

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรมทางหลวง. 2538, ระบบการบริหารจัดการงานบำรุงทางและคู่มือระบบBSM. กรุงเทพมหานคร : กองบำรุง.
- กรมทางหลวงชนบท. 2546, คู่มือบำรุงรักษาทาง. กรุงเทพมหานคร : กรมทางหลวงชนบท.
- กรมทางหลวงชนบท. 2549, รายงานสำหรับผู้บริหาร โครงการพัฒนาระบบบริหารงานบำรุงรักษา ระยะที่ 2. กรุงเทพมหานคร : กรมทางหลวงชนบท.
- กิตติ ภัคดีวัฒนกุล. 2546. คัมภีร์การวิเคราะห์และตัดสินใจปัญหาเชิงธุรกิจโดยใช้ Excel. กรุงเทพมหานคร : เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.
- ณัฐพล ทองกู่เกียรติกุล. 2545. การวางแผนงานบำรุงรักษาผิวทางโดยใช้แบบจำลองค่าใช้จ่ายต่ำสุดที่เหมาะสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิศณุ ทรัพย์สมพล, ประพนธ์ ชินอุดมทรัพย์, จุมพล ผลประเสริฐ, และภุคส์กร ศิริอักษรกุล. 2543. การพัฒนาแบบจำลองสภาพความเสียหายของผิวทางลาดยางโดยวิธีใช้ค่า IRI ในประเทศไทย. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 11, 4 : 29-35.
- วิศณุ ทรัพย์สมพล, และกชกร โจ้วศิริ. 2544. การพัฒนาดัชนีค่าใช้จ่ายในการใช้รถและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 7.
- วิศณุ ทรัพย์สมพล, ภัฏญณ์ อุดมเกียรติกุล, วิจักขณ์ พานิช, และอนุสรณ์ ศิริกิจพาณิชย์กุล. 2545. ผลของการทำฉาบผิวต่อสภาพของผิวทาง. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 13, 2.
- วิศณุ ทรัพย์สมพล, และวีระชัย วงษ์วีระนิมิตร. 2548. การพัฒนาแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางลาดยางในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำโดยวิธีลูกโซ่มาร์คอฟ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10.
- วิศว์ รัตนโชติ, และวิศณุ ทรัพย์สมพล. 2544. การพัฒนาดัชนีสภาพทางเพื่อใช้ในการบำรุงทางหลวงชนบท. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 7.

ภาษาอังกฤษ

- Abdullah, I., Al-Mansour, and Kumares, C.S. 1994. Economic Analysis of Effectiveness of Pavement Preventive Maintenance. Transportation Research Record 1442:31-37.
- Chou, Y. J., Tack, and Joseph N. 2001. Pavement Performance Analysis Applying Probabilistic Deterioration Methods. Transportation Research Record 1769:15-21.
- George, K.P., Rajagopal, A.S., and Lim, L.K. 1989. Models for Predicting Pavement Deterioration. Transportation Research Record No.1215 : 1-7.
- Essem, A.S., et al. 1991. Development of Methodology to Estimate Pavement Maintenance and Repair Costs for Different Ranges of Pavement Condition Index. Transportation Research Record 1123: 30-39.
- Friedrich, W.J. 1986. Modeling of Life-Cycle Costs of Pavement Rehabilitation. Transportation Research Record 1060: 1-8.
- Fwa, T.F., Chan, W.T., and Hoque, K.Z. 1994. Multiobjective Optimization for Pavement Maintenance Programming. Journal of Transportation Engineering / September/October 2000: 367-374.
- Grivas, D. A., Ravirala, V., and Schultz, B. C. 1993. State Increment Optimization Methodology for Network-Level Pavement Management. Transportation Research Record, 1397, 25-33.
- Haas, R. 1978. Pavement Management System. : McGraw-Hill.
- Hendrickson, C. 2000. Project Management for Construction Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders. Second Edition : Prentice Hall.
- 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 Vol.1 No.4 : 88-101.
- Mamlouk, S.M., Zaniewski, P.J., and He, W. 2000. Analysis and Design Optimization of Flexible Pavement. Journal of Transportation Engineering March/April: 161-167.
- Mijuskovic, V., et al. 1994. Impact of Different Economic Criteria on Priority in Pavement Management System. Transportation Research Record 1455: 178-187.

- Nash, S.G. and Sofer, A. 1996. Linear and Nonlinear Programming. International Edition, : McGraw-Hill.
- N.D. Lea International Ltd. 1992a. Road Maintenance Project. Draft Final Report Volume II. Main Report. Asian Development Bank, Thailand.
- Paterson, William D.O. 1987. Road Deterioration and Maintenance Effects Models for Planning and Management. First printing. The Johns Hopkins University Press Baltimore and London.
- Rodrigo, S. 1999. Roads Economic Decision Model (RED) for Economic Evaluation of Low Volume Roads. Africa Transport Technical Note No.18 April.
- Rodrigo, S. 1999. Paving of Unpaved Roads Economically-Justified Paving Costs. Infrastructure Note No.RT-3 October.
- 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 No.943 : 13-17.
- Wang, C.P., Zanieski, J., et al. 1994. Analysis of Arizona Department of Transportation's New Pavement Network Optimization System. Transportation Research Record 1455: 91-100.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

แบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทาง

แบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้สามารถจำแนกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ แบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำซึ่งพัฒนาโดยวิธีการลูกโซ่มาร์คอฟ และแบบจำลองผลจากการทำอาบผิวทาง

1. แบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำ

ในงานวิจัยนี้ได้นำแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟ ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมของตัวแปรที่สนใจในปัจจุบัน เพื่อพยากรณ์พฤติกรรมของตัวแปรนั้นในอนาคตมาประยุกต์ใช้ โดยอาศัยข้อมูลในปัจจุบันเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นและมีความต่อเนื่องกัน (วิระชัย, 2547) ซึ่งการวิเคราะห์ลักษณะพฤติกรรมของทางต่างๆ โดยแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟมีสมมุติฐานที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสถานะ จากสถานะหนึ่งเป็นสถานะอื่นๆ ในช่วงเวลาหนึ่งและในระยะยาว
2. แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟ สามารถแจกแจงสถานะ (State) ที่กำลังศึกษาได้
3. ความน่าจะเป็นของสถานะ (State Probability) อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามช่วงเวลา ตั้งแต่ $1, 2, \dots, n$
4. ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ จะมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลา ยกเว้นจะมีปัจจัยอื่นมากระทบทำให้ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะเปลี่ยนแปลง

ให้ X_n เป็นกระบวนการสุ่ม จะกล่าวว่า X_n มีคุณสมบัติของมาร์คอฟ ตามสมการที่ n-1

$$P(X_{n+1} = i_{n+1} | X_1 = i_1, X_2 = i_2, \dots, X_n = i_n) = P(X_{n+1} = i_{n+1} | X_n = i_n) \quad (n-1)$$

โดยถ้า X_n เป็นลูกโซ่มาร์คอฟแล้วผลการทดสอบที่จะเกิดขึ้น X_{n+1} จะไม่ขึ้นอยู่กับผลการทดสอบอดีตที่ผ่านมา (X_1, X_2, \dots, X_{n-1}) แต่จะขึ้นอยู่กับผลการทดสอบปัจจุบัน (X_n) เท่านั้น

เนื่องจากข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากลที่สำรวจและเก็บรวบรวมมีไม่ต่อเนื่องกันทุกปี จึงเป็นข้อดีของแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟที่ใช้ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากลปัจจุบันเท่านั้นในการพิจารณาซึ่งทำให้ง่ายต่อการพัฒนาแบบจำลอง ดังนั้นแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางที่พัฒนาขึ้นมาโดยวิธีลูกโซ่มาร์คอฟจะใช้ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากลในช่วงระยะเวลาต่อเนื่องกันทุก 1 ปี เพื่อทำการหาเมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะของแบบจำลอง โดยมีสมมุติฐานว่า

เป็นแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟแบบเอกพันธ์ (Homogeneous Markov Chain) คือเป็นแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟที่มีความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาที่ยังพิจารณา

แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟให้ความสนใจกับโอกาสในการเปลี่ยนสถานะของระบบที่กำลังศึกษาว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรในแต่ละช่วงเวลา โดยสามารถที่จะแจกแจงสถานะของระบบที่ทำการศึกษาจากข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันและอาศัยหลักสถิติและความน่าจะเป็นมาประยุกต์ ในการบ่งบอกถึงสถานภาพว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะใด เพื่อทำการพยากรณ์ถึงอนาคตที่จะเกิดให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้พยากรณ์สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟจะมีใช้แบบจำลองสำหรับการตัดสินใจโดยตรงแต่เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อประกอบการวางแผนรองรับต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

1.1 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทาง

องค์ประกอบที่สำคัญของแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทาง โดยวิธีลูกโซ่มาร์คอฟนั้นมีดังต่อไปนี้

- เมตริกซ์การเปลี่ยนสถานะ (Transition Matrix) เป็นจำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนสถานะสภาพจากสถานะหนึ่งเป็นอีกสถานะหนึ่งในช่วงระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างโดยเมตริกซ์ดังต่อไปนี้

$$\begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & n_{13} & \cdot & n_{1j} \\ n_{21} & n_{22} & n_{23} & \cdot & n_{2j} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ n_{i1} & n_{i2} & n_{i3} & \cdot & n_{ij} \end{bmatrix}$$

โดยที่ n_{ij} เป็นจำนวนของข้อมูลที่เปลี่ยนสถานะสภาพจาก i ไป j ในช่วงระยะเวลาที่กำหนด

- ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ (Transition Probability) เป็นความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะหนึ่งเป็นอีกสถานะหนึ่งในระยะเวลาที่กำหนด โดย วิธีคำนวณความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะสภาพ ใช้สมการของ Maximum Likelihood Estimator แสดงตามสมการที่ ก-2

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_j \sum_i n_{ij}} \quad (n-2)$$

โดยที่ P_{ij} = ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจาก i ไป j

n_{ij} = จำนวนของข้อมูลที่เปลี่ยนสถานะจาก i ไป j

$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n n_{ij}$ = ผลรวมข้อมูลทั้งหมดที่เปลี่ยนจากสถานะ i ไป j

- เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ (Transition Probability Matrix) เป็นเมทริกซ์ที่แสดงความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะสภาพ ของตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ ตัวอย่างเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะมีดังนี้

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \cdot & P_{1j} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \cdot & P_{2j} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{i1} & P_{i2} & P_{i3} & \cdot & P_{ij} \end{bmatrix}$$

โดยที่ P_{ij} เป็นความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจาก i ไป j ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

- เวกเตอร์สถานะสภาพ (Condition State Vector, CSV) เป็นเวกเตอร์ที่แสดงสถานะสภาพของผิวทางต่างๆ มีขนาดเท่ากับ $1 \times n$ เมทริกซ์ โดยที่ n คือ จำนวนสถานะสภาพของผิวทาง เช่น [1 2 3 4 5 ... 11] เมื่อ n เท่ากับ 11 เป็นต้น ซึ่งสถานะสภาพของผิวทางดังกล่าวใช้แทนช่วงของค่าดัชนีความขรุขระสากลที่กำหนด เช่น สถานะสภาพเท่ากับ 3 แสดงว่า ค่าดัชนีความขรุขระสากลมีค่าอยู่ระหว่างตั้งแต่ 2.51 ถึง 3.00 เมตรต่อกิโลเมตร เป็นต้น โดยการกำหนดค่าสถานะของผิวทางจะกล่าวถึงในส่วนถัดไป

- เวกเตอร์สถานะเริ่มต้น (Initial State Vector, ISV) เป็นเวกเตอร์ที่แสดงสถานะสภาพของผิวทางที่ระยะเวลาเริ่มต้น มีขนาดเท่ากับ $1 \times n$ เมทริกซ์ โดยที่ n คือ จำนวนสถานะสภาพของผิวทาง เช่น [1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0] เมื่อ n เท่ากับ 11 แสดงว่าเมื่อ

ก่อสร้างผิวทางเสร็จสภาพผิวทางอยู่ในสถานะภาพที่ 1 ซึ่งมีค่าดัชนีความขรุขระสากลน้อยกว่า 2.00 เมตรต่อกิโลเมตร เป็นต้น

- เวกเตอร์สถานะสภาพของผิวทาง (Pavement Condition State Vector at Time t, PCSV) เป็นเวกเตอร์ที่แสดงความน่าจะเป็นของสถานะสภาพของผิวทางที่เวลาใดๆ โดยผลรวมของแถวในเวกเตอร์จะเท่ากับ 1 เสมอ การคำนวณเวกเตอร์สถานะสภาพของผิวทางใช้สมการของ Chapman – Kolmogorov Equation ตามสมการที่ ก-3

$$PCSV(t) = ISV(0) \times P^t \quad (ก-3)$$

โดยที่ $PCSV(t)$ = เวกเตอร์ความน่าจะเป็นแสดงสถานะสภาพของผิวทาง ณ เวลา t

$ISV(0)$ = เวกเตอร์สถานะสภาพของผิวทาง ณ เวลาเริ่มต้น

P = เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ

t = อายุของผิวทาง (ปี)

- สถานะสภาพของผิวทาง (Pavement Condition State, PCS) เป็นค่าสถานะสภาพของผิวทางที่เวลาใดๆ ซึ่งเป็นค่าคาดหวัง (Expected Value) ของการเปลี่ยนสถานะของสภาพผิวทาง โดยการหาพฤติกรรมการเสื่อมสภาพของผิวทางสามารถคำนวณ ตามสมการที่ ก-4

$$PCS(t) = PCSV \times CSV^t \quad (ก-4)$$

โดยที่ $PCS(t)$ = สถานะสภาพของผิวทาง ณ เวลา t

CSV^t = เวกเตอร์สถานะสภาพผกผัน

จากองค์ประกอบทั้งหมดในขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางโดยวิธีลูกโซ่มาร์คอฟสามารถแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

7. จัดกลุ่มข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากลตามปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อความเสียหายของผิวทางในลักษณะต่างๆ
8. กำหนดเมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะและหาเมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะ
9. คำนวณหาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ
10. คำนวณหาเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ
11. คำนวณค่าสถานะสภาพของผิวทางที่เวลาต่างๆ
12. คำนวณค่าดัชนีความขรุขระสากลที่เวลาต่างๆ

1.2 การกำหนดเมตริกซ์การเปลี่ยนสถานะและการคำนวณหาเมตริกซ์การเปลี่ยนสถานะ

แบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ค่าดัชนีความขรุขระสากลที่กำหนดให้เป็นตัวแทนสภาพความเสียหายของผิวทางในการพยากรณ์การเสื่อมสภาพของผิวทางในอนาคต แต่เนื่องจากค่าดัชนีความขรุขระสากลที่รวบรวมมาเป็นข้อมูลตัวแปรเชิงปริมาณ ทำให้ขั้นตอนการกำหนดเมตริกซ์การเปลี่ยนสถานะทำได้ยาก ดังนั้นต้องทำให้ค่าดัชนีความขรุขระสากลเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มโดยการจัดกลุ่มลักษณะสภาพของผิวทางซึ่งแยกออกตามภูมิภาค

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองได้ทำการปรับแบบจำลองสภาพทางโดยแบ่งช่วงของการเปลี่ยนสถานะเป็น 11 ช่วง ดังตารางที่ ก-1

ตารางที่ ก-1 การกำหนดช่วงของการเปลี่ยนสถานะ

| State | IRI Range (m/km) |
|-------|---------------------|
| 1 | < 2.00 |
| 2 | 2.00 – 2.50 |
| 3 | 2.51-3.00 |
| 4 | 3.01-3.50 |
| 5 | 3.51-4.00 |
| 6 | 4.01-4.50 |
| 7 | 4.51-5.00 |
| 8 | 5.01-5.50 |
| 9 | 5.51-6.00 |
| 10 | 6.01-6.50 |
| 11 | > 6.50 |

ดังนั้น เมตริกซ์การเปลี่ยนสถานะสภาพที่แบ่งค่าดัชนีความขรุขระสากลเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มมีดังต่อไปนี้

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{1-1} & P_{1-2} & P_{1-3} & \dots & P_{1-11} \\ P_{2-1} & P_{2-2} & P_{2-3} & \dots & P_{2-11} \\ P_{3-1} & P_{3-2} & P_{3-3} & \dots & P_{3-11} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{11-1} & P_{11-2} & P_{11-3} & \dots & P_{11-11} \end{bmatrix}$$

จากข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากลของสายทางที่มีปริมาณการจราจรต่ำในความ
รับผิดชอบของกรมทางหลวงจำนวน 931 สายทาง สามารถหาเมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะที่แบ่งค่า
ดัชนีความขรุขระสากลได้ 1,683 ข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลการสำรวจสภาพผิวทางต่อเนื่องทุกปี โดย
แยกตามภูมิภาคได้ดังแสดงในตารางที่ ก-2 ถึง ก-5

ตารางที่ ก-2 เมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของสายทางในภาคเหนือ

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|------------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | | 6 | 1 | | | | | | | | | 7 |
| 2 | | 8 | 13 | 5 | 3 | 1 | 3 | | | | | 33 |
| 3 | | | 12 | 28 | 7 | 1 | | | | | | 48 |
| 4 | | | | 22 | 39 | 12 | 7 | 2 | | | | 82 |
| 5 | | | | | 26 | 48 | 15 | 5 | 2 | 1 | | 97 |
| 6 | | | | | | 20 | 35 | 7 | 7 | 1 | | 70 |
| 7 | | | | | | | 16 | 23 | 14 | 5 | | 58 |
| 8 | | | | | | | | 7 | 21 | 2 | 7 | 37 |
| 9 | | | | | | | | | 9 | 6 | 11 | 26 |
| 10 | | | | | | | | | | 2 | 7 | 9 |
| 11 | | | | | | | | | | | 20 | 20 |
| รวม | 0 | 14 | 26 | 55 | 75 | 82 | 76 | 44 | 53 | 17 | 45 | 487 |

ตารางที่ ก-3 เมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากของสายทางในภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|------------|---------|---|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | | 2 | | | | | | | | | | 2 |
| 2 | | 3 | 11 | 6 | 3 | | | | | | | 23 |
| 3 | | | 28 | 42 | 8 | 5 | 1 | | | | | 84 |
| 4 | | | | 42 | 76 | 16 | 4 | 1 | | | | 139 |
| 5 | | | | | 35 | 53 | 15 | 2 | 2 | | | 107 |
| 6 | | | | | | 38 | 28 | 13 | 8 | | | 87 |
| 7 | | | | | | | 11 | 15 | 17 | 1 | | 44 |
| 8 | | | | | | | | 7 | 10 | 4 | 4 | 25 |
| 9 | | | | | | | | | 2 | 6 | 6 | 14 |
| 10 | | | | | | | | | | 2 | 3 | 5 |
| 11 | | | | | | | | | | | 2 | 2 |
| รวม | 0 | 5 | 39 | 90 | 122 | 112 | 59 | 38 | 39 | 13 | 15 | 532 |

ตารางที่ ก-4 เมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากของสายทางในภาคกลาง

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|------------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | | 3 | 1 | 1 | | | | | | | | 5 |
| 2 | | 8 | 7 | 5 | 1 | | | | | | | 21 |
| 3 | | | 17 | 40 | 6 | 5 | 2 | | | | | 70 |
| 4 | | | | 37 | 48 | 10 | 2 | 2 | 2 | | | 101 |
| 5 | | | | | 22 | 37 | 10 | 3 | 5 | | | 77 |
| 6 | | | | | | 14 | 19 | 10 | 1 | 4 | 3 | 51 |
| 7 | | | | | | | 9 | 10 | 4 | 2 | 4 | 29 |
| 8 | | | | | | | | 3 | 6 | 3 | 2 | 14 |
| 9 | | | | | | | | | 1 | 2 | 8 | 11 |
| 10 | | | | | | | | | | 3 | 6 | 9 |
| 11 | | | | | | | | | | | 8 | 8 |
| รวม | 0 | 11 | 25 | 83 | 77 | 66 | 42 | 28 | 19 | 14 | 31 | 396 |

ตารางที่ ก-5 เมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของสายทางในภาคใต้

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|------------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | 2 | 5 | 2 | | 1 | | | | | | | 10 |
| 2 | | 9 | 19 | 3 | | 1 | | | | | | 32 |
| 3 | | | 20 | 24 | 3 | 2 | 3 | | | | | 52 |
| 4 | | | | 21 | 23 | 5 | 1 | 1 | 1 | | | 52 |
| 5 | | | | | 16 | 28 | 3 | 1 | 1 | 2 | | 51 |
| 6 | | | | | | 14 | 18 | | 2 | 1 | | 35 |
| 7 | | | | | | | 5 | 11 | 2 | | | 18 |
| 8 | | | | | | | | 2 | 3 | 2 | | 7 |
| 9 | | | | | | | | | 2 | 1 | 2 | 5 |
| 10 | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 |
| 11 | | | | | | | | | | | 3 | 3 |
| รวม | 2 | 14 | 41 | 48 | 43 | 50 | 30 | 15 | 11 | 7 | 7 | 268 |

1.3 การคำนวณความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะและเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ

จากเมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะข้างต้น สามารถคำนวณเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะจากปัจจุบันไปยังปีถัดไปตามสมการที่ ก-2 โดยแสดงเมทริกซ์ดังกล่าวในรูปที่ ก-6 ถึง ก-9

ตารางที่ ก-6 เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของสาย
ทางในภาคเหนือจากปีปัจจุบันไปปีที่ 1

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | 0.000 | 0.857 | 0.143 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 2 | 0.000 | 0.242 | 0.394 | 0.152 | 0.091 | 0.030 | 0.091 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.250 | 0.583 | 0.146 | 0.021 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.268 | 0.476 | 0.146 | 0.085 | 0.024 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.268 | 0.495 | 0.155 | 0.052 | 0.021 | 0.010 | 0.000 | 1.000 |
| 6 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.286 | 0.500 | 0.100 | 0.100 | 0.014 | 0.000 | 1.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.276 | 0.397 | 0.241 | 0.086 | 0.000 | 1.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.189 | 0.568 | 0.054 | 0.189 | 1.000 |
| 9 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.346 | 0.231 | 0.423 | 1.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.222 | 0.778 | 1.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |

ตารางที่ ก-7 เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของสาย
ทางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากปีปัจจุบันไปปีที่ 1

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 2 | 0.000 | 0.130 | 0.478 | 0.261 | 0.130 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.333 | 0.500 | 0.095 | 0.060 | 0.012 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.302 | 0.547 | 0.115 | 0.029 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.327 | 0.495 | 0.140 | 0.019 | 0.019 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 6 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.437 | 0.322 | 0.149 | 0.092 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.250 | 0.341 | 0.386 | 0.023 | 0.000 | 1.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.280 | 0.400 | 0.160 | 0.160 | 1.000 |
| 9 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.143 | 0.429 | 0.429 | 1.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.400 | 0.600 | 1.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |

ตารางที่ ก-8 เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของสาย
ทางในภาคกลางจากปีปัจจุบันไปปีที่ 1

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | 0.000 | 0.600 | 0.200 | 0.200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 2 | 0.000 | 0.381 | 0.333 | 0.238 | 0.048 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.243 | 0.571 | 0.086 | 0.071 | 0.029 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.366 | 0.475 | 0.099 | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.286 | 0.481 | 0.130 | 0.039 | 0.065 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 6 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.275 | 0.373 | 0.196 | 0.020 | 0.078 | 0.059 | 1.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.310 | 0.345 | 0.138 | 0.069 | 0.138 | 1.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.214 | 0.429 | 0.214 | 0.143 | 1.000 |
| 9 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.091 | 0.182 | 0.727 | 1.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.333 | 0.667 | 1.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |

ตารางที่ ก-9 เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของสาย
ทางในภาคใต้จากปีปัจจุบันไปปีที่ 1

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | 0.200 | 0.500 | 0.200 | 0.000 | 0.100 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 2 | 0.000 | 0.281 | 0.594 | 0.094 | 0.000 | 0.031 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.385 | 0.462 | 0.058 | 0.038 | 0.058 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.404 | 0.442 | 0.096 | 0.019 | 0.019 | 0.019 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.314 | 0.549 | 0.059 | 0.020 | 0.020 | 0.039 | 0.000 | 1.000 |
| 6 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.400 | 0.514 | 0.000 | 0.057 | 0.029 | 0.000 | 1.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.278 | 0.611 | 0.111 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.286 | 0.429 | 0.286 | 0.000 | 1.000 |
| 9 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.400 | 0.200 | 0.400 | 1.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.333 | 0.667 | 1.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |

หลังจากคำนวณเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะภาพจากสถานะภาพเริ่มต้นไปยังปีแรก (ปีที่ 0) จะสามารถคำนวณหาเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะภาพไปยังปีถัดไปหรือปีที่พิจารณา (ปีที่ n) ได้โดยการคูณเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะภาพของปีแรก (ปีที่ 0) กับเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะภาพของปีก่อนปีที่พิจารณา (ปีที่ $n-1$) ดังตัวอย่างในตารางที่ ก-10 ถึง ก-13 ซึ่งเป็นการคำนวณเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะภาพจากปีที่ 1 ไปปีที่ 2 โดยคำนวณจากผลคูณระหว่างเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะภาพเริ่มต้นไปยังปีแรก (ปีที่ 0 ไปปีที่ 1) กับเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะภาพของปีก่อนปี (ปีที่ 0 ไปปีที่ 1) ในทำนองเดียวกันการคำนวณเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะภาพจากปีที่ 2 ไปปีที่ 3 สามารถคำนวณได้จากผลคูณระหว่างเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะภาพเริ่มต้นไปยังปีแรก (ปีที่ 0 ไปปีที่ 1) กับเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะภาพของปีก่อนปี (ปีที่ 1 ไปปีที่ 2)

ตารางที่ ก-10 เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความซรุระสากลของสายทางในภาคเหนือจากปีที่ 1 ไปปีที่ 2

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|--------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | 0.000 | 0.208 | 0.373 | 0.213 | 0.099 | 0.029 | 0.078 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 2 | 0.000 | 0.059 | 0.194 | 0.307 | 0.176 | 0.091 | 0.089 | 0.047 | 0.027 | 0.009 | 0.000 | 1.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.063 | 0.302 | 0.353 | 0.169 | 0.083 | 0.024 | 0.005 | 0.002 | 0.000 | 1.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.072 | 0.255 | 0.316 | 0.193 | 0.084 | 0.059 | 0.016 | 0.005 | 1.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.072 | 0.274 | 0.332 | 0.134 | 0.129 | 0.033 | 0.026 | 1.000 |
| 6 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.082 | 0.281 | 0.246 | 0.241 | 0.079 | 0.072 | 1.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.076 | 0.184 | 0.375 | 0.120 | 0.244 | 1.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.036 | 0.304 | 0.153 | 0.507 | 1.000 |
| 9 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.120 | 0.131 | 0.749 | 1.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.049 | 0.951 | 1.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |



ตารางที่ ก-11 เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของ
สายทางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากปีที่ 1 ไปปีที่ 2

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | 0.000 | 0.130 | 0.478 | 0.261 | 0.130 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 2 | 0.000 | 0.017 | 0.222 | 0.352 | 0.248 | 0.123 | 0.031 | 0.004 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.111 | 0.318 | 0.336 | 0.151 | 0.054 | 0.018 | 0.012 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.091 | 0.344 | 0.356 | 0.130 | 0.041 | 0.035 | 0.002 | 0.001 | 1.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.107 | 0.378 | 0.240 | 0.133 | 0.116 | 0.014 | 0.011 | 1.000 |
| 6 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.191 | 0.221 | 0.217 | 0.237 | 0.071 | 0.063 | 1.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.063 | 0.181 | 0.288 | 0.235 | 0.234 | 1.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.078 | 0.169 | 0.280 | 0.472 | 1.000 |
| 9 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.020 | 0.233 | 0.747 | 1.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.160 | 0.840 | 1.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |

ตารางที่ ก-12 เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของ
สายทางในภาคกลางจากปีที่ 1 ไปปีที่ 2

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | 0.000 | 0.229 | 0.249 | 0.330 | 0.141 | 0.034 | 0.010 | 0.004 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 2 | 0.000 | 0.145 | 0.208 | 0.368 | 0.173 | 0.070 | 0.020 | 0.007 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.059 | 0.348 | 0.317 | 0.135 | 0.065 | 0.039 | 0.022 | 0.008 | 0.008 | 1.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.134 | 0.310 | 0.292 | 0.112 | 0.056 | 0.053 | 0.017 | 0.026 | 1.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.082 | 0.269 | 0.256 | 0.158 | 0.068 | 0.067 | 0.099 | 1.000 |
| 6 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.075 | 0.218 | 0.224 | 0.143 | 0.119 | 0.221 | 1.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.096 | 0.181 | 0.203 | 0.143 | 0.376 | 1.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.046 | 0.131 | 0.195 | 0.628 | 1.000 |
| 9 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.077 | 0.915 | 1.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.111 | 0.889 | 1.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |

ตารางที่ ก-13 เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะของค่าดัชนีความขรุขระสากลของ
สายทางในภาคใต้จากปีที่ 1 ไปปีที่ 2

| สถานะ i | สถานะ j | | | | | | | | | | | รวม |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | 0.040 | 0.241 | 0.414 | 0.139 | 0.063 | 0.078 | 0.017 | 0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.000 | 1.000 |
| 2 | 0.000 | 0.079 | 0.395 | 0.338 | 0.076 | 0.053 | 0.052 | 0.002 | 0.004 | 0.001 | 0.000 | 1.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.148 | 0.364 | 0.244 | 0.106 | 0.070 | 0.045 | 0.019 | 0.003 | 0.000 | 1.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.163 | 0.317 | 0.320 | 0.089 | 0.034 | 0.040 | 0.029 | 0.008 | 1.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.098 | 0.392 | 0.317 | 0.048 | 0.060 | 0.051 | 0.034 | 1.000 |
| 6 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.160 | 0.349 | 0.314 | 0.103 | 0.032 | 0.042 | 1.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.077 | 0.344 | 0.337 | 0.197 | 0.044 | 1.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.082 | 0.294 | 0.263 | 0.362 | 1.000 |
| 9 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.160 | 0.147 | 0.693 | 1.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.111 | 0.889 | 1.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |

1.4 การคำนวณหาแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางในถนนที่มีปริมาณจราจรต่ำ

เมื่อได้ค่าเมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะและเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะแล้ว ขั้นตอนต่อไปทำการคำนวณหาค่าเวกเตอร์สถานะสภาพของผิวทาง (PCSV) กับค่าสถานะสภาพของผิวทาง (PCS) ที่ระยะเวลาต่างๆ โดยอาศัยสมการที่ ก-3 และสมการที่ ก-4 ตามลำดับ โดยใช้ค่าดัชนีความขรุขระสากลเริ่มต้นเท่ากับ 2.0 เมตรต่อกิโลเมตร ดังนั้น เวกเตอร์สถานะเริ่มต้น (ISV) คือ [1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0] ซึ่งสามารถคำนวณหาแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางที่แสดงสถานะสภาพของค่าดัชนีความขรุขระสากลที่ระยะเวลาต่างๆ ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 \text{PCSV}(3) &= [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \times \begin{bmatrix} 0.000 & 0.050 & 0.175 & 0.306 & 0.201 & 0.102 & 0.088 & 0.044 & 0.024 & 0.008 & 0.000 \\ 0.000 & 0.014 & 0.072 & 0.204 & 0.227 & 0.164 & 0.129 & 0.070 & 0.071 & 0.022 & 0.027 \\ 0.000 & 0.000 & 0.016 & 0.118 & 0.248 & 0.268 & 0.188 & 0.080 & 0.059 & 0.016 & 0.008 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.019 & 0.103 & 0.227 & 0.257 & 0.139 & 0.152 & 0.045 & 0.058 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.019 & 0.114 & 0.240 & 0.188 & 0.230 & 0.078 & 0.132 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.023 & 0.118 & 0.166 & 0.299 & 0.112 & 0.282 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.021 & 0.065 & 0.253 & 0.130 & 0.531 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.007 & 0.125 & 0.106 & 0.762 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.041 & 0.057 & 0.902 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.011 & 0.989 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 1.000 \end{bmatrix} \\
&= [0.000 \ 0.050 \ 0.175 \ 0.306 \ 0.201 \ 0.102 \ 0.088 \ 0.044 \ 0.024 \ 0.008 \ 0.000]
 \end{aligned}$$

$$\text{PCS}(3) = [0.000 \ 0.050 \ 0.175 \ 0.306 \ 0.201 \ 0.102 \ 0.088 \ 0.044 \ 0.024 \ 0.008 \ 0.000] \times \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \end{bmatrix} = 4.739$$

เมื่อได้ค่าเวคเตอร์สถานะภาพของผิวทางแล้วจะสามารถคำนวณค่าสถานะภาพของผิวทาง ณ เวลาใดๆ (PCS(t)) ได้โดยการคูณค่าเวคเตอร์สถานะภาพของผิวทางกับเวคเตอร์สถานะภาพผกผัน (CSV) ซึ่งจากตัวอย่างจะสามารถคำนวณค่าสถานะภาพของผิวทาง ณ ปีที่ 3 ได้เท่ากับ 4.739 และเนื่องจากค่าสถานะภาพของผิวทาง (PCS) ที่ได้จะเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มของค่าดัชนีความขรุขระระสากหรือเรียกว่า ค่าคาดหวังของสถานะสภาพผิวทาง ดังนั้นจำเป็นต้องแปลงค่าสถานะสภาพของผิวทางที่ระยะเวลาต่างๆ ให้เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ เพื่อที่จะแสดงค่าคาดหวังของดัชนีความขรุขระระสากที่ระยะเวลาต่างๆ โดยคำนวณโดยการประมาณค่าในช่วงของสถานะ (Interpolation) ดังต่อไปนี้

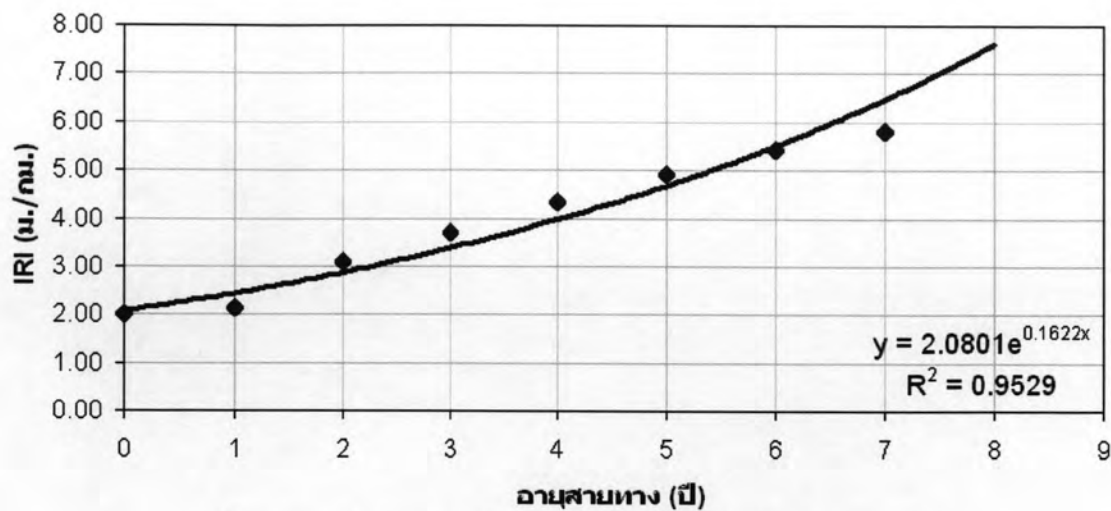
$$IRI(3) = 3.00 + \frac{4.379 - 4.00}{4.00 - 3.00} = 3.74$$

จากวิธีการดังกล่าวจะสามารถคำนวณค่าเวกเตอร์สถานะสภาพของผิวทาง (PCSV) ค่าสถานะสภาพของผิวทาง (PCS) และค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) ที่ระยะเวลาต่างๆ ผลการคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ ก-14

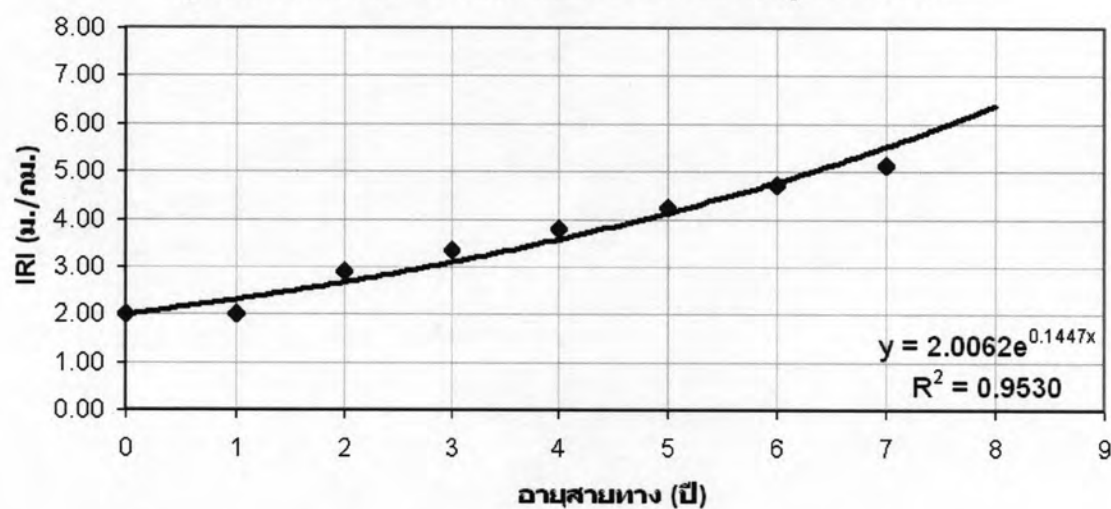
ตารางที่ ก-14 ค่าคาดหวังของการเปลี่ยนสถานะ และค่าดัชนีความขรุขระสากล ณ ปีต่างๆ

| ภูมิภาค | ภาคเหนือ | | ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | | ภาคกลาง | | ภาคใต้ | |
|---------|----------|------------|-----------------------|------------|---------|------------|--------|------------|
| | สถานะ | IRI (m/km) | สถานะ | IRI (m/km) | สถานะ | IRI (m/km) | สถานะ | IRI (m/km) |
| ปี | | | | | | | | |
| 0 | 1.000 | 2.00 | 1.000 | 2.00 | 1.000 | 2.00 | 1.000 | 2.00 |
| 1 | 2.143 | 2.14 | 2.000 | 2.00 | 2.249 | 2.25 | 2.300 | 2.30 |
| 2 | 3.601 | 3.10 | 3.391 | 2.89 | 3.568 | 3.07 | 3.298 | 2.80 |
| 3 | 4.739 | 3.74 | 4.362 | 3.36 | 4.584 | 3.58 | 4.217 | 3.22 |
| 4 | 5.840 | 4.34 | 5.284 | 3.78 | 5.672 | 4.17 | 5.112 | 3.61 |
| 5 | 6.910 | 4.90 | 6.233 | 4.23 | 6.796 | 4.80 | 5.998 | 4.50 |
| 6 | 7.914 | 5.41 | 7.205 | 4.71 | 7.873 | 5.37 | 6.858 | 4.86 |
| 7 | 8.803 | 5.80 | 8.143 | 5.14 | 8.812 | 5.81 | 7.665 | 5.17 |

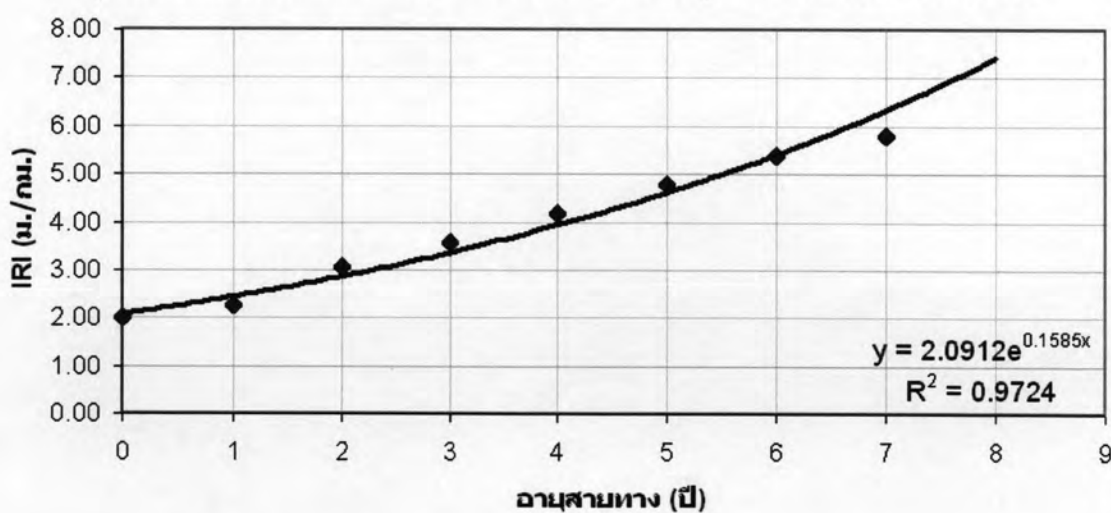
เมื่อนำข้อมูลที่คำนวณได้ในตารางที่ ก-14 มาทำการเขียนแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาดหวังของดัชนีความขรุขระสากลกับอายุของสายทางจะสามารถสรุปได้ดังรูปที่ ก-1 ถึง ก-4 โดยที่แกน X แทนอายุ และแกน Y แทนค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) ของสายทางตามแบบจำลอง



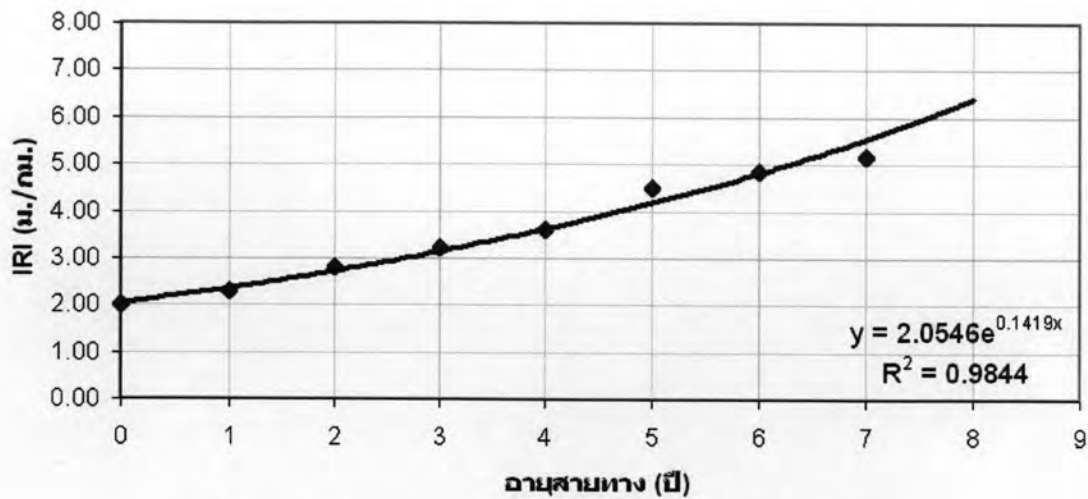
รูปที่ ก-1 แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางที่อยู่ในภาคเหนือ



รูปที่ ก-2 แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางที่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ ก-3 แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางที่อยู่ในภาคกลาง



รูปที่ ก-4 แบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางที่อยู่ในภาคใต้

เมื่อนำข้อมูลมาทำการเขียนกราฟและหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าดัชนีความชำรุดทรุดโทรมด้วยวิธีการ Exponential จะสามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้

ภาคเหนือ : $IRI = 2.0801e^{0.1622AGE}$ (ก-5)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : $IRI = 2.0062e^{0.1447AGE}$ (ก-6)

ภาคกลาง : $IRI = 2.0912e^{0.1585AGE}$ (ก-7)

ภาคใต้ : $IRI = 2.0546e^{0.1419AGE}$ (ก-8)

โดยที่ $IRI =$ ค่าดัชนีความชำรุดทรุดโทรมภายหลังสายทาง ณ ปีที่พิจารณา (ม./กม.)

$AGE =$ อายุของสายทาง (ปี)

2. ผลกระทบจากการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการฉาบผิวและการปรับระดับต่อสภาพผิวทาง

ในส่วนของแบบจำลองสภาพผิวทางภายหลังผิวทางได้รับการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการฉาบผิวนั้นทางที่คณะที่ปรึกษาได้ทำการศึกษาและพบว่า ผลจากการฉาบผิวนั้นจะช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของผิวทาง ทำให้ผิวทางเสื่อมสภาพด้วยอัตราที่ช้าลง โดยจากการศึกษานั้นทางคณะที่ปรึกษาได้อ้างอิงผลกระทบจากการฉาบผิวทางของวิศณุและคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการฉาบผิวทางที่มีต่อค่าดัชนีความชำรุดทรุดโทรมในสายทางที่มีผิวลาดยางของกรมทางหลวง และทำการปรับปรุงให้สอดคล้องกับสภาพถนนที่มีปริมาณจราจรต่ำ

ตารางที่ ก-15 แบบจำลองในการทำนายค่า Δ IRI 1 ปีภายหลังจากทำฉาบผิว

| Δ IRI = a + (b ₁ *IRI ₀) + (b ₂ *AVE.AADT) + (b ₃ *%HV) + (b ₄ *AVE.RAIN) (ก-9) | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|
| | % Gradient | | | |
| | 0-3% | 3-5% | > 5% | Total |
| a | -0.132 | -0.172 | -0.281 | -0.094 |
| b ₁ (*10 ⁻²) | 4.607 | 5.626 | 6.632 | 4.882 |
| b ₂ (*10 ⁻⁶) | 3.246 | 6.551 | 13.600 | 3.170 |
| b ₃ (*10 ⁻³) | 1.415 | 2.408 | 3.790 | 0.763 |
| b ₄ (*10 ⁻⁵) | 2.084 | 2.190 | 7.670 | 1.303 |
| R ² | 0.651 | 0.561 | 0.505 | 0.445 |

โดยที่ Δ IRI = ผลต่างของค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังจากสายทางได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว 1 ปี กับสภาพผิวทางในปัจจุบัน (ม./กม.)

IRI₀ = ค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังจากสายทาง ณ ปัจจุบัน (ม./กม.)

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

%HV = สัดส่วนรถหนัก (%)

AVE.RAIN = ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของพื้นที่ (มม./เดือน)

a, b₁, b₂, b₃ = ค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ

จากตารางที่ ก-15 พบว่าการซ่อมบำรุงผิวทางด้วยการฉาบผิวลาดยางจะช่วยชะลออัตราการเสื่อมสภาพของผิวทาง โดยผลต่างของค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังจากสายทางได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว 1 ปี กับสภาพผิวทางในปัจจุบัน (IRI₁ - IRI₀) จะแสดงด้วยค่า Δ IRI

3. ผลกระทบจากการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการเสริมผิวลาดยางและซ่อมสร้าง

ในส่วนของแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางภายหลังจากการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการเสริมผิวทาง (Overlay) และวิธีการบูรณะผิวทาง (Rehabilitation) จะสมมติให้สายทางมีพฤติกรรมการเสื่อมสภาพเหมือนสายทางที่สร้างเสร็จใหม่ กล่าวคือ หลังได้รับการซ่อมบำรุงเสร็จค่าดัชนีความขรุขระสากลจะมีค่าประมาณ 2.0 เมตรต่อกิโลเมตร

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทาง
ในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำ

ในส่วนนี้จะแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทางในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำด้วยแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งรูปแบบการวิเคราะห์ออกเป็นการวิเคราะห์แผนงานแบบปีต่อปีซึ่งเป็นตัวอย่างการวิเคราะห์โครงข่ายสายทางจำนวน 10 สายทาง และแบบต่อเนื่องหลายปีซึ่งเป็นตัวอย่างการวิเคราะห์สำหรับ 3 สายทาง ในช่วงระยะเวลา 3 ปี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลสำหรับตัวอย่างการคำนวณ

ข้อมูลที่นำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์นี้อ้างอิงจากฐานข้อมูลของกรมทางหลวงชนบท ซึ่งข้อมูลประกอบด้วยรหัสสายทาง ช่วงสายทางที่นำมาพิจารณา ปริมาณการจราจร สัดส่วนของรถบรรทุกหนัก ค่าดัชนีความขรุขระสากลของแต่ละช่วงสายทาง และอายุใช้งานของสายทาง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ ข-1

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลตัวอย่างสายทางที่นำวิเคราะห์แผนงาน

| รหัสสายทาง | จาก กม. | ถึง กม. | PCU | %HV | IRI | อายุการใช้งาน (ปี) |
|------------|---------|---------|-------|-----|------|--------------------|
| ปท.3007 | 2 | 3 | 665.8 | 0.5 | 2.99 | 2 |
| ปท.3008 | 11 | 12 | 670.5 | 2.9 | 2.10 | 2 |
| ปท.3011 | 9 | 10 | 820.8 | 3.7 | 5.04 | 4 |
| ปท.3019 | 3 | 4 | 599.5 | 1.2 | 3.07 | 2 |
| ปท.3025 | 5 | 6 | 268.0 | 0.5 | 4.42 | 5 |
| ปท.5023 | 1 | 2 | 535.5 | 0.9 | 6.84 | 9 |
| ปท.5026 | 0 | 1 | 776.0 | 0.8 | 6.35 | 9 |
| ปท.4003 | 0 | 1 | 375.3 | 0.4 | 2.55 | 3 |
| ปท.3020 | 14 | 15 | 924.0 | 5.1 | 5.94 | 1 |
| ปท.3022 | 10 | 11 | 325.0 | 1.1 | 6.07 | 8 |

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์หาแผนงานบำรุงรักษาผิวทาง

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาแผนงานนี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการกำหนดค่าองค์ประกอบสำหรับทางเลือกในการซ่อมบำรุง ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง และขั้นตอนการวิเคราะห์หาแผนงานบำรุงรักษาผิวทาง

การหาค่าองค์ประกอบสำหรับทางเลือกในการซ่อมบำรุง จะเป็นการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุง ซึ่งต้องคำนวณหาอายุใช้งานของสายทางตามแบบจำลอง โดยแทนค่าดัชนีความขรุขระสากลลงในสมการที่ 3.1 ถึง 3.4 ดังนี้

สายทาง ปท.3007 มีค่าดัชนีความขรุขระสากลเท่ากับ 2.99 เมตรต่อกิโลเมตร จะสามารถคำนวณอายุใช้งานตามแบบจำลอง ณ ปัจจุบันโดยใช้สมการที่ 3.3 ได้ คือ

$$2.99 = 2.0912e^{0.1585AGE}$$

$$AGE_0 = 2.26 \text{ เมตรต่อกิโลเมตร}$$

ดังนั้น การคำนวณสภาพผิวทางปีถัดไปเมื่อได้รับการซ่อมบำรุงปกติ (Routine Maintenance) จะพิจารณาที่อายุใช้งานเท่ากับ $2.26 + 1 = 3.26$ ปี ดังนี้

$$IRI_1 = 2.0912e^{0.1585(3.26)}$$

$$IRI_1 = 3.13 \text{ เมตรต่อกิโลเมตร}$$

การคำนวณสภาพผิวทางภายหลังได้รับการฉาบผิวทาง (Slurry Seal) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 3.5 ดังนี้

$$IRI_1 = IRI_0 + \Delta IRI$$

$$\begin{aligned} IRI_1 &= IRI_0 + \{a + (b_1 * IRI_0) + (b_2 * AVE.AADT) + (b_3 * \%HV) + (b_4 * AVE.RAIN)\} \\ &= 2.99 + \{-0.0722 + (0.04841 * 2.99) + (0.000003291 * 665.8) + (0.000506 * 0.5)\} \\ &= 3.07 \text{ เมตรต่อกิโลเมตร} \end{aligned}$$

ซึ่งภายหลังจากคำนวณค่าดัชนีความขรุขระสากลในปีถัดไปเมื่อได้รับการฉาบผิวทาง ณ ปัจจุบันแล้วนั้น การคำนวณค่าดัชนีความขรุขระสากลหลังจากนั้นจะใช้วิธีการเดียวกับการคำนวณค่าสภาพผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงปกติ

การวิเคราะห์สภาพผิวทางภายหลังจากได้รับการเสริมผิวทางและบูรณะผิวทาง จะเสมือนผิวทางได้รับการสร้างเสริมใหม่ ซึ่งสามารถคำนวณค่าดัชนีความขรุขระสากลในปีปัจจุบันและปีถัดไปภายหลังจากผิวทางได้รับการเสริมผิวหรือบูรณะได้ดังนี้

$$IRI_0 = 2.0912e^{0.1585(0)}$$

$$IRI_0 = 2.09$$

$$IRI_1 = 2.0912e^{0.1585(1)}$$

$$IRI_1 = 2.45$$

โดยตัวอย่างผลการคำนวณทั้งหมดของโครงข่ายสายทางตัวอย่างจะแสดงในส่วนถัดไป

ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานแบบปีต่อปี

ขั้นตอนการกำหนดค่าองค์ประกอบสำหรับทางเลือกในการซ่อมบำรุง เป็นการวิเคราะห์หาค่าสภาพผิวทางภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงต่างๆ เพื่อนำมาใช้คำนวณค่าดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปีสำหรับแต่ละวิธีการซ่อมบำรุงของแต่ละสายทาง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ ข-2 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3007 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง
ณ ปีแรกของแผนงาน

| ปีที่ใช้งาน | ค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธี (ม./กม.) | | | |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | งานบำรุงปกติ | งานฉาบผิวทาง | งานเสริมผิวทาง | งานบูรณะผิวทาง |
| 1 | - | - | - | - |
| 2 | 2.99 | 2.99 | 2.09 | - |
| 3 | 3.50 | 3.07 | 2.45 | - |
| 4 | 4.11 | 3.59 | 2.87 | - |
| 5 | 4.81 | 4.21 | 3.36 | - |
| 6 | 5.64 | 4.93 | 3.94 | - |
| 7 | 6.60 | 5.78 | 4.62 | - |
| 8 | - | - | 5.41 | - |
| 9 | - | - | 6.34 | - |
| 10 | - | - | - | - |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ | 20.14 | 18.00 | 19.70 | 0.00 |
| UIRI | 5.58 | 4.99 | 4.32 | 0.00 |

ตารางที่ ข-3 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3008 ภายหลังได้รับการซ่อมบำรุง
ณ ปีแรกของแผนงาน

| ปีที่ใช้งาน | ค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธี (ม./กม.) | | | |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | งานบำรุงปกติ | งานฉาบผิวทาง | งานเสริมผิวทาง | งานบูรณะผิวทาง |
| 1 | - | - | - | - |
| 2 | 2.10 | 2.10 | 2.09 | - |
| 3 | 2.46 | 2.13 | 2.45 | - |
| 4 | 2.88 | 2.50 | 2.87 | - |
| 5 | 3.38 | 2.93 | 3.36 | - |
| 6 | 3.96 | 3.43 | 3.94 | - |
| 7 | 4.64 | 4.02 | 4.62 | - |
| 8 | - | - | 5.41 | - |
| 9 | - | - | 6.34 | - |
| 10 | - | - | - | - |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ | 14.15 | 12.54 | 19.70 | 0.00 |
| UIRI | 3.92 | 3.48 | 4.32 | 0.00 |

ตารางที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3011 ภายหลังได้รับการซ่อมบำรุง
ณ ปีแรกของแผนงาน

| ปีที่ใช้งาน | ค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธี (ม./กม.) | | | |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | งานบำรุงปกติ | งานฉาบผิวทาง | งานเสริมผิวทาง | งานบูรณะผิวทาง |
| 1 | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 4 | 5.04 | 5.04 | 2.09 | - |
| 5 | 5.91 | 5.22 | 2.45 | - |
| 6 | 6.92 | 6.11 | 2.87 | - |
| 7 | 8.11 | 7.16 | 3.36 | - |
| 8 | - | - | 3.94 | - |
| 9 | - | - | 4.62 | - |
| 10 | - | - | 5.41 | - |
| 11 | - | - | 6.34 | - |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ | 21.60 | 19.67 | 19.70 | 0.00 |
| UIRI | 8.99 | 8.19 | 4.32 | 0.00 |

ตารางที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3019 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง
ณ ปีแรกของแผนงาน

| ปีที่ใช้งาน | ค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธี (ม./กม.) | | | |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | งานบำรุงปกติ | งานฉาบผิวทาง | งานเสริมผิวทาง | งานบูรณะผิวทาง |
| 1 | - | - | - | - |
| 2 | 3.07 | 3.07 | 2.09 | - |
| 3 | 3.60 | 3.15 | 2.45 | - |
| 4 | 4.22 | 3.69 | 2.87 | - |
| 5 | 4.94 | 4.32 | 3.36 | - |
| 6 | 5.79 | 5.07 | 3.94 | - |
| 7 | 6.78 | 5.94 | 4.62 | - |
| 8 | - | - | 5.41 | - |
| 9 | - | - | 6.34 | - |
| 10 | - | - | - | - |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ | 20.68 | 18.49 | 19.70 | 0.00 |
| UIRI | 5.74 | 5.13 | 4.32 | 0.00 |

ตารางที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3025 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง
ณ ปีแรกของแผนงาน

| ปีที่ใช้งาน | ค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธี (ม./กม.) | | | |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | งานบำรุงปกติ | งานฉาบผิวทาง | งานเสริมผิวทาง | งานบูรณะผิวทาง |
| 1 | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | - |
| 5 | 4.42 | 4.42 | 2.09 | - |
| 6 | 5.18 | 4.56 | 2.45 | - |
| 7 | 6.07 | 5.35 | 2.87 | - |
| 8 | - | - | 3.36 | - |
| 9 | - | - | 3.94 | - |
| 10 | - | - | 4.62 | - |
| 11 | - | - | 5.41 | - |
| 12 | - | - | 6.34 | - |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ | 13.88 | 12.76 | 19.70 | 0.00 |
| UIRI | 8.21 | 7.55 | 4.32 | 0.00 |

ตารางที่ ข-7 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.5023 ภายหลังได้รับการซ่อมบำรุง
ณ ปีแรกของแผนงาน

| ปีที่ใช้งาน | ค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธี (ม./กม.) | | | |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | งานบำรุงปกติ | งานฉาบผิวทาง | งานเสริมผิวทาง | งานบูรณะผิวทาง |
| 1 | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 6 | - | - | - | - |
| 7 | - | - | - | - |
| 8 | - | - | - | - |
| 9 | 6.84 | - | - | 2.09 |
| 10 | 8.01 | - | - | 2.45 |
| 11 | 9.39 | - | - | 2.87 |
| 12 | 11.00 | - | - | 3.36 |
| 13 | 12.89 | - | - | 3.94 |
| 14 | 15.11 | - | - | 4.62 |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ | 50.42 | 0.00 | 0.00 | 14.09 |
| UIRI | 13.99 | 0.00 | 0.00 | 3.09 |

ตารางที่ ข-8 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.5026 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง
ณ ปีแรกของแผนงาน

| ปีที่ใช้งาน | ค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธี (ม./กม.) | | | |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | งานบำรุงปกติ | งานฉาบผิวทาง | งานเสริมผิวทาง | งานบูรณะผิวทาง |
| 1 | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 6 | - | - | - | - |
| 7 | - | - | - | - |
| 8 | - | - | - | - |
| 9 | 6.35 | - | 2.09 | - |
| 10 | 7.44 | - | 2.45 | - |
| 11 | 8.72 | - | 2.87 | - |
| 12 | 10.22 | - | 3.36 | - |
| 13 | 11.97 | - | 3.94 | - |
| 14 | 14.03 | - | 4.62 | - |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ | 46.81 | 0.00 | 14.09 | 0.00 |
| UIRI | 12.99 | 0.00 | 3.09 | 0.00 |

ตารางที่ ข-9 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.4003 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง
ณ ปีแรกของแผนงาน

| ปีที่ใช้งาน | ค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธี (ม./กม.) | | | |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | งานบำรุงปกติ | งานฉาบผิวทาง | งานเสริมผิวทาง | งานบูรณะผิวทาง |
| 1 | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - |
| 3 | 2.41 | 2.41 | 2.09 | - |
| 4 | 2.82 | 2.46 | 2.45 | - |
| 5 | 3.31 | 2.88 | 2.87 | - |
| 6 | 3.88 | 3.37 | 3.36 | - |
| 7 | 4.54 | 3.95 | 3.94 | - |
| 8 | - | - | 4.62 | - |
| 9 | - | - | 5.41 | - |
| 10 | - | - | 6.34 | - |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ | 13.22 | 11.81 | 19.70 | 0.00 |
| UIRI | 4.35 | 3.89 | 4.32 | 0.00 |

ตารางที่ ข-10 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3020 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง
ณ ปีแรกของแผนงาน

| ปีที่ใช้งาน | ค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธี (ม./กม.) | | | |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | งานบำรุงปกติ | งานฉาบผิวทาง | งานเสริมผิวทาง | งานบูรณะผิวทาง |
| 1 | 5.94 | 5.94 | 2.09 | - |
| 2 | 6.96 | 6.16 | 2.45 | - |
| 3 | 8.16 | 7.22 | 2.87 | - |
| 4 | 9.56 | 8.46 | 3.36 | - |
| 5 | 11.20 | 9.91 | 3.94 | - |
| 6 | 13.12 | 11.61 | 4.62 | - |
| 7 | 15.37 | 13.61 | 5.41 | - |
| 8 | - | - | 6.34 | - |
| 9 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ | 47.81 | 43.00 | 19.70 | 0.00 |
| UIRI | 11.63 | 10.46 | 4.32 | 0.00 |

ตารางที่ ข-11 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3022 ภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุง ณ ปีแรกของแผนงาน

| ปีที่ใช้งาน | ค่าดัชนีความขรุขระสากลภายหลังจากได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธี (ม./กม.) | | | |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | งานบำรุงปกติ | งานฉาบผิวทาง | งานเสริมผิวทาง | งานบูรณะผิวทาง |
| 1 | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 6 | - | - | - | - |
| 7 | - | - | - | - |
| 8 | 6.07 | - | 2.09 | - |
| 9 | 7.11 | - | 2.45 | - |
| 10 | 8.33 | - | 2.87 | - |
| 11 | 9.77 | - | 3.36 | - |
| 12 | 11.44 | - | 3.94 | - |
| 13 | 13.41 | - | 4.62 | - |
| 14 | 15.71 | - | 5.41 | - |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ | 48.85 | 0.00 | 16.83 | 0.00 |
| UIRI | 11.88 | 0.00 | 3.69 | 0.00 |

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองประกอบด้วยการกำหนดทางเลือกในการซ่อมบำรุง หรือวิธีการซ่อมบำรุงที่เป็นไปได้ของแต่ละช่วงสายทาง และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงตลอดช่วงเวลา ที่วางแผนงาน เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์แผนงานในขั้นตอนต่อไป โดยค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในการซ่อมบำรุงแต่ละวิธีแสดงดังตารางที่ ข-12 และทางเลือกในการในการซ่อมบำรุงที่เป็นไปได้แสดงดังตารางที่ ข-13

ตารางที่ ข-12 ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในการซ่อมบำรุง

| กิจกรรมซ่อมบำรุง | ค่าใช้จ่ายในงานซ่อมบำรุง (บาทต่อกิโลเมตร) |
|------------------|----------------------------------------------|
| งานซ่อมบำรุงปกติ | 33,000 |
| งานฉาบผิวทาง | 323,000 |
| งานเสริมผิวทาง | 1,288,000 |
| งานบูรณะผิวทาง | 1,840,000 |

ตารางที่ ข-13 การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แผนงาน

| รหัสสายทาง (i) | แผนการซ่อมบำรุง (p) | ค่าดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปี (ม./กม.) | งบประมาณที่ต้องการ (c) (บาท) |
|----------------|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|
| ปท.3007 | 1 | 1 | 33,000 |
| | | 2 | 323,000 |
| | | 3 | 1,288,000 |
| ปท.3008 | 2 | 1 | 33,000 |
| | | 2 | 323,000 |
| | | 3 | 1,288,000 |
| ปท.3011 | 3 | 1 | 33,000 |
| | | 2 | 323,000 |
| | | 3 | 1,288,000 |
| ปท.3019 | 4 | 1 | 33,000 |
| | | 2 | 323,000 |
| | | 3 | 1,288,000 |
| ปท.3025 | 5 | 1 | 33,000 |
| | | 2 | 323,000 |
| | | 3 | 1,288,000 |
| ปท.5023 | 6 | 1 | 33,000 |
| | | 4 | 1,840,000 |
| ปท.5026 | 7 | 1 | 33,000 |
| | | 3 | 1,288,000 |

ตารางที่ ข-13 การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แผนงาน (ต่อ)

| รหัสสายทาง (i) | | แผนการซ่อมบำรุง (p) | ค่าดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปี (ม./กม.) | งบประมาณที่ต้องการ (c) (บาท) |
|----------------|----|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|
| ปท.4003 | 8 | 1 | 4.35 | 33,000 |
| | | 2 | 3.89 | 323,000 |
| | | 3 | 4.32 | 1,288,000 |
| ปท.3020 | 9 | 1 | 11.63 | 33,000 |
| | | 2 | 10.46 | 323,000 |
| | | 3 | 4.32 | 1,288,000 |
| ปท.3022 | 10 | 1 | 11.88 | 33,000 |
| | | 3 | 3.69 | 1,288,000 |

โดยที่ แผนงานซ่อมบำรุง 1 คือ การซ่อมบำรุงปกติ
 แผนงานซ่อมบำรุง 2 คือ การฉาบผิวทาง
 แผนงานซ่อมบำรุง 3 คือ การเสริมผิวทาง
 แผนงานซ่อมบำรุง 4 คือ การบูรณะผิวทาง

จากการสร้างแบบจำลองดังตารางที่ ข-13 จะสามารถนำไปสร้างทางเลือกในการวางแผนงานโครงข่ายสายทางดังกล่าวแบบปีต่อปีได้จำนวน 17,496 ทางเลือก โดยมีลักษณะของสมการการวิเคราะห์ตามสมการที่ 3.7 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{Minimize : } & (UIR_{1,1})(x_{1,1}) + (UIR_{1,2})(x_{1,2}) + (UIR_{1,3})(x_{1,3}) + (UIR_{2,1})(x_{2,1}) + \\
 & (UIR_{2,2})(x_{2,2}) + (UIR_{2,3})(x_{2,3}) + (UIR_{3,1})(x_{3,1}) + (UIR_{3,2})(x_{3,2}) + \\
 & (UIR_{3,3})(x_{3,3}) + (UIR_{4,1})(x_{4,1}) + (UIR_{4,2})(x_{4,2}) + (UIR_{4,3})(x_{4,3}) + \\
 & (UIR_{5,1})(x_{5,1}) + (UIR_{5,2})(x_{5,2}) + (UIR_{5,3})(x_{5,3}) + (UIR_{6,1})(x_{6,1}) + \\
 & (UIR_{6,4})(x_{6,4}) + (UIR_{7,1})(x_{7,1}) + (UIR_{7,3})(x_{7,3}) + (UIR_{8,1})(x_{8,1}) + \\
 & (UIR_{8,2})(x_{8,2}) + (UIR_{8,3})(x_{8,3}) + (UIR_{9,1})(x_{9,1}) + (UIR_{9,2})(x_{9,2}) + \\
 & (UIR_{9,3})(x_{9,3}) + (UIR_{10,1})(x_{10,1}) + (UIR_{10,3})(x_{10,3})
 \end{aligned}
 \tag{ข-1}$$

$$\begin{aligned}
\text{Subject to : (1)} \quad & (c_{1,1})(x_{1,1}) + (c_{1,2})(x_{1,2}) + (c_{1,3})(x_{1,3}) + (c_{2,1})(x_{2,1}) + (c_{2,2})(x_{2,2}) \\
& + (c_{2,3})(x_{2,3}) + (c_{3,1})(x_{3,1}) + (c_{3,2})(x_{3,2}) + (c_{3,3})(x_{3,3}) + (c_{4,1})(x_{4,1}) \\
& + (c_{4,2})(x_{4,2}) + (c_{4,3})(x_{4,3}) + (c_{5,1})(x_{5,1}) + (c_{5,2})(x_{5,2}) + (c_{5,3})(x_{5,3}) \\
& + (c_{6,1})(x_{6,1}) + (c_{6,4})(x_{6,4}) + (c_{7,1})(x_{7,1}) + (c_{7,3})(x_{7,3}) + (c_{8,1})(x_{8,1}) \\
& + (c_{8,2})(x_{8,2}) + (c_{8,3})(x_{8,3}) + (c_{9,1})(x_{9,1}) + (c_{9,2})(x_{9,2}) + (c_{9,3})(x_{9,3}) \\
& + (c_{10,1})(x_{10,1}) + (c_{10,3})(x_{10,3}) \leq B
\end{aligned} \tag{ข-2}$$

$$(2) \quad \delta_{ip} x_{ip} = 1 \quad \text{เมื่อ } \forall i \in I \tag{ข-3}$$

$$(3) \quad x_{ip} \in \{0,1\} \tag{ข-4}$$

จากสมการการวิเคราะห์ ข-1 ถึง ข-4 สามารถสร้างทางเลือกในการวางแผนซ่อมบำรุง
โครงข่ายสายทางได้ดังตัวอย่างในตารางที่ ข-14

ตารางที่ ข-14 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบปีต่อปี จำนวน 90 ทางเลือก

| ทางเลือก ที่ | วิธีการซ่อมบำรุง | | | | | | | | | | UIRI | | | | | | | | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|-----------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 11.63 | 11.88 | 87.29 | 330,000 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 11.63 | 4.32 | 79.73 | 1,585,000 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 10.46 | 11.88 | 86.13 | 620,000 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 10.46 | 4.32 | 78.56 | 1,875,000 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 4.32 | 11.88 | 79.98 | 1,585,000 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 4.32 | 4.32 | 72.42 | 2,840,000 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 11.63 | 11.88 | 86.83 | 620,000 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 11.63 | 4.32 | 79.27 | 1,875,000 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 10.46 | 11.88 | 85.66 | 910,000 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 10.46 | 4.32 | 78.10 | 2,165,000 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 4.32 | 11.88 | 79.52 | 1,875,000 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 4.32 | 4.32 | 71.95 | 3,130,000 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 11.63 | 11.88 | 87.26 | 1,585,000 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 11.63 | 4.32 | 79.69 | 2,840,000 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 10.46 | 11.88 | 86.09 | 1,875,000 |

ตารางที่ ข-14 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบปีต่อปี จำนวน 90 ทางเลือก (ต่อ)

| ทางเลือก ที่ | วิธีการขอมบำรุง | | | | | | | | | | UIRI | | | | | | | | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|-----------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | | |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 10.46 | 4.32 | 78.52 | 3,130,000 |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 4.32 | 11.88 | 79.95 | 2,840,000 |
| 18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 72.38 | 4,095,000 |
| 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.35 | 11.63 | 11.88 | 78.63 | 1,585,000 |
| 20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.35 | 11.63 | 4.32 | 71.06 | 2,840,000 |
| 21 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.35 | 10.46 | 11.88 | 77.46 | 1,875,000 |
| 22 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.35 | 10.46 | 4.32 | 69.89 | 3,130,000 |
| 23 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.35 | 4.32 | 11.88 | 71.31 | 2,840,000 |
| 24 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.35 | 4.32 | 4.32 | 63.75 | 4,095,000 |
| 25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 3.89 | 11.63 | 11.88 | 78.16 | 1,875,000 |
| 26 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 3.89 | 11.63 | 4.32 | 70.60 | 3,130,000 |
| 27 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 3.89 | 10.46 | 11.88 | 76.99 | 2,165,000 |
| 28 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 3.89 | 10.46 | 4.32 | 69.43 | 3,420,000 |
| 29 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 3.89 | 4.32 | 11.88 | 70.85 | 3,130,000 |
| 30 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 3.89 | 4.32 | 4.32 | 63.28 | 4,385,000 |

ตารางที่ ข-14 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบปีต่อปี จำนวน 90 ทางเลือก (ต่อ)

| ทางเลือก ที่ | วิธีการซ่อมบำรุง | | | | | | | | | | UIRI | | | | | | | | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|-----------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | | |
| 31 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.32 | 11.63 | 11.88 | 78.59 | 2,840,000 |
| 32 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.32 | 11.63 | 4.32 | 71.02 | 4,095,000 |
| 33 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.32 | 10.46 | 11.88 | 77.42 | 3,130,000 |
| 34 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.32 | 10.46 | 4.32 | 69.85 | 4,385,000 |
| 35 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 11.88 | 71.28 | 4,095,000 |
| 36 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 13.99 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 63.71 | 5,350,000 |
| 37 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.35 | 11.63 | 11.88 | 77.62 | 2,137,000 |
| 38 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.35 | 11.63 | 4.32 | 70.06 | 3,392,000 |
| 39 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.35 | 10.46 | 11.88 | 76.45 | 2,427,000 |
| 40 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.35 | 10.46 | 4.32 | 68.89 | 3,682,000 |
| 41 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.35 | 4.32 | 11.88 | 70.31 | 3,392,000 |
| 42 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.35 | 4.32 | 4.32 | 62.74 | 4,647,000 |
| 43 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 3.89 | 11.63 | 11.88 | 77.16 | 2,427,000 |
| 44 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 3.89 | 11.63 | 4.32 | 69.59 | 3,682,000 |
| 45 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 3.89 | 10.46 | 11.88 | 75.99 | 2,717,000 |

ตารางที่ ข-14 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบปีต่อปี จำนวน 90 ทางเลือก (ต่อ)

| ทางเลือก ร. | วิธีการซ่อมบำรุง | | | | | | | | | | UIRI | | | | | | | | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|----------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | | |
| 46 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 3.89 | 10.46 | 4.32 | 68.42 | 3,972,000 |
| 47 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 3.89 | 4.32 | 11.88 | 69.85 | 3,682,000 |
| 48 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 3.89 | 4.32 | 4.32 | 62.28 | 4,937,000 |
| 49 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.32 | 11.63 | 11.88 | 77.59 | 3,392,000 |
| 50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.32 | 11.63 | 4.32 | 70.02 | 4,647,000 |
| 51 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.32 | 10.46 | 11.88 | 76.42 | 3,682,000 |
| 52 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.32 | 10.46 | 4.32 | 68.85 | 4,937,000 |
| 53 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.32 | 4.32 | 11.88 | 70.28 | 4,647,000 |
| 54 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 12.99 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 62.71 | 5,902,000 |
| 55 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.35 | 11.63 | 11.88 | 68.95 | 3,392,000 |
| 56 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.35 | 11.63 | 4.32 | 61.39 | 4,647,000 |
| 57 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.35 | 10.46 | 11.88 | 67.78 | 3,682,000 |
| 58 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.35 | 10.46 | 4.32 | 60.22 | 4,937,000 |
| 59 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.35 | 4.32 | 11.88 | 61.64 | 4,647,000 |
| 60 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.35 | 4.32 | 4.32 | 54.08 | 5,902,000 |

ตารางที่ ข-14 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบปีต่อปี จำนวน 90 ทางเลือก (ต่อ)

| ทางเลือก ที่ | วิธีการขอมบ่าง | | | | | | | | | | UIRI | | | | | | | | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|-----------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | | |
| 61 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 3.89 | 11.63 | 11.88 | 68.49 | 3,682,000 |
| 62 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 3.89 | 11.63 | 4.32 | 60.92 | 4,937,000 |
| 63 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 3.89 | 10.46 | 11.88 | 67.32 | 3,972,000 |
| 64 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 3.89 | 10.46 | 4.32 | 59.75 | 5,227,000 |
| 65 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 3.89 | 4.32 | 11.88 | 61.18 | 4,937,000 |
| 66 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 3.89 | 4.32 | 4.32 | 53.61 | 6,192,000 |
| 67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 11.63 | 11.88 | 68.92 | 4,647,000 |
| 68 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 11.63 | 4.32 | 61.35 | 5,902,000 |
| 69 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 10.46 | 11.88 | 67.75 | 4,937,000 |
| 70 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 10.46 | 4.32 | 60.18 | 6,192,000 |
| 71 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 11.88 | 61.61 | 5,902,000 |
| 72 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 8.21 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 54.04 | 7,157,000 |
| 73 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 11.63 | 11.88 | 86.63 | 620,000 |
| 74 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 11.63 | 4.32 | 79.06 | 1,875,000 |
| 75 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 10.46 | 11.88 | 85.46 | 910,000 |

ตารางที่ ข-14 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบปีต่อปี จำนวน 90 ทางเลือก (ต่อ)

| ทางเลือก ที่ | วิธีการขอมบำรุง | | | | | | | | | | UIRI | | | | | | | | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|-----------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | ปท.3007 | ปท.3008 | ปท.3011 | ปท.3019 | ปท.3025 | ปท.5023 | ปท.5026 | ปท.4003 | ปท.3020 | ปท.3022 | | |
| 76 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 10.46 | 4.32 | 77.89 | 2,165,000 |
| 77 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 4.32 | 11.88 | 79.32 | 1,875,000 |
| 78 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.35 | 4.32 | 4.32 | 71.75 | 3,130,000 |
| 79 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 11.63 | 11.88 | 86.17 | 910,000 |
| 80 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 11.63 | 4.32 | 78.60 | 2,165,000 |
| 81 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 10.46 | 11.88 | 85.00 | 1,200,000 |
| 82 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 10.46 | 4.32 | 77.43 | 2,455,000 |
| 83 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 4.32 | 11.88 | 78.85 | 2,165,000 |
| 84 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 3.89 | 4.32 | 4.32 | 71.29 | 3,420,000 |
| 85 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 11.63 | 11.88 | 86.59 | 1,875,000 |
| 86 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 11.63 | 4.32 | 79.03 | 3,130,000 |
| 87 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 10.46 | 11.88 | 85.42 | 2,165,000 |
| 88 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 10.46 | 4.32 | 77.86 | 3,420,000 |
| 89 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 4.32 | 11.88 | 79.28 | 3,130,000 |
| 90 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 5.59 | 3.92 | 8.99 | 5.74 | 7.55 | 13.99 | 12.99 | 4.32 | 4.32 | 4.32 | 71.72 | 4,385,000 |

จากตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองจะเป็นการคำนวณเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด ภายใต้กรอบงบประมาณที่กำหนด โดยเมื่อกำหนดกรอบงบประมาณ 4,000,000 บาท พบว่า มีทางเลือกโครงการที่ใช้งบประมาณไม่เกิน 4,000,000 บาท จำนวน 2,712 ทางเลือก และจากกลุ่มสายทางที่เป็นไปตามเงื่อนไขดังกล่าวนั้นมีเพียงแผนงานเดียวที่ให้ผลรวมของค่าดัชนีความชุกสะกกลเทียบเท่ารายปีต่ำที่สุดดังตารางที่ ข-15 โดยเมื่อระบุได้ว่าช่วงสายทางแต่ละช่วงได้รับการซ่อมบำรุงด้วยวิธีใดแล้วจะสามารถทำนายพฤติกรรมการเสื่อมสภาพของผิวทางได้จากข้อมูลที่ได้ทำการสร้างไว้ในขั้นตอนการกำหนดค่าองค์ประกอบสำหรับทางเลือกในการซ่อมบำรุง ดังรูปที่ 4.2 นอกจากนี้ในการวางแผนงานแบบไม่จำกัดงบประมาณสามารถใช้หลักการเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันที่เงื่อนไขของกรอบงบประมาณ โดยในการวิเคราะห์จะต้องทำการกำหนดงบประมาณให้มีจำนวนมากเสมือนงบประมาณไม่จำกัด ดังกล่าวไว้ในบทที่ 4

ตารางที่ ข-15 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานแบบปีต่อปีภายใต้งบประมาณ 4,000,000 บาท

| รหัสสายทาง | กิจกรรมซ่อมบำรุง | UIRI (ม./กม.) | งบประมาณ (บาท) |
|------------|------------------|------------------|-------------------|
| ปท.3007 | ซ่อมบำรุงปกติ | 5.59 | 33,000 |
| ปท.3008 | ซ่อมบำรุงปกติ | 3.92 | 33,000 |
| ปท.3011 | ฉาบผิวทาง | 8.19 | 323,000 |
| ปท.3019 | ซ่อมบำรุงปกติ | 5.74 | 33,000 |
| ปท.3025 | ซ่อมบำรุงปกติ | 8.21 | 33,000 |
| ปท.5023 | บูรณะผิวทาง | 4.32 | 1,840,000 |
| ปท.5026 | เสริมผิวทาง | 4.32 | 1,288,000 |
| ปท.4003 | ซ่อมบำรุงปกติ | 4.35 | 33,000 |
| ปท.3020 | ฉาบผิวทาง | 10.46 | 323,000 |
| ปท.3022 | ซ่อมบำรุงปกติ | 11.88 | 33,000 |
| รวม | | 66.98 | 3,972,000 |

ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานแบบต่อเนื่องหลายปี

ขั้นตอนการวิเคราะห์แผนงานแบบต่อเนื่องหลายปี มีขั้นตอนเหมือนกับการวิเคราะห์แบบปีต่อปี โดยมีรายละเอียดแตกต่างจากการวิเคราะห์แผนงานแบบปีต่อปีในขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเลือกในการบำรุงรักษาผิวทางของโครงข่ายสายทาง ซึ่งต้องทำการวางแผนต่อเนื่องตามจำนวนปีที่วางแผน โดยในงานวิจัยนี้นำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์โครงข่ายสายทางซึ่งมีจำนวน 3

ช่วงสายทาง และวางแผนงานต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 3 ปี โดยขั้นตอนการกำหนดค่าองค์ประกอบ
สำหรับทางเลือกในการซ่อมบำรุงมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ ข-16 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3007 เมื่อวางแผนงาน
แบบต่อเนื่อง 3 ปี

| วิธีการ ซ่อม | อายุใช้งาน | | | | | | | | | | | | UIRI | งบประมาณ (บาท) | |
|-----------------|------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | |
| 1 | 1 | 1 | 2.99 | 3.50 | 4.11 | 4.81 | 5.64 | 6.60 | | | | | | 5.59 | 99,000 |
| | | 2 | 2.99 | 3.50 | 4.11 | 4.23 | 4.96 | 5.81 | | | | | | 5.23 | 389,000 |
| | | 3 | 2.99 | 3.50 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 4.10 | 1,346,000 |
| | 2 | 1 | 2.99 | 3.50 | 3.60 | 4.22 | 4.95 | 5.80 | | | | | | 5.11 | 389,000 |
| | | 2 | 2.99 | 3.50 | 3.60 | 3.71 | 4.35 | 5.09 | | | | | | 4.79 | 679,000 |
| | | 3 | 2.99 | 3.50 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 4.10 | 1,644,000 |
| | 3 | 1 | 2.99 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | | 4.14 | 1,354,000 |
| | | 2 | 2.99 | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 4.02 | 4.71 | 5.52 | | | 3.78 | 1,644,000 |
| | | 3 | 2.99 | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 3.86 | 2,609,000 |
| 2 | 1 | 1 | 2.99 | 3.07 | 3.59 | 4.21 | 4.93 | 5.78 | | | | | | 4.99 | 389,000 |
| | | 2 | 2.99 | 3.07 | 3.59 | 3.70 | 4.33 | 5.07 | | | | | | 4.67 | 679,000 |
| | | 3 | 2.99 | 3.07 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 4.02 | 1,644,000 |
| | 2 | 1 | 2.99 | 3.07 | 3.14 | 3.68 | 4.32 | 5.06 | | | | | | 4.57 | 679,000 |
| | | 2 | 2.99 | 3.07 | 3.14 | 3.23 | 3.78 | 4.43 | | | | | | 4.29 | 969,000 |
| | | 3 | 2.99 | 3.07 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 4.02 | 1,934,000 |
| | 3 | 1 | 2.99 | 3.07 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | | 4.32 | 1,644,000 |
| | | 2 | 2.99 | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 4.02 | 4.71 | 5.52 | | | 3.78 | 1,934,000 |
| | | 3 | 2.99 | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 3.86 | 2,899,000 |
| 3 | 1 | 1 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | | | 4.32 | 1,354,000 |
| | | 2 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 2.94 | 3.45 | 4.04 | 4.73 | 5.54 | | | | 3.95 | 1,644,000 |
| | | 3 | 2.09 | 2.45 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 3.75 | 2,609,000 |
| | 2 | 1 | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 4.02 | 4.71 | 5.52 | | | | 3.88 | 1,644,000 |
| | | 2 | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.55 | 2.99 | 3.51 | 4.11 | 4.81 | | | | 3.56 | 1,934,000 |
| | | 3 | 2.09 | 2.45 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 3.75 | 2,899,000 |
| | 3 | 1 | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | | 3.96 | 2,609,000 |
| | | 2 | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 4.02 | 4.71 | 5.52 | | | 3.60 | 2,899,000 |
| | | 3 | 2.09 | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 3.69 | 3,864,000 |

ตารางที่ ข-17 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.3019 เมื่อวางแผนงาน
แบบต่อเนื่อง 3 ปี

| วิธีการ ซ่อม | อายุใช้งาน | | | | | | | | | | | | UIRI | งบประมาณ (บาท) | | |
|-----------------|------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | |
| 1 | 1 | 1 | | 3.07 | 3.60 | 4.22 | 4.94 | 5.79 | 6.78 | | | | | | 5.74 | 99,000 |
| | | 2 | | 3.07 | 3.60 | 4.22 | 4.35 | 5.10 | 5.97 | | | | | | 5.37 | 389,000 |
| | | 3 | | 3.07 | 3.60 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 4.13 | 1,346,000 |
| | 2 | 1 | | 3.07 | 3.60 | 3.70 | 4.34 | 5.08 | 5.96 | | | | | | 5.25 | 389,000 |
| | | 2 | | 3.07 | 3.60 | 3.70 | 3.81 | 4.47 | 5.23 | | | | | | 4.92 | 679,000 |
| | | 3 | | 3.07 | 3.60 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 4.13 | 1,644,000 |
| | 3 | 1 | | 3.07 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | | 4.16 | 1,354,000 |
| | | 2 | | 3.07 | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 4.02 | 4.71 | 5.52 | | | 3.80 | 1,644,000 |
| | | 3 | | 3.07 | 3.60 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 4.13 | 2,609,000 |
| 2 | 1 | 1 | | 3.07 | 3.15 | 3.69 | 4.32 | 5.07 | 5.94 | | | | | | 5.13 | 389,000 |
| | | 2 | | 3.07 | 3.15 | 3.69 | 3.80 | 4.45 | 5.22 | | | | | | 4.80 | 679,000 |
| | | 3 | | 3.07 | 3.15 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 4.05 | 1,644,000 |
| | 2 | 1 | | 3.07 | 3.15 | 3.23 | 3.79 | 4.44 | 5.20 | | | | | | 4.69 | 679,000 |
| | | 2 | | 3.07 | 3.15 | 3.23 | 3.32 | 3.89 | 4.56 | | | | | | 4.40 | 969,000 |
| | | 3 | | 3.07 | 3.15 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 4.05 | 1,934,000 |
| | 3 | 1 | | 3.07 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | | 4.16 | 1,644,000 |
| | | 2 | | 3.07 | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 4.02 | 4.71 | 5.52 | | | 3.80 | 1,934,000 |
| | | 3 | | 3.07 | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 3.87 | 2,899,000 |
| 3 | 1 | 1 | | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | | | 4.32 | 1,354,000 |
| | | 2 | | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 2.94 | 3.45 | 4.04 | 4.73 | 5.54 | | | | 3.95 | 1,644,000 |
| | | 3 | | 2.09 | 2.45 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 3.75 | 2,609,000 |
| | 2 | 1 | | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 4.02 | 4.71 | 5.52 | | | | 3.88 | 1,644,000 |
| | | 2 | | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.55 | 2.99 | 3.50 | 4.10 | 4.81 | | | | 3.56 | 1,934,000 |
| | | 3 | | 2.09 | 2.45 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 3.75 | 2,899,000 |
| | 3 | 1 | | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | | 3.96 | 2,609,000 |
| | | 2 | | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 4.02 | 4.71 | 5.52 | | | 3.60 | 2,899,000 |
| | | 3 | | 2.09 | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 5.41 | 6.34 | | 3.69 | 3,864,000 |

ตารางที่ ข-18 ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพผิวทางของสายทาง ปท.5026 เมื่อวางแผนงาน
แบบต่อเนื่อง 3 ปี

| วิธีการซ่อม | | | อายุใช้งาน | | | | | | | | | | | UIRI | งบประมาณ (บาท) |
|-------------|---|---|------------|---|---|---|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | | 6.35 | 7.44 | 8.72 | 10.22 | 11.97 | 14.03 | 11.87 | 99,000 |
| | | 2 | | | | | | 6.35 | 7.44 | 8.72 | 9.07 | 10.63 | 12.45 | 11.16 | NA |
| | | 4 | | | | | | 6.35 | 7.44 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 5.59 | 1,906,000 |
| | 2 | 1 | | | | | | 6.35 | 6.59 | 7.73 | 9.06 | 10.62 | 12.44 | 10.72 | 389,000 |
| | | 2 | | | | | | 6.35 | 6.59 | 7.73 | 8.04 | 9.42 | 11.03 | 10.09 | NA |
| | | 4 | | | | | | 6.35 | 6.59 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 5.38 | 2,196,000 |
| | 4 | 1 | | | | | | 6.35 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.60 | 1,346,000 |
| | | 2 | | | | | | 6.35 | 2.45 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 4.46 | 1,636,000 |
| | | 3 | | | | | | 6.35 | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 4.26 | 2,593,000 |
| 2 | 1 | 1 | | | | | | 6.35 | 6.59 | 7.72 | 9.05 | 10.60 | 12.42 | 10.71 | 389,000 |
| | | 2 | | | | | | 6.35 | 6.59 | 7.72 | 8.02 | 9.40 | 11.02 | 10.08 | NA |
| | | 4 | | | | | | 6.35 | 6.59 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 5.38 | 2,196,000 |
| | 2 | 1 | | | | | | 6.35 | 6.59 | 6.84 | 8.01 | 9.39 | 11.00 | 9.87 | 679,000 |
| | | 2 | | | | | | 6.35 | 6.59 | 6.84 | 7.10 | 8.32 | 9.75 | 9.31 | NA |
| | | 4 | | | | | | 6.35 | 6.59 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 5.38 | 2,486,000 |
| | 4 | 1 | | | | | | 6.35 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.60 | 1,636,000 |
| | | 2 | | | | | | 6.35 | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 4.37 | 2,486,000 |
| | | 3 | | | | | | 6.35 | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 4.26 | 3,451,000 |
| 3 | 1 | 1 | | | | | | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 4.62 | 3.91 | 1,346,000 |
| | | 2 | | | | | | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 2.94 | 3.45 | 4.04 | 3.65 | 1,636,000 |
| | | 3 | | | | | | 2.09 | 2.45 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.17 | 2,593,000 |
| | 2 | 1 | | | | | | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 4.02 | 3.56 | 1,636,000 |
| | | 2 | | | | | | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.55 | 2.99 | 3.50 | 3.32 | 1,926,000 |
| | | 3 | | | | | | 2.09 | 2.45 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.17 | 2,883,000 |
| | 3 | 1 | | | | | | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.94 | 3.42 | 2,593,000 |
| | | 2 | | | | | | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.50 | 2.93 | 3.43 | 3.19 | 2,883,000 |
| | | 3 | | | | | | 2.09 | 2.09 | 2.09 | 2.45 | 2.87 | 3.36 | 3.08 | 3,840,000 |

จากตารางที่ ข-16 ถึง ข-18 สามารถวิเคราะห์แผนงานด้วยวิธีการเดียวกับการวิเคราะห์แบบปีต่อปี ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังตัวอย่างในตารางที่ ข-19

ตารางที่ ข-19 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบต่อเนื่อง 3 ปี จำนวน 90 ทางเลือก

| ทางเลือกที่ | ปท.3007 | | | ปท.3019 | | | ปท.5026 | | | UIRI | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปท.3007 | ปท.3019 | ปท.5026 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5.59 | 5.74 | 11.87 | 23.19 | 297,000 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 5.59 | 5.74 | 5.59 | 16.91 | 2,104,000 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5.59 | 5.74 | 10.72 | 22.05 | 587,000 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 5.59 | 5.74 | 5.38 | 16.70 | 2,394,000 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 5.59 | 5.74 | 4.60 | 15.93 | 2,104,000 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 5.59 | 5.74 | 4.46 | 15.79 | 2,394,000 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 5.59 | 5.74 | 4.26 | 15.59 | 3,359,000 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5.59 | 5.74 | 10.71 | 22.04 | 587,000 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 5.59 | 5.74 | 5.38 | 16.70 | 2,394,000 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 5.59 | 5.74 | 9.87 | 21.20 | 877,000 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 5.59 | 5.74 | 5.38 | 16.70 | 2,684,000 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 5.59 | 5.74 | 4.60 | 15.93 | 2,394,000 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 5.59 | 5.74 | 4.37 | 15.70 | 2,684,000 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 3 | 5.59 | 5.74 | 4.26 | 15.59 | 3,649,000 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 5.59 | 5.74 | 3.91 | 15.23 | 1,552,000 |

ตารางที่ ข-19 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบต่อเนื่อง 3 ปี จำนวน 90 ทางเลือก (ต่อ)

| ทางเลือกที่ | ปท.3007 | | | ปท.3019 | | | ปท.5026 | | | UIRI | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปท.3007 | ปท.3019 | ปท.5026 | | |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5.59 | 5.74 | 3.65 | 14.97 | 1,842,000 |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 5.59 | 5.74 | 3.17 | 14.49 | 2,807,000 |
| 18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 5.59 | 5.74 | 3.56 | 14.88 | 1,842,000 |
| 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5.59 | 5.74 | 3.32 | 14.65 | 2,132,000 |
| 20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 5.59 | 5.74 | 3.17 | 14.49 | 3,097,000 |
| 21 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 5.59 | 5.74 | 3.42 | 14.75 | 2,807,000 |
| 22 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 5.59 | 5.74 | 3.19 | 14.52 | 3,097,000 |
| 23 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 5.59 | 5.74 | 3.08 | 14.41 | 4,062,000 |
| 24 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5.59 | 5.37 | 11.87 | 22.83 | 587,000 |
| 25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 5.59 | 5.37 | 5.59 | 16.55 | 2,394,000 |
| 26 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 5.59 | 5.37 | 10.72 | 21.68 | 877,000 |
| 27 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 5.59 | 5.37 | 5.38 | 16.34 | 2,684,000 |
| 28 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 5.59 | 5.37 | 4.60 | 15.56 | 2,394,000 |
| 29 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 5.59 | 5.37 | 4.46 | 15.42 | 2,684,000 |
| 30 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 3 | 5.59 | 5.37 | 4.26 | 15.22 | 3,649,000 |

ตารางที่ ข-19 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบต่อเนื่อง 3 ปี จำนวน 90 ทางเลือก (ต่อ)

| ทางเลือกที่ | ปท.3007 | | | ปท.3019 | | | ปท.5026 | | | UIRI | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปท.3007 | ปท.3019 | ปท.5026 | | |
| 31 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 5.59 | 5.37 | 10.71 | 21.67 | 877,000 |
| 32 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 5.59 | 5.37 | 5.38 | 16.34 | 2,684,000 |
| 33 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 5.59 | 5.37 | 9.87 | 20.83 | 1,167,000 |
| 34 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 5.59 | 5.37 | 5.38 | 16.34 | 2,974,000 |
| 35 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 1 | 5.59 | 5.37 | 4.60 | 15.56 | 2,684,000 |
| 36 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 2 | 5.59 | 5.37 | 4.37 | 15.33 | 2,974,000 |
| 37 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 3 | 5.59 | 5.37 | 4.26 | 15.22 | 3,939,000 |
| 38 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 5.59 | 5.37 | 3.91 | 14.87 | 1,842,000 |
| 39 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 5.59 | 5.37 | 3.65 | 14.61 | 2,132,000 |
| 40 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 5.59 | 5.37 | 3.17 | 14.13 | 3,097,000 |
| 41 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 5.59 | 5.37 | 3.56 | 14.52 | 2,132,000 |
| 42 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 5.59 | 5.37 | 3.32 | 14.28 | 2,422,000 |
| 43 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 5.59 | 5.37 | 3.17 | 14.13 | 3,387,000 |
| 44 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 5.59 | 5.37 | 3.42 | 14.38 | 3,097,000 |
| 45 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 5.59 | 5.37 | 3.19 | 14.15 | 3,387,000 |

ตารางที่ ข-19 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบต่อเนื่อง 3 ปี จำนวน 90 ทางเล็ก (ต่อ)

| ทางเลือกที่ | ปท.3007 | | | ปท.3019 | | | ปท.5026 | | | UIRI | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปท.3007 | ปท.3019 | ปท.5026 | | |
| 46 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 5.59 | 5.37 | 3.08 | 14.04 | 4,352,000 |
| 47 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 5.59 | 4.13 | 11.87 | 21.58 | 1,552,000 |
| 48 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 4 | 5.59 | 4.13 | 5.59 | 15.30 | 3,359,000 |
| 49 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 5.59 | 4.13 | 10.72 | 20.44 | 1,842,000 |
| 50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 4 | 5.59 | 4.13 | 5.38 | 15.09 | 3,649,000 |
| 51 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 5.59 | 4.13 | 4.60 | 14.32 | 3,359,000 |
| 52 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 4 | 2 | 5.59 | 4.13 | 4.46 | 14.18 | 3,649,000 |
| 53 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 4 | 3 | 5.59 | 4.13 | 4.26 | 13.98 | 4,614,000 |
| 54 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 5.59 | 4.13 | 10.71 | 20.42 | 1,842,000 |
| 55 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 4 | 5.59 | 4.13 | 5.38 | 15.09 | 3,649,000 |
| 56 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 5.59 | 4.13 | 9.87 | 19.59 | 2,132,000 |
| 57 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 4 | 5.59 | 4.13 | 5.38 | 15.09 | 3,939,000 |
| 58 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 4 | 1 | 5.59 | 4.13 | 4.60 | 14.32 | 3,649,000 |
| 59 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 4 | 2 | 5.59 | 4.13 | 4.37 | 14.09 | 3,939,000 |
| 60 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5.59 | 4.13 | 4.26 | 13.98 | 4,904,000 |

ตารางที่ ข-19 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบต่อเนื่อง 3 ปี จำนวน 90 ทางเลือก (ต่อ)

| ทางเลือกที่ | ปท.3007 | | | ปท.3019 | | | ปท.5026 | | | UIRI | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปท.3007 | ปท.3019 | ปท.5026 | | |
| 61 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 5.59 | 4.13 | 3.91 | 13.62 | 2,807,000 |
| 62 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 5.59 | 4.13 | 3.65 | 13.36 | 3,097,000 |
| 63 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 5.59 | 4.13 | 3.17 | 12.88 | 4,062,000 |
| 64 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 5.59 | 4.13 | 3.56 | 13.27 | 3,097,000 |
| 65 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 5.59 | 4.13 | 3.32 | 13.04 | 3,387,000 |
| 66 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 5.59 | 4.13 | 3.17 | 12.88 | 4,352,000 |
| 67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 5.59 | 4.13 | 3.42 | 13.13 | 4,062,000 |
| 68 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 5.59 | 4.13 | 3.19 | 12.90 | 4,352,000 |
| 69 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5.59 | 4.13 | 3.08 | 12.79 | 5,317,000 |
| 70 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5.59 | 5.25 | 11.87 | 22.71 | 587,000 |
| 71 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 5.59 | 5.25 | 5.59 | 16.43 | 2,394,000 |
| 72 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5.59 | 5.25 | 10.72 | 21.56 | 877,000 |
| 73 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 5.59 | 5.25 | 5.38 | 16.21 | 2,684,000 |
| 74 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 5.59 | 5.25 | 4.60 | 15.44 | 2,394,000 |
| 75 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 5.59 | 5.25 | 4.46 | 15.30 | 2,684,000 |

ตารางที่ ข-19 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนงานโครงข่ายสายทางแบบต่อเนื่อง 3 ปี จำนวน 90 ทางเลือก (ต่อ)

| ทางเลือกที่ | ปท.3007 | | | ปท.3019 | | | ปท.5026 | | | UIRI | | | ΣUIRI | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------------|
| | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | ปท.3007 | ปท.3019 | ปท.5026 | | |
| 76 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 3 | 5.59 | 5.25 | 4.26 | 15.10 | 3,649,000 |
| 77 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5.59 | 5.25 | 10.71 | 21.55 | 877,000 |
| 78 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 5.59 | 5.25 | 5.38 | 16.21 | 2,684,000 |
| 79 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 5.59 | 5.25 | 9.87 | 20.71 | 1,167,000 |
| 80 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 5.59 | 5.25 | 5.38 | 16.21 | 2,974,000 |
| 81 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 1 | 5.59 | 5.25 | 4.60 | 15.44 | 2,684,000 |
| 82 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 5.59 | 5.25 | 4.37 | 15.21 | 2,974,000 |
| 83 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 3 | 5.59 | 5.25 | 4.26 | 15.10 | 3,939,000 |
| 84 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 5.59 | 5.25 | 3.91 | 14.75 | 1,842,000 |
| 85 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5.59 | 5.25 | 3.65 | 14.48 | 2,132,000 |
| 86 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 5.59 | 5.25 | 3.17 | 14.01 | 3,097,000 |
| 87 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 5.59 | 5.25 | 3.56 | 14.40 | 2,132,000 |
| 88 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5.59 | 5.25 | 3.32 | 14.16 | 2,422,000 |
| 89 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 5.59 | 5.25 | 3.17 | 14.01 | 3,387,000 |
| 90 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 5.59 | 5.25 | 3.42 | 14.26 | 3,097,000 |

จากผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง เป็นการคำนวณเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดภายใต้กรอบงบประมาณที่กำหนด โดยเมื่อกำหนดกรอบงบประมาณ 4,000,000 บาท พบว่า จากกลุ่มสายทางที่เป็นไปตามเงื่อนไขดังกล่าวนั้นมีเพียงแผนงานเดียวที่ให้ผลรวมของค่าดัชนีความซรุขระสากลเทียบเท่ารายปีต่ำที่สุดดังตารางที่ ข-20 โดยเมื่อระบุได้ว่าช่วงสายทางแต่ละช่วงได้รับการซ่อมบำรุงด้วยวิธีใดแล้วจะสามารถทำนายพฤติกรรมการเสื่อมสภาพของผิวทางได้จากข้อมูลที่ได้ทำการสร้างไว้ในขั้นตอนการกำหนดค่าองค์ประกอบสำหรับทางเลือกในการซ่อมบำรุง ดังรูปที่ 4.4 นอกจากนี้ในการวางแผนงานแบบไม่จำกัดงบประมาณสามารถใช้หลักการเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันที่เงื่อนไขของกรอบงบประมาณ โดยในการวิเคราะห์จะต้องทำการกำหนดงบประมาณให้มีจำนวนมากเสมือนงบประมาณไม่จำกัด

ตารางที่ ข-20 ผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาทางแบบปีต่อเนื่อง 3 ปี ภายใต้เงื่อนไขงบประมาณที่จำกัด 4,000,000 บาท

| รหัสสายทาง | กิจกรรมซ่อมบำรุงที่ปีต่างๆ | | | UIRI (ม./กม.) | งบประมาณ (บาท) |
|------------|----------------------------|-------------|-----------|------------------|-------------------|
| | ปีที่ 1 | ปีที่ 2 | ปีที่ 3 | | |
| ปท.3007 | ฉาบผิวทาง | ฉาบผิวทาง | บำรุงปกติ | 4.57 | 679,000 |
| ปท.3019 | บำรุงปกติ | เสริมผิวทาง | ฉาบผิวทาง | 3.80 | 1,644,000 |
| ปท.5026 | เสริมผิวทาง | ฉาบผิวทาง | บำรุงปกติ | 3.56 | 1,644,000 |
| รวม | | | | 11.93 | 3,967,000 |

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการใช้แผ่นคำนวณ (Spread Sheet) ช่วยใน
การวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทาง

การวางแผนงานบำรุงรักษามิถุนทางซึ่งต้องวิเคราะห์ข้อมูลสายทางในโครงข่ายจำนวนมาก มีความซับซ้อน และต้องอาศัยเวลาในการคำนวณมาก ดังนั้นการนำแผนคำนวณ (กิตติ, 2546) มาช่วยในการคำนวณจะลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ในแผนงานได้ นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณยังมีความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้

ในส่วนนี้กล่าวถึงตัวอย่างวิธีการนำแผนคำนวณใช้เพื่อช่วยในการคำนวณ ซึ่งอ้างอิงข้อมูลช่วงสายทางจากภาคผนวก ข โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเตรียมข้อมูลสำหรับการคำนวณ

การเตรียมข้อมูลเพื่อนำเข้าสู่การคำนวณแผนงาน เป็นการกำหนดค่าดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปีภายหลังสายทางได้รับการซ่อมบำรุงแต่ละวิธีการ ดังตารางที่ ข-2 ถึง ข-11 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ ค-1

ตารางที่ ค-1 ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปีของตัวอย่างโครงข่ายสายทาง

| รหัสสายทาง | วิธีการซ่อม | UIRI (ม./กม.) | รหัสสายทาง | วิธีการซ่อม | UIRI (ม./กม.) |
|------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|
| ปท.3007 | 1 | 5.59 | ปท.5023 | 1 | 13.99 |
| | 2 | 4.99 | | 2 | 3.09 |
| | 3 | 4.32 | ปท.5026 | 1 | 12.99 |
| ปท.3008 | 1 | 3.92 | | 2 | 3.09 |
| | 2 | 3.48 | ปท.4003 | 1 | 4.35 |
| | 3 | 4.32 | | 2 | 3.89 |
| ปท.3011 | 1 | 8.99 | ปท.3020 | 3 | 4.32 |
| | 2 | 8.19 | | 1 | 11.63 |
| | 3 | 4.32 | | 2 | 10.46 |
| ปท.3019 | 1 | 5.74 | ปท.3022 | 3 | 4.32 |
| | 2 | 5.13 | | 1 | 11.88 |
| | 3 | 4.32 | | 2 | 3.69 |
| ปท.3025 | 1 | 8.21 | | | |
| | 2 | 7.55 | | | |
| | 3 | 4.32 | | | |

2. การสร้างสมการวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการคำนวณ

เมื่อเตรียมข้อมูลสำหรับนำเข้าสู่การคำนวณแล้ว ต้องทำการสร้างสมการสำหรับการใช้ในการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทางตามวัตถุประสงค์และข้อจำกัดที่กำหนด โดยสมการที่นำมาใช้อ้างอิงจากสมการที่ 3.7

$$\begin{aligned}
 \text{Objective:} \quad & \text{Min} \quad \sum_{i \in I} \sum_{p \in P} \sum_{t \in T} \text{UIRI}_{ipt} x_{ipt} \\
 \text{Subject to:} \quad & \sum_{i \in I} \sum_{p \in P} \sum_{t \in T} c_{pt} x_{ipt} \leq B \\
 & \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \delta_{ipt} x_{ipt} = 1 \quad \forall i \in I, \forall t \in T \\
 & x_{ipt} \in \{0,1\}
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

การใช้แผ่นคำนวณของโปรแกรม MS-EXCEL มาช่วยในการวิเคราะห์แผนงานนั้น จะนำคำสั่ง Solver มาใช้ซึ่งต้องมีการการสร้างพารามิเตอร์ที่จะใช้ในการวิเคราะห์แผนงานดังตัวอย่างรูปที่ ค-1 และ ค-2



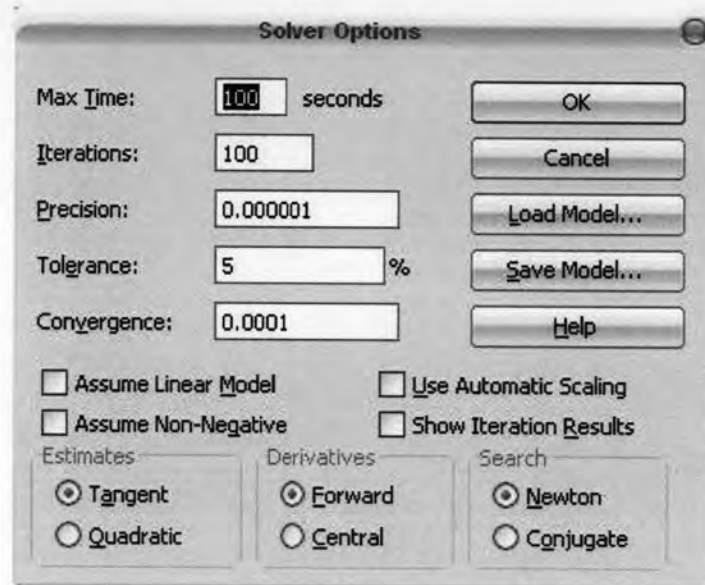
รูปที่ ค-1 ตัวอย่างการสร้างค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ใน Solver

โดยเซลล์อ้างอิงที่กำหนดโดย Set Target Cell และ Equal To จะเป็นการกำหนดสมการวัตถุประสงค์การวิเคราะห์ คือ หาผลรวมของค่าดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปีน้อยที่สุด

ในส่วนของ Subject to the Constraints เป็นการกำหนดเงื่อนไข โดยบรรทัดแรกเป็นกำหนดว่าผลรวมของงบประมาณที่คำนวณได้ต้องไม่เกินงบประมาณที่กำหนด บรรทัดที่สอง เป็นการกำหนดว่าในแต่ละช่วงสายทางจะสามารถเลือกวิธีการซ่อมบำรุงได้เพียงวิธีเดียว บรรทัด

สุดท้าย เป็นการกำหนดให้วิธีการเลือกวิธีการซอมบำรุงเป็นฟังก์ชันแบบทวิภาค (Binary) ซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ 3.7

นอกจากนี้ควรมีการกำหนดตัวเลือกในการวิเคราะห์ต่างๆ ดังรูปที่ ค-2 เช่น การกำหนดเวลาที่ใช้ในการประมวลผลแต่ละครั้ง จำนวนครั้งที่จะวนซ้ำในการคำนวณ และความแม่นยำของคำตอบที่ต้องการ เป็นต้น



รูปที่ ค-2 การตั้งค่าตัวเลือกของการวิเคราะห์ด้วย Solver

3. การวิเคราะห์แผนงานและผลลัพธ์ที่ได้จาก Solver

ตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค นี้ เป็นการวิเคราะห์แผนงานกรณีที่มีงบประมาณจำกัด 4,000,000 บาท ซึ่งการเตรียมข้อมูลในแผ่นคำนวณดังแสดงรูปที่ ค-3

หลังจากที่เตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์แผนงานครบถ้วน จึงทำการคำนวณโดยใช้คำสั่ง Solve เพื่อแก้สมการดังที่กำหนดไว้ในรูป ค-1 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังรูปที่ ค-4 โดยวิธีการซอมบำรุงของแต่ละช่วงสายทางที่วิเคราะห์ได้แสดงดังเซลล์ที่แสดงค่าเท่ากับ 1 และเหลือไว้ในแถวที่ 3 ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขการคำนวณที่กำหนดวิธีการเลือกวิธีการซอมบำรุงให้เป็นฟังก์ชันแบบทวิภาค จากผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถสรุปได้ดังตารางที่ ค-2

รูปที่ ค-3 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลในแผ่นคำนวณ

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | AA | AB | AC | AD | AE | | | | |
|-------------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|-----------|----|-----------|---|---|---|
| 1 | | ปท3007 | | | ปท3008 | | | ปท3011 | | | ปท3019 | | | ปท3025 | | | ปท5023 | | ปท5026 | | ปท4003 | | | ปท3020 | | | ปท3022 | | | | | | | | |
| 2 Treatment | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | | | | | | | | |
| 3 Decision | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 4 UIPI | 5.59 | 4.99 | 4.32 | 3.92 | 3.48 | 4.32 | 8.99 | 8.19 | 3.09 | 5.74 | 5.13 | 4.32 | 8.21 | 7.55 | 4.32 | 13.99 | 4.32 | 12.99 | 4.32 | 4.35 | 3.89 | 4.32 | 11.63 | 10.46 | 4.32 | 11.88 | 4.32 | 0.00 | | | | | | | |
| 5 Cost | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 1,840,000 | 33,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 1,288,000 | 0 | 4,000,000 | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 ปท3007 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | = | 1 | |
| 8 ปท3008 | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | = | 1 |
| 9 ปท3011 | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | = | 1 |
| 10 ปท3019 | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | = | 1 |
| 11 ปท3025 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | = | 1 |
| 12 ปท5023 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | = | 1 |
| 13 ปท5026 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | 0 | = | 1 |
| 14 ปท4003 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | 0 | = | 1 |
| 15 ปท3020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | 0 | = | 1 |
| 16 ปท3022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | 0 | = | 1 | |

รูปที่ ค-4 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Solver

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | AA | AB | AC | AD | AE | | | | | |
|-------------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|-----------|-----------|----|--|---|---|---|---|
| 1 | | ปท3007 | | | ปท3008 | | | ปท3011 | | | ปท3019 | | | ปท3025 | | | ปท5023 | | ปท5026 | | ปท4003 | | | ปท3020 | | | ปท3022 | | | | | | | | | |
| 2 Treatment | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | | | | | | | | | |
| 3 Decision | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | | | | | | | | |
| 4 UIPI | 5.59 | 4.99 | 4.32 | 3.92 | 3.48 | 4.32 | 8.99 | 8.19 | 3.09 | 5.74 | 5.13 | 4.32 | 8.21 | 7.55 | 4.32 | 13.99 | 4.32 | 12.99 | 4.32 | 4.35 | 3.89 | 4.32 | 11.63 | 10.46 | 4.32 | 11.88 | 4.32 | 66.98 | | | | | | | | |
| 5 Cost | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 1,840,000 | 33,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 33,000 | 323,000 | 1,288,000 | 3,972,000 | 4,000,000 | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 ปท3007 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | = | 1 | |
| 8 ปท3008 | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | = | 1 |
| 9 ปท3011 | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | = | 1 |
| 10 ปท3019 | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | = | 1 |
| 11 ปท3025 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | = | 1 |
| 12 ปท5023 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | = | 1 |
| 13 ปท5026 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | = | 1 |
| 14 ปท4003 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | = | 1 |
| 15 ปท3020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | = | 1 |
| 16 ปท3022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | = | 1 | |

ตารางที่ ค-2 ตัวอย่างสรุปผลการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาทางแบบปีต่อปีภายใต้เงื่อนไขงบประมาณที่จำกัด 4,000,000 บาท ด้วย Solver

| รหัสสายทาง | กิจกรรมซ่อมบำรุง | | UIRI (ม./กม.) | งบประมาณ (บาท) |
|------------|------------------|---------------|------------------|-------------------|
| ปท.3007 | 1 | ซ่อมบำรุงปกติ | 5.59 | 33,000 |
| ปท.3008 | 1 | ซ่อมบำรุงปกติ | 3.92 | 33,000 |
| ปท.3011 | 2 | ฉาบผิวทาง | 8.19 | 323,000 |
| ปท.3019 | 1 | ซ่อมบำรุงปกติ | 5.74 | 33,000 |
| ปท.3025 | 1 | ซ่อมบำรุงปกติ | 8.21 | 33,000 |
| ปท.5023 | 4 | บูรณะผิวทาง | 4.32 | 1,840,000 |
| ปท.5026 | 3 | เสริมผิวทาง | 4.32 | 1,288,000 |
| ปท.4003 | 1 | ซ่อมบำรุงปกติ | 4.35 | 33,000 |
| ปท.3020 | 2 | ฉาบผิวทาง | 10.46 | 323,000 |
| ปท.3022 | 1 | ซ่อมบำรุงปกติ | 11.88 | 33,000 |
| รวม | | | 66.98 | 3,972,000 |

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Solver พบว่า แผนงานที่ได้นั้นเหมือนกับแผนงานบำรุงทางซึ่งได้จากการวิเคราะห์โดยตรง แต่ใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่ามาก แต่ทั้งนี้เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์แผนงานนั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลที่น่าเข้าสู่การวิเคราะห์หรือจำนวนช่วงสายทางของโครงข่าย และคุณสมบัติของเครื่องคำนวณที่นำมาใช้ นอกจากนี้ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองการวางแผนงานบำรุงรักษาทางกับโครงข่ายสายทางขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีระบบฐานข้อมูลที่ดี และการเชื่อมโยงข้อมูลกับโปรแกรมการวิเคราะห์แผนงานนั้นต้องคำนึงถึงการไหลของข้อมูล (Data Flow) ที่สั้นที่สุด เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการประมวลผล



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวัชรคม โภครัตน์นันท์ เกิดเมื่อวันที่ 5 มีนาคม พ.ศ.2524 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2545 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2547 ระหว่างการศึกษาได้รับทุนผู้ช่วยสอนและวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย