

การพัฒนาแบบจำลองการวางแผนงานบำรุงรักษาผิวทางในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำ



นาย วัชรคม โภคารัตนานันท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF PAVEMENT MAINTENANCE PLANNING MODEL FOR  
LOW TRAFFIC VOLUME ROADS

Mr.Watcharakhom Pocarattananan

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 2006

Copyright of Chulalongkorn University

**490871**



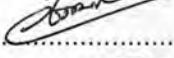

✓ วัชรคม โภครัตน์านันท์ : การพัฒนาแบบจำลองการวางแผนงานบำรุงรักษาผิวทางในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำ. (DEVELOPMENT OF PAVEMENT MAINTENANCE PLANNING MODEL FOR LOW TRAFFIC VOLUME ROADS)

อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วิศณุ ทรัพย์สมพล, 146 หน้า.

ในปัจจุบัน ทางหลวงชนบทและทางหลวงท้องถิ่นซึ่งเป็นถนนส่วนใหญ่ของประเทศที่มีปริมาณการจราจรต่ำ ขาดการบำรุงรักษาที่ดี ทั้งนี้เนื่องจากงบประมาณซ่อมบำรุงที่จำกัดและขาดการวางแผนงานเพื่อบำรุงรักษาทางเชิงป้องกัน ดังนั้นการวางแผนงานบำรุงรักษาทางที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้มีการใช้งบประมาณอย่างคุ้มค่า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการวางแผนงานบำรุงรักษาผิวทางลาดยางในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำ โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ช่วยในการวิเคราะห์แผนงาน ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวพัฒนาจากข้อมูลสายทางของกรมทางหลวงที่มีปริมาณการจราจรน้อยกว่า 1,000 คันต่อวันตลอดปี และสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบจำลองย่อย ได้แก่ แบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางลาดยาง ซึ่งใช้ในการพยากรณ์สภาพผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธีโดยใช้ค่าดัชนีความซรุขระสากลเป็นตัวแทนของสภาพผิวทาง และแบบจำลองค่าผลประโยชน์สูงสุด ซึ่งใช้วิเคราะห์หาแผนงานที่ทำให้สภาพผิวทางดีที่สุดตลอดอายุใช้งาน และนำหลักการมูลค่าปัจจุบันสุทธิเทียบเท่ารายปีช่วยในการเปรียบเทียบทางเลือกของโครงการซ่อมบำรุง โดยแผนงานบำรุงรักษาผิวทางที่วิเคราะห์ได้นั้นมีวัตถุประสงค์ของการวางแผนเพื่อให้โครงข่ายสายทางมีสภาพดีที่สุดตลอดอายุใช้งานของแต่ละสายทาง ภายใต้กรอบงบประมาณที่จำกัด และสามารถวางแผนในลักษณะของแผนงานแบบปีต่อปีหรือแผนงานแบบต่อเนื่องหลายปีได้ ซึ่งหลักการวิเคราะห์แผนงานในลักษณะนี้สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับการพิจารณาปัจจัยทางด้านอื่นๆ เช่น ด้านวิศวกรรม ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสังคม และปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา  
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา  
ปีการศึกษา 2549

ลายมือชื่อนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

## 4770444221 : MAJOR CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT  
 KEY WORD : DETERIORATION MODEL / INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX /  
 OPTIMIZATION / PAVEMENT MAINTAINANCE PLANNING

WATCHARAKHOM POCARATTANANAN : DEVELOPMENT OF PAVEMENT  
 MAINTENANCE PLANNING MODEL FOR LOW TRAFFIC VOLUME ROADS.

THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. WISANU SUBSOMPON, Ph.D., 146 pp.

Nowadays, the rural and municipal roads which have low traffic volume are major roads in Thailand. These roads lack the appropriate maintenance resulting from limited maintenance budget and the preventive maintenance planning. Therefore, the effective pavement maintenance planning is critical in order to use the allocated budget efficiently.

The purpose of this research is to develop the pavement maintenance planning model for low traffic volume roads using the mathematical analysis method. In this research, the model was based on data from the Department of Highways' road network which has the average annual daily traffic (AADT) less than 1,000 PCU. The model can be divided into two parts. One is the flexible pavement deterioration model to predict the pavement condition after treatment is performed. The International Roughness Index (IRI) was used to represent pavement condition. Another is the optimization model, which analyzes the optimized pavement maintenance plan that considers useful life of pavement. The equivalent uniformed annual cost method (EUAC) was used to compare each maintenance plan. The objective of pavement maintenance planning is to maximize the pavement condition over its life cycle of road network which is subjected to budget constraint. This model can create both a single year plan and a multi-year plan. It can also consider inclusively with other factors such as engineering, economic, social, as well as environmental factors.

Department Civil Engineering

Field of study Civil Engineering

Academic year 2006

Student's signature.....*W. Pocarattananan*

Advisor's signature.....*W. Subson*

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุ ทรัพย์สมพล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านกรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆในการวิจัยมาด้วยดี ตลอด พร้อมทั้งช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีต่อผู้วิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้กรุณาสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อเจ้าหน้าที่กรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

หนึ่งผู้วิจัยมีความสำนึก ในพระคุณของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยพร้อมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่เคยสั่งสอนวิทยาการต่างๆ ให้กับผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่ชายของผู้วิจัย ที่ได้ให้กำลังใจเสมอมา ตลอดการทำวิทยานิพนธ์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	v
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 การบำรุงรักษาสายทางในปัจจุบัน.....	8
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทาง.....	10
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองค่าใช้จ่ายงานบำรุงทาง.....	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทาง.....	22
2.5 สรุป.....	28
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัยและการพัฒนาแบบจำลอง.....	29
3.1 แนวทางการดำเนินการวิจัย.....	20
3.2 การพิจารณาข้อกำหนดในการพัฒนาแบบจำลอง.....	31
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	34
3.4 การพัฒนาแบบจำลอง.....	37
3.5 การใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหา.....	46
3.6 สรุป.....	51

	๗
	หน้า
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิจัย.....	53
4.1 ขั้นตอนและผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทาง.....	53
4.2 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองกับการวิเคราะห์แผนงาน รูปแบบอื่น.....	65
4.3 ปัญหาและข้อจำกัดของการวิเคราะห์.....	70
4.4 สรุป.....	71
บทที่ 5 การทดสอบและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง.....	73
5.1 การคัดเลือกข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง.....	73
5.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง.....	73
5.3 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง.....	75
5.4 การทดสอบน่าเชื่อถือของแบบจำลอง.....	77
5.5 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง.....	79
5.6 สรุป.....	79
บทที่ 6.สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	81
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	81
6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	84
รายการอ้างอิง.....	87
ภาคผนวก.....	90
ภาคผนวก ก.....	91
ภาคผนวก ข.....	110
ภาคผนวก ค.....	140
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	146



## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1	แสดงระยะทางในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบท.....2
1.2	ค่าใช้จ่ายงบประมาณของกรมทางหลวงชนบท.....3
3.1	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในงานซ่อมบำรุงของกรมทางหลวงชนบท .....36
3.2	สัมประสิทธิ์แบบจำลองผลจากการทำฉาบผิว .....42
4.1	ข้อมูลของช่วงสายทางตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์แผนงานแบบปีต่อปี .....54
4.2	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในงานซ่อมบำรุงของกรมทางหลวงชนบท .....54
4.3	การกำหนดทางเลือกการซ่อมบำรุงของแต่ละสายทาง.....55
4.4	ตัวอย่างการวิเคราะห์ดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปีภายหลังได้รับ การซ่อมบำรุงช่วงสายทาง ปท.3007 จากกิโลเมตรที่ 2 ถึง 3 ด้วยวิธีการต่างๆ .....56
4.5	ตัวอย่างการวิเคราะห์ดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปีภายหลังได้รับ การซ่อมบำรุงช่วงสายทางปท.3007 จากกิโลเมตรที่ 2 ถึง 3 ด้วยวิธีการต่างๆ .....57
4.6	ผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาทางแบบปีต่อปีภายใต้เงื่อนไขงบประมาณ ที่จำกัด 4,000,000 บาท.....58
4.7	ผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาทางแบบปีต่อปีภายใต้เงื่อนไขไม่จำกัด งบประมาณ.....69
4.8	ข้อมูลของช่วงสายทางตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์แผนงานแบบต่อเนื่องหลายปี .....62
4.9	ตัวอย่างการวิเคราะห์สภาพผิวทางภายหลังกำหนดวิธีการซ่อมบำรุงช่วงสายทาง ปท.3007 จากกิโลเมตรที่ 2 ถึง 3 ด้วยวิธีการต่างๆ เมื่อวางแผนต่อเนื่อง 3 ปี.....62
4.10	ตัวอย่างการวิเคราะห์ดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปีภายหลังได้รับ การซ่อมบำรุงช่วงสายทาง ปท.3007 จากกิโลเมตรที่ 2 ถึง 3 ด้วยวิธีการต่างๆ เมื่อวางแผนต่อเนื่อง 3 ปี.....63
4.11	ผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาทางแบบปีต่อเนื่อง 3 ปี ภายใต้เงื่อนไข งบประมาณที่จำกัด 4,000,000 บาท .....64
4.12	Treatment Matrix สำหรับผิวแอสฟัลติกคอนกรีต (Medium Strength) .....66
4.13	ผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทางแบบปีต่อปีโดยใช้ Treatment Matrix .....67
4.14	ผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทางแบบปีต่อปีโดยใช้แผนผังการซ่อมบำรุง.....69
5.1	ข้อมูลของช่วงสายทางตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง.....74

## ตาราง

## หน้า

5.2	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองที่อัตราผลตอบแทนเท่ากับร้อยละ 7 12 และ 20 ตามลำดับ ภายใต้เงื่อนไขงบประมาณจำกัด.....	74
5.3	ผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทางแบบปีต่อปีภายใต้เงื่อนไขงบประมาณที่จำกัด 4,000,000 บาท ด้วยแบบจำลองและความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ.....	75
5.4	ผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทางแบบปีต่อปีเมื่อไม่จำกัดงบประมาณด้วยแบบจำลองและความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ .....	76
5.5	ผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทางแบบต่อเนื่องหลายปีภายใต้เงื่อนไขงบประมาณที่จำกัด 4,000,000 บาท ด้วยแบบจำลองและความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ .....	76
5.6	ผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทางแบบต่อเนื่องหลายปีภายใต้เงื่อนไขงบประมาณเมื่อไม่จำกัดงบประมาณ ด้วยแบบจำลองและความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ .....	77
5.7	ข้อมูลของช่วงสายทางตัวอย่างที่นำมาใช้ในทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง ...	78
5.8	ผลการทดสอบแบบจำลองแผนงานบำรุงรักษาทางแบบปีต่อปีภายใต้เงื่อนไขงบประมาณที่จำกัด 4,000,000 บาท .....	78
ก-1	การกำหนดช่วงของการเปลี่ยนสถานะ .....	96
ก-2	เมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความซรุระสากลของสายทางในภาคเหนือ .....	97
ก-3	เมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความซรุระสากลของสายทางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ .....	98
ก-4	เมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความซรุระสากลของสายทางในภาคกลาง .....	98
ก-5	เมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความซรุระสากลของสายทางในภาคใต้ .....	99
ก-6	เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความซรุระสากลของสายทางในภาคเหนือจากปีปัจจุบันไปปีที่ 1.....	100
ก-7	เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความซรุระสากลของสายทางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากปีปัจจุบันไปปีที่ 1 .....	100
ก-8	เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความซรุระสากลของสายทางในภาคกลางจากปีปัจจุบันไปปีที่ 1 .....	101
ก-9	เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความซรุระสากลของสายทางในภาคใต้จากปีปัจจุบันไปปีที่ 1.....	101

ตาราง	หน้า
ก-10	เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของ สายทางในภาคเหนือจากปีที่ 1 ไปปีที่ 2.....102
ก-11	เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของ สายทางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากปีที่ 1 ไปปีที่ 2.....103
ก-12	เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของ สายทางในภาคกลางจากปีที่ 1 ไปปีที่ 2.....103
ก-13	เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของ สายทางในภาคใต้จากปีที่ 1 ไปปีที่ 2.....104
ก-14	ค่าคาดหวังของการเปลี่ยนสถานะ และค่าดัชนีความขรุขระสากล ณ ปีต่างๆ.....106
ก-15	แบบจำลองในการทำนายค่า $\Delta$ IRI 1 ปีภายหลังจากทำฉาบผิว.....109
ข-1	ข้อมูลตัวอย่างสายทางที่นำวิเคราะห์แผนงาน .....111
ข-2	ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3007 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ณ ปีแรกของแผนงาน.....113
ข-3	ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3008 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ณ ปีแรกของแผนงาน.....114
ข-4	ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3011 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ณ ปีแรกของแผนงาน.....114
ข-5	ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3019 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ณ ปีแรกของแผนงาน.....115
ข-6	ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3025 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ณ ปีแรกของแผนงาน.....115
ข-7	ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.5023 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ณ ปีแรกของแผนงาน.....116
ข-8	ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.5026 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ณ ปีแรกของแผนงาน.....117
ข-9	ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.4003 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ณ ปีแรกของแผนงาน.....118

ตาราง	หน้า
ข-10 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3020 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ณ ปีแรกของแผนงาน.....	118
ข-11 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3022 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ณ ปีแรกของแผนงาน.....	119
ข-12 ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในการซ่อมบำรุง .....	119
ข-13 การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แผนงาน .....	120
ข-14 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบปีต่อปี จำนวน 90 ทางเลือก .....	123
ข-15 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานแบบปีต่อปีภายใต้งบประมาณ 4,000,000 บาท.....	129
ข-16 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3007 เมื่อวางแผนงานแบบ ต่อเนื่อง 3 ปี.....	130
ข-17 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3019 เมื่อวางแผนงานแบบ ต่อเนื่อง 3 ปี.....	131
ข-18 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.5026 เมื่อวางแผนงานแบบ ต่อเนื่อง 3 ปี.....	132
ข-19 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบต่อเนื่อง 3 ปี จำนวน 90 ทางเลือก.....	133
ข-20 ผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาทางแบบปีต่อเนื่อง 3 ปี ภายใต้เงื่อนไข งบประมาณที่จำกัด 4,000,000 บาท.....	139
ค-1 ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปีของตัวอย่างโครงข่ายสายทาง .....	141
ค-2 ตัวอย่างสรุปผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาทางแบบปีต่อปีภายใต้เงื่อนไข งบประมาณที่จำกัด 4,000,000 บาท ด้วย Solver.....	145

## สารบัญญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 งบประมาณบูรณะและบำรุงรักษาถนนของกรมทางหลวงชนบท.....	3
1.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	6
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของทางและค่าใช้จ่ายที่ระยะต่างๆ (Haas, 1978).....	11
2.2 พฤติกรรมของผิวทางลาดยางภายหลังได้รับการฉาบผิว (วิศณุและคณะ, 2543).....	14
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับความเร็วยานพาหนะ (Rodrigo s., 1999).....	18
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับค่าใช้จ่ายยานพาหนะ (Rodrigo s., 1999).....	19
2.5 ขั้นตอนบริหารงานซ่อมบำรุงทาง (Shahin, 1994).....	22
2.6 ลักษณะของปัญหา Optimization.....	23
2.7 รูปแบบการแก้ปัญหา Optimization (Nash and Sofer, 1996).....	23
2.8 วิธีการจัดลำดับความสำคัญของโครงการซ่อมบำรุง.....	27
3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความขรุขระสากลกับสภาพทาง (Paterson, 1987).....	33
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของสายทางกับค่าดัชนีความขรุขระสากลของสายทางใน ภาคเหนือ.....	40
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของสายทางกับค่าดัชนีความขรุขระสากลของสายทางใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	40
3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของสายทางกับค่าดัชนีความขรุขระสากลของสายทางใน ภาคกลาง.....	41
3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของสายทางกับค่าดัชนีความขรุขระสากลของสายทางใน ภาคใต้.....	41
3.6 พฤติกรรมการเสื่อมสภาพของสายทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุง.....	44
3.7 ช่วงระยะเวลาที่พิจารณาอายุใช้งานของสายทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงปกติ และการเสริมผิวทาง.....	44
3.8 รูปแบบของทางเลือกในการวางแผนงาน.....	48
3.9 ลักษณะการวิเคราะห์ของแบบจำลอง.....	49
4.1 พฤติกรรมการเสื่อมสภาพของสายทางภายหลังกำหนดวิธีการซ่อมบำรุงในปีแรก ของช่วงสายทาง ปท.3007 จากกิโลเมตรที่ 2 ถึง 3.....	56
4.2 การเสื่อมสภาพของโครงข่ายสายทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงตามแผนงาน ภายใต้งบประมาณ 4,000,000 บาท.....	59

ภาพประกอบ	หน้า
4.3 การเสื่อมสภาพของโครงข่ายสายทาง ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงตามแผนงาน เมื่อไม่จำกัดงบประมาณ.....	60
4.4 การเสื่อมสภาพของโครงข่ายสายทาง ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงตามแผนงาน เมื่อได้รับงบประมาณบำรุงปกติเท่านั้น.....	60
4.5 พฤติกรรมการเสื่อมสภาพของโครงข่ายสายทาง ภายหลังจากซ่อมบำรุงตามแผนงาน เมื่อได้รับงบประมาณ 4,000,000 บาท ในปีถัดไป.....	61
4.6 พฤติกรรมการเสื่อมสภาพของโครงข่ายสายทาง ภายหลังจากซ่อมบำรุงตามแผนงาน ต่อเนื่อง 3 ปี ภายใต้งบประมาณ 4,000,000 บาท .....	64
4.7 พฤติกรรมการเสื่อมสภาพของโครงข่ายสายทางเมื่อได้รับงบประมาณสำหรับ กิจกรรมบำรุงปกติเท่านั้น.....	65
4.8 แผนผังการวางแผนงานบำรุงทางของกรมทางหลวงชนบท.....	68
ก-1 แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางที่อยู่ในภาคเหนือ.....	107
ก-2 แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางที่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	107
ก-3 แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางที่อยู่ในภาคกลาง.....	107
ก-4 แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางที่อยู่ในภาคใต้.....	108
ค-1 ตัวอย่างการสร้างค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ใน Solver.....	142
ค-2 การตั้งค่าตัวเลือกของการวิเคราะห์ด้วย Solver.....	143
ค-3 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลในแผ่นคำนวณ.....	144
ค-4 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Solver.....	144