กรอบการวิเคราะห์ความเสี่ยงทางการเงินของผู้มีส่วนได้เสียของสัญญา PPP O&M ของโครงการทางหลวงระหว่างเมืองของประเทศไทย

Financial Risk Analysis Framework of Stakeholders in PPP O&M Contracts for Inter-City Motorway Projects

นันทพัฒน์ ปิ่นตบแต่ง[1,*] และ นคร กกแก้ว[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วังใหม่ ปทุมวัน กทม. 10330

Nantaphat Pintobtang[1,*] and Nakhon Kokkaew[1]

[1]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Wang Mai, Pathumwan, Bangkok, 10330, Thailand

***Corresponding Author E-mail**: pat.pintobtang@gmail.com

Received: Apr 06, 2022; **Revised:** Aug 07, 2022; **Accepted:** Aug 22, 2022

บทคัดย่อ

ปัจจุบันรัฐได้เปิดโอกาสให้เอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาโครงการโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ทางหลวงระหว่างเมือง เป็นต้น โดยอยู่ในรูปแบบของการจ้างดำเนินงานและบำรุงรักษาโครงการ (PPP O&M Gross Cost) ซึ่งรัฐรับความเสี่ยงด้านรายได้และเอกชนรับความเสี่ยงด้านเงินลงทุนงานระบบและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาตลอดอายุสัญญา โดยเอกชนจะได้รับผลตอบแทนในลักษณะอัตราเหมาจ่ายจากภาครัฐ โครงการ PPP นั้นผู้มีส่วนได้เสียหลักประกอบด้วย 1) รัฐเจ้าของโครงการ 2) เอกชนผู้ให้บริการ และ 3) สถาบันการเงินผู้ให้เงินกู้ สัญญา PPP O&M Gross Cost ได้นำกลไกการจ่ายค่าตอบแทนที่เรียกว่า “Availability payment (AP)” โดยเป็นการจ่ายค่าตอบแทนตามสภาพความพร้อมใช้และคุณภาพของการให้บริการ ซึ่งค่าตอบแทนในแต่ละงวดอาจมีการปรับลด ในกรณีที่ผู้ให้บริการไม่สามารถรักษาสภาพความพร้อมใช้ได้และคุณภาพของการให้บริการได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดในสัญญาได้ ซึ่งถือเป็นความเสี่ยงที่สำคัญสำหรับเอกชนผู้ให้บริการและสถาบันการเงินผู้ให้เงินกู้ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอกรอบเชิงคำนวณเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงทางการเงินของผู้มีส่วนได้เสียหลักของสัญญา PPP O&M Gross Cost โดยใช้โครงการทางหลวงระหว่างเมืองหมายเลข 6 บางปะอิน-นครราชสีมา เป็นโครงการกรณีศึกษา ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงทางการเงินของผู้มีส่วนได้เสียพบว่า รัฐเจ้าของโครงการมีโอกาสค่อนข้างสูงที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิของเงินลงทุนและรายได้จากการเก็บค่าผ่านทางจะไม่เป็นตามเกณฑ์ สำหรับเอกชนผู้ให้บริการพบว่ามีโอกาสสูงเช่นเดียวกันที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิของเงินลงทุนและค่าตอบแทนจะไม่เป็นตามเกณฑ์ ทั้งนี้เนื่องจากการเสนอราคาประมูลที่ค่อนข้างต่ำของเอกชน ส่วนสถาบันการเงินผู้ให้เงินกู้พบว่ามีความเสี่ยงไม่มากนักโดยค่า DSCR เฉลี่ยอยู่ในระดับที่มากกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความเสี่ยง, โครงการร่วมลงทุนระหว่างรัฐและเอกชน, สัญญาจ้างดำเนินงานและบำรุงดูแลรักษา, ค่าตอบแทนความพร้อมใช้, ผู้มีส่วนได้เสีย, โครงการทางหลวงระหว่างเมือง

Abstract

Public Private Partnership (PPP) has been welcomed by government around the world as an innovative infrastructure delivery. Currently, there is a new type of PPP arrangements that is being employed in the highway sector in Thailand called PPP

O&M Gross Cost in which the private operator is responsible for operation and maintenance of the project to meet performance specification and will be paid for a fixed sum of money over the contract period and the public agency is responsible for land acquisition, construction cost, and still bears the market risks such as tolled revenue risk. In PPP O&M contracts, compensation made to the private operator will be linked to output performance. This payment mechanism is called "availability payment." Under this payment mechanism, the actual compensation will be adjusted by performance deduction to be calculated in each period if the private operator fails to meet performance specifications of the contract. This article is to present risk analysis framework using Monte Carlo simulation of key stakeholders in PPP O&M contracts, namely, public agency, private operator, and lenders. The proposed framework is then applied to a case study project named Motorway#6 (Bang Pa-In to Nakhon Ratchasima). Based on the application of the proposed financial risk analysis framework, this study found that the financial risk of the public agency was high. However, the public agency must include economic benefits into the evaluation since financial NPV is only part of the whole public project evaluation. As for private operator, the financial risk is relatively high as well. This is mainly due to the low bid price of the private operator. Finally, lender's risk of the default of the loan, measured using DSCR, was quite low since the mean of the DSCR was greater than 1 over the course of the term loan.

Keywords: Risk analysis, PPP, O&M contract, Availability payment, Stakeholders, Motorway

1. บทนำ

ปัจจุบันรัฐเจ้าของโครงการได้เปิดโอกาสให้เอกชนเข้ามาร่วมลงทุนในโครงการของรัฐในรูปแบบของการจ้างดำเนินงานและบำรุงรักษาโครงการ (PPP O&M) ซึ่งรัฐรับผิดชอบในการลงทุนในการการก่อสร้างงานโยธา ส่วนเอกชนรับผิดชอบในการลงทุนในงานระบบและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาตลอดอายุโครงการ ตัวอย่างโครงการที่ใช้รูปแบบการร่วมลงทุนแบบ PPP O&M ได้แก่ โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 6 บางปะอิน–นครราชสีมา และโครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 81 บางใหญ่–กาญจนบุรี เป็นต้น

สัญญา PPP O&M รายได้จากการเก็บค่าผ่านทางจะเป็นของรัฐทั้งหมด โดยรัฐที่เป็นเจ้าของโครงการจะจ่ายผลตอบแทนให้กับเอกชนผู้ให้บริการในลักษณะอัตราเหมาจ่าย ซึ่งรวมเงินลงทุนสำหรับงานระบบและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาตลอดอายุสัญญา ซึ่งเป็นรูปแบบการร่วมลงทุนที่เรียกว่า PPP Gross Cost ความเสี่ยงของสัญญา PPP O&M ในรูปแบบ PPP Gross Cost นั้น รัฐเจ้าของโครงการยังต้องแบกรับความเสี่ยงด้านการตลาด (Market risk) เช่น สภาพเศรษฐกิจของประเทศ ปริมาณจราจรและรายได้ในการจัดเก็บค่าผ่านทาง เป็นต้น ส่วนเอกชนคู่สัญญารับความเสี่ยงด้านการต้นทุนในการลงทุนงานระบบและต้นทุนในการดำเนินงานและบำรุงรักษาให้อยู่ในระดับที่ระบุในสัญญา (Operational risk) เช่น สภาพผิวจราจรต้องอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งกำหนดโดยใช้ค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) เป็นต้น

ทั้งนี้โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 6 และ 81 ถือเป็นโครงการโครงสร้างพื้นฐานด้านถนนแห่งแรกของประเทศไทยที่นำกลไกการจ่ายค่าตอบแทน (Payment mechanism) ที่เรียกว่า "Availability payment (AP)" ซึ่งมีการใช้แล้วในหน่วยงานรัฐในต่างประเทศ เช่น โครงการ Port of Miami Tunnel ในประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น โดย AP เป็นการจ่ายค่าตอบแทนตามสภาพความพร้อมใช้และคุณภาพของการให้บริการ (Performance-based) โดยค่าตอบแทนนี้อาจแบ่งการจ่ายเป็นรายเดือน รายไตรมาส และค่าตอบแทนในแต่ละงวดอาจมีการปรับลด (Deduction) ในกรณีที่เอกชนผู้ให้บริการหรือบริษัทผู้รับสัมปทาน (Private operator หรือ Concessionaire) ไม่สามารถรักษาสภาพความพร้อมใช้ได้และคุณภาพของการให้บริการได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดในสัญญาได้

ความเสี่ยงด้านปริมาณจราจร การปรับลดค่าตอบแทน ต้นทุนในการก่อสร้าง ดำเนินงานและบำรุงรักษางานระบบ และอัตราคิดลด ถือเป็นความเสี่ยงที่สำคัญที่ส่งผลต่อ

ผลตอบแทนทางการเงินสุทธิทั้ง 3 ผู้มีส่วนได้เสียหลัก (Stakeholders) ของสัญญา PPP O&M ในรูปแบบ PPP Gross Cost ซึ่งได้แก่ 1) หน่วยงานรัฐเจ้าของโครงการ 2) เอกชนผู้ให้บริการ และ 3) สถาบันการเงินผู้ให้เงินกู้กับเอกชนผู้ให้บริการ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลกระทบทางการเงินที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับผู้มีส่วนได้เสียหลักที่เกี่ยวข้องจากปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญที่ได้กล่าวมา ของสัญญา PPP Availability-based O&M ของโครงการทางหลวงระหว่างเมืองของประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนากลไกการปรับลดค่าตอบแทนให้สอดคล้องกับ 1) บริบทของประเทศไทย และ 2) สถานะและเสถียรภาพทางการเงินของโครงการ และแนวทางการจูงใจการให้บริการที่ดีของผู้ให้บริการ (Operator) ในโครงการการร่วมลงทุนระหว่างรัฐและเอกชนที่ใช้วิธีการปรับลดการจ่ายค่าตอบแทนจากความความพร้อมใช้ (Availability payment) โดยมีโครงการกรณีศึกษาคือโครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 6

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.โครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure)

โครงสร้างพื้นฐานโดยทั่วไป คือ สินทรัพย์ทางกายภาพ เครื่องมือ สิ่งอำนวยความสะดวก ซึ่งเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเป็นระบบผ่านการดำเนินการโดยผู้ให้บริการ ภายใต้ข้อจำกัดของโครงการ การบริหารจัดการ กฎหมายและข้อกำหนดต่าง ๆ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการพื้นฐานของประชาชน เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิต และเพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ [1]

การก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานจำเป็นต้องมีการดำเนินการ ทั้งการก่อสร้าง การจ้างบุคลากรด้านต่างๆ ตลอดจนการดำเนินงานและบำรุงรักษาตลอดช่วงอายุของโครงสร้างพื้นฐาน โครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่หลายโครงการจึงมีความต้องการเงินลงทุนที่สูง การลงทุนจากรัฐเพียงฝ่ายเดียวอาจไม่สามารถระดมเงินทุนได้เพียงพอ เนื่องจากข้อจำกัดในด้านการระดมทุนและต้องคำนึงถึงเสถียรภาพการคลังของประเทศด้วย อีกทั้งภาระที่เกิดจากการกู้ยืมซึ่งจะก่อให้เกิดหนี้สาธารณะที่สูงขึ้น จึงก่อให้เกิดการให้เอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน หรือที่เรียกว่า โครงการร่วมทุนระหว่างรัฐและเอกชน (Public-Private Partnership หรือ PPP) เพื่อแก้ปัญหาในส่วนนี้ อีกทั้งยังส่งผลดีต่อรัฐในแง่อื่นอีกด้วย เช่น การสร้างงานในภาคการก่อสร้าง การหมุนเวียนของเงินในระบบเศรษฐกิจจากกิจกรรมการก่อสร้าง และการเพิ่มขีดความสามารถของประเทศในด้านพร้อมของปัจจัยในการผลิตและขนส่งหรือกระจายสินค้า เป็นต้น

2.2.สัญญาร่วมทุนระหว่างรัฐและเอกชน (PPP)

สัญญาร่วมทุนระหว่างรัฐและเอกชน (Public-Private Partnership) หรือ PPP เป็นสัญญาระยะยาว (Long-term contract) ที่มีการแบ่งสรรความเสี่ยงที่เหมาะสมระหว่างรัฐและเอกชน (Proper risk allocation) เพื่อผลประโยชน์ร่วมกันทั้งสองฝ่าย [2] ซึ่งเกิดจากการรวมกันของสัญญาย่อยหลาย ๆ สัญญาเข้าด้วยกัน ซึ่งการรวมสัญญาเข้าด้วยกัน (Contract bundling) โดยวัตถุประสงค์หลักของการนำสัญญา PPP มาใช้ก็เพื่อให้เกิดการประหยัดของต้นทุนรวมตลอดอายุโครงการ (Life cycle cost) เนื่องจากเอกชนที่ได้รับสัมปทานจะมุ่งเน้นในช่วงออกแบบและก่อสร้าง (Design and construction phase) ให้มีประสิทธิภาพ เพื่อลดต้นทุนในช่วงดำเนินงานและบำรุงรักษา (O&M phase) [3] นอกจากนี้ยังเป็นการกำหนดแรงจูงใจของผู้ออกแบบ บริษัทก่อสร้าง และบริษัทผู้ให้บริการที่สอดคล้องกันอีกด้วย

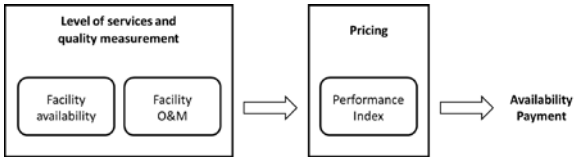
อย่างไรก็ตาม PPP ก็ส่งผลกระทบต่อประชาชน เช่น อัตราค่าผ่านทางที่รัฐไม่สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น รัฐเจ้าของโครงการจึงเกิดแนวคิดในการนำลักษณะการร่วมทุนแบบ PPP O&M ที่มีการจ่ายค่าตอบแทนจากการให้บริการ (Availability payment) เพื่อให้รัฐยังคงมีอำนาจในการบริหารโครงการ

2.3.Availability Payments (AP)

การจ่ายค่าตอบแทนจากการให้บริการ (AP) ถือเป็นกลไกสำคัญระหว่างรัฐเจ้าของโครงการและเอกชนผู้ให้บริการ โดยหัวใจหลักของวิธีการจ่ายค่าตอบแทนจากการให้บริการ คือ “การให้บริการ” ที่เป็นไปตามเกณฑ์ข้อกำหนดด้านสมรรถนะหรือผลของการให้บริการ (Performance-based specification) [4]

ประโยชน์ของสัญญา PPP ที่เป็นแบบ AP ก็เพื่อสร้างแรงจูงใจให้เอกชนผู้ให้บริการรักษาระดับการให้บริการให้เป็นไปตาม “เกณฑ์คุณภาพการให้บริการตามมาตรฐานที่กำหนด” ส่งผลให้เกิดความปลอดภัยและประสิทธิภาพของการพัฒนาและบริหารโครงการโดยรวม นอกจากนี้แล้วรัฐยังได้ประโยชน์จากการแข่งขันด้านราคาของเอกชนในการประมูลสัญญา โดยนำเทคโนโลยีในการก่อสร้างและบริหารโครงการมาใช้ในการลดต้นทุนในการดำเนินงาน โดยราคาที่เสนอต่ำสุดจะถือเป็นต้นทุนสูงสุดที่รัฐต้องจ่ายทั้งหมดตลอดอายุโครงการ [5]

ในการการจ่ายค่าตอบแทนจากการให้บริการนั้น มีองค์ประกอบหลัก คือ 1) การวัดระดับและคุณภาพของการให้บริการ (Level of services and quality measurement) และ 2) การคิดค่าตอบแทน (Pricing) ตามระดับและคุณภาพของการให้บริการ [6] ดังแสดงใน**รูปที่ 1**



รูปที่ 1 องค์ประกอบและปัจจัยในการคำนวณการจ่ายค่าตอบแทนจากการให้บริการ

จาก**รูปที่ 1** องค์ประกอบแรกยังประกอบไปด้วย 2 องค์ประกอบย่อย ได้แก่

1) ความพร้อมในการให้บริการ (Facility availability) หมายถึง สินทรัพย์ต้องอยู่ในสถานะพร้อมให้บริการ เมื่อมีการเกิดอุบัติเหตุ จะต้องดำเนินการเพื่อให้สายทางกลับมาพร้อมใช้งานอย่างเร็วที่สุด

2) การดำเนินงานและบำรุงรักษาที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตกลงกันในสัญญา (Facility O&M) โดยผู้ให้บริการจะต้องดำเนินงานและบำรุงรักษาตามเกณฑ์มาตรฐาน เช่น การเข้าถึงอุบัติเหตุให้ทันท่วงที เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้สายทาง หรือสภาพผิวจราจร ที่กำหนดโดยดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) เป็นต้น

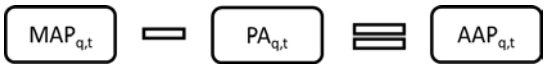
โดยรัฐเจ้าของโครงการต้องมีการวัดและตรวจสอบระดับและคุณภาพของการให้บริการ ว่าเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดในสัญญาหรือไม่ หากเอกชนผู้ให้บริการดำเนินการที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด หน่วยงานรัฐเจ้าของโครงการจะประเมิน “มูลค่าการปรับลดค่าตอบแทน (Deduction หรือ Adjustment)” ทั้งนี้เพื่อเป็นแรงจูงใจให้เอกชนผู้ให้บริการดำเนินงานและบำรุงรักษาโครงการ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ด้านคุณภาพ อย่างไรก็ตาม การปรับลดค่าตอบแทนนั้น ควรมีความเหมาะสมและเป็นธรรมกับทั้งรัฐเจ้าของโครงการและเอกชน เพื่อให้การพัฒนาโครงการที่มีประสิทธิภาพและได้ประโยชน์ทั้งสองฝ่าย (Win-win situation)

องค์ประกอบที่สอง คือ คำนวณการจ่ายค่าตอบแทน (Pricing) โดยใช้เกณฑ์หรือดัชนีต่าง ๆ ที่ระบุในสัญญา (Performance index) ประกอบในการคำนวณค่าตอบแทนที่แท้จริง โดยขั้นตอนนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย ได้แก่

1) การคำนวณค่าตอบแทนจากการให้บริการสูงสุด (Maximum Availability Payment หรือ MAP) สำหรับไตรมาสที่ q ปีที่ y

2) การคำนวณการปรับลดค่าตอบแทนจากการให้บริการ (Performance Adjustment หรือ PA) สำหรับไตรมาสที่ q ปีที่ y

โดย Aziz and Abdelhalim [7] ได้อธิบายถึงองค์ประกอบของการจ่ายค่าตอบแทน ดังแสดงใน**รูปที่ 2**



รูปที่ 2 องค์ประกอบของการจ่ายค่าตอบแทนของสัญญา PPP O&M

จาก**รูปที่ 2** จะเห็นว่า ค่าตอบแทนที่แท้จริงของการให้บริการ (Actual Availability Payment, AAP) ที่เอกชนผู้ให้บริการจะได้รับในแต่ละช่วงเวลา (ไตรมาส q สำหรับปีที่ t) มีค่าเท่ากับ ค่าตอบแทนจากการให้บริการสูงสุด (MAP) หักค่าปรับลดค่าตอบแทน (PA)

3. ตัวแบบทางการเงินของผู้มีส่วนได้เสียหลัก

จากการศึกษาสัญญา PPP O&M ที่มีรูปแบบการจ่ายค่าตอบแทนแบบ AP นั้น สามารถพิจารณาหาผลตอบแทน

จากการลงทุน โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตการประเมินผลตอบแทนเฉพาะที่เป็นตัวเงิน ยังไม่ได้รวมผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการประเมินในส่วนของรัฐเจ้าของโครงการ

ตัวแบบทางการเงิน (Financial model) ของแต่ละผู้มีส่วนได้เสียได้แก่ 1) รัฐเจ้าของโครงการ 2) เอกชนผู้ให้บริการ 3) ผู้ให้เงินกู้ (Lenders) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.ตัวแบบทางการเงินของรัฐเจ้าของโครงการ

ตัวแบบทางการเงินของรัฐเจ้าของโครงการ (Public agency) สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$Y_P = \sum_{t=1}^{t=Tc+To} \left(\frac{-I_t - CR_t - ACQ_t + (365 \times AADT_t \times TR_t) + PA_t - OMP_t}{(1+r_p)^t}\right) \quad (1)$$

โดย Y_P = มูลค่าปัจจุบันสุทธิทางการเงิน (Financial NPV) ของรัฐเจ้าของโครงการ; I_t = เงินลงทุนของรัฐเจ้าของโครงการ ในปีที่ t; CR_t = เงินสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างงานระบบ (System construction repayment) ปีที่ t; ACQ_t = ค่าใช้จ่ายในการจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินในปีที่ t; $AADT_t$ = ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันของโครงการ ในปีที่ t ; OMP_t = ค่าตอบแทนของเอกชนจากการดำเนินงาน (Operation & maintenance payment) ปีที่ t; PA_t = การปรับลดค่าตอบแทน (Payment adjustment) ในปีที่ t; TR_t = อัตราค่าผ่านทางเฉลี่ยต่อคัน ในปีที่ t; r_p = อัตราคิดลดของโครงการของรัฐ (Public project discount rate); Tc = ระยะเวลาในการก่อสร้างทั้งหมด (ปี); To = ระยะเวลาในการดำเนินงาน (ปี)

3.2.ตัวแบบทางการเงินของเอกชนผู้ให้บริการ (Private operator)

ตัวแบบทางการเงินของเอกชนผู้ให้บริการ (Private operator) สามารถสร้างความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ (2)

$$Y_O = \sum_{t=1}^{t=Tc+To} \frac{-C_t - F_t + (CR_t + OMP_t - PA_t) - OM_t - DS_t - Tax_t}{(1+r_E)^t} \quad (2)$$

โดย Y_O = ผลตอบแทนทางการเงินของเอกชนผู้ให้บริการ (Private operator); C_t = เงินลงทุนของเอกชน ในปีที่ t; F_t = ค่าใช้จ่ายในการจัดหาเงินทุนและประกันของเอกชน (ประมาณ 2% ของเงินลงทุนงานระบบ) ในปีที่ t; CR_t = เงินสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างงานระบบ (System construction repayment) ปีที่ t; OMP_t = ค่าตอบแทนจากการดำเนินงานปีที่ t; PA_t = การปรับลดค่าตอบแทน (Payment adjustment) ในปีที่ t; OM_t = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาในปีที่ t; DS_t = เงินจ่ายคืนเงินกู้ (Debt service) ในปีที่ t; Tax_t = ภาษีจ่าย ในปีที่ t; r_E = อัตราคิดลด หรืออัตราผลตอบแทนของเอกชน

3.3.เกณฑ์ทางการเงินของผู้ให้เงินกู้ (Lenders)

สำหรับสถาบันการเงินที่สนับสนุนเงินกู้ให้กับเอกชนผู้ให้บริการ ในการศึกษานี้เลือกใช้ค่า Debt service coverage ratio (DSCR) เป็นเกณฑ์การประเมินความเสี่ยงของผู้ให้เงินกู้ โดยระยะเวลาในการกู้ต้องน้อยกว่าระยะเวลาสัญญาและค่า DSCR ในแต่ละปีต้องไม่น้อยกว่า 1 โดยสมการ DSCR แสดงได้ดังสมการที่ (3)

$$DSCR_t = FCF_t / DS_t \quad (3)$$

โดย FCF_t คือ กระแสเงินสดอิสระ (Free cash flow) สำหรับเจ้าหนี้และเจ้าของ โดยมีสมการเป็น $FCF_t = -C_t - F_t + (CR_t + OMP_t - PA_t) - OM_t$; DS_t คือ หนี้ที่ต้องชำระคืนในปีที่ t โดยคำนวณได้ดังสมการที่ (4)

$$DS_t = D \times \left[\frac{r_D \times (1+r_D)^n}{(1+r_D)^n - 1}\right] \quad (4)$$

เมื่อ r_D คืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (Interest rate) n คือ ระยะเวลาในการกู้ (ปี) D คือเงินกู้ยืมทั้งหมด

4. การวิเคราะห์ความเสี่ยงของโครงการ

4.1.การระบุตัวแปรเสี่ยง (Risk identification)

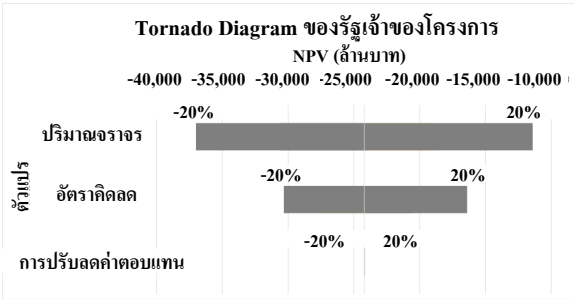
การศึกษานี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ในการระบุตัวแปรเสี่ยงที่สำคัญ โดยจากตัวแบบทางการเงินในหัวข้อที่ 4 มีตัวแปรทั้งหมด 4 ตัวแปร ได้แก่

- ปริมาณจราจร ($AADT_t$)
- การปรับลดค่าตอบแทน (PA_t)
  - ระยะเวลาในการจัดการความพร้อมใช้ของสายทาง (D1)
  - ระยะเวลาในการเข้าถึงอุบัติเหตุ (D2)

- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงดูแลรักษา
- อัตราคิดลด

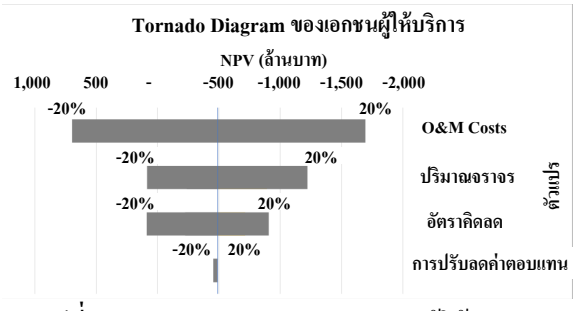
สำหรับการพิจารณากรณีฐาน ประกอบไปด้วยปริมาณจราจร เช่น ปริมาณจราจร 43,490 คันต่อวันในปีแรก เป็นต้น; ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา เช่น 411 ล้านบาทในปีแรก เป็นต้น; อัตราคิดลดที่ร้อยละ 4 สำหรับรัฐเจ้าของโครงการ; อัตราคิดลดที่ร้อยละ 8.6 สำหรับเอกชนผู้ให้บริการ; ระยะเวลา D1 48 นาที; ระยะเวลา D2 เท่ากับ 11 นาที

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของรัฐเจ้าของโครงการเป็นดังแสดงในรูปที่ 3 และของเอกชนผู้ให้บริการเป็นดังแสดงใน**รูปที่ 4**



รูปที่ 3 Sensitivity Analysis ของรัฐเจ้าของโครงการ

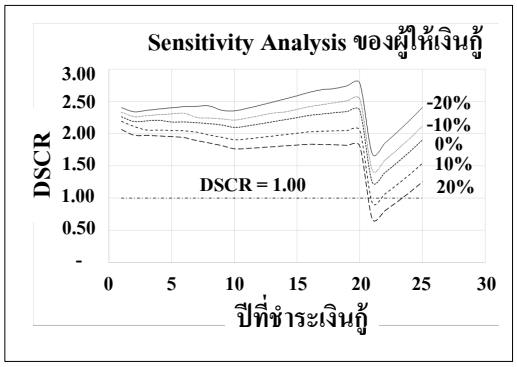
จาก**รูปที่ 3** ลำดับของปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนของรัฐเจ้าของโครงการ คือ 1) ปริมาณจราจร 2) อัตราคิดลด 3) การปรับลดค่าตอบแทน โดยมีค่า NPV สำหรับกรณีฐานเท่ากับ -24,209 ล้านบาท



รูปที่ 4 Sensitivity Analysis ของเอกชนผู้ให้บริการ

จาก**รูปที่ 4** ลำดับของปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนของเอกชนผู้ให้บริการจากมากไปน้อยเป็นดังนี้ 1) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา 2) ปริมาณจราจร 3) อัตราคิดลด 4) การปรับลดค่าตอบแทน โดยมีค่า NPV สำหรับกรณีฐานเท่ากับ -489 ล้านบาท

ส่วนผู้ให้เงินกู้มีปัจจัยเสี่ยงเหมือนกับเอกชนผู้ให้บริการยกเว้นอัตราคิดลด โดยเกณฑ์ทางการเงินของผู้ให้เงินกู้พิจารณาจากค่า DSCR ของแต่ละปีที่ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 1.00 ตัวอย่าง Sensitivity Analysis ด้าน DSCR ของผู้ให้เงินกู้เป็นดังแสดงใน**รูปที่ 5**



รูปที่ 5 Sensitivity Analysis ของผู้ให้เงินกู้จากปัจจัยเสี่ยงทางด้านค่าใช้จ่าย OM

4.2.การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรเสี่ยง (Risk modelling)

สมการคณิตศาสตร์สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ค่าของตัวแปรเสี่ยงที่สำคัญของโครงการในอนาคตได้ โดยรายละเอียดของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรเสี่ยงเป็นดังต่อไปนี้

4.2.1. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันของโครงการ

ปริมาณจราจรเป็นตัวแปรที่ส่งผลโดยตรงถึงการเงินของโครงการของรัฐเจ้าของโครงการ โดยในการศึกษานี้ใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า Geometric Brownian motion (GBM) ในการพยากรณ์ปริมาณจราจรในอนาคตของโครงการ โดย GBM สามารถได้ดังสมการที่ (5)

$$dX_t = \mu X_t dt + \sigma X_t dz \qquad (5)$$

โดยที่ $dz = \varepsilon_t \sqrt{dt}$; $\varepsilon_t \sim N(0,1)$; X_t หรือ $AADT_t$ = ปริมาณจราจรปีที่ t; μ = อัตราการเติบโตของตัวแปรสุ่ม X_t; σ = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสุ่ม X_t; dt

$= \frac{T}{n}$; T = จำนวนปีของสัญญา; n = จำนวนครั้งของ *time step* ในช่วงเวลา T

4.2.2. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของการปรับลดค่าตอบแทนจากการให้บริการ

การปรับลดค่าตอบแทนจากการให้บริการนั้น เป็นตัวเสี่ยงซึ่งส่งผลต่อการเงินของโครงการของ เอกชนผู้ให้บริการโดยมีปัจจัยในการปรับลดค่าตอบแทนดังแสดงในสมการที่ (6) [8]

$$PA_{q,t} = QUT_{q,t} + QOV_{q,t} + QED_{q,t} \qquad (6)$$

โดย $QUT_{q,t}$ คือ การปรับลดค่าตอบแทนจากความพร้อมใช้ของสายทางของไตรมาสที่ q ปีที่ t โดยเอกชนผู้ให้บริการจะต้องดำเนินการสายทางให้มีความพร้อมใช้อยู่ตลอดเวลา สามารถคำนวณค่าปรับได้ดังสมการที่ (7)

$$QUT_{q,t} = (\sum_i Deduction)_{q,t} \times \frac{CCPI_{q,t}}{RCPI} \qquad (1)$$

โดย $CCPI_{q,t}$ คือ ดัชนีราคาผู้บริโภคของไตรมาสที่ q ปีที่ t และ $RCPI$ คือ ดัชนีราคาผู้บริโภคอ้างอิง

ส่วนเกณฑ์ในการคิดค่าปรับลด จะคิดจาก 2 ปัจจัย คือ 1) ปริมาณจราจร และ 2) ระยะเวลาของถนนที่ไม่พร้อมใช้งาน ซึ่งได้ระบุไว้ในสัญญาของแต่ละโครงการ สำหรับโครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 6 ซึ่งเป็นโครงการกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ เกณฑ์ในการคิดค่าปรับบดเป็นดังแสดงใน**ตารางที่ *1*** และ**ตารางที่ *2***

ตารางที่ 1 การคิดค่าปรับลดจากความไม่พร้อมใช้ของถนน 4 ช่องจราจร

Unit: THB per Duration

Traffic Volume per Direction (pcu/h)	Duration of Lane Closure			
	1–15 minutes	16–30 minutes	31–45 minutes	46–60 minutes
1,000 or less	None	None	None	None
1,500	4,400	17,200	38,600	68,500
2,000	15,700	62,600	140,800	250,300
2,500	36,500	145,700	327,800	582,700
3,000	84,000	335,800	755,300	1,342,800
Over 3,000	130,100	520,300	1,170,700	2,081,100

ตารางที่ 2 การคิดค่าปรับลดจากความไม่พร้อมใช้ของถนน 6 ช่องจราจร

Unit: THB per Duration

Traffic Volume per Direction (pcu/h)	Duration of Lane Closure			
	1–15 minutes	16–30 minutes	31–45 minutes	46–60 minutes
2,000 or less	None	None	None	None
2,500	900	3,100	6,900	12,100
3,000	5,700	22,200	49,900	88,500
3,500	12,600	50,400	113,300	201,300
4,000	23,700	94,700	212,800	378,200
Over 4,000	82,600	329,800	742,000	1,319,200

ส่วน $QOV_{q,t}$ คือ การปรับลดค่าตอบแทนจากการดำเนินงานและบำรุงรักษาที่ไม่เป็นไปเกณฑ์ที่กำหนดในสัญญา โดยการปรับลดค่าตอบแทนจะคิดจากคะแนนหรือแต้มการปรับลด (Demerit Point) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้พิจารณาการปรับลดค่าตอบแทนจาก 2 ปัจจัยคือ 1) การเข้าถึงอุบัติเหตุในสายทาง และ 2) ความเรียบของผิวถนน

โดยเกณฑ์ในการคิดคะแนนสำหรับการปรับลดค่าตอบแทนของทั้งสองปัจจัย สำหรับโครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 6 การปรับลดค่าตอบแทนจากการดำเนินงานและบำรุงรักษาที่ไม่เป็นไปเกณฑ์ที่กำหนดเป็นดังแสดงใน**ตารางที่ 3** และ**ตารางที่ 4**

ตารางที่ 3 การคิดคะแนนสำหรับการปรับลดค่าตอบแทนจากการเข้าถึงอุบัติเหตุในสายทาง

Description	Indicator	Demerit Point
Incident Response Time, Including on-site Traffic Management, within 30 minutes in general cases	$\geq$ 95 % to $\leq$ 100 % of incident cases	0
	$\geq$ 90 % to $\leq$ 95 % of incident cases	50
	$\geq$ 85 % to $\leq$ 90 % of incident cases	100
	< 85 % of incident cases	150

ตารางที่ 4 การคิดคะแนนสำหรับการปรับลดค่าตอบแทนจากการดูแลรักษาความเรียบของผิวถนน

Description	Indicator	Demerit Point
Roughness of Concrete Pavement, Average IRI in any 1,000 m.	Maintained condition Average IRI $\leq$ 3.5 m/km.	400 per 1 lane - 1,000 m.

จากนั้น คะแนนสำหรับการปรับลดค่าตอบแทนในแต่ละกรณีที่ได้กล่าวมา จะถูกนำมาคำนวณค่าปรับลดดังแสดงในสมการที่ (8)

$$QOV_{q,t} = (\sum_i VDPs)_{q,t} \times 0.002\% \times OMLP_{q,t} \quad (8)$$

โดย $QOV_{q,t}$ = การปรับลดค่าตอบแทนจากการดำเนินงานและบำรุงรักษาที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ในไตรมาสที่ q ปีที่ t; $\sum_i VDP_{q,t}$ = ผลรวมของคะแนนสำหรับการปรับลด (Violation Demerit Points) ในไตรมาสที่ q ปีที่ t; $OMLP_{q,t}$ = ค่าตอบแทนจากการดำเนินงานและบำรุงรักษาในไตรมาสที่ q ปีที่ t

สำหรับโครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 6 คะแนนสำหรับการนำมาคิดค่าปรับนั้น จะถูกจำกัดไว้ไม่เกิน 5,000 คะแนนต่อไตรมาส โดยคะแนนส่วนเกินจะนำมาคิดสำหรับการปรับลดค่าตอบแทนในไตรมาสถัดไป

สำหรับ $QED_{q,t}$ คือ การปรับลดค่าตอบแทนอันเนื่องมาจากคะแนนส่วนเกินจากไตรมาสก่อนหน้าโดยสามารถคำนวณการปรับลดค่าตอบแทนได้ดังสมการที่ (9)

$$QED_{q,t} = EDPs \times 0.002\% \times OMLP_{q,t} \quad (9)$$

โดย $EDPs$ = คะแนนส่วนเกินจากไตรมาสก่อนหน้า (Excess Demerit Points); $OMLP_{q,t}$ = ค่าตอบแทนจากการดำเนินงานและบำรุงรักษาในไตรมาสที่ q ปีที่ t

4.2.3. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา (OM costs)

การดำเนินงานและบำรุงรักษานั้นส่งผลต่อการเงินของโครงการของเอกชนผู้ให้บริการ โดยที่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาขึ้นอยู่กับปริมาณจราจรในโครงการ (AADTt) สามารถคิดได้ดังสมการที่ (10)

$$OM_t = FC_t + (VC_t \times 365 \times AADT_t) + AC_t \quad (10)$$

โดย OM_t = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาในปีที่ t; FC_t = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาคงที่ (Fixed cost) ในปีที่ t; VC_t = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาแปรผัน (Variable cost) ในปีที่ t; $AADT_t$ = ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันในปีที่ t; AC_t = ค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม (Added cost) ในกรณีที่มีการซ่อมบำรุงที่ไม่ได้เกณฑ์มาตรฐานความเรียบของผิวทางในปีที่ t

4.2.4. อัตราคิดลด (Discount rate)

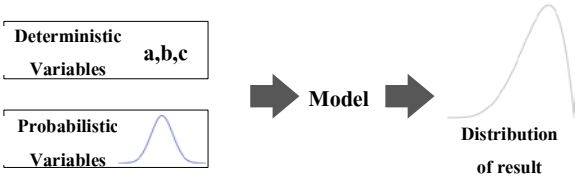
อัตราคิดลดสำหรับรัฐเจ้าของโครงการนั้น พิจารณาจากอัตราพันธบัตรรัฐบาลระยะยาว ร้อยละ 4.00 ส่วนอัตราคิดลด

ของเอกชนผู้ให้บริการนั้น พิจารณาจากกรณีผลตอบแทนสูงสุดของรัฐ ซึ่งเป็นอัตราที่ปรับให้เหมาะสมกับความเสี่ยงของต้นทุนเงินทุน (Risk adjusted cost of capital) อ้างอิงจาก Final Repot – Strategic Intercity Motorway Network Project – TA7483 จัดทำโดยกรมทางหลวงและธนาคารพัฒนาเอเชีย (Asian Development Bank: ADB) เท่ากับร้อยละ 8.60 ต่อปี

4.3.การวิเคราะห์ความเสี่ยงของผู้มีส่วนได้เสียหลักโดยวิธี Monte Carlo simulation

วิธีการจำลองมอนติคาร์โลใช้หลักการของการสุ่มค่าจากการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ถูกกำหนดของตัวแปรเสี่ยง (Probabilistic variables) เพื่อใช้สำหรับการประมาณค่าของตัวแปรสุ่มที่เป็นไปได้ ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative risk analysis) โดยการใช้ค่าที่ได้จากการสุ่มเหล่านั้นในการคำนวณค่าที่เป็นไปได้ของตัวแปรเสี่ยงตาม [9]

วิธีการจำลองมอนติคาร์โลสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ดังแสดงใน**รูปที่ 6**



รูปที่ 6 แผนภาพการจำลองมอนติคาร์โล

จาก**รูปที่ 6** ค่าของตัวแปรต้น (Input variables) ทั้งที่เป็นแบบ Deterministic และ Probabilistic สามารถนำไปใช้วิเคราะห์หาตัวแปรตาม หรือ ตัวแปรผลลัพธ์ (Output variables) ที่มีการกระจายตัวของค่าผลลัพธ์ที่เป็นไปได้

5. ข้อมูลโครงการกรณีศึกษา

5.1.ข้อมูลพื้นฐานของโครงการทางหลวงพิเศษหมายเลข 6 (M6)

โครงการทางหลวงพิเศษหมายเลข 6 ประกอบด้วยสายทางขนาด 4–6 ช่องจราจรโดยมีขนาด 6 ช่องจราจร ระยะทาง 86.5 กิโลเมตร และขนาด 4 ช่องจราจร ระยะทาง 109.5 กิโลเมตร และสามารถรองรับปริมาณจราจรสูงสุดได้ 2200 คันต่อช่องจราจรต่อวัน

ระยะเวลาของโครงการประกอบไปด้วย 1) ระยะเวลาในการก่อสร้างงานโครงสร้าง 4 ปี 2) ระยะเวลาในการก่อสร้างงานระบบ 3 ปี และ 3) ระยะเวลาจ้างเอกชนผู้ให้บริการสำหรับการดำเนินงานและบำรุงรักษา 30 ปี

ข้อมูลที่สำคัญทางด้านการเงินจากสำนักงบประมาณและรายงานการศึกษาของกรมทางหลวง สรุปได้ดังนี้

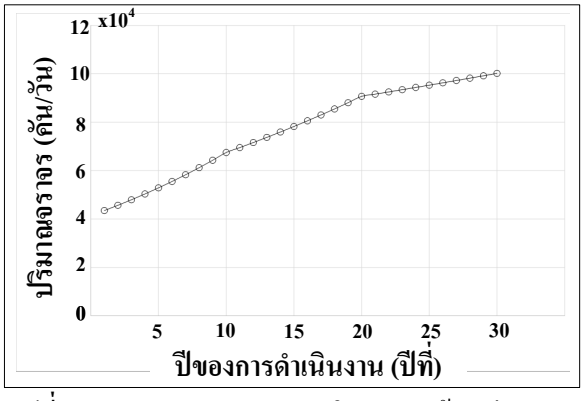
- ค่าจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินประมาณ 6,630 ล้านบาท
- ค่าก่อสร้างงานโยธาประมาณ 66,269 ล้านบาท
- เงินลงทุนสำหรับการก่อสร้างงานระบบประมาณ 7,187 ล้านบาท
- วงเงินประมูลสำหรับค่าจ้าง O&M ประมาณ 21,308 ล้านบาท (มูลค่าปัจจุบัน)
- เงินกู้จากสถาบันการเงิน คิดบนสมมติฐานของมูลค่าเงินกู้ครึ่งหนึ่งของเงินลงทุนสำหรับก่อสร้างงานระบบ

5.2.ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรเสี่ยงของโครงการ

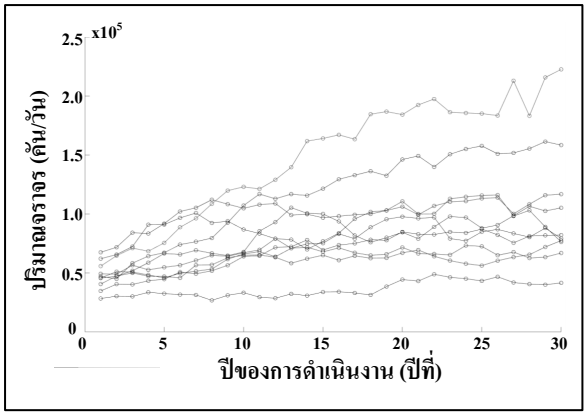
จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอในหัวข้อ 4.2 และวิธี Monte Carlo simulation โดยใช้ MATLAB สามารถแสดงผลการพยากรณ์ตัวแปรเสี่ยงที่สำคัญของโครงการกรณีศึกษาได้ดังนี้

5.2.1. การพยากรณ์ปริมาณจราจรของโครงการ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาข้อมูลปริมาณจราจรโดยใช้ระบบ NAM และ SAM [10] สำหรับการพยากรณ์ที่เป็นแบบ Deterministic ดังแสดงใน**รูปที่ 7** และใช้สมการ Stochastic process ที่เรียกว่า Geometric Brownian motion (GBM) ตัวอย่างของผลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณจราจรโดยใช้ MATLAB เป็นดังแสดงใน**รูปที่ 8**



รูปที่ 7 กราฟแสดงปริมาณจราจรในอนาคตด้วยวิธี NAM และ SAM

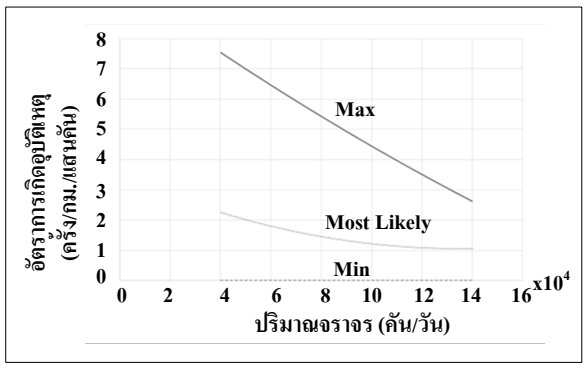


รูปที่ 8 ตัวอย่างการพยากรณ์ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันในอนาคต จำนวน 10 ครั้ง (10 simulated paths)

ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละปีนั้นจะนำไปพิจารณาคำนวณตัวแปรอื่น ๆ ต่อไป เช่น รายได้จากการจัดเก็บค่าผ่านทาง ค่าจ่ายในการ O&M และการปรับลดค่าตอบแทน เป็นต้น

5.2.2. การพยากรณ์การเกิดอุบัติเหตุของโครงการ

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์อุบัติเหตุในโครงการจากค่าสถิติการเกิดอุบัติเหตุในทางหลวงทั่วประเทศไทยจำนวน 90 สายทาง พร้อมทั้งใช้ Envelope Method [11] สำหรับการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของอุบัติเหตุ โดยแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์อุบัติเหตุดังแสดงใน**รูปที่ 9**

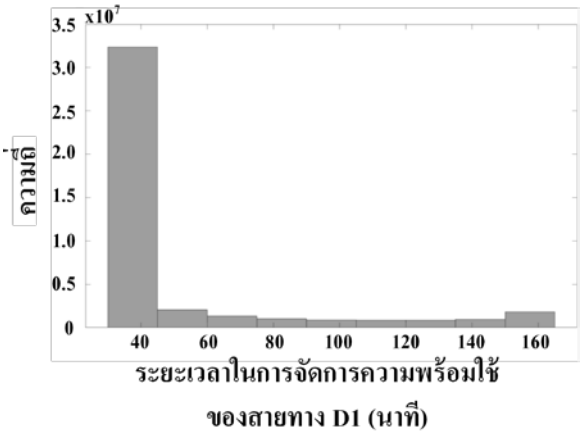


รูปที่ 9 กราฟแสดงอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่อปริมาณจราจร

จาก**รูปที่ 9** สามารถพยากรณ์อัตราการเกิดอุบัติเหตุได้ ตัวอย่างเช่น สมมุติปริมาณจราจรในอนาคตอยู่ที่ 60,000 คันต่อวัน ฉะนั้นแล้วอัตราการเกิดอุบัติเหตุจะมี “ค่าที่เป็นไปได้มากที่สุด” (Most Likely) ประมาณ 1.8 ครั้งต่อปีต่อกิโลเมตรต่อปริมาณจราจร 1 แสนคัน แต่จะไม่น้อยกว่าค่าน้อยที่สุด (Min) 0 ครั้ง และไม่เกินค่ามากที่สุด (Max) 6.5 ครั้ง

5.2.3. การพยากรณ์ระยะเวลาการจัดการความพร้อมใช้ของสายทางของโครงการ

จากอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่กล่าวมา เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วจะต้องทำการพยากรณ์ระยะเวลาในการจัดการความพร้อมใช้ของสายทาง โดยงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ระยะเวลาในการจัดการความพร้อมใช้ของสายทาง จากข้อมูลสถิติของโครงการที่มีลักษณะใกล้เคียงกับทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 6 ซึ่งก็คือโครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 โดยมีผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ดังแสดงใน**รูปที่ 10**

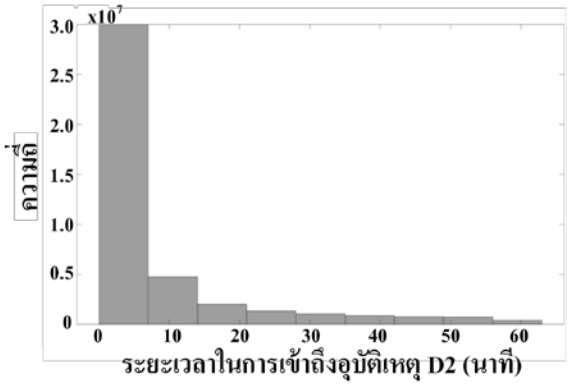


รูปที่ 10 กราฟแสดงความถี่ของระยะเวลาในการจัดการความไม่พร้อมใช้ของสายทาง

รูปที่ 10 แสดงถึงค่าการกระจายตัวของระยะเวลาในการจัดการอุบัติเหตุในแต่ละครั้ง ซึ่งแต่ละระยะเวลาของอุบัติเหตุแต่ละครั้งจะถูกนำไปพิจารณาถึงค่าปรับจากความไม่พร้อมใช้ดังที่ได้แสดง**ตารางที่ 1 และ 2**

5.2.4. การพยากรณ์ระยะเวลาในการเข้าถึงอุบัติเหตุในสายทาง

งานวิจัยนี้ได้พยากรณ์ระยะเวลาในการเข้าถึงอุบัติเหตุในสายทาง โดยนำข้อมูลสถิติของระยะเวลาในการเข้าถึงอุบัติเหตุจากโครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 โดยมีผลลัพธ์จากการพยากรณ์ดังแสดงใน**รูปที่ 11**

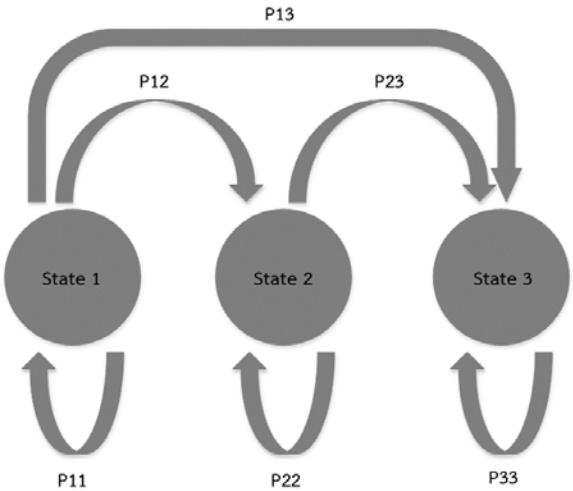


รูปที่ 11 กราฟแสดงความถี่ของระยะเวลาในการเข้าถึงอุบัติเหตุในสายทาง

เมื่อทราบค่าพยากรณ์ของระยะเวลาของการเข้าถึงอุบัติเหตุแต่ละครั้งแล้วนั้น ก็จะสามารถหาค่าคะแนนสำหรับใช้ในการคำนวณการปรับลดค่าตอบแทนได้ โดยใช้**ตารางที่ 3** ประกอบการคำนวณ

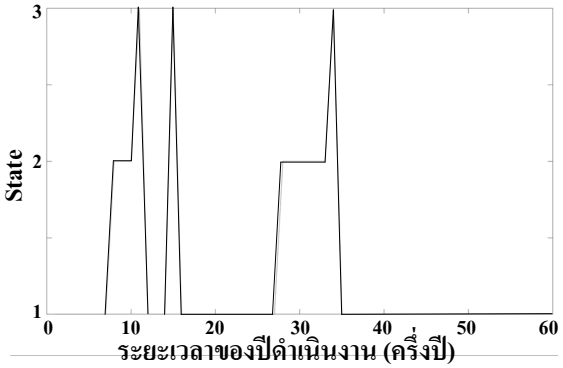
5.2.5. การพยากรณ์ดัชนีความขรุขระสากลของผิวจราจร (IRI)

งานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลด้านการพยากรณ์สภาพความขรุขระของผิวจราจรโดยดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) โดยใช้หลักการของแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov chains) โดยเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจุบันเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นและมีความต่อเนื่องกัน สามารถอธิบายเป็นแผนภาพได้ดัง**รูปที่ 12**



รูปที่ 12 แผนภาพแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chains)

จาก**รูปที่ 12** ประกอบไปด้วย 1) สถานะ (State) ของตัวแปรที่สนใจคือสภาพผิวจราจร และ 2) ความน่าจะเป็น (Probability, P) คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะหนึ่งไปอีกสถานะหนึ่ง โดยงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจากงานวิจัยของ Pérez-Acebo et al. [12] สำหรับการพยากรณ์สภาพความขรุขระของผิวจราจร เมื่อสถานะที่ได้จากการพยากรณ์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์การประเมิน เอกชนผู้ให้บริการจะต้องบำรุงรักษาผิวจราจรให้กลับมาอยู่ในสภาพที่เป็นไปตามเกณฑ์ โดยตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ (ทุกครึ่งปี) ดังแสดงใน**รูปที่ 13**



รูปที่ 13 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์สถานะของผิวถนน

จาก**รูปที่ 13** จะเห็นว่าถนนได้มีการเปลี่ยนสถานะจาก State 1 ไปยัง State 2 และ 3 เมื่อเวลาผ่านไป เมื่อถนนอยู่ใน State 3 ซึ่งผิวจราจรมีค่า IRI เกินกว่า 3.5 ส่งผลให้เกิดการปรับคะแนนจาก**ตารางที่ 4** แล้วนำไปคิดค่าปรับต่อไป อีกทั้งเอกชนต้องบำรุงรักษาผิวจราจรให้กลับมาอยู่ใน State 1 ดังเดิม ซึ่งจะถูกคิดเป็นค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม (Added costs) ดังที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ 4.2.3

6. ผลการวิเคราะห์โครงการกรณีศึกษา

เมื่อได้ผลการพยากรณ์ตัวแปรเสี่ยงแล้ว สามารถนำไปประมาณการรายได้จากการจัดเก็บ ค่าใช้จ่าย O&M และการปรับลดค่าตอบแทนทั้งการความไม่พร้อมใช้ของถนนและการดำเนินงานและบำรุงรักษาที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน

จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินและความเสี่ยงของแต่ละผู้มีส่วนได้เสียหลักทั้ง 3 โดยนำเสนอเป็น 2 กรณี คือ 1) ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินภายใต้สมมติฐานหลัก (Deterministic analysis) และ 2) ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินภายใต้ความไม่แน่นอน (Analysis under uncertainty) รายละเอียดเป็นดังต่อไปนี้

6.1. **ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินภายใต้สมมติฐานหลัก (Deterministic analysis)**

จากค่าพารามิเตอร์ของสมการที่ (1), (2) และ (3) สามารถวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของรัฐเจ้าของโครงการ (Public agency) เอกชนผู้ให้บริการ (Private operator) และผู้ให้เงินกู้ยืม (Lenders) ได้ดังใน**ตารางที่ 5–7**

จาก**ตารางที่ 5** จะพบว่าในช่วงปีแรกๆของโครงการ รัฐเจ้าของโครงการมีกระแสเงินสดสุทธิ (Net Cash Flow) ที่ติดลบจากการจ่ายค่าจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินและค่าก่อสร้างงานโยธา แต่เมื่อโครงการได้มีการเปิดใช้งานจึงมีรายได้จากการจัดเก็บค่าผ่านทางเช่นในปีที่ 10 กระแสเงินสุทธิจึงมีค่าที่เป็นบวก

ตารางที่ 5 ผลตอบแทนทางการเงินของรัฐเจ้าของโครงการ (Public agency)

ปีที่										รายการ
37	**36**	**35**	**…**	**11**	**10**	**…**	**2**	**1**	**0**	
-	-	-	…	-	-	…	-	-	6,630	ACQ_t (ล้านบาท)
-	-	-	…	-	-	…	17,556	18,733	-	I_t (ล้านบาท)
-	-	-	…	359	359	…	-	-	-	CR_t (ล้านบาท)
36.6	36.2	35.8	…	18.4	17.5	…	-	-	-	$AADT_t$ (ล้านคัน)
9,805	9,495	9,194	…	2,567	2,388	…	-	-	-	รายได้จากค่าธรรมเนียม (ล้านบาท)
25	24	24	…	0	0	…	-	-	-	PA_t (ล้านบาท)
2874	2727	2596	…	797	759	…	-	-	-	OMP_t (ล้านบาท)
6,931	6,768	6,597	…	1,411	1,269	…	-17,556	-18,733	-6,630	Net Cash Flow (ล้านบาท)
1,624	1,649	1,672	…	916	858	…	-16,232	-18,013	-6,630	PV of Net Cash Flow (ล้านบาท)
-24,209 ล้านบาท										ผลตอบแทนทางการเงินสุทธิ (Y_P)

เอกชนผู้ให้บริการใน**ตารางที่ 6** มีลักษณะที่เหมือนกับรัฐเจ้าของโครงการ ในช่วง 3 ปีแรกเป็นช่วงก่อสร้างงานระบบ ทำให้กระแสเงินสดสุทธิมีค่าที่ติดลบ แต่เมื่อโครงการได้เปิดใช้งานแล้ว เอกชนผู้ให้บริการจะได้รับค่าตอบแทนจากการดำเนินงานและบำรุงรักษา (OMPt) และเงินชดเชยจากการก่อสร้างงานระบบ (CRt) ทำให้กระแสเงินสดสุทธิของโครงการมีค่าเป็นบวก ส่วนของผู้ให้เงินกู้จาก**ตารางที่ 7** นั้น พิจารณาค่าจาก DSCR ของโครงการในแต่ละปี โดยพิจารณาในปีที่เริ่มการชำระเงินกู้

6.2.ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินภายใต้ความไม่แน่นอน (Analysis under uncertainty)

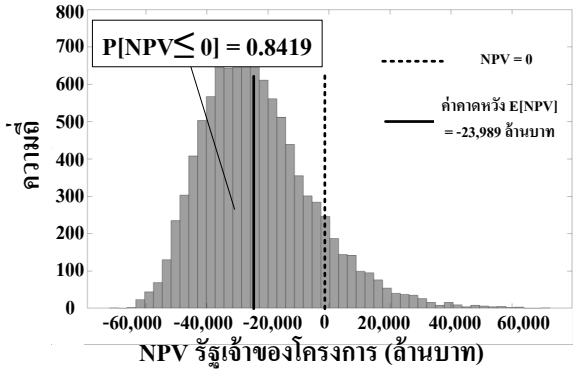
ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินภายใต้ความไม่แน่นอน ของรัฐเจ้าของโครงการ เอกชนผู้ให้บริการ และผู้ให้เงินกู้ยืม โดยใช้วิธี Monte Carlo simulation และใช้จำนวนการสุ่มเท่ากับ 10,000 ครั้ง เป็นดังแสดงใน**รูปที่ 14–16**

ตารางที่ 6 ผลตอบแทนทางการเงินของเอกชนผู้ให้บริการ (Private operator)

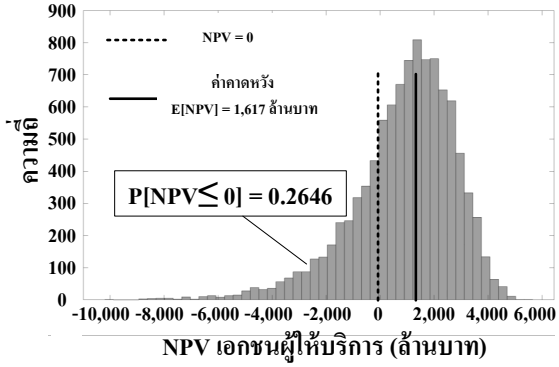
รายการ	ปีที่								
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**…**	**30**	**31**	**32**
C_t (ล้านบาท)	2,156	2,156	2,875	-	-	…	-	-	-
F_t (ล้านบาท)	43	43	57	-	-	…	-	-	-
OMP_t (ล้านบาท)	-	-	-	713	723	…	2,580	2,710	2,857
CR_t (ล้านบาท)	-	-	-	359	359	…	-	-	-
PA_t (ล้านบาท)	-	-	-	0	0	…	24	24	25
OM_t (ล้านบาท)	-	-	-	411	442	…	1,830	1,889	1,951
DS_t (ล้านบาท)	-	-	-	293	293	…	-	-	-
Tax_t (ล้านบาท)	-	-	-	40	36	…	100	114	131
Net Cash Flow (ล้านบาท)	-1,078	-1,078	-1,437	330	311	…	641	697	765
PV of Net Cash Flow (ล้านบาท)	-1,078	-993	-1,219	257	224	…	54	54	55
ผลตอบแทนทางการเงิน (Y_O) กรณี $r_E = 4\%$	1,647 ล้านบาท								
ผลตอบแทนทางการเงิน (Y_O) กรณี $r_E = 8.6\%$	-489 ล้านบาท								

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ค่า DSCR ของสถาบันการเงินผู้ให้เงินกู้ (Lenders)

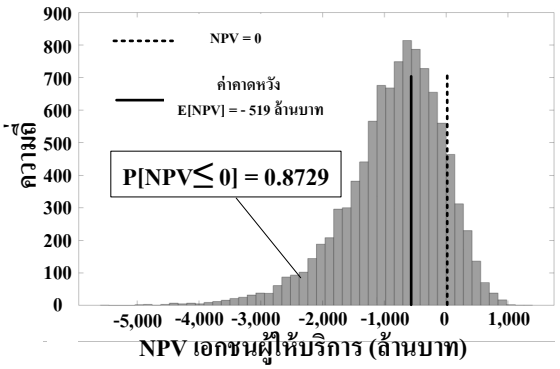
รายการ	ปีที่									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**…**	**25**	**26**	**27**
Loan (ล้านบาท)	1,078	1,078	1,437	-	-	-	…	-	-	-
FCF (ล้านบาท)	-	-	-	662	640	643	…	455	504	557
DS (ล้านบาท)	-	-	-	293	293	293	…	293	293	293
DSCR	-	-	-	2.26	2.19	2.20	…	1.55	1.72	1.90



รูปที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านผลตอบแทนการเงินของรัฐเจ้าของโครงการ

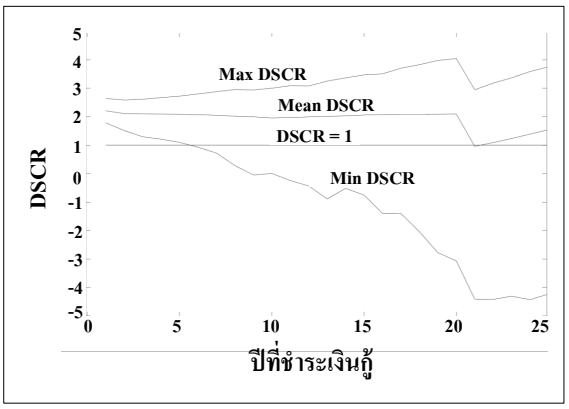


รูปที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านผลตอบแทนการเงินของเอกชนผู้ให้บริการกรณี $r_E = 4\%$



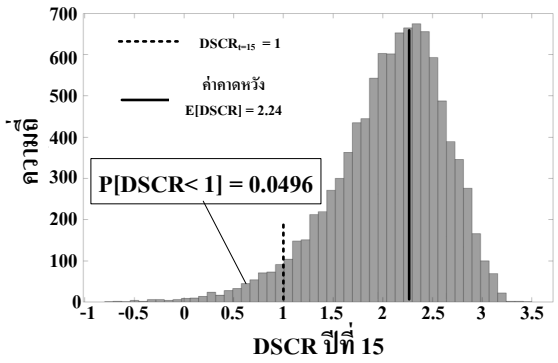
รูปที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านผลตอบแทนการเงินของเอกชนผู้ให้บริการกรณี r_E = 8.6%

ส่วนผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของผู้ให้เงินกู้ยืมโดยใช้ค่า DSCR เป็นดังแสดงใน**รูปที่ 17**



รูปที่ 17 กราฟแสดงค่า DSCR ใน 3 กรณี ได้แก่ 1) ค่า DSCR เฉลี่ย 2) ค่า DSCR สูงสุด และ 3) ค่า DSCR ต่ำสุด

โดยจาก**รูปที่ 17** จะพบว่าผู้ให้เงินกู้มีค่าเฉลี่ยของ DSCR (เส้นกราฟ Mean DSCR) ที่สูงกว่า 1.00 ตลอดช่วงเวลาของการจ่ายคืนเงินกู้ (25 ปี) ยกเว้นปีที่ 21 และหากมองถึงความเสี่ยงของผู้ให้เงินกู้พบว่าหลังปีที่ 7 เอกชนผู้ให้บริการอาจมีปัญหาการคืนเงินกู้ได้ ซึ่งการวิเคราะห์ความเสี่ยงนี้ต้องวิเคราะห์เป็นรายปี ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงของผู้ให้เงินกู้ ในปีที่ 15 โดยใช้เกณฑ์ DSCR ที่ต้องมากกว่า 1.00 เป็นต้น พบว่าค่าโอกาสที่ค่า DSCR ของโครงการมีค่าน้อยกว่า 1.00 มีค่าประมาณ 4.96% (P[DSCR<1] = 4.96%) ดังแสดงใน**รูปที่ 18**



รูปที่ 18 ตัวอย่างของ Histogram ของค่า DSRC ในปีที่ 15

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งของรัฐเจ้าของโครงการ เอกชนผู้ให้บริการ และผู้ให้เงินกู้นั้น มาจากการพยากรณ์ตัวแปรต่างๆ และคำนวณในสมการผลตอบแทนทางการเงิน ด้วยหลักการ Monte Carlo simulation ทำให้เห็นถึงช่วงของผลลัพธ์ของการพยากรณ์ที่เป็นไปได้ (Possible range of outcomes) ซึ่งแสดงถึงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับผลตอบแทนทางการเงิน

7. อภิปรายผลและสรุปผลการศึกษา

จากผลการวิเคราะห์โครงการกรณีศึกษา พบว่าหน่วยงานรัฐที่เป็นเจ้าของโครงการ มีผลตอบแทนทางการเงินสุทธิ -24,209 ล้านบาทกรณีใช้อัตราคิดลด 4% โดยเมื่อคิดเป็นโอกาสที่ผลตอบแทนจากการลงทุนที่เป็นบวกประมาณ 15.59% (P[NPV > 0] = 15.59%) ดังแสดงใน**รูปที่ 14** หรือมีความเสี่ยงทางด้านการเงินที่จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบประมาณ 84.41% (P[NPV < 0] = 84.41%) นั่นเอง อย่างไรก็ตามเนื่องมาจากงานวิจัยนี้มีขอบเขตของการศึกษาความต้องการจากการลงทุนเฉพาะผลตอบแทนทางด้านการเงินเท่านั้น ยังไม่ได้คำนึงถึงผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตัวอย่างเช่น มูลค่าที่ประหยัดไปได้จากต้นทุนที่ลดลงของผู้ใช้ทาง เวลาการเดินทางและอุบัติเหตุที่ลดลง เป็นต้น อีกทั้งงานวิจัยนี้ได้พิจารณาในส่วนของค่าจักรรมสิทธิ์ร่วมด้วย และจากการศึกษาพบว่าปัจจัยเสี่ยงที่มากที่สุดของรัฐเจ้าของโครงการ คือ ปริมาณจราจรของโครงการในอนาคต

ในส่วนเอกชนผู้ให้บริการ จากผลการวิเคราะห์พบว่าเอกชนมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 1,647 ล้านบาทกรณีใช้อัตราคิดลด 4% และ -489 ล้านบาทกรณีใช้อัตราคิดลด 8.6%

อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ใช้วงเงินประมูลจริงของผู้ที่ชนะการประมูล ซึ่งน้อยกว่าราคากลางของรัฐประมาณ 36% ทำให้ผลตอบแทนของเอกชนน้อยกว่าที่ประเมินในรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของกรมทางหลวง และเมื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงพบว่า โอกาสที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่อัตราคิดลด 4% จะเป็นลบ มีค่าประมาณ 26.46% (P[NPV < 0] = 26.46%) (ดู**รูปที่ 15** ประกอบ) และหากใช้อัตราคิดลด 8.6% จะมีความเสี่ยงที่ NPV จะติดลบ ประมาณ 87.29% (P[NPV < 0] = 87.29%) (ดู**รูปที่ 16** ประกอบ) โดยปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญที่สุดของเอกชนผู้ให้บริการ คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา (O&M cost) ตลอดอายุโครงการ

ส่วนในกรณีของผู้ให้เงินกู้ บทความนี้เสนอการประเมินความเสี่ยงของผู้ให้เงินกู้กับเอกชนผู้ให้บริการที่จะไม่ได้รับชำระเงินกู้คืน (Debt repayment risk) โดยใช้เกณฑ์ดัชนี DSCR ที่ต้องมากกว่า 1 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าโดยเฉลี่ยแล้ว ค่า DSCR มีค่าสูงกว่า 1.00 ตลอดอายุของสัญญาเงินกู้ ยกเว้นในปีที่ 21 ของการชำระเงินกู้ อีกทั้งผู้ให้เงินกู้ยังมีความเสี่ยงที่จะไม่ได้รับเงินกู้คืนครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ในแต่ละปี ซึ่งค่าความเสี่ยงนี้ต้องวิเคราะห์เป็นรายปี ดังเช่นที่ได้กล่าวในหัวข้อ 6.2 โดยจากผลการวิเคราะห์โดยรวมสรุปได้ว่า ปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญที่สุดของผู้ให้เงินกู้ (Lenders) คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา (O&M Cost) ของเอกชนผู้ให้บริการ

จากปัจจัยเสี่ยงที่แต่ละภาคส่วนต้องแบกรับนั้น รัฐเจ้าของโครงการมีความต้องการให้มีผู้ใช้บริการมากเพื่อให้มีรายรับที่สูงขึ้น ส่วนเอกชนผู้ให้บริการนั้น มีความต้องการในการลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา เช่นเดียวกับผู้ให้เงินกู้ แต่ทว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษานั้นแปรผันตรงกับปริมาณจราจร จึงก่อให้เกิดแนวทางในการดำเนินงานที่ไม่เหมือนกัน ฉะนั้นแล้วรัฐเจ้าของโครงการควรจะสร้างแรงจูงใจสำหรับผู้ให้บริการให้มีความต้องการที่เพิ่มขึ้นทางด้านปริมาณจราจรด้วย เพื่อให้ทิศทางของผลประโยชน์ไปในแนวเดียวกับ (Alignment of interest) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำสัญญา PPP O&M มาใช้ในการพัฒนาโครงข่ายทางหลวงระหว่างเมืองของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] B. Weber and W.H. Alfen, “Infrastructure–An Overview,” in *Infrastructure as an Asset Class*, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Ltd., 2012, ch. 1, sec. 1.1–1.3, pp. 1–20.

[2] M. Garvin and D. Bosso, “Assessing the Effectiveness of Infrastructure Public—Private Partnership Programs and Projects,” *Public Works Management & Policy*, vol 13, no. 2, pp.162–178, 2008, doi: 10.1177/1087724X08323845

[3] E. Engel, R. Fischer and A. Galetovic, “Public-Private Partnerships: Some Lessons After 30 Years. *Regulation*,” vol. 43, no. 3, pp. 30–35, 2020.

[4] S. Guiny, D. Mirchandani, B. Clark, M. Ham, V. Hallikeri and Sasha Page, “Public-Private Partnership Availability Payment Concessions Model Contract Guide,” Federal Highway Administration Office of Innovative Program Delivery, Washington, DC, USA, Rep. FHWA-HIN-17-002, 2016. [Online]. Available: https://www.transportation.gov/buildamerica/sites/buildamerica.dot.gov/files/2019-08/ap_concession_model_p3_contract_guide_0117_0.pdf

[5] *Public-Private Partnerships (P3s)*, 2017. [Online]. Available: https://www.fhwa.dot.gov/ipd/pdfs/fact_sheets/techtools_P3_payment_mechanisms.pdf

[6] A. Mahmoud., “A survey of the payment mechanisms for transportation DBFO projects in British Columbia,” *Construction Management & Economics*, vol. 25, no. 5, pp. 529–543, 2007, doi: 10.1080/01446190601161465

[7] A. A. Aziz and K. Abdelhalim, “Comparative Analysis of P3 Availability Payments in the USA and Canada,”

Second International Conference on Public-Private Partnerships, Austin, TX, USA, May 26–29, 2015, pp. 560–573, 2017, doi: 10.1061/9780784480267.044

[8] Ministry of Transport, "Public Private Partnership for Operation and Maintenance (O&M), Bang Pa-In - Nakhon Ratchasima Intercity Motorway Project," Department of Highways, Bangkok, Thailand, Proposal Volume 4 DOH's Reqirement: Part 3 Outline Operation and Maintenance Specification Rep., 2019.

[9] J. Mun, "On the Shores of Monaco" in *Modeling Risk: Applying Monte Carlo Simulation, Real Options Analysis, Stochastic Forecasting, and Optimization Techniques*, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons,Ltd., 2006, ch. 4, sec. 3, pp. 74–77.

[10] Suranaree University of Technology, "Study and analysis of the feasibility of Public-Private Partnership for Operation&Maintenance (O&M) Intercity Motorway Bang Pa-in - Nakornratchasima,". Department of Highways, Bangkok, Thailand, main Rep., 2016.

[11] D. Vose, "Modelling correlation and dependencies" in *Risk Analysis–A Quantitative Guide*.: Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Ltd., 2008, ch. 13, sec.4, pp. 380.

[12] H. Pérez-Acebo, N. Mindra, A. Railean and E. Rojí, "Rigid pavement performance models by means of Markov Chains with half-year step time," *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 20, no. 7, pp. 830–843, 2019, doi: 10.1080/ 10298436.2017.1353390