

การพัฒนาแบบจำลองสภาพความเสียหายของผิวทางลาดยาง โดยวิธีใช้ค่า IRI ในประเทศไทย

Development of Asphalt Pavement Deterioration Model using IRI in Thailand

วิศณุ ทรัพย์สมพล ประพนธ์ ชินอุ่มทรัพย์

จุมพล ผลประเสริฐ และ ภูศักร์ ศิริอิศรกรกุล

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 218-3278 โทรสาร 251-7304

E-Mail: swisanu @ chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและสร้างแบบจำลองสภาพความเสียหายของผิวทาง โดยใช้ค่าดัชนีความเรียบสากล (International Roughness Index, IRI) เป็นตัวแปรตามแสดงสภาพความเสียหายของผิวทาง โดยมีตัวแปรอายุของผิวทางภายหลังการเสริมผิวแอสฟัลท์ ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี สัดส่วนของรถหนักเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของปริมาณการจราจร และปริมาณฝนเป็นตัวแปรอิสระ โดยแบ่งกลุ่มของแบบจำลองตามค่าความชันของภูมิประเทศออกเป็นสามกลุ่ม และได้ทำการศึกษาเฉพาะถนนผิวทางลาดยางของกรมทางหลวงทั่วประเทศประมาณ 1,000 ช่วงถนน โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ พ.ศ. 2533 จนกระทั่งถึง พ.ศ. 2541 จากผลการวิเคราะห์พบว่าแบบจำลองที่เหมาะสมอยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียล โดยอัตราการเสียหายของผิวทางจะแปรผันโดยตรงกับความชันของภูมิประเทศ และเมื่อพิจารณาแบบจำลองในแต่ละกลุ่มความชันพบว่าตัวแปรอิสระทุกตัวที่ใช้ในแบบจำลองล้วนมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มของค่า IRI โดยตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อการเพิ่มของค่า IRI มากที่สุดคือ อายุของผิวทางภายหลังการเสริมผิวแอสฟัลท์

Abstract

The purpose of this research is to develop a pavement deterioration model based on the International Roughness Index (IRI). IRI is used as a dependent variable while pavement age after overlay, average annual daily traffic (AADT), average percent of heavy vehicles and rainfall are used as independent variables. The model is determined comparably among each topographical gradient. The data used in this analysis is about 1,000 sections of flexible pavement under the Department of Highway's supervision from 1990 to 1998. The result of the analysis shows that the deterioration of pavement is in an exponential function form. The deterioration model, which is represented by IRI, is affected by all independent variables. Among

these independent variables, pavement age after overlay has the most impact to IRI.

1. บทนำ

ในประเทศไทยหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบต่อการสร้างและบำรุงรักษาถนนคือกรมทางหลวง ซึ่งถนนที่อยู่ในความรับผิดชอบส่วนใหญ่เป็นเส้นทางคมนาคมหลักของประเทศ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการบำรุงรักษาดูแลให้มีสภาพที่ใช้การได้คืออยู่เสมอ แต่เนื่องจากกรมทางหลวงมีถนนที่อยู่ในความรับผิดชอบเป็นจำนวนมากจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงถนนเพื่อที่จะใช้พิจารณากำหนดช่วงเวลาที่จะจำเป็นต้องทำการซ่อมบำรุงของถนนเส้นต่างๆ ซึ่งการที่จะสามารถวางแผนการบำรุงรักษาดูแลได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น มีความจำเป็นที่ต้องรู้ถึงพฤติกรรมการเสียหายของถนนและสามารถคาดการณ์สภาพความเสียหายของถนนที่จะเกิดขึ้นให้ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด แต่ในประเทศไทยยังไม่มีแบบจำลองพฤติกรรมการเสียหายที่สร้างขึ้นมาจากข้อมูลสภาพความเสียหายของถนนในประเทศไทยเพื่อนำมาใช้คาดการณ์สภาพความเสียหายและวางแผนการบำรุงรักษาดูแล

กรมทางหลวงได้เริ่มทำการเก็บข้อมูลดัชนีสภาพความเสียหายของผิวทางของถนนเส้นต่างๆ มาตั้งแต่ พ.ศ. 2533 โดยใช้ค่าดัชนีความเรียบสากล (International Roughness Index, IRI) มีหน่วยเป็น เมตร/กิโลเมตร โดยถนนที่มีค่า IRI น้อยจะเป็นถนนที่มีสภาพที่ดีกว่าถนนที่มีค่า IRI มาก ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้วิเคราะห์และสร้างแบบจำลองแสดงสภาพความเสียหายของผิวทางซึ่งพิจารณาจากค่า IRI ขึ้นมาเพื่อที่จะใช้แสดงพฤติกรรมและคาดการณ์สภาพการเสียหายของถนนในอนาคตภายใต้ผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ ได้

2. วัตถุประสงค์การศึกษา

วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสภาพความเสียหายของผิวทางลาดยางในประเทศไทย และสร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับสภาพความเสียหายของผิวทางซึ่งการศึกษานี้ใช้

ค่าดัชนีความเรียบสากล (International Roughness Index, IRI) เป็นดัชนีแสดงสภาพความเสียหาย เพื่อนำแบบจำลองไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการซ่อมบำรุงถนนต่อไป โดยได้ทำการศึกษาข้อมูลค่า IRI จากถนนลาดยางที่อยู่ในความดูแลของกรมทางหลวงที่มีการจัดเก็บข้อมูลสภาพความเสียหาย มาตั้งแต่ พ.ศ. 2533 จนกระทั่งถึง พ.ศ. 2541

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่ได้ทำมาก่อนหน้านั้น [1] พบว่าโดยทั่วไปแล้วปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสภาพความเสียหายของผิวทางนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นสี่กลุ่มหลักได้แก่

- 1) ลักษณะของผิวทาง (Pavement Characteristics)
- 2) ประวัติของผิวทาง (Pavement History)
- 3) ลักษณะการจราจร (Traffic Characteristics)
- 4) ลักษณะสภาพแวดล้อม (Environmental Characteristics)

ในการศึกษาสภาพความเสียหายของผิวทางนี้ จะเป็นการศึกษาผลของตัวแปรอิสระต่างๆ ที่มีต่อค่า IRI ซึ่งตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้จะใช้ ค่าอายุของถนนแทนตัวแปรในกลุ่มประวัติของผิวทาง ใช้ค่าปริมาณการจราจร (AADT) และ ค่าสัดส่วนของรถหนักแทนตัวแปรในกลุ่มของลักษณะการจราจร และใช้ค่าปริมาณน้ำฝนพร้อมทั้งค่าความชันของภูมิประเทศแทนตัวแปรในกลุ่มของลักษณะสภาพแวดล้อม สำหรับตัวแปรในกลุ่มของลักษณะผิวทางจะไม่นำมาใช้เป็นตัวแปรในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากในการศึกษานี้จะทำการศึกษาเฉพาะถนนผิวทางลาดยางที่มีการบูรณะด้วยวิธี Overlay เท่านั้น และโดยส่วนใหญ่กรมทางหลวงจะทำการ Overlay ถนนด้วยความหนาที่คงที่เท่ากับ 5 ซม. สำหรับรายละเอียดของตัวแปรต่างๆที่จะใช้ในการศึกษามีดังต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลค่า IRI

ค่า IRI หรือ International Roughness Index เริ่มมีขึ้นในปี ค.ศ.1982 [2] เมื่อ World Bank ได้จัดการทดลอง International Road Roughness Experiment (IRRE) ขึ้นที่ประเทศบราซิล เพื่อกำหนดมาตรฐานของดัชนีในการวัดสภาพความเสียหายของผิวทางสำหรับถนนที่ได้รับเงินกู้จาก World Bank ค่า IRI นี้สามารถวัดได้โดยอาศัยรถยนต์วัดค่าที่เรียกว่า Quarter - car โดยการติดตั้งเครื่องมือชื่อว่า Bump Integrator ที่ล้อซึ่งวัดความขรุขระของผิวทางจากระยะการสั่นสะเทือนขึ้น-ลงทั้งหมดของเพลาล้อรถต่อระยะทางที่เคลื่อนที่ไป จากนั้นจึงนำค่าที่ได้มาปรับให้เป็นค่า IRI ต่อไป โดยทั่วไปค่า IRI มีหน่วยเป็น m/km

กรมทางหลวงได้ใช้ค่า IRI เป็นเกณฑ์ในการวัดสภาพความเสียหายของผิวทางสำหรับนำไปใช้ในการปรับปรุงและซ่อมแซมถนน โดยข้อมูลดังกล่าวรวบรวมจากฐานข้อมูลในระบบการบริหารงานบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System: TPMS) ของสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง ซึ่งจัดเก็บอยู่ในรูปของ

ฐานข้อมูลแบบ Foxpro โดยเริ่มจัดเก็บตั้งแต่ พ.ศ. 2533 จนถึงปัจจุบัน และแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 กลุ่มแยกตามภาค ได้แก่ ภาคใต้ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การใช้ค่า IRI แสดงสภาพความเสียหายของถนนมีข้อดีคือการวัดค่า IRI โดยการแปลงผลจากการสั่นสะเทือนของเพลาล้อมาเป็นค่า IRI นั้นทำได้รวดเร็วและค่า IRI สามารถที่จะแสดงระดับความเสียหายของผิวทางโดยรวมได้ดี แต่ข้อด้อยของ IRI ก็มีเช่นกัน คือ IRI จะไม่แสดงว่าความเสียหายทั้งหมดที่ประกอบขึ้นมาเป็นค่า IRI นั้น ประกอบด้วยความเสียหายแบบใดบ้าง ซึ่งในการตัดสินใจว่าจะเลือกการซ่อมบำรุงอย่างไรนั้นจำเป็นต้องรู้ว่าสภาพความเสียหายของผิวทางเป็นแบบใดด้วย ทำให้การตัดสินใจในการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงไม่อาจจะทำได้โดยพิจารณาจากค่า IRI เพียงอย่างเดียว ดังนั้นแบบจำลองที่ทำนายค่า IRI จึงมีข้อจำกัดอยู่ที่ผู้ใช้ต้องเข้าใจว่าแบบจำลองที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้ในการพิจารณาว่าจะใช้วิธีการซ่อมบำรุงแบบใดได้ แต่จะสามารถใช้ในการวางแผนการซ่อมบำรุงในอนาคตว่าควรทำการซ่อมบำรุงถนนเส้นใดก่อนหรือวางแผนว่าจะทำการซ่อมบำรุงถนนแต่ละเส้นเมื่อใด

3.2 ข้อมูลอายุของถนน

อายุของถนนที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ จะเป็นอายุของถนนที่เริ่มนับจากเมื่อถนนได้เริ่มทำการ Overlay ใหม่จนถึงการ Overlay ครั้งต่อไป โดยใช้สมมุติฐานว่าการบูรณะด้วยวิธี Overlay นี้จะทำให้ผิวทางกลับมามีความเรียบเหมือนกับถนนที่เพิ่งสร้างใหม่อีกครั้ง

3.3 ข้อมูลปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT)

และค่าสัดส่วนของรถหนัก

ข้อมูลปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (Average Annual Daily Traffic, AADT) และสัดส่วนของรถหนักที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นี้ นำมาจากข้อมูลของกองวิศวกรรมจราจร กรมทางหลวง ซึ่งทำการบันทึกค่าทุกๆปี ซึ่งค่า AADT ที่ทำการบันทึกสามารถจำแนกตามชนิดของรถได้ดังนี้

- 1) รถจักรยาน
- 2) รถจักรยานยนต์
- 3) รถยนต์นั่งส่วนบุคคล
- 4) รถโดยสารขนาดเล็ก
- 5) รถโดยสารขนาดใหญ่
- 6) รถบรรทุกขนาดเล็ก
- 7) รถบรรทุกขนาดกลาง
- 8) รถบรรทุกขนาดใหญ่

สำหรับรถจักรยานและรถจักรยานยนต์นั้น เนื่องจากมีน้ำหนักที่กระทำต่อผิวทางน้อยมาก จึงจะไม่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สภาพความเสียหายของผิวทาง

ในส่วนของการคำนวณค่า IRI ที่ใช้ในการวิเคราะห์ จะเป็นค่าของสัดส่วนปริมาณการจราจรของรถหนักที่มีอยู่ในแต่ละช่วงของถนนที่ทำการศึกษากับปริมาณการจราจรทั้งหมด โดยรถหนักดังกล่าวประกอบด้วย รถโดยสารขนาดใหญ่ รถบรรทุกขนาดกลาง และรถบรรทุกขนาดใหญ่

3.4 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ นำมาจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่จัดเก็บโดยกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งมีสถานีวัดปริมาณน้ำฝนกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อเดือนของปีต่างๆตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 – 2541 ซึ่งบันทึกข้อมูลอยู่ในรูปของโปรแกรม Microsoft Excel

3.5 ข้อมูลความชันของภูมิประเทศ

ความชันภูมิประเทศของถนนเส้นต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่นำมาจากแขวงการทางต่างๆ ของกรมทางหลวง โดยกรมทางหลวงได้แบ่งกลุ่มความชันของภูมิประเทศของถนนเส้นต่างๆ ออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

- 1) ความชัน 0 – 3 % : เป็นกลุ่มที่มีความชันน้อย มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบ
- 2) ความชัน 3 – 5 % : เป็นกลุ่มที่มีความชันปานกลาง มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบสลับเนิน
- 3) ความชัน 5 – 7 % : เป็นกลุ่มที่มีความชันสูง มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเนินสลับภูเขา
- 4) ความชัน > 7 % : เป็นกลุ่มที่มีความชันสูงมาก มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูง

จากการพิจารณาพบว่า จำนวนของถนนที่มีค่าความชันของภูมิประเทศมากกว่า 7 % นั้นมีจำนวนค่อนข้างน้อย ในการวิเคราะห์จึงทำการรวมความชันกลุ่มที่ 3 และ กลุ่มที่ 4 เข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน

โดยสรุปปัจจัยที่ใช้เป็นตัวแปรในการศึกษาสภาพความเสียหายของผิวทางครั้งนี้ประกอบด้วย อายุของผิวทางนับจากการเสริมผิวแอสฟัลท์ (Overlay) ครั้งสุดท้าย ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT) สัดส่วนของรถหนักคิดเป็นร้อยละของปริมาณการจราจรปริมาณน้ำฝน และความชันของภูมิประเทศ

4. การสร้างแบบจำลอง

การศึกษาวเคราะห์ปัจจัยและสร้างแบบจำลองได้ใช้หลักการทางสถิติได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอย และการทดสอบสมมติฐาน โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS [3] ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาขั้นต้นพบว่าแบบจำลองความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่าง ค่า IRI ซึ่งเป็นตัวแปรตาม กับปัจจัยต่างๆ ที่เป็นตัวแปรอิสระ

คือความสัมพันธ์แบบฟังก์ชัน Exponential ดังนั้นจึงจะใช้รูปแบบของการถดถอยในการสร้างแบบจำลองแสดงสภาพความเสียหายของผิวทางโดยจะมีรูปของสมการดังนี้ (ค่า X ในสมการแทนตัวแปรอิสระต่างๆ)

$$IRI = a \cdot e^{(b_1 \cdot X_1) + (b_2 \cdot X_2) + \dots + b_n \cdot X_n} \quad (1)$$

หรืออยู่ในรูป

$$\ln IRI = \ln a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n \quad (2)$$

ซึ่งจะได้เป็นสมการในรูปแบบของการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น (Multiple Linear Regression) ดังนั้นจึงจะทำการเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลของ IRI ในส่วนข้อมูลของโปรแกรม SPSS ให้มาอยู่ในรูปของ $\ln IRI$ แล้วจึงทำการวิเคราะห์โดยใช้คำสั่ง Linear Regression โดยมีค่าอธิบายของตัวแปรในแต่ละสมการดังนี้

IRI คือค่าดัชนีที่ใช้วัดสภาพความเรียบของผิวทางมีหน่วยเป็น m / km

AGE คืออายุของผิวทางซึ่งจะเริ่มนับตั้งแต่ว่าการ Overlay ครั้งสุดท้ายมีหน่วยเป็นปี

AVG. AADT คือค่าเฉลี่ยของ AADT ของถนนตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา มีหน่วยเป็นคันต่อวัน

CU. AADT คือค่าสะสมของ AADT ของถนนตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา มีหน่วยเป็นคัน

% HV คือค่าเฉลี่ยสัดส่วนของรถหนักคิดเป็นร้อยละของปริมาณการจราจรทั้งหมดบนถนนเส้นนั้น

AVG. RAIN คือค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนที่ตกบริเวณถนนตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อเดือน

CU. RAIN คือค่าสะสมของปริมาณน้ำฝนที่ตกบริเวณถนนตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

การวิเคราะห์จะเริ่มจากการแบ่งถนนออกเป็นกลุ่ม 3 กลุ่มตามลักษณะความชันและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับอายุของผิวทางและปริมาณการจราจรก่อน โดยปริมาณการจราจรที่ใช้ได้ทดลองใช้ทั้งปริมาณการจราจรเฉลี่ย และปริมาณการจราจรสะสม หลังจากนั้นจึงทำการเพิ่มตัวแปรสัดส่วนของรถหนักและปริมาณน้ำฝนทั้งค่าเฉลี่ยและค่าสะสมเข้าไปในแบบจำลอง ผลการศึกษาที่ได้แสดงในตารางที่ 1 พบว่าทุกตัวแปรล้วนส่งผลต่อค่า IRI เนื่องจากมีค่า Sig. T ของแต่ละตัวแปรในทุกรูปแบบสมการน้อยกว่า 0.05 และเมื่อพิจารณาค่า Beta ของแต่ละตัวแปรในทุกรูปแบบสมการพบว่ามีค่าเป็นบวก ดังนั้นทุกตัวแปรจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับค่า IRI นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ได้มีการกระจายตัวของข้อมูลค่อนข้างน้อย โดยมีค่า R² อยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 0.8 และมีค่า Standard Error of Estimate (SE)

ประมาณ 0.1 และเมื่อพิจารณาถนนในแต่ละกลุ่มความชัน ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการเพิ่มของค่า IRI มากที่สุดได้แก่ อายุของผิวทาง รองลงมาคือปริมาณการจราจร AADT ไม่ว่าจะเป็นค่าเฉลี่ยหรือสะสม ส่วนตัวแปรที่มีผลน้อย ได้แก่ ค่าสัดส่วนของรถหนักและปริมาณน้ำฝน

แบบจำลองที่เหมาะสมกับการใช้งานมี 2 แบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 1 แบบจำลองแบบแรก ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ คือ อายุของผิวทาง ปริมาณการจราจรเฉลี่ย ค่าสัดส่วนของรถหนักเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย แบบจำลองที่สอง ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ คือ อายุของผิวทาง ปริมาณการจราจรสะสม ค่าสัดส่วนของรถหนักเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนสะสม แบบจำลองทั้งสองรูปแบบมีข้อดีแตกต่างกันไป สำหรับแบบจำลองแบบแรกนั้นมีข้อดีคือสามารถที่จะนำไปใช้งานได้ง่าย เนื่องจากตัวแปรในแบบจำลองเป็นค่าเฉลี่ย จึงไม่ต้องประมาณค่าตัวแปรต่างๆ ให้มีความละเอียดถูกต้อง ใกล้เคียงกับความจริงมากก็สามารถที่จะใช้ทำนายสภาพความเสียหายของผิวทางได้ ในขณะที่แบบจำลองรูปแบบที่สองมีข้อดีตรงที่สามารถทำนายค่า IRI ในอนาคตได้ใกล้เคียงความจริงมากกว่าเมื่อสามารถประมาณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ในรูปที่ 1 ถึง 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับอายุของผิวทางหลังการเสริมผิวแอสฟัลท์แบ่งตามกลุ่มของความชัน โดยในรูปที่ 1 แสดงผลที่เกิดจาก AADT ที่มีต่ออัตราการเสียหายของผิวทาง รูปที่ 2 แสดงผลที่เกิดจากปริมาณฝนที่มีต่ออัตราการเสียหายของผิวทาง และรูปที่ 3 แสดงผลที่เกิดจากสัดส่วนของรถหนักที่มีต่ออัตราการเสียหายของผิวทาง โดยเปรียบเทียบของ AADT ปริมาณฝน และสัดส่วนรถหนัก ในกรณีที่มีค่าน้อยและค่ามาก ซึ่งจากรูปทั้งสามพบว่า AADT จะมีผลต่ออัตราการเสียหายของผิวทางมากกว่าปริมาณฝนและสัดส่วนของรถหนัก

รูปที่ 4 และ 5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่า IRI จากการสุ่มเก็บข้อมูลจริงจำนวนกว่า 300 ข้อมูล กับค่า IRI ที่ได้จากแบบจำลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ผลการทดสอบความถูกต้องของค่า IRI ที่ได้จากแบบจำลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบจำลองที่ 1 ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ยของ AADT และปริมาณฝน มีค่าเท่ากับ 0.80 ในขณะที่ค่า IRI จากแบบจำลองที่ 2 ที่ใช้ค่าสะสมของ AADT และปริมาณฝน เมื่อเทียบกับข้อมูลจริงมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.82 จึงสามารถสรุปได้ว่า ผลการพยากรณ์ค่า IRI มีความแม่นยำในระดับที่ยอมรับได้

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้แสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อสภาพความเสียหายของผิวทางลาดยาง ได้แก่ อายุของผิวทาง ปริมาณการจราจร สัดส่วนของรถหนัก ปริมาณน้ำฝน และความชันของภูมิประเทศ โดยศึกษาจากถนนผิวทางลาดยางทั่วประเทศที่

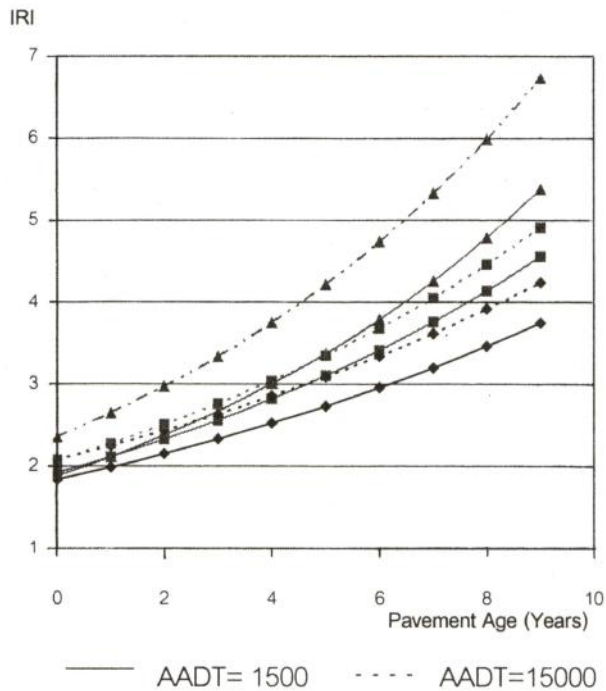
อยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง ผลการศึกษพบว่าความชันของภูมิประเทศมีผลต่อการเพิ่มของค่า IRI และในทุกกลุ่มความชันของภูมิประเทศ ตัวแปรอายุของผิวทางจะมีผลกระทบต่อการเพิ่มของค่า IRI มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ปริมาณการจราจร (AADT) ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าสะสม สำหรับผลกระทบจากปริมาณน้ำฝนที่มีต่อการเพิ่มขึ้นของค่า IRI จะมีผลน้อย ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ยังไม่ละเอียดพอ เพราะยังขาดข้อมูลน้ำฝนในหลายจังหวัด ในส่วนของค่าสัดส่วนของรถหนักนั้นมีผลกระทบน้อยเช่นกัน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากสัดส่วนของรถหนักนั้นคิดเป็นสัดส่วนจาก AADT ในกรณีที่ถนนบางสายมีค่า AADT น้อยแต่มีสัดส่วนของรถหนักมากเมื่อคิดเป็นปริมาณรถหนักก็เป็นจำนวนไม่มาก จึงไม่ทำให้ค่า IRI เพิ่มขึ้นมากแม้ว่าค่าสัดส่วนของรถหนักจะมากก็ตาม อีกสาเหตุหนึ่งที่น่าจะเป็นไปได้ คือ ความเสียหายที่เกิดจากรถหนักนั้นมักทำความเสียหายต่อโครงสร้างของถนน ซึ่งความเสียหายต่อโครงสร้างนี้กรมทางหลวงจะทำการซ่อมทันที ทำให้เมื่อทำการวัดค่า IRI ความเสียหายที่เกิดจากรถหนักจะไม่แสดงอยู่ในค่า IRI ที่วัดมา ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองจึงแสดงผลออกมาว่าผลกระทบจากค่าสัดส่วนของรถหนักมีน้อย

แบบจำลองทำนายค่า IRI นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เข้ากับระบบการบริหารงานบำรุงทางของกรมทางหลวงเพื่อใช้ประโยชน์ในการวางแผนการซ่อมบำรุงได้ โดยการพิจารณาจากค่า IRI ของถนนในอนาคตจะทำให้สามารถวางแผนได้ว่าถนนแต่ละสายควรทำการซ่อมบำรุงเมื่อใด การใช้ค่า IRI เป็นดัชนีแสดงสภาพความเสียหายมีข้อดีตรงที่ค่า IRI สามารถทำการวัดได้รวดเร็วโดยอาศัยเครื่องมือวัด แต่ค่า IRI จะบอกได้เพียงว่าผิวทางเสียหายมากหรือน้อยแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสภาพความเสียหายเป็นความเสียหายประเภทใดและไม่สะท้อนสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างถนน ดังนั้นการจะเลือกวิธีการซ่อมบำรุงให้เหมาะสมกับสภาพความเสียหายของผิวทางไม่อาจทำได้จากการพิจารณา IRI เพียงอย่างเดียว แต่ต้องอาศัยการตรวจสอบสภาพความเสียหายของผิวทางจริงด้วย

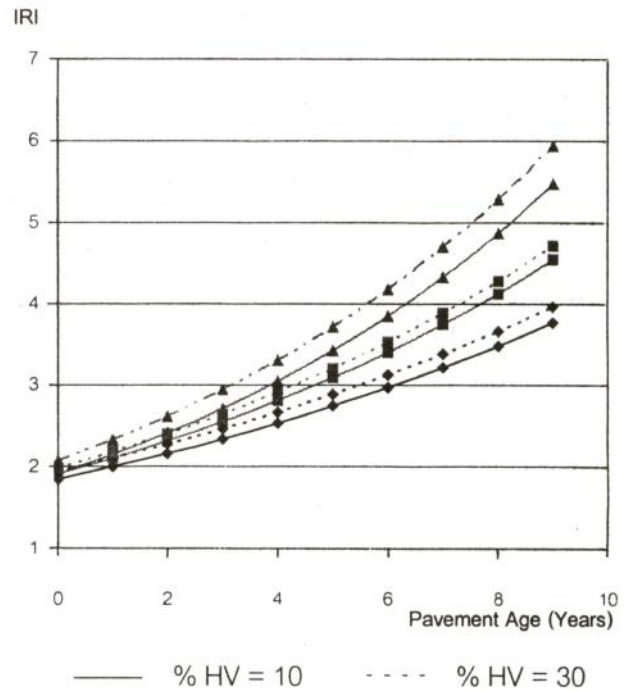
เนื่องจากการศึกษานี้ยังไม่ได้ศึกษาผลกระทบจากปัจจัยอื่นเนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลที่มีอยู่ เช่น ผลกระทบจากการซ่อมบำรุงรายปี ซึ่งอาจจะมีผลให้ค่า IRI ที่วัดได้นั้นน้อยกว่าความเป็นจริง หรือผลกระทบจากปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น จึงควรที่จะได้มีการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาถึงผลกระทบจากปัจจัยเหล่านี้เพิ่มเติม นอกจากนี้ควรได้ทำการศึกษารายละเอียดของข้อมูลในระดับโครงการ เช่น ลักษณะสภาพความเสียหายจริงของแต่ละโครงการ รวมทั้งสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างถนนเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยอื่นเพิ่มขึ้น และนำผลการศึกษาระดับโครงการมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาจากฐานข้อมูลโครงข่ายถนนทั่วประเทศเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแบบจำลองให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

ตารางที่ 1 ค่าทางสถิติของแบบจำลองความสัมพัทธ์ระหว่างค่า IRI กับอายุของผิวทาง AADT(เฉลี่ยและสะสม)
 สัดส่วนของรถหนักเฉลี่ย และปริมาณฝน(เฉลี่ยและสะสม) แบ่งตามความชันภูมิประเทศต่างๆ

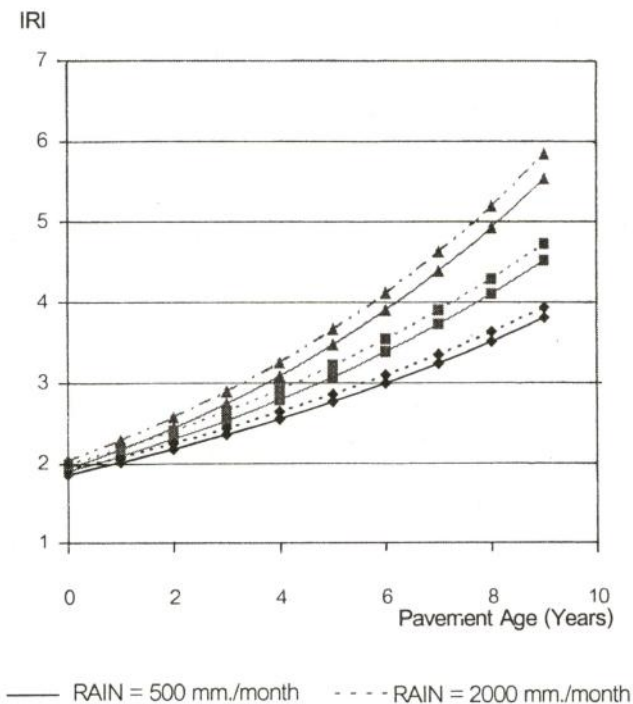
	แบบจำลองที่1 (ใช้ค่า AADT และปริมาณฝนเฉลี่ย)				แบบจำลองที่2 (ใช้ค่า AADT และปริมาณฝนสะสม)			
	$IRI = a * e^{(b1 * AGE) + (b2 * AVG.AADT) + (b3 * \%HV) + (b4 * AVG.RAIN)}$				$IRI = a * e^{(b1 * AGE) + (b2 * CU.AADT) + (b3 * \%HV) + (b4 * CU.RAIN)}$			
%Gradient	0 - 3%	3 - 5%	> 5%	Total	0 - 3%	3 - 5%	> 5%	Total
Model Statistics								
N	1150	1158	676	2984	1150	1158	676	2984
R ²	0.652	0.697	0.746	0.578	0.706	0.702	0.838	0.610
SE	0.104	0.107	0.079	0.122	0.096	0.106	0.063	0.112
Sig. F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Estimated Parameter								
1. Constant								
a	1.670	1.857	1.605	1.820	1.872	1.968	2.042	2.014
Sig. T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2. AGE								
b ₁ (x10 ⁻²)	7.958	9.632	11.700	8.647	4.470	7.443	6.146	5.816
Beta	0.786	0.787	0.791	0.717	0.441	0.608	0.417	0.482
Sig. T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3. AADT								
b ₂ (x10 ⁻⁶)	9.110	3.936	16.620	6.316	0.0147	0.0039	0.0162	0.0071
Beta	0.265	0.210	0.397	0.251	0.396	0.235	0.552	0.317
Sig. T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4. %HV								
b ₃ (x10 ⁻³)	2.534	1.833	4.104	1.666	1.408	1.793	2.498	0.938
Beta	0.147	0.082	0.179	0.168	0.081	0.080	0.109	0.046
Sig. T	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.007
5. RAIN								
b ₄ (x10 ⁻⁵)	2.172	2.974	3.546	2.177	0.0465	0.0972	0.0281	0.0664
Beta	0.125	0.060	0.204	0.113	0.136	0.135	0.091	0.161
Sig. T	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000



รูปที่ 1 ผลของ AADT ต่อความเสียหายของผิวทาง ณ ความชันระดับต่างๆ ที่สัดส่วนรถหนัก 20% และปริมาณฝน 1300 มม./เดือน

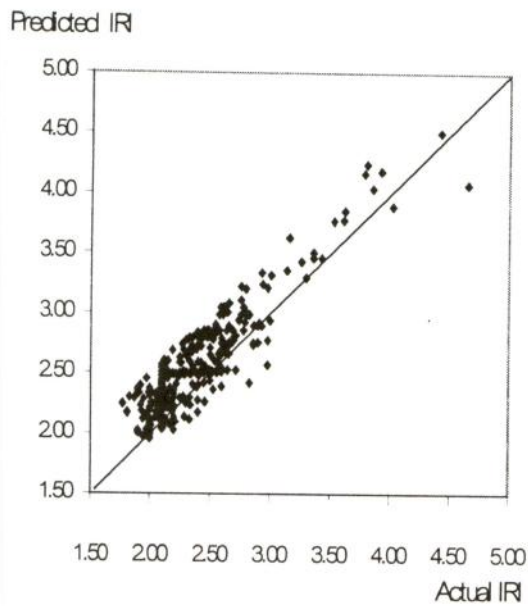


รูปที่ 3 ผลของสัดส่วนรถหนักต่อความเสียหายของผิวทาง ณ ความชันระดับต่างๆ ที่ AADT 5000 คัน/วัน และปริมาณฝน 1300 มม./เดือน

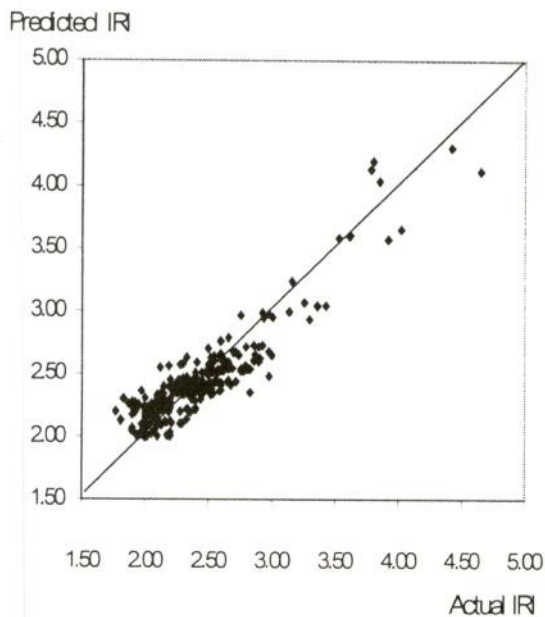


รูปที่ 2 ผลของปริมาณฝนที่มีต่อความเสียหายของผิวทาง ณ ความชันระดับต่างๆ ที่ AADT 5000 คัน/วัน และสัดส่วนรถหนัก 20%

- ◆ Gradient 0 – 3 %
- Gradient 3 – 5 %
- ▲ Gradient > 5 %



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่างค่า Actual IRI และ Predicted IRI
จากแบบจำลองที่ 1



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบระหว่างค่า Actual IRI และ Predicted IRI
จากแบบจำลองที่ 2

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณสำนักวิเคราะห์และพัฒนาทาง
กรมทางหลวง ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ramasawamy, R. and Ben-Akiva, M.(1990). "Estimation of highway pavement deterioration from in-service pavement data." in Transportation Research Record 1272, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.
- [2] Peterson, William D.O. (1987), Road Deterioration and Maintenance Effects Models for Planning and Management Published for The World Bank, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London
- [3] SPSS Inc. (1997). SPSS Base 7.5 for Windows User's Guide.