รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

Modeling of Life Cycle Costing of Public and PPP Infrastructure in Thailand

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร.นคร กกแก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักบริหารวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับการสนับสนุนทางการเงินในการทำวิจัยจาก ทุนพัฒนาอาจารย์ใหม่/นักวิจัยใหม่ กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช (ปีที่ 1) และขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์ ที่สละเวลาในการเป็นที่ปรึกษาโครงการ ผู้วิจัยขอบคุณ นายสิทธินันท์ หมั่นสระเกษ นายเอกวัฒน์ ประวันตา และนายสิรวิชญ์ สุวรรณขจร นิสิตภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ได้รวบรวมข้อมูลจากโครงการกรณีศึกษาทั้ง 6 โครงการ และขอบคุณกองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง และการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ สุดท้ายนี้ขอบคุณหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา ศาสตราจารย์ ดร. ธีรพงศ์ เสนจันทร์ฒิไชย ที่สนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย 3

บทที่ 2 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **5**

2.1 บทนำ 5

2.2 การจัดหาโครงการโครงสร้างพื้นฐาน 6

2.3 การประเมินโครงการโครงสร้างพื้นฐาน 8

2.4 Public Private Partnerships (PPPs) 9

2.4.1 รูปแบบสัญญาความร่วมมือภาครัฐและเอกชน 11

2.5 Infrastructure Performance 15

2.5.1 Effectiveness and Efficiency 15

2.5.2 Cost-Effectiveness 16

2.6 ค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุโครงการโครงสร้างพื้นฐาน 17

บทที่ 3 วิธีการศึกษา **19**

3.1 ขั้นตอนในการศึกษา 19

3.2 กรอบแนวคิดเชิงคำนวณ (Computational framework) 20

3.3 การเก็บข้อมูลโครงการ 22

3.3.1 โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 23

3.3.2 โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 23

3.3.3 โครงการทางยกระดับดอนเมือง 24

3.3.4 โครงการทางพิเศษศรีรัช (โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2) 26

3.3.5 โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน–ปากเกร็ด) 28

3.3.6 โครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอก ฯ 30

บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการศึกษา 32

4.1 ผลการวิเคราะห์ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 32

4.1.1 งบประมาณก่อสร้าง 32

4.1.2 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 35

4.2 ผลการวิเคราะห์ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 39

4.1.1 งบประมาณก่อสร้าง 39

4.1.2 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 41

4.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9 45

4.3.1 งบประมาณการก่อสร้าง 45

4.3.2 งบประมาณการบำรุงรักษา 46

4.3.3 งบประมาณรวมตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนถึงปัจจุบัน 50

4.4 ผลการวิเคราะห์โครงการทางยกระดับดอนเมือง 55

4.4.1 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs) 55

4.4.2 ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา (Operation and maintenance costs) 55

4.5 ผลการวิเคราะห์โครงการทางพิเศษศรีรัช โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา และโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ 59

4.6. สรุปข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ของแต่ละโครงการ 73

4.6.1 การวิเคราะห์เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs) 74

4.6.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs) กับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs) 76

4.6.3 การวิเคราะห์เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs) ของแต่ละโครงการ 78

4.7 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (AADT) กับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่อปี (Annual O&M costs) 80

4.8 การวิเคราะห์เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่อปี (Annual O&M costs) ตามระยะเวลาที่เปิดใช้งานมาแล้ว 82

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 84

5.1 สรุปต้นทุนที่ใช้ในการก่อสร้างและดำเนินงานและบำรุงดูแลรักษา 84

5.2 สรุปต้นทุนรวมที่ใช้ในการให้บริการต่อผลผลิต 85

5.3 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 87

เอกสารอ้างอิง 89

ภาคผนวก 91

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างโครงการ PPP ในแต่ละช่วงของกฎหมาย 2

รูปที่ 1.2 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 4

รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนค่าก่อสร้าง ราคางานตามสัญญาและต้นทุนค่าก่อสร้างจริง 7

รูปที่ 2.2 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและดูแลรักษาตลอดอายุโครงการ 9

รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงระหว่างภาครัฐและเอกชนในแต่ละวิธีการจัดหาเพื่อให้ได้มาของโครงการโครงสร้างพื้นฐาน 11

รูปที่ 2.4 วิธีการได้มาของโครงการ (Project delivery method, PDM) 12

รูปที่ 2.5 โครงสร้างของสัญญาแบบ Design-Bid-Build หรือ DBB 13

รูปที่ 2.6 โครงสร้างของสัญญาแบบ Design-Build หรือ DB 13

รูปที่ 2.7 โครงสร้างของสัญญาแบบ Design-Build-Operate-Maintenance หรือ DBOM 14

รูปที่ 2.8 โครงสร้างของสัญญาแบบ Build-Operate-Transfer หรือ BOT 14

รูปที่ 2.9 โครงสร้างของสัญญาแบบ Design-Build-Finance-Operate หรือ DBFO 15

รูปที่ 2.10 ประสิทธิผลและประสิทธิภาพของการจัดหาโครงสร้างพื้นฐานในแต่และแนวทาง (แนวทางการพัฒนาเองโดยรัฐ และแนวทางการให้เอกชนพัฒนาแทน) 17

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการศึกษา 19

รูปที่ 3.2. กรอบแนวคิดเชิงคำนวณเพื่อประเมินต้นทุนตลอดอายุโครงการระหว่างโครงการรัฐ (Public model) และโครงการร่วมทุนระหว่างรัฐและเอกชน (PPP model) 20

รูปที่ 3.3 แผนที่ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และหมายเลข 9 24

รูปที่ 3.4 แผนที่เส้นทางโครงการทางยกระดับดอนเมือง 25

รูปที่ 3.5 แผนที่เส้นทางโครงการทางพิเศษศรีรัช (ทางด่วนขั้นที่ 2) 27

รูปที่ 3.6 แผนที่เส้นทางโครงการทางพิเศษอุดรรัถยา(ทางด่วนสายบางปะอิน–ปากเกร็ด) 29

รูปที่ 3.7 แผนที่เส้นทางโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ (สีชมพูอ่อน) 37

รูปที่ 4.1 ค่าก่อสร้างรายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 (ปี 2537 – 2560) เมื่อปรับด้วยอัตราเงินเฟ้อ 34

รูปที่ 4.2 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 37
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของงบประมาณประเภทการบำรุงรักษาผิวทางต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรรายปี................ 38
รูปที่ 4.4 งบประมาณการก่อสร้างรายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 (ปี 2537 – 2560)..... 40
รูปที่ 4.5 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 43
รูปที่ 4.6 งบประมาณรายปีประเภทการบำรุงรักษาผิวทางต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร 45
รูปที่ 4.7 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9.................. 47
รูปที่ 4.8 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9 (ปริมาณงานที่เกี่ยวกับผิวทาง).. 48
รูปที่ 4.9 งบประมาณการบำรุงรักษาเฉลี่ยรายปีประเภทงานผิวทางของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือหมายเลข 7 และ 9 (กิโลเมตร-ช่องจราจร)... 49
รูปที่ 4.10 ปริมาณจราจรรายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9 50
รูปที่ 4.11 การใช้จ่ายงบประมาณตั้งแต่ปี 2537-2560 ของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 และ 9 53
รูปที่ 4.12 การใช้จ่ายงบประมาณตั้งแต่ปี 2537-2560 ตามประเภทงานของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 และ 9 54
ปที่ 4.14 ค่าประมาณการค่าใช้จ่าย O&M ของบริษัท ทางยกระดับดอนเมือง (In present value) 57
รูปที่ 4.7 กราฟค่าจ่ายในการบริหารของบริษัท BECL.. 63
รูปที่ 4.8 กราฟ Total O&M ของบริษัท BEM และ BEM.. 63
รูปที่ 4.9 กราฟประมาณค่า O&M ของโครงการศรีรัช 65
รูปที่ 4.10 กราฟประมาณค่า O&M ของโครงการอุดรรัถยา 66
รูปที่ 4.11 กราฟประมาณค่า O&M ในอนาคตของโครงการอุดรรัถยา.. 67
รูปที่ 4.12 แผนภูมิแสดงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs).. 74
รูปที่ 4.13 แผนภูมิเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs) กับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs) 76

รูปที่ 4.14 แผนภูมิแสดงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs) 78

รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (AADT) กับ O&M costs.......................... 80

รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการดาเนินการและบารุงรักษาต่อปี (Annual O&Mcosts) เทียบกับระยะเวลาที่โครงการนั้นได้เปิดใช้งานมาแล้ว 82

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลงบประมาณก่อสร้างสร้างทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 33

ตารางที่ 4.2 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7......................... 35

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์งบประมาณก่อสร้างสร้างทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9.................. 39

ตารางที่ 4.4 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9......................... 41

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบงบประมาณการก่อสร้างของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 และ 9 45

ตารางที่ 4.6 ช่วงเวลาที่ใช้ในการเปรียบเทียบงบประมาณการบำรุงรักษาของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 และ 9 46

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบงบประมาณการบำรุงรักษาของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9 46

ตารางที่ 4.8 งบประมาณรวมแยกประเภทของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 และ 9 51

ตารางที่ 4.9 ร้อยละของงบประมาณการบำรุงรักษาผิวทางต่องบประมาณการบำรุงรักษารวมตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ.. 52

ตาราง 4.10 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและดูแลรักษาของโครงการทางยกระดับดอนเมือง (O&M Costs) .. 56

ตาราง 4.11 59

ตาราง 4.12 ตารางแสดงค่าประมาณ O&M (ตัวเลขสีน้ำเงินตัวเอียงนั้นได้จากการประมาณทางสถิติ ส่วนตัวเลขสีดำคือข้อมูลจริง) 60

ตาราง 4.13 ค่าใช้จ่ายในการบริหาร BECL (คิดเป็นมูลค่าปัจจุบัน) ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2557 61

ตาราง 4.4 สรุปข้อมูลโครงการทางพิเศษศรีรัช (ทางด่วนขั้นที่2) (ตัวเลขสีน้ำเงินตัวเอียงนั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการประมาณทางสถิติ ส่วนตัวเลขสีดำคือข้อมูลจริง) 68

ตาราง 4.5 สรุปข้อมูลของโครงการอุดรรัถยา(ทางด่วนสายบางปะอิน-ปากเกร็ด).. 70

ตาราง 4.6 สรุปข้อมูลของโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ (SOE).. 71

ตาราง 4.7 สรุปข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ของแต่ละโครงการ 73

ตารางที่ 5.1 สรุปต้นทุนในการก่อสร้าง (Construction cost)และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงดูแลรักษา (O&M) คิดเป็นมูลค่าปัจจุบัน ณ ปี 2560 (หน่วย: ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร) 84

ตารางที่ 5.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร และอายุโครงการ
.... 85
ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ต้นทุนของการให้บริการต่อคัน (Baht spent per vehicle serviced)................ 86

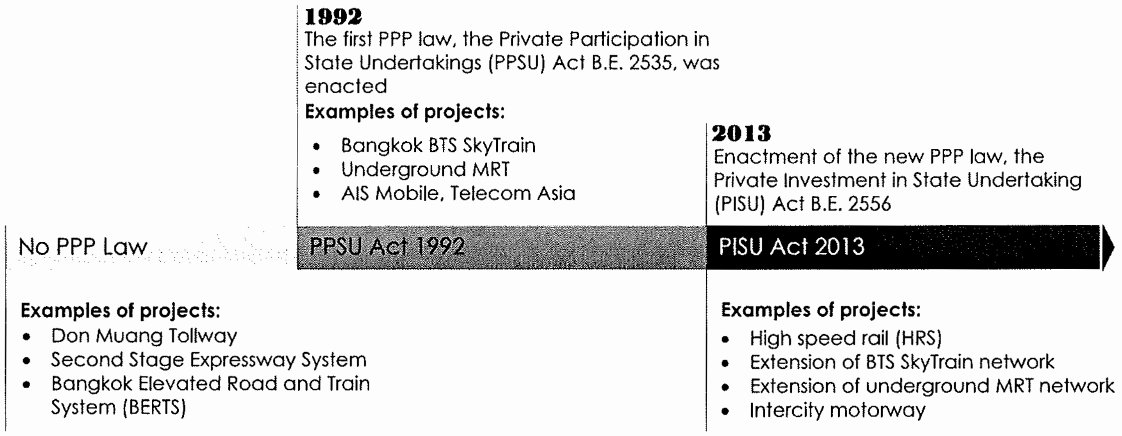
บทที่ 1

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปริมาณความต้องการด้านโครงสร้างพื้นฐานมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมารัฐได้ลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่หลายโครงการ แต่ละโครงการมีมูลค่าเงินลงทุนหลายหมื่นล้านบาท ในอนาคตประเทศไทยยังต้องลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาประเทศอีกจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่ง และโครงการพื้นฐานรองรับการพัฒนาโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก หรือที่เรียกว่า Eastern Economic Corridor (ECC) เงินลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานเหล่านี้ส่วนหนึ่งมาจากการเปิดให้เอกชนมาร่วมลงทุน ซึ่งโครงการประเภทนี้เรียกว่าเป็นโครงการแบบ Public Private Partnership หรือ PPP

ประเทศไทยได้มีการใช้ PPPs มานานแล้ว ซึ่งเมื่อก่อนยังไม่มีกฎหมายที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับโครงการที่เป็น PPPs จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2535 ประเทศไทยผ่านกฎหมายสำหรับโครงการ PPPs ชื่อว่า “พระราชบัญญัติว่าด้วยการให้เอกชนเข้าร่วมงานหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2535” ที่กำหนดหลักเกณฑ์และขั้นตอนในการร่วมลงทุนในกิจการของรัฐระหว่างหน่วยงานเจ้าของโครงการและบริษัทเอกชนที่เป็นระบบ โดยเน้นไปที่โครงการขนาดใหญ่มูลค่าตั้งแต่ 1000 ล้านบาทขึ้นไป และในปี 2556 ได้มีการปรับปรุงกฎหมาย PPP ใหม่ เรียกว่า“พระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556” ตัวอย่างโครงการ PPP ในประเทศไทยเป็นดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างโครงการ PPP ในแต่ละช่วงของกฎหมาย (Kokkaew, 2013)

การเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาโครงการโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ของประเทศส่งผลต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ในระยะสั้นการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานช่วยทำให้เกิดการกระตุ้นเศรษฐกิจ ทำให้เกิดการจ้างงาน ในระยะยาว การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตของประเทศ ลดต้นทุนการขนส่ง (Hong et al. 2011; Rashidi and Samimi 2012) ภาคอุตสาหกรรมที่ในการลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโดยใช้วิธีการร่วมลงทุน ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าและพลังงาน และโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่ง

เหตุผลของการสนับสนุนให้เอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ นอกจากในเรื่องของข้อจำกัดด้านงบประมาณของรัฐแล้ว ยังมีเหตุผลเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการพัฒนาโครงการของภาคเอกชน เนื่องจากสัญญาที่รวมการออกแบบ ก่อสร้าง และดำเนินงานและบำรุงรักษา จะส่งผลต่อต้นทุนรวมตลอดอายุโครงการ (Life cycle cost) และประสิทธิภาพในการดำเนินงาน (Zhang et al. 2013; The World Bank 2006; Martinez et al. 2014; Liu et al. 2014; Chasey et al. 2012) ยกตัวอย่างเช่น เอกชนผู้รับสัมปทานสามารถออกแบบเพื่อให้ก่อสร้างได้เร็วขึ้น มีต้นทุนที่ยอมรับได้ และที่สำคัญอาจใช้นวัตกรรมที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาในยะยะยาวอีกด้วย อย่างไรก็ตาม Martinez and Walton (2015) ตั้งข้อสังเกตว่า คำกล่าวอ้างดังกล่าวยังขาดหลักฐานหรือข้อพิสูจน์เชิงปริมาณ

นั่นเป็นที่มาของโครงงานวิจัยนี้ที่ต้องการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนตลอดอายุของโครงการ (Life cycle cost หรือ LCC) ระหว่างโครงการโครงสร้างพื้นฐานที่รัฐเป็นผู้ลงทุนก่อสร้างและดำเนินงาน และโครงการโครงสร้างพื้นฐานที่เป็นการร่วมลงทุนระหว่างรัฐและเอกชน หรือ PPP นั่นเอง แต่เนื่องจากข้อจำกัดในการเปรียบเทียบ ซึ่งไม่มีโครงการใดเหมือนกันทุกอย่าง การศึกษานี้จึงพยายามปรับข้อมูลของโครงการให้สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ เช่น ต้นทุนในการก่อสร้างที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและดูแลรักษาในแต่ละปี ซึ่งจำเป็นต้องปรับให้เป็นตัวเลขที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ จึงต้องปรับด้วยทฤษฎีมูลค่าเงินตามเวลา (Time value of money) เป็นต้น ในการศึกษานี้ยังจะออกแบบกรอบวิธีแนวคิดคำนวน (Computational framework) เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนตลอดอายุการพัฒนาโครงการ สำหรับโครงการที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ต้นทุนตลอดอายุโครงการ ได้แก่ โครงการโครงสร้างพื้นฐานด้านถนนที่รัฐดำเนินการเอง 2 โครงการ และโครงการที่เป็นความร่วมมือระหว่างรัฐและเอกชนอีก 4 โครงการ

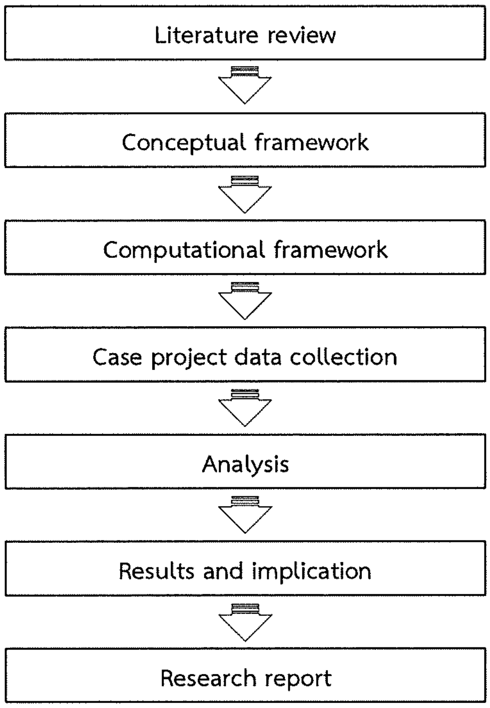
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

- เพื่อพัฒนากรอบแนวคิดเชิงคำนวณเพื่อเปรียบเทียบต้นทุนตลอดอายุโครงการ เพื่อใช้เปรียบเทียบต้นทุนตลอดอายุโครงการระหว่างโครงการที่รัฐดำเนินการและโครงการที่เป็นความร่วมมือระหว่างรัฐและเอกชน
- เพื่อเก็บรวบรวมและวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนตลอดอายุโครงการระหว่าง (1) โครงการที่รัฐดำเนินการเอง และ (2) โครงการที่เป็นความร่วมมือระหว่างรัฐและเอกชน

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเป็นดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

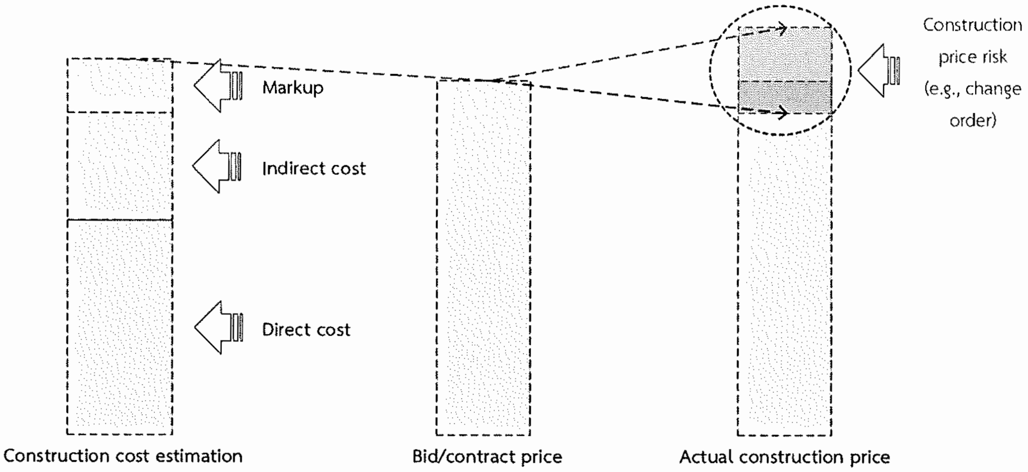
2.1 บทนำ

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของประเทศ เช่น ถนน สนามบิน ระบบขนส่งมวลชนทางราง เป็นต้น จำเป็นต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ ทั้งทางด้านวิศวกรรม ด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และผลกระทบของโครงการต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้มั่นใจว่าโครงการที่จะดำเนินการก่อสร้างนั้นคุ้มค่าการลงทุนและเป็นประโยชน์ต่อสาธารณะชน โดยเฉพาะในเรื่องของการยกระดับคุณภาพชีวิต ซึ่งขั้นตอนสำคัญในการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ก็จำเป็นต้องประมาณการต้นทุนการก่อสร้าง ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงดูแลรักษาเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ โดยการประมาณการต้นทุนก่อสร้างในขั้นตอนของการศึกษาความเป็นไปได้ก็มีค่าระดับของความคลาดเคลื่อนอยู่ประมาณ -10% ถึง +15% (AACE, 2016) ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างจะมีการประมาณการอย่างละเอียดเมื่อผลการประเมินโครงการเป็นที่ยอมรับ โดยประมาณการจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบ (Construction drawings and specifications) อย่างไรก็ตามในการก่อสร้างจริงต้นทุนก็อาจมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ นอกจากนี้แล้ว ในทางทฤษฎีต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost) ก็มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคุณภาพของงานก่อสร้าง (Quality) (Kunishima and Shoji,1996; Kuprenas, 2008; Rosenfeld, 2009) นั่นหมายถึงหากต้องการคุณภาพการก่อสร้างที่ดี ต้นทุนในการก่อสร้างก็ย่อมที่จะเพิ่มสูงมากขึ้น จากการที่ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ ความมีฝีมือของแรงงาน เวลาในการทำงานที่เพียงพอ เป็นต้น การเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการก่อสร้างจากการคุณภาพงานที่สูงขึ้นก็เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน อีกทั้งยังอาจจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงดูแลรักษาในอนาคตด้วย นั่นเป็นเหตุผลสำคัญของการประเมินโครงการที่มีการพิจารณาต้นทุนตลอดช่วงอายุโครงการ (Life cycle cost analysis)

2.2 การจัดหาโครงการโครงสร้างพื้นฐาน

โดยทั่วไปแล้วภาครัฐมีหน้าที่สำคัญในการจัดหาเงินทุน (Finance) เพื่อดำเนินการก่อสร้าง (Construction) ตลอดจนดำเนินงานและบำรุงรักษา (Operation and maintenance หรือ O&M) โครงสร้างพื้นฐานของประเทศ ซึ่งเงินลงทุนในโครงการเหล่านี้อาจได้มาจาก (1) เงินรายได้จากการเก็บภาษี หรือ (2) เงินกู้ยืมจากสถาบันการเงินระหว่างประเทศเพื่อการพัฒนา เช่น Asian Development Bank (ADB) และ ธนาคารโลก (The World Bank) เป็นต้น นอกจากนี้แล้วรัฐอาจทำการระดมทุนโดยการออกพันธบัตรหรือหุ้นกู้ (Bond) เพื่อขายให้กับประชาชนที่สนใจลงทุนในโครงการที่เป็นโครงสร้างพื้นฐาน โดยประชาชนที่ซื้อพันธบัตรหรือหุ้นกู้จะมีฐานะเป็นเจ้าหนี้ของรัฐ ซึ่งสามารถเรียกวิธีการทั้งหมดนี้ที่ได้กล่าวมาว่าเป็นหนึ่งในกระบวนการจัดหาโครงสร้างพื้นฐานด้วยวิธีที่เรียกว่า การคลังภาครัฐ (Public finance) ซึ่งหมายถึง การคลังในกิจกรรมที่รัฐบาลเป็นเจ้าของทรัพย์สิน

โครงการโครงสร้างพื้นฐานในประเทศไทยที่จัดทำขึ้นโดยการจัดซื้อจัดจ้างแบบปกติ (Traditional procurement) ต้องมีการประเมินค่าก่อสร้างก่อนเพื่อให้หน่วยงานที่รับผิดชอบโครงการสามารถหาแหล่งเงินทุนเพื่อใช้ในการก่อสร้าง งบประมาณในการก่อสร้างนั้นอาจมาจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีของรัฐบาลซึ่งจะจัดสรรให้กับหน่วยงานของรัฐหรืองบประมาณจากภายนอก (เงินกู้) จากทั้งภายในและภายนอกประเทศ เพื่อพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานของประเทศตามนโยบายของรัฐ เมื่อรัฐบาลหาแหล่งงบประมาณในการก่อสร้างแล้วหน่วยงานที่รับผิดชอบโครงการสามารถดำเนินการก่อสร้างโครงการได้ โดยทั่วไปใช้วิธีการที่เรียกว่า "Design-Bid-Build (DBB)" คือทำการออกแบบให้แล้วเสร็จก่อนทำการประมูลงานก่อสร้างและก่อสร้างต่อไป ราคาที่ประมูลได้ปกติแล้วจะต่ำกว่า "ราคากลาง" หรือประมาณค่าก่อสร้างของรัฐบาล อย่างไรก็ตามราคาก่อสร้างที่เกิดขึ้นจริงอาจสูงหรือต่ำกว่าที่ได้ตกลงกันไว้หรือระบุไว้ในสัญญาอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงและอื่น ๆ เช่น อัตราเงินเฟ้อ ราคาค่าก่อสร้างหรือการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบก่อสร้าง เป็นต้น ดังนั้นต้นทุนการก่อสร้างขั้นสุดท้ายของเจ้าของโครงการจึงมีความเสี่ยงที่งบประมาณนั้นจะเกินงบประมาณที่กำหนดไว้ในระหว่างขั้นตอนการก่อสร้าง กระบวนการนี้สามารถนำเสนอดังแสดงใน **รูปที่ 1.1**



รูปที่ 2.1 : ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนค่าก่อสร้าง ราคางานตามสัญญาและต้นทุนค่าก่อสร้างจริง

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการเจริญเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับจำนวนประชากรที่มากขึ้น ส่งผลให้เกิดความต้องการโครงสร้างพื้นฐานที่เพิ่มสูงขึ้น <u>และหากรัฐบาลต้องการยกระดับความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับประเทศอื่น ๆ รัฐบาลจะต้องลงทุนในอัตราที่สูงกว่าอัตราความต้องการที่เกิดจากประชากรที่เพิ่มขึ้นและกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ขยายตัวสูงขึ้น</u> นี่เป็นเหตุผลสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้รัฐบาลทั้งในอดีตและปัจจุบันไม่สามารถจัดหาก่อสร้าง และดำเนินงานระบบโครงสร้างพื้นฐานได้อย่างเพียงพอตามความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายด้าน เช่น ในเรื่องของรายได้จากภาษีมีอยู่อย่างจำกัดและรายได้ที่เติบโตไม่ทันกับปริมาณความต้องการเงินลงทุนในโครงการที่เป็นโครงสร้างพื้นฐาน เป็นต้น โดยหากรัฐบาลเพิ่มรายได้รัฐจากการเก็บภาษีในอัตราที่สูงขึ้น อาจส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพที่ลดลงในการแข่งขันของภาคเอกชน นี่คือหนึ่งเหตุผลสำคัญที่ทำให้รัฐบาลโดยทั่วไปมักจะหันไปใช้วิธีการกู้ (Borrowing) แต่ปริมาณหนี้ที่มีอยู่แล้วและเพดานเงินกู้ (Debt ceiling) ซึ่งจำกัดปริมาณเงินกู้สาธารณะของประเทศ อาจส่งผลต่อต้นทุนการกู้ (Borrowing cost) ที่สูงขึ้น ตามความเสี่ยงทางด้านสถานะการเงินภาครัฐที่เพิ่มสูงขึ้น บวกกับความกังวลในเรื่องของหนี้สาธารณะ (Public debt) ของประชนโดยทั่วไป

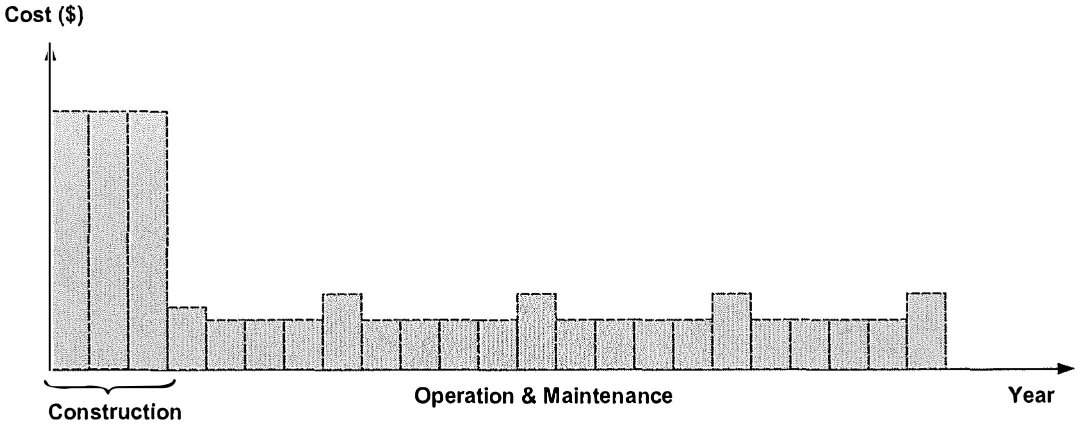
ที่กล่าวมาเป็นเหตุผลสำคัญทำให้รัฐบาลหลายประเทศในปัจจุบันได้เปิดโอกาสให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดหาเงินทุน ก่อสร้าง และดำเนินการโครงการที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ

แทนรัฐบาล ซึ่งวิธีการเช่นนี้เรียกว่าเป็น Public Private Partnership หรือ PPP ตัวอย่างของประเทศที่ได้ใช้วิธีการดังกล่าวมาได้แก่ อังกฤษ ออสเตรเลีย เกาหลีใต้ และสหรัฐอเมริกา (บางรัฐ) โดยสำหรับประเทศไทย รูปแบบของการเข้ามามีส่วนร่วมกิจการภาครัฐของประเทศนั้น ในปัจจุบันอยู่ภายใต้ "พระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556"

2.3 การประเมินโครงการโครงสร้างพื้นฐาน

Benefit-cost analysis หรือ BCA เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ซึ่งการประเมินก่อนพัฒนาโครงการเรียกว่าเป็นการประเมินแบบ *Ex ante* ซึ่งความถูกต้องน่าเชื่อถือของผลการศึกษาขึ้นอยู่กับข้อมูลในการนำมาวิเคราะห์โครงการ แต่โครงการโครงสร้างพื้นฐานนั้นมีปัจจัยเสี่ยงอยู่หลายปัจจัย ทั้งในช่วงก่อสร้างและช่วงการดำเนินงาน นอกจากนี้แล้วโครงการโครงสร้างพื้นฐานยังมีระยะเวลาการใช้งานของโครงการที่นานหลายปี ซึ่งหากมีการบำรุงดูแลรักษาที่ดีแล้วอาจมีระยะเวลาการใช้งานถึง 50 ปี ดังนั้นการประมาณการค่าใช้จ่ายในอนาคตให้น่าเชื่อถือในหลายสิบปีข้างหน้านั้นทำได้ค่อนข้างลำบากทีเดียว

สำหรับต้นทุนของโครงสร้างพื้นฐานโดยทั่วไปแล้วสามารถจำแนกออกได้เป็น (1) ต้นทุนที่เกิดขึ้นกับเจ้าของโครงการ (User cost) และ (2) ต้นทุนที่เกิดกับผู้ใช้งาน (User cost) โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นกับเจ้าของโครงการได้แก่ ค่าออกแบบ ก่อสร้าง ดำเนินการและดูแลรักษา เป็นต้น ซึ่งเจ้าของโครงการสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบทางเลือกในการพัฒนาโครงการจากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นตลอดช่วงอายุโครงการ (ทั้งช่วงก่อสร้างและช่วงดำเนินการ) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 จากนั้นคำนวณค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทั้งหมดในมูลค่าปัจจุบัน (Present value) เพื่อเลือกแนวทางการพัฒนาโครงการที่คุ้มค่ามากที่สุดภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น งบประมาณในการก่อสร้าง เป็นต้น



รูปที่ 2.2 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและดูแลรักษาตลอดอายุโครงการ

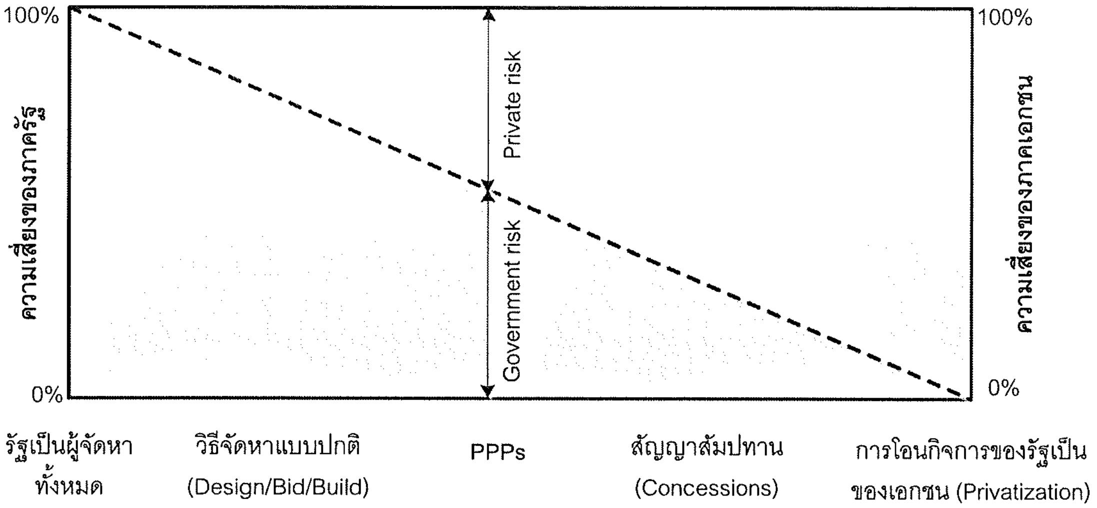
2.4 Public Private Partnerships (PPPs)

Public-private partnerships (PPPs) ตามคำนิยามของ International Monetary Fund หมายถึง รูปแบบของการจัดหาทรัพย์สินหรือบริการของโครงสร้างพื้นฐานโดยตัวแทนที่เป็นเอกชนซึ่งทำหน้าที่แทนรัฐ โดยมีจัดสรรความเสี่ยงระหว่างรัฐและเอกชนตามรูปแบบของสัญญาสัมปทาน ยกตัวอย่างเช่น สัญญาสัมปทานแบบ Build-Operate-Transfer หรือ BOT ซึ่งเป็นสัญญาที่ให้เอกชนจัดหาเงินลงทุน ดำเนินการก่อสร้าง และดำเนินงานแทนรัฐบาล ตลอดอายุสัญญา เมื่อสิ้นสุดสัญญา เอกชนจะส่งมอบสินทรัพย์ของโครงการให้หน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบโครงการ เป็นต้น โดยบริษัทเอกชนผู้รับสัมปทานจะแบกรับความเสี่ยงของต้นทุนการก่อสร้างในกรณีที่ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเกินจากงบประมาณที่คาดไว้ หรือ ความเสี่ยงที่จะมีผู้มาใช้บริการน้อยกว่าที่ประมาณการไว้ในระหว่างการดำเนินงาน ทำให้มีรายได้น้อยกว่าที่ได้คาดการณ์ไว้เบื้องต้น ซึ่งส่งผลต่ออัตราผลตอบแทนการลงทุนที่ลดลงด้วย ปัจจุบันในต่างประเทศ PPPs ได้ถูกนำมาใช้ในหลายโครงการด้วยกัน เช่น การก่อสร้างและดำเนินงานของโรงพยาบาล โรงเรียน เรือนจำ ถนน สะพาน ท่าเทียบเรือ ระบบขนส่งมวลชน ประปา และ โรงบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

โดยหัวใจหลักสำคัญของแนวคิดแบบ PPP คือ การแบ่งสรรความรับผิดชอบและกระจายความเสี่ยงระหว่างรัฐ (Government) และเอกชน (Private) โดยใช้หลักของการจัดการความเสี่ยง (Risk management) นั่นคือ การโอน/แบ่งสรร ความเสี่ยง ควรโอน/แบ่งสรรไปยังคู่สัญญา (Counter party) ที่สามารถจัดการความเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด (นั่นคือ ด้วยต้นทุนที่น้อยที่สุด) ดังนั้น PPP จึงเสมือนรูปแบบผสมระหว่างวิธีการแบบรัฐจัดหาเงินทุน ออกแบบ ก่อสร้าง และดำเนินการเองทั้งหมด (Complete government production and delivery) และวิธีการโอนกิจการของรัฐเป็นของเอกชน หรือ Privatization ดังแสดงใน**รูปที่ 2.3**

สัญญาร่วมลงทุนระหว่างภาครัฐและภาคเอกชนในการให้บริการสาธารณะ ทั้งในด้านพาณิชย์ เช่นการก่อสร้างทางด่วน ท่าเรือ และในด้านสังคม เช่น การก่อสร้างโรงพยาบาล โรงเรียน เป็นต้น ซึ่งภาคเอกชนจะเป็นผู้ลงทุนในการออกแบบก่อสร้าง บริหารและบำรุงรักษาโครงการ และภาครัฐจะนำทรัพย์สิน เช่น ที่ดิน เพื่อร่วมลงทุนกับภาคเอกชน หรือจ่ายค่าตอบแทนคืนให้กับเอกชนตามระยะเวลาสัญญาประโยชน์ที่จะได้รับจากการดำเนินการตามกฎหมาย PPP

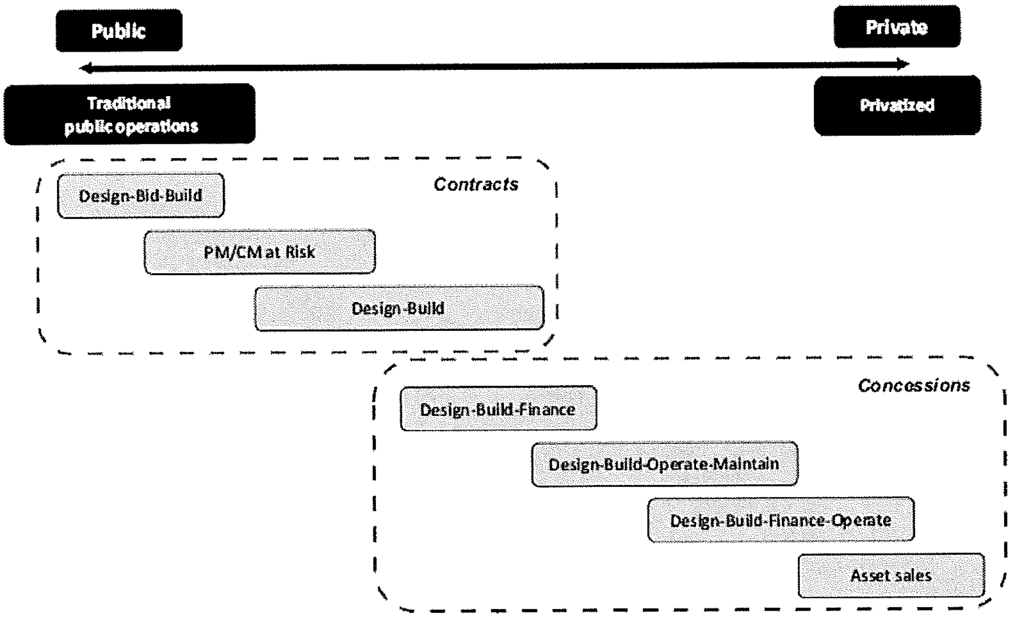
- ยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนด้วยการให้บริการสาธารณะที่มีประสิทธิภาพครอบคลุมทั้งด้าน เศรษฐกิจ การศึกษา และสังคม เกิดประโยชน์ต่อสังคมและเศรษฐกิจอย่างเป็นรูปธรรม
- การลงทุนของภาครัฐจะดำเนินไปด้วยความโปร่งใส รวดเร็ว และตรงต่อความต้องการของประชาชน
- รักษาสมดุลของเศรษฐกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่สร้างภาระต่อระบบงบประมาณ
- ภาคเอกชนมีความเชื่อมั่นในการลงทุน ภายใต้หลักการแข่งขันอย่างเสรีและเป็นธรรม
- สร้างสรรค์โอกาสในการลงทุนเพื่อพัฒนาประเทศให้กับทุกภาคส่วน โดยบูรณาการภารกิจสำคัญของประเทศและทิศทางอนาคตที่จะนำพาประเทศก้าวไปสู่ความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และสังคมอย่างยั่งยืน



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงระหว่างภาครัฐและเอกชนในแต่ละวิธีการจัดหาเพื่อให้ได้มาของโครงการโครงสร้างพื้นฐาน

2.4.1 รูปแบบสัญญาความร่วมมือภาครัฐและเอกชน

รูปแบบของสัญญา PPP ที่นิยมใช้มีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสัญญาสัมปทาน (Concessions) ดังแสดงใน**รูปที่ 2.4** เช่น Design-Build-Operate-Maintenance (DBOM) หรือ Build-Operate-Transfer (BOT) หรือ Design-Build-Finance-Operate (DBFO) เป็นต้น

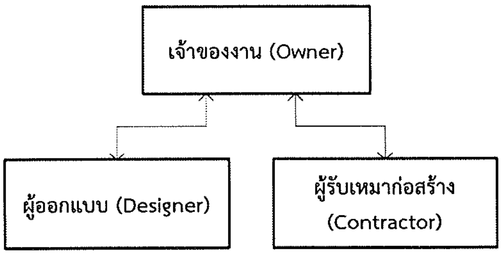


รูปที่ 2.4 วิธีการได้มาของโครงการ (Project delivery method, PDM)
ที่มา: Port Planning and Investment Toolkit: Funding Strategy Module

รูปแบบของสัญญาเพื่อให้ได้มาซึ่งโครงการแบบปกติ (Traditional public procurement) ที่ภาครัฐนิยมใช้ ได้แก่ สัญญาแบบ Design-Bid-Build หรือ DBB และ สัญญาแบบ Design-Build (DB)โดยรูปแบบของสัญญาทั้ง 2 ไม่ถือเป็น PPP เนื่องจากเป็นสัญญาระยะสั้น รายละเอียดของโครงสร้างของสัญญาทั้งสองแบบเป็นดังนี้

(1) **สัญญาแบบ Design-Bid-Build หรือ DBB**

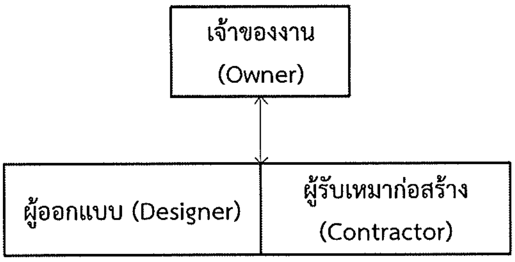
โดยปกติ หน่วยงานของรัฐที่เป็นเจ้าของโครงการนิยมใช้สัญญาแบบ Design/Bid/Build หรือ DBB ซึ่งเป็นสัญญาที่แยกการออกแบบ (Design) และการก่อสร้าง (Build) ออกเป็น 2 สัญญา บริษัทออกแบบและบริษัทก่อสร้างมีสัญญาโดยตรงกับเจ้าของงาน (Owner) โดยใช้การประมูล (Bidding) ในการคัดเลือกผู้รับเหมาก่อสร้าง ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินผู้ชนะการประมูลสัญญาก่อสร้างคือ ราคาก่อสร้างต่ำสุดที่ผู้รับเหมาเสนอมา โครงสร้างของสัญญาแบบ DBB เป็นดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของสัญญาแบบ Design-Bid-Build หรือ DBB

(2) สัญญาแบบ Design-Build (DB)

สัญญาแบบ DB เป็นสัญญาที่เจ้าของงานให้การออกแบบและก่อสร้างเป็นสัญญาเดียวกัน ซึ่งบริษัทที่ประมูลงานต้องรับผิดชอบทั้ง 2 อย่างภายใต้สัญญาออกแบบและก่อสร้าง ดังแสดงใน **รูปที่ 2.6**



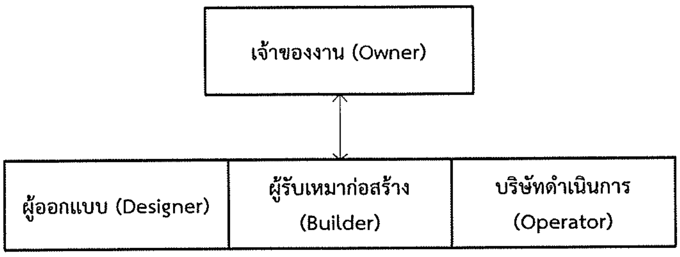
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของสัญญาแบบ Design-Build หรือ DB

ส่วนรูปแบบสัญญา PPP ที่นิยมใช้มีดังต่อไปนี้

(1) สัญญาแบบDesign-Build-Operate-Maintenance (DBOM)

สัญญาแบบ DBOM เป็นสัญญาที่มีขอบเขตของงานออกแบบ ก่อสร้าง ดำเนินการและบำรุงรักษา โดยใช้สัญญาเดียว บริษัทคู่สัญญามีหน้าที่และความรับผิดชอบทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ

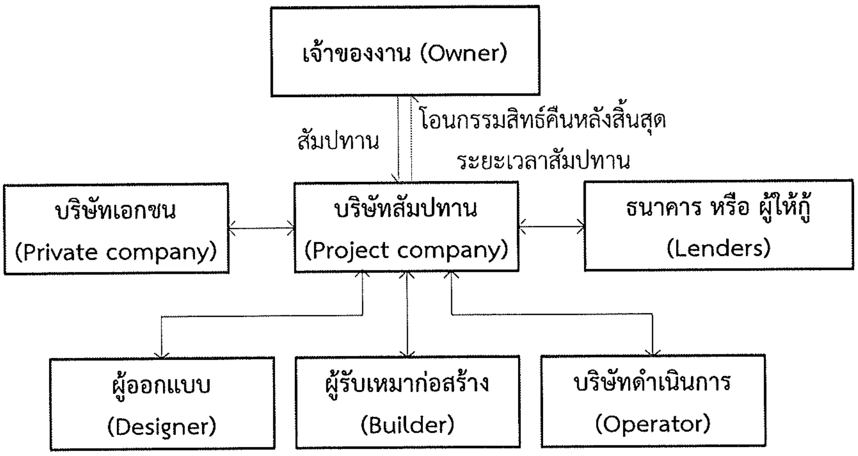
ช่วงออกแบบ ช่วงก่อสร้าง และช่วงดำเนินงาน โดยใช้เงินทุนของเจ้าของโครงการ เป็นหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของสัญญาแบบ Design-Build-Operate-Maintenance หรือ DBOM

(2) สัญญาแบบ Build-Operate-Transfer (BOT)

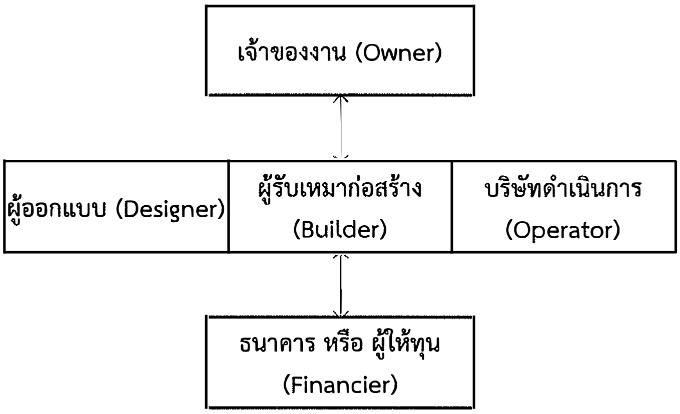
ในกรณีที่เป็นสัญญาแบบ BOT เจ้าของโครงการสามารถให้เอกชนรับผิดชอบในการออกแบบ ก่อสร้าง และดำเนินงาน โดยใช้เงินทุนของบริษัทที่รับสัมปทาน ซึ่งโดยมากมาจากเงินทุน (Equity contribution) และเงินกู้ยืม (Debt contribution) ซึ่งในระหว่างการดำเนินงานอาจมีการจัดสรรรายได้ระหว่างรัฐและเอกชน และเมื่อสิ้นสุดสัญญาสัมปทานโครงการจะถูกโอนกรรมสิทธิ์ให้กรมเจ้าท่า ตัวอย่างของโครงสร้างของสัญญาแบบ BOT โดยทั่วไปเป็นดังแสดงใน**รูปที่** 2.8



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของสัญญาแบบ Build-Operate-Transfer หรือ BOT

(3) สัญญาแบบ Design-Build-Finance-Operate (DBFO)

สัญญาแบบ DBFO เป็นสัญญาที่เจ้าของงานให้บริษัทคู่สัญญาในการออกแบบ หาแหล่งเงินทุนเพื่อก่อสร้าง และดำเนินการ ตลอดจนบำรุงรักษาโครงการตลอดระยะเวลาของสัญญา ดังแสดงใน**รูปที่ 2.9**



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของสัญญาแบบ Design-Build-Finance-Operate หรือ DBFO

2.5 Infrastructure Performance

2.5.1 Effectiveness and Efficiency

National Council on Public Works Improvement (NCPWI) ได้นิยาม “Infrastructure performance” ไว้ดังนี้

> “the degree to which infrastructure provides the services that the community expects of that infrastructure, and communities may choose to measure performance in terms of specific indicators reflecting their own objectives.”

ซึ่งสมรรถนะหรือผลการดำเนินงานของโครงสร้างพื้นฐานอาจวัดในเชิงของความมีประสิทธิผล ความน่าเชื่อถือ และต้นทุนของการให้บริการ (*effectiveness*, *reliability*, and *cost)* ซึ่งดัชนีที่ใช้ในการวัดผลการดำเนินงานของโครงสร้างพื้นฐานสำหรับเจ้าของโครงการมักจะพิจารณาในแง่ของความมีประสิทธิผล (Effectiveness) และประสิทธิภาพ (Efficiency) ของการให้บริการเทียบกับเป้าหมายของ

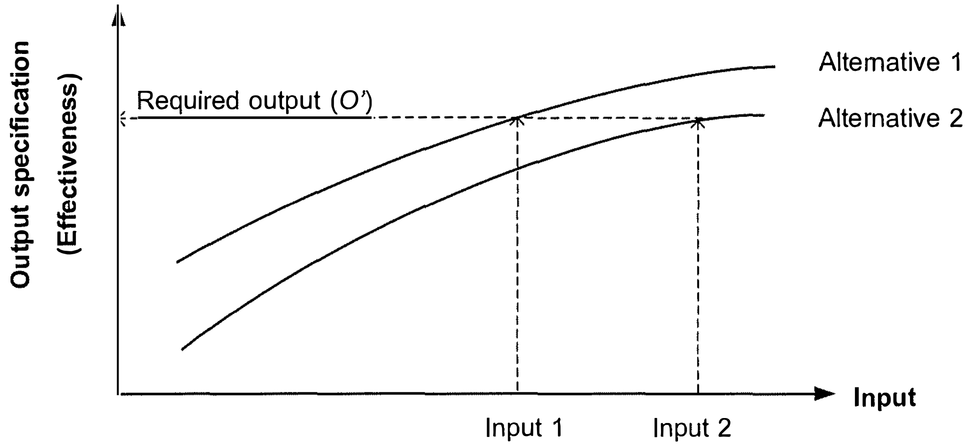
โครงการ (Liu *et al.*, 2014) หากโครงการมีผลการดำเนินงานมากกว่าค่าเป้าหมายที่คาดหวังของผู้ใช้บริการหรือชุมชนที่โครงสร้างพื้นฐานให้บริการ และมีต้นทุนที่ยอมรับได้ ก็ถือว่าโครงสร้างพื้นฐานนั้น ๆ มีผลการดำเนินงานที่ดี (Performing well)

โครงการโครงสร้างพื้นฐานที่เป็นการร่วมลงทุน (PPP) มีหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้อง (Multiple parties) ซึ่งส่งผลต่อความซับซ้อนของการพัฒนาโครงการและการประเมินผลการดำเนินงานอีกด้วย นักวิจัยหลายคนที่ผ่านมา เช่น Liu *et al.* (2014) จึงได้พยามเสนอกรอบการวัดผลการดำเนินงานของโครงสร้างพื้นฐานที่มีพลวัตเปลี่ยนแปลงตามอายุโครงการ (Dynamic life-cycle performance measurement framework) สำหรับโครงการครงสร้างพื้นฐานแบบ PPP โดยนำเสนอการประเมินผลการดำเนินงานเป็น "performance prism" จำแนกตามผู้ที่เกี่ยวข้อง (Stakeholders) เช่น เจ้าของโครงการ ผู้ใช้งาน ชุมชน เป็นต้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ต้องการเน้นการศึกษาเฉพาะเจ้าของโครงการที่เป็นหน่วยงานของรัฐ และเอกชนที่ได้รับสิทธิในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานแทนรัฐ (Project sponsor)

2.5.2 Cost-Effectiveness

ต้นทุนของประสิทธิผล (Cost-effectiveness) ของโครงการคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่ายในการจัดหาหรือให้บริการต่อหน่วยผลผลิตที่โครงการต้องการ ซึ่งนิยมใช้ในการประเมินสมรรถนะ (Performance) ของโครงการโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่ง นักวิจัยบางคน เช่น Cruz and Marques (2013) ยังเชื่อว่าไม่ว่าโครงการโครงสร้างพื้นฐานจะถูกพัฒนาโดยใคร (เอกชน หรือ รัฐ) ปริมาณผลผลิต (Output) ของโครงการก็ไม่ควรจะแตกต่างกัน นั่นคือ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานได้ตอบโจทย์ของการตัดสินใจลงทุนเพื่อให้บริการกับประชาชนในระดับของการให้บริการที่ได้ออกแบบไว้ (Designed level of service) ดังนั้น เมื่อผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับอยู่ในระดับปริมาณเดียวกัน สิ่งที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ระหว่างการพัฒนาโดยรัฐและเอกชนก็คือ ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการให้บริการต่อหน่วยนั่นเอง หากประเมิน ณ ระดับการให้บริการที่เท่ากัน (same level of services or outputs) แล้วนำเฉพาะต้นทุนค่าใช้จ่ายมาเปรียบเทียบกัน ก็จะสามารถประเมินสมรรถนะของการพัฒนาโครงการระหว่างหน่วยงานที่ต่างกันได้ เช่น หน่วยงานของรัฐและเอกชน เป็นต้น (ดังแสดงในรูปที่ 2.10) แต่เนื่องจากโครงการที่เปรียบเทียบอาจมีความแตกต่างกันในหลายปัจจัย เช่น

ตำแหน่งทำเลที่ตั้งโครงการ โครงสร้างขององค์การ เป็นต้น ซึ่งโครงการโครงสร้างพื้นฐานก็เหมือนกับโครงการอื่นทั่ว ๆ ไป ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ (Uniqueness) ไม่มีโครงการใดเหมือนกันทุกอย่าง ทำให้การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างรัฐและเอกชนในการศึกษานี้ย่อมมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของการศึกษานี้



รูปที่ 2.10 ประสิทธิผลและประสิทธิภาพของการจัดหาโครงสร้างพื้นฐานในแต่และแนวทาง (แนวทางการพัฒนาเองโดยรัฐ และแนวทางการให้เอกชนพัฒนาแทน)

จากรูปที่ 2.10 แนวทางการพัฒนาแบบที่ 1 (*Alternative 1*) มีค่าใช้จ่าย (Input) น้อยกว่าแนวทางการพัฒนาแบบที่ 2 (*Alternative 2*) เพื่อให้ได้ผลผลิตในระดับเดียวกัน (Required output, *O'*) นั่นหมายถึงประสิทธิภาพ (Efficiency) ของการพัฒนาโครงการในแบบที่ 1 มากกว่าในแบบที่ 2 หลักการนี้สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดำเนินงานระหว่างโครงการของรัฐและเอกชนได้

2.6 ค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุโครงการโครงสร้างพื้นฐาน

แนวคิดของการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุโครงการเริ่มนำมาใช้ในทางปฏิบัติโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกาในช่วงประมาณปี ค.ศ. 1960-70 (Sherif and Kolarik 1981) โดย

Sherif และ Kolarik (1981) ได้นิยามความหมายของ "ต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุโครงการ" (Life cycle costing, LCC) ว่าเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่รวมต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากโครงการตั้งแต่เริ่มการพัฒนาจนกระทั่งสิ้นสุดอายุการใช้งานซึ่งอาจมีต้นทุนในการรื้อทำลาย (Cost of disposal) ส่วน ACSE (2014) นิยามความหมายของ Life cycle cost analysis (LCCA) ว่าเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของโครงการตลอดช่วงอายุโครงการ ซึ่งสอดคล้องคล้ายคลึงกับที่ Sherif และ Kolarik (1981) ได้นิยามไว้ ซึ่งการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการมีประโยชน์กับเจ้าของโครงการในการเปรียบเทียบเพื่อหาแนวทางการพัฒนาโครงการที่ให้ผลลัพธ์ที่ต้องการและมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด (Life cycle cost 2012) สำหรับเนื้อหารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการประเมินต้นทุนตลอดช่วงอายุโครงการ ปัจจุบันมีบทความที่ได้รวบรวมสรุปงานเอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วในหลายบทความ เช่น Fwa และ Sinha (1991), Ravirala และ Grivas (1995) และ Sherif และ Kolarik (1981) เป็นต้น ผู้อ่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากบทความที่ได้กล่าวมา หรือบทความอื่นที่เกี่ยวข้องได้

ต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการพัฒนาโครงการในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งอาจมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของต้นทุนในชาวงเวลาถัดไปของโครงการ ยกตัวอย่างเช่น ในช่วงการก่อสร้าง หากการออกแบบก่อสร้างใช้วัสดุหรือวิธีการก่อสร้างที่มีมาตรฐานสูงเพื่อยืดระยะเวลาการใช้งานโครงการ หรือเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงในช่วงการใช้งาน ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างก็ย่อมสูงขึ้นจากคุณภาพที่สูงขึ้นของการออกแบบและก่อสร้าง แต่ต้นทุนที่สูงขึ้นอาจมีความคุ้มค่าเนื่องจากค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาที่ลดลงในอนาคต หรือประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นจากอายุโครงการที่ยาวนานกว่าปกติ ซึ่งสมมติฐานของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของการก่อสร้างกับต้นทุนในการก่อสร้างมีการศึกษาอย่างกว้างขวางและเป็นที่ยอมรับทางวิชาการ (Kunishima และ Shoji 1996; Kuprenas 2008; Rosenfeld 2009) นอกจากนี้แล้ว ระดับการใช้งานของโครงการ (Actual level of service) ก็ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและดูแลรักษา กระนั้นก็ตามหากกำหนดให้โครงการมีระดับปริมาณการให้บริการเท่ากัน ต้นทุนการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการบำรุงดูแลรักษาควรมีความสัมพันธ์เชิงลบ (Negative correlation)

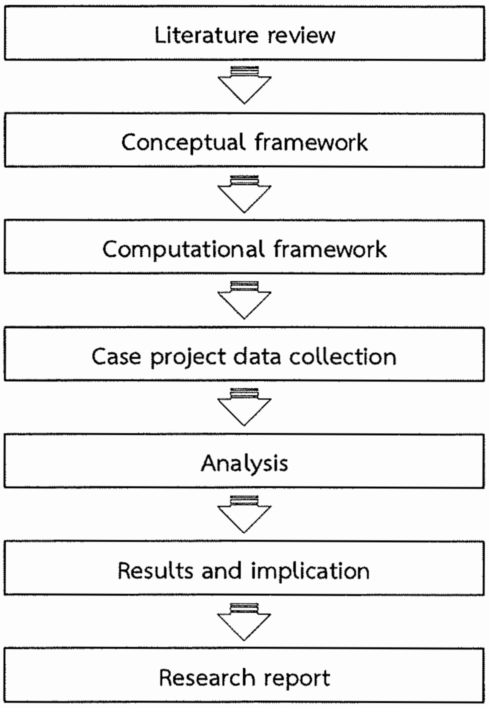
บทที่ 3

วิธีการศึกษา

ในบทนี้เป็นการนำเสนอขั้นตอนการศึกษาของโครงการอย่างละเอียด โดยเฉพาะรูปแบบกรอบการคำนวณของงานวิจัยนี้ จากนั้นจึงนำเสนอข้อมูลของโครงการศึกษาตัวอย่างที่งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล ส่วนข้อมูลที่ได้และผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินการและดูแลรักษาจะนำเสนอในบทที่ 4 ต่อไป

3.1 ขั้นตอนในการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษาแสดงได้ดังรูปที่ 3.1

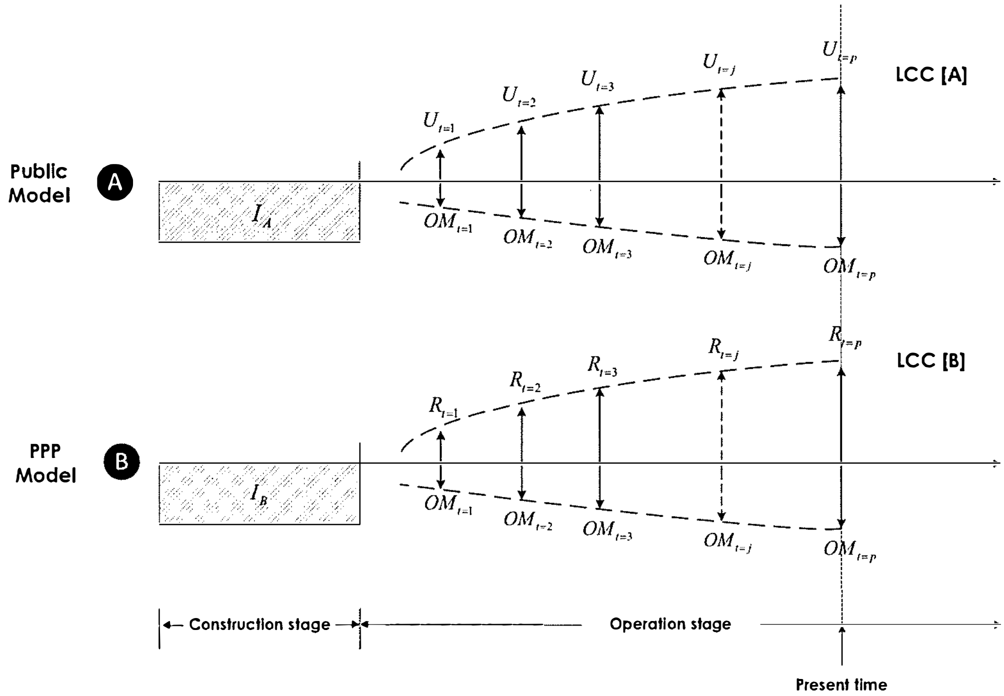


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการศึกษา

จากรูปที่ 3.1 งานวิจัยนี้เริ่มจากการกำหนดปัญหาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีตที่ผ่านมา (Literature review) จากนั้นจึงกำหนดกรอบแนวความคิด (Conceptual framework) ซึ่งเมื่อได้กรอบแนวความคิดแล้วจึงสร้างกรอบการคำนวณเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากโครงการศึกษาตัวอย่าง (Project case study) จากนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการเขียนรายงานสรุปผลการศึกษา

3.2 กรอบแนวคิดเชิงคำนวณ (Computational framework)

กรอบการคำนวณ (Computational framework) สำหรับการประเมินต้นทุนโครงการตลอดอายุของโครงการรัฐ (Public model) และโครงการร่วมทุนระหว่างรัฐและเอกชน (PPP model) สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2. กรอบการคำนวณเพื่อประเมินต้นทุนตลอดอายุโครงการระหว่างโครงการรัฐ (Public model) และโครงการร่วมทุนระหว่างรัฐและเอกชน (PPP model)

จากรูปที่ 3.2 เพื่อให้การเปรียบเทียบต้นทุนได้อย่างถูกต้องตามหลักมูลค่าเงินตามเวลา ต้นทุนของโครงการรัฐ (Project A) ที่เกิดขึ้นในแต่ละปีที่ผ่านมาจำเป็นจะต้องปรับให้เป็นมูลค่าเงินปัจจุบัน โดยใช้อัตราเงินเฟ้อเป็นค่าในการปรับมูลค่า เช่นเดียวกัน โครงการ PPP ที่ต้องการเปรียบเทียบก็จะต้องปรับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละปีที่ผ่านมาด้วยอัตราเงินเฟ้อ

สำหรับสมการคำนวณต้นทุนสะสมของโครงการ A ตั้งแต่เริ่มต้นถึงปัจจุบัน ($LCC[A]$) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$LCC[A] = \frac{I_A \times (1+i_f)^{t=p}}{L_A \times n_{l,A}} + \frac{\sum_{t=1}^{t=p} OM_{A,t}(1+i_f)^{p-t}}{L_A \times n_{l,A}} \qquad (3.1)$$

โดย I_A คือ มูลค่าเงินลงทุนเริ่มต้นของโครงการ (initial investment of the project)

i_f คือ อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยต่อปีในช่วงประเมิน

L_A คือ ระยะทางของโครงการ (กิโลเมตร)

$n_{l,A}$ คือ จำนวนช่องจราจร

$OM_{A,t}$ คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและดูแลรักษาของโครงการ A ในปีที่ t

p คือ จำนวนปีตั้งแต่เริ่มดำเนินการ

ในทำนองเดียวกัน ต้นทุนสะสมของโครงการ B ตั้งแต่เริ่มต้นถึงปัจจุบัน ($LCC[B]$) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$LCC[B] = \frac{I_B \times (1+i_f)^{t=p}}{L_B \times n_{l,B}} + \frac{\sum_{t=1}^{t=p} OM_{B,t}(1+i_f)^{p-t}}{L_B \times n_{l,B}} \tag{3.2}$$

จากนั้นคำนวณต้นทุนในการดำเนินงานและดูแลรักษาเฉลี่ยต่อปีต่อช่องจราจรต่อความยาว (กิโลเมตร-เลน) ได้ดังนี้

$$C_{OM} = \frac{\sum_{t=1}^{t=p} OM_{B,t}(1+i_f)^{p-t}}{p \times (L_B \times n_{l,B})} \tag{3.3}$$

3.3 การเก็บข้อมูลโครงการ

โครงการตัวอย่างที่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจำแนกตามประเภทของโครงการ ได้แก่

โครงการของรัฐ มี 2 โครงการ คือ

(1) โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7

(2) โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9

ส่วนโครงการเป็นการร่วมลงทุนระหว่างรัฐและเอกชน (PPP) มี 4 โครงการ ได้แก่

(1) โครงการทางยกระดับดอนเมือง

(2) โครงการทางพิเศษศรีรัช (โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

(3) โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน–ปากเกร็ด)

(4) โครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอก ฯ

ข้อมูลเบื้องต้นของโครงการที่ได้ศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

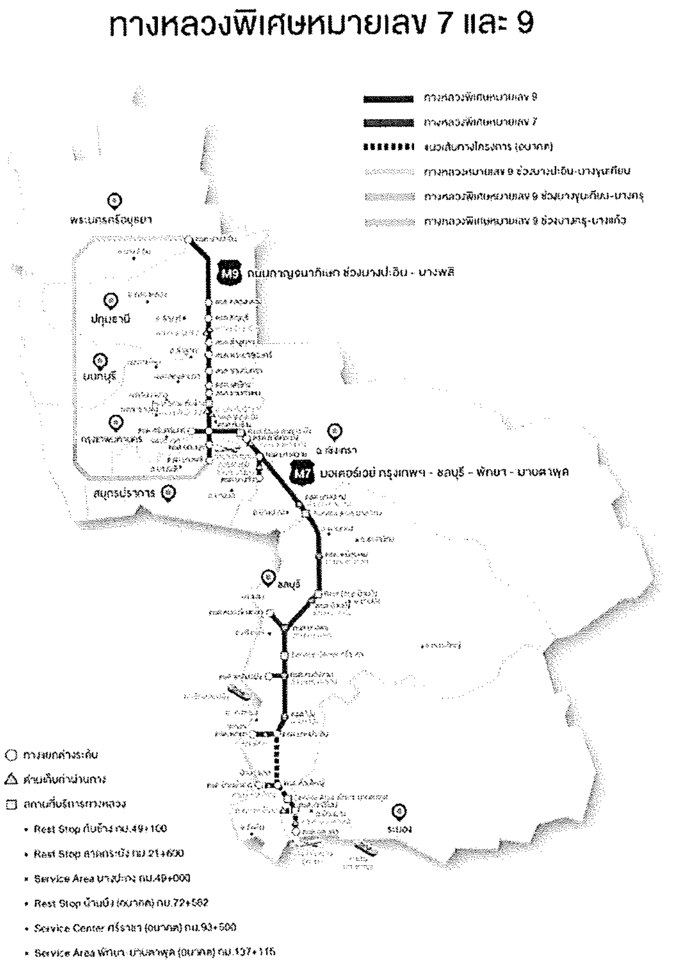
3.3.1 โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7

คือ เส้นทางกรุงเทพฯ-ชลบุรี-พัทยา สายใหม่ (มอเตอร์เวย์) ระยะทาง 82 กิโลเมตร เปิดใช้งานเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2541 มีด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง 9 ด่าน คือ ด่านลาดกระบัง ด่านบางบ่อ ด่านบางปะกง ด่านพนัสนิคม ด่านบ้านบึง ด่านบางพระ ด่านหนองขาม ด่านโป่ง และ ด่านพัทยา

3.3.2 โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9

เส้นทางสายวงแหวนรอบนอกด้านตะวันออก (ตอนบางปะอิน-บางพลี) ระยะทาง 64 กิโลเมตร เปิดใช้งานเมื่อวันที่ 16 มกราคม 2542 มีด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง 4 ด่าน คือ ด่านธัญบุรี 1 ด่านธัญบุรี 2 ด่านทับช้าง 1 และ ด่านทับช้าง 2

ทั้ง 2 เส้นทาง (มอเตอร์เวย์ หมายเลข 7 และ 9) เป็นทางหลวงพิเศษที่มีการควบคุมทางเข้า – ออก แบบสมบูรณ์ (Full Control of Access) โดยกั้นรั้วถาวรตลอดแนวทาง เป็นทางหลวงที่เก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางในระบบเปิด (Opened System) เป็นระบบที่มีด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง ณ จุดทางเข้าสู่ระบบหรือจะ ตั้งบนทางหลักของทางหลวงพิเศษ (Barrier Type) เป็นช่วง ๆ ซึ่งทั้งสองแบบผู้ใช้ทางจะต้องจ่ายค่าธรรมเนียมผ่านทางทุกครั้งที่ผ่านด่านฯ ในอัตราที่กำหนด รูปที่ 3.3 แสดงแนวเส้นทางของทั้ง 2 เส้นทาง



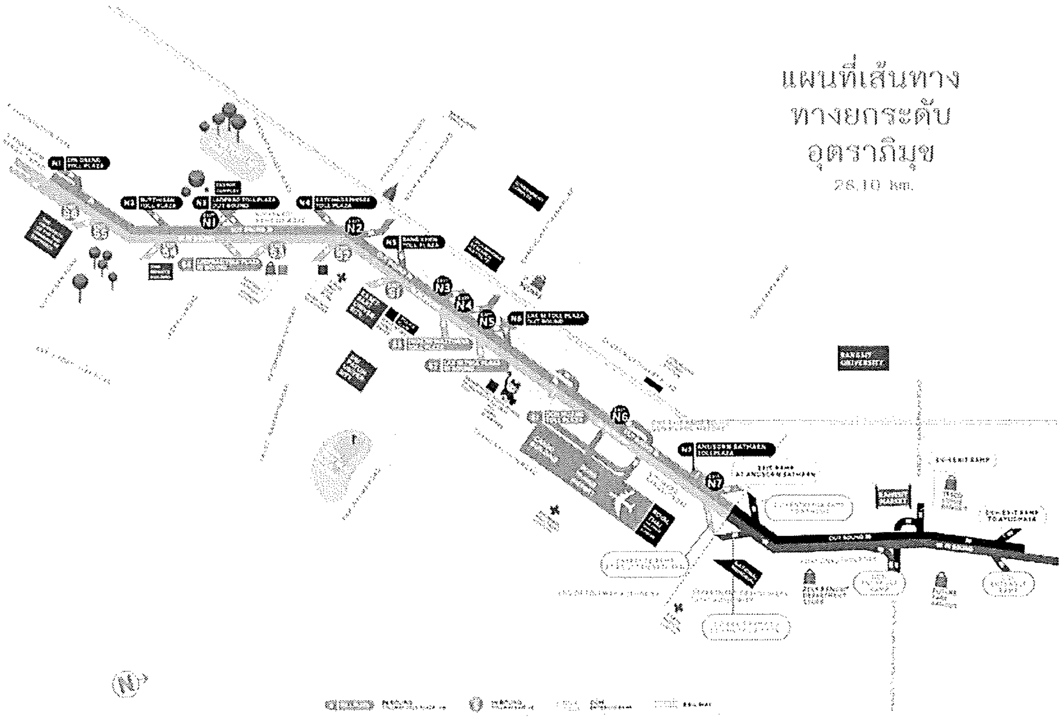
รูปที่ 3.3 แผนที่ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และหมายเลข 9

(ที่มา: กองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง, 2561)

3.3.3 โครงการทางยกระดับดอนเมือง

ทางยกระดับอุตราภิมุขหรือดอนเมืองโทล์เวย์หรือทางยกระดับดอนเมือง ได้รับสัมปทานตั้งแต่วันที่ 16 พฤษภาคม 2534 และเริ่มเปิดใช้งาน (ส่วนเดิม) ในวันที่ 14 ธันวาคม 2537 และ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2541 สำหรับส่วนขยาย โดยมีระยะทางรวม 28 กิโลเมตร ส่วนเดิม เริ่มต้นจากดินแดง สิ้นสุดที่ท่า

อากาศยานดอนเมือง มีระยะทาง 15.4 กิโลเมตร และทางยกระดับดอนเมืองส่วนต่อขยาย เริ่มตั้งแต่ท่าอากาศยานดอนเมือง ถึง อนุสรณ์สถานแห่งชาติ ระยะทาง 5.6 กิโลเมตร โดยในส่วนเดิมและส่วนขยายมีระยะทางรวม 21 กิโลเมตร มีการบริหารจัดการโครงการโดย บริษัท ทางยกระดับดอนเมือง จำกัด และส่วนขยายทางด้านทิศเหนือ อีกประมาณ 7 กิโลเมตร (จากอนุสรณ์สถานแห่งชาติถึงรังสิต) อยู่ในการบริหารจัดการโดยกรมทางหลวง โดยทั้งหมดสร้างเป็นทางยกระดับเหนือถนนวิภาวดีรังสิตมีความสูง 14 เมตรพร้อมทางขึ้น 15 จุด และทางลง 16 จุด ในฝั่งขาเข้าและขาออก (รังสิตถึงดินแดง และดินแดงถึงรังสิต) และมีด่านเก็บค่าผ่านทางรวมทั้งหมด 14 ด่าน โดยโครงงานศึกษานี้จะศึกษาเฉพาะส่วนที่ บริษัท ทางยกระดับดอนเมือง ได้ให้บริการเท่านั้น(ส่วนเดิม+ส่วนต่อขยาย มีระยะทางรวมประมาณ 21 กิโลเมตร แนวเส้นทางของโครงการทางยกระดับดอนเมือง เป็นดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนที่เส้นทางโครงการทางยกระดับดอนเมือง

(ที่มา: รายงานประจำปี)

3.3.4 โครงการทางพิเศษศรีรัช (โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

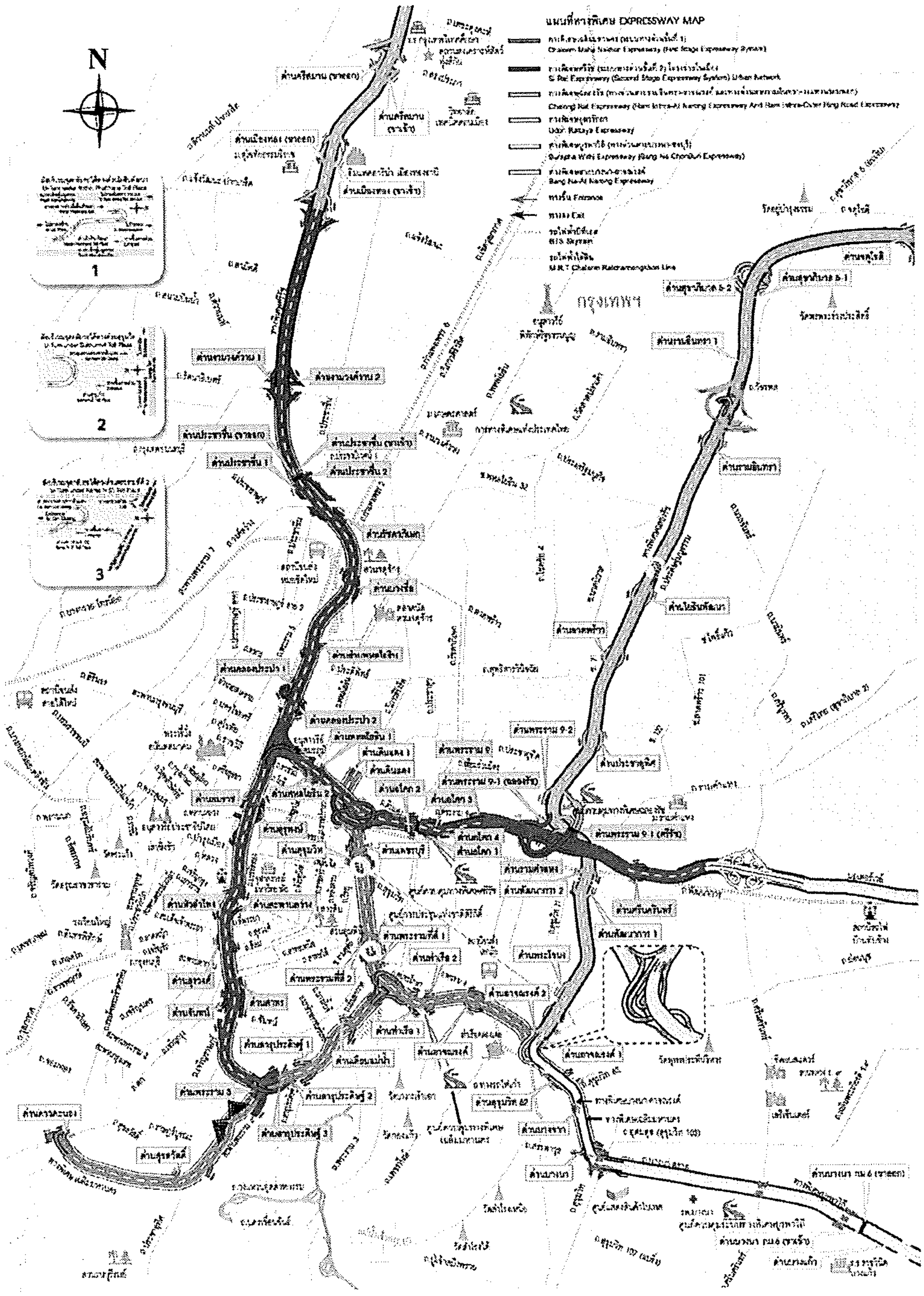
โครงการทางพิเศษศรีรัช (โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2) มีขนาด 6 ช่องจราจรและการก่อสร้างแบ่งออกเป็น 4 ส่วน (ดังแสดงในรูปที่ 3.5) ดังนี้

- ส่วน A เริ่มต้นที่ถนนรัชดาภิเษก ผ่านบริเวณทางแยกต่างระดับพญาไท (โรงกรองน้ำสามเสน) สิ้นสุดแนวสายทางที่ถนนพระราม 9 ระยะทาง 12.4 กม. เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2536

- ส่วน B เชื่อมต่อกับส่วน A เริ่มจากจุดเชื่อมต่อบริเวณทางแยกต่างระดับพญาไท (โรงกรองน้ำสามเสน) ผ่านถนนศรีอยุธยา สิ้นสุดแนวสายทางที่บริเวณบางโคล่ ระยะทาง 9.4 กม. และยังประกอบด้วยถนนรวมและกระจายการจราจร (Collector/Distributor Road: C/D Road) ที่จะดำเนินการก่อสร้างจากอุรุพงษ์ ไปถึงถนนราชดำริโดยมีแนวสายทางช่วงต้นคร่อมคลองมหานาค ระยะทาง 2 กม. รวมระยะทาง 11.4 กม. เปิดให้บริการ ส่วน B สายหลักแล้วเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2539

- ส่วน C เชื่อมต่อกับส่วน A บริเวณถนนรัชดาภิเษก ผ่านถนนประชาชื่น มุ่งไปทางทิศเหนือ สิ้นสุดที่ถนนแจ้งวัฒนะ เป็นทางพิเศษเขตนอกเมือง ระยะทาง 8 กม. เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2536

- ส่วน D เชื่อมต่อกับส่วน A บริเวณถนนพระราม 9 ไปทางทิศตะวันออก สิ้นสุดที่บริเวณถนนศรีนครินทร์ เป็นทางพิเศษเขตนอกเมือง ระยะทาง 8.6 กม. เปิดให้บริการส่วนที่ 1 (ด่านอโศก-คลองแสนแสบใกล้ ถนนรามคำแหง) เมื่อวันที่ 5 ธันวาคม 2541 และส่วนที่ 2 (คลองแสนแสบ-ทางต่างระดับถนนศรีนครินทร์) เมื่อวันที่ 4 มีนาคม 2543



รูปที่ 3.5 แผนที่เส้นทางโครงการทางพิเศษศรีรัช (ทางด่วนขั้นที่ 2)

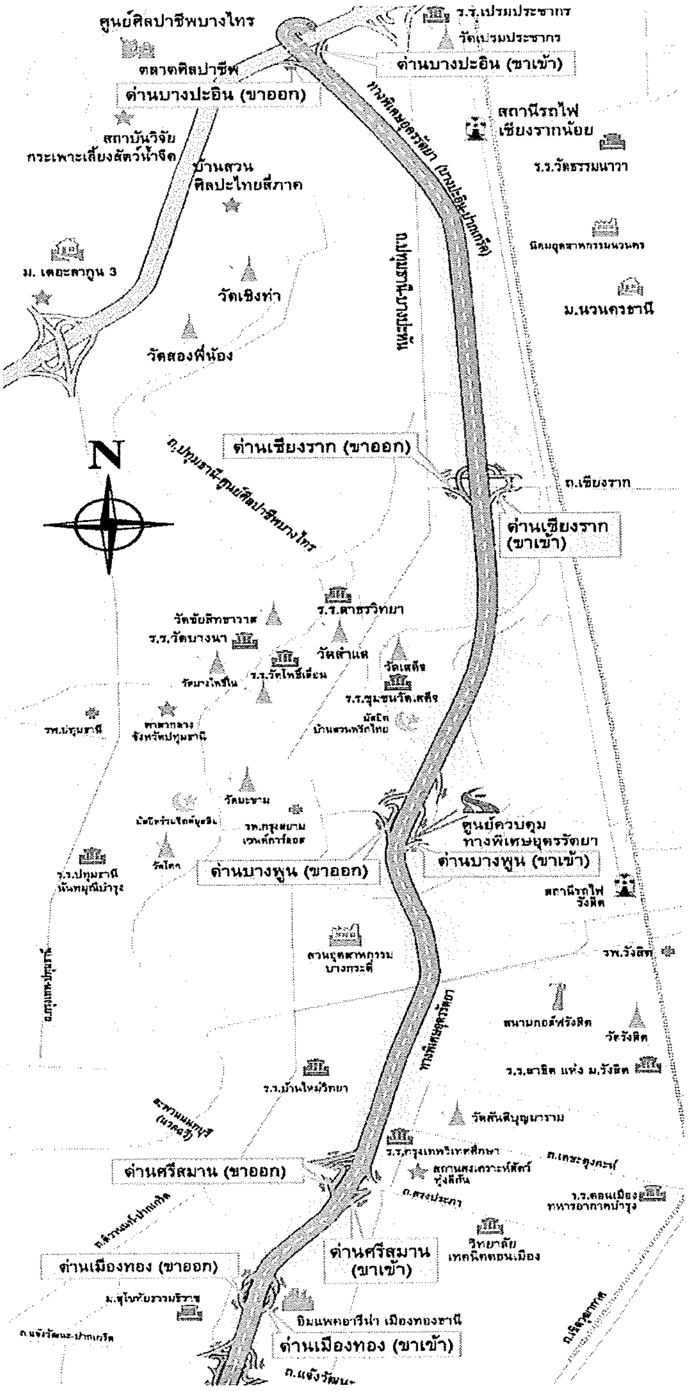
(ที่มา: รายงานประจำปี)

3.3.5 โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน–ปากเกร็ด)

ทางพิเศษอุดรรัถยามีขนาด 4 ช่องจราจร มีทั้งส่วนที่เป็นทางยกระดับและส่วนที่เป็นระดับดิน เป็นทางพิเศษอุดรรัถยาเชื่อมต่อจากทางพิเศษศรีรัช ส่วน C โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับการแข่งขันกีฬาเอเชี่ยนเกมส์ ครั้งที่ 13 อีกทั้งทำให้ระบบโครงข่ายของถนนและทางพิเศษในพื้นที่กรุงเทพมหานครตอนบนสมบูรณ์ขึ้น เพราะทางพิเศษอุดรรัถยา จะทำหน้าที่เป็นทางพิเศษแนวรัศมีรับปริมาณการจราจรจากใจกลางเมือง มาเชื่อมกับถนนวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานครด้านตะวันตกของกรมทางหลวง และ ยังสามารถช่วยระบายการจราจรบนถนนสายหลัก เช่นถนนแจ้งวัฒนะ ถนนวิภาวดีรังสิต และถนนสายต่าง ๆ ของกรมทางหลวง มีระยะทาง 32 กิโลเมตร และมีระยะทางระดับดินทั้งสิ้น 7.5+10 เท่ากับ 17.5 กิโลเมตร และทางยกระดับรวม 14.5 กิโลเมตร แบ่งการก่อสร้างออกเป็น 2 ระยะ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ดังนี้

ระยะที่ 1 แจ้งวัฒนะ-เชียงราก ระยะทางประมาณ 22 กม. เริ่มต้นจากจุดเชื่อมต่อกับทางพิเศษศรีรัช บริเวณถนนแจ้งวัฒนะไปถึงบางพูน ก่อสร้างเป็นทางยกระดับขนาด 4 ช่องจราจร และจากบางพูน-เชียงราก เป็นทางระดับดินขนาด 4 ช่องจราจร (ระยะทางประมาณ 20 กม.) และก่อสร้างเป็นทางยกระดับ ขนาด 4 ช่องจราจร จากเชียงรากไปในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) (ระยะทางประมาณ 2 กม.) ก่อสร้างแล้วเสร็จ เดือนตุลาคม 2541 เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2541

ระยะที่ 2 เชียงราก-บางไทร ระยะทางประมาณ 10 กม. เชื่อมต่อกับระยะที่ 1 ที่เชียงราก และมีแนวสายทางมุ่งไปทางทิศเหนือ ไปสิ้นสุดที่ถนนวงแหวนรอบนอกฝั่งตะวันตกของกรมทางหลวงในเขตอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยาก่อสร้างเป็นทางระดับดินขนาด 4 ช่องจราจร เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2542 (เปิดให้บริการทางออกถนนวงแหวนรอบนอกฝั่งตะวันตก เมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2542)

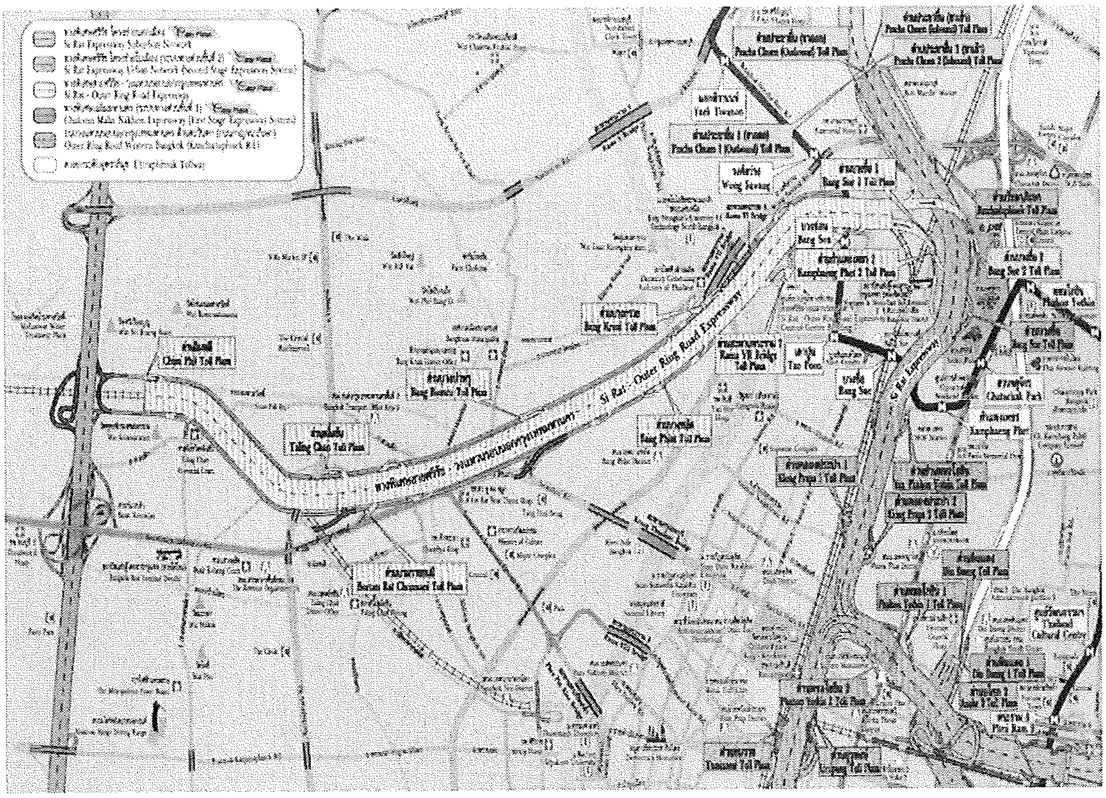


รูปที่ 3.6 แผนที่เส้นทางโครงการทางพิเศษอุดรรัถยา(ทางด่วนสายบางปะอิน–ปากเกร็ด)

(ที่มา: รายงานประจำปี)

3.3.6 โครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอก ฯ

โครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯเป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร ระยะทางรวมประมาณ 16.7 กิโลเมตร ใช้เทคโนโลยีการก่อสร้างระบบคานรูปตัดเหลี่ยมกลวง (Segment box girder) โดยโครงการนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อขยายโครงข่ายของทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลในทางทิศตะวันตก เพื่อแบ่งเบาปริมาณจราจรระดับดินและระบายการจราจรทางด้านทิศตะวันตก ระหว่างกรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร แนวสายทางเริ่มต้นที่ทางพิเศษศรีรัช โดยมีจุดเชื่อมต่อกับทางพิเศษศรีรัชบริเวณด้านเหนือของสถานีขนส่งสายเหนือ (หมอชิต 2)จากนั้นแนวสายทางจะไปทางทิศตะวันตก โดยใช้พื้นที่เขตทางรถไฟสายตะวันตก (สายใต้เดิม) ตั้งแต่บริเวณบางซื่อและข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสะพานพระราม 6 หลังจากนั้นแนวสายทางยังคงไปตามเขตทางรถไฟ โดยขนานไปกับถนนบรมราชชนนี จนถึงถนนวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร (ด้านตะวันตก) เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2559 รูปที่ **3.7** แสดงแนวเส้นทางของโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอก ฯ



รูปที่ 3.7 แผนที่เส้นทางโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ (สีชมพูอ่อน)

(ที่มา: รายงานประจำปี)

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการศึกษา

โครงการวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากโครงการโครงสร้างพื้นฐานของรัฐ (Public infrastructure) และของที่เป็นการร่วมลงทุนระหว่างรัฐและเอกชน (PPP infrastructure) โดยโครงการของรัฐได้แก่ (1) โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ (2) โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 ส่วนโครงการเป็นการร่วมลงทุนระหว่างรัฐและเอกชน (PPP) มี 4 โครงการ ได้แก่ (1) โครงการทางยกระดับดอนเมือง (2) โครงการทางพิเศษศรีรัช (โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2) (3) โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน–ปากเกร็ด) และ (4) โครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอก ฯ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ผลการวิเคราะห์เป็นดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7

4.1.1 งบประมาณก่อสร้าง

การวิเคราะห์งบประมาณการก่อสร้างนั้น จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนการก่อสร้างตั้งแต่ปี 2537 ถึงปี 2561 โดยใช้ข้อมูลงบประมาณโครงการที่ได้จากกรมทางหลวง และปรับมูลค่าค่าก่อสร้างตามอัตราเงินเฟ้อ โดยให้ปี 2560 เป็นปีฐานสำหรับการคิดมูลค่าปัจจุบัน (Present value) ตามตางราง ที่ ผ.1 ในภาคผนวก ข้อมูลสำคัญของโครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 เป็นดังแสดงใน **ตารางที่ 4.1**

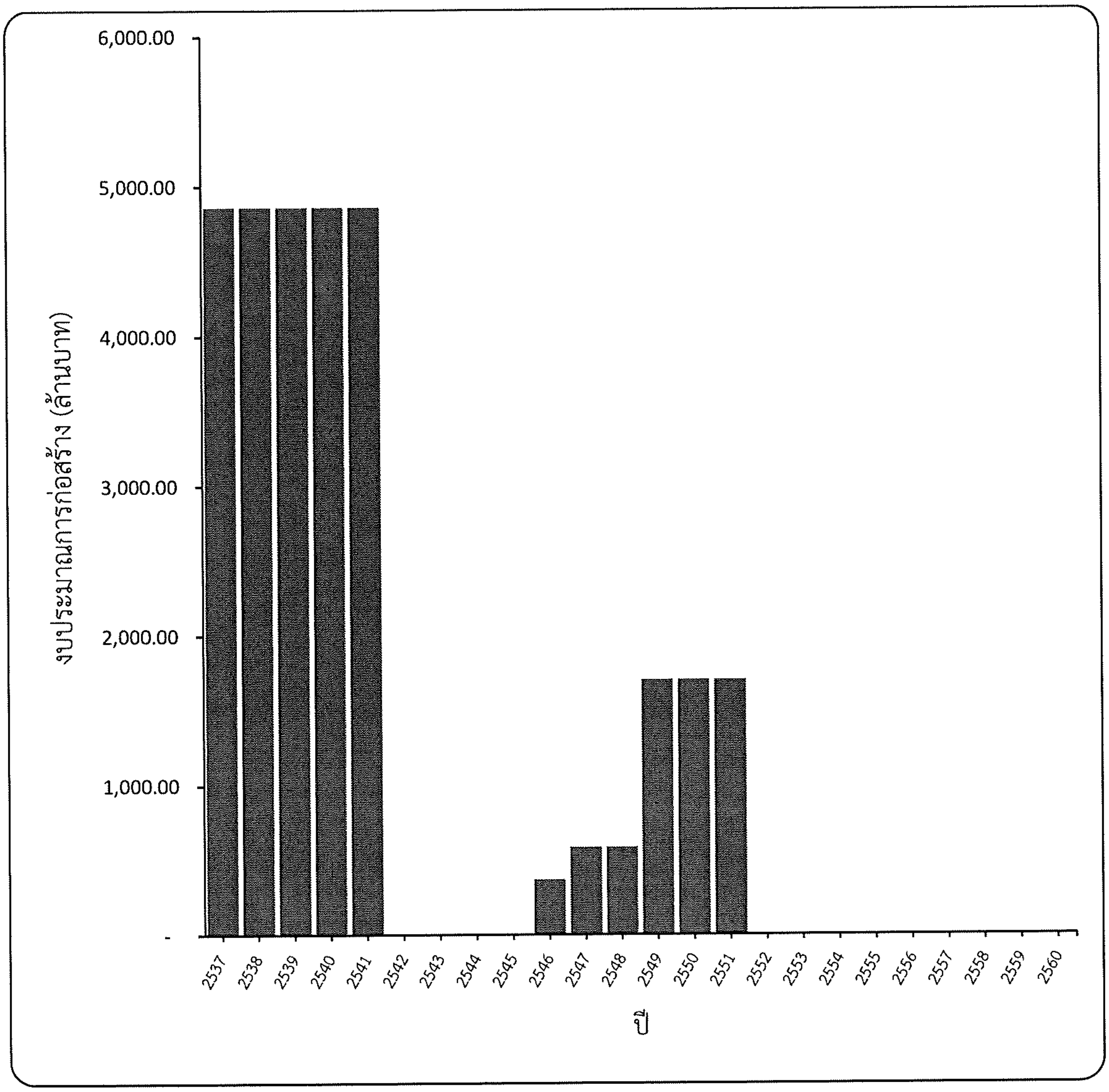
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลงบประมาณก่อสร้างสร้างทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7

ครั้งที่	ปี เริ่มต้น	ปี สิ้นสุด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	จำนวนช่องจราจร	ค่าก่อสร้าง (บาท)	ค่าก่อสร้างปรับตามอัตราเงินเฟ้อ (บาท)	ค่าก่อสร้างต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร (บาท)
1	2537	2541	78.872	4	12,953,215,074.30	*24,297,528,936.80*	*77,400,889.86*
2	2546	2548	13.200	8	533,684,235.11	*737,650,028.82*	*13,970,644.49*
3	2547	2548	2.600	8	160,751,306.25	*216,346,591.18*	*20,802,556.84*
4	2549	2551	62.718	8	2,767,090,000.00	*3,403,735,927.60*	*13,567,619.85*

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.1 การก่อสร้างครั้งที่ 1 มีค่าก่อสร้างต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรอยู่ที่ 77,400,889.86 บาท และการก่อสร้างครั้งที่ 2, 3 และ 4 เป็นการก่อสร้างเพื่อขยายช่องจราจรจากเดิม 4 ช่องจราจรเป็น 8 ช่องจราจร ค่าก่อสร้างต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรเฉลี่ยของการขยายช่องจราจรเท่ากับ 16,113,607.06 บาท

สำหรับต้นทุนก่อสร้างเฉลี่ยคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันคำนวณจากตารางที่ 4.1 ได้ประมาณ 45.42 ล้านบาท/กม.-ช่องจราจร

เมื่อนำค่าก่อสร้างที่ปรับตามอัตราเงินเฟ้อมาเฉลี่ยในปีก่อสร้างจะได้กราฟการใช้จ่ายงบประมาณรายปีดังแสดงในรูป**ที่ 4.1**



รูปที่ 4.1 ค่าก่อสร้างรายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 (ปี 2537 – 2560) เมื่อปรับด้วยอัตราเงินเฟ้อ

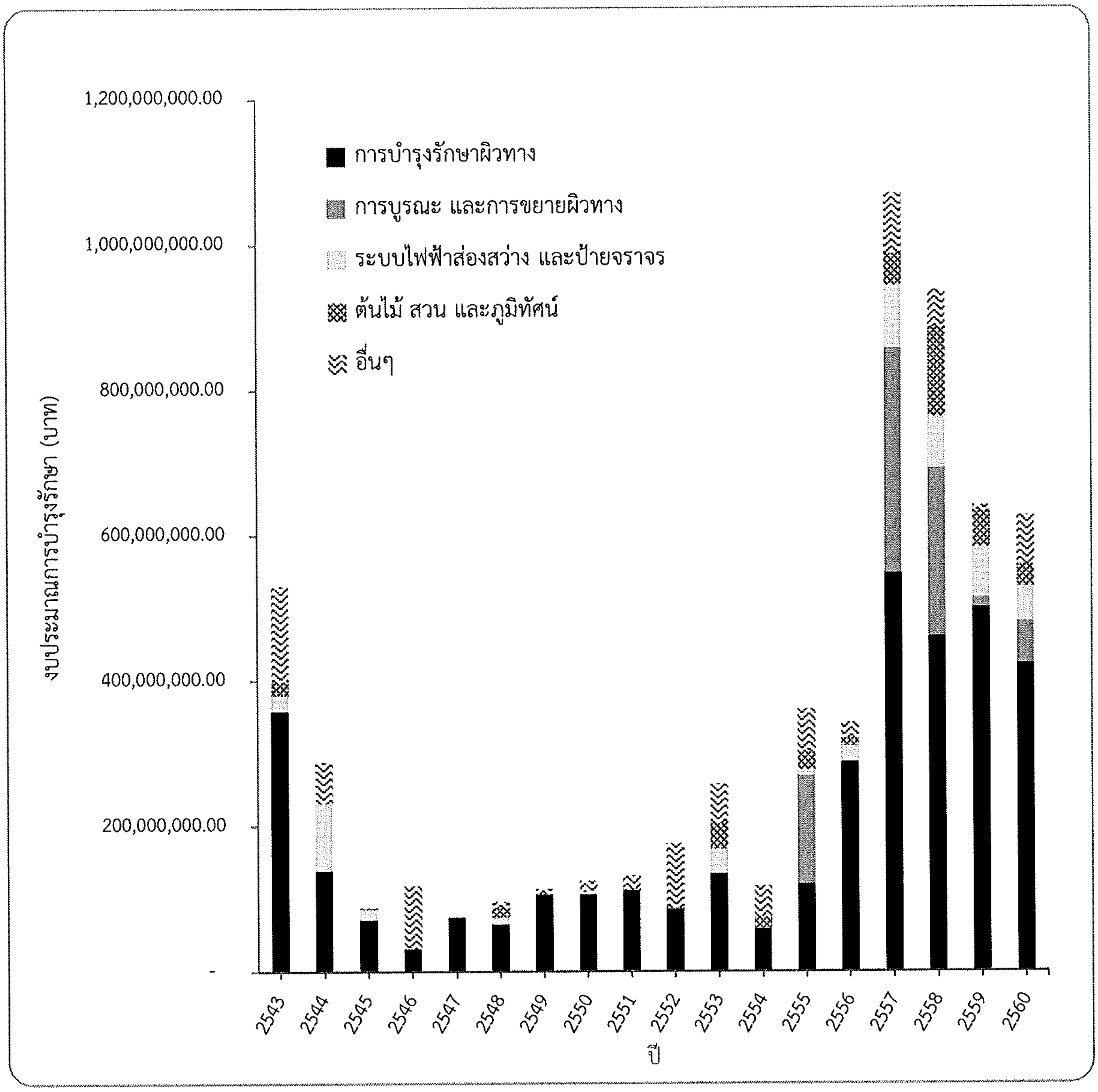
4.1.2 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

การวิเคราะห์งบค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษานั้น จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการบำรุงรักษา ตั้งแต่ปี 2543 ถึงปี 2561 โดยใช้ข้อมูลงบประมาณค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาที่ได้จากกรมทางหลวง และปรับตามอัตราเงินเฟ้อ โดยให้ปี 2560 เป็นปีปัจจุบัน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงใน **ตารางที่ 4.2** และแบ่งงบประมาณออกเป็น 5 กลุ่ม เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์ ดัง**รูปที่ 4.2**

ตารางที่ 4.2 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7

ปี	กม. เริ่มต้น	กม. สิ้นสุด	ระยะทาง 4 ช่องจราจร	ระยะทาง 8 ช่องจราจร	ค่าบำรุงรักษา (บาท)	ค่าบำรุงรักษาปรับตามอัตราเงินเฟ้อ (บาท)	ค่าบำรุงรักษาต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร (บาท)
2543	0.000	78.872	78.872	0.000	368,298,530.00	530,196,591.72	1,680,560.25
2544	0.000	78.872	78.872	0.000	204,144,567.00	289,255,126.37	916,849.85
2545	0.000	78.872	78.872	0.000	61,715,000.00	86,836,937.96	275,246.41
2546	0.000	78.872	78.872	0.000	84,753,861.00	117,145,465.23	371,315.12
2547	0.000	78.872	78.872	0.000	54,760,854.00	73,699,706.52	233,605.42
2548	0.000	78.872	62.472	16.400	74,236,724.00	95,608,841.14	250,883.89
2549	0.000	78.872	62.472	16.400	92,023,124.00	113,195,600.19	297,032.71
2550	0.000	78.872	62.472	16.400	196,329,050.00	236,070,383.39	619,464.23
2551	0.000	78.872	0	78.872	193,842,436.00	220,929,311.69	350,139.01
2552	0.000	78.872	0	78.872	239,557,480.50	275,512,027.61	436,644.23
2553	0.000	78.872	0	78.872	345,478,620.00	384,637,550.93	609,591.41
2554	0.000	78.872	0	78.872	218,179,980.00	234,017,345.46	370,881.53
2555	0.000	78.872	0	78.872	478,070,190.40	497,837,481.46	788,995.91
2556	0.000	78.872	0	78.872	471,420,650.00	480,345,396.52	761,273.64
2557	0.000	78.872	0	78.872	1,275,573,900.00	1,275,488,275.83	2,021,452.92

ปี	กม. เริ่มต้น	กม. สิ้นสุด	ระยะทาง 4 ช่องจราจร	ระยะทาง 8 ช่องจราจร	ค่าบำรุงรักษา (บาท)	ค่าบำรุงรักษาปรับตามอัตราเงินเฟ้อ (บาท)	ค่าบำรุงรักษาต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร (บาท)
2558	0.000	78.872	0	78.872	1,198,501,000.00	1,209,304,288.01	1,916,561.47
2559	0.000	78.872	0	78.872	1,004,579,500.00	1,011,611,556.50	1,603,248.87
2560	0.000	78.872	0	78.872	974,715,600.00	974,715,600.00	1,544,774.44



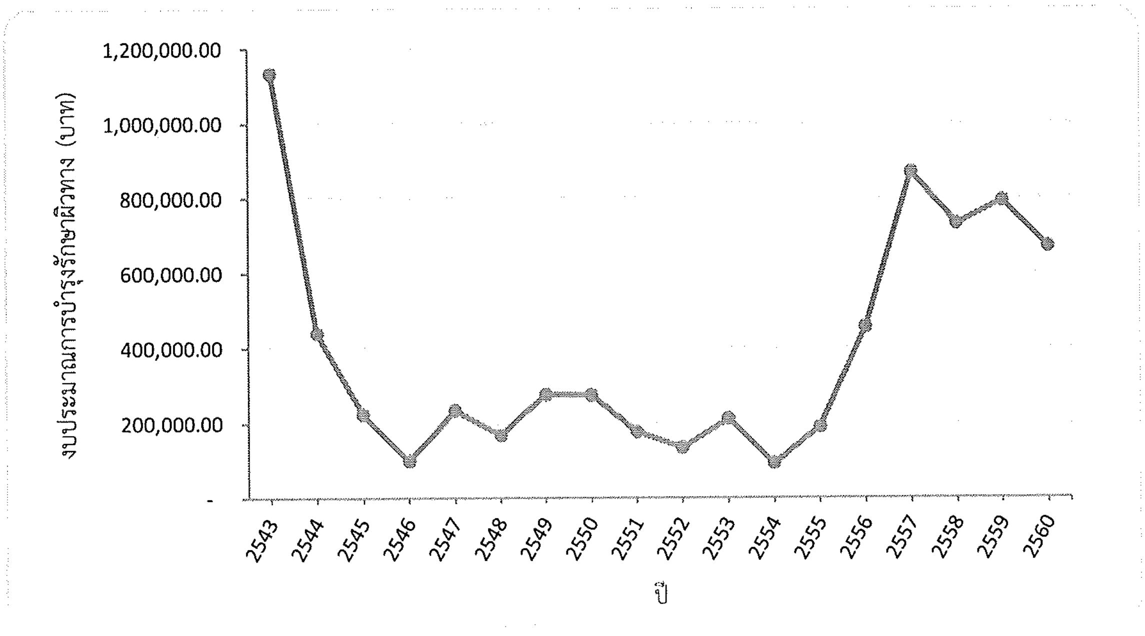
รูปที่ 4.2 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7

จาก**รูปที่ 4.2** ในช่วง 2 ปีแรกงบประมาณการบำรุงรักษามีแนวโน้มลดลงและเริ่มคงที่ไปจนถึงปี 2555 เกิดอุทกภัยขึ้น มีการบูรณะในช่วงที่ได้รับความเสียหาย และในปี 2557 มีการใช้จ่ายงบประมาณจำนวนมาก โดยมีงบประมาณการบูรณะผิวทางจำนวนมาก ซึ่งอาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของวัสดุผิวทางหรือครบรอบอายุการใช้งานผิวทาง จึงมีการใช้จ่ายงบประมาณเพื่อคืนสภาพผิวทางให้มีประสิทธิภาพที่ดีพร้อมใช้งาน และมีความปลอดภัยกับผู้ใช้ทาง

เมื่อนำผลการวิเคราะห์งบประมาณประเภทการบำรุงรักษาผิวทางต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรโดยตัดงบประมาณส่วนอื่นออก ดัง**รูปที่ 4.3** จะสามารถวิเคราะห์งบการบำรุงรักษาได้เป็น 2 ช่วงคือ

1. ช่วงปกติ (ปี 2545 ถึง 2555)
2. ช่วงการบูรณะในรอบอายุการใช้งานของถนน (ปี 2556 ถึง 2560)

โดยมีค่าเฉลี่ยของงบประมาณประเภทการบำรุงรักษาผิวทางต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรเป็น 207,463.54 และ765,202.54 บาทต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 : ค่าเฉลี่ยของงบประมาณประเภทการบำรุงรักษาผิวทางต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรรายปี

4.2 ผลการวิเคราะห์ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9

4.2.1 งบประมาณก่อสร้าง

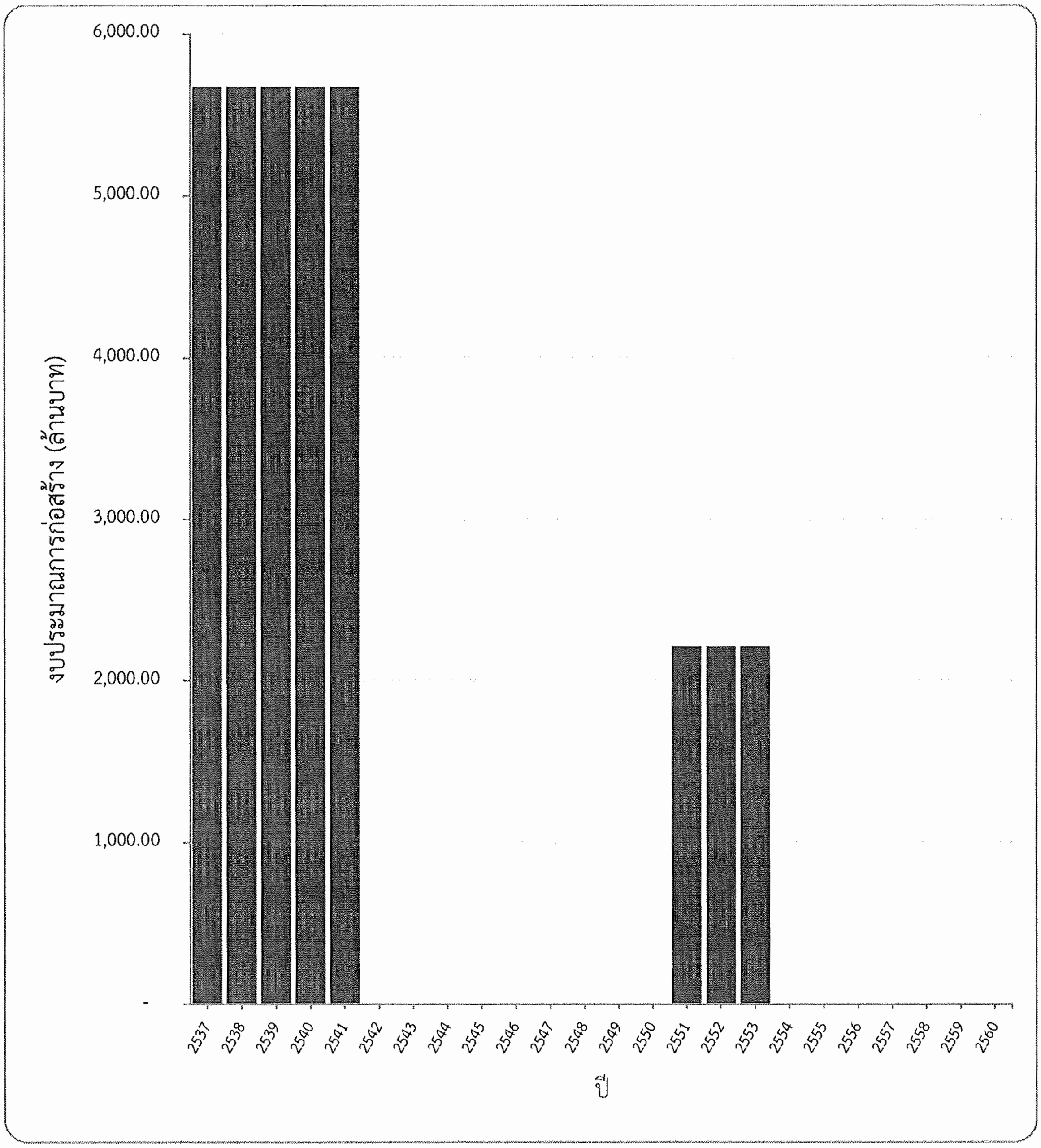
การวิเคราะห์งบประมาณการก่อสร้างนั้น จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนการก่อสร้างตั้งแต่ปี 2537 ถึงปี 2560 โดยใช้ข้อมูลงบประมาณโครงการมาปรับตามอัตราเงินเฟ้อ โดยให้ปี 2560 เป็นปีฐาน ตามตางรางที่ ก.1 ในภาคผนวก ก. เพื่อการเปรียบเทียบงบประมาณแม่นยำมากขึ้น และผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงใน**ตารางที่ 4.3**

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์งบประมาณก่อสร้างสร้างทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9

ครั้งที่	ปี เริ่มต้น	ปี สิ้นสุด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	จำนวน ช่อง จราจร	ค่าก่อสร้าง (บาท)	ค่าก่อสร้างปรับตาม อัตราเงินเฟ้อ (บาท)	ค่าก่อสร้างต่อ กิโลเมตรต่อช่อง จราจร (บาท)
1	2537	2541	65.325	4	12,099,777,975.00	22,696,658,998.56	86,860,539.60
2	2551	2553	65.325	4	5,820,667,940.95	6,634,028,070.90	25,388,549.83

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.3 การก่อสร้างครั้งที่ 1 มีค่าก่อสร้างต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรอยู่ที่ 82,542,366.51 บาท และการก่อสร้างครั้งที่ 2 เป็นการก่อสร้างเพื่อขยายช่องจราจรจากเดิม 4 ช่องจราจรเป็น 8 ช่องจราจร ค่าก่อสร้างต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรของการขยายช่องจราจรเท่ากับ 25,388,549.83 บาท

เมื่อนำค่าก่อสร้างที่ปรับตามอัตราเงินเฟ้อมาเฉลี่ยในปีก่อสร้างจะได้กราฟการใช้จ่ายงบประมาณรายปีดังแสดงใน**รูปที่ 4.4**



รูปที่ 4.4 งบประมาณการก่อสร้างรายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 (ปี 2537 – 2560)

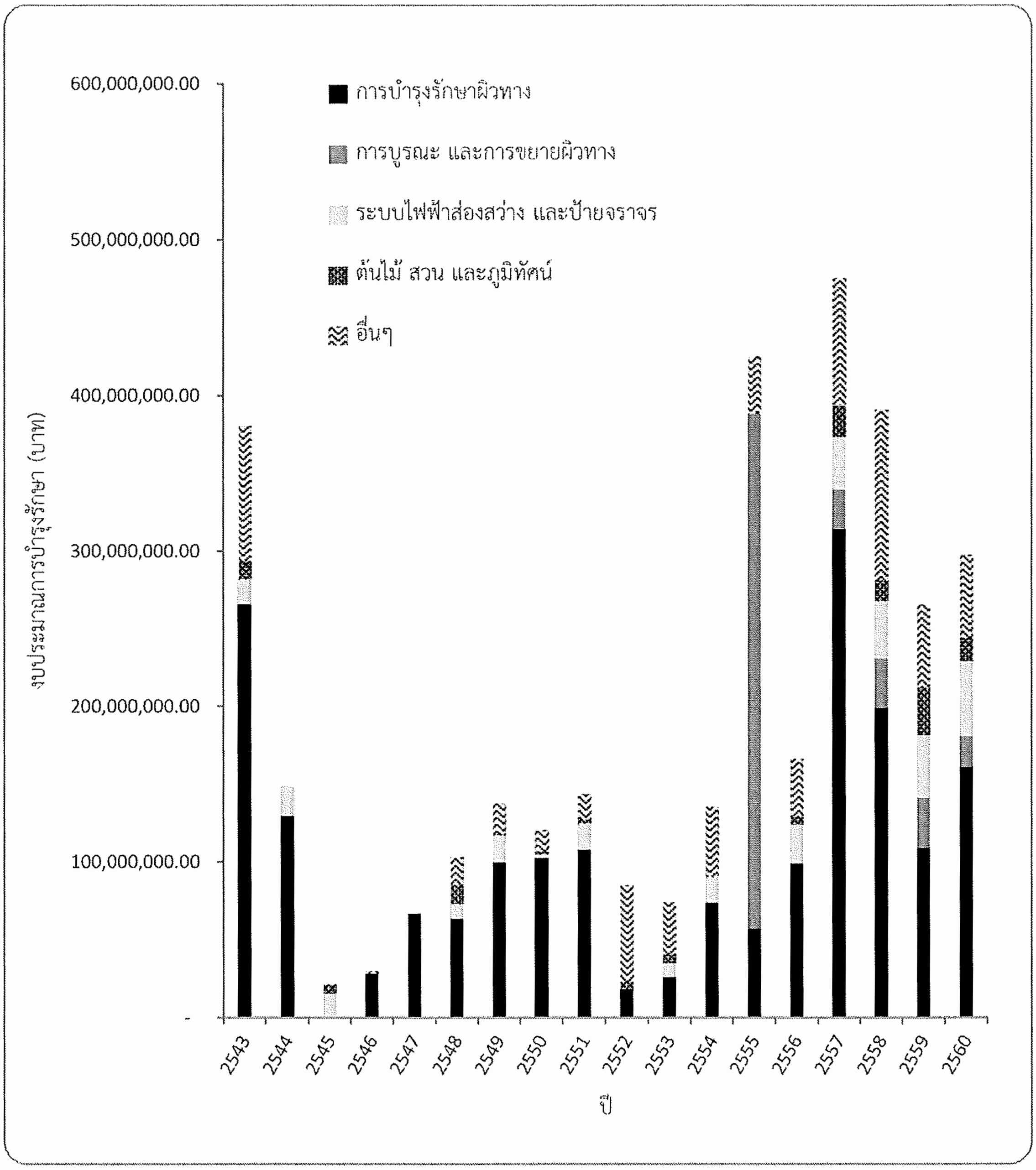
4.2.2 งบประมาณการบำรุงรักษา

การวิเคราะห์งบประมาณการบำรุงรักษานั้น จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนการบำรุงรักษา ตั้งแต่ปี 2543 ถึงปี 2560 โดยใช้ข้อมูลงบประมาณโครงการมาปรับตามอัตราเงินเฟ้อ โดยให้ปี 2560 เป็นปีฐาน ตามตางรางที่ ก.1 ในภาคผนวก ก. เพื่อการเปรียบเทียบงบประมาณแม่นยำมากขึ้น และผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงใน**ตารางที่ 4.4** และ**รูปที่ 4.5**

ตารางที่ 4.4 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9

ปี	กม. เริ่ม	กม. สิ้นสุด	ระยะทาง 4 ช่องจราจร	ระยะทาง 8 ช่องจราจร	ค่าบำรุงรักษา (บาท)	ค่าบำรุงรักษาปรับตามอัตราเงินเฟ้อ (บาท)	ค่าบำรุงรักษาต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร (บาท)
2543	0	65.325	65.325	0	264,222,372.00	644,592,614.29	2,466,868.02
2544	0	65.325	65.325	0	105,081,599.00	253,973,100.96	971,959.82
2545	0	65.325	65.325	0	15,075,000.00	36,286,485.70	138,869.06
2546	0	65.325	65.325	0	21,624,281.00	51,513,025.04	197,141.31
2547	0	65.325	65.325	0	49,596,964.00	116,346,866.97	445,261.64
2548	0	65.325	65.325	0	79,969,284.00	182,961,040.08	700,195.33
2549	0	65.325	65.325	0	111,604,698.00	248,887,157.29	952,495.82
2550	0	65.325	65.325	0	192,860,420.00	424,760,046.12	1,625,564.66
2551	0	65.325	65.325	0	209,544,705.00	448,370,466.78	1,715,922.18
2552	0	65.325	65.325	0	160,846,535.50	345,834,101.06	1,323,513.59
2553	0	65.325	0	65.325	153,441,900.00	324,275,963.85	620,505.10
2554	0	65.325	0	65.325	216,661,600.00	449,050,348.48	859,262.05
2555	0	65.325	0	65.325	510,474,580.00	1,042,056,310.80	1,993,984.52
2556	0	65.325	0	65.325	282,927,500.00	571,211,269.86	1,093,018.12
2557	0	65.325	0	65.325	632,800,200.00	1,265,557,922.65	2,421,656.95

ปี	กม. เริ่ม	กม. สิ้นสุด	ระยะทาง 4 ช่องจราจร	ระยะทาง 8 ช่องจราจร	ค่าบำรุงรักษา (บาท)	ค่าบำรุงรักษาปรับตามอัตราเงินเฟ้อ (บาท)	ค่าบำรุงรักษาต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร (บาท)
2558	0	65.325	0	65.325	556,226,000.00	1,117,465,821.16	2,138,281.33
2559	0	65.325	0	65.325	359,058,000.00	720,629,406.00	1,378,931.13
2560	0	65.325	0	65.325	452,500,000.00	905,000,000.00	1,731,725.99



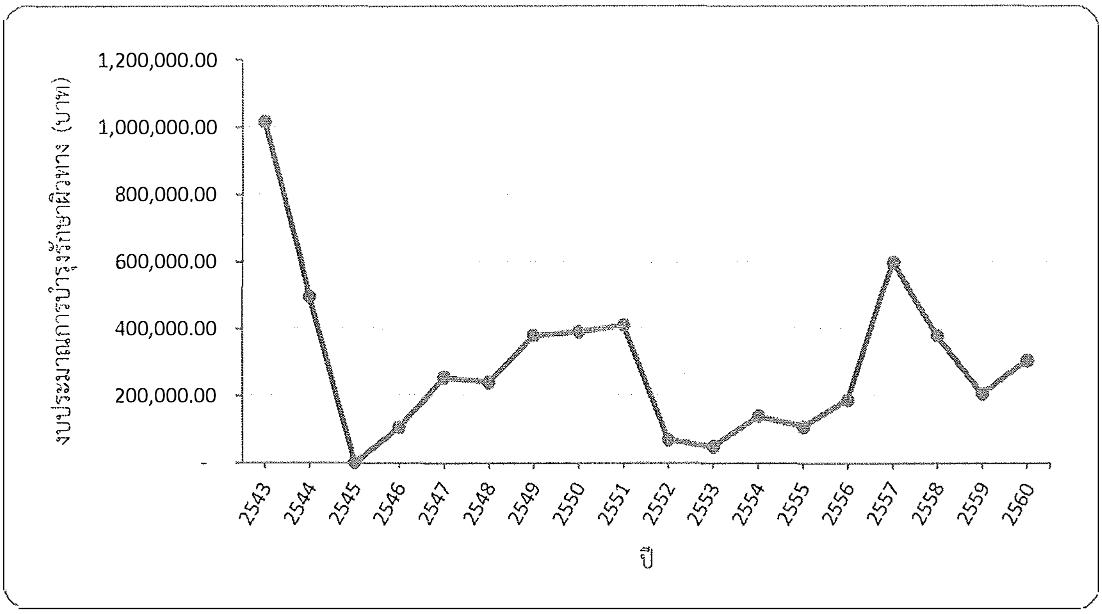
รูปที่ 4.5 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9

จาก**รูปที่ 4.5** ในช่วง 2 ปีแรกงบประมาณการบำรุงรักษามีแนวโน้มลดลงและมีแนวโน้มขึ้นและลงในบางปี จนถึงปี 2555 เกิดอุทกภัยขึ้น มีการบูรณะในช่วงที่ได้รับความเสียหาย และในปี 2557 มีการใช้จ่ายงบประมาณจำนวนมาก โดยมีงบประมาณการบูรณะผิวทางจำนวนมากเช่นเดียวกับทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 ซึ่งอาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของวัสดุผิวทางหรือครบรอบอายุการใช้งานผิวทาง จึงมีการใช้จ่ายงบประมาณเพื่อคืนสภาพผิวทางให้มีประสิทธิภาพที่ดีพร้อมใช้งาน และมีความปลอดภัยกับผู้ใช้ทาง เมื่อนำผลการวิเคราะห์งบประมาณประเภทการบำรุงรักษาผิวทางต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรโดยตัดงบประมาณส่วนอื่นออก ดัง**รูปที่ 4.6** จะสามารถวิเคราะห์งบการบำรุงรักษาได้เป็น 2 ช่วง ได้แก่

1. ช่วงปกติ (ปี 2544 ถึง 2554)

2. ช่วงการบูรณะในรอบอายุการใช้งานของถนน (ปี 2557 ถึง 2560)

โดยมีค่าเฉลี่ยของงบประมาณประเภทการบำรุงรักษาผิวทางต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรเป็น 231,027.52 และ 374,110.24 บาทต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร ตามลำดับ



รูปที่ 4.6 : งบประมาณรายปีประเภทการบำรุงรักษาผิวทางต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร

4.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9

4.3.1 งบประมาณการก่อสร้าง

การเปรียบเทียบงบประมาณการก่อสร้างของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 และหมายเลข 9 ต้องทำการปรับแก้ข้อมูลเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ โดยแปลงข้อมูลงบประมาณให้เป็นงบประมาณก่อสร้างต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร และปรับแก้ค่าเงินตามอัตราเงินเฟ้อ โดยผลการเปรียบเทียบแสดงดัง**ตารางที่ 4.5**

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบงบประมาณการก่อสร้างของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 และ 9

รายการ	M7	M9
ค่าก่อสร้างทาง 4 ช่องจราจร	77,400,889.86	82,542,366.51
ค่าขยายช่องจราจรเป็น 8 ช่องจราจร	16,113,607.06	25,388,549.83
ค่าเฉลี่ย	**46,564,653.17**	**56,124,544.72**

หน่วย : บาท/กม./ช่องจราจร

จะเห็นว่าค่าก่อสร้างทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 สูงกว่าของ หมายเลข 7 และต่อมามีการขยายช่องจราจรเป็น 8 ช่องจราจร ค่าก่อสร้างของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 มากกว่าหมายเลข 7 เช่นกัน โดยทั้งนี้อาจเป็นเพราะลักษณะทางกายภาพของถนนทั้งสองเส้นนั้นแตกต่างกัน หรือมีจำนวนสะพานที่มีจำนวนไม่เท่ากัน จึงทำให้มีงบประมาณการก่อสร้างที่แตกต่างกัน

4.3.2 งบประมาณการบำรุงรักษา

การเปรียบเทียบงบประมาณการบำรุงรักษาของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 และหมายเลข 9 ต้องทำการปรับแก้ข้อมูลเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ โดยแปลงข้อมูลงบประมาณให้เป็นงบประมาณการบำรุงรักษาต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร และปรับแก้ค่าเงินตามอัตราเงินเฟ้อ โดยผลการเปรียบเทียบจะแบ่งเป็นช่วงปกติ และช่วงการบูรณะในรอบอายุการใช้งานของถนน โดยในช่วงการบูรณะในรอบอายุการใช้งานของถนนจะจำแนกตามปีงบประมาณที่มีการบูรณะและขยายผิวทาง โดยแบ่งช่วงพิจารณาได้ดัง**ตารางที่ 4.6** โดยเปรียบเทียบในลักษณะค่างานบำรุงรักษาทั้งหมดแบบรวมจ้างเหมา และแบบแยกมาพิจารณาเฉพาะงานที่เกี่ยวกับผิวทาง ดังแสดงใน**รูปที่ 4.7-4.9**

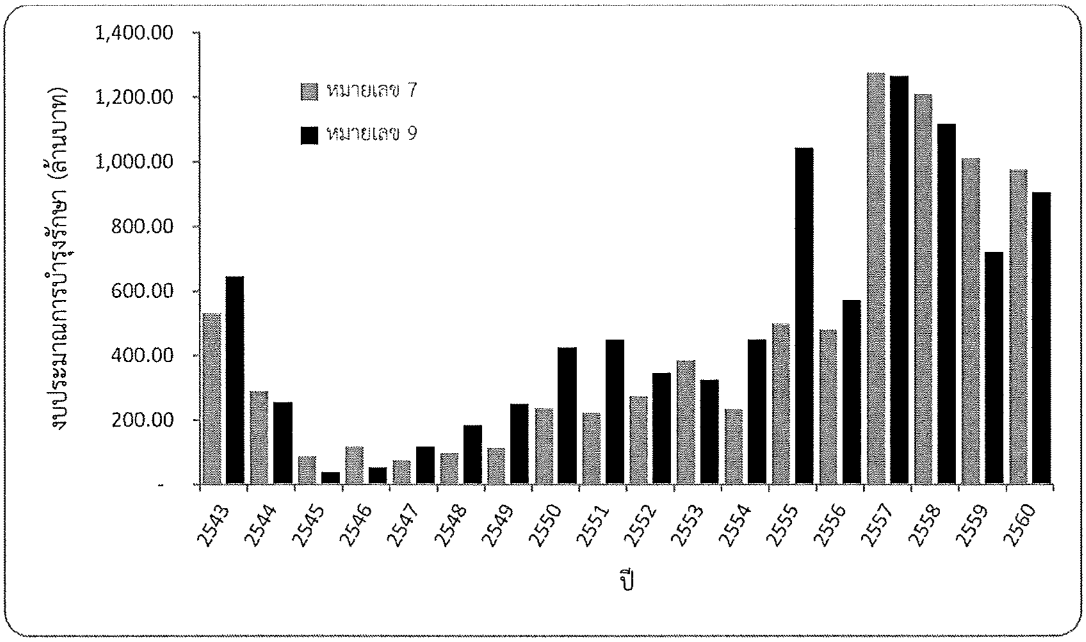
ตารางที่ 4.6 ช่วงเวลาที่ใช้ในการเปรียบเทียบงบประมาณการบำรุงรักษาของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9

รายการ	หมายเลข 7	หมายเลข 9
ช่วงปกติ	2545 - 2555	2544 - 2554
ช่วงปกติการบูรณะในรอบอายุการใช้งาน	2556 – 2560	2557 - 2560

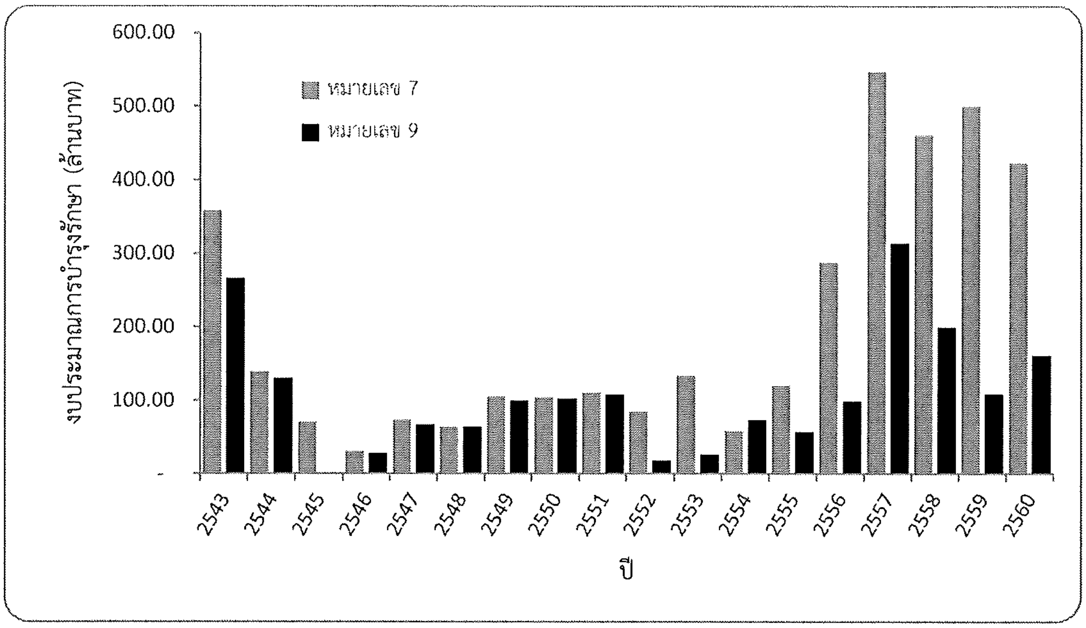
ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบงบประมาณการบำรุงรักษาของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9

รายการ	หมายเลข 7	หมายเลข 9
ช่วงปกติ	207,463.54	231,027.52
ช่วงปกติการบูรณะในรอบอายุการใช้งาน	765,202.54	374,110.24

หน่วย : บาท/กม./ช่องจราจร/ปี

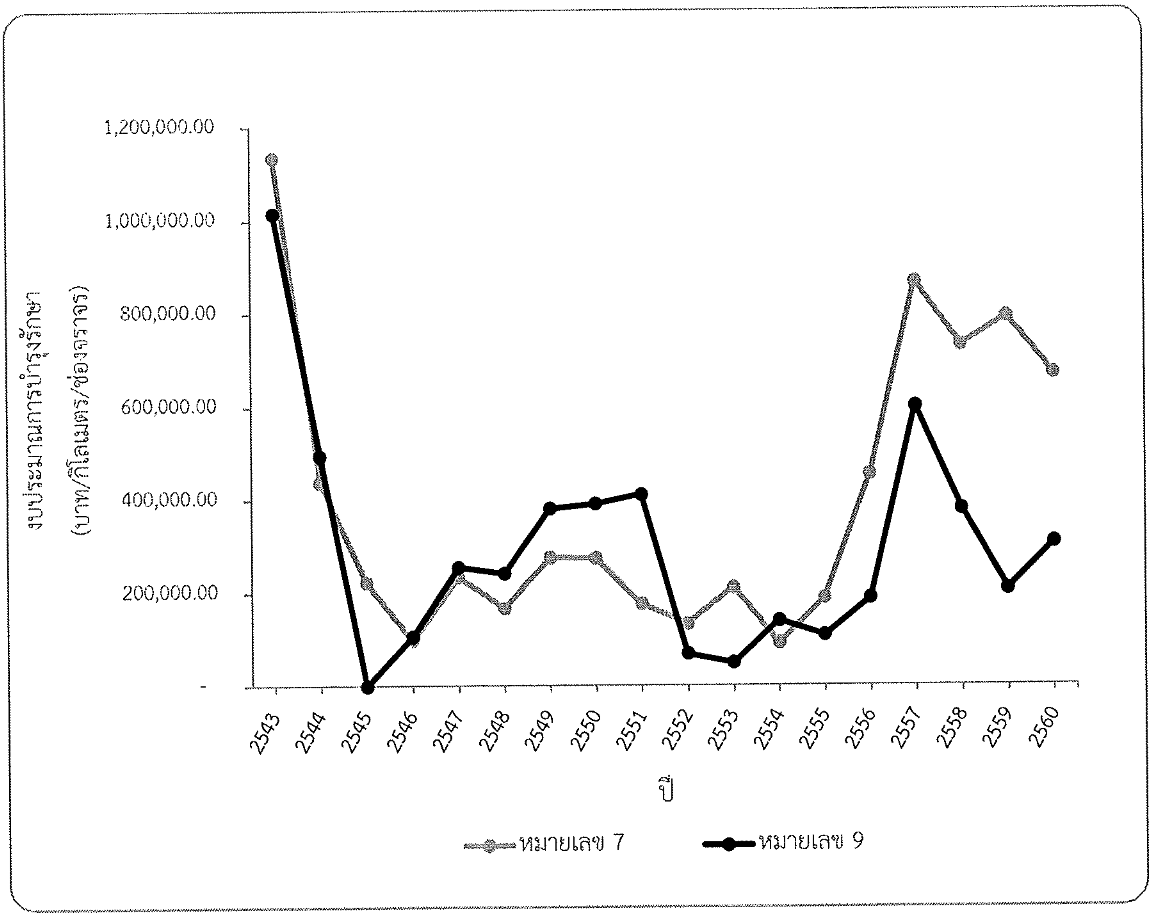


รูปที่ 4.7 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9



รูปที่ 4.8 งบประมาณการบำรุงรักษารายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9 (ปริมาณงานที่เกี่ยวกับผิวทาง)

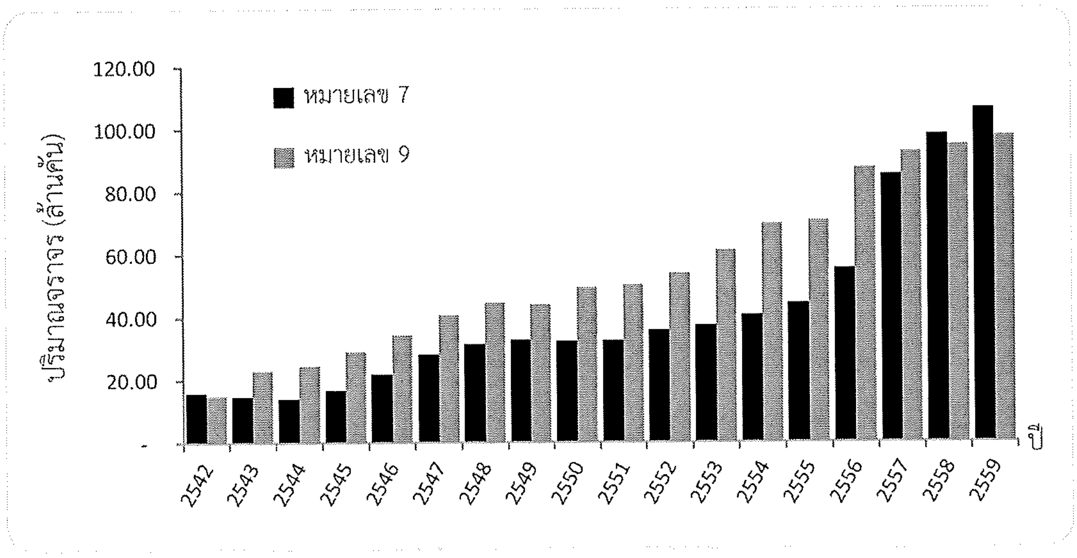
จาก **รูปที่ 4.7** จะเห็นได้ว่าปริมาณงานทั้งหมดของทั้งสองสายทางในปี 2555 ซึ่งเป็นปีที่มีการบำรุงรักษาสายทางทั้งสองสายมีค่าแตกต่างกันมาก เนื่องจากทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย ส่วนทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 มีค่าบำรุงรักษางานทางอยู่ในค่าค่อนข้างปกติ ทั้งนี้ทั้งนั้น จาก **รูปที่ 4.8** จะเห็นว่าในปี 2555 ปริมาณงานเนื่องจากการบำรุงรักษาผิวทาง ของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 มีค่าไม่สูงกว่าหมายเลข 7 เพราะว่างบประมาณที่แสดงใน**รูปที่ 4.7** ส่วนใหญ่เป็นงบประมาณของงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาผิวทางปกติ แต่เกิดจากการบูรณะผิวทางที่เกิดความเสียหายจากอุทกภัย



รูปที่ 4.9 งบประมาณการบำรุงรักษาเฉลี่ยรายปีประเภทงานผิวทางของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือหมายเลข 7 และ 9 (กิโลเมตร-ช่องจราจร)

จาก **รูปที่ 4.9** แนวโน้มการใช้จ่ายงบประมาณการบำรุงรักษาผิวทางของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองทั้งสองสายทาง มีลักษณะคล้ายคลึงกัน อันเนื่องจากทั้งสองสายทางก่อสร้างและเปิดใช้งานใกล้เคียงกัน และมีรูปแบบใกล้เคียงกัน จึงมีช่วงการบูรณะพร้อมพร้อมกัน โดยสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงงบประมาณช่วงปี 2556 เป็นต้นไปจะมีแนวโน้มสูงขึ้นและช่วงนั้นทั้งสองมีการบูรณะสายทาง แต่ในทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 ใช้งบประมาณการบำรุงรักษามากกว่า

จาก **รูปที่ 4.10** ปริมาณการจราจรของทั้งสองสายทางมีปริมาณเพิ่มขึ้นในอัตราค่อนข้างคงที่ จนถึงปี 2556 ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 เริ่มมีปริมาณการจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นในอัตราที่สูงกว่าปกติมาก จึงอาจส่งผลให้จำเป็นต้องใช้งบประมาณในการบำรุงรักษาจำนวนมากขึ้น เพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของปริมาณการจราจรในอนาคต และหากสังเกต **รูปที่ 4.9** การใช้จ่ายงบประมาณการบำรุงรักษาตั้งแต่ปี 2560 มีปริมาณลดลงและเริ่มเข้าสู่ค่าคงที่ ส่วนทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 มีปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นในอัตราคงที่มาตลอด การใช้จ่ายงบประมาณการบำรุงรักษาผิวทางในช่วงการบูรณะจึงมีค่าสูงกว่าช่วงปกติไม่มากนัก โดยปี 2557 มีการใช้จ่ายงบประมาณมากที่สุด และเริ่มลดลงจนมีค่าเริ่มคงที่ในปีต่อมา



รูปที่ 4.10 ปริมาณจราจรรายปีของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9

4.3.3 งบประมาณรวมตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนถึงปัจจุบัน

การเปรียบเทียบงบประมาณรวมตลอดอายุการใช้งานของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ 9 ต้องทำการปรับแก้ข้อมูลเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ โดยแปลงข้อมูล

งบประมาณให้เป็นงบประมาณการบำรุงรักษาต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร และปรับแก้ค่าเงินตามอัตราเงินเฟ้อ ดังแสดงใน**รูปที่ 4.11** และ**รูปที่ 4.12** โดยมีอายุบริการของทั้งสายทางเท่ากันคือ 19 ปี

ตารางที่ 4.8 งบประมาณรวมแยกประเภทของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 และ 9

ทางหลวงพิเศษหมายเลข	7	9
งบประมาณการก่อสร้างรวม	29,240,433,089.98	35,004,851,819.10
งบประมาณการบำรุงรักษารวมรวม	8,870,937,486.54	10,057,851,947.09
งบประมาณรวมตั้งแต่เริ่มโครงการ	38,111,370,576.52	45,062,703,766.19

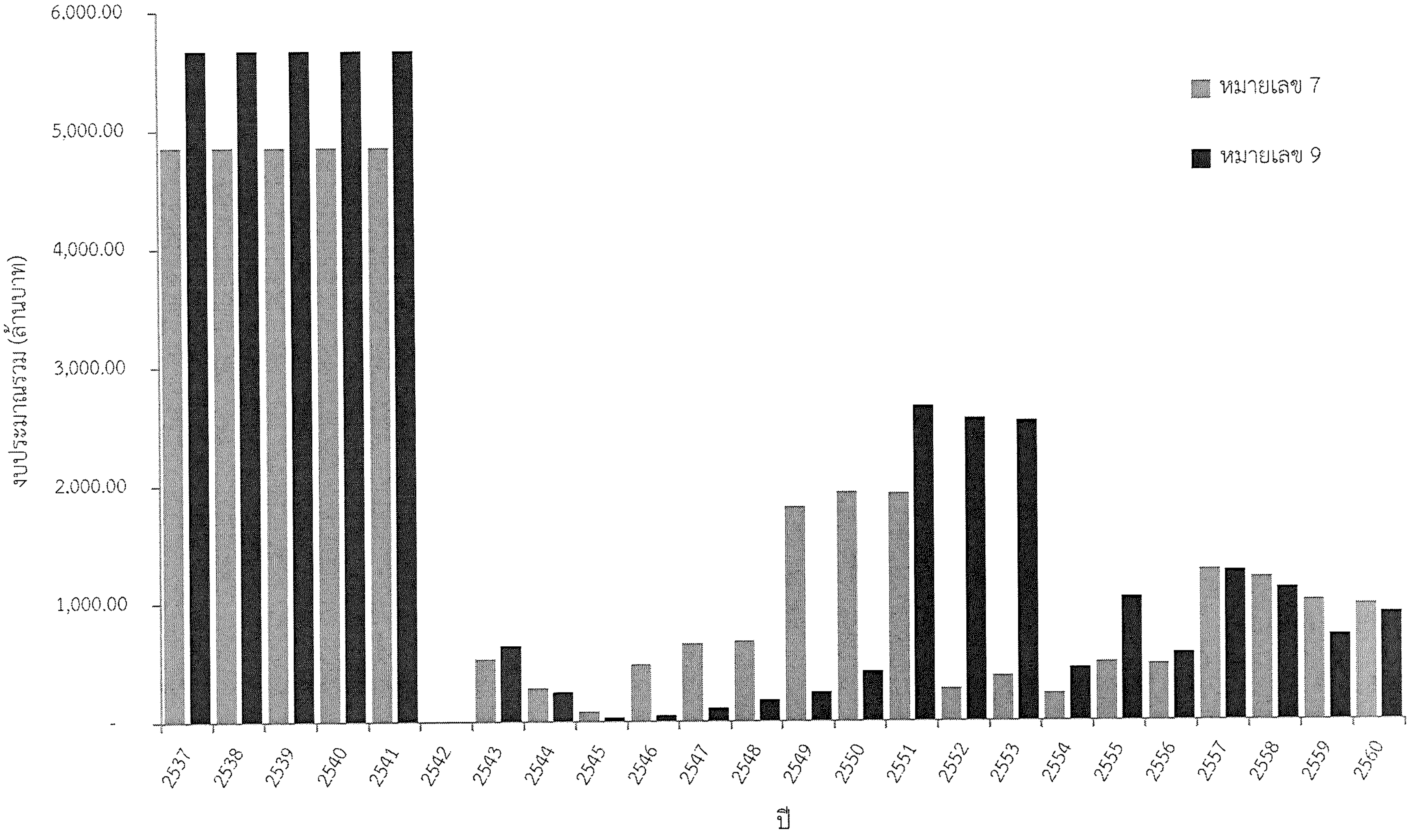
หน่วย : บาท

จาก**ตารางที่ 4.8** งบประมาณรวมของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 มีค่ามากกว่าหมายเลข 7 ในทุกประเภท โดยงบประมาณการก่อสร้างซึ่งมีความแตกต่างกันอาจเกิดจากการออกแบบผิวทาง ภูมิประเทศที่สายทางผ่าน และระยะทางมีความแตกต่างกันจึงส่งผลให้งบประมาณการก่อสร้างของทั้งสองสายทางมีความแตกต่างกัน ส่วนงบประมาณการบำรุงรักษาของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 มีค่ามากกว่าหมายเลข 7 อาจเป็นผลจากปริมาณจราจรของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 มีปริมาณมากกว่าหมายเลข 7 (**รูปที่ 4.10**) ตั้งแต่เปิดใช้งานจนถึงปี 2558 ที่ปริมาณจราจรของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 มากกว่าหมายเลข 9 แต่อย่างไรก็ตามปริมาณจราจรรวมของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 (981,383,072.00 คัน) ก็มีปริมาณมากกว่าหมายเลข 7 (742,106,426.00 คัน) จึงส่งผลให้ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 มีการใช้งบประมาณการบำรุงรักษาจำนวนมากกว่าทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7

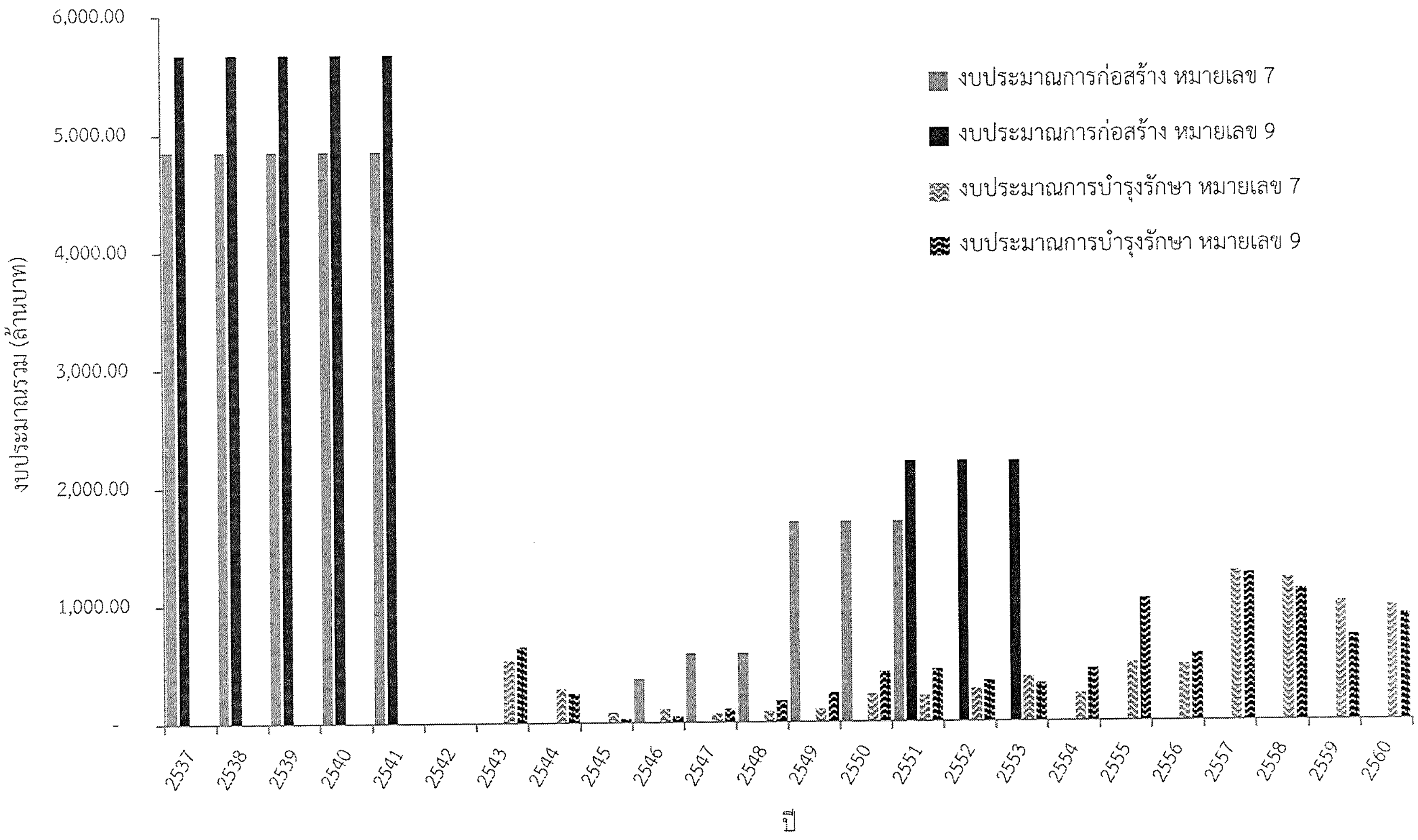
ตารางที่ 4.9 ร้อยละของงบประมาณการบำรุงรักษาผิวทางต่องบประมาณการบำรุงรักษารวมตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ

ทางหลวงหมายเลข	M7	M9	หน่วย
งบประมาณการบำรุงรักษาช่วงปกติ	209,426.21	231,027.52	บาท/กม./ช่องจราจร/ปี
ระยะทางคูณจำนวนช่องจราจร	630.976	522.6	กม.-ช่องจราจร
งบประมาณการบำรุงรักษาผิวทางช่วงปกติ 18 ปี	2,378,572,459.06	2,173,229,639.32	บาท
งบประมาณการบำรุงรักษารวม 18 ปี	8,870,937,486.54	10,057,851,947.09	บาท
ร้อยละของงบประมาณการบำรุงรักษาผิวทางต่องบประมาณการบำรุงรักษารวม	26.81	21.61	%
ค่าเฉลี่ยร้อยละของงบประมาณการบำรุงรักษาผิวทางต่องบประมาณการบำรุงรักษารวม	24.21		%

จาก**ตารางที่ 4.9** ค่าเฉลี่ยร้อยละของงบประมาณการบำรุงรักษาผิวทางต่องบประมาณการบำรุงรักษารวมตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ มีค่าเป็น 24.21 เปอร์เซ็นต์ จะสรุปได้จากการคำนวณว่าค่าบำรุงรักษาประเภทอื่นเป็น 75.79 เปอร์เซ็นต์ ของค่าบำรุงรักษาทั้งหมด ซึ่งสามารถประมาณงบประมาณบำรุงรักษารวมจากงบประมาณการบำรุงรักษาผิวทางได้



รูปที่ 4.11 การใช้จ่ายงบประมาณตั้งแต่ปี 2537-2560 ของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 และ 9



รูปที่ 4.12 การใช้จ่ายงบประมาณตั้งแต่ปี 2537-2560 ตามประเภทงานของทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 และ 9

4.4 ผลการวิเคราะห์โครงการทางยกระดับดอนเมือง

4.4.1 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs)

ในส่วนเดิม (15.4 กิโลเมตรแรก) มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง **10,400 ล้านบาท** (ข้อมูลในปี 2537) และในส่วนต่อขยายมค่าก่อสร้างที่ประมาณไว้ในสัมปทาน คือ 3,552 ล้านบาท (ข้อมูลในปี 2539) เมื่อทำให้อยู่ในรูปของมูลค่าในปัจจุบันจะได้ว่า โครงการทางยกระดับดอนเมือง (ส่วนเดิม+ส่วนต่อขยาย) ระยะทางรวม 21 กิโลเมตร จำนวน 6 ช่องจราจร มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างประมาณ **26,602 ล้านบาท** (In present Value) หรือคิดเป็น ***211.1 ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร***

4.4.2 ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา (Operation and maintenance costs)

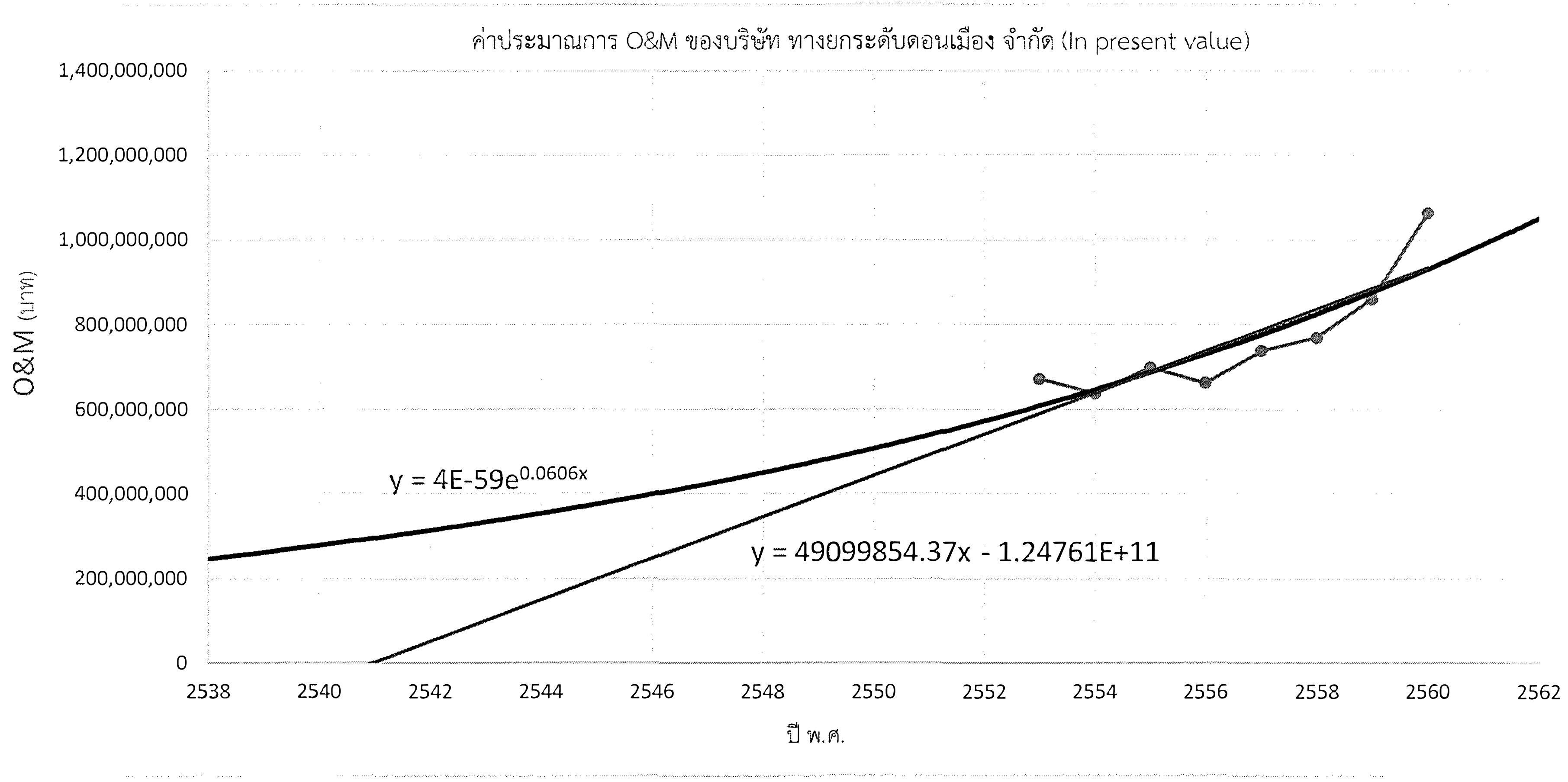
ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาประมาณการได้ดังแสดงในตารางที่ 4.10

*** หมายเหตุ ตัวเลขสีน้ำเงินตัวเอียงนั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการประมาณทางสถิติ ส่วนตัวเลขสีดำคือข้อมูลจริง

ปี พ.ศ.	Annual average daily traffic (คัน/วัน)			Revenue (NPV) (บาท)	ต้นทุนทางยกระดับ (บาท)	ต้นทุนในการบริหาร (บาท)	O&M (บาท)	O&M (NPV) (บาท)	สัดส่วน O&M ต่อ Revenue
	ส่วนเดิม	ส่วนต่อขยาย	รวม						
2537	52,803		52,803						
2538	63,200		63,200						
2539	114,056		114,056						
2540	125,996		125,996						
2541	102,171	22,915	125,086					*295,000,000*	
2542	50,915	20,119	71,034					*312,000,000*	
2543	54,323	22,659	76,982					*331,000,000*	
2544	60,916	27,753	88,669					*353,000,000*	
2545	70,622	34,224	104,846					*376,000,000*	
2546	77,362	39,383	116,745					*400,000,000*	
2547	92,414	47,409	139,823					*423,000,000*	
2548	134,002	81,223	215,225					*448,000,000*	
2549	118,580	71,469	190,049					*480,000,000*	
2550	98,393	65,675	164,068					*508,000,000*	
2551	76,548	50,281	126,829					*540,000,000*	
2552	78,989	53,732	132,721					*573,000,000*	
2553	56,310	37,964	94,274	1,724,456,810	383,768,715	204,541,043	588,309,758	671,904,280	0.390
2554	57,648	40,014	97,662	1,722,312,333	399,153,698	177,804,106	576,957,804	637,888,960	0.370
2555	67,052	44,325	111,377	1,907,934,059	476,703,225	179,025,071	655,728,296	698,437,590	0.366
2556	76,842	48,261	125,103	2,097,227,408	480,797,911	159,825,282	640,623,193	662,474,420	0.316
2557	80,698	49,645	130,343	2,158,733,019	571,881,805	157,510,027	729,391,832	738,034,146	0.342
2558	85,886	50,811	136,697	2,606,354,209	574,253,510	200,128,625	774,382,135	768,947,521	0.295
2559	96,265	56,505	152,770	2,958,633,047	681,430,537	176,239,702	857,670,239	859,385,579	0.290
2560	97,919	55,880	153,799	2,978,228,981	841,928,435	219,949,438	1,061,877,873	1,061,877,873	0.357

ตาราง 4.10 *ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและดูแลรักษาของโครงการทางยกระดับดอนเมือง (O&M Costs)*

จากตาราง 4.10 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (O&M costs) เนื่องจากบริษัทได้เปิดเผยตัวเลขรายได้ (Revenue) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (O&M) โดยข้อมูลทั้งหมดที่ได้ ในส่วนของรายได้และ O&M ในปี 2553 ถึง 2560 นั้นนำมาจากรายงานประจำปีและงบการเงิน ที่มีการเผยแพร่ของทาง บริษัท ทางยกระดับดอนเมือง แล้วจึงนำตัวเลข O&M (NPV) ไปเขียนราฟเพื่อประมาณการหาค่า O&M โดยประมาณ โดยกราฟแสดงได้ตามรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ค่าประมาณการค่าใช้จ่าย O&M ของบริษัท ทางยกระดับดอนเมือง (In present value)

จะเห็นว่าการประมาณย้อนกลับ มีเส้นแสดงค่าที่เป็นไปได้ 2 เส้น คือการประมาณย้อนกลับโดยใช้ สมการเส้นตรง (Linear) และแบบเExponential ในการพิจารณาว่าจะใช้ข้อมูลจากเส้นไหน สามารถทำได้โดยหาค่า Standard error of the estimate (σ_{est}) ในแต่ละเส้นข้อมูล เส้นใดมีค่า σ_{est} น้อยกว่าจึงใช้ข้อมูลประมาณการจากเส้นนั้น

Linear regression line

คำนวณค่า Standard error of the estimate ได้ดังนี้

$$\sigma_{est} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - y')^2}{N-2}}$$

$$\sigma_{est}(linear) = 77.72$$

ตาราง 4.11

x	y (ค่าจริง)	y' (ค่าที่ประมาณได้)	y-y'	$(y-y')^2$
2553	671.90	590.93	80.98	6,557.12
2554	637.89	640.03	-2.14	4.58
2555	698.44	689.13	9.31	86.67
2556	662.47	738.23	-75.75	5,738.57
2557	738.03	787.33	-49.29	2,429.85
2558	768.95	836.43	-67.48	4,553.54
2559	859.39	885.53	-26.14	683.39
2560	1,061.88	934.63	127.25	16,192.74

Exponential regression line

จะได้ว่า

$$\sigma_{est}(expo) = 71.63$$

ตาราง 4.12

x	y (ค่าจริง)	y' (ค่าที่ประมาณได้)	y-y'	$(y-y')^2$
2553	671.90	608.00	63.90	4083.76
2554	637.89	646.00	-8.11	65.79
2555	698.44	686.00	12.44	154.69
2556	662.47	730.00	-67.53	4559.70
2557	738.03	775.00	-36.97	1366.47
2558	768.95	823.00	-54.05	2921.67
2559	859.39	875.00	-15.61	243.81
2560	1,061.88	930.00	131.88	17391.77

จะเห็นว่า $\sigma_{est}(expo)$ มีค่าน้อยกว่า $\sigma_{est}(linear)$ และเมื่อดูความเป็นไปได้ของข้อมูลจาก Exponential Regression Line จะเห็นว่าสามารถเกิดขึ้นได้จริง ดังนั้นจึงเลือกใช้ Exponential Regression Line ในการประมาณค่าย้อนกลับ เพื่อหา O&M (NPV) ในปี 2552 ถึง 2541 โดยค่าที่ได้แสดงอยู่ในตารางในลักษณะตัวอักษรเอียง

และเมื่อได้ค่าประมาณ O&M ในปีที่ 2541-2552 แล้ว ดังนั้นจึงมีข้อมูลเพียงพอที่จะวิเคราะห์ในขั้นต่อไปคือหาค่า Life-cycle costs ได้ดังนี้

$$LCC = \frac{\sum_{T=I}^{T=F} IC_T \times INF_T}{L \times n} + \frac{\sum_{T=IO}^{T=p} OM_T \times INF_T}{L \times n}$$

ดังนั้นจะได้ว่า โครงการทางยกระดับดอนเมือง

- และมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเท่ากับ **211.1 ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร**
- มีค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการใช้งานจนถึงปัจจุบัน $LCC_{DMT} = \frac{26602}{21 \times 6} + \frac{11138}{21 \times 6}$ = **299.5 ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร**
- มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs) ประมาณ **4.42 ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร**

4.5 ผลการวิเคราะห์โครงการทางพิเศษศรีรัช โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา และโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอก ฯ

เนื่องจาก บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด(มหาชน) หรือ BEM ไม่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านข้อมูลใด โดยข้อมูลที่ได้ทั้งหมดที่นำมาจาก

- รายงานประจำปีและงบการเงินซึ่งเป็นเอกสารเผยแพร่ของทางบริษัท BEM (2557-2560)
- รายงานประจำปีและงบการเงินของทาง บริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด(มหาชน) หรือ BECL (2539-2557)
- รายงานประจำปีและงบการเงินของทาง บริษัท รถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด(มหาชน) หรือ BMCL (2539-2557)
- รายงานประจำปีและเอกสารนำเสนอนักลงทุนของ บริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) (2550-2560)
- เอกสารจากทาง การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ข้อมูลในเรื่องของรายได้ (Revenue) และปริมาณจราจร (AADT)

เนื่องจากข้อมูลค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบริหารของโครงการทางพิเศษศรีรัชนั้น มีเพียง พ.ศ. 2536-2541 และพ.ศ. 2543-2546 จึงได้ใช้ข้อมูลที่มีประมาณค่า O&M ไปในอนาคต โดยได้ค่าประมาณดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ตารางแสดงค่าประมาณ O&M (ตัวเลขสีน้ำเงินตัวเอียงนั้นได้จากการประมาณทางสถิติ ส่วนตัวเลขสีดำคือ*ข้อมูลจริง)*

ปี พ.ศ.	Total O&M NPV	ศรีรัช			อุดรรัถยา			ศรีรัช-วงแหวน
		Actual O&M (NPV)	Estimated O&M (NPV)	O&M per Total O&M	Actual O&M (NPV)	Estimated O&M (NPV)	O&M per Total O&M	Estimated O&M (NPV)
2536	680,000,000	*680,000,000*						
2537	715,000,000	*715,000,000*						
2538	750,000,000	*750,000,000*						
2539	983,760,538	983,760,538						
2540	795,245,647	795,245,647						
2541	1,205,719,225	1,205,719,225						
2542	755,705,689		*746,741,543*	0.988		*8,964,146*	0.142	
2543	1,024,384,306	878,026,066		0.857	146,358,241		0.143	
2544	829,689,420	700,351,488		0.844	129,337,931		0.156	
2545	908,312,954	776,086,845		0.854	132,226,109		0.146	
2546	1,102,894,928	964,990,086		0.875	137,904,842		0.125	
2547	1,271,357,584		*907,000,000*	0.713		*364,357,584*	0.287	
2548	1,239,876,640		*942,000,000*	0.76		*297,876,640*	0.24	
2549	1,263,065,926		*981,000,000*	0.777		*282,065,926*	0.223	
2550	1,145,719,351		*1,020,000,000*	0.89		*125,719,351*	0.11	
2551	1,301,768,255		*1,060,000,000*	0.814		*241,768,255*	0.186	
2552	1,444,265,921		*1,103,000,000*	0.764		*341,265,921*	0.236	
2553	1,695,034,429		*1,147,000,000*	0.677		*548,034,429*	0.323	
2554	1,667,107,311		*1,193,000,000*	0.716		*474,107,311*	0.284	
2555	1,818,414,086		*1,240,000,000*	0.682		*578,414,086*	0.318	
2556	1,829,765,760		*1,288,000,000*	0.704		*541,765,760*	0.296	
2557	1,766,422,577		*1,340,000,000*	0.759		*426,422,577*	0.241	
2558	*2,102,151,692*		*1,393,000,000*	0.663		*709,151,692*	0.337	
2559	*2,317,851,832*		*1,448,000,000*	0.625		*630,876,135*	0.272	*238,975,697*
2560	*2,604,062,119*		*1,506,000,000*	0.578		*664,826,440*	0.255	*433,235,679*

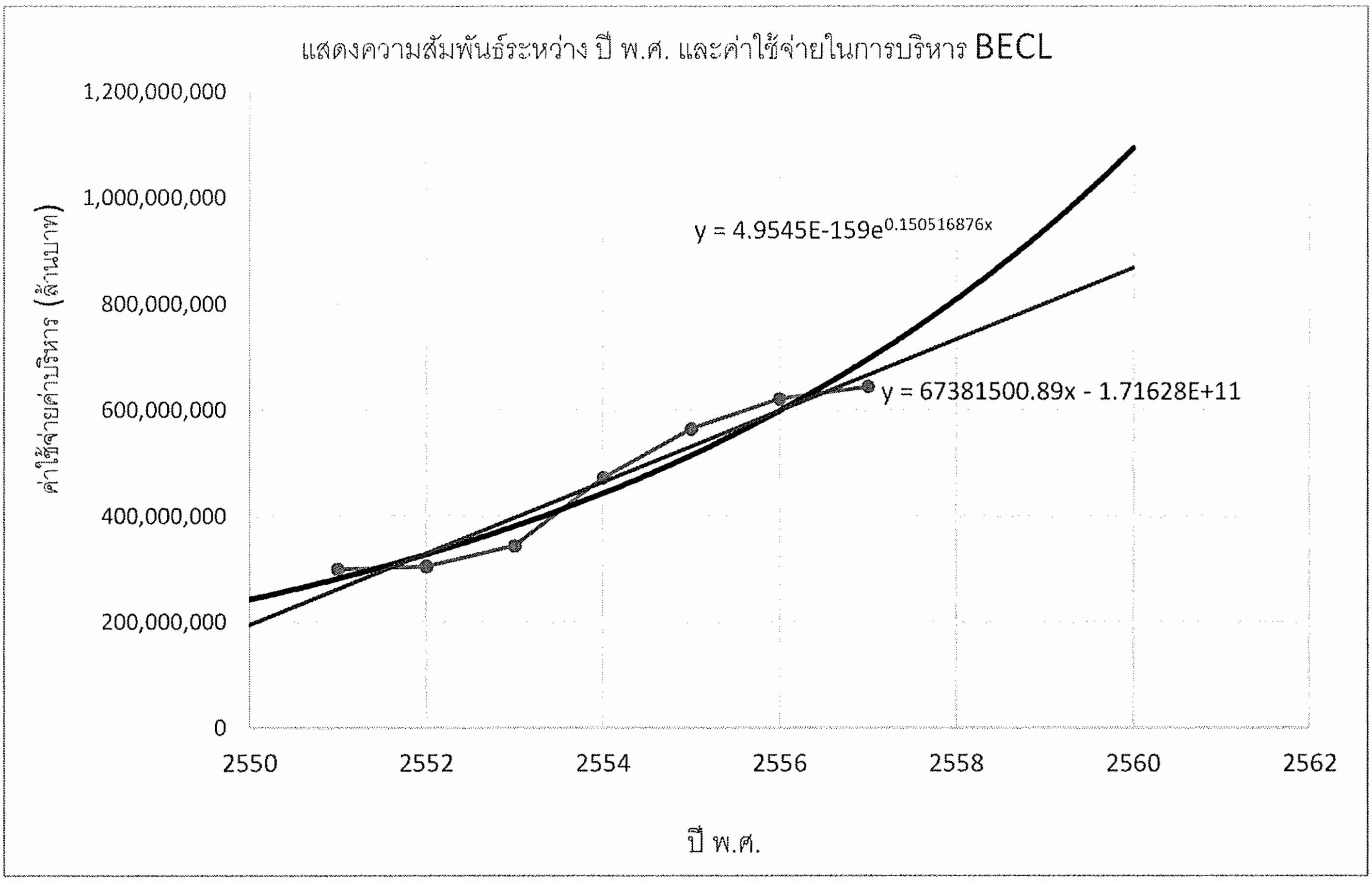
หน่วย: บาท

โดยเริ่มแรกคือ การหาค่าใช้จ่ายในการบริหารของบริษัท BEM ในส่วนของธุรกิจทางด่วน (BEM คือ บริษัท ที่เป็นผลมาจากการควบรวมระหว่างบริษัท BECL รวมกับ BMCL) โดยใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการบริหารย้อนหลัง (2547-2557) ของบริษัท BECL เพื่อประมาณค่าบริหารของธุรกิจทางด่วนของทาง BEM ในอนาคต

ตาราง 4.13 ค่าใช้จ่ายในการบริหาร BECL (คิดเป็นมูลค่าปัจจุบัน) ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2557

ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายในการบริหาร BECL (บาท)
2551	*299,571,339*
2552	*305,010,749*
2553	*344,191,404*
2554	*472,297,396*
2555	*564,327,153*
2556	*621,346,210*
2557	*644,196,457*

เมื่อนำค่าใช้จ่ายในการบริหารของ BECL ในอดีตไปพลอตกราฟเพื่อหา Progression line ที่มี Standard Error of the Estimate (σ_{est}) น้อยที่สุด โดยเส้นในการประมาณมี 2 เส้น คือ แบบเส้นตรง (Linear progression line) และแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential progression line)



รูปที่ 4.14 กราฟค่าจ่ายในการบริหารของบริษัท BECL

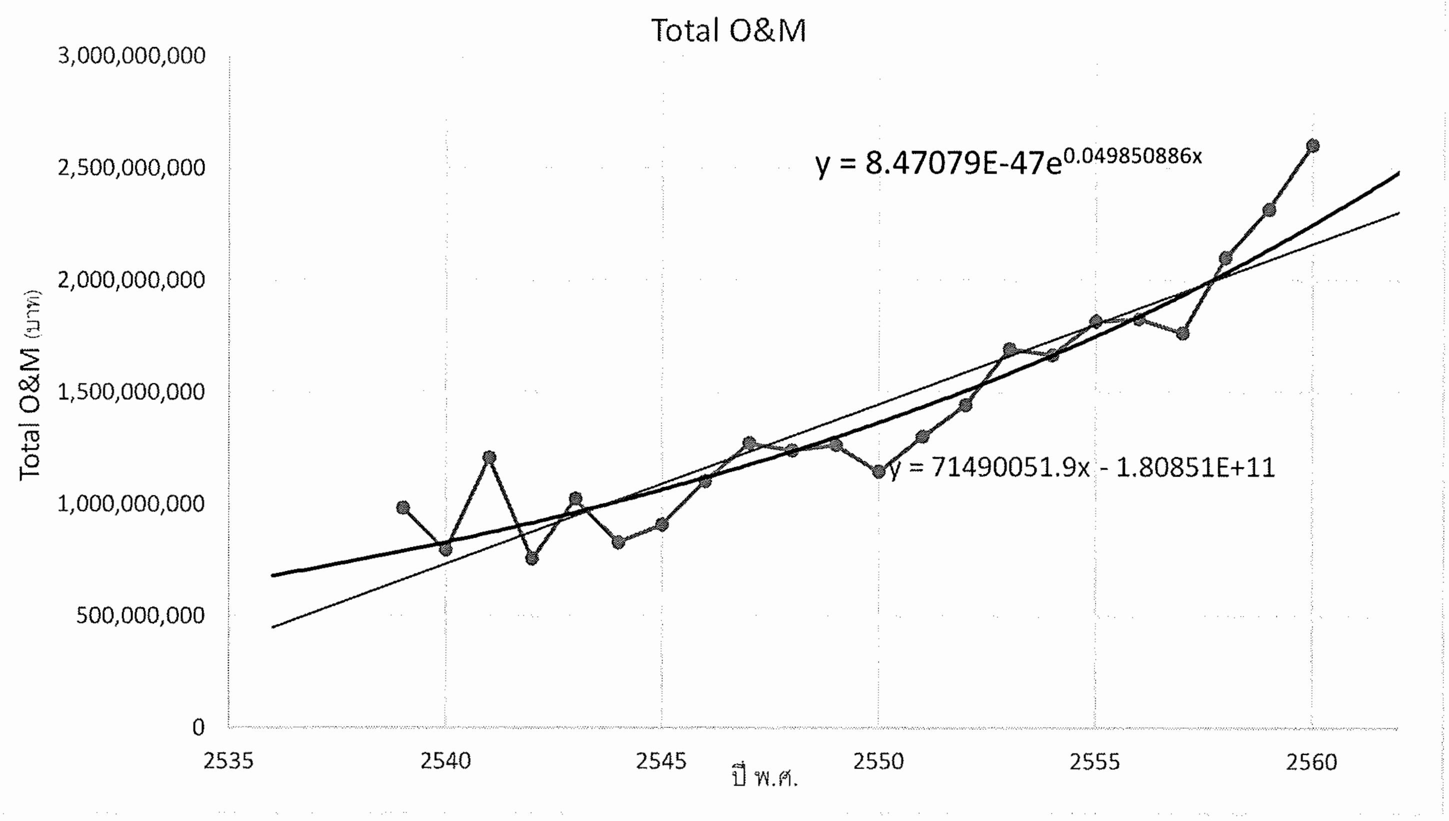
และเมื่อใช้สมการ Standard error of estimate จะได้ว่า

$\sigma_{est}(linear) = 37.16$<u>นำไปใช้</u>

$\sigma_{est}(Expo) = 42.01$

จะเห็นว่า $\sigma_{est}(linear)$ มีค่าน้อยกว่า $\sigma_{est}(Expo)$ และค่าประมาณบน Linear legression line สามารถเกิดขึ้นได้จริง จึงนำข้อมูลจาก Linear regression line มาใช้ จึงได้ค่าประมาณค่าใช้จ่ายในการบริหารของธุรกิจทางด่วน ในปี 2558,2559,2560 เท่ากับ 733,879,277 801,260,778 และ 868,642,278 บาท ตามลำดับ แล้วจึงนำผลที่ได้ไปรวมกับ ต้นทุนการให้บริการทางด่วน ได้ผลรวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบริหารในปีรวมในปี 2558-2560 เท่ากับ 2,102,151,692 2317,854,832 และ 2,604,062,119 บาท ตามลำดับ

ต่อมาคือทำการประมาณค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาโครงการทางพิเศษศรีรัชในปี 2536-2538 ก่อน โดยใช้วิธีการค่า Standard error of the estimate (σ_{est}) จากเส้น Linear regression line และ Exponential regression line (เหมือนโครงการทางยกระดับดอนเมือง)



รูปที่ 4.15 กราฟ Total O&M ของบริษัท BEM และ BEM

จากสมการ Standard error of estimate จะได้ว่า $\sigma_{est}(linear) = 204.21$

$\sigma_{est}(Expo) = 163.59$ นำไปใช้

จะเห็นว่า $\sigma_{est}(Expo)$ มีค่าน้อยกว่า $\sigma_{est}(linear)$ และค่าประมาณบน Exponential regression line สามารถเกิดขึ้นได้จริง จึงนำข้อมูลจาก Exponential regression line มาใช้ จึงได้ค่าประมาณ O&M ของโครงการทางพิเศษศรีรัช ในปี 2536,2537,2538 เท่ากับ 680 715 และ 750 ล้านบาท ตามลำดับ

และจากตาราง 4.2 ข้อมูลค่าประมาณ O&M ของโครงการทางพิเศษศรีรัชนั้นมาจาก การนำ O&M ทั้งหมด (total O&M) หักออกด้วย O&M ของโครงการทางพิเศษอุดรรัถยาในปีนั้น โดย O&M ของโครงการทางพิเศษอุดรรัถยาในปี 2542 นั้นประมาณมาจาก total O&M คูณด้วย ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน O&M ของโครงการทาง

พิเศษอุดรรัถยาในปี 2543-2546 (มีค่าเท่ากับ 0.143) หารด้วย 12 (โครงการเริ่มเปิดใช้งานเดือนธันวาคม) หรือเขียนในรูปสมการจะได้ว่า

- ค่าประมาณ O&M ของโครงการทางพิเศษอุดรรัถยาในปี 2542 มีค่าเท่ากับ

  $755,705,689 \times 0.142 \div 12 = 8,964,146$ บาท

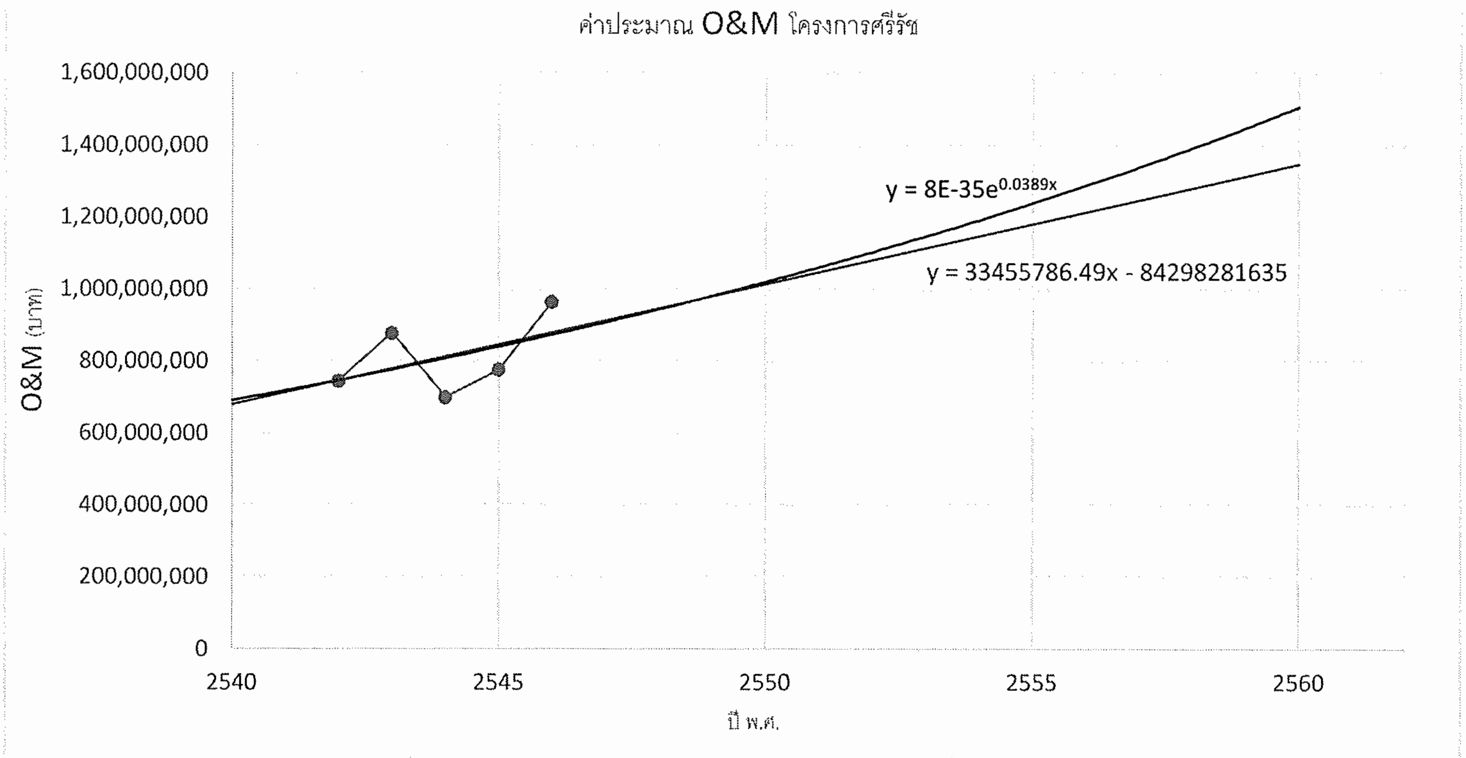
O&M ของโครงการทางพิเศษศรีรัชใน ปี 2542 จึงเท่ากับ O&M ทั้งหมดในปีนั้นหักออกด้วย O&M ของโครงการทางพิเศษอุดรรัถยาในปี 2542

- ค่าประมาณ O&M ของโครงการศรีรัชใน ปี 2542 มีค่าเท่ากับ

  $755,705,689 - 8,964,146 = 746,741,543$ บาท

เมื่อได้ข้อมูล O&M ของโครงการทางพิเศษศรีรัชในปี 2542 แล้ว จึงทำการประมาณ O&M ของโครงการทางพิเศษศรีรัชต่อไปในอนาคต (2547-2560) โดยได้ค่าตามตาราง 4.2 โดยใช้เส้น Progression line โดยจะมีทั้งแบบเส้นตรง (Linear) และแบบเอกซ์โพเนนเชียล(Exponential) และเลือกเส้นแนวโน้มของข้อมูลโดยวิธีการหาค่า Standard error of the estimate (σ_{est}) (เหมือนโครงการทางยกระดับดอนเมือง)

รูปที่ 4.16 กราฟประมาณค่า O&M ของโครงการศรีรัช



จากสมการ Standard error of estimate จะได้ว่า $\sigma_{est}(linear) = 259.84$

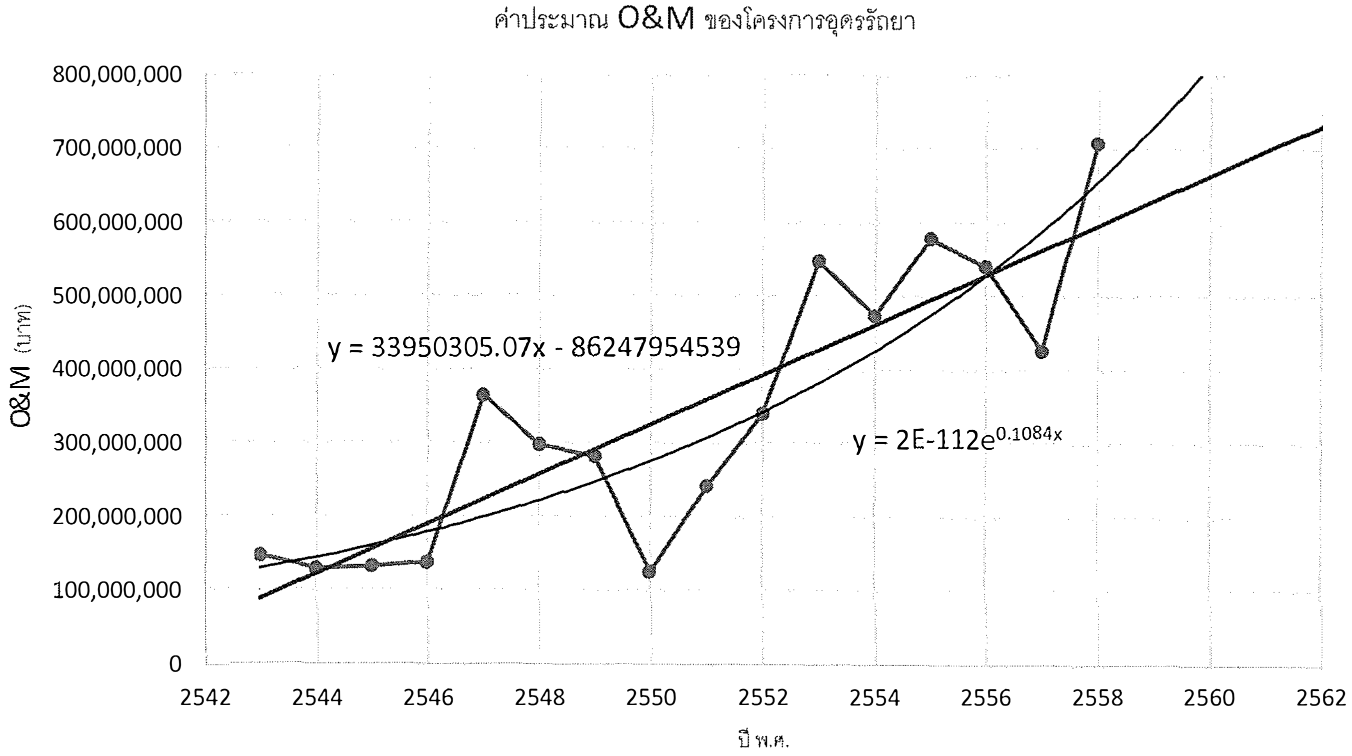
$\sigma_{est}(Expo) = 253.36$ นำไปใช้

จะเห็นว่า $\sigma_{est}(Expo)$ มีค่าน้อยกว่า $\sigma_{est}(linear)$ และค่าประมาณบน Exponential progression line สามารถเกิดขึ้นได้จริง จึงนำข้อมูลจาก Exponential progression line มาใช้ ได้ค่าประมาณของ O&M ของโครงการทางพิเศษศรีรัช ในปี 2547-2560 ตามข้อมูลที่แสดงในตาราง 4.2

เมื่อได้ค่าประมาณ O&M ของโครงการทางพิเศษศรีรัชทั้งหมดแล้ว เนื่องจากปี 2542-2558 มีโครงการดำเนินการเพียง 2 โครงการ คือ โครงการทางพิเศษศรีรัช และโครงการทางพิเศษอุดรรัถยา ดังนั้นเมื่อมี O&M ของโครงการทางพิเศษศรีรัช จึงสามารถหาค่า O&M ของโครงการทางพิเศษอุดรรัถยาในปี 2547-2558 ได้

โดยการนำ O&M ทั้งหมด หักออกด้วย O&M ของโครงการทางพิเศษศรีรัช ได้ค่าประมาณ O&M ของโครงการทางพิเศษอุดรรัถยาตามที่แสดงในตารางที่ 4.2

แต่เนื่องจากในปี 2559-2560 โครงการทั้งหมด 3 โครงการ โดยมี โครงการทางพิเศษศรีรัช โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา และมีโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอก (SOE) เพิ่มขึ้นมา เพื่อที่จะประมาณค่า O&M ของโครงการทางพิเศษ SOE จึงต้องประมาณค่า O&M ของโครงการทางพิเศษอุดรรัถยาในปี 2559-2560 เสียก่อน โดยการใช้ วิธีหาค่า Standard error of the estimate ของ Progression line ของโครงการทางพิเศษอุดรรัถยา โดยมีกราฟดังรูปที่ 4.18

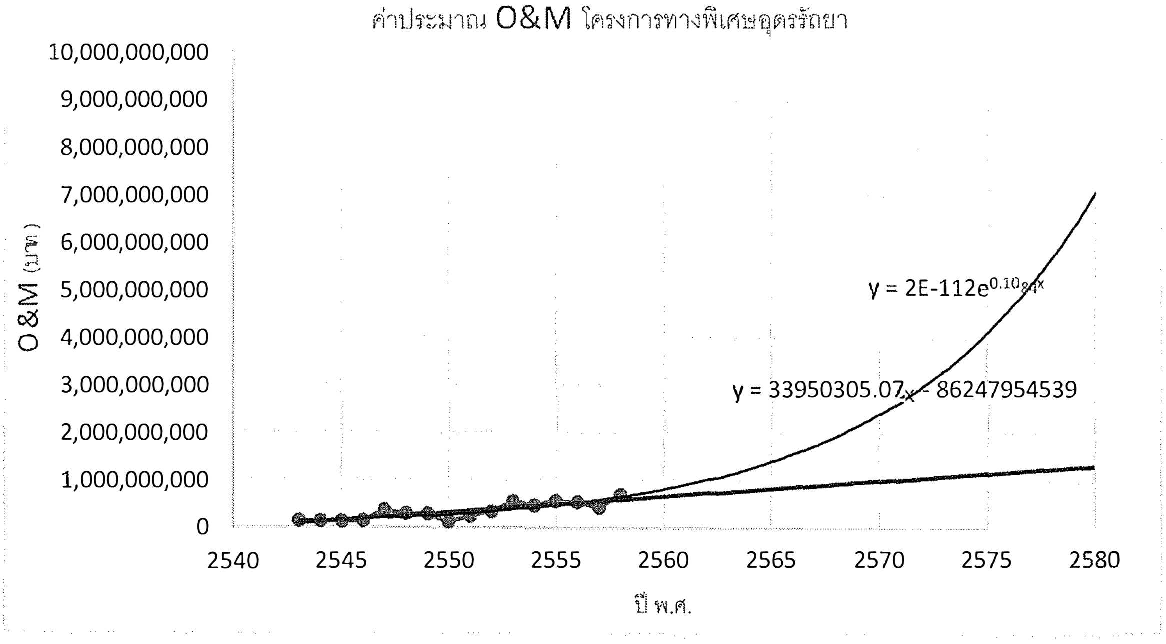


รูปที่ 4.17 กราฟประมาณค่า O&M ของโครงการอุดรรัถยา

จากสมการ Standard error of estimate จะได้ว่า $\sigma_{est}(linear) = 99.20$

$$\sigma_{est}(Expo) = 97.41$$

จะเห็นว่า $\sigma_{est}(Expo)$ มีค่าน้อยกว่า $\sigma_{est}(linear)$ ก็จริง แต่เมื่อมองดูค่าในอนาคต (ช่องปี 2560-2580) จะเห็นว่ากราฟมีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากเกินไป ทำให้ตัวเลขเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งในความเป็นจริงไม่น่าเป็นไปแบบนั้น



รูปที่ 4.18 กราฟประมาณค่า O&M ในอนาคตของโครงการอุดรรัถยา

ผู้ศึกษาจึงได้ใช้ Linear progression line เพื่อทำการประมาณค่า O&M ของโครงการทางพิเศษอุดรรัถยา ในปี 2559 และ 2560 ได้ค่าประมาณ 630,876,135 และ 664,826,440 บาท ตามลำดับ

เมื่อได้ค่าประมาณ O&M ครบแล้วทั้งโครงการทางพิเศษศรีรัช และโครงการทางพิเศษอุดรรัถยา ต่อสามารถประมาณค่า O&M ของโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวน (SOE) ได้ โดยใน Total O&M ในปี 2559-2560 หักออกด้วย O&M ของโครงการทางพิเศษศรีรัช และโครงการทางพิเศษอุดรรัถยา ได้ค่าประมาณ O&M ของโครงการทางพิเศษ SOE ในปี 2559-2560 เท่ากับ 238,975,697 และ 433,235,679 บาท ตามลำดับ

ปี พ.ศ.	ปริมาณจราจร (AADT)				Revenue (NPV)	True O&M (NPV)	Estimated O&M (NPV)	อัตราส่วน O&M ต่อ Revenue
	ส่วน A และ B	ส่วน C	ส่วน D	รวม				
2536	3,689	3,156		6,845	21,602,820	680,000,000		
2537	73,868	46,155		120,023	5,539,661,565	715,000,000		0.354
2538	91,227	26,340		117,567	3,096,714,780	750,000,000		0.324
2539	108,654	28,888		137,542	3,973,313,296	983,760,538		0.383
2540	211,551	42,257		253,808	10,725,164,656	795,245,647		0.178
2541	209,896	41,491		251,387	10,430,298,017	1,205,719,225		0.279
2542	196,398	74,155	7,628	278,181	20,628,512,055		*746,741,543*	*0.156*
2543	208,658	82,192	11,278	302,128	24,832,504,576	878,026,066		0.172
2544	220,030	89,925	19,619	329,574	29,636,941,950	700,351,488		0.127
2545	244,627	107,378	35,441	387,446	41,603,176,588	776,086,845		0.127
2546	259,736	118,449	60,097	438,282	51,914,064,618	964,990,086		0.142
2547	266,189	126,513	82,873	475,575	60,166,419,975		*907,000,000*	*0.127*
2548	271,676	128,147	99,892	499,715	64,036,978,105		*942,000,000*	*0.129*
2549	270,935	132,243	102,158	505,336	66,827,148,648		*981,000,000*	*0.140*
2550	289,172	138,949	138,911	567,032	78,788,529,368		*1,020,000,000*	*0.138*
2551	280,687	138,207	130,173	549,067	75,884,902,869		*1,060,000,000*	*0.150*
2552	280,949	142,647	128,859	552,455	78,806,048,385		*1,103,000,000*	*0.152*
2553	292,704	152,020	133,955	578,679	87,970,781,580		*1,147,000,000*	*0.151*
2554	308,297	164,977	144,361	617,635	101,895,569,395		*1,193,000,000*	*0.153*
2555	316,519	169,882	158,654	645,055	109,583,233,510		*1,240,000,000*	*0.164*
2556	324,135	176,857	163,539	664,531	117,526,959,067		*1,288,000,000*	*0.165*
2557	314,563	180,486	162,907	657,956	118,751,846,616		*1,340,000,000*	*0.164*
2558	232,451	187,450	178,124	598,025	112,099,786,250		*1,393,000,000*	*0.167*
2559	334,344	194,756	185,454	714,554	139,163,678,824		*1,448,000,000*	*0.165*
2560	327,273	186,076	192,439	705,788	131,330,207,888		*1,506,000,000*	*0.175*

ตาราง 4.14 สรุปข้อมูลโครงการทางพิเศษศรีรัช (ทางด่วนขั้นที่2) (ตัวเลขสีน้ำเงินตัวเอียงนั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการประมาณทางสถิติ ส่วนตัวเลขสีดำคือข้อมูลจริง)

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงการทางพิเศษศรีรัช

โครงการทางพิเศษศรีรัชมีระยะทั้งส่วน A B C และ D รวมเป็น 38.5 กิโลเมตร มีค่าก่อสร้างทั้งหมด 27,500 ล้านบาท (ข้อมูลปี 2535) เมื่อเปลี่ยนเป็นมูลค่าในปัจจุบันจะได้เท่ากับ 57,912 ล้านบาท หรือมีค่าก่อสร้างเท่ากับ 250.7 ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร

และเมื่อได้ค่าประมาณ O&M ในปีที่ 2536-2560 แล้ว ดังนั้นจึงมีข้อมูลเพียงพอที่จะวิเคราะห์ในขั้นต่อไปคือหาค่า Life-cycle Costs จากสมการ 3.2

$$LCC = \frac{\sum_{T=I}^{T=F} IC_T \times INF_T}{L \times n} + \frac{\sum_{T=IO}^{T=p} OM_T \times INF_T}{L \times n}$$

ดังนั้นจะได้ว่า โครงการทางพิเศษศรีรัช (ทางด่วนขั้นที่2)

- และมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเท่ากับ **250.7** ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร
- มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานจนถึงปัจจุบัน $LCC_{2ndstage} = \frac{55631}{38.5 \times 6} + \frac{25764}{38.5 \times 6}$ = **362.2** ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร
- มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs) ประมาณ **4.46** ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร

4.2.3 ตารางข้อมูลและผลการวิเคราะห์ของโครงการทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน–ปากเกร็ด)

ตาราง 4.15 สรุปข้อมูลของโครงการอุดรรัถยา(ทางด่วนสายบางปะอิน-ปากเกร็ด)

ปี พ.ศ.	ปริมาณจราจร (AADT)	Revenue (NPV)	True O&M (NPV)	Estimated O&M (NPV)	อัตราส่วน O&M ต่อ Revenue
2542	9,060	19,178,111		*8,964,146*	*0.467*
2543	15,501	332,900,733	146,358,241		0.440
2544	22,835	336,395,827	129,337,931		0.384
2545	32,569	464,717,966	132,226,109		0.285
2546	40,774	572,284,285	137,904,842		0.241
2547	48,338	718,253,934		*364,357,584*	*0.507*
2548	50,562	772,976,442		*297,876,640*	*0.385*
2549	52,035	760,355,706		*282,065,926*	*0.371*
2550	56,477	785,690,782		*125,719,351*	*0.160*
2551	53,167	732,867,229		*241,768,255*	*0.330*
2552	51,824	776,615,147		*341,265,921*	*0.439*
2553	53,839	792,589,880		*548,034,429*	*0.691*
2554	58,204	949,859,156		*474,107,311*	*0.499*
2555	56,442	914,341,333		*578,414,086*	*0.633*
2556	67,493	1,070,726,111		*541,765,760*	*0.506*
2557	38,830	1,198,786,807		*426,422,577*	*0.356*
2558	73,613	1,260,127,383		*709,151,692*	*0.563*
2559	81,035	1,398,868,409		*630,876,135*	*0.451*
2560	85,206	1,464,635,865		*664,826,440*	*0.454*

***หมายเหตุ ตัวเลขสีน้ำเงินตัวเอียงนั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการประมาณทางสถิติ ส่วนตัวเลขสีดำคือข้อมูลจริง

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงการทางพิเศษอุดรรัถยา

โครงการทางพิเศษอุดรรัถยาทั้งหมด 32 กิโลเมตร มี 4 ช่องจราจร มีค่าก่อสร้างทั้งหมด 12,700 ล้านบาท (ข้อมูลปี 2539) เมื่อเปลี่ยนเป็นมูลค่าในปัจจุบันจะได้เท่ากับ 22,366 ล้านบาท หรือมีค่าก่อสร้างเท่ากับ 174.74 ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร

และเมื่อได้ค่าประมาณ O&M ในปีที่ 2542-2560 แล้ว ดังนั้นจึงมีข้อมูลเพียงพอที่จะวิเคราะห์ในขั้นต่อไป คือหาค่า Life-cycle costs จากสมการ **3.2**

$$LCC = \frac{\sum_{T=I}^{T=F} IC_T \times INF_T}{L \times n} + \frac{\sum_{T=IO}^{T=p} OM_T \times INF_T}{L \times n}$$

ดังนั้นจะได้ว่า โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา

- และมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเท่ากับ **174.74** ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร
- มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานจนถึงปัจจุบัน $LCC_{UDON} = \frac{22366}{32 \times 4} + \frac{6781}{32 \times 4}$ = **227.7** ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร
- มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs) ประมาณ **2.79** ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร

4.2.4 ตารางข้อมูลและผลการวิเคราะห์ของโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ (SOE)

ตาราง 4.16 สรุปข้อมูลของโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ (SOE)

ปี พ.ศ.	ปริมาณจราจร (AADT)	Revenue (NPV)	True O&M (NPV)	Estimated O&M (NPV)	อัตราส่วน O&M ต่อ Revenue
2559	33,747	223,970,303		*238,975,697*	*1.067*
2560	47,090	863,147,985		*433,235,679*	*0.502*

***หมายเหตุ ตัวเลขสีน้ำเงินตัวเอียงนั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการประมาณทางสถิติ ส่วนตัวเลขสีดำคือข้อมูลจริง

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ (SOE)

โครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ มีระยะทางทั้งหมด 16.7 กิโลเมตร มี 6 ช่องจราจร มีค่าก่อสร้างทั้งหมด 22,500 ล้านบาท (ข้อมูลปี 2555) เมื่อเปลี่ยนเป็นมูลค่าในปัจจุบันจะได้เท่ากับ 23,965 ล้านบาท หรือมีค่าก่อสร้างเท่ากับ 239.18 ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร

และเมื่อได้ค่าประมาณ O&M ในปีที่ 2559-2560 แล้ว ดังนั้นจึงมีข้อมูลเพียงพอที่จะวิเคราะห์ในขั้นต่อไป คือหาค่า Life-cycle costs จากสมการ 3.2

$$LCC = \frac{\sum_{T=I}^{T=F} IC_T \times INF_T}{L \times n} + \frac{\sum_{T=IO}^{T=p} OM_T \times INF_T}{L \times n}$$

ดังนั้นจะได้ว่าโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ

- และมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเท่ากับ **239.2** ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร
- มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานจนถึงปัจจุบัน $LCC_{SOE} = \frac{23965}{16.7 \times 6} + \frac{672}{16.7 \times 6}$ = **245.9** ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร
- มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs) ประมาณ **3.35** ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร

4.6 สรุปข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ของแต่ละโครงการ

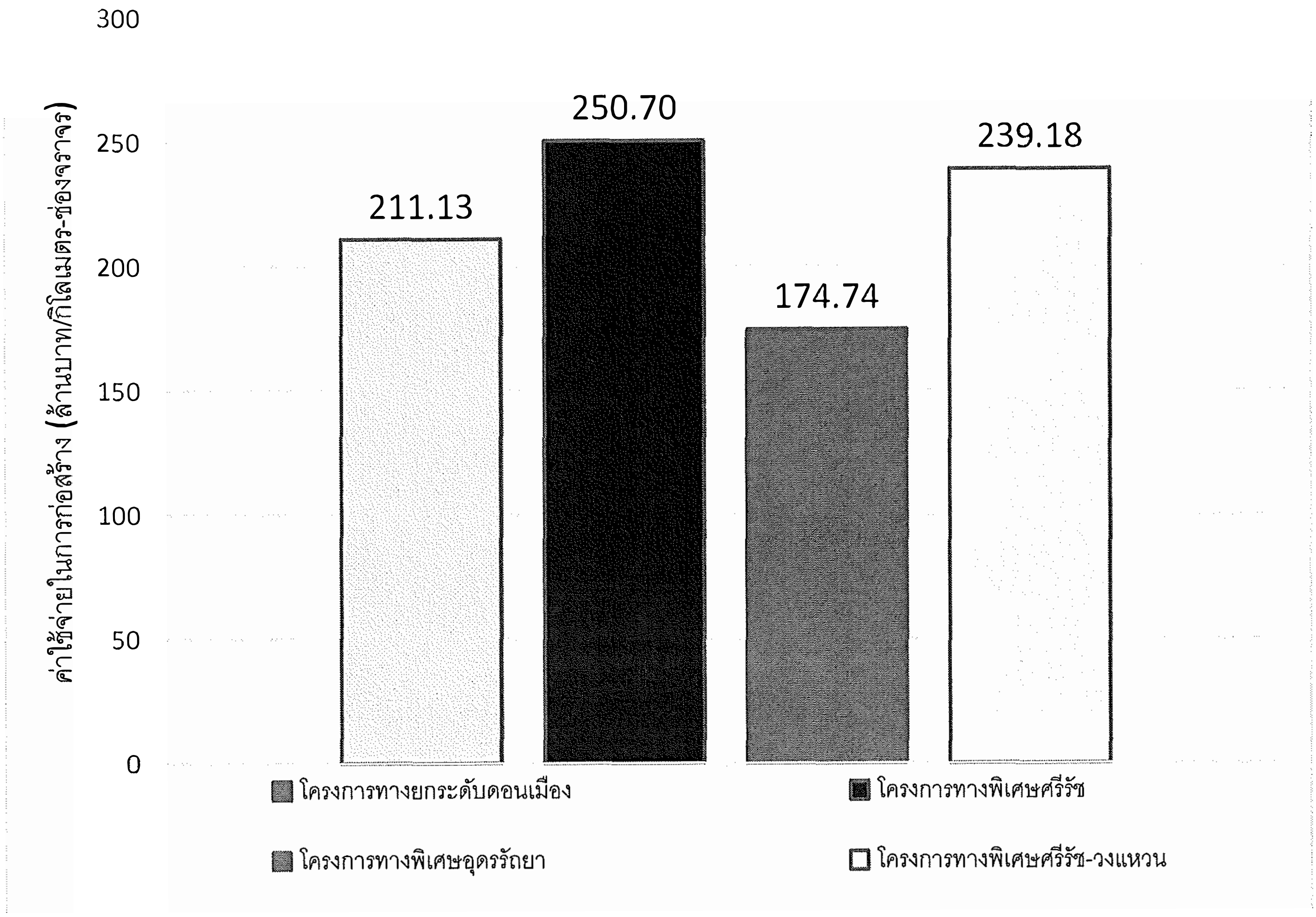
ตาราง 4.17 สรุปข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ของแต่ละโครงการ

โครงการ	ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs) ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่อปี (Annual O&M costs) ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร	ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานจนถึงปัจจุบัน ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร
โครงการทางยกระดับดอนเมือง	211.13	4.42	299.53
โครงการทางพิเศษศรีรัช (โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2)	250.70	4.46	362.23
โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน–ปากเกร็ด)	174.74	2.79	227.72
โครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ	239.18	3.35	245.89

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

4.6.1 การวิเคราะห์เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (CONSTRUCTION COSTS)

รูปที่ 4.19 แผนภูมิแสดงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs)



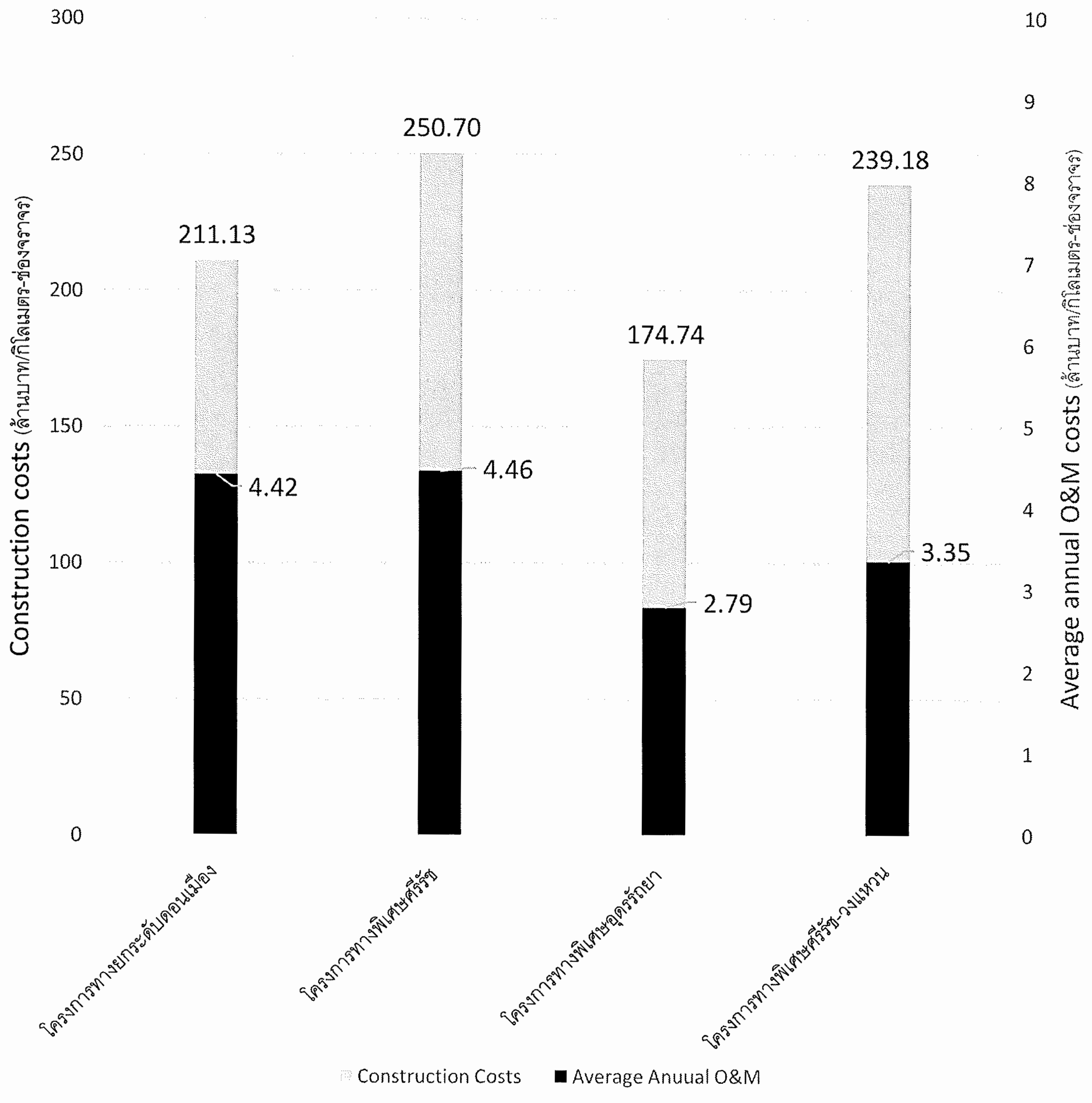
จากรูปที่ 4.19 จะเห็นว่าโครงการทางพิเศษศรีรัชและโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวน มีค่าก่อสร้างที่ใกล้เคียงกัน อาจเป็นเหตุมาจากบริษัทผู้รับเหมาเจ้าเดียวกันคือ บริษัท ช.การช่าง จำกัด(มหาชน) ทำให้มีความสามารถในการบริหารจัดการทรัพยากรที่ใกล้เคียงส่วน ส่วนโครงการทางพิเศษอุดรรัถยานั้น ผู้รับเหมาคือ บริษัท ช.การช่าง จำกัด(มหาชน) เช่นเดียวกัน แต่ว่าค่าก่อสร้างต่ำกว่าโครงการทางพิเศษศรีรัชและโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวน มากพอสมควร โดยเป็นเหตุมาจาก โครงการทางพิเศษศรีรัชและโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนก่อสร้างเป็นทางยกระดับตลอดความยาว ส่วนโครงการทางพิเศษอุดรรัถยามีส่วนที่เป็นระดับดิน (ระดับดิน 17.5 กม. จากทั้งหมด 32 กม.) โดยถ้าตั้งสมมติฐานว่าทางยกระดับของโครงการทางพิเศษอุดร-รัถยา

มีค่าก่อสร้างประมาณ 245 ล้านบาท (In present value , เป็นค่าเฉลี่ยของโครงการโครงการทางพิเศษศรีรัช และโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวน) จะได้ค่าก่อสร้างทางพิเศษในระดับดินของโครงการทางพิเศษอุดรรัถยา อยู่ที่ประมาณ 116.5 ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร

ในส่วนของโครงการทางยกระดับดอนเมืองนั้น มีตัวเลขค่าก่อสร้างที่น้อยกว่า (เมื่อเทียบกับโครงการทางพิเศษศรีรัชและโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวน) แม้จะมี 6 ช่องจราจร และมีลักษณะการก่อสร้างเป็นแบบ Precast concrete, Segment box girder เหมือนกัน แต่บริษัทรับเหมาก่อสร้างเป็นบริษัทอื่นที่ไม่ใช่ บริษัท ช.การช่าง จำกัด(มหาชน) ทำให้คาดการณ์ได้ว่า บริษัทดังกล่าวนั้นมีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรก่อสร้างที่ดีกว่า ผลที่ตามมาคือทำให้มีค่าก่อสร้างน้อยลงนั่นเอง

4.6.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs) กับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs)

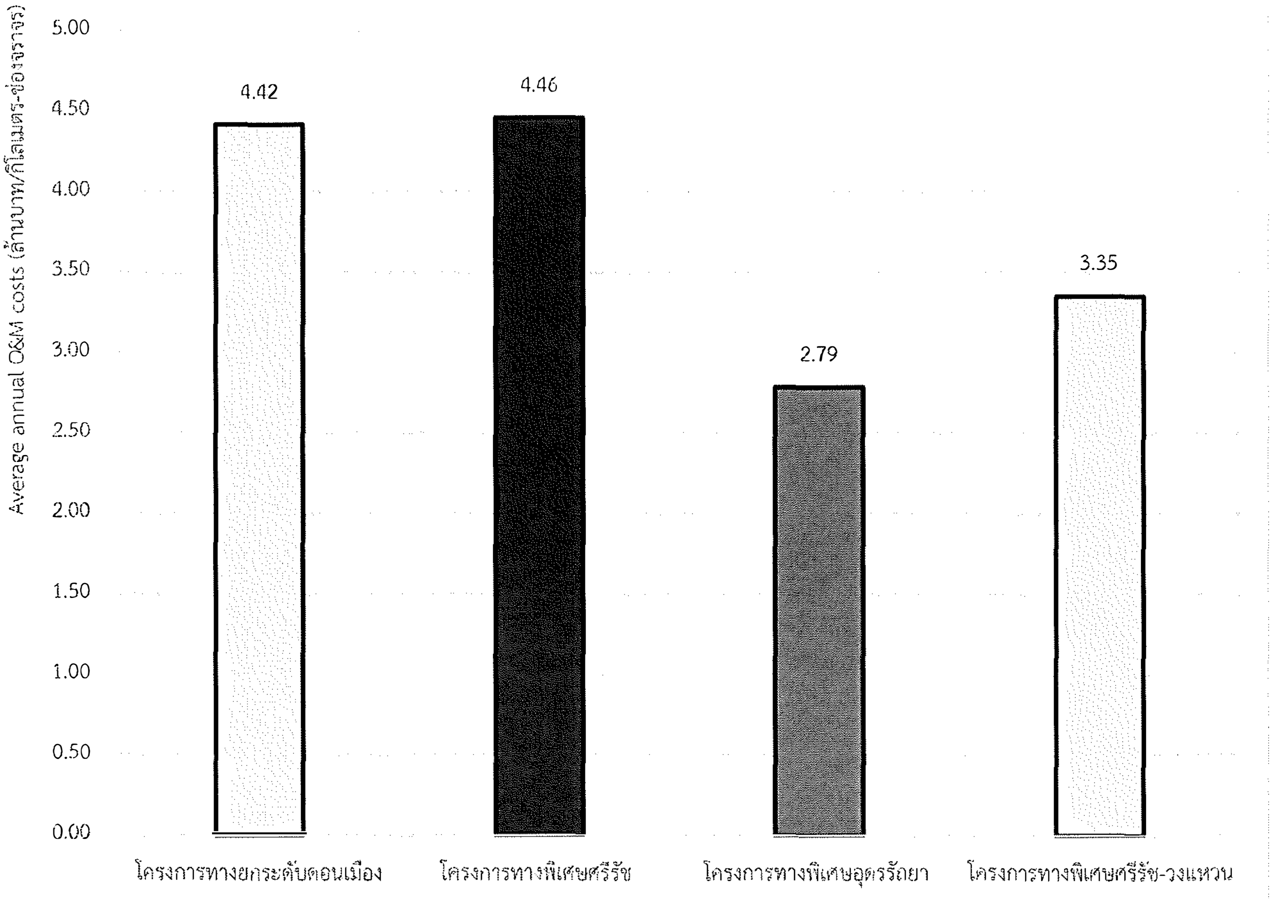
รูปที่ 4.20 แผนภูมิเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs) กับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs)



จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมาก จะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (O&M costs) ในระยะยาวได้ แต่ในความเป็นจริง ข้อความข้างต้นนั้นไม่เป็นจริงเท่าใดนัก จากรูปที่ 4.20 จะเห็นแนวโน้มว่า โครงการที่มีค่าก่อสร้างที่มาก จะยิ่งมี O&M costs ที่มากตามไปด้วย เพราะว่าในความจริงนั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้ค่า O&M costs สูงขึ้น โดยไม่ขึ้นกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเลย เช่น ปริมาณจราจร (ยิ่งมีรถมาก O&M costs ก็ควรจะมากตามไปด้วย) หรืออาจจะเป็นความสามารถในการก่อสร้างของบริษัทผู้รับเหมาในตอนแรก โดยข้อมูลในตารางแสดงให้เห็นว่าโครงการทางยกระดับดอนเมืองมีค่าก่อสร้างที่น้อยกว่าโครงการทางพิเศษศรีรัช แต่กลับมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปีใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า โครงสร้างพื้นฐานที่มีค่าก่อสร้างสูงกว่าไม่จำเป็นต้องมีค่า O&M costs น้อยกว่าเสมอไป เมื่อเทียบกับโครงสร้างพื้นฐานชนิดเดียวกันและมีค่าก็สร้างที่น้อยกว่า

4.6.3 การวิเคราะห์เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (AVERAGE ANNUAL O&M COSTS) ของแต่ละโครงการ

รูปที่ 4.21 แผนภูมิแสดงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs)



จากรูปที่ 4.21 วิเคราะห์ได้ว่า

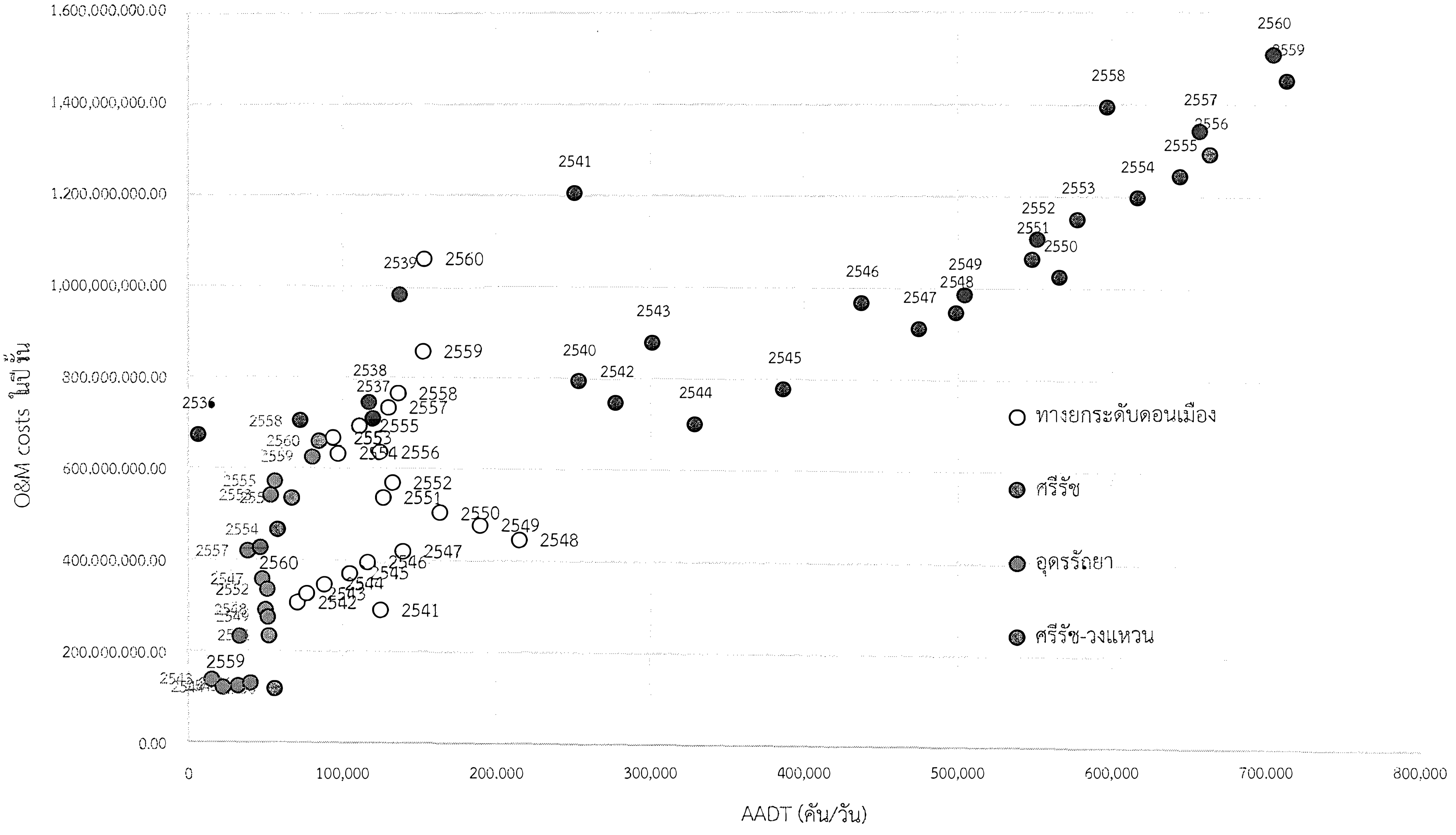
- โครงการทางยกระดับดอนเมือง และโครงการทางพิเศษศรีรัช นั้นมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปีใกล้เคียงกัน คือ 4.42 และ 4.46 ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร ตามลำดับ เหตุผลน่าจะมีจากโครงสร้างที่เป็นแบบ Precast concrete และ Segment box girder และมีขนาดช่องจราจรเท่ากัน (6 ช่องจราจร)
- โครงการทางพิเศษอุดรรัถยามีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปีน้อยกว่าโครงการอื่นที่ 2.79 ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร น่าจะเป็นผลมาจากโครงการทางพิเศษ

อุดรรัถยานั้นมีส่วนที่เป็นทางระดับดิน 17.5 กิโลเมตร จากทั้งหมด 32 กิโลเมตร ทำให้คาดการณ์ได้ว่า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาของโครงสร้างระดับดินนั้นน้อยกว่าในทางยกระดับ

- ในส่วนของโครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนนั้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปีน้อยกว่าโครงการอื่นที่ 3.35 ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร เหตุผลน่าจะมาจากเป็นโครงการที่เพิ่งก่อสร้างเสร็จเพียง 2 ปี ทำให้โครงสร้างยังอยู่ในสภาพที่ดีมากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาน้อยกว่าโครงการอื่นซึ่งมีอายุถึง 20 ปี

4.7 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (AADT) กับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่อปี (ANNUAL O&M COSTS)

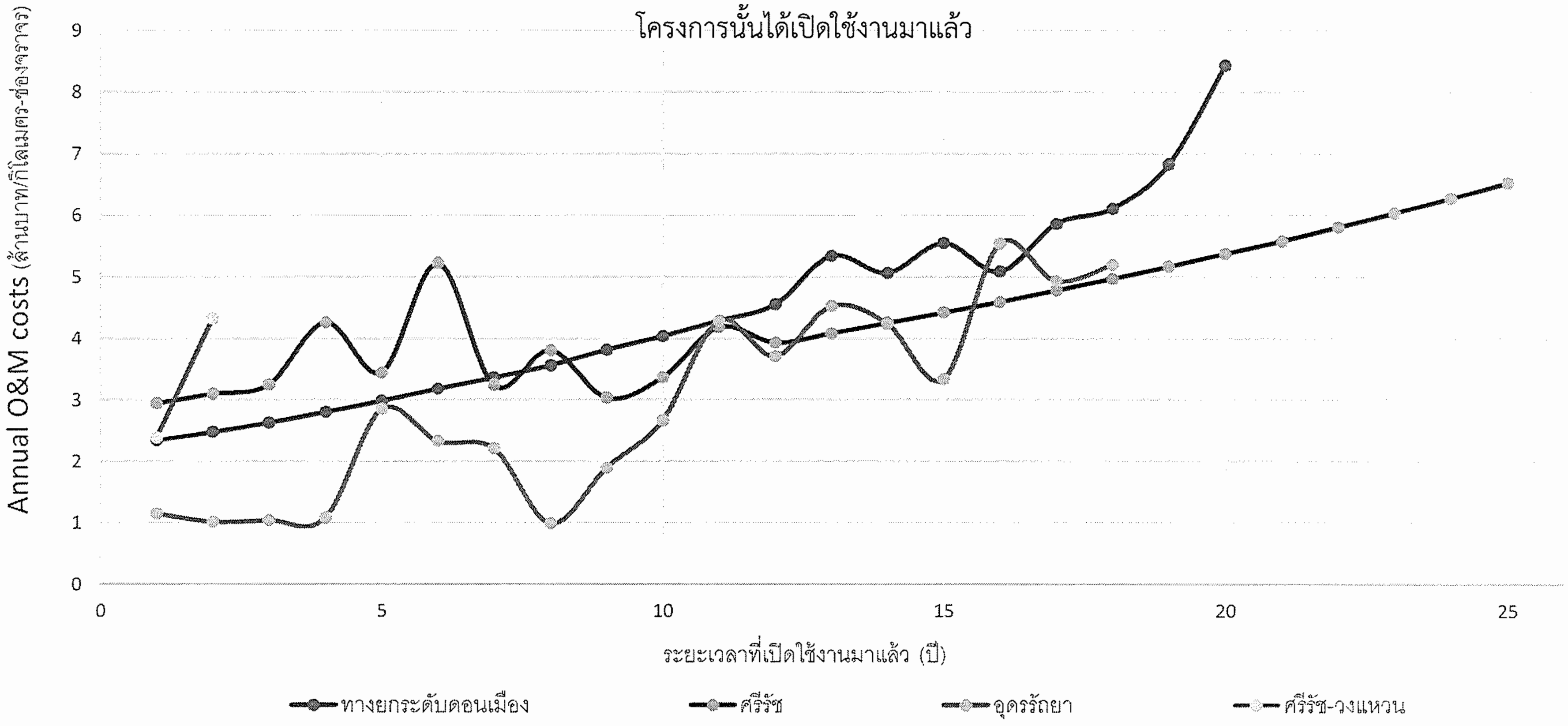
รูปที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (AADT) กับ O&M costs



จากสมมติฐานที่คาดการณ์ว่ายิ่งปริมาณจราจร (AADT) มาก ก็จะให้มี O&M costs มากขึ้นไปด้วย จากรูปที่ 4.22 ทำให้สามารถประเมินได้ว่า ข้อความดังกล่าวจริง คือยิ่งมีปริมาณจราจรมาก จะทำให้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษามากขึ้นไปด้วย โดยสังเกตได้จาก ทางพิเศษศรีรัช ที่มี AADT สูงกว่าโครงการอื่นมาก แต่ O&M costs กลับเพิ่มขึ้นแต่ไม่มาก ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่า AADT ที่มากขึ้น จะทำให้มี O&M costs เพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ไม่ได้มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง โดยยกตัวอย่างข้อมูลของโครงการทางพิเศษศรีรัช มีปริมาณการจารจร มากกว่าโครงการทาง -ยกระดับดอนเมือง 5-6 เท่า แต่กลับมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปี (Average annual O&M costs) มากกว่าเพียงเล็กน้อย โดยยังทำให้ประเมินได้อีกว่า โครงการทางพิเศษศรีรัชอาจมีการก่อสร้างที่ดีกว่าโครงการทางยกระดับดอนเมือง (โดยมีค่าก่อสร้างมากกว่าร้อยละ 18.7) ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาที่น้อยกว่าได้ แต่ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องด้วยคือ ระยะเวลาที่โครงการนั้นเปิดงานมาแล้ว โดยเมื่อยิ่งเปิดใช้งานมานาน ก็จะยิ่งมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษามากขึ้นตามไปด้วย โดยจะกล่าวถึงในหัวข้อ 4.8

4.8 การวิเคราะห์เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่อปี (ANNUAL O&M COSTS) ตามระยะเวลาที่เปิดใช้งานมาแล้ว

รูปที่ 4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการดาเนินการและบารุงรักษาต่อปี (Annual O&Mcosts) เทียบกับระยะเวลาที่โครงการนั้นได้เปิดใช้งานมาแล้ว



จากกรูปที่ 4.23 แสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่อปี (Annual O&M costs) ของโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมที่เป็นถนนคอนกรีตนั้น จะเพิ่มขึ้นตามอายุของโครงสร้างพื้นฐานนั้น โดยเหตุผลน่าจะมาจาก การเสื่อมสภาพของโครงสร้างพื้นฐานที่มีอัตราเพิ่มขึ้น ทำให้ O&M costs เพิ่มขึ้นไปด้วย หรืออาจเป็นผลมาจากการขยายตัวของบริษัท ดูได้จากข้อมูลของทางยกระดับดอนเมือง ที่ในช่วง5ปีหลัง (2555-2560) นั้นมี O&M costs มากขึ้นอย่างรวดเร็ว

โดยมีผลการวิเคราะห์ที่ได้ คือ ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่อปี (Annual O&M costs) รวมถึงค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life-cycle costs) โดยตัวเลขที่ได้เป็นข้อมูลที่ได้จากการประมาณเท่านั้น เนื่องจากแหล่งข้อมูลที่ได้นั้นไม่ใช่ข้อมูลโดยตรง โดยข้อมูลที่ได้จะหามาจากรายงานประจำปีและเอกสารเผยแพร่ของบริษัทที่ทำการดูแลโครงการนั้น รวมถึงข้อมูลบางส่วนที่ได้รับจากการทางพิเศษแห่งประเทศไทย โดยผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังนี้

โครงการ	ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs) ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่อปี (O&M) ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร	Life-Cycle costs ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร
โครงการทางยกระดับดอนเมือง	211.13	4.42	299.53
โครงการทางพิเศษศรีรัช (โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2)	250.70	4.46	362.23
โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน–ปากเกร็ด)	174.74	2.79	227.72
โครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ	239.18	3.35	245.89

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปต้นทุนที่ใช้ในการก่อสร้างและดำเนินงานและบำรุงดูแลรักษา

จากผลการศึกษาในบทที่ 4 สามารถนำมาสรุปต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินงานและบำรุงรักษาของโครงการโครงสร้างพื้นฐานกรณีศึกษาทั้ง 6 โครงการ ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปต้นทุนในการก่อสร้าง (Construction cost) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงดูแลรักษา (O&M) คิดเป็นมูลค่าปัจจุบัน ณ ปี 2560 (หน่วย: *ล้านบาท/กิโลเมตร-ช่องจราจร*)

โครงการ	ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่อปี	Life-cycle costs
โครงการที่พัฒนาโดยรัฐ			
1. ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7	45.42	0.71	58.26
2. ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 9	56.12	0.97	73.63
โครงการที่พัฒนาในรูปแบบการร่วมลงทุน หรือ PPP			
1. โครงการทางยกระดับดอนเมือง	211.13	4.42	299.53
2. โครงการทางพิเศษศรีรัช (โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2)	250.70	4.46	362.23
3. โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา	174.74	2.79	227.72
4. โครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ	239.18	3.35	245.89

จากตารางที่ 5.1 พบว่าโครงการที่พัฒนาโดยรัฐทั้ง 2 โครงการมีต้นทุนค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่าโครงการที่เป็นการร่วมลงทุน ทั้งนี้เหตุผลก็เนื่องจากโครงการของรัฐทั้ง 2 เป็นแบบ Flexible pavement ที่ระดับพื้นดิน ส่วนโครงการ PPP (ยกเว้น โครงการทางพิเศษอุดรรัถยาซึ่งมีการก่อสร้างทั้งแบบ Elevated rigid pavement และแบบ Flexible pavement) เป็นแบบ Rigid pavement ส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและดูแลรักษาก็

พบว่าโครงการของรัฐทั้ง 2 โครงการมีต้นทุนต่อปีต่ำกว่าโครงการที่เป็น PPP อย่างไรก็ตามเนื่องจาก Design life cycle ของ Flexible pavement และ Rigid pavement ไม่เท่ากัน การเปรียบเทียบค่าต้นทุนค่าก่อสร้างที่ได้ในตาราง 5.1 จำเป็นต้องปรับแก้ให้โครงการมีอายุการใช้งานที่เท่ากัน และในทำนองเดียวกันต้นทุนในการดำเนินงานและดูและบำรุงรักษาก็ต้องเปรียบเทียบที่จำนวนปีในการดำเนินงาน (อายุโครงการ) ที่เท่ากัน อายุโครงการกรณีศึกษาทั้ง 6 โครงการ แสดงได้ตามตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร และอายุโครงการ

โครงการ	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่อปี	อายุโครงการ
โครงการที่พัฒนาโดยรัฐ		
1. ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7	0.71	18
2. ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 9	0.97	18
โครงการที่พัฒนาในรูปแบบการร่วมลงทุน หรือ PPP		
1. โครงการทางยกระดับดอนเมือง	4.42	24
2. โครงการทางพิเศษศรีรัช (โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2)	4.46	25
3. โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา	2.79	19
4. โครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ	3.35	2

5.2 สรุปต้นทุนรวมที่ใช้ในการให้บริการต่อผลผลิต

จากสมมติฐานที่กล่าวว่าโครงการโครงสร้างพื้นฐาน ไม่ว่าจะพัฒนาในรูปแบบใด (รูปแบบที่รัฐดำเนินการเองทั้งหมด หรือในรูปแบบที่เป็นความร่วมมือระหว่างรัฐและเอกชน) ระดับของปริมาณผลผลิต (Level of output) ที่ได้ควรจะไม่แตกต่างกัน นั่นคือโครงการควรมีประสิทธิผล (Effectiveness) ในระดับเดียวกัน ดังนั้นหากจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพ (Efficiency) ในการดำเนินงานก็ควรเปรียบเทียบที่ต้นทุนที่ใช้ในการให้บริการ ณ ที่ระดับการให้บริการที่เท่ากัน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้นำผลผลิตของโครงการ ซึ่งก็คือปริมาณจราจรทั้งหมดที่ได้ให้บริการจนถึงปัจจุบัน (ปี 2560)

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการวิเคราะห์ต้นทุนของการให้บริการต่อคัน (Baht spent per vehicle serviced) ของโครงการกรณีศึกษาทั้ง 6 โครงการ (ยกเว้นโครงการ โครงการทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ ที่ไม่นำมาวิเคราะห์ด้วย เนื่องจากเพิ่งเปิดให้บริการ)

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ต้นทุนของการให้บริการต่อคัน (Baht spent per vehicle serviced)

โครงการ	ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction costs) และดำเนินงานและดูแลรักษา (O&M) (บาท)	ปริมาณจราจรรวมที่ได้ให้บริการไปแล้ว (คัน)	ต้นทุนของการให้บริการต่อคัน (บาทต่อคัน)
โครงการที่พัฒนาโดยรัฐ			
1. ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7	28,655,261,484	746,942,739	38.36
2. ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 9	29,330,687,069	981,383,072	29.89
เฉลี่ยต้นทุนของการให้บริการต่อคัน			***34.13***
โครงการที่พัฒนาในรูปแบบการร่วมลงทุน หรือ PPP			
1. โครงการทางยกระดับดอนเมือง	37,739,950,369	1,062,207,305	35.53
2. โครงการทางพิเศษศรีรัช	83,668,200,000	3,998,277,890	20.93
3. โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา	22,723,120,000	345,948,460	65.68
เฉลี่ยต้นทุนของการให้บริการต่อคัน			***40.71***

จากผลการวิเคราะห์ที่แสดงในตารางที่ 5.3 พบว่า โครงการที่มี "ต้นทุนของประสิทธิผล (Cost-effectiveness)" หรือ "ประสิทธิภาพ (Efficiency)" ในการดำเนินงานที่ดีที่สุดคือ *โครงการทางพิเศษศรีรัช* ซึ่งมีต้นทุนเฉลี่ยของการให้บริการต่อคันที่ประมาณ **20.93 บาทต่อคัน** (มูลค่าปัจจุบัน ปี 2560) ซึ่งเป็นโครงการที่เป็นความร่วมมือระหว่างรัฐและเอกชน (PPP) ส่วนโครงการที่มีต้นทุนเฉลี่ยของการให้บริการต่อคันสูงสุดคือ *โครงการทางพิเศษอุดรรัถยา* ที่ประมาณ **65.68 บาทต่อคัน** (มูลค่าปัจจุบัน ปี 2560)

หากเปรียบเทียบต้นทุนในการให้บริการต่อคันระหว่างโครงการที่รัฐดำเนินการเองทั้งหมด และโครงการที่เป็นแบบ PPP พบว่า โครงการที่พัฒนาและดำเนินการโดยรัฐมีต้นทุนต่อคันที่ต่ำกว่าโครงการที่เป็นแบบ PPP โดยโครงการของรัฐมีต้นทุนเฉลี่ยของการให้บริการที่ประมาณ **34.13 บาทต่อคัน** ส่วนต้นทุนเฉลี่ยของโครงการประเภท PPP มีค่าประมาณ **40.71 บาทต่อคัน**

5.3 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

การพัฒนาเศรษฐกิจในปัจจุบันจำเป็นต้องพึ่งพาระบบโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญ เช่น ระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่ง โครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน เป็นต้น ซึ่งโดยปกติแล้วรัฐมีหน้าที่ในการจัดหาโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญเหล่านี้ แต่ด้วยข้อจำกัดหลายด้านของภาครัฐ เช่น การมีงบประมาณที่จำกัด เป็นต้น นอกจากนี้แล้ว ยังมีเหตุผลในเรื่องของประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการดำเนินงานของภาคเอกชน ทำให้ที่ผ่านมาภาครัฐได้เปิดโอกาสให้เอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ

แนวคิดของการวัดประสิทธิภาพของการดำเนินโครงการโครงสร้างพื้นฐานมีหลากหลาย โดยแนวคิดของ “ต้นทุนของประสิทธิผล (Cost-effectiveness)” ได้มีการนำมาใช้ประเมินสรรถนะของโครงการโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่ง ต้นทุนของประสิทธิผล (Cost-effectiveness) ของโครงการคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่าย<u>ในการจัดหาหรือให้บริการต่อหน่วยผลผลิตที่โครงการต้องการ</u> ซึ่งนิยมใช้ในการประเมินสมรรถนะ (Performance) ของโครงการโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่ง นักวิจัยบางคน เช่น Cruz and Marques (2013) ยังเชื่อว่าไม่ว่าโครงการโครงสร้างพื้นฐานจะถูกพัฒนาโดยใคร (เอกชน หรือรัฐ) ปริมาณผลผลิต (Output) ของโครงการก็ไม่ควรจะแตกต่างกัน นั่นคือ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานได้ตอบโจทย์ของการตัดสินใจลงทุนเพื่อให้บริการกับประชาชนในระดับของการให้บริการที่ได้ออกแบบไว้ (Designed level of service) ดังนั้น เมื่อผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับอยู่ในระดับปริมาณเดียวกัน สิ่งที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ระหว่างการพัฒนาโดยรัฐและเอกชนก็คือ <u>ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการให้บริการต่อหน่วย</u> นั่นเอง หากประเมิน ณ ระดับการให้บริการที่เท่ากัน (same level of services or outputs) แล้วนำเฉพาะต้นทุนค่าใช้จ่ายมาเปรียบเทียบกัน ก็จะสามารถประเมินสมรรถนะของการพัฒนาโครงการระหว่างหน่วยงานที่ต่างกันได้ เช่น หน่วยงานของรัฐและเอกชน เป็นต้น

ในเรื่องมุมมองหรือความเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการดำเนินงานของภาคเอกชน ผู้วิจัยพบว่ายังขาดข้อมูลเชิงปริมาณที่ยืนยันถึงความเชื่อดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับต้นทุนและค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวกับการพัฒนาโครงการที่รัฐดำเนินการเองทั้งหมด และที่เป็นแบบ PPP แม้ว่างานวิจัยนี้จะรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่อย่างกระจัดกระจาย และข้อมูลบางอย่างได้ความอนุเคราะห์จากเจ้าของโครงการ แต่การศึกษานี้ก็ถือเป็นจุดเริ่มต้นในการจัดเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ถึงประมาณการต้นทุนในการให้บริการของโครงการกรณีศึกษาทั้ง 6 โครงการ โดยผลการศึกษานี้พบว่า โครงการที่เอกชนดำเนินการไม่ได้มีประสิทธิภาพดีกว่ารัฐเสมอไป ในบางโครงการรัฐมีประสิทธิภาพในการดำเนินการมากกว่าโครงการที่เป็นความร่วมมือระหว่างรัฐและเอกชน เช่น โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 9 มีต้นทุนของประสิทธิผล (Cost-effectiveness) ประมาณ **29.89 บาทต่อคัน** น้อยกว่า โครงการทางยกระดับดอนเมือง ซึ่งมีต้นทุนของประสิทธิผล (Cost-effectiveness) ประมาณ **35.53 บาทต่อคัน** เป็นต้น

ผู้วิจัยยอมรับว่าโครงการที่เปรียบเทียบอาจมีความแตกต่างกันในหลายปัจจัย เช่น ตำแหน่งทำเลที่ตั้งโครงการ โครงสร้างขององค์การ เป็นต้น ซึ่งโครงการโครงสร้างพื้นฐานก็เหมือนกับโครงการอื่นทั่ว ๆ ไป ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ (Uniqueness) ไม่มีโครงการใดเหมือนกันทุกอย่าง ทำให้การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างรัฐและเอกชนในการศึกษานี้ย่อมมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของการศึกษานี้

สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตที่สามารถดำเนินการต่อจากงานวิจัยนี้ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูลในปีปัจจุบันและในปีต่อไป อีกทั้งสามารถเพิ่มโครงการกรณีศึกษาให้ครอบคลุมมากขึ้น เพื่อให้ผลการศึกษามีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

AACE (2016). Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, And Construction for The Process Industries, AACE International Recommended Practice No. 18R-97

Akbiyikli, Rifat and D. Eaton. (2006). Operation and Maintenance (O&M) Management in PFI Road Projects in the UK. In: Boyd, D (Ed) Proceedings from the 22nd Annual ARCOM Conference, Birmingham, UK.

Atif Ansar, Bent Flyvbjerg, Alexander Budzier, Daniel Lunn; Does infrastructure investment lead to economic growth or economic fragility? Evidence from China, Oxford Review of Economic Policy, Volume 32, Issue 3, 1 January 2016, Pages 360–390, https://doi.org/10.1093/oxrep/grw022

Chasey, Allan D., William E. Maddex and Ankit Bansal. (2012). A Comparison of Public-Private Partnerships and Traditional Procurement Methods in North American Highway Construction. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Issue 2268, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 26–32.

Cruz and Marques (2013). *Infrastructure Public-Private Partnerships: Decision, Management and Development*. Springer, NY.

Kokkaew, N. (2013). Thailand's New Public Private Partnership Law: A Cure to the Problem? European Procurement & Public Private Partnership Law Review, (2), pp. 143-150.

Kunishima, M. and Shoji, M. (1996) *The principles of construction management*. Sankaido, Tokyo.

Kuprenas, J. A., P.E. (2008). Influence of quality on construction costs. *AACE International Transactions*, , CS51-CS59. Retrieved from https://search.proquest.com/docview/208193089?accountid=15637

Liu, Junxiao, Peter E. D. Love, Peter R. Davis, Jim Smith, and Michael Regan. (2014). Conceptual Framework for the Performance Measurement of Public-Private Partnerships. Journal of Infrastructure Systems, DOI: 10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000210.

Martinez, Sergio E., Andrea Hall, C. Michael Walton, and Megan Mosebar. (2014). Public Private Partnerships in the U.S. Transportation Sector: Stakeholder Perceptions. Presented at 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

Martinez Sergio E. and Walton M. (2015). The Efficiency Claim of Public-Private Partnerships: A Look into Project Operations and Maintenance Costs, Proceedings of the Second International Conference on Public-Private Partnerships. Austin, Texas, May 26–29, 20

Rosenfeld, Y. (2009). Cost of quality versus cost of non-quality in construction: The crucial balance. *Construction Management and Economics*, 27(2), 107. Retrieved from https://search.proquest.com/docview/213274966?accountid=15637

Sherif, Y. S., and Kolarik, W. J. (1981), Life Cycle Costing: Concept and Practice, OMEGA, 9,. 3, pp. 287-296.

The World Bank. (2006). Procurement of Works and Services under Output- and Performance-based Road Contracts. Washington, D.C.

Zhang, Z., Qiang B., and Samuel L. (2013). General Framework for Evaluating Long- Term Leasing of Toll Roads. Case Study of Indiana I-90 Highway. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 245, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 83–91.

ภาคผนวก

ตารางที่ ผ.1 อัตราเงินเฟ้อรายปีและตัวคูณปรับแก้ค่าเงิน (ที่มา:ธนาคารแห่งประเทศไทย)

ปี	อัตราเงินเฟ้อ	ตัวคูณปรับแก้ค่าเงิน
2537	0.0501	1.875791
2538	0.0579	1.773127
2539	0.059	1.674341
2540	0.056	1.58555
2541	0.0807	1.467151
2542	0.0031	1.462617
2543	0.016	1.439584
2544	0.016	1.416913
2545	0.007	1.407064
2546	0.018	1.382184
2547	0.027	1.345847
2548	0.045	1.287891
2549	0.047	1.230078
2550	0.023	1.202422
2551	0.055	1.139737
2552	-0.009	1.150087
2553	0.033	1.113347
2554	0.038	1.072589
2555	0.03	1.041348
2556	0.022	1.018932
2557	0.019	0.999933
2558	-0.009	1.009014
2559	0.002	1.007000
2560	0.007	1.000000