

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

เนื่องจากในปัจจุบันปริมาณของสายทางได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา ทำให้ประเทศไทยประสบปัญหาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุงถนนที่ได้ก่อสร้างเอาไว้ และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงถนนเหล่านี้ยังมีแนวโน้มที่มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับงบประมาณที่ได้รับ ดังนั้นปัญหาในด้านการบริหารจัดการเกี่ยวกับงบประมาณการบำรุงรักษาทางจึงเป็นส่วนสำคัญที่ควรมีการพิจารณาถึง

ลักษณะของปัญหาในการวางแผนงานบำรุงรักษาผิวทางจะมีความซับซ้อนและมีข้อมูลจำนวนมาก ดังนั้นวิธีการในการพัฒนาแบบจำลองจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาในการวางแผนงานดังกล่าว

สำหรับวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์แผนงานซ่อมบำรุงทาง ได้แก่ วิธีการ Optimization ซึ่งจะให้คำตอบของปัญหาที่ดีที่สุดตามวัตถุประสงค์ เช่น สภาพผิวทางของโครงข่ายสายทางที่ดีที่สุดตลอดอายุใช้งาน เป็นต้น โดยพิจารณาร่วมกับข้อจำกัดของปัญหาที่กำหนด เช่น นโยบายการซ่อมบำรุง และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทาง เป็นต้น

ขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลองนั้นเริ่มจากการกำหนดลักษณะของปัญหา แบบจำลองอื่นๆ ที่ใช้ร่วมในการแก้ปัญหา ความต้องการในงานซ่อมบำรุงทาง และค่าที่ใช้ในการวัดผล เพื่อนำมาสร้างสมการวัตถุประสงค์ และข้อจำกัดต่างๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา เมื่อได้รูปแบบของสมการต่างๆ แล้ว จึงทำการปรับแบบจำลองให้สอดคล้องกับการนำไปใช้จริง ซึ่งในการพัฒนาแบบจำลองวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาทางในถนนที่มีปริมาณจราจรต่ำนี้ได้อ้างอิงข้อมูลจากสายทางในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบทเป็นหลัก

สำหรับข้อดีของการวางแผนงานในรูปแบบนี้เมื่อเทียบกับรูปแบบการพิจารณาแผนงานบำรุงทางในปัจจุบัน คือ

- เป็นการพิจารณาแผนงานซ่อมบำรุงทางในถนนที่มีปริมาณต่ำซึ่งผลกระทบจากค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางมีไม่สูงนัก ซึ่งทำให้วัตถุประสงค์ของการวางแผนงานบำรุงรักษาเป็นในลักษณะของการวิเคราะห์แผนงานซ่อมบำรุงที่ทำให้สายทางมีสภาพดีที่สุด และใช้งบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อย่างคุ้มค่า

- ใช้วิธีการมูลค่าเทียบเท่ารายปีเพื่อลดความแตกต่างทางด้านอายุคงเหลือของสายทางในการพิจารณาโครงการซ่อมบำรุง
- สามารถพิจารณาโครงการทั้งในกรณีที่จำกัดงบประมาณ และไม่จำกัดงบประมาณได้ โดยการวิเคราะห์ในกรณีที่ไมจำกัดงบประมาณสามารถใช้วิธีการให้งบประมาณที่จำกัดมีค่ามากๆ เสมือนงบประมาณไม่จำกัดได้
- สามารถวางแผนงานบำรุงรักษาทางปีเดียว หรือต่อเนื่องหลายปีได้
- สามารถนำหลักการพิจารณาตลอดอายุใช้งานไปประยุกต์ใช้กับสายทางที่มีปริมาณการจราจรสูง โดยอาจพิจารณาร่วมกับค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางได้

ในส่วนของแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางที่นำมาใช้เพื่อทำนายสภาพผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการต่างๆ ของงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้จากงานวิจัยในอดีต โดยแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงปกติพัฒนาขึ้นด้วยวิธีการลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chains) แบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทางภายหลังได้รับการฉาบผิวทางได้ประยุกต์ใช้จากงานวิจัยผลกระทบต่อการทำฉาบผิวทางของวิศณุและคณะ (2545) ซึ่งเป็นการทำนายการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความขรุขระสากลของปีถัดไปภายหลังได้รับการฉาบผิวทาง ส่วนแบบจำลองการเสื่อมสภาพผิวทางเมื่อได้รับการเสริมผิวทางและบูรณะผิวทางนั้นมีสมมติฐานให้สภาพผิวทางมีพฤติกรรมเหมือนถนนที่สร้างใหม่หรือเพิ่งเริ่มต้นใช้งาน หลังจากนั้นจะมีพฤติกรรมการเสื่อมสภาพเหมือนถนนที่ได้รับการซ่อมบำรุงปกติ

นโยบายซ่อมบำรุงที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้อ้างอิงจากวิธีการซ่อมบำรุงผิวทางของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท โดยสามารถกำหนดวิธีการซ่อมบำรุงได้เป็น 4 วิธี ได้แก่ การซ่อมบำรุงปกติ การฉาบผิวทาง การเสริมผิวทาง และการบูรณะผิวทาง ซึ่งการซ่อมบำรุงด้วยการบูรณะผิวทางจะกระทำก็ต่อเมื่อค่าดัชนีความขรุขระสากลของช่วงสายทางนั้นมีค่ามากกว่า 6.5 เมตรต่อกิโลเมตร หรือสายทางมีอายุมากกว่าอายุออกแบบของชั้นโครงสร้างถนน คือ 14 ปี นอกจากนี้เมื่อสายทางมีอายุใช้งานมากกว่า 7 ปี หรือครบอายุใช้งานของผิวทาง จึงจำเป็นต้องได้รับการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการเสริมผิวทาง

ในส่วนของแบบจำลองการวางแผนงานบำรุงรักษาผิวทางลาดยางในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำนั้น มีวัตถุประสงค์ในการวางแผนงานบำรุงรักษาผิวทางในระดับโครงข่าย (Network Level) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เพื่อให้สภาพผิวทางของโครงข่ายดีที่สุดตลอด 1 รอบอายุใช้งาน (Life Cycle) ของผิวทาง ภายใต้ข้อจำกัดของงบประมาณ และนโยบายการบำรุงรักษาทาง โดยการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงนั้นจะสามารถเลือกวิธีการซ่อมได้เพียงวิธีเดียวจากวิธีการซ่อมบำรุงที่มี

อยู่ เนื่องจากการพิจารณาค่าสภาพผิวทางของแต่ละวิธีการซ่อมบำรุงตามแผนงานนั้นจะส่งผลต่ออายุใช้งานที่เหลือของสายทางทำให้อายุคงเหลือของสายทางซึ่งนำมาเปรียบเทียบกันนั้นมีระยะเวลาที่ไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้ยากต่อการเปรียบเทียบค่าสภาพผิวทางตลอดอายุใช้งานของแต่ละทางเลือก ดังนั้นจึงนำวิธีการมูลค่าเทียบเท่ารายปี (Equivalent Uniform Annual Cost, EUAC) มาใช้ในการวิเคราะห์ เรียกว่า ค่าดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปี (Equivalent Uniform Annual International Roughness Index, UIRI) ซึ่งเป็นการกระจายค่าสภาพผิวทางอย่างสม่ำเสมอตลอดอายุใช้งานของสายทางเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าสภาพผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงตามแต่ละทางเลือก

แผนงานที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองประกอบด้วยแผนงานซ่อมบำรุงของโครงข่ายสายทาง งบประมาณที่ต้องการใช้ในการซ่อมบำรุง และสภาพผิวทางภายหลังได้รับการซ่อมบำรุงตามแผนงานตลอดอายุใช้งานที่เหลือ ซึ่งรูปแบบการวิเคราะห์แผนงานนั้นสามารถทำได้ในลักษณะปีต่อปี ต่อเนื่องหลายปี ภายใต้กรอบงบประมาณที่กำหนดและไม่จำกัดงบประมาณ

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น กับวิธีการวางแผนงานที่มีอยู่ในปัจจุบันทั้ง Treatment Matrix ของกรมทางหลวง และแผนผังการซ่อมบำรุงของกรมทางหลวง พบว่า แผนงานที่ได้จากการวิเคราะห์จากแบบจำลองภายใต้กรอบงบประมาณที่กำหนดโดยวิธีการวางแผนงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นไม่มีความแตกต่างกันมาก แต่วิธีการวางแผนงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นไม่สามารถกำหนดงบประมาณที่หลากหลายในการวิเคราะห์ และไม่สามารถวางแผนงานต่อเนื่องหลายปีได้

การทดสอบความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของอัตราผลตอบแทนที่มีต่อการวิเคราะห์แผนงานพบว่า เมื่อทำการปรับอัตราผลตอบแทนไม่ทำให้แผนงานซ่อมบำรุงทางเปลี่ยนแปลง แต่จะทำให้ค่าดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปีเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามอัตราผลตอบแทน เนื่องจากมีเพียงตัวแปรเดียวที่เกี่ยวข้องกับอัตราผลตอบแทน คือ ค่าดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปี ดังนั้นการปรับตัวขึ้นลงของค่าดัชนีความขรุขระสากลเทียบเท่ารายปีนั้นจึงสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทน

การทดสอบความถูกต้อง (Validity Test) ของแบบจำลองการวางแผนงานบำรุงรักษาผิวทางลาดยางในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำนั้นได้ใช้ตัวอย่างโครงข่ายสายทางในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีจำนวน 10 ช่วงสายทาง เพื่อใช้ในการทดสอบแบบจำลองดังกล่าว โดยการขอความคิดเห็นทางปฏิบัติจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีหน้าที่ในการจัดสรรงบประมาณบำรุงรักษาผิวทางของสำนักงานส่วนกลาง

จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญสรุปได้ว่า แผนงานที่วิเคราะห์จากแบบจำลองนั้นมีความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้กับหน่วยงานได้ โดยการกำหนดแผนงานนั้นอาจพิจารณา ร่วมกับปัจจัยทางด้านอื่นๆ นอกเหนือจากปัจจัยทางด้านวิศวกรรม

การทดสอบความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของแบบจำลองนั้นได้ทำการทดสอบโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์แผนงานของโครงข่ายสายทาง 2 กลุ่ม ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแผนงานดังกล่าวในรูปแบบการวิเคราะห์แผนงานแบบปีต่อปี โดยโครงข่ายสายทางที่นำมาใช้การทดสอบนี้เป็นสายทางในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบทจังหวัดปทุมธานีจำนวน 10 ช่วงสายทาง และจังหวัดชลบุรีจำนวน 10 ช่วงสายทาง ที่มีลักษณะพฤติกรรม และข้อมูลประวัติของสายทางคล้ายคลึงกัน ซึ่งจากผลการวิเคราะห์แผนงานที่ได้พบว่า แผนงานที่ได้จากการวิเคราะห์ของโครงข่ายสายทางทั้ง 2 กลุ่ม มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันซึ่งแสดงว่า แบบจำลองการวางแผนงานบำรุงรักษาผิวทางลาดยางในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำมีความน่าเชื่อถือในการนำไปประยุกต์ใช้งาน

วิธีการวิเคราะห์แผนงานบำรุงรักษาผิวทางลาดยางในถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำนี้ ได้อาศัยค่าของตัวแปรต่างๆ ที่วิเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์เพื่อหาแผนงานที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโครงข่ายสายทางที่พิจารณา โดยคำนึงถึงสภาพผิวทางตลอดอายุใช้งานของแต่ละช่วงสายทางและข้อจำกัดทางด้านงบประมาณที่ได้รับหรือคาดว่าจะได้รับ ซึ่งกระบวนการวิเคราะห์แผนงานหรือหลักการในงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ หรือปรับปรุงเพื่อใช้งานกับหน่วยงานที่รับผิดชอบงานบำรุงรักษาโครงข่ายสายทางทางที่มีผิวทางลาดยางและมีปริมาณการจราจรต่ำของประเทศไทยต่อไปได้

6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดเนื่องมาจากสมมติฐานในการสร้างแบบจำลองหลายด้าน ดังนี้

ประการแรก คือ แบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทาง กล่าวคือ แบบจำลองการเสื่อมสภาพที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้พัฒนาขึ้นจากกลุ่มตัวอย่างของสายทางจำนวนหนึ่ง และใช้เป็นตัวแทนของสายทางทั่วประเทศทำให้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้สูง ซึ่งถ้าในอนาคตมีข้อมูลของแต่ละสายทางทางที่ชัดเจนและมากพอ จะทำให้สามารถสร้างแบบจำลองการเสื่อมสภาพของสายทางแต่ละเส้นได้และทำให้การทำนายสภาพผิวทางในแต่ละสายทางแม่นยำขึ้น นอกจากนี้ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางดังกล่าวมีลักษณะเป็นข้อมูลรวม

(Aggregation) ซึ่งทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่าสภาพผิวทางในแต่ละช่วงสายทางที่นำมาพัฒนาแบบจำลองเป็นสภาพผิวทางที่เกิดจากการเสื่อมสภาพภายหลังการซ่อมบำรุงด้วยวิธีใด ซึ่งทำให้การใช้แบบจำลองทำนายสภาพผิวทางที่นำมาใช้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

ประการที่สอง คือ การวางแผนการซ่อมบำรุงผิวทางในงานวิจัยนี้เป็นการวางแผนในลักษณะของโครงข่ายสายทาง โดยเป็นมุมมองของภาพรวมของสายทางทั้งหมด ซึ่งเหมาะที่จะใช้ในการจัดสรรงบประมาณซ่อมบำรุงทางระดับโครงข่าย แต่ในการนำไปใช้ในการวางแผนซ่อมบำรุงทางในระดับโครงการนั้นจะต้องทำการวางแผนอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่ง

ประการที่สาม คือ วิธีการซ่อมบำรุงและค่าใช้จ่ายในงานซ่อมบำรุงที่นำมาใช้เป็นข้อกำหนดในงานวิจัยนี้อ้างอิงจากวิธีการซ่อมบำรุงที่ใช้ในการจัดสรรงบประมาณของกรมทางหลวงชนบทในปัจจุบัน ซึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้แบบจำลองการวางแผนงานซ่อมบำรุงทางในถนนที่มีปริมาณจราจรต่ำนี้ อาจมีการพิจารณานโยบายการซ่อมบำรุงที่หลากหลายหรือเหมาะสมกับสภาพในอนาคตได้มากกว่านี้

ประการที่สี่ ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองการวางแผนงานซ่อมบำรุงทางในถนนที่มีปริมาณจราจรต่ำนี้จำเป็นต้องมีระบบฐานข้อมูลที่ดี มีการเก็บสำรวจข้อมูลสภาพผิวทางอย่างต่อเนื่อง และต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการประมวลผล นอกจากนี้ต้องใช้โปรแกรมในการแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีตัวแปรเป็นจำนวนมากเข้ามาช่วยในการประมวลผลข้อมูล ซึ่งจะช่วยให้การวางแผนงานซ่อมบำรุงผิวทางดังกล่าวมีความสะดวกและรวดเร็ว แต่ทั้งนี้ในการโปรแกรมช่วยในการประมวลผลต้องคำนึงถึงการยอมรับได้ของความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ที่ได้ เนื่องจากรูปแบบการประมวลผลของโปรแกรมทั่วไปจะเป็นลักษณะของการวนซ้ำ ซึ่งต้องกำหนดช่องว่างสำหรับความคลาดเคลื่อนในการประมวลผล

สำหรับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

ในการวางแผนงานซ่อมบำรุงผิวทางนี้ สามารถนำหลักการและวิธีการวิเคราะห์แผนงานดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับระบบการบริหารงานซ่อมบำรุงกับโครงสร้างพื้นฐานอื่นๆ เช่น ระบบบริหารงานความปลอดภัยทางถนน ระบบบริหารงานบำรุงสะพาน ระบบบริหารงานบำรุงโครงสร้างระบายน้ำ และระบบบริหารงานบำรุงทางรถไฟ เป็นต้น

นอกจากนี้ สามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าวเพื่อช่วยในการจัดสรรงบประมาณและวิเคราะห์วางแผนงานโครงข่ายสายทาง ซึ่งประกอบด้วยถนน ความปลอดภัย สะพาน และโครงสร้างระบายน้ำ เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายหรือยุทธศาสตร์สายทางของหน่วยงานที่

รับผิดชอบโครงสร้างพื้นดังกล่าว เช่น กรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้กับวัตถุประสงค์ในการวางแผนงานบำรุงทางลักษณะอื่นซึ่งอาจสะท้อนค่าที่เป็นปัจจัยในการวางแผนงานซ่อมบำรุงทางได้ดีขึ้น

ในส่วนของ การประยุกต์ใช้งานกับการบริหารโครงข่ายสายทางของหน่วยงานภายในประเทศไทยที่มีสายทางที่มีปริมาณการจราจรต่ำ เช่น องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น กรมทางหลวงชนบท และกรมทางหลวง เป็นต้น อาจทำได้โดยการพิจารณาร่วมกับปัจจัยทางด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ขึ้นกับนโยบายของหน่วยงานที่รับผิดชอบโครงข่ายสายทางนั้น นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลองการเสื่อมสภาพของผิวทางซึ่งอาจแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ สภาพแวดล้อม หรือหน่วยงานที่รับผิดชอบอีกด้วย