คอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay) เป็นต้น
3. งานบำรุงพิเศษ (Special Maintenance) เป็นการบำรุงเสริมแต่งและปรับปรุงทางที่ชำรุดเสียหายเกินกว่าที่จะทำการซ่อมบำรุงด้วยวิธีปกติหรือบำรุงตามกำหนดเวลาให้กลับสู่สภาพเดิมได้ ซึ่งมีวิธีการซ่อม เช่น งานซ่อมสร้างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete) และงานซ่อมสร้างผิวทางเคพซีล (Cape Seal) เป็นต้น
4. งานซ่อมฉุกเฉิน (Emergency Maintenance) เป็นการซ่อมบำรุงทางที่เกิดความเสียหายขึ้นโดยฉับพลันไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า ให้สามารถเป็นการจราจรได้ในขั้นแรกก่อน และซ่อมแซมให้คืนสู่สภาพที่เหมาะสมในภายหลัง ทั้งนี้อาจรวมถึงงานที่ทำเพื่อการป้องกันแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี

งานซ่อมบำรุงสายทางมีหลายวิธี ซึ่งการเลือกประเภทของวิธีซ่อมนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะความเสียหายและชนิดของผิวทาง วิธีการซ่อมบำรุงผิวทางลาดยางของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท สามารถจำแนกได้เป็น 8 วิธี ดังต่อไปนี้

1. การอุดรอยแตก (Sealing) เป็นการบำรุงรักษาผิวทางที่เกิดรอยแตกในลักษณะรอยแตกโดดๆ (Isolated Cracks) ตามแนวยาวหรือแนวขวางของถนนโดยไม่ได้แตกเชื่อมต่อกันเป็นช่องตารางหรือรูปเหลี่ยม
2. การปรับระดับผิวทาง (Leveling) เป็นการบำรุงผิวทางที่ทรุดหรือยุบด้วยวัสดุผสมแอสฟัลต์ ลักษณะความเสียหายของผิวทางที่ซ่อมด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ผิวทางยุบตามแนวร่องล้อ ผิวทางยุบเป็นแอ่ง ผิวทางที่ยุบตามแนวฝังท่อระบายน้ำ หรือผิวทางที่เป็นคลื่นลูกระนาด เป็นต้น
3. การปะซ่อมผิว (Skin Patch) เป็นการบำรุงรักษาผิวทางที่แตกเป็นหลุมบ่อด้วยวัสดุผสมแอสฟัลต์ ลักษณะความเสียหายของผิวทางที่ซ่อมด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ผิวทางที่แตกต่อเนื่องคล้ายหนังจระเข้หรือแตกเนื่องจาการเลื่อนตัวของผิวยาง เป็นต้น
4. การขุดซ่อม (Deep Patch) เป็นการบำรุงรักษาทางที่แตกชำรุดเป็นหลุมบ่อหรือเป็นแอ่ง ซึ่งลักษณะความชำรุดเสียหายเช่นเดียวกับงานปะซ่อมผิว แต่ความเสียหายเกิดขึ้นถึงชั้นโครงสร้างของถนน
5. งานฉาบผิวลาดยางเคพซีล เป็นการบำรุงรักษาทางตามช่วงเวลาที่กำหนดโดยการลาดยางบนผิวทางเดิมด้วย Slurry Seal เพื่ออุดรอยแตก เพิ่มความฝืดของผิวทาง และเป็นการป้องกันไม่ให้น้ำซึมผ่านลงไปใต้ผิวทาง
6. งานเสริมผิวลาดยางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay) เป็นการซ่อมบำรุงผิวทางโดยการลาดยางเสริมผิวด้วยแอสฟัลต์ติกคอนกรีต เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผิวทางเดิม และอุดรอยแตกบนผิวทางเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำซึมลงไปทำอันตรายโครงสร้างทางชั้นล่าง
7. งานซ่อมสร้างผิวทางเคพซีล (Cape Seal Rehabilitation) เป็นการแก้ไขปรับปรุงทางที่ชำรุดเสียหายโดยการขุดรื้อชั้นที่เสียหายออก แล้วเสริมโครงสร้างใหม่ให้แข็งแรงขึ้นตามชนิดวัสดุ และความหนาตามแต่ละชั้นที่ออกแบบไว้
8. งานซ่อมสร้างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Rehabilitation) เป็นการแก้ไขปรับปรุงทางที่ชำรุดเสียหายโดยการขุดรื้อชั้นที่เสียหายออก แล้วเสริมโครงสร้างใหม่ให้แข็งแรงขึ้นตามชนิดวัสดุ และความหนาตามแต่ละชั้นที่ออกแบบไว้ใหม่แล้วลาดผิวทางด้วย Asphaltic Concrete

กชกร (2543) ได้รวบรวมข้อมูลจากกรมทางหลวงเพื่อทำการวิเคราะห์แบบจำลองค่าใช้จ่าย ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถแบ่งประเภทของแบบจำลองค่าใช้จ่ายในงานซ่อมบำรุงได้ 4 ประเภท ได้แก่ งานซ่อมบำรุงปกติ งานฉาบผิวทาง งานเสริมผิวทาง และงานบูรณะสายทาง ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองค่าใช้จ่ายงานบำรุงปกติ

$$RMC = 5{,}125 \times K_m(Age^{0.234}.AADT^{0.150}) \quad (2.15)$$

RMC = ค่าใช้จ่ายงานบำรุงปกติ (บาท/กม./ความกว้างช่องจราจร 7 ม.)

K_m = ดัชนีราคาหินคลุก และลูกรัง

Age = อายุ (ปี) เริ่มนับจากปีที่ทำการเสริมผิว

AADT = ปริมาณการจราจร (คัน/วัน/ความกว้างช่องจราจร 7 ม.)

2. แบบจำลองค่าใช้จ่ายงานฉาบผิวทาง

$$SCC = 190.723 + 76.6Fuel + 88.5Cement \quad (2.16)$$

SCC = ค่าใช้จ่ายงานฉาบผิวทาง

Fuel = ดัชนีราคาน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

Cement = ดัชนีราคาปูนซีเมนต์

3. แบบจำลองค่าใช้จ่ายงานเสริมผิวทาง

$$OLC = 392{,}401 + 58{,}958Fuel + 391{,}605Asph + 107{,}374Equip \quad (2.17)$$

OLC = ค่าใช้จ่ายงานเสริมผิวทาง (บาท/กม./ความกว้างช่องจราจร 7 ม.)

Asph = ดัชนีราคาแอสฟัลต์

Equip = ดัชนีราคาเครื่องจักรกลก่อสร้าง

4. แบบจำลองค่าใช้จ่ายงานบูรณะผิวทาง

$$RHC = 1{,}251{,}279 + 592{,}828Asph + 173{,}398Fuel + 145{,}707Equip + 76{,}270M - 442{,}510K_m \quad (2.18)$$

RHC = ค่าใช้จ่ายงานบูรณะผิวทาง (บาท/กม./ความกว้างช่องจราจร 7 ม.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

M = ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ไม่รวมเหล็กและซีเมนต์

เพื่อคาดการณ์แนวโน้มของค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จึงได้มีการพัฒนาแบบจำลองซึ่งสามารถทำนายค่าดัชนีต่างๆโดยใช้ราคาในปี พ.ศ.2542 เป็นปีฐาน ดังนี้

$$K_m = 1.0294 + 0.0042Year \quad (2.19)$$

$$Fuel = 1.4651 + 0.0412Year \quad (2.20)$$

$$Asph = 0.9554 + 0.0248Year \quad (2.21)$$

$$Equip = 1.4630 + 0.0339Year \quad (2.22)$$

$$M = 1.8499 + 0.0610Year \quad (2.23)$$

Year = ระยะเวลานับจากการก่อสร้างถนนแล้วเสร็จ (ปี) โดยมีค่าเท่ากับศูนย์ในปีที่เริ่มทำการวิเคราะห์

ปัจจุบันมาตรฐานการซ่อมบำรุงของกรมทางหลวงได้พัฒนาและปรับปรุงจากอดีต โดยได้กำหนดมาตรฐานวิธีการซ่อมบำรุงและราคาต่อหน่วย เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์แผนงบประมาณการซ่อมบำรุง ซึ่งได้แบ่งและเพิ่มกิจกรรมการซ่อม (Activities) ในแต่ละประเภทงานซ่อม (Categories) ตามความเหมาะสมของสภาพความเสียหายของผิวทาง สำหรับราคาต่อหน่วยที่แสดงในตาราง 2.3 นี้ เป็นราคาที่สำนักบริหารงานบำรุงทางใช้เป็นตัวแทนราคาซ่อมบำรุงในการวิเคราะห์แผนงบประมาณ

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการซ่อมบำรุงทางหลวง

ประเภทงานบำรุง (Categories)	คำอธิบาย (Descriptions)	กิจกรรม (Activities)	ราคาค่าซ่อม (บาท/ตร.ม.)
งานบำรุงปกติ	ทำความสะอาด เสริมแต่งทาง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ต้องทำเป็นประจำ	Routine Maintenance	11
งานฉาบผิวทาง	การซ่อมแซมความเสียหายของถนนที่เกิดความเสียหายเฉพาะผิวทาง โดยการฉาบผิวทางเดิมด้วย ส่วนผสมมวลรวม, แอสฟัลต์เหลวหรือแอสฟัลต์อิมัลชั่น	Slurry Seal Type I	30
		Slurry Seal Type II	60
		Slurry Seal Type III	90
		Chip Seal	70
		Fog Seal	9

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการซ่อมบำรุงทางหลวง (ต่อ)

ประเภทงานบำรุง (Categories)	คำอธิบาย (Descriptions)	กิจกรรม (Activities)	ราคาค่าซ่อม (บาท/ตร.ม.)
การเสริมผิวทาง	การซ่อมแซมถนนโดยการเสริมวัสดุผิวทางแอสฟัลต์บนผิวทางเดิม เพื่อแก้ไขความเสียหายและเสริมความแข็งแรงให้แก้โครงสร้างทาง	4 cm Overlay	190
		5 cm Overlay	300
		8 cm Overlay	360
		10 cm Overlay	510
งานปะซ่อมผิวทาง	การซ่อมแซมความเสียหายเฉพาะชั้นผิวทาง โดยนำผิวทางเดิมที่เสียหายออกและนำส่วนผสมใหม่มาปรับให้เรียบ	Skin Patching	280
งานบูรณะผิวทางแอสฟัลต์	งานซ่อมโครงสร้างชั้นทาง สามารถแบ่งงานหมวดนี้ออกเป็น งานบูรณะผิวทางเดิม และ Pavement In-place Recycling โดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของหน้างาน	Rehabilitation	380

ที่มา: สำนักบำรุงบริหารทางหลวง, 2550

การศึกษาผลกระทบหลังการซ่อมบำรุงพบว่า การซ่อมด้วยวิธีการฉาบผิวทาง การเสริมผิวทาง และการบูรณะผิวทางเป็นวิธีการซ่อมหลัก ที่ส่งผลให้ค่าดัชนีความขรุขระสากลของผิวทาง (IRI) ลดลง เนื่องจากลักษณะการซ่อมนั้นจะซ่อมตลอดพื้นที่ผิวการจราจร ซึ่งผลการศึกษาของ NDLI (1995) พบว่าค่า IRI หลังการฉาบผิวทาง มีความสัมพันธ์กับ ค่า IRI ก่อนการฉาบผิว ความหนาในการฉาบผิว และร้อยละของพื้นที่แตกร้าวของผิวทาง ซึ่งแบบจำลองการคำนวณแสดงความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2.24

$$IRI_a = IRI_b - MAX[0, MIN\{ a_0 \times (IRI_b - a_1), (a_2 \times Hsl)\}] \quad (2.24)$$

โดยที่ IRI_a = IRI หลังการ Seal (m/km)

IRI_b = IRI ก่อนการ Seal (m/km)

Hsl = ความหนาของการ Seal (mm)

a_0 a_1 และ a_2 = ค่าคงที่ของสมการ มีค่าเท่ากับ 0.1 2.5 และ 0.03 ตามลำดับ

Odoki (2001) ได้ศึกษาถึงผลกระทบของค่า IRI หลังการเสริมผิวทางลาดยาง พบว่าความหนาในการเสริมผิวทางที่ต่างกันจะส่งผลให้ค่า IRI หลังการเสริมผิวทางต่างกัน และ กรณีเสริมผิวทางลาดยางด้วยความหนาที่เท่ากัน เมื่อค่า IRI ก่อนการเสริมผิวทางต่างกันจะส่งผลให้ค่า IRI หลังการเสริมผิวทางแตกต่างกัน โดยแสดงความสัมพันธ์ในสมการที่ 2.25

$$dIRI = \max[0,\ 0.9\{\min(a_1, IRI_b) - a_2\} + a_3 \times \max\{0, (IRI_b - a_1)\}] \quad (2.25)$$

โดยที่ dIRI = ค่า IRI ที่ลดลงหลังการการเสริมผิวทาง (ม./กม.)

$$a_1 = \max[4,\ 2.1 \times e^{(0.019 \times HSNEW)}]$$

$$a_2 = 1 + 0.018 \max[0,\ (100 - HSNEW)]$$

$$a_3 = \min\{a_0,\ \max[0.9,\ (0.01 \times HSNEW - 0.15)]\}$$

IRI_b = ค่า IRI ก่อนการเสริมผิวทาง (m/km)

HSNEW = ความหนาของการเสริมผิวทาง (mm)

การศึกษาผลกระทบหลังการซ่อมบำรุงในประเทศไทยในอดีตที่ผ่านมา ยังไม่มีการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองผลกระทบหลังการเสริมผิวทาง ซึ่งโดยทั่วไปผลการสำรวจค่า IRI หลังการเสริมผิวทางใหม่มีค่าอยู่ในช่วง 1.5-3.5 เมตร/กิโลเมตร (Sayers, 1986)

2.4.2.3 **ค่าใช้จ่ายผู้ใช้ทาง (Road User Cost, RUC)**

ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง (RUC) แบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบหลักคือ ค่าใช้จ่ายของการใช้ยานพาหนะ (Vehicle Operating Cost, VOC) และ มูลค่าเวลาในการเดินทาง (Travel Time Cost, TTC) ซึ่งค่า VOC และค่า TTC มีความแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่ของสายทาง ลักษณะและคุณสมบัติของประเภทยานพาหนะ จากการศึกษาของ Watantada (1987) พบว่าค่าใช้จ่ายของการใช้ยานพาหนะ (VOC) ประกอบไปด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Cost) ค่าน้ำมันหล่อลื่น (Oil Cost) ค่าเสื่อมราคาของยานพาหนะ (Depreciation Cost) ค่าซ่อมบำรุงและอะไหล่ (Maintenance and Part Cost) ค่าการสึกหรอของล้อยาง (Tyre Cost) และค่าจ้างสำหรับพนักงานในการเดินรถ (Crew Cost) ซึ่งองค์ประกอบค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ นี้ แปรผันตามความเร็วและดัชนีความขรุขระสากล (IRI)

สำหรับประเทศไทยเคยมีการศึกษาแบบจำลองผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายผู้ใช้ทาง ซึ่งได้อ้างอิงแนวทางการวิเคราะห์และพัฒนามาจากโปรแกรม HDM-III ของธนาคารโลก เพื่อจำลองและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางกับสภาพความเสียหายของผิวทางโดยใช้

ค่า IRI เป็นตัวแทนสภาพความเสียหาย โดยพิจารณาแยกตามประเภทของยานพาหนะ ซึ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางกับค่า IRI แสดงดังสมการที่ 2.27

$$RUC = a \times IRI^{2} + b \times IRI + c \qquad (2.27)$$

โดยที่ RUC = ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ถนน (บาท/กม.-คัน)

IRI = ดัชนีความขรุขระสากล (เมตร/กิโลเมตร)

a, b, c = สัมประสิทธิ์ของแบบจำลองโดยสัมพันธ์กับประเภทของยานพาหนะ

2.4.2.4 กาวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง ในการพัฒนาและบริหารงานโครงข่ายทาง เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ในภาพรวมที่พิจารณาจากสภาพความเสียหายของสายทาง ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ตลอดจนค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ Life Cycle Cost ของสายทาง ซึ่งแบ่งประเภทดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์ดังนี้

1. Net Present Value (NPV)
2. Internal Rate of Return (IRR)
3. Benefit-Cost Ratio (B/C)
4. Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC)

สำหรับการประยุกต์ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้พิจารณาตัดสินใจเลือกโครงการซ่อมบำรุงนั้น โดยทั่วไปนิยมใช้ค่า NPV เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทางและแสดงผลอยู่ในรูปของมูลค่าปัจจุบัน ซึ่งผู้วิเคราะห์สามารถใช้เปรียบเทียบแผนการลงทุน หรือใช้เปรียบเทียบในกรณีที่กำหนดอัตราผลตอบแทนในแต่ช่วงระยะเวลาต่างๆ แตกต่างกัน ในส่วนของการวิเคราะห์ค่า IRR นั้น เป็นการพิจารณาอัตราผลตอบแทนเพื่อพิจารณาความน่าสนใจในการลงทุน โดยเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่กำหนดไว้ ซึ่งวิธีการนี้อาจจะไม่เหมาะในการใช้สำหรับเปรียบเทียบและคัดเลือกแผนการซ่อมบำรุง ส่วนการวิเคราะห์ค่า B/C เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลประโยชน์ที่ได้รับจากการลงทุน ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการซ่อมบำรุงกรณีที่มีแผนงานซ่อมแตกต่างกัน ลำดับสุดท้ายการ

วิเคราะห์ค่า EUAC เป็นการวิเคราะห์มูลค่าในอนาคตโดยปรับเทียบเป็นมูลค่าต่อ 1 ปี ซึ่งเหมาะสำหรับการเปรียบเทียบและคัดเลือกแผนการซ่อมบำรุงที่มีคาบระยะเวลาการวิเคราะห์ไม่เท่ากัน

2.5 บทสรุป

ปัจจุบันหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับงานบริหารโครงข่ายทางทั้งกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท มีแนวโน้มในการบริหารงบประมาณบำรุงทาง โดยพิจารณาจากความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ ซึ่งการวางเป้าหมายในการให้บริการของสายทางแก่ผู้ใช้ทางนั้นแบ่งออกเป็นยุทธศาสตร์สายทางต่างๆ เช่น ยุทธศาสตร์โลจิสติกส์ ยุทธศาสตร์การท่องเที่ยว ยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาจราจร ยุทธศาสตร์ด้านความปลอดภัย และยุทธศาสตร์การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกเหนือจากยุทธศาสตร์ดังกล่าวแล้ว การกำหนดเป้าหมายในใช้งานของสายทางในหน่วยงานอื่นๆ ยังมีความแตกต่างกัน เช่น กำหนดให้สายทางที่อยู่ในความรับผิดชอบสามารถรองรับและสนับสนุนการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

การวัดคุณภาพในการให้บริการของสายทางได้เริ่มศึกษาโดย AASHO ซึ่งพยายามที่จะนิยามคุณภาพการให้บริการของสายทางเป็นค่าคะแนน โดยวัดจากระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง ซึ่งได้กำหนดดัชนีที่ใช้ชี้วัดสภาพการให้บริการของสายทาง คือ Present Serviceability Rating (PSR) จากนั้นต่อมาจึงมีการพัฒนาดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการอื่นๆ เช่น Present Serviceability Index (PSI) Pavement Condition Index (PCI) Pavement Condition Rating (PCR) และ International Roughness Index (IRI) ซึ่งในปัจจุบันค่า IRI เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายรวมทั้งประเทศไทย เนื่องเป็นค่ามาตรฐานสากลและเหมาะสมในแง่ของการปฏิบัติในกรณีที่ต้องสำรวจสภาพโครงข่ายทางขนาดใหญ่ สำหรับแนวทางในการกำหนดค่าระดับการให้บริการของโครงข่ายทางนั้น ในอดีตที่ผ่านเริ่มจากการศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง แต่การพิจารณามุมมองจากผู้ใช้ทางเพียงอย่างเดียวอาจจะไม่สะท้อนความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งในปัจจุบันการวิเคราะห์โครงการหรือแผนงานซ่อมบำรุงต่างๆ นิยมใช้วิธีการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทาง (Life Cycle Cost) เป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบแผนการซ่อมในรูปแบบต่างๆ เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Life Cycle Cost นี้ได้พิจารณาครอบคลุมทั้งด้านสภาพความเสียหายของสายทาง ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงและผลกระทบจากการซ่อมบำรุง ตลอดจนค่าใช้จ่ายต่างๆ ของผู้ใช้ทาง

บทที่ 3
แนวทางการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการในแต่ละยุทธศาสตร์สายทาง

เนื่องจากในแต่ละยุทธศาสตร์สายทางมีคุณลักษณะและเป้าหมายในการให้บริการที่ต่างกัน เนื้อหาในบทนี้จึงเป็นการกล่าวถึงการจัดกลุ่มของประเภทยุทธศาสตร์สายทางที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน เพื่อคัดเลือกดัชนีตัวแทนและกำหนดวิธีวิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการที่เหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์ โดยพิจารณาจากแนวทางการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใช้ของผู้ใช้ทางและแนวทางการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทาง เพื่อนำมาประยุกต์และพัฒนาสร้างกรอบวิธีการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับการนำไปใช้บริหารงานโครงข่ายทาง

3.1 การกำหนดประเภทดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการสำหรับการวิเคราะห์

การกำหนดตัวแทนดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการของสายทางในงานวิจัยนี้ ได้เลือกค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ ซึ่งข้อดีและความเหมาะสมในการเลือกค่า IRI มาใช้ในการวิเคราะห์ คือ

1. เป็นดัชนีที่สะท้อนถึงสภาพการให้บริการของสายทางซึ่งใช้อย่างแพร่หลายในระดับสากล โดยสามารถนำไปเป็นตัวแทนสำหรับการวิเคราะห์แผนงานในระดับโครงข่ายทาง (Network Level)
2. ใช้ระยะเวลาในการสำรวจเก็บข้อมูลน้อยกว่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการประเภทอื่น ซึ่งเหมาะสมในแง่ของการปฏิบัติ สำหรับการเก็บข้อมูลที่โครงข่ายทางมีปริมาณสายทางมาก
3. มีความโน้มเอียงของข้อมูลน้อยกว่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการประเภทอื่น เนื่องจากใช้เครื่องมือในการสำรวจ โดยที่ก่อนการสำรวจสามารถปรับแก้และสอบเทียบให้เครื่องมือเป็นมาตรฐานเดียวกันได้ ซึ่งการสำรวจและประเมินด้วยบุคคลมีโอกาสที่ข้อมูลคลาดเคลื่อนได้มากกว่า
4. เป็นข้อมูลที่หน่วยงานทางในประเทศไทย เก็บสำรวจต่อเนื่องตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน

ถึงแม้ค่า IRI จะมีความเหมาะสมหลายประการในการเลือกนำมาเป็นดัชนีตัวแทนสภาพการให้บริการของสายทาง ค่า IRI ก็ยังคงมีข้อจำกัด คือ ไม่สะท้อนลักษณะและประเภทของความ

เสียหายของสายทางทั้งหมด ซึ่งการตัดสินใจเลือกวิธีการซ่อมบำรุงในระดับโครงการ (Project Level) นั้นจำเป็นต้องรู้ชนิดหรือประเภทความเสียหายอื่นๆ ประกอบด้วย แต่สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์สายทางในงานวิจัยนี้ ได้มุ่งเน้นไปที่การนำค่าดัชนีชี้วัดไปประยุกต์ใช้สำหรับบริหารงานทางในระดับโครงข่ายทาง(Network Level) ดังนั้นการเลือกค่าดัชนีเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์โดยใช้ค่า IRI จึงเหมาะสมที่สุด

3.2 การกำหนดขอบเขตของกลุ่มยุทธศาสตร์สายทางและแนวทางการวิเคราะห์

จากการศึกษาประเภทของยุทธศาสตร์สายทางของทั้งกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท ตลอดจนหน่วยงานอื่นที่มีโครงข่ายทางอยู่ในความรับผิดชอบ พบว่าประเภทของยุทธศาสตร์สายทางมีทั้งหมด 7 ประเภท คือ

1. ยุทธศาสตร์โลจิสติกส์
2. ยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาจราจร
3. ยุทธศาสตร์การส่งเสริมเศรษฐกิจและชุมชน
4. ยุทธศาสตร์การท่องเที่ยว
5. ยุทธศาสตร์ความมั่นคงชายแดน
6. ยุทธศาสตร์ด้านความปลอดภัย
7. ยุทธศาสตร์การลดผลกระทบทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม

สำหรับแนวทางในการกำหนดค่า IRI เป้าหมายโครงข่ายทางของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทในอดีตที่ผ่านมา ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนด ซึ่งค่า IRI เป้าหมายที่ได้จากเกณฑ์การตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน และจากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการวิเคราะห์ค่า IRI เป้าหมายของสายทางอย่างเป็นระบบ มีเพียงแนวทางการวิเคราะห์จากการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง โดยวิเคราะห์หาระดับการให้บริการขั้นต่ำสุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้ (Minimum Acceptable Level of Serviceability) หรือค่า IRI มากที่สุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้ แต่จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารงานโครงข่ายทางของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท พบว่านอกจากการบริหารงานโครงข่ายทางเพื่ออำนวยความสะดวกและความพึงพอใจของผู้ใช้ทางแล้ว ยังจำเป็นต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าของงบประมาณในการลงทุนซ่อมบำรุงโครงข่ายทางด้วย เนื่องจากงบประมาณซ่อมบำรุงในแต่ละปีที่ได้รับจากรัฐบาลมีจำกัด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาแนวทางการวิเคราะห์ค่า IRI เป้าหมายจากมุมมองความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยศึกษางานวิจัยที่นำแนวทางการวิเคราะห์ทางด้าน

เศรษฐศาสตร์มาร่วมบริหารงานโครงข่ายทาง ซึ่งพบว่าการบริหารงานโครงข่ายทางของประเทศสหรัฐอเมริกาในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาได้ใช้แนวทางการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทาง (Life Cycle Cost Analysis) สำหรับคัดเลือกแผนการซ่อมบำรุงที่ก่อให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด

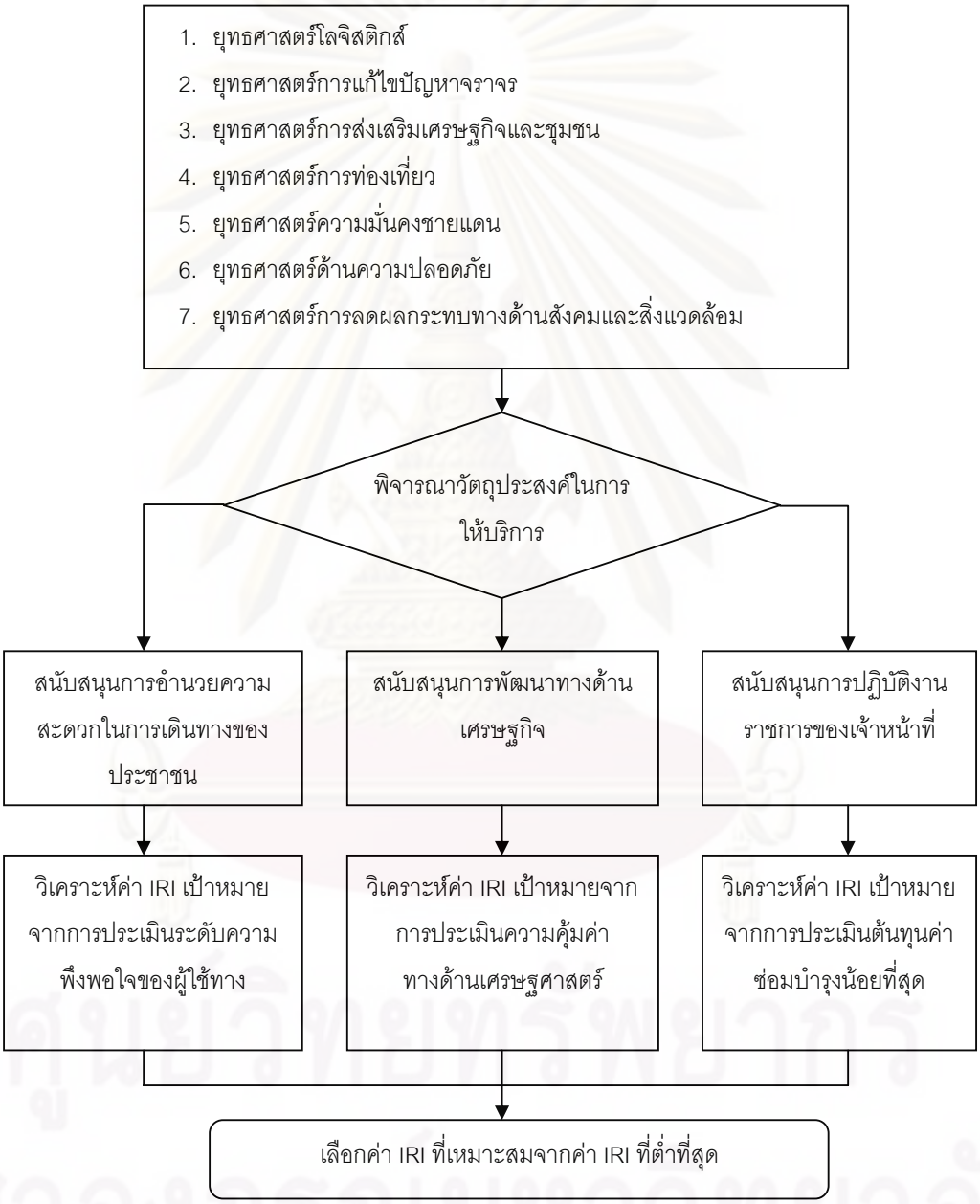
จากที่กล่าวมาข้างต้น แนวทางการวิเคราะห์ค่า IRI เป้าหมายจากการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับหลายยุทธศาสตร์ที่ต้องการอำนวยความสะดวกในการเดินทางของผู้ใช้ทางเป็นหลัก เช่น ยุทธศาสตร์การท่องเที่ยว ยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาจราจร และยุทธศาสตร์การส่งเสริมเศรษฐกิจและชุมชน แต่แนวทางนี้อาจจะไม่เหมาะสำหรับยุทธศาสตร์ที่สนับสนุนการปฏิบัติงานราชการของเจ้าหน้าที่ เช่น ยุทธศาสตร์สนับสนุนความมั่นคงชายแดน เนื่องจากวัตถุประสงค์ของยุทธศาสตร์สนับสนุนความมั่นคงชายแดนเป็นการอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่เพื่อปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ไม่ได้รองรับการใช้งานของประชาชนทั่วไป และในกรณีที่สายทางมีวัตถุประสงค์หลักในการรองรับและพัฒนาระบบเศรษฐกิจ การวิเคราะห์ด้วยระดับความยอมรับได้ของผู้ใช้ทางอาจจะไม่เพียงพอ ซึ่งในการวิเคราะห์เพื่อหาค่าระดับการให้บริการหรือค่า IRI ที่เหมาะสมนั้นควรพิจารณาในมุมมองด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วย โดยสามารถใช้แนวทางคัดเลือกค่า IRI เป้าหมายที่ส่งผลให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนตลอดอายุการใช้งานสูงที่สุด สำหรับคัดเลือกค่า IRI เป้าหมายและสำหรับสายทางที่ไม่ได้รองรับทั้งทางด้านการใช้งานของประชาชนผู้ใช้ทางทั่วไปและการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ แนวทางการวิเคราะห์ที่สามารถนำมาประยุกต์เพื่อหาค่า IRI ที่เหมาะสมสามารถพิจารณาได้จากต้นทุนในการซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานของสายทางที่น้อยที่สุด

จากยุทธศาสตร์สายทางทั้ง 7 ประเภทที่มีอยู่ในปัจจุบัน สามารถกำหนดขอบเขตและแบ่งกลุ่มยุทธศาสตร์สายทางในการศึกษาได้เป็น 3 กลุ่มหลักๆ คือ

- กลุ่มที่ 1 สนับสนุนการอำนวยความสะดวกในการเดินทางของประชาชน
- กลุ่มที่ 2 สนับสนุนการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ
- กลุ่มที่ 3 สนับสนุนการปฏิบัติงานราชการของเจ้าหน้าที่ หรือ งานบำรุงรักษา (Service Roads)

ซึ่งแนวทางในการวิเคราะห์หาค่าระดับการให้บริการที่เหมาะสมนั้น พิจารณาจากวัตถุประสงค์ของยุทธศาสตร์สายทางนั้นว่าสอดคล้องกับกลุ่มยุทธศาสตร์ใด หากตรงกับการสนับสนุนการอำนวยความสะดวกในการเดินทางของประชาชนจะใช้แนวทางการวิเคราะห์ระดับ

ความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง หากตรงกับการสนับสนุนการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจจะใช้แนวทางการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และหากวัตถุประสงค์ของสายทางใช้เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานราชการของเจ้าหน้าที่จะใช้แนวทางการวิเคราะห์ค่าซ่อมบำรุงน้อยที่สุดตลอดอายุการใช้งาน โดยแสดงขอบเขตกลุ่มยุทธศาสตร์สายทางและแนวทางการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขอบเขตของกลุ่มยุทธศาสตร์สายทางและแนวทางการวิเคราะห์

3.3 แนวทางการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง

จากการศึกษาแนวทางการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจในระดับการให้บริการของผู้ใช้ทางที่ผ่านมา พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อความรู้สึกของผู้ประเมินคือ ความเร็วในการสำรวจ โดยที่ความเร็วจะแปรผกผันกับระดับค่า IRI ที่ยอมรับได้ ซึ่งหากความเร็วในการสำรวจข้อมูลไม่สม่ำเสมออาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประเมินระดับการยอมรับได้ของผู้ใช้ทาง นอกจากนั้นกลุ่มของผู้ประเมินแต่ละประเภทเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อระดับการให้บริการที่วิเคราะห์ได้ เนื่องจากระดับความความรู้สึกในการยอมรับของผู้ใช้ทางจะแตกต่างกันตามเพศและวัย ดังนั้นแนวทางในการวิเคราะห์ระดับการให้บริการโดยใช้ค่า IRI เป็นตัวแทน ควรจะเริ่มจากการควบคุมตัวแปรในการสำรวจ จากนั้นทำการคัดเลือกสายทางที่มีค่า IRI ในช่วงต่างๆ เพื่อสำรวจเก็บข้อมูลความพึงพอใจในการให้บริการของสายทาง และลำดับสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์หาค่า IRI เป้าหมายโดยพิจารณาจากค่า IRI มากสุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้

3.3.1 การควบคุมตัวแปรในการสำรวจ

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกหรือระดับความพึงพอใจในการให้บริการของสายทางนั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องควบคุมสำหรับการวิเคราะห์ ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่อความรู้สึกการยอมรับได้ของสภาพการให้บริการ ได้แก่

1. ยานพาหนะที่ใช้ในการสำรวจ
2. ผู้ขับขี่ยานพาหนะ
3. ผู้ประเมินสภาพการให้บริการของสายทาง
4. ความเร็วที่ใช้ในการสำรวจ
5. ลักษณะภูมิอากาศและภูมิประเทศ

3.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล IRI และคัดเลือกสายทาง

การสำรวจและประเมินระดับการให้บริการของสายทางนั้น ผู้ประเมินจำเป็นต้องนั่งบนพาหนะที่ใช้สำรวจเพื่อประเมินสภาพการให้บริการ โดยเป็นสายทางที่ทราบค่า IRI ซึ่งแนวทางในการคัดเลือกสายทางสำหรับสำรวจเก็บข้อมูลนั้น จะพิจารณาคัดเลือกช่วงสายทางที่มีค่า IRI แตกต่างกันสำหรับการประเมินระดับการให้บริการ โดยการแบ่งช่วงของค่า IRI ที่กำหนดจะเริ่มจาก 2.0 เมตร/กิโลเมตร ไปจนถึง 8.0 เมตร/กิโลเมตร เนื่องจากโดยทั่วไปค่า IRI ของสายทางใหม่มีค่าประมาณ 2.0 เมตร/กิโลเมตร และที่ค่า IRI เท่ากับ 8.0 เมตร/กิโลเมตร ถือว่าเป็นความ

เสียหายของผิวทางที่รุนแรงเป็นหรือสายทางที่ไม่มีผิวทาง (Sayers, 1986) และสำหรับการคัดเลือกสายทางโดยใช้ค่า IRI เป็นปัจจัยในการเลือกนี้ ควรพิจารณาข้อมูลค่า IRI ของสายทาง ณ วันที่มีการเก็บสำรวจ ซึ่งหากใช้ข้อมูลค่า IRI ย้อนหลังจะทำให้ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ทางคลาดเคลื่อนจากสภาพความเป็นจริง

หลังจากกำหนดค่าของ IRI เป็นช่วงต่างๆ แล้ว ลำดับถัดมาเป็นการคัดเลือกเพื่อกำหนดจำนวนตัวอย่างสายทางในการเก็บข้อมูลนั้น ซึ่งจำนวนตัวอย่างสายทางในแต่ละช่วงของค่า IRI นั้นสามารถคำนวณได้จากทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง โดยกรณีที่ไม่ทราบจำนวนของข้อมูลสายทางทั้งหมด สามารถใช้สมการของ Cochran (1953) เพื่อคำนวณหาจำนวนตัวอย่างสายทางสำหรับการเก็บข้อมูล ได้ดังนี้

$$n = [p \times (1-p) \times Z^2] / d^2 \qquad (3.1)$$

โดยที่ n = จำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

P = สัดส่วนของข้อมูลที่ต้องการสุ่ม

Z = ระดับความมั่นใจที่กำหนด หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติ เช่น

ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% หรือ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1, ค่า Z = 1.65

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05, ค่า Z = 1.96

ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% หรือ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, ค่า Z = 2.58

d = สัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ เช่น

ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% สัดส่วนความเคลื่อน = 0.1

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัดส่วนความเคลื่อน = 0.05

ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% สัดส่วนความเคลื่อน = 0.01

.และในกรณีที่ทราบจำนวนข้อมูลทั้งหมด สามารถใช้สมการของ Yamane (1973) เพื่อคำนวณหาจำนวนตัวอย่างสายทางสำหรับการเก็บข้อมูล ได้ดังนี้

$$n = N / [1 + N \times e^2] \qquad (3.2)$$

โดยที่ n = จำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

N = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

e = สัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ เช่น

ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% สัดส่วนความเคลื่อน = 0.1
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัดส่วนความเคลื่อน = 0.05
ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% สัดส่วนความเคลื่อน = 0.01

3.3.3 การสำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง

การสำรวจเก็บข้อมูลทำโดยให้ผู้ประเมินเดินทางในสายทางที่คัดเลือกและทราบค่า IRI ซึ่งควบคุมตัวแปรในการสำรวจตามหัวข้อ 3.3.1 โดยการประเมินสภาพการให้บริการของสายทาง สามารถแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางได้ดังนี้

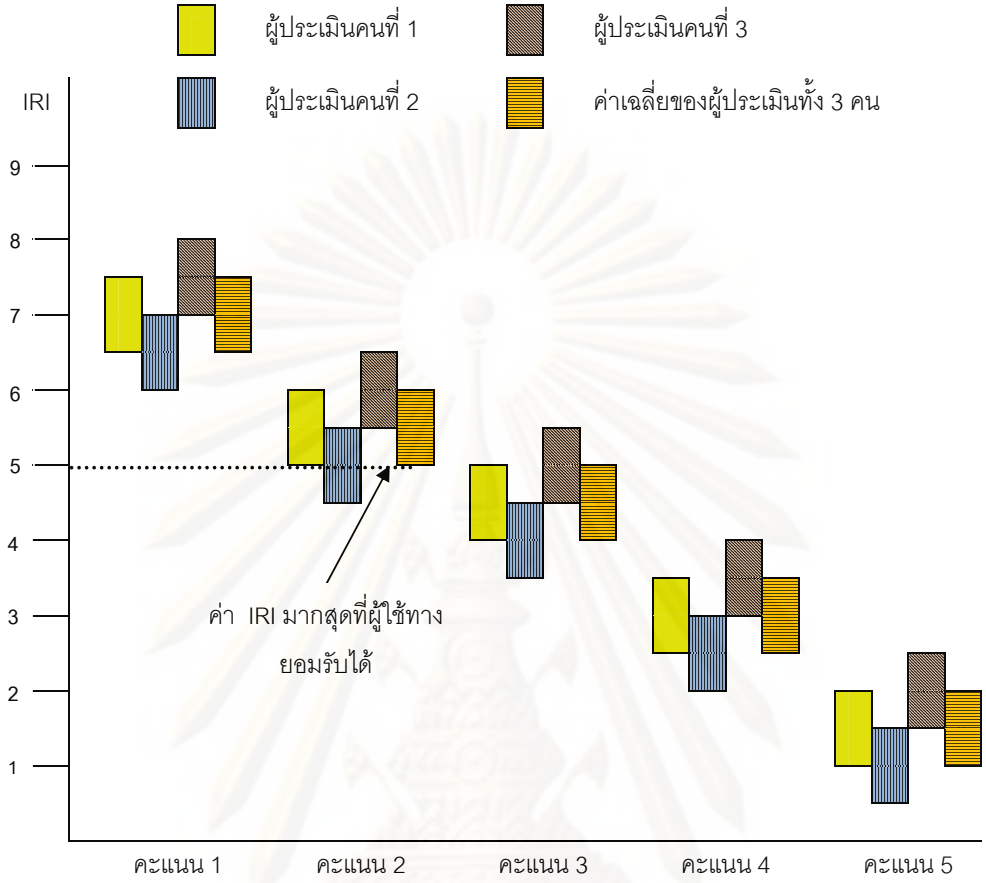
คะแนน 5 รู้สึกสบาย ไม่รู้สึกกระเทือน
คะแนน 4 รู้สึกสบาย แต่กระเทือนบ้างเล็กน้อย
คะแนน 3 มีการกระเทือนแต่ยังถือว่าพอรับได้
คะแนน 2 รู้สึกไม่สบาย กระทบการเทือนมาก
คะแนน 1 กระเทือนมากที่สุด ควรปรับปรุงถนน

3.3.4 การวิเคราะห์ผลการสำรวจ

เมื่อได้ผลการสำรวจค่าคะแนนระดับความพึงพอใจในสายทางที่ค่า IRI ต่างๆ วิธีการวิเคราะห์ผลการสำรวจเพื่อหาค่า IRI เป้าหมายหรือค่า IRI ที่มากสุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้ทำได้โดยพิจารณาเลือกค่ากลางหรือค่าตัวแทนของค่า IRI ต่ำสุดของผู้ประเมินทุกคนที่เริ่มรู้สึกไม่สบายมีการกระทบกระเทือน ยกตัวอย่างการสำรวจ เช่น หากมีผู้ประเมินทั้งหมด 3 คน และผลการสำรวจพบว่าที่ค่าคะแนนเท่ากับ 2 ค่า IRI ต่ำสุดและสูงสุด ของผู้ประเมินแต่ละคน เป็นดังนี้

1. ผู้ประเมินคนที่ 1 ให้ค่า IRI ต่ำสุดคือ 5.0 และค่าสูงสุดคือ 6.0 เมตร/กิโลเมตร
2. ผู้ประเมินคนที่ 2 ให้ค่า IRI ต่ำสุดคือ 4.5 และค่าสูงสุดคือ 5.5 เมตร/กิโลเมตร
3. ผู้ประเมินคนที่ 3 ให้ค่า IRI ต่ำสุดคือ 5.5 และค่าสูงสุดคือ 6.5 เมตร/กิโลเมตร

ดังนั้นค่ากลางพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่า IRI ต่ำสุดหรือค่าเฉลี่ยขอบเขตล่างที่ค่าคะแนนระดับความพึงพอใจเท่ากับ 2 คือ ค่าเฉลี่ยของ 5.0 4.5 และ 5.5 ซึ่งเท่ากับ 5.0 เมตร/กิโลเมตร โดยแสดงแนวทางการวิเคราะห์ดังรูปที่ 3.2

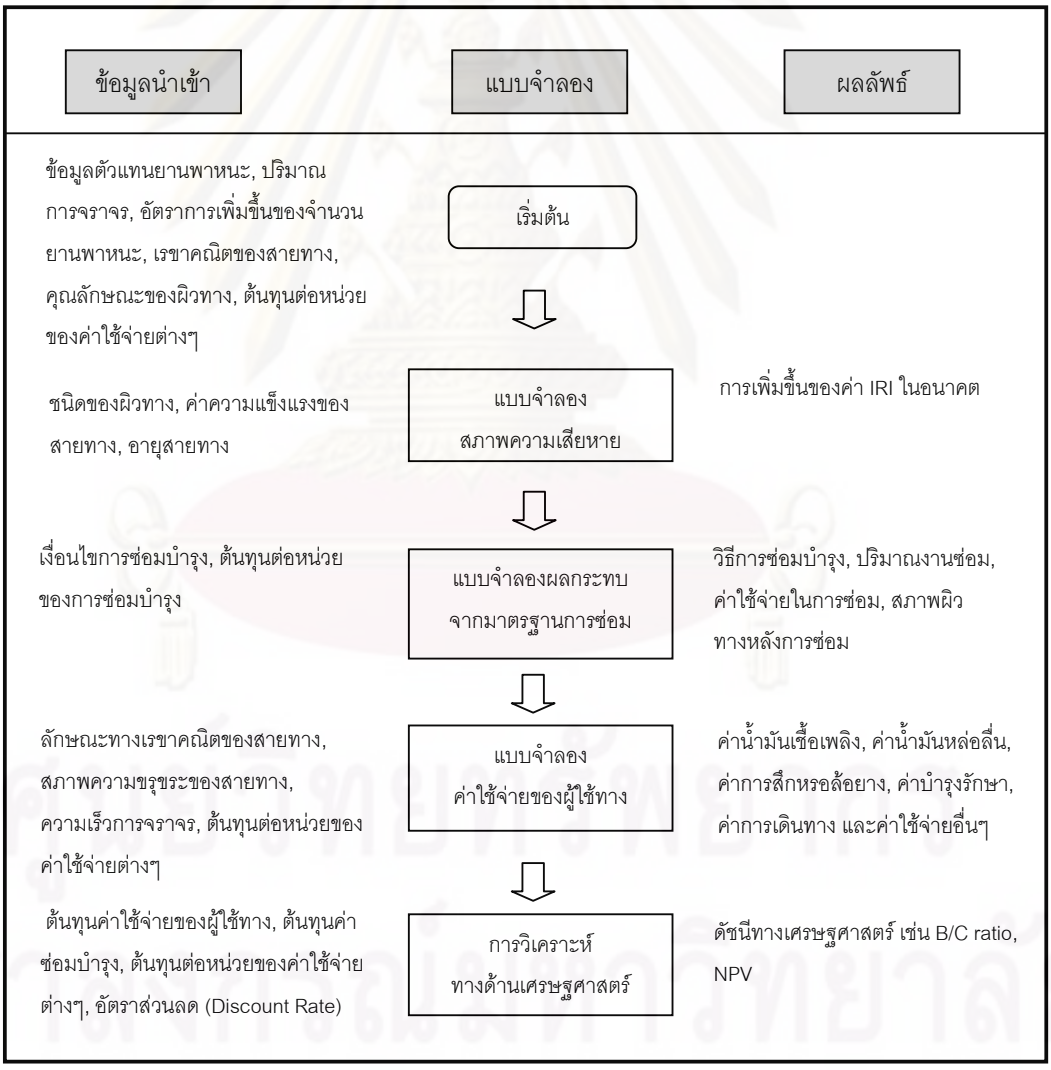


รูปที่ 3.2 แนวทางการคัดเลือกค่า IRI มากสุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้

3.4 แนวทางการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทาง

แบบจำลองที่นำมาพัฒนาสำหรับการวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน ได้แก่ แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทาง (Deterioration Model) แบบจำลองผลกระทบจากการซ่อมบำรุง (Road Work Effect Model) แบบจำลองค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง (Road User Cost Model) และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) ซึ่งแบบจำลองทั้งหมดที่กล่าวมานั้นมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน โดยเริ่มจากการเตรียมข้อมูลนำเข้าที่จำเป็นโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ ข้อมูลสายทาง ข้อมูลตัวแทนยานพาหนะ และข้อมูลมาตรฐานการซ่อมบำรุง จากนั้นเป็นการวิเคราะห์สภาพความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของผิวทาง ซึ่งในส่วนของแบบจำลองการเสื่อมสภาพความเสียหายของสายทางนั้น จะวิเคราะห์สภาพความขรุขระของผิวทาง (Roughness) โดยใช้ค่า IRI เป็นตัวแทน เมื่อสามารถทำนายสภาพผิวทางได้แล้ว ลำดับต่อมาเป็นการเลือกวิธีการซ่อมบำรุง โดยใช้แบบจำลองผลกระทบจากการซ่อมบำรุงเป็นตัวกำหนด

สภาพผิวทางหลังการซ่อมและค่าใช้จ่ายในการซ่อม ซึ่งผลการวิเคราะห์สภาพผิวทางของทั้ง 2 แบบจำลองนี้ จะถูกส่งไปยังแบบจำลองค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง เนื่องจากค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางจะแปรผันตามสภาพผิวทาง โดยที่ข้อมูลความเสียหายหลักที่ใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง คือค่า IRI เมื่อ IRI มีค่าสูงจะส่งผลให้อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมบำรุง และค่าเสื่อมของยานพาหนะสูงตามไปด้วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณอัตราการใช้เชื้อเพลิงหรืออัตราการสึกหรอต่างๆ นอกจากนี้ค่า IRI ยังส่งผลกระทบต่อความเร็วที่ใช้ในการเดินทาง ดังนั้นหากพิจารณาเรื่องของมูลค่าเวลาในการเดินทางสายทางที่มีค่า IRI สูงก็จะใช้เวลาเดินทางนานกว่าส่งผลให้ผู้ใช้ทางต้องเสียเวลาในการเดินทางมากกว่า สำหรับการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ในแบบจำลองต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แนวทางการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทาง

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นว่าค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางลดลงเมื่อสภาพผิวทางดีขึ้นหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ซึ่งค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางที่ลดลงนี้ถือเป็นผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นโดยคำนวณจากผลต่างของค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในกรณีที่สายทางได้รับการซ่อมบำรุงและไม่ได้ซ่อมบำรุง เมื่อสามารถประเมินผลประโยชน์ของการซ่อมสายทางได้แล้ว ในลำดับสุดท้ายสามารถวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนซ่อมบำรุงในแต่ละแผนงานที่กำหนดไว้เป็นทางเลือก โดยส่วนใหญ่สายทางที่มีปริมาณการจราจรสูงจะส่งผลให้ผลประโยชน์หลังการซ่อมของสายทางสูงตามปริมาณการจราจรไปด้วย ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะนำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ในส่วนอื่นๆ โดยดัชนีที่ใช้ชี้วัดความคุ้มค่าคือ อัตราส่วนผลประโยชน์ที่ผู้ใช้ทางได้รับหลังจากการซ่อมต่อต้นทุนในการซ่อมบำรุง (B/C Ratio) และค่า Net Present Value (NPV) สามารถนำมาใช้วิเคราะห์สำหรับเลือกแผนการซ่อมบำรุงที่ส่งผลให้เกิดค่าซ่อมบำรุงน้อยที่สุดตลอดอายุการใช้งานเมื่อเทียบกลับมาเป็นมูลค่าในปีปัจจุบัน

3.4.1 แนวทางการเลือกแบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทาง

แนวทางการคัดเลือกแบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางนั้น เริ่มจากการทบทวนงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความเสียหายของทาง เช่น สภาพโครงสร้างของสายทาง สภาพผิวทางในระยะเริ่มต้น ปริมาณการจราจร สภาพสิ่งแวดล้อม และปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเสื่อมสภาพ เป็นต้น ซึ่งการนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ พิจารณาจากความเหมาะสมและความเพียงพอของปริมาณข้อมูลต่างๆ ที่มีการเก็บสำรวจรวบรวมของหน่วยงานทางในประเทศไทย เนื่องจากปริมาณของข้อมูลมีผลต่อการเลือกรูปแบบของสมการทางสถิติและความน่าจะเป็นที่เหมาะสม โดยทั่วไปสามารถแบ่งชนิดของแบบจำลองการเสื่อมสภาพของทางได้ 3 ประเภท ดังนี้

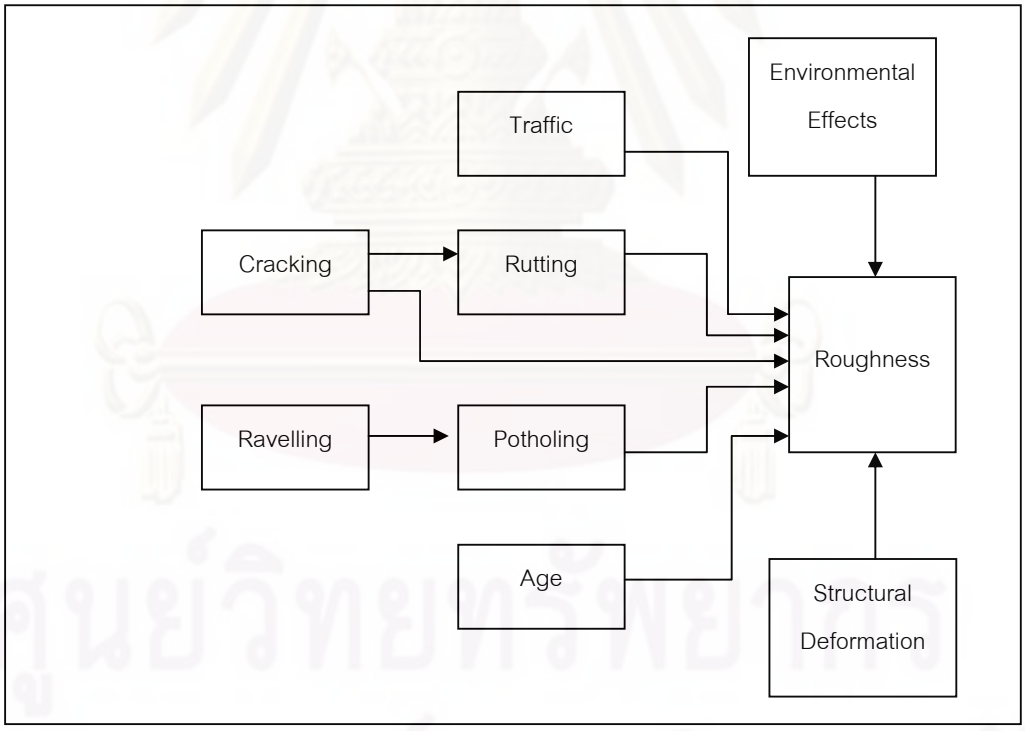
1. Empirical Model เป็นวิธีการสร้างแบบจำลองที่พัฒนาจากประสบการณ์และผลของการทดสอบของทางรวมทั้งผลการวิเคราะห์ในห้องทดลอง โดยวิธีนี้จะมีผลดีถ้าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ เช่น วัสดุ สภาพแวดล้อม น้ำหนักรถ ตลอดจนปริมาณจราจร ใกล้เคียงกับองค์ประกอบต่างๆ ของผลการทดสอบของทางที่นำมาสร้างแบบจำลอง

2. Mechanistic Model เป็นวิธีการสร้างแบบจำลองที่เน้นไปที่การทำวิจัยเกี่ยวกับปฏิกิริยาของผิวทางภายใต้น้ำหนักที่กระทำและสนใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของวัสดุกับพฤติกรรมของทางว่าเมื่อนำไปทำเป็นผิวทางจะทำให้ผิวทางมีลักษณะอย่างไรและ

พฤติกรรมอย่างไรภายใต้น้ำหนักที่กระทำ เช่น ความเค้น ความเครียด การแอ่นตัวของโครงสร้าง เป็นต้น

3. Probabilistic Model เป็นวิธีการสร้างแบบจำลองโดยอาศัยทฤษฎีสถิติและความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะของตัวแปรที่การศึกษา เหมาะกับการสร้างแบบจำลองที่มีข้อมูลน้อยกว่า 2 วิธีแรก เช่น แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟ และ Survivor Curve

จากการศึกษาแบบจำลองการเสื่อมสภาพและผลกระทบหลังการซ่อมบำรุงสายทาง (Road Deterioration and Work Effects) ของ HDM-4 พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าดัชนีความขรุขระสากล มีหลายปัจจัยประกอบไปด้วย ปริมาณจราจร สภาพแวดล้อม อายุและค่าการยุบตัวของโครงสร้างทาง นอกจากนั้นความแตกต่างของสภาพความเสียหายที่ต่างกัน เช่น ปริมาณรอยแตกร้าว ปริมาณผิวทางหลุดร่อน จำนวนหลุมบ่อ ตลอดจนค่าความลึกของร่องล้อ ที่แตกต่างกันย่อมส่งผลให้อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า IRI แตกต่างกันด้วย แสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความขรุขระของผิวทาง

จากปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า IRI ที่กล่าวข้างต้น หากนำปัจจัยทุกประเภทมาร่วมวิเคราะห์ทำนายค่า IRI อาจจะไม่เหมาะสม เนื่องจากปริมาณข้อมูลความเสียหายในแต่ละประเภทของหน่วยงานทางในประเทศไทยยังมีไม่เพียงพอ และในแต่ละองค์ประกอบของอัตราการเปลี่ยนแปลงความขรุขระต่างๆ มีแบบจำลองย่อยในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นแนวทางการเลือกแบบจำลองสภาพความเสียหายของสายทาง จึงได้เลือกแบบจำลองของ Rodrigo (2008) ซึ่งได้ปรับแก้แบบจำลองสภาพความเสียหายของ HDM-4 ให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่าย โดยพิจารณาเฉพาะปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า IRI อย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ อายุผิวทาง ค่าความแข็งแรงของโครงสร้างทาง ค่า IRI ก่อนการเริ่มต้นวิเคราะห์ และสภาพแวดล้อมของสายทาง ซึ่งความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ แสดงดังสมการที่ 3.3

$$dIRI = K_{gp} \times (a_0 \times Exp(K_{gm} \times m \times AGE) \times [(1 + SNC \times a_1)]^{-5} \times YE4 + a_2 \times AGE) + (K_{gm} \times m \times IRI_b) \quad (3.3)$$

โดย dIRI = อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า IRI ในปีที่วิเคราะห์

AGE = อายุสายทางตั้งแต่มีการเสริมผิว การบูรณะ หรือ การก่อสร้างใหม่ (ปี)

IRI_b = ค่าความขรุขระสากลเริ่มต้น (ม./กม.)

m = ค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม ดังตารางที่ 3.1

a0 = 134 เป็นค่าคงที่ของสมการ

a1 = 0.755 เป็นค่าคงที่ของสมการ

a2 = 0.0121 เป็นค่าคงที่ของสมการ

SNC = ค่าความแข็งแรงของโครงสร้างทางตั้งแต่มีการก่อสร้าง การเสริมผิว การบูรณะ หรือ การก่อสร้างใหม่ ครั้งล่าสุด

YE4 = จำนวนเพลามาตรฐาน (ล้านเพลา/ช่องทางจราจร/ปี)

K_{gp} = ค่าปรับแก้อัตราการเสื่อมสภาพของความขรุขระผิวทาง

K_{gm} = ค่าปรับแก้ของค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

สำหรับการปรับแก้แบบจำลองการทำนายค่า IRI ในสมการที่ 3.3 เพื่อนำมาใช้ในตัวอย่างการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ แสดงในภาคผนวก ค.

ตารางที่ 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม, m

ระดับความชื้น	ระดับอุณหภูมิ				
	Tropical	Sub-tropical Hot	Sub-tropical cool	Temperate cool	Temperate Freeze
Arid	0.005	0.010	0.015	0.020	0.030
Semi-Arid	0.010	0.015	0.020	0.030	0.040
Sub-Humid	0.020	0.025	0.030	0.040	0.050
Humid	0.025	0.030	0.040	0.050	0.060
Pre-Humid	0.030	0.040	0.050		

สำหรับค่าความแข็งแรงของโครงสร้างทาง (Structural Number Modified, SNC) สามารถวิเคราะห์ได้จากสมการของ Paterson (1987) โดยเป็นการพิจารณาจากทดสอบค่าการแอ่นตัวบนผิวทาง (Deflection) ซึ่งใช้เครื่องมือ Benkelman Beam หรือ Falling Weight Deflectometer (FWD) แสดงความสัมพันธ์ของค่า SNC และค่า Deflection ดังสมการที่ 3.4 และ 3.5

$$SNC = 3.2\ DEF^{-0.63} \quad \text{granular bases} \qquad (3.4)$$

$$SNC = 2.2\ DEF^{-0.63} \quad \text{cement bases} \qquad (3.5)$$

โดยที่ DEF = ค่าการแอ่นตัวของผิวทาง (mm.)

ซึ่งการนำค่า DEF ไปคำนวณในสมการที่ 3.4 และ 3.5 นั้น มีเงื่อนไขภายใต้การทดสอบที่แตกต่างกันดังนี้

- สำหรับการทดสอบด้วยวิธี Benkelman Beam
  - 80 kN axle Load
  - 520 kpa tyre pressure
  - 30°C average asphalt temperature
- สำหรับการทดสอบด้วยวิธี Falling Weight Deflectometer (FWD)
  - The central FWD deflection at 700 kPa

3.4.2 แนวทางการเลือกแบบจำลองค่าใช้จ่ายและแบบจำลองผลกระทบหลังการซ่อมบำรุง

จากการทบทวนศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทางในประเทศไทย พบว่าแบ่งประเภทของแบบจำลองค่าซ่อมบำรุงออกเป็น 4 ประเภท (กชกร, 2543) ได้แก่ แบบจำลองค่าใช้จ่ายงานบำรุงปกติ แบบจำลองค่าใช้จ่ายงานฉาบผิวทาง แบบจำลองค่าใช้จ่ายงานเสริมผิวทางลาดยาง และแบบจำลองค่าใช้จ่ายงานบูรณะสายทาง ซึ่งการพัฒนาแบบจำลองดังกล่าวได้พิจารณาจากปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการซ่อมบำรุงในแต่ละประเภท เช่น ดัชนีราคาหินคลุกและหินลูกรัง ดัชนีราคาน้ำมันดีเซล ดัชนีราคาแอสฟัลต์ และดัชนีราคาเครื่องจักรก่อสร้าง โดยจะเห็นว่าต้นทุนค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงขึ้นอยู่กับสภาวะเศรษฐกิจของประเทศในขณะนั้น ซึ่งการคาดการณ์สภาวะเศรษฐกิจในอนาคตนั้นทำได้ยาก ดังนั้นแนวทางในการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายของวิธีการซ่อมบำรุงแต่ละประเภทในอนาคตเพื่อที่คำนวณหาผลรวมของต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของสายทางนั้น สำหรับในงานวิจัยนี้จะไม่นำอัตราการผันผวนของดัชนีราคาต่างๆ มาร่วมพิจารณา ซึ่งราคาต้นทุนค่าซ่อมบำรุงแต่ละประเภทที่ใช้วิเคราะห์อ้างอิงราคาจากกรมทางหลวงเป็นหลัก

โดยทั่วไปการซ่อมบำรุงสายทางจะส่งผลให้ค่า IRI ของสายทางลดลง เนื่องจากวิธีการซ่อมส่วนใหญ่เป็นการปรับปรุงสภาพผิวทางให้เรียบและดีขึ้น ซึ่งแนวทางการเลือกแบบจำลองที่ส่งผลกระทบหลังการซ่อมบำรุงได้พิจารณาเฉพาะวิธีการซ่อมบำรุงที่ส่งผลให้ IRI ของสายทางลดลงอย่างมีนัยสำคัญหรือเป็นการปรับสภาพผิวทางใหม่ โดยไม่นำวิธีการซ่อมที่ส่งผลให้มีการปรับค่าเริ่มต้นของอายุสายทางมาร่วมพิจารณา เนื่องจากขอบเขตของระยะเวลาในการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆ พิจารณาเพียงหนึ่งรอบของอายุการใช้บริการของสายทาง ซึ่งโดยทั่วไปมีระยะเวลาประมาณ 20-25 ปี ดังนั้นแบบจำลองที่เลือกนำมาร่วมในการวิเคราะห์ได้แก่ แบบจำลองผลกระทบหลังการฉาบผิวทางลาดยาง (Sealing) และการเสริมผิวทางลาดยาง (Overlay) สำหรับในส่วนของแบบจำลองสภาพสายทางหลังการบูรณะสายทาง (Rehabilitation) ไม่นำมาร่วมพิจารณา เนื่องจากหลังการบูรณะสายทางมีผลต่อการปรับค่าเริ่มต้นของอายุการใช้งาน

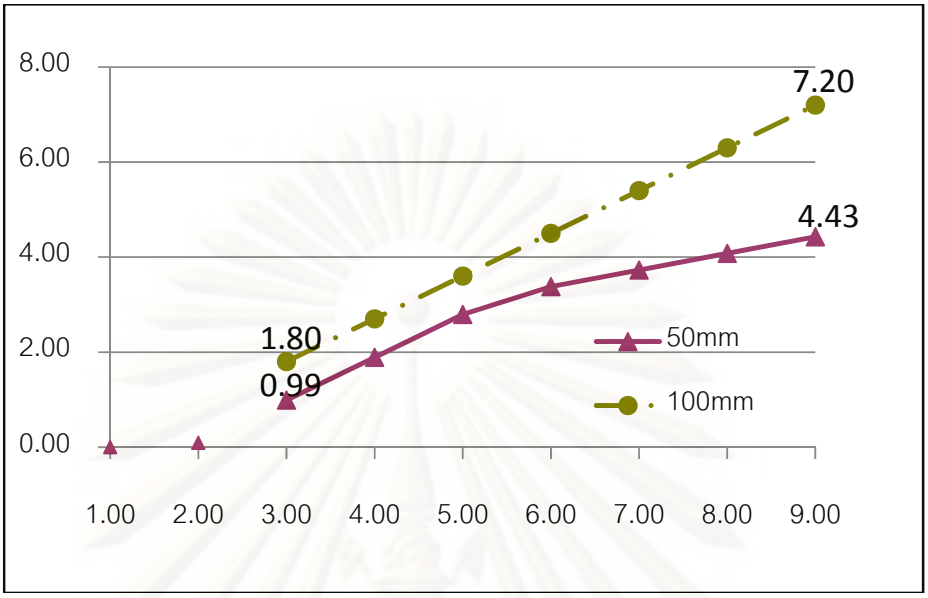
แบบจำลองผลกระทบหลังการฉาบผิวทางในงานวิจัยนี้อ้างอิงแบบจำลองของ NDLI (1995) ตามที่ได้กล่าวในบทที่ 2 และเมื่อวิเคราะห์แบบจำลอง โดยกำหนดให้ความหนาในการฉาบผิวทางเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความหนาที่ใช้ในการปฏิบัติงานของกรมทางหลวง ผลลัพธ์ที่ได้คือ เมื่อ IRI ก่อนการฉาบผิวทางมีค่าต่ำกว่า 2.0 เมตร/กิโลเมตร การฉาบผิวทางจะไม่

ส่งผลให้ค่า IRI ลดลง กรณีที่ก่อนฉาบผิวทางค่า IRI อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2.0-5.0 หลังจากการฉาบผิวทางแล้วค่า IRI จะลดลง โดยค่า IRI ที่ลดลงจะแปรผันตามค่า IRI ก่อนการฉาบผิวทาง และกรณีที่ก่อนฉาบผิวทางมีค่า IRI ตั้งแต่ 5.00 เมตร/กิโลเมตร ขึ้นไป การฉาบผิวทางจะส่งผลให้ค่า IRI ลดลงได้มากที่สุด 0.9 เมตร/กิโลเมตร แสดงผลการคำนวณดังตารางที่ 3.2 ดังนั้นหากพิจารณาตามผลการคำนวณจากแบบจำลอง แนวทางการกำหนดเงื่อนไขในการซ่อมด้วยวิธีการฉาบผิวทางที่เหมาะสมคือควรเป็นสายทางที่มีค่า IRI มากกว่า 2.5 เมตร/กิโลเมตร ขึ้นไป

ตารางที่ 3.2 การคำนวณค่า IRI หลังการฉาบผิวทางโดยใช้แบบจำลองของ NDLI (1995)

IRI ก่อนฉาบผิวทาง	IRI หลังฉาบผิวทาง	ค่า IRI ที่ลดลง
1.00	1.00	0.00
1.50	1.50	0.00
2.00	1.97	0.03
2.50	2.32	0.18
3.00	2.67	0.33
3.50	3.02	0.48
4.00	3.37	0.63
4.50	3.72	0.78
5.00	4.10	0.90
5.50	4.60	0.90
6.00	5.10	0.90

สำหรับแบบจำลองผลกระทบหลังการเสริมผิวทางได้อ้างอิงแบบจำลองของ Odoki (2001) โดยข้อมูลที่ต้องใช้ในสมการนี้คือ ค่า IRI ก่อนการเสริมผิวทาง (IRI_b) ความหนาของการเสริมผิวทาง (HSNEW) ส่วนผลลัพธ์ที่ได้จากสมการนี้คือค่า IRI ที่ลดลงหลังการการเสริมผิวทาง (ΔRI_a) จากการทดสอบแบบจำลองด้วยการแทนค่า IRI ก่อนการเสริมผิวทาง ตั้งแต่ 3.0 เมตร/กิโลเมตร ไปจนถึง 9.0 เมตร/กิโลเมตร พบว่าได้ค่าการลดค่าของค่า IRI หลังการเสริมผิวทางด้วยความหนา 50 มิลลิเมตร อยู่ในช่วง 0.99 - 4.43 เมตร/กิโลเมตร และการลดของค่า IRI หลังการเสริมผิวทางด้วยความหนา 100 มิลลิเมตร อยู่ในช่วง 1.8 - 7.2 เมตร/กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การลดของค่า IRI หลังการการเสริมผิวทางด้วยความหนา 50 mm และ100 mm

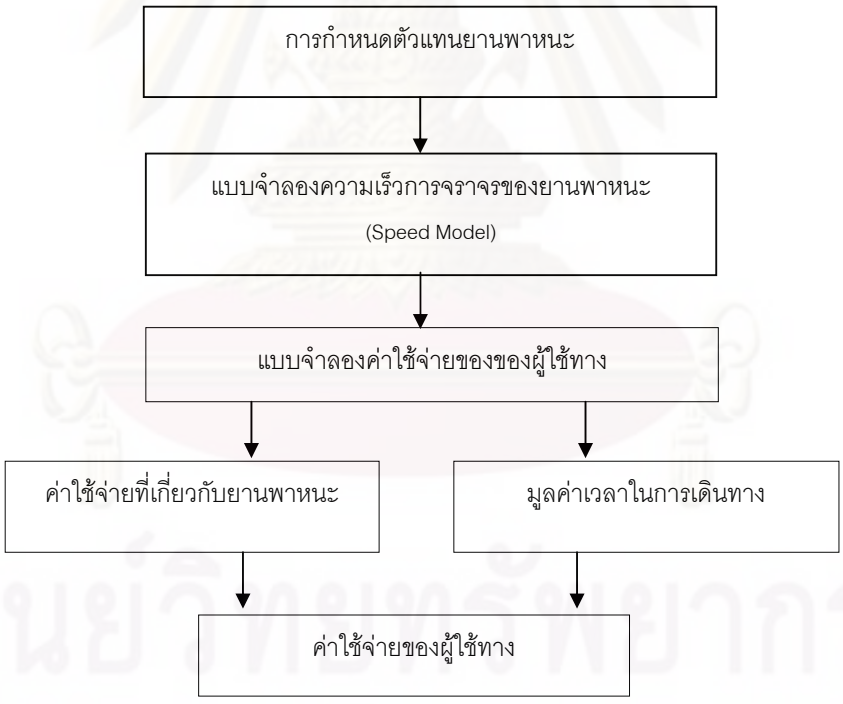
3.4.3 แนวทางการเลือกแบบจำลองค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

ในอดีตที่ผ่านมาเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทางในประเทศไทยได้มีการศึกษาและประยุกต์วิธีการคำนวณมาจากแบบจำลอง HDM-III ของธนาคารโลก จากการศึกษางานวิจัยของ กชกร (2543) และ Pannapa (2007) พบว่าทั้งสองได้ใช้ HDM-III ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างกับค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในประเทศไทยกับค่า IRI ซึ่งแบบจำลองของทั้งสองมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือ ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางมีค่าแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับประเภทของยานพาหนะ และเมื่อ IRI มีค่าสูงขึ้น ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางจะสูงตามไปด้วย สำหรับข้อแตกต่างของแบบจำลองทั้งสองคือ ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางมีค่าแตกต่างกัน ถึงแม้จะเป็นยานพาหนะประเภทเดียวกันและวิเคราะห์ที่ค่า IRI เท่ากัน เนื่องจากการกำหนดราคาอ้างอิงต่างๆ เช่น ราคาตัวแทนยานพาหนะหรือราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในการคำนวณต่างกันเพราะได้พัฒนาสร้างแบบจำลองในปีที่ต่างกัน ตัวอย่างของแบบจำลองค่าใช้จ่ายของรถยนต์ส่วนบุคคล (RUC_{PC}) ของ กชกร (2543) และ Pannapa (2007) แสดงดังสมการที่ 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ

$$RUC_{PC} = 0.0284IRI^2 + 0.1861IRI + 3.3215 \quad (3.6)$$

$$RUC_{PC} = 0.0232IRI^2 - 0.0707IRI + 3.400 \quad (3.7)$$

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าแบบจำลองค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการกำหนดราคาต่อหน่วยในแต่ละส่วนของการวิเคราะห์ ซึ่งหากนำแบบจำลองใดแบบจำลองหนึ่งมาใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงในปีปัจจุบัน ราคาที่คำนวณได้อาจจะไม่สะท้อนความเป็นจริง ดังนั้นแนวทางในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในงานวิจัยนี้จึงได้พิจารณาต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในแต่ละองค์ประกอบ เพื่อให้แนวทางการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางนี้เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาวการณ์ในปัจจุบันมากที่สุด โดยได้ศึกษาและอ้างอิงแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง (Road User Effect Model, RUE Model) ใน HDM-4 ซึ่งเป็นการพัฒนาต่อมาจาก HDM-III ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์เริ่มต้นจากการกำหนดประเภทยานพาหนะเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ จากนั้นคำนวณหาความเร็วในการเดินทางของพาหนะแต่ละประเภทโดยใช้แบบจำลองความเร็วการจราจร ความเร็วตัวแทนที่คำนวณได้นี้จะถูกนำไปเป็นตัวแปรในการคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางร่วมกับสภาพความเสียหายของสายทาง ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนแนวทางการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

การกำหนดประเภทตัวแทนยานพาหนะ

งานวิจัยนี้ได้อ้างอิงประเภทยานพาหนะจากสถิติการเก็บข้อมูลปริมาณการจราจรของกรมทางหลวง ซึ่งพบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 จนถึงปัจจุบัน สำนักอำนวยความปลอดภัยของกรมทางหลวงได้สำรวจปริมาณการจราจรโดยแบ่งประเภทของยานพาหนะออกเป็น 12 ประเภท โดยสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ พาหนะที่ไม่มีเครื่องยนต์ 1 ประเภท คือ จักรยาน และกลุ่มที่มีเครื่องยนต์ 11 ประเภท แสดงดังตารางที่ 3.3 ซึ่งในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางจะพิจารณาเฉพาะกลุ่มตัวแทนยานพาหนะที่มีเครื่องยนต์ โดยการเลือกยี่ห้อและรุ่นของตัวแทนยานพาหนะแต่ละประเภท ได้คัดเลือกจากสถิติการจดทะเบียนของกรมขนส่งทางบกปี 2552 เพื่อใช้สำหรับกำหนดราคาตัวแทนยานพาหนะในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

ตารางที่ 3.3 ตัวแทนยานพาหนะติดเครื่องยนต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

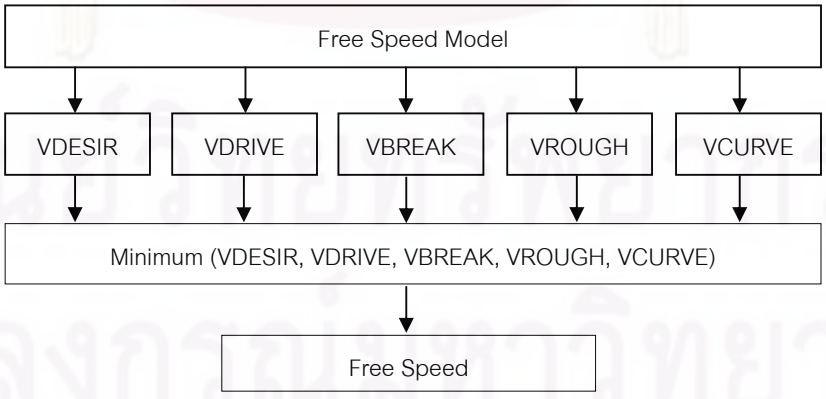
ลำดับ	ประเภท	รายละเอียด
1	Motorcycle	จักรยานยนต์และสามล้อเครื่อง
2	Car <= 7 P	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน
3	Car > 7 P	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน
4	Light Bus	รถโดยสารขนาดเล็ก
5	Medium Bus	รถโดยสารขนาดกลาง
6	Heavy Bus	รถโดยสารขนาดใหญ่
7	Light Truck	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)
8	Medium Truck	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)
9	Heavy Truck	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)
10	Full Trailer	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)
11	Semi Trailer	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)

ที่มา: กรมทางหลวง, 2550

สำหรับข้อมูลเฉพาะทางเทคนิคของยานพาหนะที่จำเป็นในการวิเคราะห์ เช่น กำลังของเครื่องยนต์ สัมประสิทธิ์การใช้พลังงานเชื้อเพลิงต่างๆ ค่าพารามิเตอร์ อื่นๆ ได้อ้างอิงค่าแนะนำจากรายงานการศึกษา Thailand Road User Effects Model (1997) ซึ่งเป็นการศึกษาค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม HDM-4 ในการวิเคราะห์

แบบจำลองความเร็วของยานพาหนะ

การทำนายความเร็วของตัวแทนพาหนะนั้นแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วนคือ แบบจำลองความเร็วอิสระ (Free Speed Model) และ แบบจำลองความเร็วเมื่อมีปริมาณการจราจร (Speed Volume Model) ซึ่งความเร็วที่คำนวณได้จาก Speed Volume Model นี้จะเป็นค่าความเร็วที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง จากการศึกษาแบบจำลองความเร็วอิสระของยานพาหนะพบว่า ความเร็วในการเดินทางของยานพาหนะแต่ละชนิด จะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลัก คือ กำลังของเครื่องยนต์ ความขรุขระ ความลาดชัน และรัศมีความโค้งของถนน ซึ่งการพัฒนาแบบจำลองความเร็วงานได้อ้างอิงงานวิจัยของ Watanatada (1987) พบว่าความเร็วที่ใช้เป็นตัวกำหนดความเร็วของตัวแทนยานพาหนะ มีทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ ความเร็วอุดมคติ (VDESIR) ความเร็วในการขับเคลื่อนยานพาหนะ (VDRIVE) ความเร็วในการต้านการเคลื่อนที่ยานพาหนะ (VBREAK) ความเร็วเนื่องจากรัศมีความโค้งของถนน (VCURVE) และความเร็วเนื่องจากความขรุขระของผิวทาง (VROUGH) สำหรับการเลือกตัวแทนความเร็วอิสระจะพิจารณาโดยการเลือกจากความเร็วต่ำที่สุด (Minimum Limiting Velocity) แสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.7 และการคำนวณความเร็วทั้ง 5 ประเภท แสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 3.7 แบบจำลองความเร็วอิสระ (Watanatada, 1987)

1. VDESIR เป็นการจำกัดความเร็วที่พิจารณาจากความเร็วอุดมคติ (Desired Speed) มีสมการในการคำนวณดังนี้

VDESIR = VDESMIN เมื่อ WIDTH<=CW1 (3.8)

VDESIR = VDESMIN + a1(WIDTH-CW1) เมื่อ CW1<=WIDTH<=CW2 (3.9)

VDESIR = VDES2 + a3(WIDTH-CW2) เมื่อ CW2<=WIDTH<=CW3 (3.10)

VDESIR = VDES2 + a3(CW3-CW2) เมื่อ WIDTH>=CW3 (3.11)

โดยที่ VDESIR = การจำกัดความเร็วที่พิจารณาจากความเร็วอุดมคติ (เมตร/วินาที)

VDESMIN = ความเร็วอุดมคติต่ำสุดสำหรับถนน 1 ช่องการจราจร (เมตร/วินาที)

VDES2 = ความเร็วอุดมคติต่ำสุดสำหรับถนน 2 ช่องการจราจร (เมตร/วินาที) มีค่าเท่ากับ VDESMIN/a2 โดยที่ a2=0.75

WIDTH = ความกว้างของผิวจราจร (เมตร)

CW1 = ความกว้างของผิวจราจรที่ใช้กับ VDESMIN (เท่ากับ 4.0 เมตร)

CW2 = ความกว้างของผิวจราจรที่ใช้กับ VDES2 (เท่ากับ 6.8 เมตร)

CW3 = ความกว้างสูงสุดของผิวจราจร (เท่ากับ 14.0 เมตร)

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

a3 = ค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 2.9 เมื่อเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล, 0.6 เมื่อเป็นรถโดยสาร และ 0.7 เมื่อเป็นรถบรรทุก

2. VDRIVE และ VBREAK เป็นการจำกัดความเร็วโดยพิจารณาจากความเร็วในการขับเคลื่อนและความเร็วในการต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ มีสมการในการคำนวณดังนี้

VDRIVE = Pd*1000/(Fa+Fr+Fg) (3.12)

VBREAK = Pb*1000/(Fg-Fa+Fr) (3.13)

โดยที่ VDRIVE = ความเร็วในการขับเคลื่อนยานพาหนะ (เมตร/วินาที)

VBREAK = ความเร็วในการต้านการเคลื่อนที่ยานพาหนะ (เมตร/วินาที)

Pd = กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนพาหนะ (กิโลวัตต์)

Pb = กำลังที่ใช้ในการต้านการเคลื่อนที่พาหนะ (กิโลวัตต์)

Fa = Aerodynamic resistance (นิวตัน)

Fr = Rolling resistance (นิวตัน)

Fg = Gradient resistance (นิวตัน)

3. VCURVE เป็นการจำกัดความเร็ว โดยพิจารณาจากรัศมีความโค้งของถนน มีหน่วยคือ m/s มีสมการในการคำนวณดังนี้

$$VCURVE = a0 \times R^{a1} \quad (3.14)$$

โดยที่ R = รัศมีความโค้ง (เมตร)

a0, a1 = ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วเนื่องจากรัศมีความโค้งโดยขึ้นอยู่กับประเภทของยานพาหนะ

4. VROUGH เป็นการจำกัดความเร็ว โดยพิจารณาจากสภาพความขรุขระของผิวทางมีหน่วยเป็น m/s โดยมีสมการในการคำนวณดังนี้

$$VROUGH = ARVMAX / (a0 \times IRI) \quad (3.15)$$

โดยที่ IRI = ดัชนีความขรุขระสากล (เมตร/กิโลเมตร)

ARVMAX = ค่าเฉลี่ยความเร็วปรับแก้มากที่สุด (มิลลิเมตร/วินาที)

a0 = ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย

สำหรับค่าคงที่และค่าพารามิเตอร์ตั้งต้น (Default Value) ต่างๆ ของพาหนะแต่ละประเภทที่ใช้ในการคำนวณนั้นแสดงดัง ภาคผนวก ค. หลังจากคำนวณความเร็วที่ใช้เป็นตัวควบคุมในแต่ละส่วนได้แล้ว จากนั้นจึงเลือกค่าความเร็วน้อยที่สุดเพื่อกำหนดเป็นตัวแทนความเร็วอิสระของยานพาหนะ (Free Speed, km/h) ค่าความเร็วอิสระนี้จะนำไปคำนวณหาความเร็วตัวแทนในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง โดยพิจารณาจากผลกระทบของปริมาณการจราจรในแต่ละสายทางด้วยแบบจำลองความเร็วเมื่อมีปริมาณการจราจร (Speed Volume Model) ซึ่งได้อ้างอิงแบบจำลองของ Hoban (1994) โดยมีสมการในการคำนวณดังนี้

$$SQ = S \quad ; \quad Q<Qo \quad (3.16)$$

$$SQ = S - \{(S-Snom)x(Q-Qo)/(Qnom-Qo)\} \quad ; \quad Qo \le Q<Qnom \quad (3.17)$$

$$SQ = Snom - \{(Snom-Sult)x(Q-Qnom)/(Qult-Qnom)\} ; \quad Qnom \leq Q < Qult \qquad (3.18)$$

$$SQ = Sult ; \quad Q \geq Qult \qquad (3.19)$$

โดยที่ S = ความเร็วอิสระของยานพาหนะ

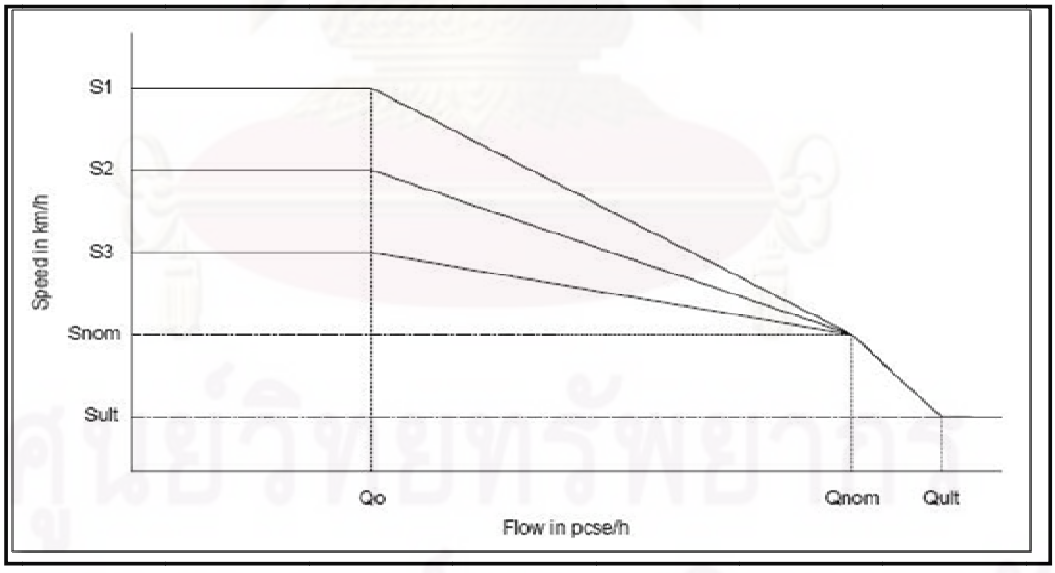
Snom = ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ณ ปริมาณการจราจรระดับ Nominal capacity มีค่าเท่ากับ (0.85)S

SQ = ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ณ ปริมาณการจราจรระดับต่างๆ

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

Q = อัตราการไหลของการจราจร (PCU/ชั่วโมง)

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล แสดงดังรูปที่ 3.8 โดยที่ PCSE คือ Passenger Car Space Equivalencies ซึ่งเป็นชื่อที่ตั้งขึ้นแทน PCU (Passenger Car Unit) และค่าตั้งต้นในการคำนวณ (Default value) ต่างๆ เช่น Qo, Qnom, Qult ในการวิเคราะห์ได้ใช้ค่าแนะนำจากงานวิจัยของ Hoban (1994) แสดงดังตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลการจราจร (Hoban, 1994)

ตารางที่ 3.4 ค่าพารามิเตอร์ตั้งต้น สำหรับ Speed Volume Model

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

ที่มา: Hoban,1994

แบบจำลองค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

การคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่กระทบต่อผู้ใช้ทางพิจารณาจากค่าใช้จ่ายประเภทที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อผลรวมของค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง การคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับยานพาหนะและมูลค่าเวลาในการเดินทาง ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1. ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับยานพาหนะ มี 4 ประเภทได้แก่

- ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่น (Fuel and Oil Cost) เป็นการคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นของยานพาหนะ ณ สภาวะการขับขี่หนึ่งๆ ซึ่งอัตราการสิ้นเปลืองนี้จะต่างกันตามประเภทของยานพาหนะ โดยจะแปรผันตามความเร็วในการขับขี่ และกำลังของเครื่องยนต์ที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนยานพาหนะ ซึ่งยานพาหนะชนิดเดียวกันอาจจะต้องการใช้กำลังในการขับเคลื่อนต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความชัน (%Gradient) และความขรุขระของผิวทาง (IRI) โดยอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของยานพาหนะแต่ละประเภทนี้อยู่ในรูปของ ลิตร/กิโลเมตร ซึ่งเมื่อนำไปคูณกับราคาต่อหน่วยของน้ำมันและน้ำมันหล่อลื่น (บาท/ลิตร) ก็จะสามารถคำนวณค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นได้เป็นหน่วย บาท/กม./คัน มีสมการในการคำนวณได้ดังนี้

$$FUEL_COST = SFC \times FUEL_UNITCOST \quad (3.20)$$

โดยที่ FUEL_COST = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/คัน/กิโลเมตร)

SFC = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/กิโลเมตร)

FUEL_UNITCOST = ราคาน้ำมัน (บาท/ลิตร)

$$SFC = \frac{IFC}{speed} \tag{3.21}$$

โดยที่ IFC = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง (มิลลิลิตร/วินาที)

Speed = อัตราความเร็ว (เมตร/วินาที)

$$IFC = \max(IDLE_FUEL, ZETA \times PTOT\ (1 + dFUEL)) \tag{3.22}$$

โดยที่ IDLE_FUEL = อัตราการสูญเสียเชื้อเพลิงขั้นต่ำกรณีที่ไม่ได้ขับเคลื่อน (มิลลิลิตร/วินาที)

ZETA = fuel-to-power efficiency factor (มิลลิลิตร/กิโลวัตต์/วินาที)

PTOT = กำลังรวมทั้งหมดที่ต้องในการขับเคลื่อน (กิโลวัตต์)

dFUEL = สัดส่วนการเพิ่มขึ้นในการบริโภคน้ำมันเมื่อการจราจรอยู่ในสภาวะแออัด

$$ZETA = ZETAB(1 + \frac{EHP}{PRAT} \times (PTOT - \frac{PCTPENG \times PENGACCS}{100})) \tag{3.23}$$

โดยที่ ZETAB = base fuel-to-power efficiency factor (มิลลิลิตร/กิโลวัตต์/วินาที)

EHP = ค่าคงที่ decrease in engine efficiency at high power

PRAT = กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ (กิโลวัตต์)

PCTPENG = เปอร์เซ็นต์ของกำลังเครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน

PENGACCS = กำลังเครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน (กิโลวัตต์)

$$OIL_COST = OIL \times OIL_UNITCOST \tag{3.24}$$

โดยที่ OIL_COST = ค่าน้ำมันหล่อลื่น (บาท/คัน/กิโลเมตร)

OIL = อัตราการบริโภคน้ำมันหล่อลื่น (ลิตร/กิโลเมตร)

OIL_UNITCOST = ราคาน้ำมันหล่อลื่น (บาท/ลิตร)

$$OIL = OILCONT + OILPER \times SFC \tag{3.25}$$

โดยที่ OILCONT = อัตราการสิ้นเปลืองเมื่อมีการปนเปื้อนในการใช้งาน

(ลิตร/กิโลเมตร)

OILPER = สัมประสิทธิ์การสิ้นเปลืองขณะการใช้งาน

SFC = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/กิโลเมตร)

- ค่ายาง (Tyre Cost) เป็นการคำนวณหาอัตราการสึกหรอของยาง ซึ่งแนวทางการพิจารณาเริ่มจากการคำนวณพลังงานที่เกิดขึ้นตามทิศทางเส้นรอบวงของล้อ (Tangential Energy, TE) หน่วย J-m.โดยที่ค่าพลังงานนี้ขึ้นอยู่กับผลรวมของกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน จากนั้นนำค่า TE ที่ได้ไปคำนวณหาอัตราการสึกหรอของยาง (Rate of Tread Wear) ซึ่งอยู่ในรูปของ ลูกบาศก์เมตร/กิโลเมตร การคำนวณอัตราการสึกหรอของยางจะพิจารณาเทียบเป็นร้อยละของปริมาตรยางเส้นใหม่ต่อความยาวกิโลเมตร เมื่อนำสัดส่วนปริมาตรยางที่สึกหรอไปคูณกับปริมาตรยางเส้นใหม่ ก็สามารถที่จะคำนวณเป็นราคาค่ายางที่สึกหรอได้ในรูปของ บาท/กิโลเมตร โดยสามารถสรุปสมการในการคำนวณได้ดังนี้

$$TYRE_COST = NUM_WHEEI \times EQNT \times NEWTYRE_UNITCOST \quad (3.26)$$

โดยที่ TYRE_COST = ค่ายาง (บาท/คัน/กิโลเมตร)

NUM_WHEEL = จำนวนล้อ

EQNT = อัตราการสิ้นเปลืองยาง (%ของยางเส้นใหม่/กิโลเมตร)

NEWTYRE_UNITCOST = ราคายางเส้นใหม่ (บาท)

- ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อม (Maintenance and Repair Cost) การคำนวณค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมนี้จะพิจารณาเป็นสัดส่วนเทียบจากราคาใหม่ของยานพาหนะ โดยที่ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมจะแปรผันตามอายุการใช้งานของยานพาหนะ และแปรผันตามค่า IRI ผลลัพธ์ที่คำนวณได้อยู่ในรูปสัดส่วนของราคายานพาหนะใหม่ต่อกิโลเมตร เมื่อนำสัดส่วนนี้ไปคูณกับราคายานพาหนะ ก็สามารถที่จะคำนวณเป็นราคาค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมได้ในรูปของ บาท/กิโลเมตร โดยสามารถสรุปสมการในการคำนวณได้ดังนี้

$$M\ \&\ R_COST = (PC \times NEWVEH_COST) + (LH \times LH_UNITCOST) \quad (3.27)$$

โดยที่ M&R_COST = ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อม (บาท/คัน/กิโลเมตร)

PC = ค่าอะไหล่ คิดเป็นสัดส่วนเทียบกับราคาใหม่ของยานพาหนะ (%ราคายานพาหนะ/กิโลเมตร)

LH= จำนวนชั่วโมงในการซ่อมบำรุง (ชั่วโมง/กิโลเมตร)

NEWVEH_UNITCOST = ราคายานพาหนะใหม่ (บาท)

LH_UNITCOST = อัตราค่าแรงในการซ่อม (บาท/ชั่วโมง)

สำหรับการคำนวณค่าแรงซ่อมสามารถประมาณการจากค่าแรงงานขั้นต่ำ โดยกำหนดในการวิเคราะห์เท่ากับ 350 บาทต่อวัน ชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน จะได้ค่าแรงต่อชั่วโมงเท่ากับ 43.75 บาทต่อชั่วโมง

- ค่าเสื่อมราคา (Depreciation Cost) การคำนวณค่าเสื่อมราคานี้จะพิจารณาเป็นสัดส่วนเทียบจากราคาใหม่ของยานพาหนะ ซึ่งค่าเสื่อมราคานี้จะขึ้นอยู่กับค่า IRI เนื่องจากค่า IRI ส่งผลให้อายุในการใช้งานของยานพาหนะลดลง จึงทำให้ค่าเสื่อมต่ออายุการใช้งานมีค่ามากขึ้น เมื่อนำสัดส่วนนี้ไปคูณกับราคายานพาหนะ ก็สามารถที่จะคำนวณเป็นราคาค่าเสื่อมได้ในรูปของบาท/กม โดยสามารถสรุปสมการในการคำนวณได้ดังนี้

$$DEP_COST = NVPLT \frac{\left[1 - 0.01 \max\left\{2{,}15 - \max(0, IRI - 5)\right\}\right]}{LIFEKMO \times \min\left(1, \frac{1}{1 + \exp(-65.8553\ IRI^{-1.9194})}\right)} \quad (3.28)$$

โดยที่ DEP_COST = ค่าเสื่อมราคา (บาท/คัน/กิโลเมตร)

NVPLT = ราคายานพาหนะไม่รวมล้อยาง (บาท)

IRI = ดัชนีความขรุขระสากล (เมตร/กิโลเมตร)

LIFEKMO = อายุการใช้งานของยานพาหนะ (กิโลเมตร)

2. มูลค่าเวลาในการเดินทาง

การประเมินมูลค่าทางเวลานับว่าเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์ จากการศึกษาต่างๆ ข้อมูลงานวิจัยค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในประเทศที่กำลังพัฒนา พบว่าสัดส่วนของมูลค่าเวลาในการเดินทางของรถยนต์ส่วนบุคคล คิดเป็นประมาณ 15%-20% ของค่าใช้จ่ายรวม (World Bank, 2007) โดยทั่วไปความเร็วเดินทางจะพิจารณาอยู่ในรูปของ ชม./กม. ซึ่งสามารถคำนวณได้จากแบบจำลองความเร็ว แต่สิ่งที่ยากจะประเมินก็คือมูลค่าของเวลา เนื่องจากเมื่อทำการวิเคราะห์ในระดับโครงข่ายทางของทั้งประเทศ มูลค่าในการเดินทางของประชาชนมีความแตกต่างกันตามสภาพเศรษฐกิจในแต่ละพื้นที่

ซึ่งที่ค่าแนะนำสำหรับการวิเคราะห์ได้อ้างอิงจากการผลการศึกษาการประหยัดระยะเวลาในการเดินทาง โดยใช้เทคโนโลยี GPS และ Vehicle Tracking System ซึ่งเป็นการศึกษาร่วมกัน

ระหว่าง การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ หรือ NECTEC และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าพบว่ามูลเวลาค่าในการเดินทางมีค่าเท่ากับ 77.84 บาท/PCU-ชม ผลการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์มูลค่าเวลาในการเดินทางโดยใช้ทางด่วนในเขตกรุงเทพมหานคร ดังนั้นมูลค่าที่วิเคราะห์ได้อาจจะสูงกว่ามูลค่าเวลาในการเดินทางของผู้ใช้ทางเมื่อเฉลี่ยทั้งประเทศ สำหรับสมการในการคำนวณมูลค่าเวลาในการเดินทางนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้

$$TT_COST = TIME_COST \times \frac{NUM_PASS \times PCTWK}{Speed} \qquad (3.29)$$

โดยที่ TT_COST = ค่าเวลาในการเดินทาง (บาท/คัน/กิโลเมตร)

TIME_COST = มูลค่าเวลา (บาท/ชั่วโมง-คน)

NUM_PASS = จำนวนผู้โดยสารบนยานพาหนะ (คน)

PCTWK = ร้อยละของผู้โดยสารที่เดินทางเพื่อไปทำงาน

Speed = ความเร็วที่ใช้ในการเดินทาง (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

แนวทางการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากการวิเคราะห์ทำนายค่า IRI ในอนาคตโดยแบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทาง การวิเคราะห์ผลกระทบหลังการซ่อมบำรุง ตลอดจนการคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆของผู้ใช้ทางนั้น แนวทางในการวิเคราะห์นี้สามารถทำนายต้นทุนค่าใช้จ่ายในอนาคตหรือค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทางได้โดยขึ้นอยู่กับการกำหนดช่วงเวลาในการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์ในลำดับสุดท้ายเพื่อตัดสินใจเลือกแผนการซ่อมบำรุงหรือค่า IRI เป้าหมายที่เหมาะสมในการซ่อมนั้นสามารถใช้แนวทางการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์มาร่วมพิจารณา โดยดัชนีที่เหมาะสมสำหรับนำมาประยุกต์ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์นี้คือ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio, B/C) และมูลค่าปัจจุบันรวมสุทธิ (Net Present Value, NPV) ซึ่งมีแนวทางการนำไปใช้ดังนี้

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio, B/C)

ใช้สำหรับการเลือกค่า IRI เป้าหมายในการซ่อมบำรุง โดยที่พิจารณาถึงความคุ้มค่าของงบประมาณที่ลงทุนซ่อม ซึ่งวิเคราะห์ผลประโยชน์ของผู้ใช้ทางที่เกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุง

เปรียบเทียบกับต้นทุนการซ่อมบำรุง สำหรับค่าผลประโยชน์ (Benefit) ที่ใช้ในการวิเคราะห์สามารถคำนวณได้จากการประหยัดค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง ประกอบด้วย

- การประหยัดค่าใช้จ่ายของยานพาหนะ (Vehicle Operating Cost: VOC) ซึ่งเกิดจากสภาพสายทางที่ดีขึ้นหลังการซ่อม ส่งผลค่าใช้จ่ายและบำรุงรักษายานพาหนะลดลง
- การประหยัดค่าใช้จ่ายของเวลาในการเดินทาง (Travel Time Saving Cost: TTC) ซึ่งเกิดจากการมีสภาพทางที่ดีขึ้น ส่งผลให้ผู้ใช้ทางขับขี่ได้รวดเร็วและประหยัดเวลาการเดินทางมากยิ่งขึ้น

ผลประโยชน์ (Benefit) นี้เป็นการคำนวณผลต่างค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง (Road User Cost, RUC) กรณีที่ซ่อมบำรุงกับกรณีที่ไม่ซ่อมบำรุง ซึ่งสมการที่ใช้วิเคราะห์ค่า B/C แสดงดังนี้

$$\text{Benefit/Cost} = (RUC_{\text{กรณีไม่ซ่อมบำรุง}} - RUC_{\text{กรณีซ่อมบำรุง}}) / \text{Cost}_{\text{ต้นทุนค่าซ่อม}} \qquad (3.30)$$

โดยทั่วไปในกรณีที่สายทางมีปริมาณการจราจรสูงผลประโยชน์โดยรวมของสายทางจะสูงตามปริมาณการจราจร และสำหรับกรณีที่สายทางที่มีปริมาณการจราจรสูงมากๆ ไม่ว่าจะกำหนดค่า IRI เป้าหมายของสายทางในการซ่อมบำรุงเท่าใด ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่าต้นทุนที่ซ่อมบำรุงเสมอ ในกรณีนี้ค่า IRI เป้าหมายที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่า IRI ที่ส่งผลให้เกิดอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนสูงที่สุด (Maximum B/C)

มูลค่าปัจจุบันรวมสุทธิ (Net Present Value, NPV)

สำหรับกรณีสายทางที่มีปริมาณการจราจรน้อยมาก และเมื่อวิเคราะห์ได้ว่า ไม่ว่าจะกำหนดค่า IRI เป้าหมายของสายทางในการซ่อมบำรุงเท่าใด อัตราผลประโยชน์ต่อต้นทุนน้อยกว่า 1 เสมอ ซึ่งความหมายคือไม่คุ้มค่าในการลงทุน แนวทางในการเลือกค่า IRI เป้าหมายที่เหมาะสมนั้นจะพิจารณาจากค่า IRI เป้าหมายที่ส่งให้ผลรวมของผลค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทางเมื่อเทียบกลับมาเป็นมูลค่าปัจจุบันน้อยที่สุด (Minimum NPV)

3.5 บทสรุป

การวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการที่เหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์สายทาง ได้เลือกดัชนีค่าความขรุขระผิวทางสากล หรือ ค่า IRI เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์ค่า IRI เป้าหมายของสายทางที่เหมาะสมนั้น พิจารณาจากวัตถุประสงค์ในการให้บริการของสายทาง โดย

สามารถจัดกลุ่มยุทธศาสตร์สายทางและแนวทางในการวิเคราะห์หาค่า IRI ที่เหมาะสม ออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มที่ 1 สนับสนุนการอำนวยความสะดวกในการเดินทางของประชาชน ใช้แนวทางการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง กลุ่มที่ 2 สนับสนุนการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ ใช้แนวทางการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาจากค่ามากที่สุดของผลรวมอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนตลอดอายุการใช้งานของสายทาง และกลุ่มที่ 3 สนับสนุนการปฏิบัติงานราชการของเจ้าหน้าที่หรืองานบำรุงรักษา ใช้แนวทางการวิเคราะห์ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานของสายทางน้อยที่สุด สำหรับกรณีที่สายทางรองรับการให้บริการมากกว่า 1 วัตถุประสงค์ แนวทางการวิเคราะห์ค่า IRI ที่เหมาะสมจะพิจารณาทุกแนวทางที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการให้บริการ โดยเลือกค่า IRI จากแนวทางการวิเคราะห์ที่มีค่าน้อยสุดเป็นตัวแทนดัชนีชี้วัดเป้าหมายของสายทาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการที่เหมาะสมโดยใช้ค่าดัชนีความขรุขระสากล

หลังจากการกำหนดแนวทางในการวิเคราะห์หาค่า IRI ที่เหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์สายทาง ในบทนี้กล่าวถึงขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์ในแต่ละแนวทาง ได้แก่ การประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ และการประเมินต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานของสายทางที่น้อยที่สุด ซึ่งในบทนี้ได้แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ในแต่ละแนวทาง โดยที่องค์ประกอบในการวิเคราะห์หรือแบบจำลองต่างๆ ได้อ้างอิงตามที่ได้กล่าวในบทที่ 3 สำหรับตัวอย่างการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางอย่างละเอียดนั้น แสดงในภาคผนวก ง.

4.1 การวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง

4.1.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์

จากการศึกษาแนวทางการวิเคราะห์ค่า IRI โดยการประเมินระดับความพึงพอใจในบทที่ 2 และบทที่ 3 สามารถกำหนดขั้นตอนการวิเคราะห์ ได้ดังนี้

- ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกพึงพอใจของผู้ใช้ทาง เพื่อใช้ควบคุมตัวแปรในการสำรวจเก็บข้อมูล
- กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนสภาพการให้บริการของสายทาง
- กำหนดจำนวนตัวอย่างในการสำรวจเก็บข้อมูล โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มจำนวนตัวอย่างสายทางและกลุ่มจำนวนตัวอย่างผู้ประเมิน ซึ่งการกำหนดจำนวนตัวอย่างนั้นสามารถอ้างอิงได้จากทฤษฎีทางด้านสถิติ โดยขึ้นอยู่กับขอบเขตของจำนวนข้อมูลที่มีอยู่ทั้งปริมาณสายทางและปริมาณผู้ใช้ทางในพื้นที่โครงข่ายทางที่ต้องการวิเคราะห์
- คัดเลือกสายทางเพื่อประเมินสภาพการให้บริการในแต่ละค่า IRI โดยกำหนดขอบเขตล่างของค่า IRI คือ 2.0 เมตร/กิโลเมตร เนื่องจากเป็นค่า IRI โดยทั่วไปของผิวทางลาดยางใหม่ และขอบเขตบน คือ 8.0 เมตร/กิโลเมตร เนื่องจากสายทางที่มีค่า IRI มากกกว่า 8.0 เมตร/กิโลเมตร จะเป็นสายทางที่เสียหายรุนแรงมากหรือเป็นสายทางลูกรัง

- สำรวจเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

4.1.2 **ตัวอย่างการวิเคราะห์**

สำหรับตัวอย่างการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางในงานวิจัยนี้ เป็นการประเมินสภาพการให้บริการจากสายทางของกรมทางหลวง ซึ่งการวิเคราะห์เริ่มจากการกำหนดและควบคุมตัวแปรในการวิเคราะห์ การคัดเลือกสายทาง กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน และสำรวจเก็บข้อมูล ดังนี้

1 การกำหนดและควบคุมตัวแปรในการวิเคราะห์

- ใช้กลุ่มผู้ประเมินสภาพการให้บริการของสายทางเดียวกันทุกสายทางที่สำรวจ
- ใช้พาหนะในการสำรวจคันเดียวกันทุกสายทางที่สำรวจ
- ใช้คนขับรถคนเดียวกัน
- เลือกสำรวจในวันที่สภาพอากาศปลอดโปร่ง ไม่มีฝนตก
- ควบคุมความเร็วในการสำรวจที่ 60-70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- สำรวจเฉพาะสายทางที่เป็นผิวทางลาดยาง
- ลักษณะสายทางต่อเนื่องไม่มีคอสะพานหรือความเสียหายประเภทหลุมบ่อ

2 การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

- คะแนน 5 คือ ดีมาก รู้สึกสบาย ไม่รู้สึกกระเทือน
- คะแนน 4 คือ ดี รู้สึกสบาย แต่กระเทือนบ้างเล็กน้อย
- คะแนน 3 คือ พอใช้ มีการกระเทือนแต่ยังถือว่าพอรับได้
- คะแนน 2 คือ แย่ รู้สึกไม่สบาย กระทบการเทือนมาก
- คะแนน 1 คือ แย่มาก กระเทือนมากที่สุด ควรปรับปรุงถนน

3 การคัดเลือกตัวแทนสายทาง

เนื่องจากระดับในการวิเคราะห์หาค่า IRI ที่เหมาะสมนั้น เป็นการวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้บริหารงานระดับโครงข่ายทาง (Network Level) ซึ่งปัจจุบันปริมาณโครงข่ายสายทางที่อยู่ในระบบฐานข้อมูลของกรมทางหลวงที่เป็นผิวทางลาดยางมีประมาณ 54875 กิโลเมตร หากใช้ทฤษฎีการ

สุ่มตัวอย่างของ Yamane (1973) โดยกำหนดจำนวนประชากรทั้งหมดเป็น 55,000 กิโลเมตร และสัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดได้ที่ระดับความมั่นใจ 95% พบว่าจำนวนตัวอย่างสายทางที่ต้องสำรวจเก็บข้อมูลเท่ากับ 397.11 กิโลเมตร สำหรับจำนวนตัวอย่างของผู้ประเมิน เนื่องจากที่ไม่ทราบจำนวนของประชากรอย่างชัดเจน ดังนั้นการกำหนดกลุ่มจำนวนตัวอย่างของผู้ประเมินพิจารณาจากทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างของ Cochran (1953) โดยการวิเคราะห์กำหนดที่ระดับความมั่นใจ 95% จะได้ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 1.96 และสัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้เท่ากับ 0.05 และเมื่อกำหนดสัดส่วนของข้อมูลที่ต้องการสุ่มเท่ากับ ร้อยละ 30 ร้อยละ 20 และร้อยละ 10 พบว่าจำนวนตัวอย่างของผู้ประเมินที่คำนวณได้คือ 333 246 และ138 ตามลำดับ

สำหรับการคัดเลือกตัวอย่างสายทางเพื่อเก็บข้อมูลนั้นควรพิจารณาคัดเลือกช่วงสายทางที่มีค่า IRI แตกต่างกันในช่วง 2.0 – 8.0 เมตร/กิโลเมตร โดยกระจายจำนวนสายทางและระยะทางที่เก็บข้อมูลในแต่ละค่า IRI ซึ่งสามารถแบ่งช่วงของค่า IRI เป็น 12 ช่วง ดังนี้

- ช่วงที่ 1 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 2.0 – 2.5 เมตร/กิโลเมตร
- ช่วงที่ 2 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 2.5 – 3.0 เมตร/กิโลเมตร
- ช่วงที่ 3 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 3.0 – 3.5 เมตร/กิโลเมตร
- ช่วงที่ 4 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 3.5 – 4.0 เมตร/กิโลเมตร
- ช่วงที่ 5 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 4.0 – 4.5 เมตร/กิโลเมตร
- ช่วงที่ 6 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 4.5 – 5.0 เมตร/กิโลเมตร
- ช่วงที่ 7 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 5.0 – 5.5 เมตร/กิโลเมตร
- ช่วงที่ 8 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 5.5 – 6.0 เมตร/กิโลเมตร
- ช่วงที่ 9 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 6.0 – 6.5 เมตร/กิโลเมตร
- ช่วงที่ 10 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 6.5 – 7.0 เมตร/กิโลเมตร
- ช่วงที่ 11 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 7.0 – 7.5 เมตร/กิโลเมตร
- ช่วงที่ 12 ค่า IRI อยู่ระหว่าง 7.5 – 8.0 เมตร/กิโลเมตร

จากจำนวนตัวอย่างสายทางและจำนวนตัวอย่างผู้ประเมินข้างต้น หากต้องเก็บสำรวจข้อมูลเพื่อใช้เป็นตัวแทนทั้งโครงข่ายของกรมทางหลวงตามการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ จำเป็นต้องใช้ต้นทุนค่าใช้จ่ายและเวลาในการสำรวจเก็บข้อมูลมาก ซึ่งส่งผลให้มีข้อจำกัดในการเก็บสำรวจข้อมูล งานวิจัยนี้จึงได้ขอความอนุเคราะห์จากกรมทางหลวงในการเก็บสำรวจข้อมูลเพื่อใช้เป็น

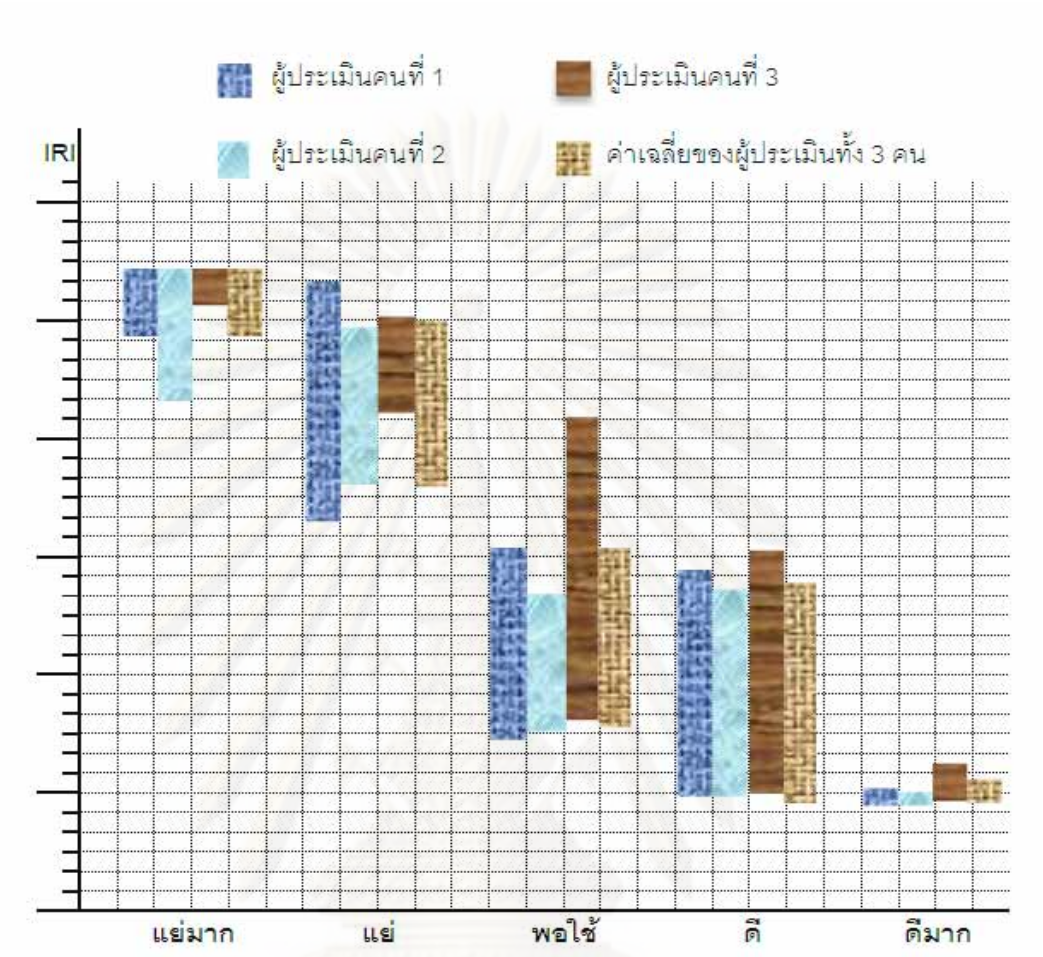
ตัวอย่างสำหรับแนวทางการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง ซึ่งโครงข่ายทางที่ได้รับความอนุเคราะห์ในการร่วมสำรวจเก็บข้อมูลคือ สำนักทางหลวงที่ 10 (สุพรรณบุรี) โดยให้เจ้าหน้าที่ประจำรถสำรวจ 3 คน เป็นผู้ประเมินค่าคะแนนระดับความพึงพอใจในสายทางที่วิ่งสำรวจ

4 การสำรวจเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

การเก็บสำรวจข้อมูลสภาพความเสียหายของกรมทางหลวงได้วางแผนเก็บสำรวจข้อมูลในพื้นที่ สำนักทางหลวงที่ 10 (สุพรรณบุรี) มีจำนวนสายทางที่สำรวจทั้งหมด 51 สายทาง ซึ่งการเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางตามแผนการวิ่งสำรวจดังกล่าว มีข้อจำกัดในการกำหนดจำนวนสายทางให้กระจายในแต่ละช่วงค่า IRI ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้สำรวจค่าคะแนนการประเมินระดับความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่ทั้ง 51 สายทาง โดยเมื่อรถสำรวจวิ่งสิ้นสุดตามระยะทางของสายทาง 1 เส้นทาง ผู้ประเมินจะกรอกค่าคะแนนโดยใช้ความรู้สึกระหว่างที่นั่งรถ ตามความหมายของค่าคะแนนตามที่ได้กล่าวข้างต้น ซึ่งหลังจากรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการเก็บสำรวจและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความพึงพอใจของผู้ประเมินกับค่า IRI พบว่าค่า IRI มากสุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้คือ 4.59 เมตร/กิโลเมตร ซึ่งช่วงขอบเขตบนและขอบเขตล่างในแต่ละค่าคะแนนของผู้ประเมินทั้ง 3 ได้ดังตารางที่ 4.1 และสามารถแสดงความสัมพันธ์รูปแบบกราฟได้ดังรูปที่ 4.1 สำหรับชื่อสายทางและค่า IRI ที่สำรวจได้ในขณะที่ประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางนั้นแสดงในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 4.1 ช่วงของค่า IRI ในแต่ละค่าคะแนนของผู้ประเมิน

การประเมิน	ค่า IRI ของสายทาง (เมตร/กิโลเมตร)							
	ผู้ประเมินคนที่ 1		ผู้ประเมินคนที่ 2		ผู้ประเมินคนที่ 3		ค่าเฉลี่ยทั้ง 3 คน	
	ขอบเขตล่าง	ขอบเขตบน	ขอบเขตล่าง	ขอบเขตบน	ขอบเขตล่าง	ขอบเขตบน	ขอบเขตล่าง	ขอบเขตบน
แย่มาก	5.81	6.43	5.36	6.43	6.26	6.43	5.81	6.43
แย่	4.21	6.26	4.45	5.78	5.11	5.81	4.59	5.95
พอใช้	2.45	4.87	2.34	4.63	2.46	5.12	2.42	4.87
ดี	1.98	3.84	1.98	3.67	1.87	4.03	1.94	3.85
ดีมาก	1.87	2.22	1.87	2.05	1.98	2.34	1.91	2.20



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนกับค่า IRI

สำหรับในกรณีข้อมูลค่า IRI ต่ำสุดของระดับคะแนนที่ผู้ใช้ทางรู้สึกแย่ คือ นั่งไม่สบาย รู้สึกกระทบกระทบเทือนมาก ที่ได้จากการสำรวจมีแจกแจงปกติ (Normal Distribution) การคำนวณค่า IRI สามารถพิจารณาได้จากค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) แต่ในกรณีที่ข้อมูลการสำรวจมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ คือ มีความเบ้ของข้อมูล (Skewed) ควรคำนวณค่า IRI ตัวแทนจากค่ามัธยฐาน (Median) จะมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นตัวแทน

4.2 การวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

4.2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์

การวิเคราะห์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือการวิเคราะห์หาต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยคำนวณจากแบบจำลองสภาพความเสียหาย แบบจำลองผลกระทบหลังการซ่อมบำรุง และแบบจำลองค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง สำหรับส่วนที่สอง คือ การวิเคราะห์หาค่า IRI เป้าหมายที่ส่งผลให้เกิดอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนสูงที่สุด ซึ่งค่า IRI เป้าหมายนี้ใช้เป็นตัวกำหนดสภาพความขรุขระของผิวทางมากที่สุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ ตลอดช่วงอายุการใช้งานของสายทางที่วิเคราะห์ และเมื่อค่า IRI เกินกว่าค่า IRI เป้าหมายที่กำหนดไว้ การวิเคราะห์วิธีการซ่อมบำรุงจะถูกกำหนดให้เป็นการเสริมผิวทางลาดยาง เพื่อให้ปรับสภาพผิวทางหลังการซ่อมและตั้งต้นค่า IRI ใหม่ สำหรับวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายในปีถัดไป โดยสามารถแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมข้อมูลและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้การวิเคราะห์โดยมี 3 ส่วนหลัก คือ

- ข้อมูลบัญชีสายทางและข้อมูลสภาพสายทาง
- ข้อมูลตัวแทนยานพาหนะ
- ข้อมูลมาตรฐานวิธีการซ่อมบำรุง

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาเปรียบเทียบกรณีซ่อมบำรุงขั้นพื้นฐานโดยการบำรุงปกติ กับกรณีซ่อมบำรุงตามการกำหนดมาตรฐาน เพื่อวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายของผู้ใช้และต้นทุนค่าใช้จ่ายในการซ่อมตลอดอายุการใช้งานของสายทาง

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์กรณีบำรุงขั้นพื้นฐาน

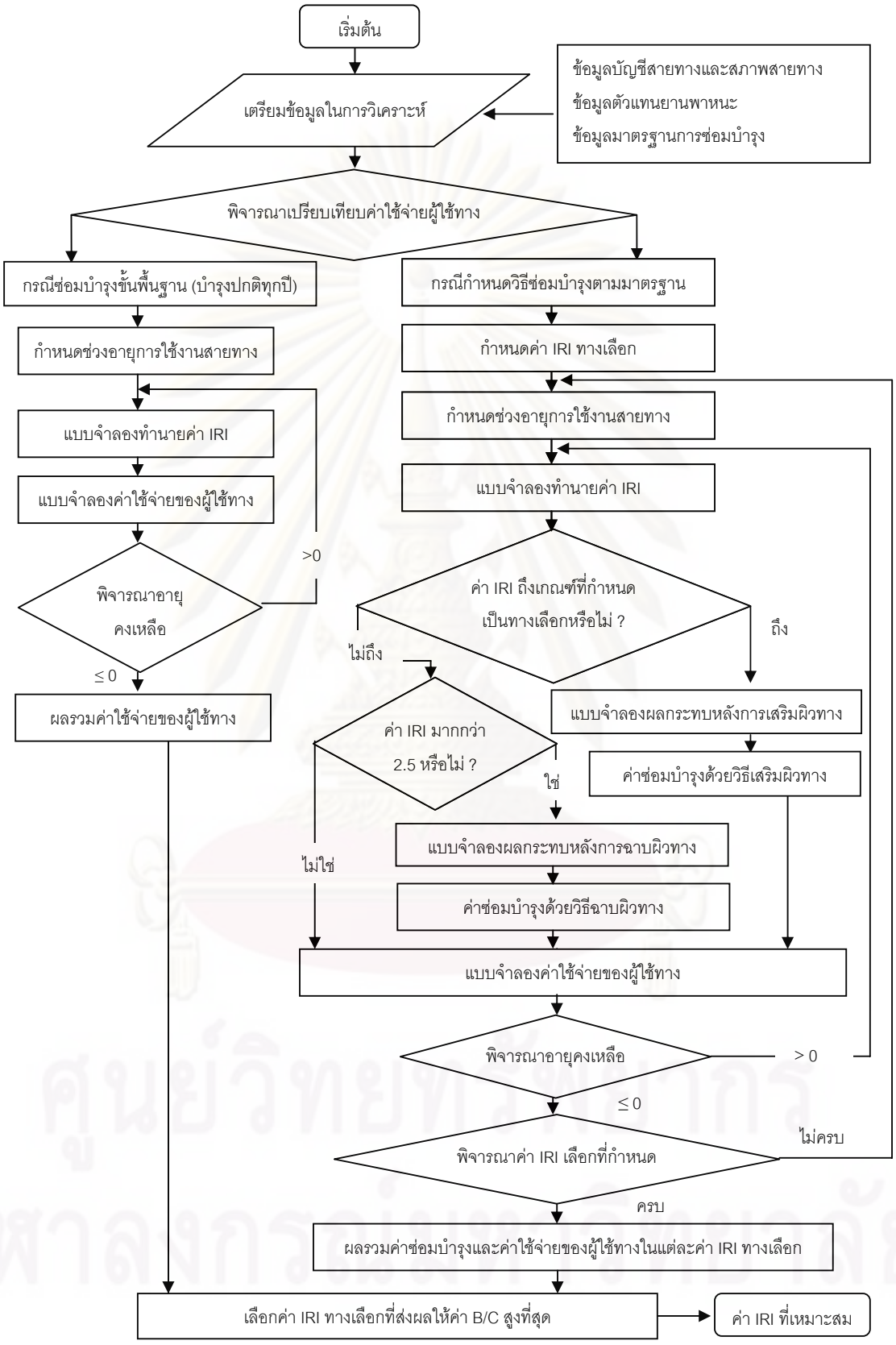
- กำหนดช่วงเวลาในการวิเคราะห์โดยพิจารณาอายุการใช้งานของสายทางประมาณ 20-25 ปี สำหรับกรณีที่เป็นสายทางสร้างใหม่
- วิเคราะห์ค่า IRI และ ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในแต่ละปี ซึ่งในกรณีที่เป็นสายทางที่มีการใช้งานแล้ว ควรกำหนดระยะเวลาในการวิเคราะห์เป็นอายุคงเหลือของสายทาง ประมาณ 13-18 ปี โดยวิเคราะห์จากปีที่ซ่อมบำรุงจนครบอายุการใช้งานของสายทาง
- รวมค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์กรณีซ่อมบำรุงตามการกำหนดมาตรฐาน

- กำหนดค่า IRI เป้าหมายสำหรับเป็นทางเลือกในการวิเคราะห์

- กำหนดช่วงเวลาในการวิเคราะห์โดยพิจารณาอายุการใช้งานของสายทางประมาณ 13-18 ปี
- วิเคราะห์ค่า IRI และพิจารณาว่าค่า IRI ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง ณ ปีนั้น มีค่ามากกว่าค่า IRI เป้าหมายที่กำหนดหรือไม่
- กรณีที่ IRI มากกว่าค่า IRI เป้าหมายที่กำหนด ให้เลือกวิธีการซ่อมเป็นการเสริมผิวทางลาดยาง จากนั้นวิเคราะห์สภาพผิวทางหลังการซ่อมและคำนวณค่าใช้จ่ายในการเสริมผิวทางลาดยาง
- กรณีที่ค่า IRI น้อยกว่าค่า IRI เป้าหมายที่กำหนด ให้พิจารณาค่า IRI ถ้าค่า IRI น้อยกว่า 2.5 เมตร/กิโลเมตร ให้เลือกวิธีการซ่อมเป็นบำรุงปกติ แต่ถ้า IRI มากกว่าหรือเท่ากับ 2.5 เมตร/กิโลเมตร ให้เลือกวิธีการซ่อมเป็นการเสริมฉาบผิวทางลาดยาง จากนั้นวิเคราะห์สภาพผิวทางหลังการซ่อมและคำนวณค่าใช้จ่ายในการฉาบผิวทางลาดยาง
- พิจารณาการคำนวณต้นทุนค่าซ่อมบำรุงและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางให้ครบตามระยะเวลาการวิเคราะห์ที่กำหนด
- พิจารณาการคำนวณต้นทุนค่าซ่อมบำรุงและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางให้ครบตามค่า IRI เป้าหมายที่ใช้เป็นทางเลือก
- รวมต้นทุนค่าซ่อมบำรุงและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในแต่ละค่า IRI ทางเลือก

ขั้นตอนที่ 5 พิจารณาเลือกค่า IRI ทางเลือกที่ส่งผลให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนการซ่อมบำรุงมากที่สุด โดยที่ผลประโยชน์ คือ ผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางกรณีที่ซ่อมบำรุงขั้นพื้นฐานกับกรณีที่ซ่อมบำรุงตามการกำหนดมาตรฐาน สำหรับต้นทุนการซ่อมบำรุงพิจารณาจากเกณฑ์การเลือกวิธีข้างต้น โดยกรณีที่เป็นการซ่อมด้วยวิธีบำรุงปกติจะไม่นำมาคำนวณค่าใช้จ่าย เนื่องจากโดยทั่วไปการซ่อมบำรุงปกติจะเป็นการทาสีตีเส้นจราจร และดูแลความสะอาดความเรียบร้อยของสายทาง ซึ่งทำเป็นประจำทุกปี ทั้งในกรณีซ่อมบำรุงพื้นฐานและกรณีที่ซ่อมบำรุงตามการกำหนดมาตรฐาน ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ผลต่างต้นทุนค่าใช้จ่ายของทั้ง 2 กรณี ค่าบำรุงปกติจึงหักล้างกันหมดไป ซึ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

4.2.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมข้อมูลและพารามิเตอร์ต่างๆ ในตัวอย่างการวิเคราะห์นี้ได้กำหนดให้พิจารณาจากสายทางที่สร้างใหม่ เพื่อวิเคราะห์หาค่า IRI เป้าหมายในการซ่อมบำรุงตลอดช่วงอายุการใช้งาน 14 ปี โดยแสดงตัวอย่างข้อมูลบัญชีสายทาง ข้อมูลปริมาณตัวแทนยานพาหนะ และข้อมูลมาตรฐานการซ่อมบำรุง ดังตารางที่ 4.2 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างข้อมูลสายทางในปีเริ่มต้นวิเคราะห์

ข้อมูลสายทาง	ค่า	หน่วย
ความกว้างผิวทางจราจร	7	เมตร
อายุสายทาง	6	ปี
ช่วงความยาวสายทางที่พิจารณา	1000	เมตร
ค่าการแอ่นตัวของผิวทาง	0.5	มิลลิเมตร
อายุผิวทาง	0	ปี
จำนวนช่องจราจร	2	ช่อง
ความลาดชัน	1	%
รัศมีโค้งแนวราบ (กำหนดให้พิจารณาทางตรง)	0	เมตร

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณตัวแทนยานพาหนะ

ประเภทยานพาหนะ	ปริมาณจราจร	หน่วย
จักรยานยนต์และสามล้อเครื่อง	50	คันต่อวัน / ปี
รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	3480	คันต่อวัน / ปี
รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	430	คันต่อวัน / ปี
รถโดยสารขนาดเล็ก	20	คันต่อวัน / ปี
รถโดยสารขนาดกลาง	10	คันต่อวัน / ปี
รถโดยสารขนาดใหญ่	60	คันต่อวัน / ปี
รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	70	คันต่อวัน / ปี
รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	200	คันต่อวัน / ปี
รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	700	คันต่อวัน / ปี
รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	20	คันต่อวัน / ปี
รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	10	คันต่อวัน / ปี

ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างข้อมูลมาตรฐานการซ่อมบำรุง

วิธีการซ่อมบำรุง	ราคาค่าซ่อม	เงื่อนไขการซ่อม
งานซ่อมบำรุงปกติ	11 บาท/ตารางเมตร	ค่า IRI < 2.5
งานฉาบผิวทางลาดยาง (ความหนา 10 มม.)	60 บาท/ตารางเมตร	2.5 ≤ ค่า IRI < IRI เป้าหมาย
งานเสริมผิวทางลาดยาง (ความหนา 5 cm)	300 บาท/ตารางเมตร	ค่า IRI ≥ IRI เป้าหมาย

จากข้อมูลทั้ง 3 ประเภทข้างต้น การนำไปใช้วิเคราะห์ทำนายค่า IRI ในอนาคตและค่า IRI หลังการซ่อม จำเป็นต้องคำนวณค่าความแข็งแรงของโครงสร้างทาง (SNC) และจำนวนเพลามาตรฐาน (YE4) มีหน่วยเป็น ล้านเพลา/ช่องทางจราจร/ปี ซึ่งมีตัวอย่างการคำนวณดังนี้

1. การคำนวณค่า SNC อ้างอิงจากสมการที่กล่าวในบทที่ 3 โดยการแทนค่า DEF = 0.5 มม. ลงใน สมการที่ 3.5 จะได้

$$SNC = 2.2\ DEF^{-0.63}$$

$$SNC = 2.2\ (0.5)^{-0.63} = 3.5$$

2. การคำนวณค่า YE4

$$YE4 = (AADT \times Lane\ Factor \times \%HV \times Truck\ Factor \times 365) / 1000000$$

$$= (5000 \times 0.5 \times 20\% \times 1.5 \times 365) /1000000$$

$$= 0.2737 \text{ ล้านเพลา/ช่องทางจราจร/ปี}$$

การคำนวณค่า AADT นั้นพิจารณาจากผลรวมของปริมาณการจราจรทั้งหมดทุกประเภทยกเว้น จักรยานยนต์และสามล้อเครื่อง ซึ่งเท่ากับ 5000 คันต่อวัน/ปี และสำหรับ %HV พิจารณาจากสัดส่วนของผลรวมปริมาณการจราจรของยานพาหนะประเภท รถโดยสารขนาดกลาง รถโดยสารขนาดใหญ่ รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) และรถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) เปรียบเทียบกับค่า AADT ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20%

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาเปรียบเทียบกรณีซ่อมบำรุงขั้นพื้นฐานโดยการบำรุงปกติ กับกรณีซ่อมบำรุงตามการกำหนดมาตรฐาน โดยเริ่มจากการคำนวณค่า IRI ในอนาคตและคำนวณค่า IRI หลังการซ่อมบำรุง ซึ่งในตัวอย่างนี้ได้กำหนดให้ค่า IRI ทางเลือกเท่ากับ 3.0 เมตร/กิโลเมตร และ

พิจารณาว่าค่า IRI ที่คำนวณได้ มีค่ามากกว่าค่า 3.0 ที่กำหนดหรือไม่ กรณีที่มากกว่าให้เลือกวิธีการซ่อมเป็นการเสริมผิวทางลาดยาง จากนั้นวิเคราะห์สภาพผิวทางหลังการซ่อมและคำนวณค่าใช้จ่ายในการเสริมผิวทางลาดยาง และสำหรับกรณีที่น้อยกว่าค่า ให้พิจารณาค่า IRI ถ้าค่า IRI น้อยกว่า 2.5 เมตร/กิโลเมตร ให้เลือกวิธีการซ่อมเป็นบำรุงปกติ แต่ถ้า IRI มากว่าหรือเท่ากับ 2.5 เมตร/กิโลเมตร ให้เลือกวิธีการซ่อมเป็นการเสริมฉาบผิวทางลาดยาง จากนั้นวิเคราะห์สภาพผิวทางหลังการซ่อมและคำนวณค่าใช้จ่ายในการฉาบผิวทางลาดยาง สำหรับผลกระทบหลังการซ่อมบำรุงปกตินั้น กำหนดให้ค่า IRI มีค่าเท่าเดิมเนื่องจากการซ่อมบำรุงปกติมุ่งเน้นการดูแลรักษาความเรียบร้อยของสายทางมากกว่าการปรับสภาพความเรียบของผิวทาง

สมการที่ใช้คำนวณค่า IRI ในอนาคตอ้างอิงจากสมการที่ 3.3 ค่า IRI หลังการฉาบผิวทางลาดยางอ้างอิงจากสมการที่ 2.24 และสำหรับค่า IRI หลังการเสริมผิวทางลาดยางอ้างอิงจากสมการที่ 2.24 ซึ่งมีตัวอย่างการคำนวณดังนี้

3. การคำนวณค่า IRI สิ้นปีที่ 1

กำหนดค่า IRI ตั้งต้นในปีที่เริ่มวิเคราะห์เท่ากับ 2.0 เมตร/กิโลเมตร

$$dIRI = K_{gp} \times (a_0 \times Exp(K_{gm} \times m \times AGE) \times [(1 + SNC \times a_1)]^{-5} \times YE4 + a_2 \times AGE) + (K_{gm} \times m \times IRI_b)$$

$$= 1 \times (134 \times Exp(0.87 \times 0.03 \times 1) \times [(1+4.7x\ 0.755)]^{-5} \times 2.737 + 0.0121 \times 1) + (0.87 \times 0.03 \times 2)$$

$$= 0.239$$

จะได้ค่า IRI สิ้นปีที่ 1 = 2.0 + 0.239 = 2.239 เมตร/กิโลเมตร

4. การคำนวณค่า IRI หลังการฉาบผิวทางในต้นปีที่ 4

จากการคำนวณตามแบบจำลองค่า IRI สิ้นปีที่ 3 เท่ากับ 2.777 เมตร/กิโลเมตร

$$IRI_a = IRI_b - MAX[0, MIN\{ a_0 \times (IRI_b - a_1), (a_2 \times Hsl)\}]$$

$$= 2.777 - MAX[0, MIN\{0.1 \times (2.777-2.5),(0.03 \times 10)\}]$$

$$= 2.749 \text{ เมตร/กิโลเมตร}$$

5. การคำนวณราคาค่าฉาบผิวทางลาดยาง

ราคาค่าฉาบผิวทางลาดยาง = 1000 x 7 x 60 = 420,000 บาท/กิโลเมตร

6. ตัวอย่างการคำนวณค่า IRI หลังการฉาบผิวทางในต้นปีที่ 5

จากการคำนวณตามแบบจำลองค่า IRI ในปีที่ 4 เท่ากับ 3.048 เมตร/กิโลเมตร

$a_1 = \max[4, 2.1 \times e^{(0.019 \times HSNEW)}]$

$= \max[4, 2.1 \times e^{(0.019 \times 50)}] = 5.43$

$a_2 = 1 + 0.018 \max[0, (100-HSNEW)]$

$= 1 + 0.018 \max[0, (100-50)] = 1.9$

$a_3 = \min\{a_0, \max[0.9, (0.01 \times HSNEW - 0.15)]\}$

$= \min\{a_0, \max[0.9, (0.01 \times 50 - 0.15)]\} = 0.35$

แทนค่า a_1 a_2 และ a_3 ลงในสมการที่ 2,24 จะได้

$dIRI = \max[0, 0.9\{\min(a_1, IRI_b)-a_2\} + a_3 \times \max\{0,(IRI_b-a_1)\}]$

$= \max[0, 0.9\{\min(5.43,3.048)-1.9\} + 0.35 \times \max\{0,(3.048-5.43)\}]$

$= 1.033$

จะได้ค่า IRI ในต้นปีที่ 5 = 3.048 – 1.033 = 2.015 เมตร/กิโลเมตร

7. การคำนวณราคาค่าเสริมผิวทางลาดยางหนา 5 cm.

ราคาค่าฉาบผิวทางลาดยาง = 1000 x 7 x 300 = 2,100,000 บาท/กิโลเมตร

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่า IRI ทั้งในกรณีที่บำรุงปกติและกรณีที่ซ่อมบำรุงตามการกำหนดมาตรฐาน เป็นระยะเวลา 14 ปี ซึ่งพิจารณาจากอายุคงเหลือ แสดงดังตารางที่ 4.4 สำหรับการคำนวณค่าซ่อมบำรุงตลอดระยะเวลาที่วิเคราะห์นั้น ไม่นำดัชนีราคาค่าก่อสร้างต่างๆ มาร่วมพิจารณา เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ไม่แน่นอน ซึ่งวิธีการซ่อมตามการกำหนดเงื่อนไขและต้นทุนค่าใช้จ่ายในการซ่อมแสดงดังตารางที่ 4.5

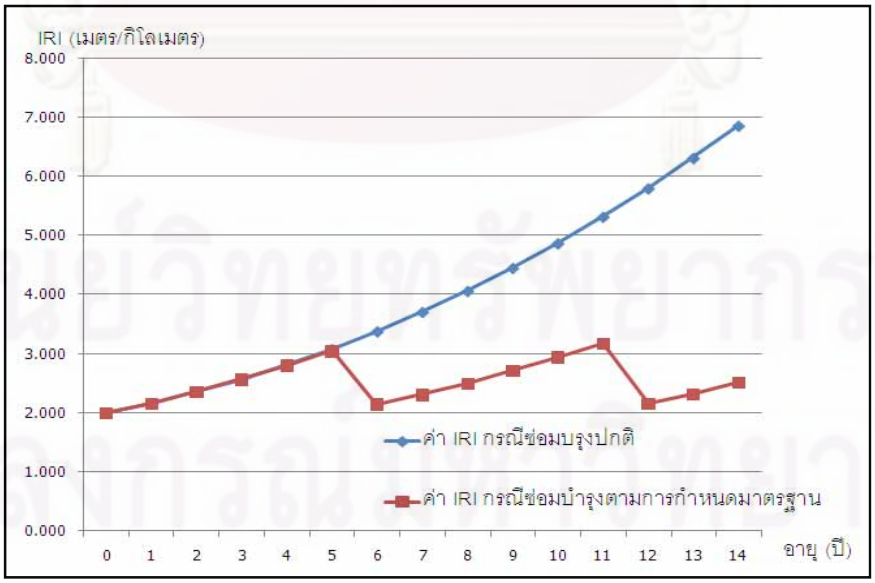
ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่า IRI ตลอดระยะเวลา 14 ปี

ปีที่	ค่า IRI กรณีบำรุงปกติ	ค่า IRI กรณีซ่อมตามการกำหนดมาตรฐาน
1	2.161	2.161
2	2.349	2.349
3	2.564	2.564
4	2.806	2.800

ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่า IRI ตลอดระยะเวลา 14 ปี (ต่อ)

ปีที่	ค่า IRI กรณีบำรุงปกติ	ค่า IRI กรณีซ่อมตามการกำหนดมาตรฐาน
5	3.076	3.039
6	3.375	2.144
7	3.702	2.308
8	4.059	2.498
9	4.446	2.715
10	4.864	2.938
11	5.313	3.166
12	5.794	2.157
13	6.307	2.321
14	6.853	2.512

จากตารางที่ 4.5 สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับอายุของสายทางได้ ดังรูปที่ 4.3 โดยจะเห็นว่าหากเป็นการบำรุงปกติอย่างเดียวเป็นประจำทุกปี ค่า IRI ในปีที่ 14 มีค่าเท่ากับ 6.853 เมตร/กิโลเมตร และกรณีที่ซ่อมบำรุงตามการกำหนดมาตรฐานค่า IRI ในปีที่ 14 มีค่าเท่ากับ 2.512 เมตร/กิโลเมตร ซึ่งตลอดอายุ 14 ปี มีการเสริมผิวทางลาดยางเพื่อปรับสภาพผิวทางทั้งหมด 2 ครั้ง ในปีที่ 6 และ 12



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับอายุสายทาง

ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างการผลการวิเคราะห์วิธีการซ่อมและค่าใช้จ่ายในการซ่อม

ปีที่	วิธีการซ่อม	ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	ปีที่	วิธีการซ่อม	ค่าซ่อมบำรุง (บาท)
1	บำรุงปกติ	0	8	บำรุงปกติ	0
2	บำรุงปกติ	0	9	บำรุงปกติ	0
3	บำรุงปกติ	0	10	ฉาบผิวทางลาดยาง	420000
4	ฉาบผิวทางลาดยาง	420000	11	ฉาบผิวทางลาดยาง	420000
5	ฉาบผิวทางลาดยาง	420000	12	เสริมผิวทางลาดยาง 5 cm.	2100000
6	เสริมผิวทางลาดยาง 5 cm.	2100000	13	บำรุงปกติ	0
7	บำรุงปกติ	0	14	บำรุงปกติ	0
รวมค่าซ่อมบำรุงตลอดระยะเวลา 14 ปี					5,880,000

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางทั้งกรณีซ่อมบำรุงปกติและกรณีซ่อมบำรุงตามการกำหนดมาตรฐาน โดยอ้างอิงจากแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง (Road User Effect Model) ใน HDM-4 และอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เป็นข้อมูลจำเพาะของคุณสมบัติตัวแทนยานพาหนะจากรายงานการศึกษาแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทางในประเทศไทย (Thailand Road User Effects Model) (NDLI, 1996) สำหรับข้อมูลที่เป็นราคาต้นทุนต่อหน่วยต่างๆ เช่น ราคายานพาหนะ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ราคาน้ำมันหล่อลื่น ราคาล้อยาง ได้อ้างอิงตามราคาในปัจจุบัน และสำหรับค่าพารามิเตอร์ ตัวแปรต่างๆ ตลอดจนตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางอย่างละเอียดแสดงในภาคผนวก ค. ซึ่งตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง (RUC) ทั้งในกรณีที่บำรุงปกติและกรณีที่ซ่อมบำรุงตามการกำหนดมาตรฐานเป็นระยะเวลา 14 ปี แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายผู้ใช้ทาง (RUC) ระยะเวลา 14 ปี (บาท/กม.)

ปีที่	ค่า RUC กรณีบำรุงปกติ	ค่า RUC กรณีซ่อมตามการกำหนดมาตรฐาน	ปีที่	ค่า RUC กรณีบำรุงปกติ	ค่า RUC กรณีซ่อมตามการกำหนดมาตรฐาน
1	23,678,243	23,678,243	8	24,614,433	23,698,918
2	23,689,752	23,689,752	9	24,974,284	23,712,474
3	23,702,986	23,702,986	10	25,391,171	23,726,996

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายผู้ใช้ทาง (RUC) ระยะเวลา 14 ปี (บาท/กม.) (ต่อ)

ปีที่	ค่า RUC กรณีบำรุงปกติ	ค่า RUC กรณีซ่อมตามการกำหนดมาตรฐาน	ปีที่	ค่า RUC กรณีบำรุงปกติ	ค่า RUC กรณีซ่อมตามการกำหนดมาตรฐาน
4	23,718,264	23,717,844	11	25,851,131	23,863,602
5	23,791,737	23,762,225	12	26,376,782	23,677,966
6	24,031,798	23,677,174	13	26,912,280	23,688,022
7	24,303,364	23,687,214	14	27,268,214	23,699,746
รวมค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางตลอดระยะเวลา 14 ปี				348,304,440	331,983,162

ขั้นตอนที่ 4 เลือกค่า IRI ทางเลือกที่ส่งผลให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนการซ่อมบำรุงมากที่สุด (Maximum B/C) ซึ่งค่า B/C นี้พิจารณาจากมูลค่าในอนาคตเทียบกลับมาเป็นมูลค่าปัจจุบัน สำหรับตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่า B/C เมื่อกำหนดให้ค่า IRI เป้าหมายเท่ากับ 3.0 เมตร/กิโลเมตรแสดงดังตารางที่ 4.8 และค่า B/Cในแต่ละค่า IRI เป้าหมายที่กำหนดเป็นทางเลือกแสดงดังตารางที่ 4.9 ซึ่งในการวิเคราะห์ได้กำหนดเงื่อนไขดังนี้

- กำหนดค่า IRI เป้าหมายสำหรับใช้เป็นทางเลือกเท่ากับ 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 และ 5.0 เมตร/กิโลเมตร สำหรับขอบเขตของค่า IRI ที่เท่ากับ 2.0 และ 5.0 เนื่องจากโดยทั่วไปค่า IRI ที่ผิวทางใหม่จะมีค่าประมาณ 2.0 และจากผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางพบว่าค่า IRI สูงสุดยอมรับได้คือ 4.8 เมตร/กิโลเมตร
- อัตราส่วนลด (Discount Rate) เท่ากับ 12 % เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่กรมทางหลวงใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการทั่วไป
- อัตราการการเพิ่มของปริมาณการจราจรในแต่ละปีเท่ากับ 0 % (ไม่ร่วมนำมาพิจารณา เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีความไม่แน่นอน)

ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่า B/C เมื่อกำหนดค่า IRI ทางเลือกเท่ากับ 3.0 ม./กม.

ปีที่	ค่าผลประโยชน์ในแต่ละปี (บาท) ($RUC_{\text{กรณีบำรุงปกติ}} - RUC_{\text{กรณีซ่อมตามการกำหนดมาตรฐาน}}$)	ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงในแต่ละปี (บาท)
1	0	0
2	0	0

ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่า B/C เมื่อกำหนดค่า IRI ทางเลือกเท่ากับ 3.0 ม./กม.(ต่อ)

ปีที่	ค่าผลประโยชน์ในแต่ละปี (บาท) ($RUC_{กรณีบำรุงปกติ} - RUC_{กรณีซ่อมตามการกำหนดมาตรฐาน}$)	ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงในแต่ละปี (บาท)
3	0	0
4	420	420000
5	29,512	420000
6	354,624	2100000
7	616,149	0
8	915,515	0
9	1,261,810	0
10	1,664,175	420000
11	1,987,530	420000
12	2,698,816	2100000
13	3,224,259	0
14	3,568,468	0
ผลรวมทั้งหมด	16,321,278	5,880,000
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	4,569,175	2,364,149
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนตลอดระยะเวลา 14 ปี		**1.9327**

ตารางที่ 4.9 ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนในแต่ละค่า IRI ที่กำหนดเป็นทางเลือก

ค่า IRI ทางเลือก	อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C)
2.0	0.39
2.5	1.78
3.0	**1.93**
3.5	1.91
4.0	1.76
4.5	1.44
5.0	0.98

จากตัวอย่างการวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนในแต่ละค่า IRI ที่กำหนดเป็นทางเลือก จะได้ว่าค่า IRI เป้าหมายที่เหมาะสมสำหรับแนวทางการวิเคราะห์โดยการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ คือ 3.0 เมตร/กิโลเมตร เนื่องจากเป็นค่าที่ B/C สูงที่สุด

4.3 การวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานน้อยที่สุด

4.3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์

การวิเคราะห์จากการประเมินต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานของสายทางน้อยที่สุด คล้ายกับการวิเคราะห์จากการประเมินจากความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ต่างกันตรงที่ไม่ได้พิจารณาผลประโยชน์ของผู้ใช้ทางที่เกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุงสายทาง เนื่องจากแนวทางการวิเคราะห์นี้นำไปใช้สำหรับสายทางที่สนับสนุนการปฏิบัติงานราชการของเจ้าหน้าที่หรืองานบำรุงรักษา (Service Roads) ดังนั้นจึงพิจารณาเฉพาะต้นทุนค่าซ่อมบำรุงที่เกิดขึ้นทั้งหมดรวมถึงต้นทุนค่าซ่อมบำรุง ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4.4

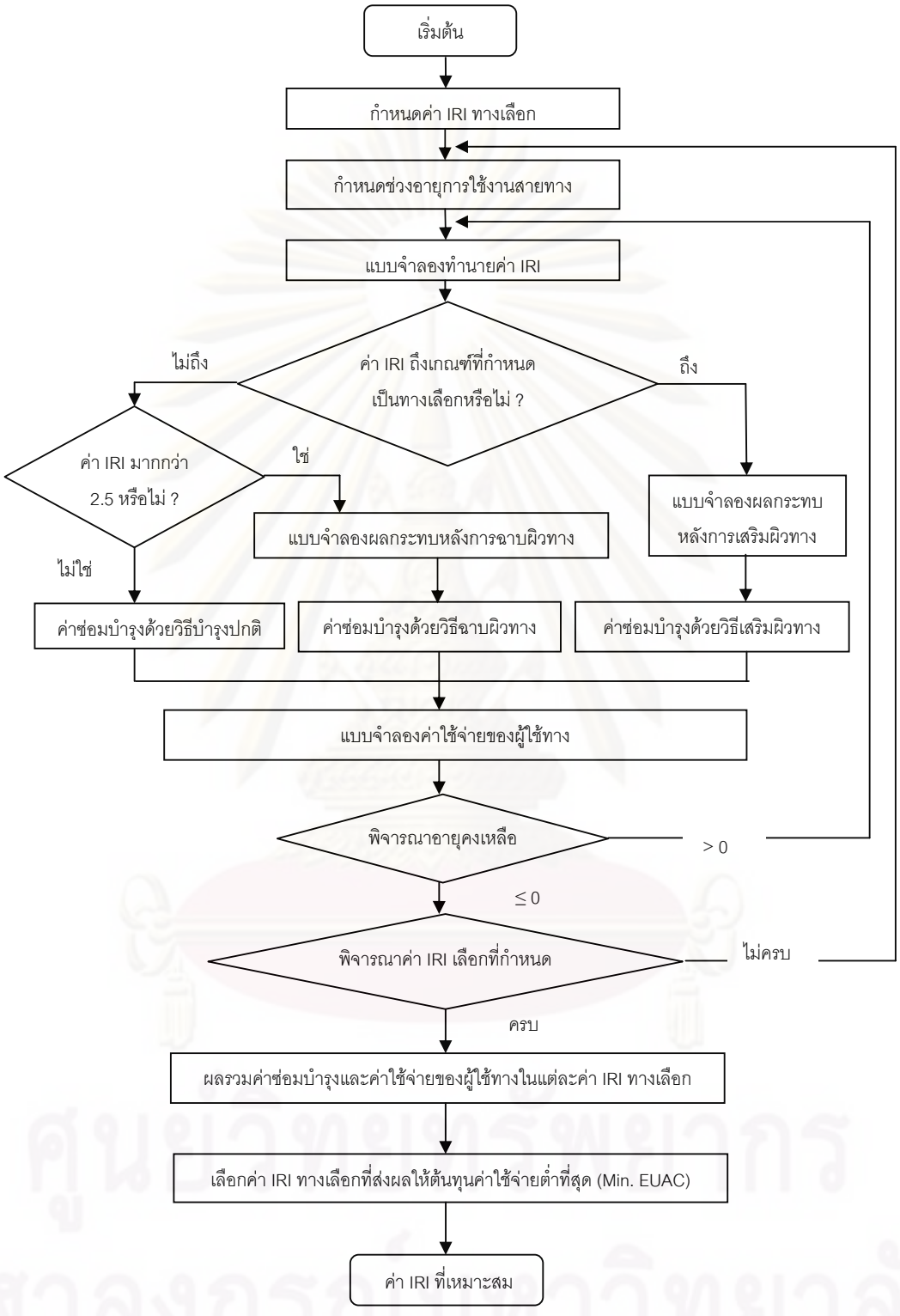
ขั้นตอนที่ 1 เตรียมข้อมูลและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้การวิเคราะห์โดยมี 3 ส่วนหลัก คือ
- ข้อมูลบัญชีสายทางและข้อมูลสภาพสายทาง
- ข้อมูลตัวแทนยานพาหนะ
- ข้อมูลมาตรฐานวิธีการซ่อมบำรุง

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่า IRI เป้าหมายสำหรับเป็นทางเลือกในการวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดช่วงเวลาในการวิเคราะห์โดยพิจารณาอายุการใช้งานของสายทาง

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ค่า IRI และพิจารณาว่าค่า IRI ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง ณ ปีนั้น มีค่ามากกว่าค่า IRI เป้าหมายที่กำหนดหรือไม่
- กรณีที่ IRI มากกว่าค่า IRI เป้าหมายที่กำหนด ให้เลือกวิธีการซ่อมเป็นการเสริมผิวทางลาดยาง จากนั้นวิเคราะห์สภาพผิวทางหลังการซ่อมและคำนวณค่าใช้จ่ายในการเสริมผิวทางลาดยาง
- กรณีที่ค่า IRI น้อยกว่าค่า IRI เป้าหมายที่กำหนด ให้พิจารณาค่า IRI ถ้าค่า IRI น้อยกว่า 2.5 เมตร/กิโลเมตร ให้เลือกวิธีการซ่อมเป็นบำรุงปกติ แต่ถ้า IRI มากว่าหรือเท่ากับ 2.5 เมตร/กิโลเมตร ให้เลือกวิธีการซ่อมเป็นการเสริมฉาบผิวทางลาดยาง จากนั้นวิเคราะห์สภาพผิวทางหลังการซ่อมและคำนวณค่าใช้จ่ายในการฉาบผิวทางลาดยาง

ขั้นตอนที่ 5 พิจารณาการคำนวณต้นทุนค่าซ่อมบำรุงให้ครบตามระยะเวลาการวิเคราะห์ที่กำหนด



รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ตลอดอายุการใช้งานของสายทาง

ขั้นตอนที่ 6 พิจารณาการคำนวณต้นทุนค่าซ่อมบำรุงและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางให้ครบตามค่า IRI เป้าหมายที่ใช้เป็นทางเลือก

ขั้นตอนที่ 7 รวมต้นทุนค่าซ่อมบำรุงในแต่ละค่า IRI ทางเลือก

ขั้นตอนที่ 8 พิจารณาเลือกค่า IRI ทางเลือกที่ส่งผลให้ผลรวมของต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยเทียบผลรวมต้นทุนในอนาคตกลับมาเป็น Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC)

4.3.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมข้อมูลและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้การวิเคราะห์ สำหรับตัวอย่างการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานของสายทางที่น้อยที่สุดนี้ ได้ใช้ตัวอย่างข้อมูลสายทาง ข้อมูลการกำหนดมาตรฐานการซ่อมและข้อมูลตัวแทนยานพาหนะเช่นเดียวกับตัวอย่างการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.3.1 แต่กำหนดให้มีปริมาณการจราจรบนสายทาง 200 คัน/วัน เนื่องจากการศึกษาข้อมูลปริมาณการจราจรในสายทางยุทธศาสตร์ชายแดนของกรมทางหลวงชนบทพบว่ามีปริมาณการจราจรเฉลี่ยเพียง 15-120 คัน/วัน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่า IRI เป้าหมายสำหรับเป็นทางเลือกในการวิเคราะห์

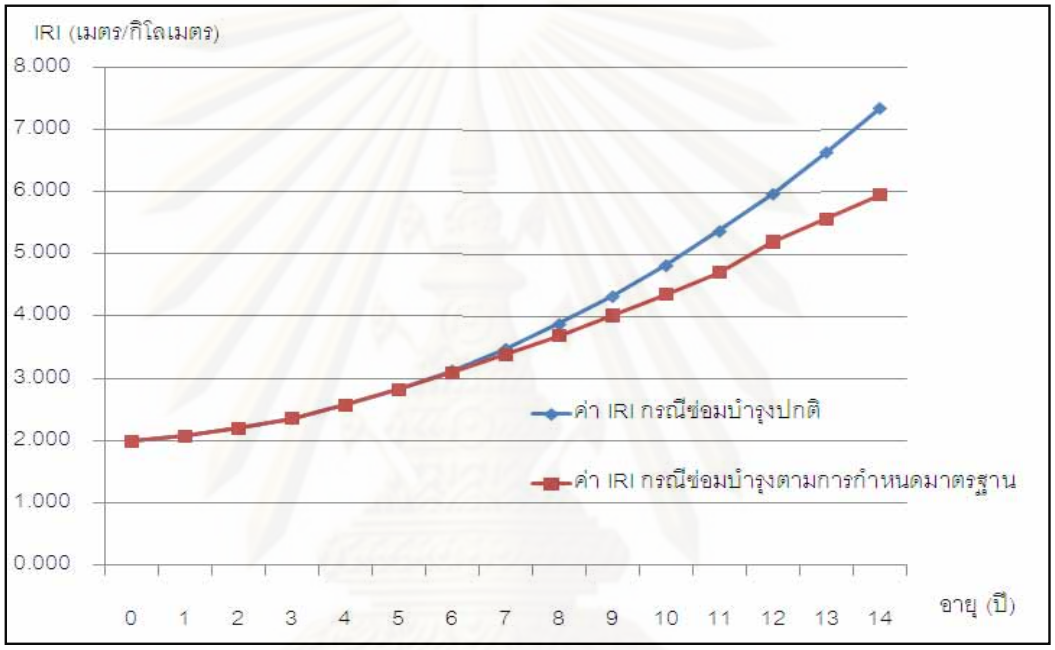
- กำหนดค่า IRI เป้าหมายสำหรับใช้เป็นทางเลือกเท่ากับ 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 และ 6.0 เมตร/กิโลเมตร สำหรับขอบเขตบนของค่า IRI ที่เท่ากับ 6.0 เนื่องจากนโยบายการซ่อมบำรุงของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทจะเลือกวิธีการซ่อมบูรณะสายทาง (Rehabilitation) เมื่อ IRI มีค่าถึง 6.5 เมตร/กิโลเมตร
- อัตราส่วนลด (Discount Rate) เท่ากับ 12 %
- อัตราการการเพิ่มของปริมาณการจราจรในแต่ละปี เท่ากับ 0 %

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดช่วงเวลาในการวิเคราะห์ 14 ปี

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ค่า IRI และพิจารณาว่าค่า IRI ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง ซึ่งตัวอย่างผลการวิเคราะห์เมื่อกำหนดค่า IRI ทางเลือกเท่ากับ 6.0 เมตร/กิโลเมตร พบว่าค่า IRI ของสายทางในสิ้นปีที่ 14 มีค่า 4.514 เมตร/กิโลเมตร โดยแผนการซ่อมบำรุงตลอดระยะเวลา 14 ปีที่วิเคราะห์มีเพียงการซ่อมบำรุงปกติและการฉาบผิวทาง แสดงดังรูปที่ 4.5

ขั้นตอนที่ 5 พิจารณาการคำนวณต้นทุนค่าซ่อมบำรุงให้ครบตามระยะเวลาการวิเคราะห์ที่กำหนด ซึ่งผลตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน 20 ปี แสดงดังตารางที่ 4.9

ขั้นตอนที่ 6 พิจารณาการคำนวณต้นทุนค่าซ่อมบำรุงให้ครบตามค่า IRI เป้าหมายที่ใช้เป็นทางเลือก โดยเทียบมูลค่าในอนาคตกลับมาเป็นปีปัจจุบัน แสดงผลการคำนวณดังตารางที่ 4.10



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับอายุสายทาง

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ต้นทุนค่าซ่อมบำรุง เมื่อกำหนดให้ค่า IRI ทางเลือกเท่ากับ 6.0 ม./กม.

ปีที่	ค่า IRI สิ้นปี	วิธีการซ่อม	ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงในแต่ละปี (บาท)
1	2.08	บำรุงปกติ	105,000
2	2.20	บำรุงปกติ	105,000
3	2.36	บำรุงปกติ	105,000
4	2.57	ฉาบผิวทางลาดยาง	420,000
5	2.82	ฉาบผิวทางลาดยาง	420,000
6	3.09	ฉาบผิวทางลาดยาง	420,000
7	3.38	ฉาบผิวทางลาดยาง	420,000

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ต้นทุนค่าซ่อมบำรุง เมื่อกำหนดให้ค่า IRI ทางเลือกเท่ากับ 6.0 ม./กม. (ต่อ)

ปีที่	ค่า IRI สิ้นปี	วิธีการซ่อม	ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงในแต่ละปี (บาท)
8	3.69	ฉาบผิวทางลาดยาง	420,000
9	4.02	ฉาบผิวทางลาดยาง	420,000
10	4.35	ฉาบผิวทางลาดยาง	420,000
11	4.71	ฉาบผิวทางลาดยาง	420,000
12	5.07	ฉาบผิวทางลาดยาง	420,000
13	5.45	ฉาบผิวทางลาดยาง	420,000
14	5.84	ฉาบผิวทางลาดยาง	420,000
Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC)			306,115

ขั้นตอนที่ 8 พิจารณาเลือกค่า IRI ทางเลือกที่ส่งผลให้ผลรวมของต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยค่า IRI ที่ส่งผลให้ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งาน 14 ปี ของสายทางน้อยที่สุด คือ 6.0 เมตร/กิโลเมตร ซึ่งคิดเป็นค่า Equivalent Uniform Annual Cost เท่ากับ 306,115 บาท/กิโลเมตร แสดงดังตารางที่ ตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงในแต่ละค่า IRI ที่กำหนดเป็นทางเลือก

ค่า IRI ทางเลือก	ค่า EUAC (บาท/กิโลเมตร)
2.00	1,046,930
2.50	430,131
3.00	436,412
3.50	368,606
4.00	374,120
4.50	371,229
5.00	364,252
5.50	358,023
6.00	**306,115**

4.4 ปัญหาและข้อจำกัดของข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์หาค่า IRI ที่เหมาะสมในแต่ละแนวทางมีปัญหาและอุปสรรคดังนี้

1. เนื่องจากข้อจำกัดของระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการเก็บสำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง จึงทำให้จำนวนตัวแทนตัวอย่างสายทางและตัวแทนผู้ประเมินสำหรับการศึกษานี้ น้อยกว่าจำนวนตัวแทนที่วิเคราะห์โดยทฤษฎีทางสถิติ ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้อาจจะยังไม่เพียงพอสำหรับการใช้เป็นค่าตัวแทนในโครงข่ายระดับประเทศ
2. ค่า IRI เป็นดัชนีชี้วัดสภาพสายทางที่ไม่สะท้อนค่าความเสียหายประเภทอื่นๆ เช่น ค่าความแข็งแรงของโครงสร้าง รอยแตกร้าว ความลึกร่องเป็นต้น ดังการนำค่า IRI เพียงค่าเดียวมาใช้เป็นเงื่อนไขในการเลือกวิธีซ่อมบำรุงอาจไม่เพียงพอในสำหรับการกำหนดวิธีซ่อม
3. การวิเคราะห์ทำนายค่า IRI สำหรับการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทางนั้น ได้อ้างอิงแบบจำลองของ Rodrigo (2008) ซึ่งหากนำวิธีการวิเคราะห์จากงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้กับหน่วยงานทางอื่นๆ จึงควรต้องทำการสอบเทียบและปรับแก้ใช้แบบจำลองดังกล่าว เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับความเป็นจริงของสภาพของโครงข่ายทางที่ต้องการวิเคราะห์
4. การกำหนดตัวแทนยานพาหนะและข้อมูลจำเพาะของยานพาหนะแต่ละประเภทได้อ้างอิงการศึกษา Thailand Road User Effects Model ซึ่งเป็นตัวแทนพาหนะในอดีต การนำมาประยุกต์เพื่อเป็นตัวแทนพาหนะในปีปัจจุบันอาจมีความคลาดเคลื่อน
5. การกำหนดราคาต่อหน่วย เช่น ราคาต้นทุนต่อหน่วยที่เกี่ยวกับพาหนะ ราคาค่าซ่อมบำรุง ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายต่างๆ เป็นการกำหนดราคาในปีปัจจุบัน ซึ่งหากอนาคตต้องการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ดังกล่าว ควรกำหนดราคาต้นทุนต่อหน่วยใหม่ เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจในอนาคต
6. การพิจารณาค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในงานวิจัยนี้ ยังไม่ครอบคลุมถึงค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางที่ต้องเสียเวลาในระหว่างการซ่อมบำรุง ค่าใช้จ่ายในด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม

4.5 บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์หาค่า IRI ที่เหมาะสมในแต่ละแนวทางการวิเคราะห์ คือ การประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ และการประเมินต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานของสายทางที่น้อยที่สุด โดยอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.1 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ ลำดับสุดท้ายได้กล่าวถึงปัญหาและข้อจำกัดของข้อมูล เพื่อให้สามารถนำไปใช้ปรับปรุงแบบจำลองตลอดจนองค์ประกอบของวิธีการวิเคราะห์ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับการใช้งานต่อไป ซึ่งในบทถัดไปกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวสำหรับการวิเคราะห์หาค่า IRI จากการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์และการประเมินต้นค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานที่น้อยที่สุด ว่ามีผลต่อค่า IRI ที่วิเคราะห์ได้อย่างไร จากนั้นพิจารณาแนวทางการและสรุปขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์ค่า IRI ที่เหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์เพื่อนำมาใช้งานโดยรับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านงานบริหารงานบำรุงทางของหน่วยกรมทางหลวง เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งานร่วมกับแนวทางการกำหนดค่าดัชนีชี้วัดเป้าหมายของกรมทางหลวง สำหรับใช้ในการบริหารงานโครงข่ายทางให้เกิดประสิทธิภาพต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงผลลัพธ์จากตัวอย่างการวิเคราะห์ในบทที่ 4 และวิเคราะห์ความอ่อนไหวสำหรับแนวทางการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์และการประเมินจากค่าซ่อมบำรุงน้อยที่สุดตลอดอายุการใช้งาน เพื่อศึกษาแนวโน้มของค่า IRI ที่วิเคราะห์ได้ เนื่องจากผลการวิเคราะห์ของทั้ง 2 แนวทางนี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยที่ใช้กำหนดในการวิเคราะห์ สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานนั้นได้ขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญถึงกรอบวิธีการวิเคราะห์ค่า IRI ในแต่ละแนวทางที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับแก้ให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานจริงต่อไป

5.1 ผลการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง

เมื่อพิจารณาจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับคะแนนความพึงพอใจของผู้ประเมินทั้ง 3 คน จะเห็นได้ว่าช่วงของกลุ่มข้อมูลค่า IRI และค่า IRI มากสุดที่สามารถรับได้ในแต่ละระดับคะแนนนั้น มีค่าลดหลั่นลงมาตามระดับคะแนนความพึงพอใจที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งหมายความว่า สายทางที่มีสภาพผิวถนนเรียบหรือมีค่าดัชนีความขรุขระสากลต่ำนั้นจะมีแนวโน้มที่คะแนนความพึงพอใจจะมีค่าสูง ซึ่งสิ่งที่สังเกตได้จากข้อมูลการสำรวจและการพิจารณาจากรูปที่ 4.2 คือ ที่ค่าคะแนนความพึงพอใจแต่ละระดับนั้น มีช่วงของกลุ่มข้อมูลค่า IRI แตกต่างกันเป็นผลมาจากการที่ผู้ประเมินแต่ละคนมีมาตรฐานทางความรู้สึกไม่เท่ากัน ซึ่งสายทางเดียวกันผู้ประเมินบางคนอาจจะรู้สึกว่าสภาพผิวถนนเรียบดี นั่งแล้วรู้สึกสบาย ขณะที่ผู้ประเมินอีกคนหนึ่งมีความรู้สึกว่าสภาพถนนมีความขรุขระนั่งแล้วรู้สึกกระเทือนเล็กน้อย แต่ยังพอรับได้ นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อ IRI มีค่าต่ำกว่า 2.34 เมตร/กิโลเมตร ผู้ประเมินไม่สามารถที่จะแยกความรู้สึกระหว่างค่าคะแนนระดับ 4 คือ นั่งแล้วรู้สึกสบาย แต่กระเทือนบ้างเล็กน้อย กับที่ค่าคะแนนเท่ากับ 5 คือ นั่งแล้วรู้สึกสบาย ไม่กระทบกระเทือน เนื่องจากที่ค่า IRI เท่ากับ 2.34 เมตร/กิโลเมตร เป็นผิวทางที่ค่อนข้างเรียบซึ่งเป็นค่า IRI ที่ใกล้เคียงกับสายทางที่สร้างผิวจราจรใหม่ จึงทำให้ผู้ประเมินแยกความรู้สึกได้ยาก

สำหรับที่ค่าคะแนนเท่ากับ 5 จะเห็นว่าขอบเขตบนของค่า IRI ของผู้ประเมินทั้ง 3 คนนั้นมีค่า IRI เท่ากัน คือ 6.43 เมตร/กิโลเมตร เนื่องจากสภาพผิวทางของโครงข่ายทางในสำนักทางหลวงที่ 10 (สุพรรณบุรี) มีสภาพสายทางโดยรวมค่อนข้างดี มีสายทางที่ผิวทางเสียหายน้อยมาก

จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในการคัดเลือกจำนวนตัวอย่างสายทางที่มีค่า IRI สูงตั้งแต่ 6.0 – 8.0 เมตร/กิโลเมตร ซึ่งการสำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางนี้ สามารถสำรวจข้อมูลสายทางที่มีค่า IRI ตั้งแต่ 6.0 เมตร/กิโลเมตร ขึ้นไปได้เพียงแค่ 2 สายทางจากจำนวนสายทางทั้ง 51 สายทาง และเมื่อพิจารณาภาพรวมของค่าดัชนีความขรุขระสากลมากที่สุดที่สามารถรับได้ (Maximum Acceptable International Roughness Index) หรือค่าขอบเขตล่างของช่วงของค่าดัชนีความขรุขระสากลที่ยอมรับได้ ณ ที่ระดับคะแนนต่างๆ จากการประเมินแบบสอบถาม สามารถสรุปได้ดังนี้

1 พึงพอใจมากที่สุด นั่งแล้วรู้สึกสบาย (คะแนนเท่ากับ 5) มีช่วงค่า IRI เท่ากับ1.87 – 1.98 ม./กม. และมี่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.91 ม./กม.

2 รู้สึกสบายแต่มีการกระเทือนบ้างเล็กน้อย (คะแนนเท่ากับ 4) มีช่วงค่า IRI เท่ากับ 1.87 – 1.98 ม./กม. และมี่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.94 ม./กม.

3 รู้สึกมีการกระเทือนแต่ยังถือว่าพอรับได้ (คะแนนเท่ากับ 3) มีช่วงค่า IRI เท่ากับ 2.34 – 2.64 ม./กม. และมี่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42 ม./กม.

4 รู้สึกไม่สบาย มีการกระทบกระเทือนมาก (คะแนนเท่ากับ 2) มีช่วงค่า IRI เท่ากับ 4.21 – 5.11 ม./กม. และมี่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 ม./กม.

5 รู้สึกกระทบกระเทือนมากที่สุด สมควรที่จะต้องปรับปรุงถนน (คะแนนเท่ากับ 1) มีช่วงค่า IRI เท่ากับ 5.81 – 6.43 ม./กม. และมี่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.81 ม./กม.

เนื่องจากแนวทางการเลือกค่า IRI ที่เหมาะสมจากการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง พิจารณาจากค่า IRI มากที่สุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้ ดังนั้นการเลือกค่า IRI จึงเลือกจากค่า IRI เฉลี่ยขอบเขตล่างที่ของระดับคะแนนการประเมินสภาพการให้บริการที่ผู้ใช้ทางจะรู้สึกไม่สบาย มีการกระทบกระเทือนมาก เพราะฉะนั้นในตัวอย่างการวิเคราะห์นี้จึงได้เลือกค่า IRI เท่ากับ 4.59 เมตร/กิโลเมตร หรือประมาณ 4.60 เมตร/กิโลเมตร เป็นค่า IRI ที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นดัชนีชี้วัดเป้าหมายระดับการให้บริการของสายทาง

5.2 ผลการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ค่า IRI ที่เหมาะสมจากการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการเลือกค่า IRI ที่ส่งผลให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio, B/C) มีค่ามากที่สุด ซึ่งจากตัวอย่างการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.2.2 นั้น ผลการวิเคราะห์พบว่าสายทางตัวอย่างเมื่อ

มีปริมาณการจราจร 5,000 คันต่อวัน และกำหนดค่า IRI ทางเลือกเท่ากับ 3.0 เมตร/กิโลเมตร ส่งผลให้เกิดค่า B/C สูงที่สุด ซึ่งมี B/C ค่าเท่ากับ 1.93 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับการกำหนดค่า IRI ทางเลือกที่ 3.5 เมตร/กิโลเมตร โดยมีค่า B/C เท่ากับ 1.91 สำหรับการพิจารณาความคุ้มค่าของการลงทุนนั้นพิจารณาจากอัตราส่วน B/C ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 ซึ่งหมายความว่าผลประโยชน์ที่ได้รับหลังจากการซ่อมบำรุงคุ้มค่ากับเงินซ่อมบำรุงที่ลงทุนไป และเนื่องจากอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนแปรผันตามปริมาณการจราจร ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้วิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่า B/C เพื่อหาปริมาณการจราจรที่คุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อมีการซ่อมบำรุงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยวิเคราะห์แนวโน้มของค่า B/C ในปริมาณการจราจรที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 500 – 50,000 คันต่อวัน ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ค่า B/C เมื่อกำหนดปริมาณการจราจร 500 – 50,000 คันต่อวัน

ปริมาณการจราจร (คัน/วัน)	ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนตลอดระยะเวลา 14 ปี						
	กำหนด IRI เท่ากับ 2	กำหนด IRI เท่ากับ 2.5	กำหนด IRI เท่ากับ 3	กำหนด IRI เท่ากับ 3.5	กำหนด IRI เท่ากับ 4	กำหนด IRI เท่ากับ 4.5	กำหนด IRI เท่ากับ 5
500	0.03	**0.11**	0.10	0.08	0.04	0.04	0.04
1000	0.06	**0.25**	0.24	0.19	0.13	0.09	0.09
2000	0.15	**0.49**	0.46	0.46	0.30	0.16	0.16
3000	0.17	**0.81**	0.79	0.79	0.61	0.40	0.36
3500	0.22	1.04	**1.05**	1.01	0.88	0.65	0.46
5000	0.40	1.78	**1.93**	1.91	1.75	1.44	0.98
8000	0.95	3.27	**3.85**	3.25	3.24	2.94	2.64
10000	1.47	4.53	**4.70**	4.66	4.56	4.18	3.86
30000	2.61	9.00	**10.94**	10.84	8.84	8.05	5.45
50000	6.80	23.96	**24.27**	24.19	21.38	20.66	19.06

สำหรับการกำหนดขอบเขตของค่า IRI ทางเลือก ได้ค่ากำหนดค่า IRI ในช่วง 2.0 – 5.0 เมตร/กิโลเมตร โดยพิจารณาจากค่า IRI ของผิวทางหลังการสร้างใหม่และพิจารณาจากค่า IRI มากสุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้ ผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อปริมาณการจราจรสูงขึ้นค่า B/C สูงขึ้นตามไปด้วย โดยที่ค่า B/C สูงสุดอยู่ในช่วง 2.5 – 3.0 เมตร/กิโลเมตร ค่า B/C มีค่าต่ำสุดเมื่อกำหนดให้

ค่า IRI เท่ากับ 2.0 เมตร/กิโลเมตร เนื่องจากต้นทุนค่าซ่อมบำรุงสูงกว่าการกำหนดค่า IRI ที่เป็นทางเลือกอื่นๆ มาก เพราะการกำหนดค่า IRI ที่ 2.0 ส่งผลให้เกิดการเลือกซ่อมบำรุงด้วยวิธีเสริมผิวทางลาดยางทุกปี และเมื่อสายทางมีปริมาณการจราจรตั้งแต่ 3,500 คันต่อวันขึ้นไปส่งผลให้ค่า B/C ของการกำหนดค่า IRI ในช่วง 2.5 – 3.5 มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งหมายความว่าหากนำแนวทางการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินความคุ้มทางด้านเศรษฐศาสตร์ไปประยุกต์ใช้นั้นควรนำไปพิจารณาในสายทางที่มีปริมาณการจราจรตั้งแต่ 3,500 คันต่อวัน ขึ้นไป

ข้อสังเกตของผลการวิเคราะห์ คือ การเปลี่ยนแปลงของค่า B/C ที่วิเคราะห์ได้ขึ้นอยู่กับการคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางเป็นหลัก เนื่องจากวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบหลายองค์ประกอบ สำหรับการคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางนี้ได้อ้างอิงแบบจำลองค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางตามที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่ 4.2.2 โดยการวิเคราะห์ได้เปลี่ยนการกำหนดค่าการคำนวณในแบบจำลองเฉพาะในส่วนของราคาต่อหน่วยต่างๆ เช่น ราคาตัวแทนยานพาหนะ ราคาน้ำมันเชื้อเพลง ราคาน้ำมันหล่อลื่น ราคายาง ราคาอะไหล่และการซ่อมบำรุง ค่าเสื่อมราคา และมูลค่าเวลาในการเดินทาง ให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบัน (แสดงในภาคผนวก ค.) ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในของพานพาหนะแต่ละเปะเภท เมื่อกำหนดให้ค่า IRI ทางเลือก เท่า 3.0 เมตร/กิโลเมตร พบว่าค่าใช้จ่ายของรถโดยสารประจำทางขนาดใหญ่มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 35.99 บาท/กม.-คัน โดยมีองค์ประกอบค่าใช้จ่ายในส่วนของมูลค่าเวลาในการเดินทางเท่ากับ 15.08 บาท/กม.-คัน ซึ่งคิดเป็น 41.91% ดังนั้นจะเห็นว่าการกำหนดมูลค่าเวลาในการเดินทาง เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของยานพาหนะประเภทรถโดยสาร

สำหรับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบค่าใช้จ่ายต่างๆ ของยานพาหนะแต่ละประเภท แสดงดังตารางที่ 5.2 ทั้งนี้ได้เปรียบเทียบสัดส่วนขององค์ประกอบค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ของยานพาหนะแต่ละประเภท โดยแสดงดังตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.1 ซึ่งพบว่าค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าอะไหล่ ค่าเสื่อมราคา และมูลค่าเวลาในการเดินทาง เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง โดยที่ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและมูลค่าเวลาในการเดินทางส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของรถบรรทุกและรถโดยสารมากที่สุด ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI และค่าใช้จ่ายของพาหนะประเภทต่างๆ พบว่าเมื่อ IRI มีค่าในช่วง 2.0 – 3.0 เมตร/กิโลเมตร ค่าใช้จ่ายของยานพาหนะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเมื่อ IRI มีค่าตั้งแต่ 3.0 ขึ้นไป ค่าใช้จ่ายของยานพาหนะแต่ละประเภทจะสูงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5.3

ตารางที่ 5.2 องค์ประกอบค่าใช้จ่ายต่างๆ ของยานพาหนะแต่ละประเภท

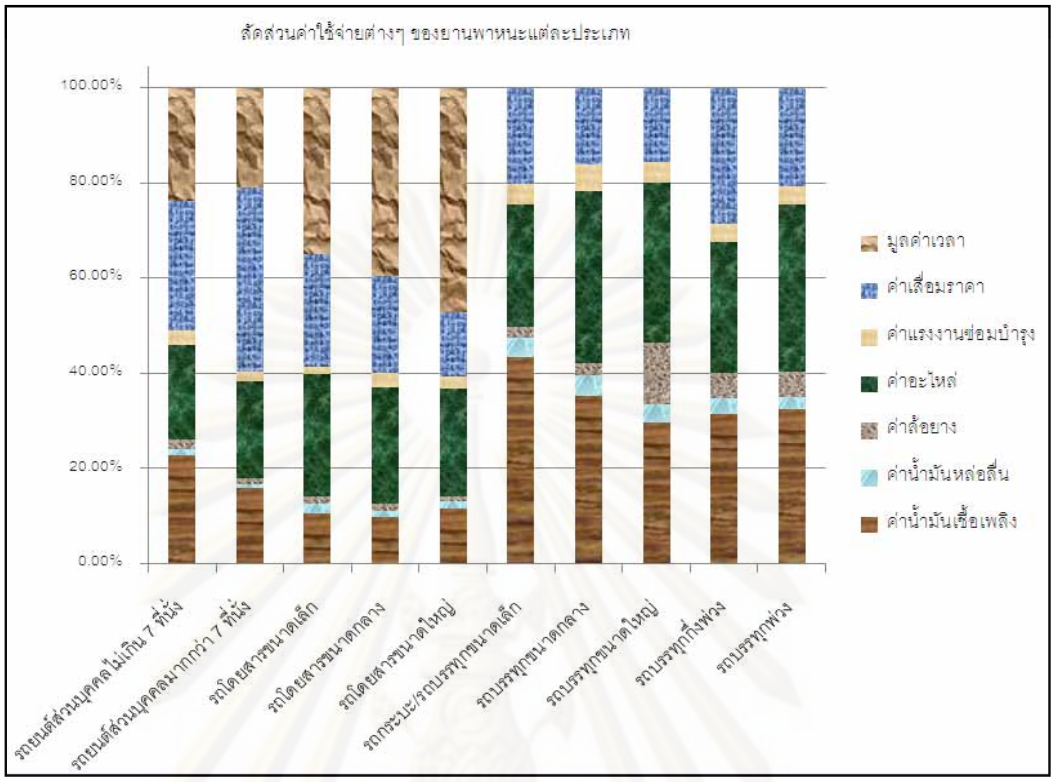
องค์ประกอบค่าใช้จ่ายต่างๆ ของยานพาหนะแต่ละประเภท (บาท/คัน-กม.)								
ประเภทพาหนะ	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	ค่าน้ำมันหล่อลื่น	ค่าล้อยาง	ค่าอะไหล่	ค่าแรงงานซ่อมบำรุง	ค่าเสื่อมราคา	มูลค่าเวลา	รวมค่าใช้จ่าย
รถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง	1.85	0.10	0.16	1.63	0.24	2.21	1.92	8.11
รถยนต์ส่วนบุคคลมากกว่า 7 ที่นั่ง	1.90	0.10	0.15	2.40	0.23	4.61	2.47	11.85
รถโดยสารขนาดเล็ก	2.10	0.43	0.28	5.14	0.29	4.70	6.94	19.87
รถโดยสารขนาดกลาง	3.37	0.42	0.49	8.35	0.99	6.90	14.46	34.96
รถโดยสารขนาดใหญ่	3.85	0.64	0.39	9.36	1.06	5.60	15.08	35.99
รถกระบะ/รถบรรทุกขนาดเล็ก	2.23	0.22	0.11	1.32	0.23	1.03	0.00	5.14
รถบรรทุกขนาดกลาง	3.34	0.41	0.24	3.41	0.54	1.52	0.00	9.44
รถบรรทุกขนาดใหญ่	6.19	0.79	2.73	7.05	0.89	3.26	0.00	20.91
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	8.29	0.73	1.53	8.40	0.91	7.17	0.00	27.03
รถบรรทุกพ่วง	8.69	0.64	1.62	9.00	0.99	7.18	0.00	28.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

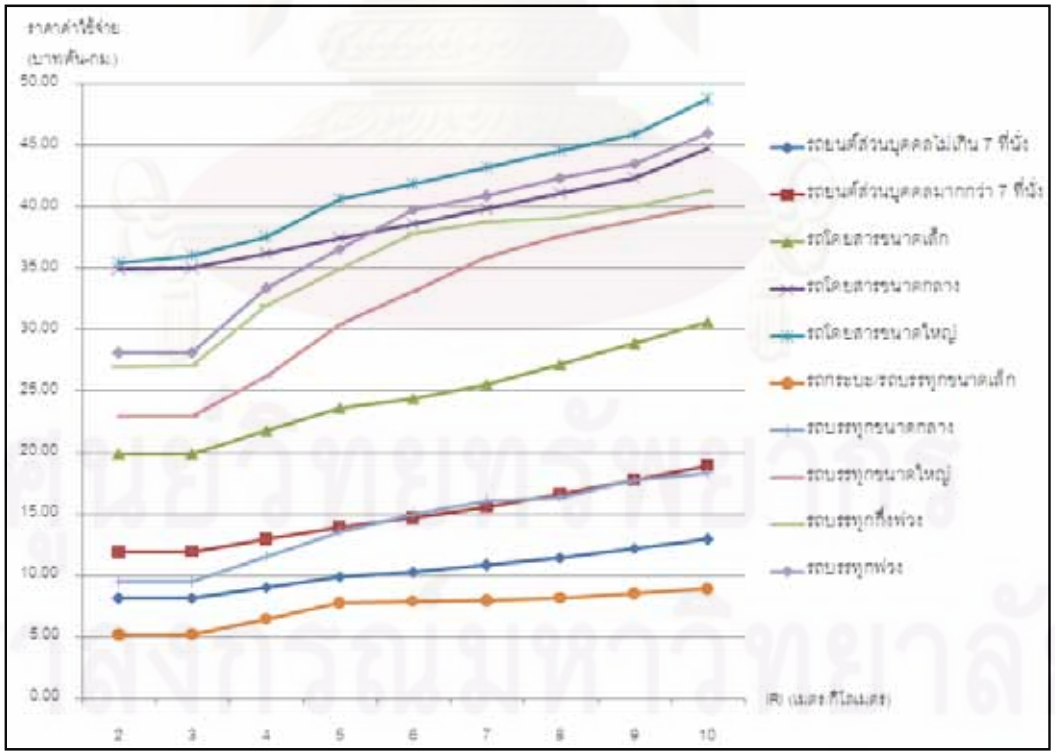
ตารางที่ 5.3 สัดส่วนขององค์ประกอบค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ของยานพาหนะแต่ละประเภท

สัดส่วนขององค์ประกอบค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ของยานพาหนะแต่ละประเภท								
ประเภทพาหนะ	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	ค่าน้ำมันหล่อลื่น	ค่าล้อยาง	ค่าอะไหล่	ค่าแรงงานซ่อมบำรุง	ค่าเสื่อมราคา	มูลค่าเวลา	รวมค่าใช้จ่าย
รถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง	22.83%	1.22%	1.99%	20.07%	2.92%	27.28%	23.68%	100%
รถยนต์ส่วนบุคคลมากกว่า 7 ที่นั่ง	16.00%	0.84%	1.27%	20.26%	1.91%	38.90%	20.82%	100%
รถโดยสารขนาดเล็ก	10.55%	2.16%	1.40%	25.86%	1.48%	23.63%	34.92%	100%
รถโดยสารขนาดกลาง	9.63%	1.19%	1.39%	23.89%	2.82%	19.73%	41.36%	100%
รถโดยสารขนาดใหญ่	10.71%	1.77%	1.08%	26.02%	2.95%	15.57%	41.91%	100%
รถกระบะ/รถบรรทุกขนาดเล็ก	43.38%	4.23%	2.20%	25.71%	4.40%	20.07%	0.00%	100%
รถบรรทุกขนาดกลาง	35.33%	4.29%	2.49%	36.15%	5.68%	16.06%	0.00%	100%
รถบรรทุกขนาดใหญ่	29.61%	3.79%	13.03%	33.71%	4.28%	15.58%	0.00%	100%
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	30.68%	2.70%	5.65%	31.08%	3.36%	26.53%	0.00%	100%
รถบรรทุกพ่วง	30.91%	2.28%	5.75%	32.02%	3.51%	25.53%	0.00%	100%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.1 สัดส่วนขององค์ประกอบค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ของยานพาหนะแต่ละประเภท



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับ ค่าใช้จ่ายของยานพาหนะแต่ละประเภท

จากข้อสังเกตผลการวิเคราะห์ค่า B/C ในส่วนของค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางนั้น ราคาองค์ประกอบค่าใช้จ่ายของพาหนะต่างๆ มีหลายองค์ประกอบที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกราคาต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงมาเป็นตัวอย่างวิเคราะห์แนวโน้มของค่า B/C เนื่องจากในปัจจุบันราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีความผันผวนมากที่สุดเมื่อเทียบกับราคาตัวแทนยานพาหนะ ราคาอะไหล่ และมูลค่าเวลาในการเดินทาง โดยวิเคราะห์ค่า B/C ของสายทางที่กำหนดให้ค่า IRI เป้าหมายเท่ากับ 3.0 เมตร/กิโลเมตร และมีปริมาณการจราจรในช่วง 3,000 – 4,000 คันต่อวัน เพื่อเปรียบเทียบในกรณีที่ต้นทุนราคาน้ำมันเปลี่ยนแปลงในช่วง 10% – 50% ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนตลอดระยะเวลา 14 ปี
เมื่อกำหนดค่า IRI ทางเลือกเท่ากับ 3.0 เมตร/กิโลเมตร

ปริมาณการจราจร (คัน/วัน)	ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนตลอดระยะเวลา 14 ปี เมื่อกำหนดค่า IRI ทางเลือกเท่ากับ 3.0 เมตร/กิโลเมตร					
	ค่าน้ำมันเพิ่มขึ้น 0%	ค่าน้ำมันเพิ่มขึ้น 10%	ค่าน้ำมันเพิ่มขึ้น 20%	ค่าน้ำมันเพิ่มขึ้น 30%	ค่าน้ำมันเพิ่มขึ้น 40%	ค่าน้ำมันเพิ่มขึ้น 50%
3000	0.7916	0.7960	0.8005	0.8050	0.8095	0.8140
3400	0.9592	0.9640	0.9687	0.9735	0.9755	0.9830
3450	0.9808	0.9855	0.9902	0.9949	0.9996	**1.0043**
3500	1.0476	1.0528	1.0579	1.0631	1.0683	1.0734
4000	1.2886	1.2932	1.2978	1.3024	1.3069	1.3115

จากตารางที่ 5.4 เมื่อราคาน้ำมันปรับตัวสูงขึ้นส่งผลให้อัตราส่วน B/C มีค่าสูงขึ้น โดยจะเห็นว่าที่ปริมาณการจราจร 3,450 คัน/วัน ค่า B/C เปลี่ยนแปลงจาก 0.981 เป็น 1.004 เมื่อราคาน้ำมันสูงขึ้น 50% ซึ่งหมายความว่าในสายทางที่เดียวกัน เมื่อต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางสูงขึ้น ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการกำหนดปริมาณสายทางสำหรับนำแนวทางนี้ไปประยุกต์ใช้ มีแนวโน้มลดลงโดยจะเห็นว่า เมื่อปริมาณการจราจรมีค่าลดลง

จาก 3,500 คัน/วัน เป็น 3450 คัน/วัน มีแนวโน้มของความคุ้มค่ามากขึ้น ทั้งนี้การวิเคราะห์ดังกล่าวกำหนดให้ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงคงที่ ซึ่งในความเป็นจริงเมื่อสภาวะเศรษฐกิจผันผวนต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆ จะสูงตามไปด้วย ดังนั้นก่อนการกำหนดปริมาณการจรเพื่อนำแนวทางการวิเคราะห์นี้ไปใช้ ควรวิเคราะห์โดยใช้ราคาต้นตามสภาวะเศรษฐกิจในขณะนั้น

5.3 ผลการวิเคราะห์ค่า IRI จากการประเมินต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุด

การวิเคราะห์ค่า IRI ที่เหมาะสมจากการประเมินต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานเป็นการเลือกค่า IRI ที่ส่งผลให้ผลรวมของค่าซ่อมบำรุงที่เกิดขึ้นในอนาคต เมื่อเทียบกลับมาเป็นปีปัจจุบันมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจากตัวอย่างการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.2.3 นั้น ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า IRI ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 6.0 เมตร/กิโลเมตร เนื่องจากเมื่อกำหนดให้ IRI มีค่าสูงขึ้นจะชะลอเวลาในการซ่อมบำรุงให้นานขึ้น จึงทำให้ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงในปีท้ายๆ มีค่าน้อยกว่าต้นทุนการซ่อมบำรุงในปีแรกๆ เมื่อเทียบกลับมาเป็นต้นทุนค่าซ่อมในปีปัจจุบัน

ในความเป็นจริงแล้วค่าใช้จ่ายของสายทางนอกจากจะมีต้นทุนค่าซ่อมบำรุงที่เกิดขึ้น ยังมีค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางที่เกิดขึ้นด้วย แต่การศึกษาปริมาณการจราจรของสายทางที่สนับสนุนการปฏิบัติงานราชการ เช่น ยุทธศาสตร์สายทางที่สนับสนุนความมั่นคงชายแดนของกรมทางหลวงชนบท พบว่ามีช่วงปริมาณการจราจรเฉลี่ยตลอดทั้งปีน้อยมากเพียง 15 – 120 คันต่อวัน จากผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของสายทางที่มีปริมาณการจราจร 100 – 300 คัน/วัน ตลอดระยะเวลา 14 ปี พบว่าปริมาณการจราจรดังกล่าวส่งผลกระทบต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของค่า IRI น้อยมาก และไม่ทำให้คาบการซ่อมบำรุงเปลี่ยนแปลง ดังนั้นผลรวมต้นทุนของค่าซ่อมบำรุงเมื่อค่า IRI เป้าหมายเดียวกันจึงมีค่าเท่ากัน ซึ่งผลรวมต้นทุนค่าซ่อมบำรุงที่น้อยที่สุด คือ ที่ค่า IRI เท่ากับ 6.0 โดยมีต้นทุนค่าซ่อมบำรุงเท่ากับ 2,027,254 บาท และสำหรับการนำค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางมาร่วมพิจารณาด้วยนั้นไม่ส่งผลให้ค่า IRI เป้าหมายที่กำหนดเป็นทางเลือกเปลี่ยนแปลง แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.5 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าค่า IRI ที่ส่งผลกระทบให้เกิดต้นทุนการซ่อมบำรุงน้อยที่สุด คือ ค่า IRI ทางเลือกที่กำหนดไว้มากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมของสายทางที่มีปริมาณการจราจร 100 – 300 คัน/วัน

ค่า IRI ทางเลือก (ม./กม.)	ต้นทุนค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบัน บาท/กม.		
		ปริมาณการจราจร 100 คัน/วัน	ปริมาณการจราจร 200 คัน/วัน	ปริมาณการจราจร 300 คัน/วัน
2.00	ค่าซ่อมบำรุง	6,933,314	6,933,314	6,933,314
	ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง	1,862,828	3,645,204	5,427,580
	ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่าย	8,796,142	10,578,518	12,360,895
2.50	ค่าซ่อมบำรุง	2,848,546	2,848,546	2,848,546
	ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง	1,864,360	3,648,067	5,427,580
	ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่าย	4,712,906	6,496,614	8,276,127
3.00	ค่าซ่อมบำรุง	2,890,146	2,890,146	2,890,146
	ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง	1,866,229	3,651,554	5,436,879
	ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่าย	4,756,375	6,541,700	8,327,026
3.50	ค่าซ่อมบำรุง	2,441,102	2,441,102	2,441,102
	ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง	1,870,874	3,660,207	5,449,540
	ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่าย	4,311,976	6,101,309	7,890,642
4.00	ค่าซ่อมบำรุง	2,477,614	2,477,614	2,477,614
	ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง	1,874,705	3,667,378	5,460,050
	ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่าย	4,352,319	6,144,992	7,937,664
4.50	ค่าซ่อมบำรุง	2,458,468	2,458,468	2,458,468
	ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง	1,884,806	3,667,378	5,488,085
	ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่าย	4,343,274	6,125,846	7,946,553
5.00	ค่าซ่อมบำรุง	2,412,266	2,412,266	2,412,266
	ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง	1,890,887	3,698,031	5,505,174
	ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่าย	4,303,153	6,110,297	7,917,441

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมของสายทางที่มีปริมาณการจราจร 100 – 300 คัน/วัน (ต่อ)

ค่า IRI ทางเลือก (ม./กม.)	ต้นทุนค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบัน บาท/กม.		
		ปริมาณการจราจร 100 คัน/วัน	ปริมาณการจราจร 200 คัน/วัน	ปริมาณการจราจร 300 คัน/วัน
5.50	ค่าซ่อมบำรุง	2,371,015	2,371,015	2,371,015
	ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง	1,904,118	3,724,093	5,544,069
	ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่าย	4,275,133	6,095,109	7,915,084
6.00	ค่าซ่อมบำรุง	2,027,254	2,027,254	2,027,254
	ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง	1,904,118	3,726,217	5,547,400
	ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่าย	3,931,372	5,753,471	7,574,654

5.4 แนวทางการปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

จากกรอบวิธีการวิเคราะห์ที่ได้พัฒนาขึ้น เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างเหมาะสม จึงมีความจำเป็นในการปรึกษาและขอรับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านงานบริหารงานทางเพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงกรอบวิธีการวิเคราะห์ระดับการให้บริการที่เหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์สายทาง โดยแบ่งการพิจารณาเป็น 3 ประเด็น คือ

1 การกำหนดวัตถุประสงค์ของการปรับปรุง วัตถุประสงค์ของการปรับปรุงมุ่งเน้นประเด็นเรื่องความเหมาะสมและสอดคล้องกับการนำไปประยุกต์ใช้กับกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท

2 การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญสำหรับการปรึกษา การคัดเลือกพิจารณาจากความรู้และประสบการณ์ในการทำงานทั้งด้านวิชาการและการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุง โดยได้เลือกวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่านจากกรมทางหลวง และอีก 1 ท่านจากกรมทางหลวงชนบท

3 การกำหนดประเด็นสำหรับพิจารณาแนวทางการปรับปรุง ประเด็นหลักที่นำมาพิจารณามี 3 ประเด็นคือ

- ความเหมาะสมเชิงวิชาการ พิจารณามุมมองอื่นนอกจากแนวทางการประเมินค่า IRI จากระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ และต้นทุนค่าซ่อมบำรุงน้อยที่สุดตลอดอายุการใช้งาน เพื่อหาแนวทางที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์วิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการของยุทธศาสตร์สายทางประเภทต่างๆ
- การประยุกต์สำหรับการนำไปใช้ พิจารณาวิธีการจัดเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ การกำหนดองค์ประกอบต่างๆ เช่น มาตรฐานการซ่อมบำรุงสำหรับการวิเคราะห์
- ความสอดคล้องกับหลักปฏิบัติของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท พิจารณาแนวทางการวิเคราะห์ค่าดัชนีเป้าหมายของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท โดยสอบถามถึงความสอดคล้องในการนำตัวอย่างของผลลัพธ์ที่วิเคราะห์ได้ไปใช้ในการบริหารงานทาง

สำหรับข้อแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและแนวทางการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังนี้

- ด้านความเหมาะสมทางวิชาการ สำหรับทั้งสามแนวทางการวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการของสายทาง ในเบื้องต้นมีความเหมาะสมในเชิงวิชาการสำหรับใช้วิเคราะห์หาค่า IRI เป้าหมาย แต่เนื่องจากยุทธศาสตร์สายทางมีหลายประเภท การกำหนดดัชนีชี้วัดโดยใช้ค่า IRI เพียงค่าเดียวอาจจะไม่เพียงพอ ยกตัวอย่างเช่น ยุทธศาสตร์ด้านความปลอดภัยและยุทธศาสตร์การลดผลกระทบด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งดัชนีชี้วัดที่สะท้อนระดับการให้บริการที่เหมาะสมควรพิจารณาจากจำนวนอุบัติเหตุที่ลดลง หรือการลดลงของใช้ระดับพลังงานประกอบด้วย ซึ่งจากข้อแนะนำดังกล่าวสามารถนำไปมาใช้เป็นแนวทางการปรังปรุงและพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ โดยการศึกษาค่าดัชนีชี้วัดระดับความปลอดภัยและดัชนีชี้วัดระดับการใช้ปริมาณพลังงานของสายทางที่เหมาะสมกับลักษณะโครงข่ายทางของแต่ละหน่วยงาน ซึ่งหากในอนาคตมีศึกษาและการเก็บข้อมูลมากเพียงพอ จนสามารถนำมาใช้เป็นเงื่อนไขในการคัดเลือกวิธีการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมได้ ค่าดัชนีดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยแนวทางการเปรียบเทียบผลประโยชน์ระหว่างค่าการลดลงของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ หรือปริมาณพลังงาน กับต้นทุนการซ่อมบำรุง เพื่อประเมินและเลือกค่าดัชนีเป้าหมายที่ส่งผลให้เกิดความคุ้มค่าตลอดอายุการให้บริการของสายทางมากที่สุด

- ด้านการประยุกต์สำหรับการนำไปใช้ สำหรับการสำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางควรพิจารณาถึงลักษณะภูมิประเทศด้วย เนื่องจากโครงข่ายทางของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทครอบคลุมลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน เช่น โครงข่ายสายทางในเขตภาคเหนือ สายทางที่รองรับการท่องเที่ยวส่วนใหญ่จะเป็นเส้นทางบนภูเขา ซึ่งค่าระดับ IRI ที่ยอมรับได้มากที่สุดอาจจะแตกต่างกับผลการสำรวจข้อมูลบนสายทางที่เป็นทางราบ ในกรณีของการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงน้อยที่สุดตลอดอายุการใช้งาน การกำหนดเงื่อนไขวิธีการซ่อมบำรุง ได้แสดงเฉพาะการซ่อมบำรุงโดยการฉาบผิวทางและการเสริมผิวทาง ซึ่งในทางปฏิบัติของกรมทางหลวงชนบทยังมีวิธีการซ่อมบำรุงโดยการปรับระดับผิวทาง (Surface Leveling) ซึ่งควรนำมาร่วมพิจารณาด้วย สำหรับข้อเสนอแนะในการเก็บสำรวจระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางนั้นการปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์สามารถทำได้โดยจัดกลุ่มสายทางตามลักษณะภูมิประเทศ โดยแบ่งกลุ่มสายทางในช่วงความลาดชันต่างๆ เช่น กลุ่มที่เป็นสายทางราบ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดชั้นในช่วง 0 – 3 กลุ่มสายทางที่เป็นเนินเขา มีค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดชั้นในช่วง 3 – 6 และกลุ่มสายทางที่เป็นภูเขา มีค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดชั้นมากกว่า 6 ขึ้นไป ทั้งนี้จากตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่า IRI มากสุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้ พบว่าผู้ใช้ทางยังมีความสับสนในการประเมินสภาพสายทาง โดยจะเห็นว่าที่ค่า IRI เท่ากันการประเมินให้คะแนนมีความแตกต่างกัน อาจเป็นเพราะในตัวอย่างการสำรวจเก็บข้อมูล ผู้ประเมินได้เดินทางไปสำรวจในโครงข่ายทางที่มีสภาพใกล้เคียงกัน โดยที่ยังไม่ได้ทดลองนั่งรถสำรวจและประเมินความรู้สึกในสภาพสายทางที่มีค่า IRI แตกต่างกัน จึงทำให้ขอบเขตในการรับรู้ถึงสภาพสายทางมีจำกัด ดังนั้นก่อนการสำรวจเก็บข้อมูลในอนาคตควรจัดกลุ่มตัวอย่างสายทางที่ค่า IRI ต่างๆ ให้ผู้ประเมินทดลองสำรวจก่อน เพื่อผู้ประเมินรับรู้ถึงขอบเขตความรู้สึกก่อนการประเมินจริง สำหรับในกรณีที่แนะนำให้มีการนำวิธีการซ่อมบำรุงของแต่ละหน่วยงานมาประยุกต์นั้น สามารถนำมาร่วมวิเคราะห์ได้โดยการจัดกลุ่มมาตรฐานชั้นทางและวิธีการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมในแต่ละชั้นทาง จากนั้นจึงวิเคราะห์ตามขั้นตอนที่นำเสนอ แต่ประเด็นสำคัญในการนำวิธีการซ่อมบำรุงต่างๆ มาร่วมวิเคราะห์จำเป็นต้องทราบถึงผลกระทบหลังการซ่อมที่แน่น ซึ่งแนวทางการปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์ ในแต่ละหน่วยงานควรศึกษาและพัฒนาแบบจำลองผลกระทบหลังการซ่อมบำรุงด้วยวิธีนั้นๆ ก่อนการนำไปใช้

- ด้านความสอดคล้องกับหลักปฏิบัติของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท ปัจจุบันการกำหนดนโยบายการรักษาสภาพโครงข่ายทางโดยใช้ค่า IRI เป็นตัวชี้วัดของ

กรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทมีความแตกต่างกัน ซึ่งค่า IRI เป้าหมายของโครงข่ายทางหลวงสายหลักกำหนดไว้ที่ 3.0 เมตร/กิโลเมตร และค่า IRI เป้าหมายของโครงข่ายทางหลวงชนบทสายหลักกำหนดไว้ที่ 3.5 เมตร/กิโลเมตร โดยเป็นการกำหนดจากผู้เชี่ยวชาญของสำนักบริหารงานบำรุงทาง ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ประเมินค่า IRI จากความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยค่า IRI ที่เหมาะสมนั้นอยู่ในช่วง 2.5 – 3.5 เมตร/กิโลเมตร ซึ่งในการนำปฏิบัติงานจริงควรปรับแก้แบบจำลองต่างๆ เช่น แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทาง แบบจำลองผลกระทบหลังการซ่อมบำรุง และการกำหนดตัวแทนยานพาหนะที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อให้ผลลัพธ์ที่วิเคราะห์เหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะโครงข่ายของแต่ละหน่วยงาน

5.5 บทสรุป

ในบทนี้ได้สรุปผลของการวิเคราะห์ในแต่ละแนวทาง ซึ่งค่า IRI เป้าหมายที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ด้วยแนวทางการประเมินระดับความพึงพอใช้ของผู้ใช้ทางมีค่าเท่ากับ 4.60 เมตร/กิโลเมตร สำหรับค่า IRI เป้าหมายที่เหมาะสมจากการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 2.5 - 3.5 เมตร/กิโลเมตร ซึ่งแนวทางการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์นี้เหมาะสำหรับนำไปใช้วิเคราะห์ค่า IRI เป้าหมายของสายทางที่มีปริมาณการจราจรตั้งแต่ 3,500 คันต่อวันขึ้นไป เนื่องจากมีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนมากกว่า 1 สำหรับแนวทางการวิเคราะห์ค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานของสายทางนั้นพบว่าค่า IRI ที่เหมาะสมคือ ค่า IRI มากสุดที่กำหนดเป็นทางเลือกในการวิเคราะห์ เนื่องจากผลรวมต้นทุนค่าซ่อมบำรุงเมื่อชะลอระยะเวลาการเสริมผิวทางมีค่าน้อยกว่าเมื่อมีการเสริมผิวทางในปีแรกๆ และลำดับสุดท้ายเป็นการพิจารณาถึงความเหมาะสมและแนวทางการนำไปใช้ โดยได้ขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำข้อเสนอแนะไปใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงกรอบวิธีการวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับปฏิบัติใช้งานจริง ในส่วนของบทต่อไปเป็นการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับการนำกรอบวิธีการวิเคราะห์นี้ไปประยุกต์ใช้ในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ปัจจุบันการบริหารงานราชการแผ่นดินของรัฐบาลได้ใช้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550 – 2554) เป็นแม่บทในการกำหนดยุทธศาสตร์พัฒนาประเทศ ซึ่งระบบคมนาคมทางบกโดยใช้ถนนเป็นเส้นทางการขนส่งนั้น ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของประชาชน ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการโครงข่ายทางของประเทศ ได้แก่ กรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท จึงมีนโยบายการบริหารงานทางให้สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศของรัฐบาล โดยจะเห็นว่าทั้งสองหน่วยงานได้กำหนดวัตถุประสงค์ของสายทางและจัดสรรงบประมาณสำหรับการบริหารโครงข่ายทางที่ดูแลรับผิดชอบออกเป็นยุทธศาสตร์ต่างๆ เช่น ยุทธศาสตร์โลจิสติกส์ ยุทธศาสตร์การท่องเที่ยว ยุทธศาสตร์ความปลอดภัย ยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาการจราจร และยุทธศาสตร์การลดผลกระทบทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม เพื่อสนับสนุนการยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามนโยบายของรัฐบาล

รัฐบาลได้ให้ความสำคัญในการก่อสร้างโครงข่ายทางของประเทศ ซึ่งตลอดช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา งบประมาณการก่อสร้างทางของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 50 ของงบประมาณทั้งหมดที่แต่ละกรมได้รับ ในขณะเดียวกันเมื่อโครงข่ายทางก่อสร้างแล้วเสร็จ หน่วยงานทางทั้งสองจำเป็นต้องดูแลรักษาให้สภาพสายทางพร้อมใช้งานได้ดีอยู่เสมอ ดังนั้นงานด้านการบำรุงรักษาทางจึงเป็นงานหลักที่สำคัญในการบริหารจัดการโครงข่ายทาง ซึ่งโดยทั่วไปการบริหารงานบำรุงทางจำเป็นต้องกำหนดค่าดัชนีชี้วัดเป้าหมายการดำเนินงานสำหรับใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบกับงบประมาณที่ต้องการใช้ในการรักษาระดับสภาพการให้บริการของสายทางให้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ผลการวิจัยพบว่าค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) เป็นดัชนีที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นดัชนีตัวแทนเป้าหมายของโครงข่ายทาง ซึ่งสอดคล้องกับกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทที่ได้ใช้ค่า IRI เป็นดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานบำรุงทางและได้ใช้เป็นดัชนีหลักในการวิเคราะห์จัดทำแผนงบประมาณประจำปี

ในอดีตที่ผ่านมาผู้เชี่ยวชาญในแต่ละหน่วยงานจะเป็นผู้กำหนดค่า IRI เป้าหมายของโครงข่ายทางที่รับผิดชอบ ซึ่งการประเมินค่า IRI ย่อมมีความคลาดเคลื่อนเชิงบุคคลที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนากรอบวิธีคิดสำหรับวิเคราะห์หาค่า IRI ที่เหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์สายทาง โดยผลการวิจัยพบว่ามี 3 แนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ค่า IRI เป้าหมายของโครงข่ายทาง ซึ่งแนวทางที่หนึ่ง คือ การประเมินคุณภาพการให้บริการของสายทางจากการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับยุทธศาสตร์สายทางที่มีวัตถุประสงค์ในการอำนวยความความสะดวกในการเดินทางของประชาชน ผลการศึกษาพบว่าระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางแปรผกผันกับค่า IRI กล่าวคือ ในสายทางที่มีค่า IRI ต่ำกว่า ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางในสายทางนั้นจะมีค่าสูงกว่า สำหรับวิธีการวิเคราะห์หาค่า IRI ที่เหมาะสมสำหรับแนวทางการวิเคราะห์นี้ พิจารณาจากค่า IRI มากที่สุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้ โดยคำนวณจากค่า IRI เฉลี่ยขอบเขตล่างของระดับค่าคะแนนการประเมินสภาพสายทางที่นิยามว่า ผู้ใช้ทางนั่งแล้วรู้สึกไม่สบาย มีการกระทบกระเทือนมากเมื่อได้เดินทางผ่านสายทางนั้น นอกจากนั้นค่า IRI ที่วิเคราะห์ได้จากแนวทางการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางยังสามารถนำไปใช้เป็นค่า IRI เป้าหมายพื้นฐานสำหรับเปรียบเทียบกับแนวทางการวิเคราะห์วิธีอื่นๆ ในกรณีที่สายทางนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับการใช้งานของประชาชน

แนวทางที่สอง คือ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ แนวทางนี้พิจารณาเปรียบเทียบระหว่างผลประโยชน์ของผู้ใช้ทางที่เกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุงกับต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดช่วงอายุการใช้งานของสายทางที่วิเคราะห์ โดยที่ผลประโยชน์ของผู้ใช้ทางคำนวณจากค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางที่ลดลงระหว่างกรณีที่ซ่อมบำรุงปกติและกรณีที่กำหนดมาตรฐานการซ่อมบำรุง ซึ่งการใช้มุมมองทางด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับยุทธศาสตร์สายทางที่มีปริมาณการจราจรสูง เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าผลประโยชน์ของผู้ใช้ทางแปรผันตามปริมาณการจราจร ซึ่งสายทางที่มีปริมาณการจราจรสูงผลประโยชน์หลังการซ่อมบำรุงจะสูงตามไปด้วย สำหรับองค์ประกอบในการวิเคราะห์มีทั้งหมด 4 ส่วนคือ 1) แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางใช้เพื่อทำนายค่า IRI ที่เกิดขึ้นในอนาคต 2) แบบจำลองผลกระทบหลังการซ่อมใช้สำหรับทำนายค่า IRI หลังการซ่อม 3) แบบจำลองค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางสำหรับคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง โดยใช้ IRI ในกรณีที่ซ่อมบำรุงปกติและค่า IRI กรณีที่มีการซ่อมบำรุงตามการกำหนดมาตรฐานเป็นตัวแปรในการวิเคราะห์ และ 4) การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ใช้เพื่อเปรียบเทียบผลประโยชน์กับต้นทุนที่ลงทุนซ่อมบำรุงตลอดอายุสายทางที่วิเคราะห์ โดยคำนวณมูลค่าที่เกิดขึ้นในอนาคตเทียบกับมาในปีปัจจุบัน ซึ่งค่า IRI ที่เหมาะสมนั้นเลือกค่า IRI ที่ส่งผลให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนการซ่อม (Benefit Cost Ratio, B/C) สูง

ที่สุด จากตัวอย่างผลการวิเคราะห์พบว่าค่า IRI สูงสุดที่ส่งผลค่า B/C สูงสุดอยู่ในช่วง 2.5 – 3.5 เมตร/กิโลเมตร และค่า B/C มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งหมายความว่าผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นคุ้มค่าเมื่อเทียบกับต้นทุนการซ่อมที่ลงทุนไป เมื่อสายทางมีปริมาณการจราจรตั้งแต่ 3500 คัน/วัน เฉลี่ยตลอดทั้งปี ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวขึ้นอยู่กับการกำหนดตัวแปรการวิเคราะห์ในปัจจุบันต่างๆ เช่น ราคาต่อหน่วยของต้นทุนค่าซ่อมบำรุง ราคาตัวแทนยานพาหนะ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น ซึ่งการนำแนวทางนี้ไปประยุกต์ใช้ในอนาคตจำเป็นต้องมีการปรับค่าตัวแปรต่างๆ ตามสภาพเศรษฐกิจ ณ ขณะนั้น เพื่อให้ผลการวิเคราะห์สะท้อนความเป็นจริงและสอดคล้องกับสภาวการณ์ในอนาคต

แนวทางสุดท้าย คือ การวิเคราะห์ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานของสายทางน้อยที่สุด แนวทางนี้เหมาะสำหรับสายทางที่ไม่ได้มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการประชาชน แต่มีไว้สำหรับสนับสนุนการปฏิบัติงานราชการของเจ้าหน้าที่ในการเข้าถึงพื้นที่ ซึ่งมีองค์ประกอบและวิธีการวิเคราะห์คล้ายกับแนวทางที่สอง ตามที่กล่าวข้างต้น ได้แก่ แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทาง แบบจำลองผลกระทบหลังการซ่อมบำรุง และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งที่ต่างกันคือ การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของสายทางนั้นพิจารณาเฉพาะค่าซ่อมบำรุงรักษาทาง โดยไม่รวมค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง เนื่องจากลักษณะและประเภทตัวแทนยานพาหนะสำหรับคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงรายงานการศึกษาของ Thailand Road User Effects Model (1997) โดยเป็นตัวแทนยานพาหนะสำหรับโครงข่ายทางสายหลัก ซึ่งตัวแทนพาหนะดังกล่าวเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับสายทางที่รองรับการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่อาจจะไม่สอดคล้องกับลักษณะตัวแทนพาหนะจริงของสายทาง และผลการวิจัยพบว่ากรณีที่นำค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางมาร่วมพิจารณาต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับสายทางนั้น เมื่อปริมาณการจราจรต่ำกว่า 300 คัน/วัน ไม่ส่งผลให้ค่า IRI เป้าหมายที่กำหนดไว้เป็นทางเลือกเปลี่ยนแปลง ซึ่งการศึกษาปริมาณการจราจรของสายทางที่เป็นยุทธศาสตร์สนับสนุนความมั่นคงชายแดนพบว่า มีปริมาณการจราจรเพียง 15 – 120 คันต่อวัน ดังนั้นการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ด้วยแนวทางนี้จึงพิจารณาเฉพาะต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาทาง สำหรับการเลือกค่า IRI ที่เหมาะสมนั้นพิจารณาจากการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยเลือกค่า IRI ที่ส่งผลให้เกิดผลรวมต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานที่น้อยที่สุด ซึ่งผลการวิจัยพบว่าค่า IRI ที่ทำให้ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงที่น้อยที่สุดคือค่า IRI เป้าหมายสูงสุดที่ใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการซ่อมด้วยวิธีเสริมผิวทางลาดยาง

การศึกษาลักษณะการใช้งานของสายทางและวัตถุประสงค์ในการให้บริการในแต่ละยุทธศาสตร์สายทางพบว่า บางสายทางมีหลายวัตถุประสงค์ในการให้บริการ เช่น ยุทธศาสตร์การ

แก้ไขปัญหาจราจร และยุทธศาสตร์สนับสนุนการท่องเที่ยว มีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางและเพื่อสนับสนุนการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ ดังนั้นการพิจารณาหาค่า IRI เป้าหมายที่เหมาะสมควรจะพิจารณาว่าสายทางนั้นๆ มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการอย่างไร จากนั้นจึงนำวิธีการวิเคราะห์ในแต่ละแนวทางมาพิจารณาร่วมกัน โดยเลือกค่า IRI ที่ต่ำสุดมาประยุกต์ใช้เป็นค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการเป้าหมายของสายทาง ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของยุทธศาสตร์สายทางต่างๆ ในงานวิจัยนี้จะช่วยให้ผู้บริหารหรือผู้ที่รับผิดชอบดูแลงานโครงข่ายทางสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้วัดเป้าหมายของการดำเนินงานได้อย่างเป็นระบบและเหมาะสม โดยครอบคลุมมุมมองทั้งทางด้านความพึงพอใจของประชาชนและทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้งบประมาณการบริหารจัดการโครงข่ายทางที่ได้รับเกิดประโยชน์สูงสุด และมีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามนโยบายการบริหารราชการแผ่นดินที่รัฐบาลกำหนดไว้

6.2 **ข้อเสนอแนะ**

กรอบวิธีการวิเคราะห์ค่า IRI โดยพิจารณาจากแนวทางการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง แนวทางการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจ และแนวทางการประเมินต้นทุนค่าซ่อมบำรุงที่น้อยที่สุดตลอดอายุการใช้งานของสายทาง ในเบื้องต้นมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปวิเคราะห์หาค่า IRI เป้าหมายในการบริหารงานโครงข่ายทาง เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์อย่างมีระบบและเหมาะสมในแต่ละยุทธศาสตร์สายทาง ซึ่งจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการประเมินค่า IRI เป้าหมายจากการกำหนดของผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงาน แต่การนำกรอบวิธีการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ ประการแรก คือ วิธีการวิเคราะห์ค่าระดับการให้บริการของสายทางในแต่ละยุทธศาสตร์ โดยใช้ค่า IRI เป็นตัวแทนนั้น มีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ในปัจจุบัน เนื่องจากค่า IRI เป็นข้อมูลที่มีการสำรวจเก็บรวมรวมมาอย่างต่อเนื่องในอดีต และใช้เป็นค่าดัชนีอ้างอิงในการวิเคราะห์งบประมาณของหน่วยงานทางในประเทศไทย แต่ค่า IRI ยังไม่สะท้อนลักษณะการชี้วัดผลการดำเนินงานที่เหมาะสมของยุทธศาสตร์สายทางบางประเภท เช่น ยุทธศาสตร์ด้านความปลอดภัย ซึ่งหากพิจารณาจากนโยบายการกำหนดตัวชี้วัดของยุทธศาสตร์ด้านความปลอดภัยของกรมทางหลวงพบว่าตัวชี้วัดที่ใช้คือ จำนวนที่ลดลงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนสายทาง โดยในปัจจุบันยังไม่มีผลการศึกษาหรือแบบจำลองในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการเกิดอุบัติเหตุกับสภาพสายทางหรือค่าดัชนีชี้วัดความปลอดภัย ดังนั้นการการนำกรอบวิธีการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ไปใช้ ควรศึกษาและนำประเภทของดัชนีชี้วัด

อื่นๆ ตามผลการศึกษาถึงความเหมาะสมในอนาคต มาพิจารณาร่วมกับการใช้ค่า IRI ในการวิเคราะห์

ประการที่สอง ผลการวิเคราะห์ค่า IRI มากสุดที่ผู้ใช้ทางยอมรับได้ในตัวอย่างที่นำเสนออาจจะยังไม่เพียงพอสำหรับการใช้เป็นค่าตัวแทนในโครงข่ายระดับประเทศ เนื่องจากข้อจำกัดของระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการเก็บสำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง จึงทำให้จำนวนตัวแทนตัวอย่างสายทางและตัวแทนผู้ประเมินสำหรับการศึกษานี้ น้อยกว่าจำนวนตัวแทนที่วิเคราะห์โดยทฤษฎีทางสถิติ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการเก็บสำรวจข้อมูลความพึงพอใจนอกจากพิจารณาจำนวนตัวอย่างสายทางที่มากพอสำหรับใช้เป็นตัวแทนของโครงข่ายแล้ว ควรวิเคราะห์โดยการแบ่งกลุ่มของโครงข่ายทางที่มีลักษณะภูมิประเทศต่างกัน เช่น โครงข่ายทางบนพื้นที่ภูเขา โครงข่ายทางบนพื้นที่ราบ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทางสอดคล้องกับโครงข่ายทางในแต่ละพื้นที่

ประการที่สาม การวิเคราะห์สภาพสายทางและทำนายค่า IRI ในอนาคตสำหรับการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ได้อ้างอิงแบบจำลองของ Rodigro (2008) ซึ่งเป็นแบบจำลองมีความเหมาะสมทางด้านการพิจารณาตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า IRI อย่างมีนัยสำคัญ แต่ทั้งนี้การนำมาแบบจำลองดังกล่าวมาใช้ทำนายค่า IRI ของโครงข่ายที่ต้องการวิเคราะห์ อาจจะมีความคลาดเคลื่อนจากสภาพความเป็นจริง ดังนั้นผู้วิเคราะห์ควรทำการสอบเทียบและปรับแก้แบบจำลองให้สอดคล้องกับสภาพโครงข่ายทางในหน่วยงานของตนเอง เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับสภาพสายทางจริงมากที่สุด

ประการสุดท้าย การวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้ในจ่ายในแบบจำลองค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง ได้กำหนดราคาต้นทุนต่อหน่วยต่างๆ เช่น ค่าซ่อมบำรุง ราคาต้นทุนของตัวแทนยานพาหนะ ราคาค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ราคายาง ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่างๆ ซึ่งราคาต่อหน่วยที่ใช้ในตัวอย่างการวิเคราะห์นี้เป็นราคาอ้างอิง ณ ปีปัจจุบัน ดังนั้นหากอนาคตต้องการค่าใช้จ่ายของสายทางโดยใช้กรอบวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าว ควรกำหนดราคาต้นทุนต่อหน่วยใหม่ เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจในอนาคต และจากข้อจำกัดทางด้านราคานี้เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการนำไปใช้งานควรจัดทำโปรแกรมและระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางและค่าซ่อมบำรุงทางตลอดอายุการใช้งานของสายทาง และวิเคราะห์ความอ่อนไหวในกรณีที่ปัจจัยต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ซึ่งจะทำให้กรอบวิธีการวิเคราะห์อยู่บนพื้นฐานข้อมูลที่ทันสมัยและน่าเชื่อถือ

สำหรับในงานวิจัยนี้ได้พัฒนากรอบวิธีการวิเคราะห์หาค่าระดับการให้บริการที่เหมาะสม เฉพาะในส่วนของโครงข่ายสายทาง แต่แนวคิดทางด้านการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานสามารถนำไปประยุกต์เพื่อใช้วิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการของระบบโครงสร้างพื้นฐานอื่นๆ เช่น สะพาน ทางด่วน อุโมงค์ หรือ ระบบขนส่งประเภทรางต่างๆ ดังนั้นหากองค์กรหรือหน่วยงานต่างๆ มีความต้องการในการกำหนดดัชนีชี้วัดเป้าหมายในการดำเนินงาน ก็สามารถนำกรอบวิธีการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อองค์กรหรือหน่วยงานนั้นได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กชกร โง้วศิริ. 2543. การกำหนดคาบเวลางานเสริมผิวแอสฟัลต์โดยการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของถนน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทางหลวง, กรม. 2548. แผนปฏิบัติราชการกรมทางหลวง พ.ศ. 2549 – 2552. กรุงเทพมหานคร: กรมทางหลวง.

ทางหลวง, กรม. 2550. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาระบบฐานข้อมูลและระบบบริหารงานบำรุงทางหลวง. กรุงเทพมหานคร: กรมทางหลวง.

ทางหลวงชนบท, กรม. 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาระบบบริหารโครงข่ายสายทางของกรมทางหลวงชนบทระยะที่ 2. กรุงเทพมหานคร: กรมทางหลวงชนบท.

ภัทรพร ชื่นบาน และมนต์สันต์ กัณธรรม. 2550. การวิเคราะห์ระดับการให้บริการของผิวทางด้วยค่า IRI. โครงงานทางวิศวกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิศณุ ทรัพย์สมพล, ประพนธ์ ชินอุดมทรัพย์, จุมพล ผลประเสริฐ, และภูศักร์ ศิริอัครกรกุล. 2543. การพัฒนาแบบจำลองสภาพความเสียหายของผิวทางลาดยางโดยวิธีใช้ค่า IRI ในประเทศไทย. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 11, 4: 29-35.

ภาษาอังกฤษ

Al-Omari, B., and Darter, M.I. 1994. Relationships Between International Roughness Index and Present Serviceability Rating. Transportation Research Record. 1435: 130-136.

Chan, A., Gregory K., and Eric G. 2008. Evaluation of Life-Cycle Analysis Practices Used by the Michigan Department of Transportation. Journal of Transportation Engineer. 134, 6: 238-239.

Cochran, W.G. (1963). Sampling Techniques. 3rd ed. New York: John Wiley and Sons.

Delton, J., Zaniewski, J.P., and Flintsch, G.W. 1998. Artificial Neural Network for Selecting Pavement Rehabilitation Project. Transportation Research Record. 1524 : 185-193.

George, K.P., Rajagopal, A.S., and Lim, L.K. 1989. Models for Predicting Pavement Deterioration. Transportation Research Record. 1215: 1-7.

Haas, R., He, Z., and Tighe, S. 2001. Environmental Deterioration Model for Flexible Pavement Design. Transportation Research Record. 1755: 81-89.

Hoban. (1994). Economic Analysis of Road Projects with Congested Traffic. Washington, D.C.: World Bank Publications.

Katz, W.A. (1974). Introduction to reference work. 2 vols. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.

Kheder, M.S., Al-Suleiman, T.I., and Al-Masaeid, H.R. 1992. Development of Pavement Performance Models for Rural road. Road and Transport Research. 1, 4: 88-101.

Martin, T. 2005. Assessing Road User's Acceptable Levels of Service. ITE 2005 Annual Meeting and Exhibit Compendium of Technical Papers. 3: 4-6.

NDIL. 1995. Modelling Road User Effects in HDM-4. Vancouver: The Asian Development Bank. (Mimeographed)

NDIL. 1996. Thailand Road User Effects Model. Bangkok: Department of Highway. (Mimeographed)

Odoki, J.B., and Henry K. (2000). HDM-4 Highway Development and Management. 4 vols. Washington, D.C.: World Bank Publications.

Pannapa. 2007. Road User Benefit Transfer: the Case of Contingent Valuation Method and Vehicle Operating Cost. Thammasat Int. J. Sc. Tech. 12, 2 (April-June): 78-81.

Paterson, William D.O. (1987). Road Deterioration and Maintenance Effects Models for Planning and Management. 1st ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

Ricardo, O.S., Silvrano D.N., and Marcio M.F. 2006. Statistical Analysis Between Roughness Indices and Roughness Prediction Model Using Neural Networks.

Improving Pavement With Long-Term Pavement Performance: Products for Today and Tomorrow. 109 (September): 3-4.

Rodrigo, A.C. 2008. Road Network Evaluation Tools. Washington, D.C.: World Bank Publications.

Sayers, M.W, 1986. Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. Wolrd Bank Technical Paper. 46: 87-88.

Shahin, M.Y., Kohn, S.D., and O'Brien III, D.E. 1983. Prediction of Pavement Performance by Using Nondestructive Test Results. Transportation Research Record. 943: 13-17.

Watanatada, T. (1987). Vehicle Speeds and Operating Costs. Models for Road Planning and Management. Washington, D.C.: World Bank Publications.

Yamane, T. (1973). Statistics: an introductory analysis. New York: Harper and Row.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

เครื่องมือวัดค่าความขรุขระของผิวทาง

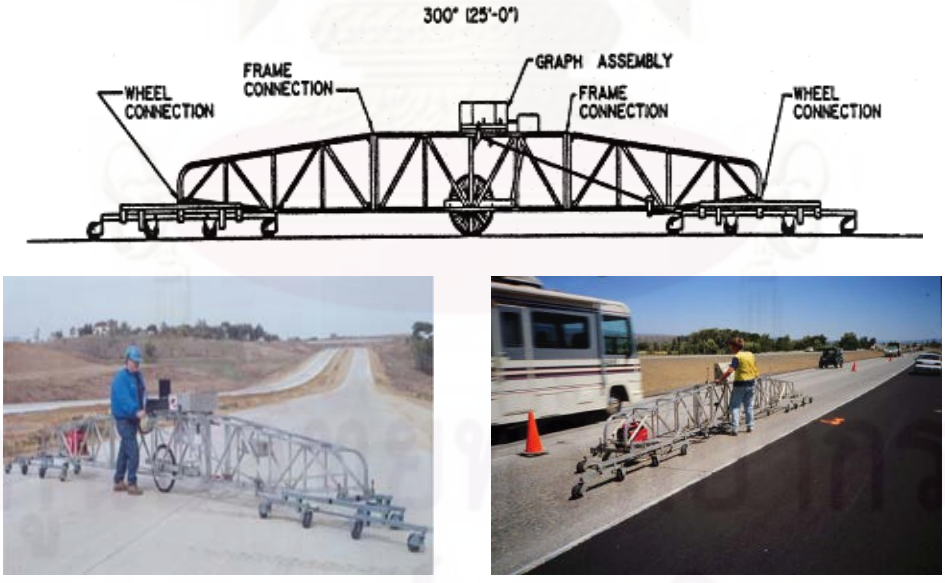
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องมือวัดค่าความขรุขระของผิวทาง

เครื่องมือวัดความขรุขระของทางมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเทศก็จะคิดค้นพัฒนาเครื่องมือวัดความเรียบของทางของตนเองแตกต่างกันไป ปัจจุบันมี 4 ประเภท

1. Profilometer

เป็นเครื่องมือวัดระดับ (Profile) หรือความลาดเอียง (Slope) ของทางตามแนวยาว ค่าระดับหรือความลาดเอียงก็จะนำมาคำนวณค่าทางสถิติ โดยแสดงเป็นตัวเลขค่าความเรียบ ซึ่งมีวิธีวัดและวิธีคิดคำนวณแตกต่างกันไปแล้วแต่ละชนิดของเครื่องมือ เครื่องมือเหล่านี้ได้แก่ AASHO Slope Profilometer, CHLOE Profilometer ทั้งสองชนิดเป็นเครื่องมือต้นแบบเดิม ขณะนี้ไม่ได้นำมาใช้แล้ว Profilograph เป็นเครื่องมือที่พัฒนาในระยะต่อมาซึ่งนอกจากจะคำนวณค่าความเรียบได้ในตัวแล้วยังสามารถวาดระดับในขณะที่ลากผ่านทางนั้นไปได้ แสดงดังรูปที่ ก-1 กล้องระดับ (Rod and Level) และ Dipstick เป็นเครื่องมือที่หาค่าระดับตามแนวยาว นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือ Abay Beam ของ TRRL ประเทศอังกฤษ

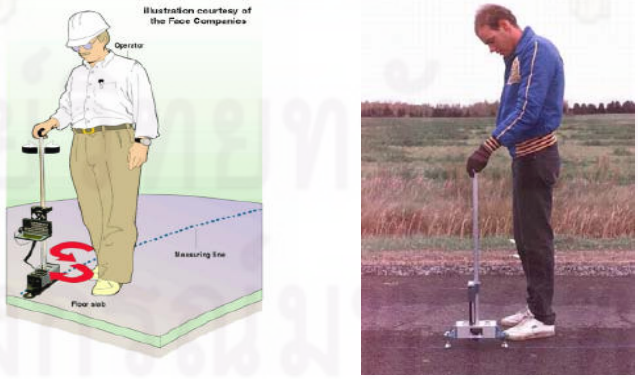


รูปที่ ก-1 เครื่องมือ Profilograph

1.1 Dipstick

เป็นเครื่องมือวัดค่าระดับความแตกต่างของขาตั้ง 2 ขา ซึ่งห่างกัน 30 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องมือจับระดับอัตโนมัติอยู่ภายใน และอ่านระดับความแตกต่างจากหน้าจอภาพทั้ง 2 ข้าง ข้างหนึ่งจะเป็นบวกอีกข้างหนึ่งจะเป็นลบสลับกันแล้วแต่ว่าข้างไหนอยู่สูงกว่ากันคือ ข้างสูงจะแสดงค่าบวก ข้างต่ำจะแสดงค่าลบ แสดงดังรูปที่ ก-2 วิธีใช้งาน เมื่อได้ตั้งขาตั้งอ่านระดับจุดแรกแล้วก็หมุนตัวเครื่องมือโดยให้ขาหน้ากดอยู่ที่จุดเดิม ปล่อยขาหลังสลับไปเป็นขาหน้าแล้วอ่านค่าระดับ ทำเช่นนี้อยู่เรื่อยๆ ไปก็จะได้ค่าระดับแตกต่างของจุดต่างๆอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ก็ยังสามารถใช้คอมพิวเตอร์ตัวเล็กๆ ที่ติดอยู่ด้านบนอ่านค่าระดับได้ตามปกติ แสดงดังรูปที่ ก-3 นิยมใช้เป็นเครื่องมือในการสอบเทียบ (Calibrate) ของเครื่องมือ Road Meter

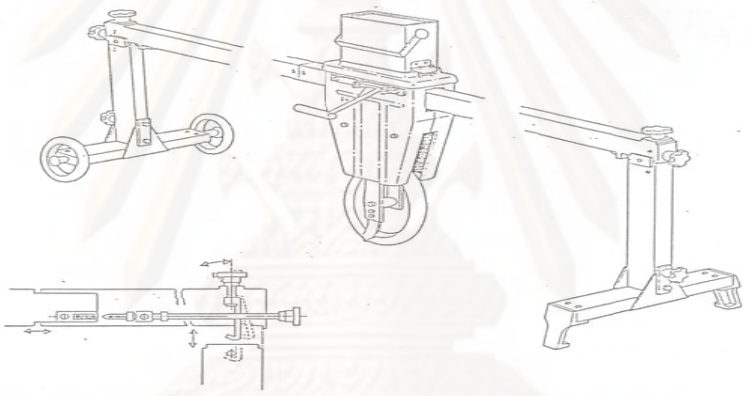
รูปที่ ก-2 เครื่องมือ Dipstick



รูปที่ ก-3 การใช้งานของเครื่องมือ Dipstick

1.2 Abay Beam

เป็นเครื่องมือที่ออกแบบโดย Transport and Road Research Laboratory: TRRL เนื่องจากเครื่องมือวัดค่าความเรียบต้นแบบของ TRRL คือ 5th Wheel bump Integrator เป็นเครื่องมือที่มีราคาแพง รูปร่างใหญ่ และใช้งานไม่สะดวก TRRL จึงได้ค้นคิด Abay Beam ขึ้นมาเครื่องมือนี้ประกอบด้วยคานยาว 3.60 เมตร พาดอยู่บนขาตั้ง 2 ข้าง แสดงดังรูปที่ ก-4 ขาตั้งหน้ามีอยู่ 2 ข้าง ขาหลังเป็นลูกล้อ 2 ล้อ สำหรับลากเคลื่อนไปข้างหน้า หลังจากทดสอบเสร็จแต่ละครั้งแล้ว ที่คานจะมีกล่องสวมและมีล้อสัมผัสกับผิวทางวัดค่าสูงต่ำของคานกับผิวทาง ส่วนบนของกล่องจะมีไมโครโปรเซสเซอร์อ่านค่าสูงต่ำในขณะที่เคลื่อนกล่องล้อผ่านคานไป



รูปที่ ก-4 เครื่องมือ Abay Beam

2. Road Meter

เนื่องจากเครื่องมือวัดความเรียบมาตรฐานชนิด Profilometer ทำงานได้ช้า เสียเวลา และอันตรายมากในทางหลวงที่มีปริมาณการจราจรสูง จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาวัดความเรียบของทางได้ในงานตรวจสอบปกติเป็นประจำ

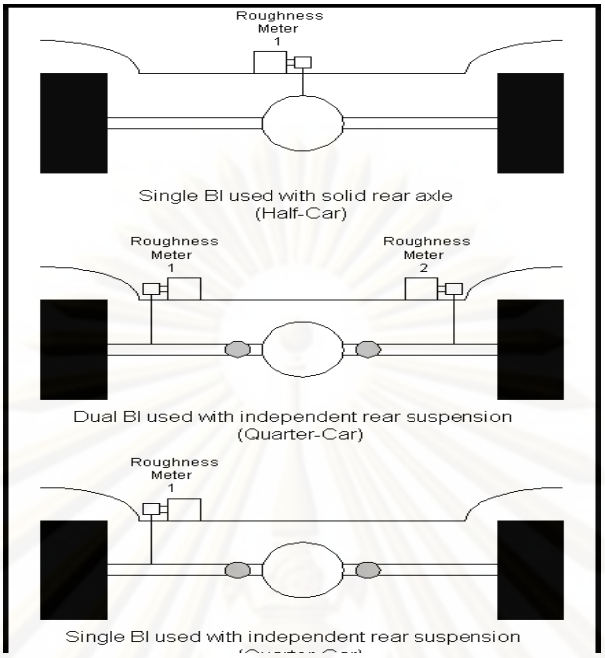
Road Meter เป็นเครื่องมือที่วัดความเรียบได้รวดเร็ว โดยใช้หลักการวัดระยะขึ้น – ลง ของเพลาหลังเทียบกับตัวถังรถยนต์ การคำนวณค่าตัวเลขที่ได้ก็แตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของเครื่องมือแล้วใช้ตัวเลขเหล่านี้มาสอบเปรียบกับค่ามาตรฐาน เครื่องมือเหล่านี้ได้แก่ PCA Road Meter, May Meter, NAASRA Roughness Meter และ Bump Integrator เป็นต้น

3. Bump Integrator

เป็นเครื่องมือวัดความขรุขระของผิวทาง การทดสอบมีความคล่องตัวสูงและใช้ทดสอบหาความเรียบของผิวทางที่มีปริมาณการจราจรสูง สามารถวัดส่วนย่อยติดต่อกันโดยอัตโนมัติมีความสะดวกในการทดสอบทั้งที่มีสภาวะอากาศร้อน หนาว หรือฝนตก

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือ Bump Integrator ใช้หลักการเคลื่อนไหวของระบบกันสะเทือนของรถยนต์ สำหรับการทดสอบจะติดตั้ง Bump Integrator ยึดแน่นอยู่บนตัวถังรถยนต์ตรงกับเพลาหลังมีสายลวดสลิงพันรอกร้อยต่อผ่านรูหรือช่วงที่ทำการเจาะพื้นรถยนต์ลงมาเกี่ยวกับเพลาหลังของรถยนต์ทดสอบ แสดงดังรูปที่ ก-5 ลูกรอกนี้จะตึงอยู่ตลอดเวลาโดยมีขดลวดสปริงแบบลานนาฬิกาเหนี่ยวไว้ภายในลูกรอกจะหมุนไปกลับได้ตามการเคลื่อนที่ ขึ้น – ลง ของเพลาหลัง แสดงดังรูปที่ ก-6 ในขณะที่รถวิ่งผ่านไปตามทางที่ทดสอบ Bump Integrator Unit นี้จะมีเครื่องส่งสัญญาณตามสายนำสัญญาณไปยังหน่วยควบคุม (Romdas Hardware Interface ,Distance and Speed Senser, Computer Laptop) ที่อยู่ในห้องคนขับและจะบันทึกค่าเคลื่อนที่ขึ้น – ลง สะสมของเพลาหลัง เมื่อรถยนต์วิ่งไปตามทางที่ความเร็วคงที่ 35 กม./ชม. (ในย่านชุมชน) หรือความเร็วคงที่ 60 กม./ชม. (นอกเมือง) ค่าที่บันทึกเป็นค่าความเรียบที่ยังไม่ได้สอบเทียบ จากนั้นนำค่าความเรียบที่ยังไม่ได้สอบเทียบ ไปเปรียบเทียบกับค่าความเรียบมาตรฐานที่ได้ทำการสอบเทียบไว้แล้ว

รูปที่ ก-5 การติดตั้ง Bump Integrator

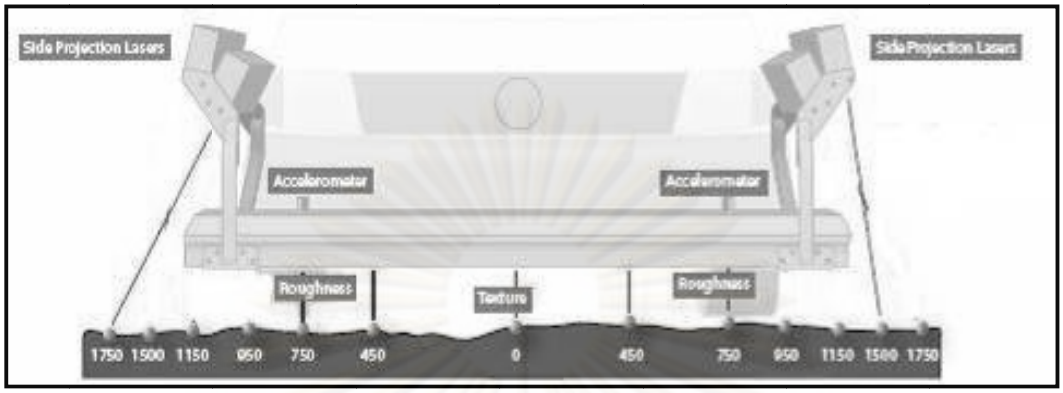


รูปที่ ก-6 การร้อยสายสลิงติดกับเพลารถยนต์

4. Laser Profiler

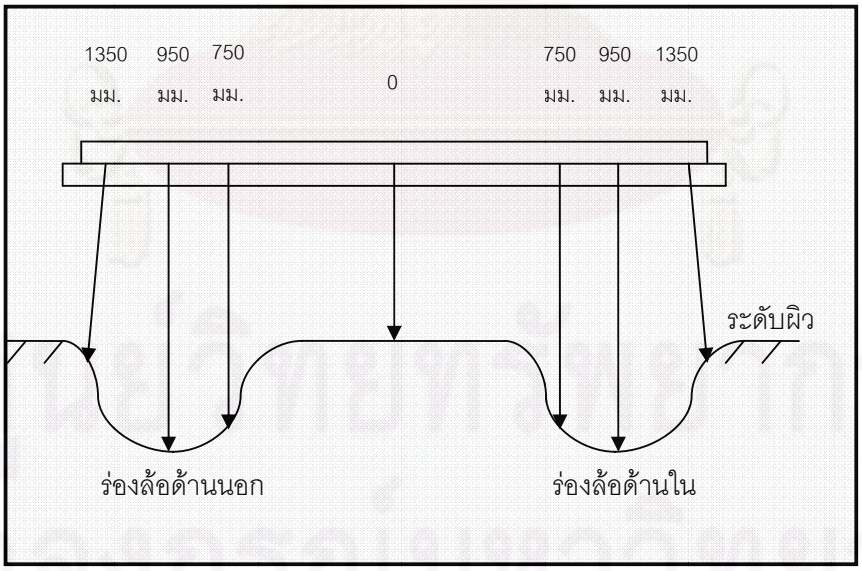
เป็นเครื่องมือที่โดยใช้อุปกรณ์เลเซอร์ตรวจวัดข้อมูลสภาพผิวทาง ซึ่งสามารถตรวจวัดความเสียหายของผิวทาง 2 ประเภท ได้แก่ ความเสียหายประเภทความขรุขระของผิวทาง โดยจะทำการวัดค่าออกมาเป็นดัชนีความเรียบสากล (International Roughness Index; IRI) และความเสียหายประเภทร่องล้อ (Wheal Truck Rutting) ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์เลเซอร์นี้ จะมีลักษณะข้อมูลเป็นค่าต่อเนื่องตลอดระยะทางการสำรวจเมื่อรถสำรวจวิ่งสำรวจข้อมูล ด้วยความเร็วประมาณ 30 ถึง 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ Laser Profiler และ Accelerometer ได้แสดงดังรูปที่ ก-7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-7 อุปกรณ์ Laser Profiler และอุปกรณ์ Accelerometer

ในการติดตั้งอุปกรณ์เลเซอร์นั้น จำเป็นต้องติดตั้งในระยะที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถเก็บค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) ได้อย่างแม่นยำ โดยจะต้องสอดคล้องกับระยะเพลาล้อของรถบรรทุกที่ทำให้เกิดความเสียหาย โดยระยะในการติดตั้งตำแหน่งเลเซอร์จะอยู่ที่ 1,350 มม. 950 มม. 750 มม. และที่ตำแหน่งกึ่งกลางอีกหนึ่งจุด โดยติดตั้งทั้งด้านซ้ายและขวาของคานติดตั้งอุปกรณ์เลเซอร์ ซึ่งค่าระยะดังกล่าวเป็นระยะที่เหมาะสมและครอบคลุมความกว้างสำหรับ 1 ช่องทางจราจรของการสำรวจ ได้แสดงดังรูปที่ ก-8



รูปที่ ก-8 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ Laser Profiler

ภาคผนวก ข.

สายทางที่สำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 สายทางที่สำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง

ลำดับ	หมายเลขสายทาง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	กม. เริ่มต้น	-	กม. สิ้นสุด	ระยะจริง (กม.)	ระยะสำรวจ (กม.)	ทิศทาง	IRI (ม./กม.)	ค่าคะแนนของผู้ประเมิน		
											คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3
1	3196	0302	กม.93+500 (ต่อเขตแขวงฯ ลพบุรีที่1)-บรรจบทางหลวงหมายเลข 3267(มหาราช)	93+500	-	105+736	12.24	12.24	F1	1.87	5.00	5.00	4.00
2	0333	0600	สามแยกไปหนองฉาง-อุทัยธานี	2+700		19+100	16.40	16.40	F1	1.98	4.00	4.00	5.00
3	3038	0101	ดอนเจดีย์-บรรจบทางหลวงหมายเลข 340 (ศรีประจันต์)	1+550	-	15+400	13.85	13.85	F1	2.02	4.00	4.00	4.00
4	0347	0200	แยกทางหลวงหมายเลข 32 (แยกต่างระดับบางปะหัน)-บรรจบทางหลวงหมายเลข 3267(เจ้าปลุก)	0+762	-	16+311	15.55	15.55	F1	2.05	4.00	5.00	4.00
5	0032	0201	ทางแยกต่างระดับอ่างทอง-ไชโย	49+087	-	40+500	8.59	8.59	R4	2.13	4.00	4.00	4.00
6	3454	0100	สายคันคลองชลประทานสาย	0+000	-	19+200	19.20	19.20	F1	2.14	4.00	4.00	5.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 สายทางที่สำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลขสายทาง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	กม. เริ่มต้น	-	กม. สิ้นสุด	ระยะจริง (กม.)	ระยะสำรวจ (กม.)	ทิศทาง	IRI (ม./กม.)	ค่าคะแนนของผู้ประเมิน		
											คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3
7	0001	0902	สี่แยกเข้าชัยนาท-บ้านกล้วย	281+411	-	294+211	12.80	12.80	F2	2.14	4.00	4.00	4.00
8	3221	0100	แยกทางหลวงหมายเลข 3220(อุทัยธานี)-ต่อเขตเทศบาลตำบลทัพทันควบคุม	0+000		15303.00	15.30	15.30	F1/F2/F3	2.15	5.00	4.00	4.00
9	3086	0200	บ่อพลอย-หนองปรือ	29+500	-	63+010	34.07	34.07	F3/F4	2.18	4.00	4.00	5.00
10	3264	0100	ต่อทางของเทศบาลตำบลดอนเจดีย์-บรรจบทางหลวงหมายเลข 333 (สระกระโจม)	0+950	-	16+344	15.39	15.39	R1	2.22	5.00	4.00	4.00
11	3472	0100	แยกทางหลวงหมายเลข333 (อู่ทอง)-บรรจบทางหลวงหมายเลข 3443 (ตลุงเหนือ)	0+000	-	19+626	19.63	19.63	F1	2.34	4.00	3.00	5.00
12	3502	0100	แยกทางหลวงหมายเลข 3350 (สระบัวก่ำ)	23+920	-	0+000	23.92	23.92	R1	2.38	4.00	4.00	4.00
13	3213	0100	วัดสิงห์-หนองมะโมง	0+000	-	16+290	16.29	16.29	F1	2.45	3.00	4.00	4.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 สายทางที่สำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลขสายทาง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	กม. เริ่มต้น	-	กม. สิ้นสุด	ระยะจริง (กม.)	ระยะสำรวจ (กม.)	ทิศทาง	IRI (ม./กม.)	ค่าคะแนนของผู้ประเมิน		
											คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3
14	3396	0100	แยกทางหลวงหมายเลข3086 (หนองรี)-บรรจบทางหลวงหมายเลข 3086 (บ่อยาง)	0+000	-	37+173	37.17	37.17	F1	2.46	4.00	4.00	3.00
15	0333	0400	กม.83+075(ต่อเขตแขวงฯสุพรรณบุรีที่1)-วังหิน	70+990		44+700	26.29	26.29	R1/R2/R3	2.46	4.00	3.00	4.00
16	3501	0101	อ่างทอง-กม.20+730 (ต่อเขตแขวงฯอยุธยา)	0.00	-	20730.00	20.73	20.73	F1	2.47	3.00	4.00	4.00
17	0333	0500	วังหิน-สามแยกไปหนองฉาง	23+100		20+475	2.63	2.63	R1/R3	2.52	4.00	4.00	4.00
18	3064	0100	ต่อทางของเทศบาลเมืองอ่างทอง-คอสะพานข้ามแม่น้ำน้อยฝั่งเหนือ(โพธิ์ทอง)	4+589	-	0+416	4.17	4.17	R1/R2	2.52	4.00	4.00	4.00
19	0001	1001	สี่แยกเข้าชัยนาท-บ้านกล้วย	294+211	-	305+578	11.37	11.37	F2	2.53	4.00	4.00	4.00
20	3306	0100	หนองปรือ-สระกระโจม	0+000	-	56+045	56.05	56.05	F1/F2	2.59	4.00	3.00	3.00
21	0001	0902	สี่แยกเข้าชัยนาท-บ้านกล้วย	294+211	-	281+411	12.80	12.80	R2	2.74	4.00	4.00	3.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 สายทางที่สำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลขสายทาง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	กม. เริ่มต้น	-	กม. สิ้นสุด	ระยะจริง (กม.)	ระยะสำรวจ (กม.)	ทิศทาง	IRI (ม./กม.)	ค่าคะแนนของผู้ประเมิน		
											คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3
22	3372	0100	นาคู-บรรจบทางขององค์การบริหารส่วนจังหวัดอ่างทอง (โพธิ์ม่วง)	0+000	-	8+736	8.74	8.74	F1	2.74	3.00	4.00	3.00
23	0001	0901	ดอนรังนก-สี่แยกเข้าชัยนาท	262+833	-	280+451	17.62	17.62	F3	2.77	4.00	4.00	4.00
24	3342	0100	อู่ทอง-บ่อพลอย	1+600	-	38+776	37.18	37.18	F1/F2	2.85	4.00	3.00	4.00
25	3212	0101	แยกทางหลวงหมายเลข1(คุ้งสำเภา) - กม.19+455 (ต่อเขตแขวงฯนครสวรรค์ที่2)	0+000	-	9+976	9.98	9.98	F1/F2	2.89	3.00	4.00	3.00
26	3064	0100	ต่อทางของเทศบาลเมืองอ่างทอง - คอสะพานข้ามแม่น้ำน้อยฝั่งเหนือ(โพธิ์ทอง)	0+416	-	4+589	4.17	4.17	F1/F2	3.04	3.00	3.00	3.00
27	0340	0400	ทางแยกเข้าสุพรรณบุรี-ศรีประจันต์ (แนวใหม่)	9+569	-	1+500	8.07	8.07	R1	3.10	3.00	3.00	4.00
28	0311	0202	กม.25+241(ต่อเขตสน.บท.สิงห์บุรี) – บรรจบทางหลวง 1	25+240	-	52+194	24.60	24.60	F1	3.18	4.00	4.00	3.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 สายทางที่สำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลขสายทาง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	กม. เริ่มต้น	-	กม. สิ้นสุด	ระยะจริง (กม.)	ระยะสำรวจ (กม.)	ทิศทาง	IRI (ม./กม.)	ค่าคะแนนของผู้ประเมิน		
											คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3
29	3195	0102	กม.8+450 (ต่อเขตแขวงฯ สุพรรณบุรี 1) - บรรจบทางหลวงหมายเลข3064(ป่าง้ิว)	8+450	-	25+300	16.85	33.70	F2	3.25	3.00	3.00	4.00
30	3438	0100	แยกทางหลวงหมายเลข 333 (หนองฉาง) - ลานสัก	0+000		35+045	35.05	35.05	F1	3.27	4.00	3.00	3.00
31	0001	1001	สี่แยกเข้าชัยนาท-บ้านกล้วย	305+578	-	294+211	11.37	11.37	R2	3.28	3.00	3.00	3.00
32	3373	0200	แยกทางหลวงหมายเลข3373 (สามโก้) – บรรจบทางหลวงหมายเลข 3032	17+763	-	55+465	41.20	37.70	F1	3.30	3.00	4.00	3.00
33	0309	0202	กม.37+600(ต่อเขตแขวงฯ อยุธยา) - บรรจบทางของเทศบาลเมืองอ่างทอง	37+600	-	56+271	18.67	18.67	F1/F2	3.34	3.00	4.00	3.00
34	3454	0102	กม.28+443 (ต่อเขตสน.บท. สิงห์บุรี) - โพธิ์ทอง	28+443	-	41+200	12.76	12.76	F1	3.38	4.00	3.00	3.00
35	3438	0100	แยกทางหลวงหมายเลข 333 (หนองฉาง) - ลานสัก	032+200		34+200	2.00	2.00	F1	3.66	3.00	3.00	3.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 สายทางที่สำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลขสายทาง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	กม. เริ่มต้น	-	กม. สิ้นสุด	ระยะจริง (กม.)	ระยะสำรวจ (กม.)	ทิศทาง	IRI (ม./กม.)	ค่าคะแนนของผู้ประเมิน		
											คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3
36	0309	0300	ต่อทางเทศบาลเมืองอ่างทอง-กม.73+943 (ต่อเขตสน.บท.สิงห์บุรี)	56+756	-	73+943	17.19	17.19	F1	3.67	3.00	4.00	3.00
37	0032	0202	ทางแยกต่างระดับอ่างทอง-ไชโย	49087.00	-	066+800	17.71	17.71	F3	3.84	4.00	3.00	3.00
38	3196	0101	แยกทางหลวงหมายเลข 1 (ดงพลับ) - กม.2+100	0+000	-	2+100	2.10	2.10	F1	4.03	3.00	3.00	4.00
39	3265	0100	แยกทางหลวงหมายเลข 340 (สามชุก)-บรรจบทางหลวงหมายเลข333(หนองอีพัง)	1+500	-	35+107	33.61	33.61	F1	4.21	2.00	3.00	3.00
40	0333	0701	อุทัยธานี-กม.15+021(ต่อเขตแขวงฯนครสวรรค์ที่1)	0+000		15+021	15.02	15.02	F1/F2/F3	4.32	3.00	3.00	3.00
41	3064	0200	คอสะพานข้ามแม่น้ำน้อยฝั่งเหนือ(โพธิ์ทอง) -บรรจบทางหลวง3032 (ปากดง)	10+530	-	25+000	14.47	14.47	F1/F2	4.45	3.00	2.00	3.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 สายทางที่สำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลขสายทาง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	กม. เริ่มต้น	-	กม. สิ้นสุด	ระยะจริง (กม.)	ระยะสำรวจ (กม.)	ทิศทาง	IRI (ม./กม.)	ค่าคะแนนของผู้ประเมิน		
											คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3
42	3220	0101	แยกทางหลวงหมายเลข 333 (อุทัยธานี) - กม.13+707 (ต่อเขตแขวงฯนครสวรรค์ที่1)	0+000		13+707	13.71	13.71	F1/F2/F3	4.63	2.00	3.00	3.00
43	3318	0101	ต่อทางเทศบาลเมืองสุพรรณบุรี-มะขามล้ม(ต่อเขตแขวงฯกาญจนบุรี-สุพรรณบุรี(ที่2))	2+000	-	16+000	14.00	14.00	F1	4.78	2.00	2.00	3.00
44	0001	0901	ดอนรังนก-สี่แยกเข้าชัยนาท	280+451	-	262+833	17.62	17.62	R4	4.87	3.00	2.00	3.00
45	3251	0101	สิงห์บุรี-กิโลเมตร 15+271	6+100	-	15+271	9.17	9.17	F1	5.11	2.00	2.00	2.00
46	3039	0102	แยกทางหลวงหมายเลข 340 (กม.152+068) – บรรจบทางหลวงหมายเลข 340	152+068	-	155+968	3.90	2.40	F1	5.21	2.00	2.00	3.00
47	3183	0101	สามแยกไปเขื่อนเจ้าพระยา-กม.29+497 (ต่อเขตแขวงฯอุทัยธานี)	1+037	-	29+497	27.76	27.76	F1	5.36	2.00	1.00	2.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 สายทางที่สำรวจเก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ทาง (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลขสายทาง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	กม. เริ่มต้น	-	กม. สิ้นสุด	ระยะจริง (กม.)	ระยะสำรวจ (กม.)	ทิศทาง	IRI (ม./กม.)	ค่าคะแนนของผู้ประเมิน		
											คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3
48	3213	0202	กม.32+545(ต่อเขตแขวงฯ ชัยนาท) – บรรจบทางหลวงหมายเลข 333	32+545		41+613	9.03	9.03	F1/F3	5.78	2.00	2.00	2.00
49	3213	0201	หนองมะโมง-กม.32+545 (ต่อเขตแขวงฯอุทัยธานี)	16+240	-	32+545	16.26	16.26	F1	5.81	1.00	1.00	2.00
50	0333	0200	สระกระโจม (ต่อเขตแขวงฯ กาญจนบุรี-สุพรรณบุรี(ที่2)-ด่านช้าง	33+800	-	60+650	26.85	26.85	F1	6.26	2.00	1.00	1.00
51	3468	0100	แยกทางหลวงหมายเลข 333 (จร้าใหม่)-เลาขวัญ	0+000	-	10+724	10.72	10.72	F1	6.43	1.00	1.00	1.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

การปรับแก้แบบจำลองการทำนายค่าดัชนีความขรุขระสากล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการปรับแก้แบบจำลองการทำนายค่าดัชนีความขรุขระสากล

การวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงแบบจำลองการทำนายค่า IRI ของ Rodigro (2008) ซึ่งแบบจำลองนี้สร้างโดยใช้ข้อมูลจากต่างประเทศ มีรูปแบบสมการคือ

$$dIRI = K_{gp} \times (a_0 \times Exp(K_{gm} \times m \times AGE) \times [(1 + SNC \times a_1)]^{-5} \times YE4 + a_2 \times AGE) + (K_{gm} \times m \times IRI_b) \quad (ค.1)$$

โดย dIRI = อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า IRI ในปีที่วิเคราะห์

AGE = อายุสายทางตั้งแต่มีการเสริมผิว การบูรณะ หรือ การก่อสร้างใหม่ (ปี)

IRI_b = ค่าความขรุขระสากลเริ่มต้น (ม./กม.)

m = ค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

a0 = 134 เป็นค่าคงที่ของสมการ

a1 = 0.755 เป็นค่าคงที่ของสมการ

a2 = 0.0121 เป็นค่าคงที่ของสมการ

SNC = ค่าความแข็งแรงของโครงสร้างทางตั้งแต่มีการก่อสร้าง การเสริมผิว การบูรณะ หรือ การก่อสร้างใหม่ ครั้งล่าสุด

YE4 = จำนวนเพลามาตรฐาน (ล้านเพลา/ช่องทางจราจร/ปี)

K_{gp} = ค่าปรับแก้อัตราการเสื่อมสภาพของความขรุขระผิวทาง

K_{gm} = ค่าปรับแก้ของค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

ดังนั้นการนำมาประยุกต์ใช้กับโครงข่ายสายทางในหน่วยงานที่ต้องการวิเคราะห์ ควรมีการปรับแก้แบบจำลองเพื่อให้สามารถใช้พยากรณ์สภาพผิวทางที่อยู่ในความรับผิดชอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ การปรับแก้แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ได้ปรับแก้ค่า Kgp ซึ่งเป็นค่าปรับแก้อัตราการเสื่อมสภาพของความขรุขระผิวทาง โดยเลือกค่า Kgp ที่ส่งผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI จริงกับค่า IRI ที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลอง ใกล้เคียงรูปแบบสมการเส้นตรงและมีความชันเท่ากับ 1 กล่าวคือ มีความชันเข้าใกล้ 45 องศา ซึ่งแสดงว่าค่าที่ได้จากการทำนายมีความใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงมากที่สุด

การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง สามารถทำได้โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจริงที่สำรวจได้กับค่าดัชนีความขรุขระสากลที่ได้จากการทำนาย ยิ่งมีค่า

เข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันสูง โดยใช้สมการในการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองดังนี้

$$R^2 = 1 - (\sum(IRI_{model} - IRI_{actual})^2 / \sum(IRI_{actual} - IRI_{average})^2) \quad (ค.2)$$

โดยที่ R^2 = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

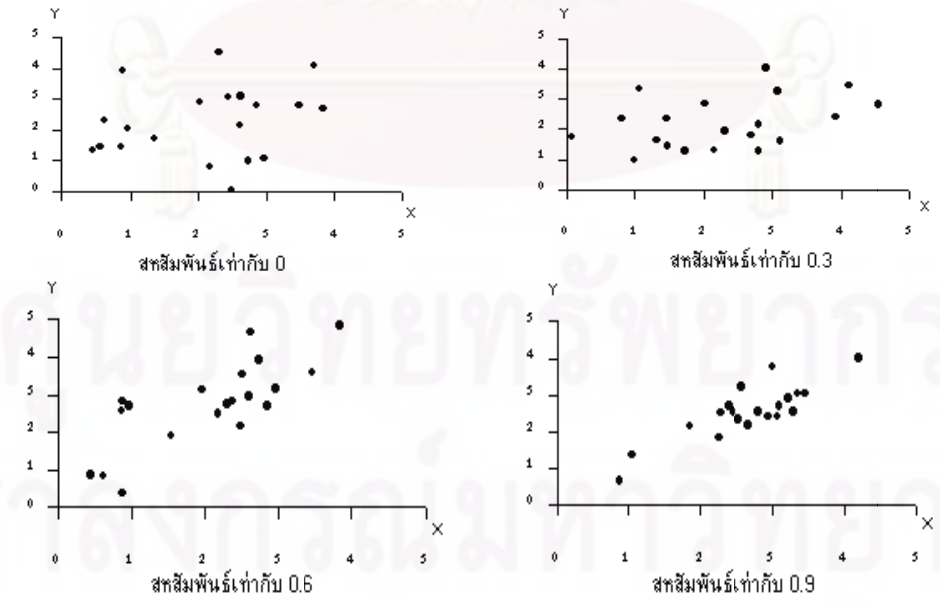
IRI_{model} = ค่าดัชนีความขรุขระสากลที่พยากรณ์ได้โดยใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้น

IRI_{actual} = ค่าดัชนีความขรุขระสากลที่สำรวจและเก็บรวบรวมจริง

$IRI_{average}$ = ค่าเฉลี่ยความขรุขระสากลที่สำรวจและเก็บรวบรวมจริง

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะเป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรเป็นไปในทิศทางเดียวกันและความใกล้เคียงเท่าไร โดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ดังรูปที่ ค-1

- ถ้า R^2 มีค่าสูง แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรเป็นไปในทิศทางเดียวกันและมีความใกล้เคียงกันมาก มีความสัมพันธ์กันสูง
- ถ้า R^2 มีค่าต่ำ แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรมีความใกล้เคียงกันน้อย มีความสัมพันธ์กันต่ำ
- ถ้า R^2 มีค่าเป็น 0 แสดงว่าตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน

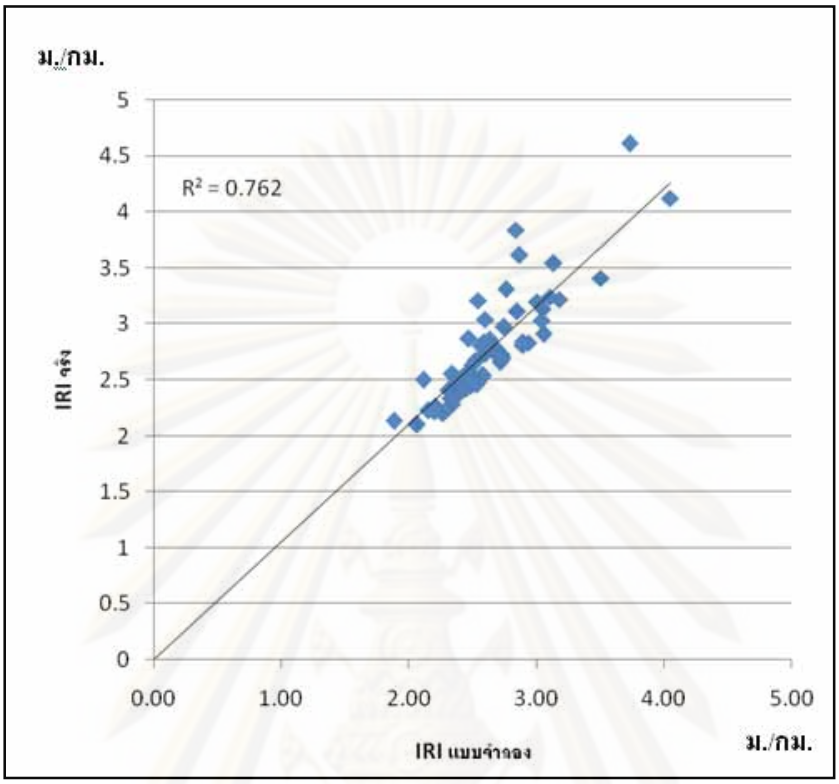


รูปที่ ค-1 การกระจายของข้อมูล 4 ชุดที่มีระดับความสัมพันธ์ต่างกัน

การวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองที่พัฒนานั้น สามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) แบบจำลองยิ่งที่มีค่า R^2 ใกล้ 1 แสดงว่าผลที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลองกับสภาพความเสียหายของผิวทางจริงมีความสัมพันธ์ต่อกันมาก ตารางที่ ค-1 และรูปที่ ค-2 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างค่า IRI จริงกับค่า IRI ที่ได้จากการทำนายจากแบบจำลอง ซึ่งใช้ข้อมูลตัวอย่างสายทางของกรมทางหลวง โดยใช้ค่า Kgp = 1.83 ซึ่งพบว่ามีระดับความน่าเชื่อถือที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.762

ตารางที่ ค-1 ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่า IRI จริง และค่า IRI จากแบบจำลอง

หมายเลขทาง	ตอนควบคุม	กม.เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด	AADT	SNC	RIa	IRI(จริง)	IRI(Model)
0212	0500	136+000	137+000	2460	4.89	2.91	3.03	3.04
0212	0500	138+000	139+000	2460	4.73	2.64	2.97	2.75
0212	0500	139+000	140+000	2460	4.88	2.76	3.61	2.87
0212	0500	140+000	141+000	2460	4.59	3.56	4.61	3.73
0212	0500	141+000	142+000	2460	4.30	2.96	3.24	3.11
0212	0500	142+000	143+000	2460	5.47	2.79	2.81	2.89
0212	0500	143+000	144+000	2460	6.36	2.49	2.54	2.58
0212	0500	144+000	145+000	2460	6.12	2.45	2.48	2.54
0212	0500	152+000	153+000	2460	4.73	2.91	3.13	3.05
0222	0300	72+000	73+000	2185	4.31	2.11	2.26	2.21
0222	0300	75+000	76+000	2185	4.64	2.24	2.28	2.34
0222	0300	76+000	77+000	2185	4.33	2.29	2.38	2.40
0222	0300	78+000	79+000	2185	4.86	2.43	2.46	2.53
0222	0300	82+000	83+000	2185	4.62	2.53	2.86	2.64
2026	0100	0+000	1+000	2144	4.19	2.36	2.87	2.47
2026	0100	1+000	2+000	2144	4.12	2.57	2.78	2.69
2026	0100	2+000	3+000	2144	4.05	2.33	2.56	2.45
2026	0100	5+000	6+000	2144	3.81	2.72	3.11	2.85
2026	0100	6+000	7+000	2144	4.75	2.61	2.66	2.72
2026	0100	8+000	9+000	2144	3.76	3.02	3.22	3.18
2026	0100	9+000	10+000	2144	3.80	2.35	2.57	2.48
2095	0100	0+000	1+000	1406	3.63	2.80	2.83	2.94
2095	0100	1+000	2+000	1406	3.49	2.59	2.70	2.71
2095	0100	6+000	7+000	1406	3.67	2.34	2.47	2.45



รูปที่ ค-2 เปรียบเทียบค่า IRI จริง กับ ค่า IRI ที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

ตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

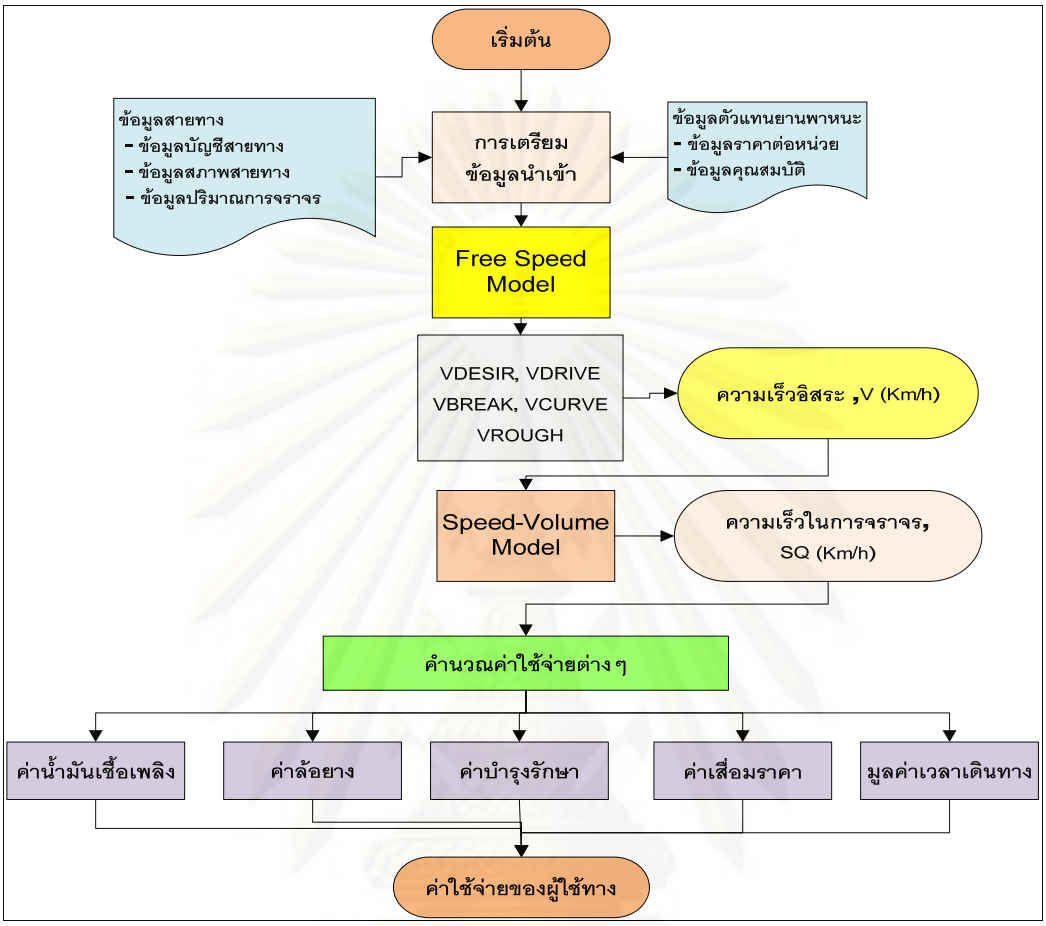
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

ตัวอย่างการวิเคราะห์และคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆ ของผู้ใช้ทาง จะนำเสนอค่าใช้จ่ายของตัวแทนยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง โดยเลือกรถยนต์ยี่ห้อ TOYOTA รุ่น ALTIS มาเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ เนื่องจากการสำรวจปริมาณรถยนต์ของกรมขนส่งทางบก พบว่ายี่ห้อ Toyota มีปริมาณการจดทะเบียนมากที่สุดในแต่ละไตรมาสตลอดปี 2552 ซึ่งขั้นตอนในการคำนวณจะเริ่มจากการเตรียมข้อมูลนำเข้า โดยแบ่งส่วนประกอบของข้อมูลนำเข้าออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ 1) ข้อมูลสายทางและปริมาณการจราจร 2) ข้อมูลตัวแทนยานพาหนะ ลำดับถัดมาเป็นการวิเคราะห์ความเร็วอิสระในการเคลื่อนที่โดยพิจารณาจากความเร็วต่ำสุดจากความเร็ว 5 ประเภทที่นำมาพิจารณาซึ่งได้แก่ ความเร็วอุดมคติ (Desired Speed, VDESIR) ความเร็วในการขับเคลื่อนยานพาหนะ (VDRIVE) ความเร็วในการต้านการเคลื่อนที่ยานพาหนะ (VBREAK) ความเร็วจากสภาพความขรุขระของผิวทาง (VROUGH) และความเร็วจากรัศมีความโค้ง (VCURVE)

เมื่อสามารถคำนวณความเร็วอิสระได้แล้ว ลำดับถัดมาเป็นการวิเคราะห์ความเร็วที่ได้รับผลกระทบจากปริมาณจราจร โดยพิจารณาร่วมกับความกว้างของผิวทาง ซึ่งความเร็วในการขับขี่จะแปรผกผันกับปริมาณการจราจรและจะแปรผันตามความกว้างของผิวทาง เมื่อสามารถคำนวณค่าความเร็วนี้ได้ ลำดับถัดมาจะนำความเร็วนี้ไปใช้ในการคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองและค่าใช้จ่ายต่างๆของผู้ใช้ทาง ซึ่งได้แก่ ค่าพลังงานเชื้อเพลิง ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าซ่อมบำรุงรักษา ค่าเสื่อม และค่าเวลาในการเดินทาง ในลำดับสุดท้ายจะเป็นการรวมค่าใช่จ่ายในส่วนต่างๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ต่อไป ซึ่งแสดงขั้นตอนการคำนวณดังรูปที่ ง-1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง-1 ขั้นตอนการคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมข้อมูลนำเข้า

- ข้อมูลสายทางและปริมาณการจราจร ได้สุ่มเลือกสายทางของกรมทางหลวงเพื่อนำมาเป็นตัวอย่างในการคำนวณ แสดงดังตารางที่ 3.19

ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างข้อมูลสายทางสำหรับการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายผู้ของใช้ทาง

ชื่อสายทาง	ตอนควบคุม	ทิศทาง	ระยะทาง (กม.)	จำนวนช่องจราจร (ช่อง)	ความกว้างผิวจราจร (ม.)	ค่า IRI (ม./กม.)	รัศมีความโค้ง (ม.)	%ความลาดชัน
1126	0100	F1	1	2	7	3.28	0	2

- ข้อมูลตัวแทนยานพาหนะ อ้างอิงจากสำนักอำนวยความปลอดภัย (กองวิศวกรรมจราจร) ประเภทยานพาหนะในการสำรวจมี 12 ประเภท ดังที่แสดงในตารางที่ ง-2 โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายผู้ใช้ทางจะไม่พิจารณารถจักยาน

ตารางที่ ง-2 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณการจราจรสำหรับการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายผู้ของใช้ทาง

Bicycle	Motor cycle	Car <7	Car >7	Light Bus	Medium Bus	Heavy Bus	Light Truck	Medium Truck	Heavy Truck	Full Trailor	Semi Trailor
24	2,915	1,654	1,191	679	99	100	3,697	970	499	321	232

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความเร็วยานพาหนะ

ลำดับแรกคือคำนวณความเร็วอิสระในการเคลื่อนที่ (Free Speed) จากนั้นจึงนำความเร็วอิสระที่ได้ไปวิเคราะห์ความเร็วจากปริมาณการจราจร (Speed Volume) ซึ่งเป็นการกำหนดตัวแทนความเร็วของยานพาหนะเพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ตลอดจนค่าเสื่อมและการสึกหรอต่างๆ โดยความเร็วจะพิจารณาจากความเร็ว 5 ประเภทคือ 1. ความเร็วอุดมคติ (VDESIR) 2. ความเร็วในการขับเคลื่อนยานพาหนะ (VDRIVE) 3. ความเร็วในการต้านการเคลื่อนที่ยานพาหนะ (VBREAK) 4. ความเร็วจากสภาพความขรุขระของผิวทาง (VROUGH) 5. ความเร็วจากรัศมีความโค้ง (VCURVE) ซึ่งการเลือกตัวแทนความเร็วอิสระนั้นจะใช้ค่าความเร็วน้อยสุดเป็นตัวแทน หลังจากนั้นจึงพิจารณาความเร็วจากปริมาณการไหลของการจราจร (Speed Volume)

1. การคำนวณความเร็วอุดมคติ (Desired Speed, VDESIR)

VDESIR = VDESMIN เมื่อ WIDTH<=4.0

VDESIR = VDESMIN + a1(WIDTH-CW1) เมื่อ 4.0<=WIDTH<=6.8

VDESIR = VDES2 + a3(WIDTH-CW2) เมื่อ 6.8<=WIDTH<=14

VDESIR = VDES2 + a3(CW3-CW2) เมื่อ WIDTH>=14

โดยที่ VDESIR คือ การจำกัดความเร็วที่พิจารณาจากความเร็วอุดมคติ (เมตร/วินาที)

VDESMIN คือ ความเร็วอุดมคติต่ำสุดสำหรับถนน 1 ช่องการจราจร (เมตร/วินาที) กำหนดให้ใช้ค่าตั้งต้นในการคำนวณคือ 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือเท่ากับ 27.78 เมตร/วินาที

VDES2 คือ ความเร็วอุดมคติต่ำสุดสำหรับถนน 2 ช่องการจราจร (เมตร/วินาที) มีค่าเท่ากับ VDESMIN/a2 โดยที่ a2=0.75

WIDTH คือ ความกว้างของผิวจราจร = 7เมตร

CW1 = 4.0 เมตร, CW2 = 6.8เมตร, CW3 = 14.0 เมตร

a1= (VDES2- VDESMIN)/(CW2- CW1)

a3 = 2.9, 0.6, 0.7 เมื่อเป็นรถยนต์ส่วนบุคล, รถโดยสาร, รถบรรทุก

เนื่องจาก CW2 = 6.8 เมตร < WIDTH = 7 เมตร < CW3=14.0 เมตร

ดังนั้น VDESIR = VDES2+a3(WIDTH-CW2)

= 27.78+2.9(7-6.80) = 100.58 km/h. = 28.36 เมตร/วินาที

2. การวิเคราะห์แรงต้านการเคลื่อนที่

การคำนวณค่าแรงต้านต่างๆ ได้กำหนดข้อมูลของยานพาหนะ (ยี่ห้อ TOYOTA รุ่น ALTIS) ที่จะนำมาคำนวณ ดังนี้

พารามิเตอร์	ความหมาย	ค่า
AF	พื้นที่ปะทะอากาศในแนวตั้งฉากบริเวณส่วนหน้าของพาหนะ	1.90 ตร.เมตร
m	นำหนักในการดำเนินการ	1180 กิโลกรัม

- คำนวณแรงต้านอากาศ (Aerodynamic resistance, Fa)

$Fa = 0.5*\rho*CD*CDMUL*AF*v^2$

โดยที่ ρ คือ ความหนานแน่นของอากาศ = 1.2 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

CD คือ สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ = 0.35

CDMUL คือ ตัวคูณสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ = 1.1

AF คือ พื้นที่ปะทะอากาศในแนวฉากบริเวณส่วนหน้าของพาหนะ = 1.9 ตร.เมตร

V คือ ความเร็วสมมติในการเคลื่อนที่ = 28.36 เมตร/วินาที

จะได้ $Fa = 0.5*1.2*0.35*1.1*1.9*28.36^2 = 352.95$ นิวตัน

- คำนวณแรงต้านจากความลาดชัน (Gradient resistance, Fg)

$Fg = m * g * \%Grade / 100$

โดยที่ m คือ น้ำหนักในการดำเนินการ = 1180 กิโลกรัม

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 เมตร/วินาที^{2}

%Grade คือ เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน = 2%

จะได้ Fg = 1180*9.81*2/100 = 231.52 นิวตัน

- คำนวณแรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling resistance, Fr)

Fr = m*g*CR

โดยที่ m คือ น้ำหนักในการดำเนินการ = 1180 กิโลกรัม

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = เมตร/วินาที^{2}

CR คือ สัมประสิทธิ์ต้านแรงหมุน = cr_a1 + cr_a2*IRI

cr_a1 คือ ค่าคงที่ = 0.0218

cr_a2 คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระ = 0.00061

IRI คือ ค่าดัชนีความขรุขระสากล = 3.28 เมตร/กิโลเมตร

จะได้ CR = cr_a1 + cr_a2*IRI = 0.0218 + 0.00061(3.28) = 0.024

Fr = 1180*9.81*0.024 = 275.51 นิวตัน

- คำนวณผลรวมของแรงต้านการเคลื่อนที่ (Ftot)

Ftot = 352.95 + 231.52 + 275.51 = 859.58 นิวตัน

3. การคำนวณความเร็วในการขับเคลื่อนยานพาหนะ (VDRIVE)

VDRIVE=Pd*1000/(Fa+Fr+Fg)

โดยที่ Pd คือ กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนยานพาหนะ มีค่าเท่ากับ 33 KW

จะได้ VDRIVE = 33*1000/(859.58) = 38.37 เมตร/วินาที

4. การคำนวณความเร็วในการต้านการเคลื่อนที่ยานพาหนะ (VBREAK)

VBREAK=Pb*1000/(Fa+Fr-Fg)

โดยที่ Pb คือ กำลังที่ใช้ในการต้านการเคลื่อนที่ยานพาหนะ

มีค่าเท่ากับ 20 KW

เนื่องจาก Fa+Fr-Fg < 0 ดังนั้นจะได้ ค่า VBREAK = ∞

ซึ่งความหมายคือค่า VBREAK นี้จะไม่ถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าความเร็วน้อยที่สุด

5. การคำนวณความเร็วโดยพิจารณาจากสภาพความขรุขระของผิวทาง (VROUGH)

VROUGH = ARVMAX / (a0 * IRI)

โดยที่ ARVMAX คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วปรับแก้มากที่สุด = 160 mm/s

a0 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย = 1.3

IRI คือ ค่าดัชนีความขรุขระสากล = 3.28 เมตร/กิโลเมตร

จะได้ VROUGH = 160/(1.3*3.28) = 37.52 เมตร/วินาที

6. การคำนวณความเร็วโดยพิจารณาจากรัศมีความโค้ง (VCURVE)

$VCURVE = a0*R^{a1}$

a0, a1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วเนื่องจากรัศมีความโค้งขึ้นอยู่กับประเภทของยานพาหนะ

เนื่องจาก R = 0 ดังนั้น จึงไม่มีผลกระทบจากรัศมีความโค้ง

7. การคำนวณความเร็วอิสระในการเคลื่อนที่ โดยเลือกความเร็วต่ำสุด

Free Speed = min(VDESIR, VDRIVE, VBREAK, VROUGH, VCURVE)

= min(28.35, 38.37, ∞, 37.52, ∞) = 28.35 เมตร/วินาที

= 102 กม./ชม

8. การคำนวณความเร็วโดยพิจารณาจากปริมาณการไหลของการจราจร (Speed Volume) เนื่องจากค่า AADT ที่สำรวจเก็บได้เป็นผลรวมปริมาณการจารจรเฉลี่ยทั้งวัน จึงไม่เหมาะสมที่จะนำผลรวมทั้งหมดมาเป็นตัวแทนการคำนวณปริมาณการไหล จึงควรพิจารณาปริมาณการจราจรช่วงเวลาที่เป็นการใช้งานส่วนใหญ่ โดยใช้ช่วงเวลา 7.00-19.00 น โดยกำหนดค่าตั้งต้นของปริมาณการจราจรเท่ากับร้อยละ 70 ของปริมาณการจราจรตลอดทั้งวัน

ตารางที่ ง-3 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณการจราจรที่สำรวจได้

ชนิดยานพาหนะ	AADT (คัน)	PCU equivalent	AADT (PCU)
Car < 7	1654	1	1654
Car > 7	1191	1	1191

ตารางที่ ง-3 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณการจราจรที่สำรวจได้ (ต่อ)

ชนิดยานพาหนะ	AADT (คัน)	PCU equivalent	AADT (PCU)
Light Bus	679	1.1	747
Medium Bus	99	1.3	129
Heavy Bus	100	1.4	140
Light Truck	3697	1.6	5915
Medium Truck	970	1.8	1746
Heavy Truck	499	1.4	699
Full-Trailor	321	1.5	482
Semi-Trailor	232	1.5	348
รวม			13050

เมื่อคำนวณอัตราการไหลจะได้ อัตราการไหล Q = 13050*0.70 PCU/ 12 hr = 762 PCU/hr และเนื่องจากค่า 5.5 เมตร.>WIDTH=7 เมตร> 9.0 เมตร (ค่า WIDTH เป็นความกว้างผิวทางจราจรในเฉพาะทิศทาง F) สามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังนี้

Q_{ult} = 2800 PCU/ชั่วโมง , Q_0/Q_{ult} = 0.1 , Q_{nom}/Q_{ult} = 0.9 ,

S_{ult} = 25 กิโลเมตร/ชั่วโมง

Q_0 = 280 PCU/ชั่วโมง , Q_{nom} = 2520 PCU/ชั่วโมง

เนื่องจาก Q_0=280 <Q=762 <Qnom=2520 ดังนั้นจะได้

Speed Volume = S-{(S-Snom)*(Q-Q0)/(Qnom-Q0)} ; Snom=0.85*S

= 28.35-0.15*28.35*(762-280)/(2520-280)

= 27.44 เมตร/วินาที

ฉะนั้นจะได้ว่าความเร็วตัวแทนของยานพาหนะในการวิเคราะห์เท่ากับ 27.44เมตร/วินาที

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายต่าง ๆของผู้ใช้ทาง

การพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางนี้ มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ1) การกำหนดราคาต้นทุนต่อหน่วยและข้อมูลยานพาหนะ ซึ่งในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถปรับแก้หรือกำหนดค่าได้ตามสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน 2) การคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ตลอดจน

อัตราการสึกหรอและค่าเสื่อม ซึ่งแบบจำลองต่างๆ ในส่วนนี้ จะอ้างอิงวิธีการคำนวณจากรายงานการศึกษา Thailand Road User Effects Model จัดทำขึ้นโดย N.D. Lea International Ltd. and HTC Infrastructure Management Ltd. ซึ่งวิธีการวิเคราะห์นั้นได้ใช้แบบจำลอง HDM-4 เป็นต้นแบบ และได้ปรับแก้ค่าต่างๆของแบบจำลองให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย

1. การคำนวณกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนยานพาหนะ (PTR)

PTR = Ftot * V / 1000

= 859.58* 27.44 / 1000 = 22.99 กิโลวัตต์

2. การคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Cost, บาท/กิโลเมตร)

- คำนวณความเร็วของเครื่องยนต์ (RPM, รอบ/นาที)

เนื่องจาก 5.6 m/s < Speed = 27.44 m/s < RPM_A3 = 42 m/s

ดังนั้น $RPM = RPM_A0 + RPM_A1*V + RPM_A2*V^2$

$= 2280+(17*26.57)+(0.83*26.57^2) = 3371$ รอบ/นาที

- คำนวณกำลังเครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน (kW), PENGACCS

$PACCS_A1 = (-b + (b^2 - 4ac)^{1/2}) / 2a$

$a = ZETAB*EHP*KPEA^2*PRAT(100-PCTPENG)/100$

$= 0.067*0.25*1^2*70(100-80)/100 = 0.2345$

$b = ZETAB*KPEA*PRAT = 0.067*1*70 = 4.69$

$c = -IDLE_FUEL = -0.36$

โดยที่ ZETAB = base fuel-to-power efficiency factor (mL/kW/sec.)

EHP = decrease in engine efficiency at high power

PRAT = กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ (kW)

แทนค่า a, b, c จะได้ PACCS_A1 = 0.0765

PENGACCS = KPEA*PRAT*(PACCS_A1+

(PACCS_A0-PACCS_A1)*(RPM-RPMdle)/(RPM100-RPMdle))

แทนค่า KPEA = 1, PRAT=70, PACCS_A1=0.0765, PACCS_A0=0.2

RPM=3371, RPMdle=800, RPM100=3392.65

จะได้ค่า PENGACCS = 13.93 กิโลวัตต์

- คำนวณกำลังที่ใช้ทั้งหมด (PTOT)

PTOT = PTR / EDT + PENGACCS = 22.99 / 0.90 + 13.93 = 39.47 กิโลวัตต์

- คำนวณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (IFC, mL/s)

พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ ZETA

ZETA = ZETAB * (1 + EHP (PTOT – PTPENG * PENGACCS /100) / PRAT)

= 0.067 * (1 + 0.25 (39.47 – 80 * 13.93 /100) / 70) = 0.0738

IFC = max (IDLE_FUEL, ZETA * PTOT (1+dFUEL) ; dFUEL = 0.0915

= max (0.36, 0.0738 * 39.47 * (1+0.0915)) = 3.18 มิลลิตร/วินาที

- คำนวณการใช้เชื้อเพลิงต่อระยะทาง 1 km. (SFC, ลิตร/กิโลเมตร)

SFC = 1000 * IFC / v = 1000 * 3.18 / 27.44 = 0.116 ลิตร/กิโลเมตร

คำนวณต้นทุนค่าเชื้อเพลิงต่อระยะทาง 1 km. (SFC, บาท/กิโลเมตร)

SFC = 0.116 ลิตร/กิโลเมตร* 29.04 บาท/ลิตร = 3.36 บาท/กิโลเมตร

อ้างอิงราคาน้ำมันเบนซินของ ปตท. ณ วันที่ 3 มิถุนายน 2552

3. การคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่น (Oil Cost, บาท/กิโลเมตร)

OIL = OILCONT + OILPER * SFC

โดยที่ OILCONT = 0.0004 ลิตร/กิโลเมตร

OILPER = สัมประสิทธิ์การสิ้นเปลืองขณะการใช้งาน = 0.0028

SFC = 0.116 ลิตร/กิโลเมตร

จะได้ OIL = 0.0004+0.0028*0.116 = 0.00072 L/km

คำนวณต้นทุนค่าน้ำมันหล่อลื่นต่อความยาว 1 km. (OIL, บาท/กิโลเมตร)

จะได้ OIL = 0.00072*150 = 0.1086 บาท/กิโลเมตร

4. การคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองล้อยาง (Tire Cost, บาท/กิโลเมตร)

- คำนวณพลังงานที่เกิดขึ้นกับล้อยาง

TE = CFT^2 / NFT

NFT = m * g / num_wheels

CFT = (1+dFUEL)*(Fa+Fr+Fg) / num_wheels

โดยที่ TE คือ Tangential energy หน่วยเป็น จูล-เมตร

CFT คือ Circumferential force หน่วยเป็น นิวตัน

LFT คือ Lateral force หน่วยเป็น นิวตัน

NFT คือ น้ำหนักรถที่กระทำลงล้อ หน่วยเป็น นิวตัน

จะได้ CFT = (1+0.0915)(330.57+231.516+275.51) / 4 = 228.56 นิวตัน

NFT = 3000 * 9.81 / 4 = 7357.5 นิวตัน

TE = CFT^2 / NFT = 7.1 จูล-เมตร

- คำนวณอัตราการสึกหรอของล้อยาง (TWT) จากสมการ

  TWT = Cotc + Ctcte * TE

  โดยที่ TWT คือ อัตราการสึกหรอของยาง หน่วยเป็น dm^3/1000km

  Cotc และ Ctcte คือค่าคงที่ในสมการ มีค่าเท่ากับ 0.02616 และ 0.00204

  แทนค่าจะได้ TWT = 0.02616+0.00204*7.1 =0.0406 dm^3/1000km

- คำนวณระยะทางในการใช้งานของล้อยาง (DISTOT) จากสมการ

  DISTOT = VOL/TWT

  โดยที่ VOL คือ ปริมาตรของยาง = 1.40 หน่วยเป็น dm^3

  จะได้ DISTOT = 1.40/0.0406 = 34.45

- คำนวณอัตราการสึกหรอเปรียบเทียบกับยางเส้นใหม่ (EQNT) จากสมาการ

  EQNT = 1/DISTOT + 0.0027

  จะได้ EQNT = 0.0317 ซึ่งคิดเป็นอัตราการสึกหรอ 3.17 % เทียบกับยางเส้นใหม่ โดยพิจารณาที่ระยะทาง 1000 km ดังนั้นหากพิจารณาต่อความยาว 1 กิโลเมตร จะได้เท่ากับ 0.00317 %

- คำนวณราคาการสิ้นเปลืองยางต่อ 1 กิโลเมตร

  กำหนดราคายางเส้นใหม่ = 1500 บาท/เส้น

  (ราคาอ้างอิงวันที่ 3 มิถุนายน 2552)

  จะได้ ค่าใช้จ่ายยางต่อ 1 km = 1500 * 0.00317% * 4 = 0.19 บาท/กิโลเมตร

5. การคำนวณค่าซ่อมบำรุง (Maintenance and Repair Cost, บาท/กิโลเมตร)

   - คำนวณอัตราส่วนค่าซ่อมบำรุงเปรียบเทียบกับราคาใหม่ของพาหนะ (PC)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PC = Kpc *CKM^{kb} *(a0+a1*IRI)*(1+CPCONdFUEL)

โดยที่ แทนค่า IRI = 3.28 และ คงที่ต่างๆ ลงในสมการจะได้

PC = 0.6126*143000$^{0.308}$(23.27*10^{-6}+(10.12*10^{-6})(3.28))(1+0.1*0.0915)

= 0.00224 ต่อระยะทาง 1000 กิโลเมตร

- คำนวณราคาค่าซ่อมบำรุงต่อ 1 กิโลเมตร

  กำหนดราคาพาหนะใหม่ = 700,000 บาท

  จะได้ ค่าซ่อมบำรุงต่อ 1 km.= 700000 * 0.00224 /1000

  = 1.566 บาท/กิโลเมตร

6. การคำนวณค่าเสื่อมของยานพาหนะ (Depreciation Cost, บาท/กิโลเมตร)

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

โดยที่ DEP_COST = ค่าเสื่อมราคา บาท/กิโลเมตร

NVPLT = ราคายานพาหนะไม่รวมล้อยาง = 694,000 บาท

IRI = ดัชนีความขรุขระสากล = 3.28 เมตร/กิโลเมตร

LIFEKMO = อายุการใช้งานของยานพาหนะ = 28600 กิโลเมตร

แทนค่าคงที่ต่างๆจะได้ค่าเสื่อมราคา = 2.07 บาท/กิโลเมตร

7. การคำนวณมูลค่าเวลาในการเดินทาง

มูลค่าเวลาในการเดินทาง (Travel Time Cost) เป็นการคำนวณจำนวนชั่วโมงในการเดินทางของผู้โดยสารที่ไปทำงาน (ชม./กม.) จากนั้นจึงนำไปคูณกับมูลค่าเวลา (บาท/ชม.)

$$TT_COST = TIME_COST \times \frac{NUM_PASS \times PCTWK}{Speed}$$

โดยที่ TT_COST = ค่าเวลาในการเดินทาง บาท/กิโลเมตร

TIME_COST = มูลค่าเวลา สมมติ = 77.84 บาท/ชม.-คน (อ้างอิงผลการศึกษาการประหยัดระยะเวลาในการเดินทาง โดยใช้เทคโนโลยี GPS และ

Vehicle Tracking System, การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) NECTEC และคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

NUM_PASS = จำนวนผู้โดยสารบนยานพาหนะ (คน)

PCTWK = ร้อยละของผู้โดยสารที่เดินทางเพื่อไปทำงาน สมมติ = 20 %

Speed = 98.79 กิโลเมตร/ชั่วโมง

จะได้ TT_COST = 77.84 * 7 * 20% / 98.79 = 0.63 บาท/กิโลเมตร

จากตัวอย่างการคำนวณค่าต่างๆ ในแบบจำลองผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง สรุปผลลัพธ์ได้แสดงดังตารางที่ ง-4

ตารางที่ ง-4 ผลลัพธ์การคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

ลำดับ	ผลลัพธ์	ค่าที่คำนวณได้
1	ความเร็วในการจราจร	27.44 เมตร/วินาที หรือ 98.79 กิโลเมตร/ชั่วโมง
2	การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	0.116 ลิตร/กิโลเมตร
	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	3.36 บาท/กิโลเมตร
3	การสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่น	0.00072 ลิตร/กิโลเมตร
	ค่าน้ำมันหล่อลื่น	0.1086 บาท/กิโลเมตร
4	การสิ้นเปลืองยาง	0.00317 % ของราคายางเส้นใหม่ ต่อ ระยะทาง 1 km
	ค่าล้อยาง	0.19 บาท/กิโลเมตร

ตารางที่ ง-4 ผลลัพธ์การคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง (ต่อ)

ลำดับ	ผลลัพธ์	ค่าที่คำนวณได้
5	การสิ้นเปลืองอะไหล่และการซ่อมบำรุง	0.000224 % ของราคาพาหนะใหม่ ต่อ ระยะทาง 1 km
	ค่าอะไหล่และค่าซ่อมบำรุง	1.566 บาท/กิโลเมตร
6	ค่าเสื่อมราคา	2.07 บาท/กิโลเมตร
7	มูลค่าเวลาในการเดินทาง	0.63 บาท/กิโลเมตร
8	ผลรวมค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง	7.69 บาท/กิโลเมตร

จากตารางที่ ง-4 เป็นการนำเสนอเพียงการคำนวณค่าใช้จ่ายรถยนต์ส่วนบุคคลประเภทไม่เกิน 7 ที่นั่ง เพียงประเภทเดียว ซึ่งในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางทั้งระบบนั้น จะต้องคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางของพาหนะทุกประเภท โดยนำค่าใช้จ่ายต่อคันที่คำนวณได้ไปคูณกับจำนวนปริมาณการจราจรทั้งหมดของสายทางตลอดทั้งปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ชานนท์ อมรชัยศักดา เกิดวันที่ 28 มกราคม พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาบริหารการก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย