การประมาณระยะเวลาก่อสร้างด้วยวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงซ้อนสำหรับงานบำรุงทาง : กรณีศึกษา สำนักทางหลวงที่ 5 (ขอนแก่น)

นายธีรวัฒน์ พีระพัฒนพงษ์

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2554

การประมาณระยะเวลาก่อสร้างด้วยวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงซ้อนสำหรับงานบำรุงทาง : กรณีศึกษา สำนักทางหลวงที่ 5 (ขอนแก่น)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับโครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบโครงงาน

_____

(ผศ. ดร.อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์)

ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน)

_____

(ผศ. ดร.ปรียาพร โกษา)

กรรมการ

_____

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ธีรวัฒน์ พีระพัฒนพงษ์ : การประมาณระยะเวลาก่อสร้างด้วยวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงซ้อนสำหรับงานบำรุงทาง : กรณีศึกษา สำนักทางหลวงที่ 5(ขอนแก่น) (THE ESTIMATION OF CONSTRUCTION PROJECT TIME FOR HIGHWAY MAINTENACE USING MULTIPLE REGRESSION ANALYSES : CASE STUDY BUREAU OF HIGHWAY 5 KHONKAEN) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วชรภูมิ เบญจโอฬาร

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างสำหรับงานบำรุงทางในงานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์โดยวิธี PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING สำหรับใช้ประมาณระยะเวลาในเบื้องต้นเพื่อวางแผนโครงการ โดยใช้การกำหนดกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานจากนั้นพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้างของกลุ่มงานนั้นๆ แล้วทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาก่อสร้างและปัจจัยต่างๆดังกล่าวจากโครงการก่อสร้างที่แล้วเสร็จจำนวน15โครงการเพื่อนำไปวิเคราะห์โดยวิธีสมการถดถอยเชิงซ้อนเพื่อสร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างของกลุ่มงานเตรียมการ กลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ กลุ่มงานผิวทาง กลุ่มงานตีเส้นจราจร ระยะเวลาเหลื่อม Aและระยะเวลาเหลื่อม B

ผลจากการวิเคราะห์ได้แบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงาน จากนั้นได้ทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับโครงการก่อสร้างอื่นที่ไม่ได้นำมาใช้สร้างแบบจำลองจำนวน 4 โครงการพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงสุดของระยะเวลาก่อสร้างที่ได้จากการประมาณโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น (± 24% และ ±44%) มีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้การประมาณด้วยหลักเกณฑ์แบบเดิม (± 54% และ ±118%) ทำให้มั่นใจได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำมากกว่า

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

THEERAWAT PEERAPATTANAPONG : THE ESTIMATION OF CONSTRUCTION PROJECT TIME FOR HIGHWAY MAINTENACE USING MULTIPLE REGRESSION ANALYSES : CASE STUDY BUREAU OF HIGHWAY 5 KHONKAEN. ADVISOR : ASST PROF. VACHARAPOOM BENJAORAN, Ph.D.

This research aims to create an estimation model for the construction project time of the highway-restoration work. This construction work is pavement in-place recycling of the asphalt surface. The estimation of this project time is required for an establishment of the public-work contract. The estimation process starts from specifying four construction activity groups and two of the lag times. They are such as Preparation, Stabilization, Surface, Marking, Lag time A and Lag time B. Then, to identify the factors which significantly affect the durations of these activity groups and lag times. Actual data of the 15 historical projects are collected and used for the multiple regression analyses. The result is the project time estimation model for this type of construction work.

After that, the model is verified with the actual data of four historical projects. The results showed that the average error is ± 24% and within a range ± 44%. These average error and range of error are less than the ones which were estimated using the existing method. The existing method provided the ± 54% average error and ± 118% error range. Therefore, these verification results ensures that the model can give an estimated construction project time more accurately.

School of Civil Engineering Student's Signature_____

Academic Year 2011 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณ กลุ่มบุคคลต่างๆ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาและช่วยเหลือทั้งทางด้านวิชาการและการดำเนินงานจนกระทั่งโครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ดังนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเป็นบุคคลที่สำคัญอย่างมากที่ให้คำแนะนำอันมีค่า ข้อคิดเห็นต่างๆ และตรวจสอบแก้ไขโครงงานด้วยความเอาใจใส่ดียิ่งต่อผู้วิจัยมาโดยตลอด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรียาพร โกษา กรรมการ และศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข ที่กรุณาให้การแนะนำและตรวจทานเนื้อหาโครงงานจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณกรมทางหลวงที่ได้ให้ทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท รวมถึงเจ้าหน้าที่ของสำนักทางหลวงที่ 5(ขอนแก่น) และแขวงการทางในสังกัด ที่อนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำโครงงานในครั้งนี้

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และภรรยา ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด

ธีรวัฒน์ พีระพัฒนพงษ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูปภาพ ..... ช

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ซ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตงานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

2 ปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 บทนำ 3

2.2 รูปแบบและวิธีการประมาณระยะเวลาก่อสร้างที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 3

2.3 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วยในการประมาณระยะเวลาก่อสร้าง 6

2.4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้างถนน 9

2.5 สรุป 10

3 วิธีดำเนินการทำโครงงาน 12

3.1 กำหนดกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงาน 12

3.2 หาปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงาน 13

3.3 เก็บรวบรวมข้อมูลจากโครงการก่อสร้างที่แล้วเสร็จเพื่อนำไปสร้างแบบจำลอง 21

3.4 สร้างแบบจำลองโดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอย (regression analysis) 21

3.5 ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น 26

4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล 27
4.1 บทนำ 27
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 27
4.3 การวิเคราะห์หาสมการถดถอย 29
4.4 การใช้แบบจำลองในการประมาณระยะเวลาโครงการ 33
4.5 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 33
4.6 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล 34
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 35
5.1 สรุป 35
5.2 ข้อเสนอแนะ 36
เอกสารอ้างอิง 37
ภาคผนวก ก 39
ภาคผนวก ข 44
ประวัติผู้เขียน 52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ตัวแปรตามที่นำมาพิจารณาในสมการถดถอย 19

3.2 ตัวแปรอิสระที่นำมาพิจารณาในสมการถดถอย 19

3.3 การพิจารณาขนาดของค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 24

4.1 ตัวแปรอิสระที่ได้รับการปรับปรุงเพื่อนำมาพิจารณาในสมการถดถอย 28

4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระคู่ที่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละกลุ่มงาน 29

4.3 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของการประมาณระยะเวลาโครงการ
จากกลุ่มตัวอย่างใหม่ 33

ก.1 ข้อมูลของโครงการที่นำมาพิจารณาสมการถดถอย 40

ข.1 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของกลุ่มงานเตรียมการ 45

ข.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของกลุ่มงานเตรียมการ 45

ข.3 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานเตรียมการ 45

ข.4 ตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานเตรียมการ 45

ข.5 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ 46

ข.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ 46

ข.7 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ 46

ข.8 ตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ 47

ข.9 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของกลุ่มงานผิวทาง 47

ข.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของกลุ่มงานผิวทาง 47

ข.11 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานผิวทาง 48

ข.12 ตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานผิวทาง 48

ข.13 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของระยะเวลาเหลื่อม A 48

ข.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของระยะเวลาเหลื่อม A 49

ข.15 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอยของระยะเวลาเหลื่อม A 49

ข.16 ตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอยของระยะเวลาเหลื่อม A 49

ข.17 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของระยะเวลาเหลื่อม B 50

ข.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของระยะเวลาเหลื่อม B 50

ข.19 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอยของระยะเวลาเหลื่อม B 50

ข.20 ตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอยของระยะเวลาเหลื่อม B 51

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 ขั้นตอนในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนนในรัฐแคลิฟอร์เนีย 4

2.2 ขั้นตอนในการประมาณระยะเวลาของสัญญา 6

2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนน 11

3.1 กลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานของโครงการ บูรณะทางผิวแอสฟัลต์ด้วยวิธี PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING 13

4.1 ขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการถดถอยเชิงซ้อนของระยะเวลาเหลื่อม A 32

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ทล.ม.	=	มาตรฐานวิธีการทดลอง กรมทางหลวง
Y	=	ค่าตัวแปรตาม
X	=	ค่าตัวแปรอิสระ
β_0	=	เป็นจุดที่เส้นการถดถอยตัดแกน Y (Y – intercept)
β_1	=	เป็นอัตราการเพิ่ม หรือลดของตัวแปรตาม Y เมื่อค่าของตัวแปรอิสระ X เพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย (slope)
e	=	เป็นค่าความคลาดเคลื่อน
R^2	=	สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ
D	=	ตัวแปรหุ่น
ESS	=	Error Sum of Square
TSS	=	Total Sum of Square
n	=	จำนวนข้อมูล
k	=	จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย
$\propto$	=	level of significance
H_0	=	สมมติฐานไร้นัยสำคัญ
H_1	=	สมมติฐานเลือก
t	=	ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

กรมทางหลวงเป็นหน่วยงานของรัฐที่ดูแล รับผิดชอบ ทางหลวงแผ่นดินในประเทศไทย คิดเป็นระยะทางประมาณ 57,328 กิโลเมตร ซึ่งมีทั้งงานก่อสร้างและงานบำรุงรักษา ทำให้มีโครงการก่อสร้างต่างๆ เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก หากการดำเนินงานของโครงการดังกล่าวเสร็จสิ้นตามกำหนดระยะเวลา จะส่งผลให้เกิดการพัฒนาและกระตุ้นเศรษฐกิจของประเทศอีกทางหนึ่ง

ปี 2546 กรมทางหลวงได้ออกหลักเกณฑ์ในการกำหนดระยะเวลาทำการก่อสร้างทางและก่อสร้างสะพานขึ้นมา เพื่อให้การดำเนินงานของโครงการก่อสร้างต่างๆ เป็นไปด้วยความเรียบร้อย รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ ไม่ก่อหนี้ผูกพันข้ามปี ซึ่งการประมาณระยะเวลาของโครงการก่อสร้างที่ถูกต้อง ถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะทำให้การวางแผนและจัดการโครงการประสบความสำเร็จ

สำนักทางหลวงที่ 5 (ขอนแก่น) เป็นหน่วยงานในสังกัดกรมทางหลวงที่ตั้งอยู่ในส่วนภูมิภาค มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบงานบำรุงรักษาทางหลวง ซึ่งเป็นลักษณะงานซ่อมบำรุงรักษาทางให้คงสภาพดีตลอดอายุการใช้งาน แบ่งออกได้เป็น งานบำรุงปกติ งานบำรุงตามกำหนดเวลา งานบำรุงพิเศษและบูรณะ มีการจัดทำแผนงานล่วงหน้าเพื่อวางแผนบำรุงรักษาทางในช่วงระยะเวลา 3 ปี หรือ 5 ปี ทำให้ลักษณะของโครงการก่อสร้างที่เกิดขึ้นมีรายละเอียดของงานไม่มากเหมือนงานก่อสร้างใหม่ รวมถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้างของโครงการย่อมไม่เหมือนกันทั้งหมดและมีจำนวนที่น้อยกว่า ยกตัวอย่าง งานเสริมผิวแอสฟัลต์ (overlay) มีลักษณะงานที่เกิดขึ้น คือ งานแก้ไข soft spot งานลาดยาง tack coat งานปูผิวทางด้วยแอสฟัลต์คอนกรีต และงานตีเส้นจราจร สามารถใช้เครื่องจักรในการทำงานเพียงชุดเดียวทำงานต่อเนื่องจนแล้วเสร็จ มีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้างของโครงการที่ไม่มากเนื่องจากมีรายละเอียดของงานที่เกิดขึ้นจำนวนน้อย

ปัจจุบันสำนักทางหลวงที่ 5(ขอนแก่น) ดูแลรับผิดชอบทางหลวงแผ่นดินในจังหวัดขอนแก่น อุดรธานีและชัยภูมิ มีหน่วยงานที่สังกัดประกอบด้วย 5 แขวงการทางและ 1 สำนักงานบำรุงทาง ได้ประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์ฯของกรมทางหลวง ร่วมกับประสบการณ์จากการทำงานของผู้ประมาณการของแต่ละหน่วยงานที่สังกัด มาใช้ในการกำหนดระยะเวลาของโครงการก่อสร้าง ทำให้เกิดความแตกต่างกันเนื่องจากไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ส่งผลให้โครงการที่ดำเนินการแล้วเสร็จคลาดเคลื่อนกับระยะเวลาที่ประมาณไว้ ด้วยสาเหตุนี้จึงมีแนวคิดที่จะสร้างแบบจำลองในการ

กำหนดระยะเวลาก่อสร้างสำหรับงานบำรุงทางโดยพิจารณาจากปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของกิจกรรมต่างๆ ภายในโครงการก่อสร้าง เพื่อเสนอเป็นแนวทางในการทำงานให้แก่สำนักฯ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับใช้ประมาณระยะเวลาเบื้องต้นในงานบำรุงทาง ซึ่งได้จากการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของกิจกรรมภายในโครงการก่อสร้าง

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะเลือกใช้งานบำรุงทาง รหัสงาน 4100 งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์โดยวิธี PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING วงเงินงบประมาณไม่เกิน 30 ล้านบาท โดยทำการเก็บข้อมูลจากโครงการที่ได้ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จ ในพื้นที่สำนักทางหลวงที่ 5 (ขอนแก่น) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างร่วมกับการพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของกิจกรรมต่างๆ ภายในโครงการก่อสร้าง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้แบบจำลองสำหรับประมาณระยะเวลาก่อสร้างงานบำรุงทาง เพื่อเสนอเป็นแนวทางในการทำงานของหน่วยงานและวางแผนงานก่อสร้างต่อไป

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

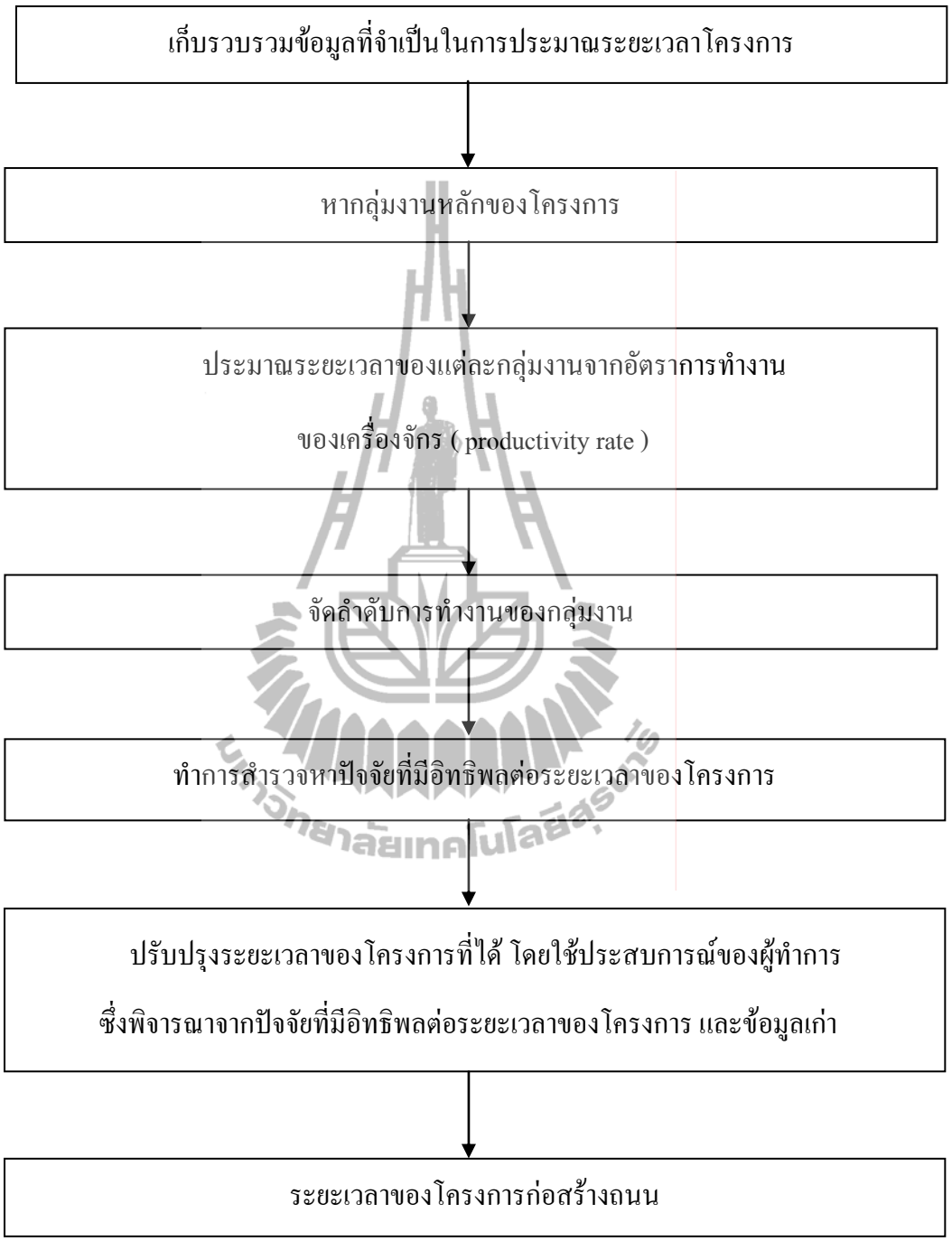
ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องทางด้านการประมาณระยะเวลาก่อสร้างจากวารสารต่างประเทศ วิทยานิพนธ์ และตาราต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับ รูปแบบและวิธีการในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างในปัจจุบัน การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการประมาณระยะเวลาก่อสร้าง ตลอดจนปัจจัยต่างๆ (factors) ที่ควรนำมาพิจารณาในการศึกษาการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้าง ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

2.2 รูปแบบและวิธีการในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

รูปแบบและวิธีการในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยจะใช้ความคิดเห็นและประสบการณ์ของผู้ประมาณการพิจารณาร่วมกับอัตราการทำงานของเครื่องจักร (productivity rate) และปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของโครงการ ซึ่งวิธีการที่ใช้ในแต่ละหน่วยงานอาจมีข้อแตกต่างกันออกไป

วิธีการที่ Department of Transportation (DOT) ในสหรัฐอเมริกาใช้ประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนนในรัฐแคลิฟอร์เนีย จะพิจารณาจากอัตราการทำงานของเครื่องจักร (productivity rate) ซึ่งมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 2.1

ส่วนวิธีการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนนที่ใช้กันอยู่ในนิวเมกซิโก และไอโอวา จะใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) หาระยะเวลาของโครงการ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงปัจจัยเดียวในการวิเคราะห์เท่านั้น เช่น ราคาของโครงการ และปริมาณพื้นที่ของผิวทาง เป็นต้น โดยจะทำการวิเคราะห์จากข้อมูลเก่า (Herbsman and Ellis, 1995) ซึ่งวิธีการที่ใช้อยู่ยังมีข้อบกพร่องบางประการ คือ ในการวิเคราะห์การถดถอยนั้นจะวิเคราะห์โดยพิจารณาจากปัจจัยเพียงปัจจัยเดียวเท่านั้น ซึ่งอาจมีผลทำให้ระยะเวลาที่ได้จากการประมาณคลาดเคลื่อนได้



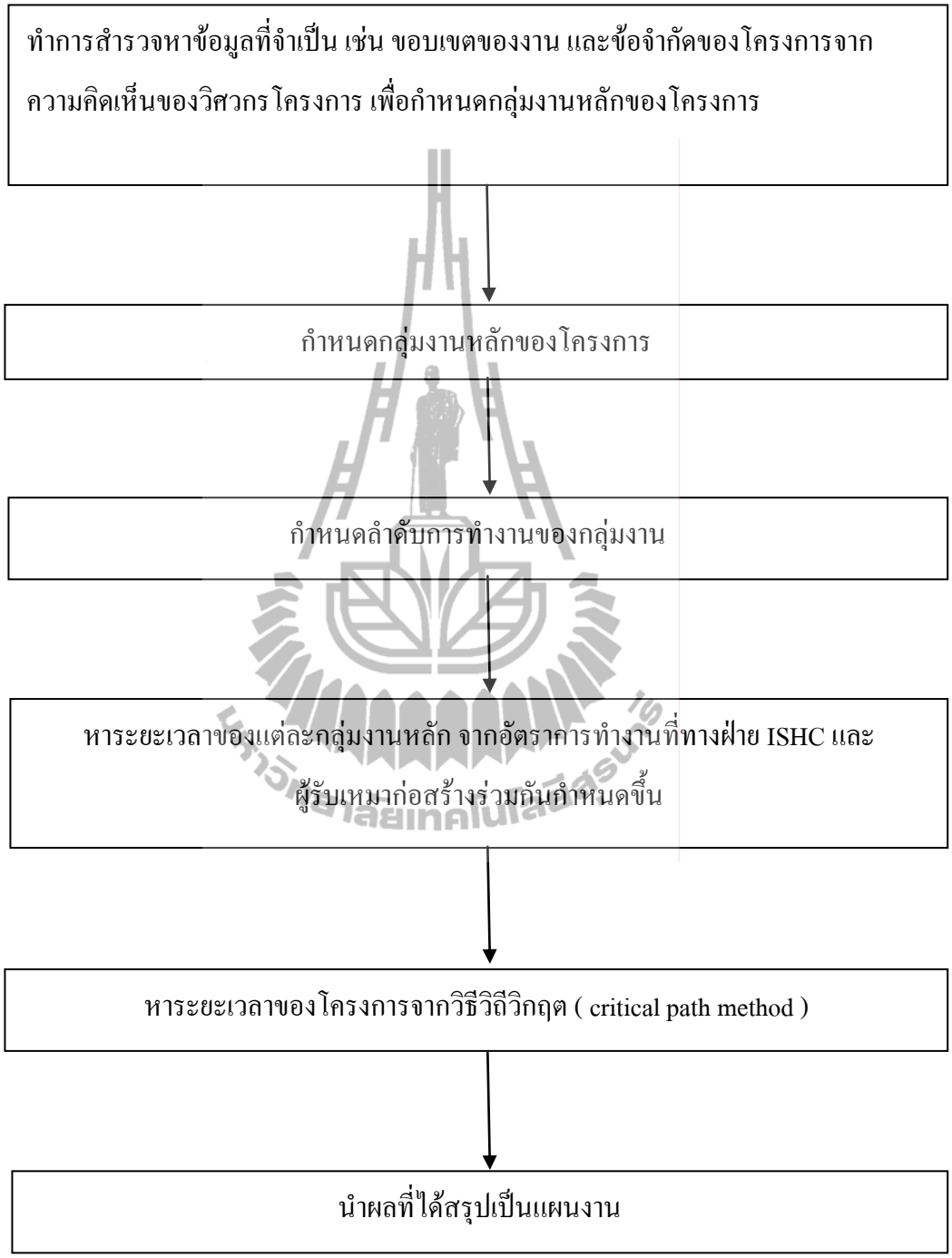
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนนในรัฐแคลิฟอร์เนีย

จากการสำรวจของ (Herbsman, 1987) ซึ่งได้ศึกษาถึงวิธีการในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนนในรัฐฟลอริดาพบว่า Florida Department of Transportation (FDOT)

ประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนนโดยพิจารณาจากอัตราการทำงานของเครื่องจักร (productivity rate) ร่วมกับความคิดเห็นของผู้ประมาณการ อีกทั้งได้ทำการสัมภาษณ์และออกแบบสอบถามแก่ผู้รับเหมาก่อสร้าง เพื่อประเมินผลวิธีการที่ FDOT ใช้ในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนน ซึ่งผลที่ได้พบว่า ระยะเวลาของสัญญาที่กำหนดโดย FDOT นั้นไม่สมเหตุสมผล เนื่องจากมิได้คำนึงถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาโครงการด้วย

สำหรับรัฐอินเดียนา Indiana State Highway Commission (ISHC) ใช้วิธีในการกำหนดระยะเวลาของสัญญาโครงการก่อสร้างถนน ซึ่งพิจารณามาจากอัตราการทำงาน (production rate) โดยวิเคราะห์มาจากข้อมูลเก่าเป็นหลัก พร้อมทั้งกำหนดร้อยละของปัจจัยความไม่แน่นอน (contingency factor) ซึ่งมาจากความคิดเห็นของวิศวกรโครงการ เพื่อใช้ในการปรับปรุงระยะเวลาโครงการที่ได้คำนวณมาจากอัตราการทำงาน โดยวิธีการที่ใช้อยู่นี้มิได้คำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาของสัญญา อีกทั้งมิได้ให้ทางฝ่ายผู้รับเหมามีส่วนร่วมในการกำหนดระยะเวลาของสัญญาด้วย ด้วยเหตุนี้ (Hancher and Rowings, 1981) จึงได้ทำการปรับปรุงและเสนอแนะวิธีการในการประมาณระยะเวลาของสัญญาขึ้นมาใหม่ ซึ่งมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยวิธีการกำหนดระยะเวลาของสัญญาที่ได้เสนอขึ้นนี้ ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น มิได้คำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาของสัญญา ข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดระยะเวลาของสัญญายังคงเป็นข้อมูลจากแนวความคิดเห็นอยู่ และอัตราการทำงานที่กำหนดขึ้นควรจะมีการปรับปรุงให้เข้ากับความเป็นจริงอยู่เสมอ

สำหรับในประเทศไทยนั้นวิธีการในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนนที่กำหนดขึ้นโดยกรมทางหลวง จะพิจารณาจากอัตราการทำงานของเครื่องจักร ร่วมกับความคิดเห็นของผู้ประมาณการเท่านั้น (วิสิฐ อัจฉยานนท์กิจ, 2535)



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนในการประมาณระยะเวลาของสัญญา

2.3 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วยในการประมาณระยะเวลาก่อสร้าง

จากข้อจำกัดหรือข้อบกพร่องของการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน จึงเป็นเหตุให้มีผู้นำเอาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในรูปแบบและวิธีการที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างให้ง่ายและมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังนี้

วิโรจน์ วงศ์ธัญลักษณ์ (2539) ได้สร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างอาคารสำหรับใช้ประมาณระยะเวลาเบื้องต้นในขั้นตอนออกแบบ ซึ่งได้แยกประเภทการสร้างแบบจำลองออกเป็นโครงการขนาดกลาง และโครงการขนาดใหญ่ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียดโครงการและระยะเวลาก่อสร้างของอาคารสำนักงาน อาคารที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร แล้วใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเส้นตรงเชิงซ้อน (multiple linear regression) สร้างแบบจำลองในการประมาณเวลาก่อสร้างของทั้งโครงการ งานโครงสร้างใต้ดิน งานโครงสร้างเหนือพื้นดิน งานสถาปัตยกรรม งานระบบและระยะเวลาเหลื่อมของหมวดงานต่างๆ จากการสัมภาษณ์และออกแบบสอบถามแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการนั้นๆ ทั้งจากบริษัทผู้รับเหมา และบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา โดยพิจารณาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้างโครงการด้วย เช่น ปริมาณดินขุด พื้นที่ใช้สอยรวม เป็นต้น เมื่อทำการทดสอบแบบจำลองกับข้อมูลจริงของโครงการขนาดกลางและขนาดใหญ่ พบว่าให้ค่าแม่นยำในระดับคลาดเคลื่อนไม่เกิน 20 %

นรเศรษฐ์ เดี่ยวอาสา (2543) ได้สร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างงานถนนผิวทางแบบลาดยาง สำหรับใช้ประมาณระยะเวลาเบื้องต้นในขั้นตอนวางแผนโครงการ โดยพิจารณาปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงานที่อยู่ในวิถีวิกฤต และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานเป็นสำคัญ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากโครงการก่อสร้างถนนของกรมทางหลวงที่แล้วเสร็จระหว่างปี 2535-2540 จำนวน 40 โครงการ และนำมาวิเคราะห์โดยวิธีสมการถดถอยเชิงซ้อน เพื่อสร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างของงานเตรียมการ งานดิน งานรองพื้นทาง งานพื้นทาง งานเบ็ดเตล็ด และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน จากนั้นจึงนำมาวางแผนโครงการเพื่อหาระยะเวลาของทั้งโครงการโดยวิธีวิถีวิกฤต ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้นำมาทดสอบความคลาดเคลื่อนจากการประมาณการโดยทำการทดสอบกับโครงการที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองจำนวน 40 โครงการ และโครงการอื่นที่ไม่ได้นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองจำนวน 7 โครงการ พบว่าให้ค่าคลาดเคลื่อนไม่เกิน 8 และ 13 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

Chan and Kumaraswamy (1999) ได้สร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยขึ้น โดยพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้าง เช่น ความสูงของอาคาร ชนิดของฐานราก และอัตราส่วนระหว่างจำนวนพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดกับจำนวนชั้น

อาคาร เป็นต้น โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านรายละเอียดโครงการ และระยะเวลาก่อสร้างของอาคารที่พักอาศัย จากการออกแบบสอบถามแก่ผู้รับเหมาและเจ้าของโครงการ แล้วจึงใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเส้นตรงเชิงซ้อน (multiple linear regression) สร้างแบบจำลองในการประมาณเวลาก่อสร้างของทั้งโครงการ งานเสาเข็ม งานฐานราก งานโครงสร้าง งานระบบ งานสถาปัตยกรรม และระยะเวลาเหลื่อมของหมวดงานต่างๆ จากนั้นได้ทำการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลจริงของโครงการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยจำนวน 9 โครงการ พบว่าให้ค่าแม่นยำในระดับคลาดเคลื่อนไม่เกิน 7 %

Chan (1999) ได้สร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างอาคารเพื่อใช้ในการประมาณระยะเวลาเบื้องต้น ในขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ โดยจะแบ่งการพิจารณาสร้างแบบจำลองออกเป็น โครงการของรัฐ โครงการของเอกชน และโครงการโดยรวม ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านระยะเวลาก่อสร้างของโครงการ และราคาของโครงการตามสัญญา (final cost of contract) จากการออกแบบสอบถามแก่ผู้บริหารโครงการ เจ้าของโครงการ และผู้ที่มีประสบการณ์ในการวางแผนงานก่อสร้างอาคาร จากนั้นจึงใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) สร้างแบบจำลองในการประมาณเวลาก่อสร้างของโครงการ โดยพิจารณาถึงปัจจัยทางด้านราคาของโครงการตามสัญญาเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม แบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่บางประการ เช่น ปัจจัยที่นำมาพิจารณาในการสร้างแบบจำลอง จะพิจารณาเพียงปัจจัยทางด้านราคาของโครงการตามสัญญาเท่านั้น ซึ่งยังอาจมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของโครงการได้ และข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองมาจากแบบสอบถามเป็นหลัก อีกทั้งไม่ได้มีการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นอีกด้วย

Dawood (1998) ได้สร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของโครงการ โดยพิจารณาถึงปัจจัยหลักทางด้านความเสี่ยง 5 ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาโครงการ อันได้แก่ สภาพดินฟ้าอากาศ อัตราการทำงานของคนงาน ความล่าช้าของวัสดุที่สั่งซื้อ การขาดแคลนเครื่องมืออุปกรณ์ ชนิดของดิน และสภาพของหน่วยงาน จากการสัมภาษณ์ผู้รับเหมา และเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงสร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของโครงการขึ้นมา โดยใช้ข้อมูลเก่าและทฤษฎีของการกระจาย (distribution theory) แล้วจึงใช้วิธีการ Monte Carlo Simulation (MCS) เพื่อทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้น สุดท้ายจึงทำการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับโครงการจริง ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นยังมีข้อจำกัดอยู่หลายด้าน เช่น ปัจจัยทางด้านความเสี่ยงที่นำมาพิจารณาและแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาจากประสบการณ์และความคิดเห็น อีกทั้งข้อมูลที่นำมาพิจารณานั้นเป็นข้อมูลเก่า เป็นต้น

Ahuja and Nandakumar (1985) ได้สร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของโครง

การโดยใช้วิธี simulation ขึ้น โดยได้พิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาโครงการ อาทิเช่น สภาพภูมิอากาศ การขาดแคลนคนงาน งานเพิ่ม-ลด สภาพทางเศรษฐศาสตร์ ประสบการณ์ของวิศวกร และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น โดยทำการจำลองปัจจัยต่างๆ เพื่อทราบถึงความน่าจะเป็นในแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานในโครงการ จากนั้นจึงใช้โปรแกรม Project Duration Forecast (PRODUF) ช่วยในการประมาณระยะเวลาของโครงการต่อไป

Carr (1979) ได้ทำการสร้างรูปแบบเพื่อช่วยในการตัดสินใจวางแผนระยะเวลาก่อสร้างโครงการให้มีคุณภาพด้วยวิธี simulation โดยพิจารณาถึงปัจจัยความไม่แน่นอน อันได้แก่ อัตราการทำงานของคนงาน สภาพพื้นที่ของหน่วยงาน ประสิทธิภาพของหัวหน้างาน และสภาพอากาศ ซึ่งผลที่ได้จะแสดงออกมาในรูปของค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงานของโครงการ จากนั้นจึงใช้วิธีวิถีวิกฤต (CPM) ในการหาระยะเวลาของโครงการต่อไป โดยในการใช้งานรูปแบบที่ได้สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการวางแผนประมาณระยะเวลาโครงการนี้อาจใช้ได้ไม่สะดวกนัก เนื่องจากในการใช้งานแต่ละครั้งย่อมจะมีผลของปัจจัยความไม่แน่นอนที่แตกต่างกัน จึงเป็นเหตุให้ต้องทำการประมวลผลใหม่ในการใช้งานแต่ละครั้งเสมอ ซึ่งอาจต้องใช้เวลาในการประมวลผลนาน หรืออาจจะต้องมีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการประมวลผลด้วย

2.4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้างถนน

อภิชัย ธีระรังสิกุล (2534) ได้สำรวจถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าของการก่อสร้างถนนทั้งจากความเห็นของผู้รับจ้างและผู้ว่าจ้าง โดยพบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความล่าช้าของการก่อสร้างถนน คือ สาเหตุจากสิ่งกีดขวางทางกายภาพ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากระบบสาธารณูปโภค โดยเฉพาะระบบประปาของการประปานครหลวง รองลงมา คือ สาเหตุจากผู้ว่าจ้าง ซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการขออนุมัติแก้ไขแบบ และการรอหน่วยงานอื่นอนุญาตให้พื้นที่ทำงาน

Mulholand and Christian (1999) ได้ทำการศึกษาความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในโครงการก่อสร้าง เพื่อใช้ในขั้นตอนการวางแผนระยะเวลาก่อสร้างเบื้องต้น จากข้อมูลของโครงการก่อสร้างที่แล้วเสร็จ และจากประสบการณ์ของผู้บริหารโครงการ หรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการวางแผนโครงการ โดยได้ทำการแบ่งกลุ่มของความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในโครงการก่อสร้างออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

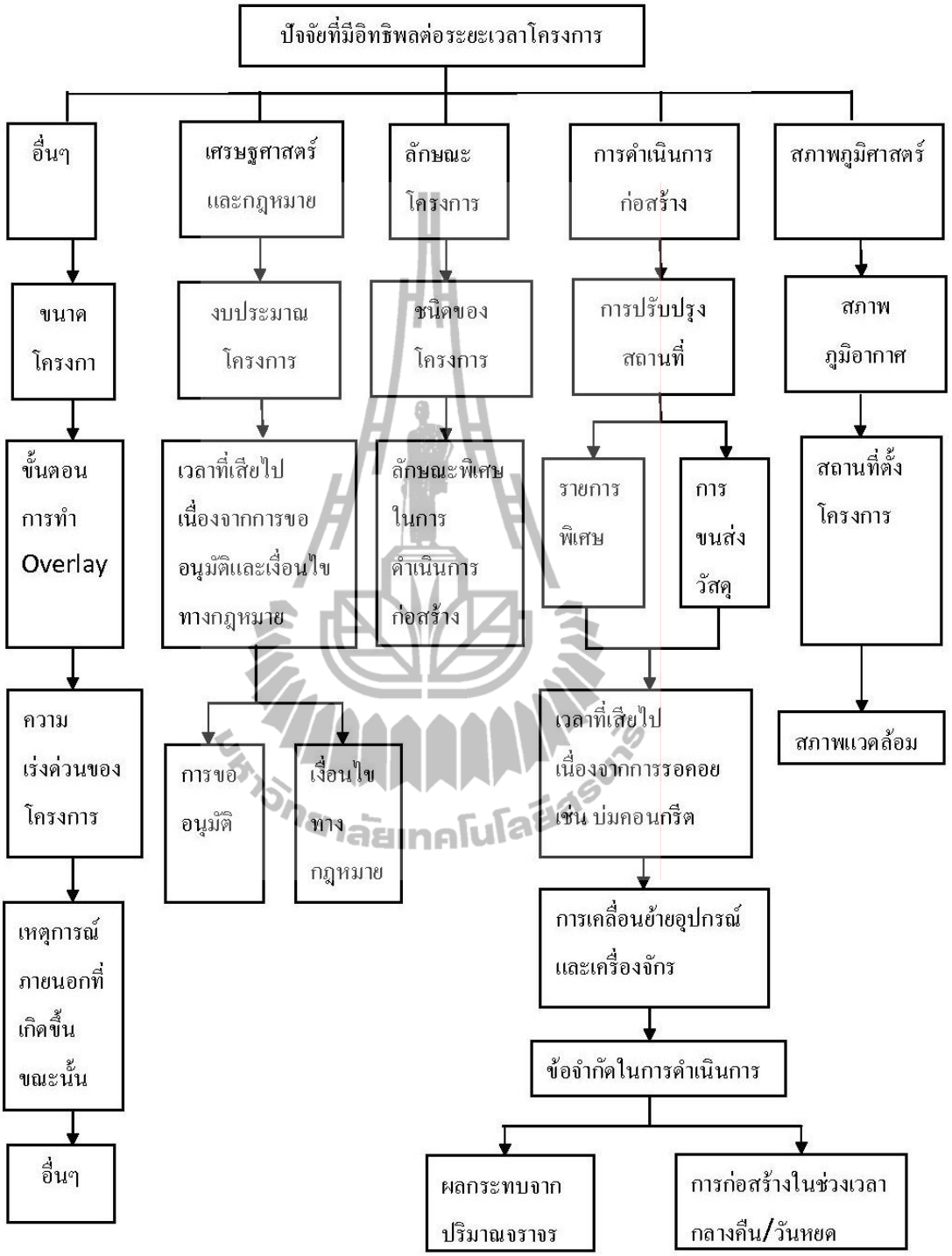
1. ความเสี่ยงจากการออกแบบทางวิศวกรรม เช่น ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม การประมาณทางวิศวกรรม การสำรวจหน่วยงาน เป็นต้น

2. ความเสี่ยงจากการประกวดราคาและผู้รับเหมา เช่น ปัญหาแรงงานของผู้รับเหมา การควบคุมคุณภาพของผู้รับเหมา การประกวดราคา เป็นต้น
3. ความเสี่ยงจากการก่อสร้าง เช่น สภาพหน่วยงาน ทางเข้า-ออกหน่วยงาน สภาพดินฟ้าอากาศ วัสดุและอุปกรณ์ เป็นต้น
4. ความเสี่ยงจากการบริหารงาน เช่น ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ ระยะเวลาโครงการ การจัดสรรการเงิน การวางแผนการใช้วัสดุอุปกรณ์ เป็นต้น

Herbsman and Ellis (1995) ได้ศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่ควรนำมาพิจารณาในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 จากนั้นได้จัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ โดยการสัมภาษณ์ และออกแบบสอบถามแก่ผู้ที่มีประสบการณ์ในการวางแผนงานก่อสร้าง ซึ่งผลที่ได้พบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนนมากที่สุดคือ สภาพภูมิอากาศ รองลงมาคือ สถานที่ตั้งโครงการ ผลกระทบจากปริมาณจราจร และการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์และเครื่องจักร ตามลำดับ

2.5 สรุป

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาทำให้พบว่า ในการประมาณระยะเวลาของโครงการก่อสร้างถนนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้น จะพิจารณาจากอัตราการทำงานของเครื่องจักร ร่วมกับประสบการณ์และความคิดเห็นของผู้ประมาณระยะเวลา ทำให้ยังไม่มีรูปแบบที่แน่นอน เกิดความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อศึกษาหารูปแบบในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างถนน โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของโครงการก่อสร้าง แล้วนำไปสร้างเป็นแบบจำลองโดยวิธีการสมการถดถอยเชิงซ้อนเพื่อให้ง่ายในการนำไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการทำโครงงาน

วิธีดำเนินการทำโครงงาน การศึกษาการประมาณระยะเวลาก่อสร้างสำหรับงานบำรุงทาง: กรณีศึกษา สำนักทางหลวงที่ 5 (ขอนแก่น) มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.1 กำหนดกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงาน

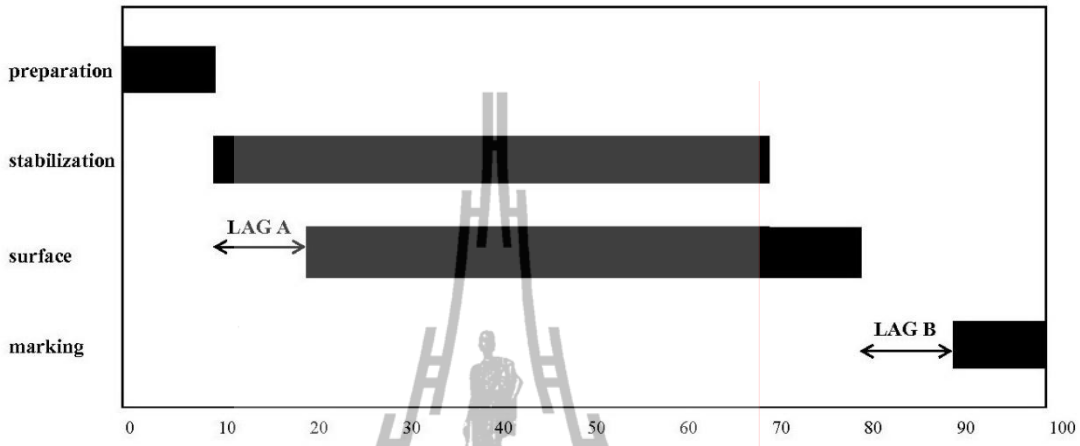
PAVEMENT RECYCLING เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ของกรมทางหลวง โดยมีวิธีการและข้อกำหนดตาม ทล.ม. 213/2543 ซึ่งมีขั้นตอนในการก่อสร้างที่เกิดขึ้นดังนี้

1. แก้ไข SOFT SPOT
2. ปรับระดับผิวทางและไหล่ทางด้วยหินคลุก
3. PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING
4. PRIME COAT
5. ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE 5 CM. THICK
6. THERMOPLASTIC PAINT

จากลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างที่เกิดขึ้น จะใช้วิธีการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการก่อสร้างจากกรมทางหลวง และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อม (LAG TIME) ของแต่ละกลุ่มงานดังต่อไปนี้

1. กลุ่มงานเตรียมการ (preparation) หมายถึงงานในส่วนของการเตรียมหน้างานให้พร้อมกับการก่อสร้าง รวมถึงการขนย้ายเครื่องจักรที่จะใช้ในโครงการ
2. กลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ (stabilization) หมายถึงงานในส่วนของการแก้ไข SOFT SPOT (จุดอ่อนตัว) , งานปรับระดับผิวทางและไหล่ทางด้วยหินคลุกและ PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING
3. กลุ่มงานผิวทาง (surface) หมายถึงงานที่เกี่ยวข้องกับการลาดยาง PRIME COAT, TACK COAT และทำผิวทางแอสฟัลต์
4. กลุ่มงานตีเส้นจราจร (marking) หมายถึงงานในส่วนของการตีเส้นจราจรด้วย THERMOPLASTIC
5. ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพและกลุ่มงานผิวทาง (LAG A)
6. ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานผิวทางและกลุ่มงานตีเส้น (LAG B)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปรูปแบบการจัดแบ่งกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานของโครงการบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ด้วยวิธี PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING

3.2 หาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงาน

ในการหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมในโครงการบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ด้วยวิธี PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING นั้น ได้มาจากการสำรวจเชิงเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการประมาณระยะเวลาโครงการของกรมทางหลวง ทำให้สามารถจำแนกปัจจัยตามกลุ่มงานต่างๆ ดังนี้

1. กลุ่มงานเตรียมการ (preparation) ได้แก่
   - 1.1 เขตน้ำฝน
   - 1.2 ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อปี
   - 1.3 สภาพภูมิประเทศ
   - 1.4 ปริมาณงานแก้ไข SOFT SPOT
   - 1.5 ปริมาณงานปรับระดับผิวทางและไหล่ทางด้วยหินคลุก
   - 1.6 ปริมาณงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING
2. กลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ (stabilization) ได้แก่
   - 2.1 เขตน้ำฝน

2.2 ปริมาณงานแก้ไข SOFT SPOT

2.3 ปริมาณงานปรับระดับผิวทางและไหล่ทางด้วยหินคลุก

2.4 ปริมาณงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING

2.5 ปริมาณเครื่องจักร

2.6 ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อปี

2.7 สภาพภูมิประเทศ

2.8 ความยาวถนน

2.9 ความหนาของงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING

2.10 จำนวนช่องจราจร

2.11 ความกว้างถนน

2.12 การขนส่งวัสดุหินคลุก (ระยะทางจากแหล่งวัสดุถึงหน้างาน)

3. กลุ่มงานผิวทาง (surface) ได้แก่

3.1 เขตน้ำฝน

3.2 ปริมาณงาน PRIME COAT

3.3 ปริมาณงาน TACK COAT

3.4 ปริมาณงาน ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE

3.5 ปริมาณเครื่องจักร

3.6 ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อปี

3.7 สภาพภูมิประเทศ

3.8 ความยาวถนน

3.9 ความหนาของชั้นผิวทาง

3.10 จำนวนช่องจราจร

3.11 ความกว้างถนน

3.12 การขนส่งวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต (ระยะทางจากแหล่งวัสดุถึงหน้างาน)

4. กลุ่มงานตีเส้นจราจร (marking) ได้แก่

4.1 ปริมาณงานตีเส้นจราจร

4.2 ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อปี

4.3 สภาพภูมิประเทศ

4.4 ความยาวถนน

4.5 จำนวนช่องจราจร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.6 ความกว้างถนน

5. ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพและกลุ่มงานผิวทาง (LAG A) ได้แก่

5.1 เขตน้ำฝน

5.2 ปริมาณงานแก้ไข SOFT SPOT

5.3 ปริมาณงานปรับระดับผิวทางและไหล่ทางด้วยหินคลุก

5.4 ปริมาณงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING

5.5 ปริมาณงาน PRIME COAT

5.6 ปริมาณงาน TACK COAT

5.7 ปริมาณงาน ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE

5.8 ปริมาณเครื่องจักรของงานผิวทาง

5.9 การขนส่งวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต

5.10 ระยะเวลาของงานผิวทาง

5.11 ระยะเวลาของงานปรับปรุงคุณภาพ

5.12 ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อปี

5.13 สภาพภูมิประเทศ

5.14 ความยาวถนน

5.15 จำนวนช่องจราจร

5.16 ความกว้างถนน

5.17 อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานปรับปรุงคุณภาพกับระยะเวลางานผิวทาง

6. ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานผิวทางและกลุ่มงานตีเส้นจราจร (LAG B) ได้แก่

6.1 เขตน้ำฝน

6.2 ปริมาณงาน PRIME COAT

6.3 ปริมาณงาน TACK COAT

6.4 ปริมาณงาน ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE

6.5 ปริมาณงานตีเส้นจราจร

6.6 ระยะเวลาของงานผิวทาง

6.7 ระยะเวลาของงานตีเส้นจราจร

6.8 ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อปี

6.9 สภาพภูมิประเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6.10 ความยาวถนน

6.11 จำนวนช่องจราจร

6.12 ความกว้างถนน

6.13 อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานผิวทางกับระยะเวลางานตีเส้นจราจร

จากปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานที่ได้แสดงไว้ สามารถนำมาสรุปเป็นปัจจัยที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและให้คำจำกัดความของแต่ละปัจจัยได้ดังนี้

1. เขตน้ำฝน (แทนด้วยสัญลักษณ์ A) คือ เขตพื้นที่ที่มีฝนตกในประเทศไทย ซึ่งสามารถแบ่งเขตพื้นที่น้ำฝนออกเป็น 2 เขต (ศิริพร ธำรงกุลรัตน์, 2539) ดังนี้
   1.1 เขตพื้นที่ที่มีฝนตกชุก คือ จังหวัดที่มีปริมาณฝนตกเกินปีละ 1,500 ม.ม. ได้แก่ จังหวัดดังต่อไปนี้ เชียงราย หนองคาย สกลนคร นครพนม ปราจีนบุรี จันทบุรี ตราด ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ นครศรีธรรมราช พังงา สงขลา ภูเก็ต ปัตตานี ตรัง นราธิวาส พัทลุง ยะลา และสตูล
   1.2 เขตพื้นที่ที่ไม่มีฝนตกชุก คือ จังหวัดที่มีปริมาณฝนตกน้อยกว่าปีละ 1,500 ม.ม.
2. ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อปี(แทนด้วยสัญลักษณ์ B) คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณจราจรใน 24 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งหรือช่วงถนนที่กำหนดตลอดระยะเวลา 365 วัน หาได้จากการนำจำนวนยวดยานที่วิ่งผ่านตำแหน่งหรือช่วงถนนที่กำหนดในระยะเวลา 1 ปี หารด้วย 365 วัน (หรืออาจเป็น 366 วัน สำหรับปีอธิกสุรทินที่เดือนกุมภาพันธ์มี 29 วัน)
3. สภาพภูมิประเทศ คือ สภาพภูมิประเทศที่โครงการตั้งอยู่ โดยสภาพภูมิประเทศจะมีผลต่อความยากง่ายในการทำงานก่อสร้าง ถ้าสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบ การทำงานก็จะว่ายกว่าสภาพภูมิประเทศที่เป็นเนินและเป็นภูเขา เป็นต้น ซึ่งในการพิจารณาจะแบ่งสภาพภูมิประเทศออกเป็น 4 ประเภท (ศิริพร ธำรงกุลรัตน์, 2539) ดังนี้
   3.1 ที่ราบ (แทนด้วยสัญลักษณ์ C1) คือ สภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชัน (gradient) ตั้งแต่ 0-3 %
   3.2 ลูกเนิน (แทนด้วยสัญลักษณ์ C2) คือ สภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชัน (gradient) ตั้งแต่ 3-5 %
   3.3 ลูกเนินสลับเขา (แทนด้วยสัญลักษณ์ C3) คือ สภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชัน (gradient) ตั้งแต่ 5-7 %
   3.4 เขา (แทนด้วยสัญลักษณ์ C4) คือ สภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชัน (gradient) ตั้งแต่ 7 % ขึ้นไป

4. ความยาวถนน (แทนด้วยสัญลักษณ์ D) คือ ความยาวของถนนตั้งแต่จุดเริ่มต้นโครงการจนถึงจุดสิ้นสุดโครงการ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร
5. ความกว้างถนน (แทนด้วยสัญลักษณ์ E) คือ ความกว้างของถนนที่จะต้องดำเนินการก่อสร้าง มีหน่วยเป็นเมตร
6. จำนวนช่องจราจร (แทนด้วยสัญลักษณ์ F) คือ จำนวนช่องจราจรของถนนที่จะต้องดำเนินการก่อสร้าง
7. ปริมาณเครื่องจักร คือ จำนวนเครื่องจักรหลักที่นำมาใช้ในแต่ละกลุ่มงานนั้นๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้
   7.1 กลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพมีเครื่องจักรหลัก คือ รถเกรด (แทนด้วยสัญลักษณ์ G1) รถบดล้อยาง (แทนด้วยสัญลักษณ์ G2) รถบดล้อเหล็ก (แทนด้วยสัญลักษณ์ G3) รถบดสั่นสะเทือน (แทนด้วยสัญลักษณ์ G4) รถบรรทุก (แทนด้วยสัญลักษณ์ G5) และรถบรรทุกน้ำ (แทนด้วยสัญลักษณ์ G6)
   7.2 กลุ่มงานผิวทางมีเครื่องจักรหลัก คือ รถไม้กวาดถนน (แทนด้วยสัญลักษณ์ G7) รถพ่นยาง (แทนด้วยสัญลักษณ์ G8) รถบรรทุกน้ำ รถปูผิวแอสฟัลต์ (แทนด้วยสัญลักษณ์ G9) รถบดล้อเหล็ก รถบดล้อยาง
8. การขนส่งวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต (แทนด้วยสัญลักษณ์ H) คือ ระยะทางเฉลี่ยจากแหล่งผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ในกลุ่มงานผิวทางถึงหน่วยงานก่อสร้าง มีหน่วยเป็นกิโลเมตร
9. การขนส่งวัสดุหินคลุก (แทนด้วยสัญลักษณ์ I) คือ ระยะทางเฉลี่ยจากแหล่งวัสดุหินคลุกที่ใช้ในกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพถึงหน่วยงานก่อสร้าง มีหน่วยเป็นกิโลเมตร
10. ปริมาณงานแก้ไข SOFT SPOT (แทนด้วยสัญลักษณ์ J) คือ ปริมาณเนื้องานแก้ไข SOFT SPOT มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร
11. ปริมาณงานปรับระดับผิวทางและไหล่ทางด้วยหินคลุก (แทนด้วยสัญลักษณ์ K) คือ ปริมาณเนื้องานหินคลุกปรับระดับ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (หลวม)
12. ปริมาณงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING (แทนด้วยสัญลักษณ์ L) คือ ปริมาณเนื้องาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING มีหน่วยเป็นตารางเมตร
13. ปริมาณงาน PRIME COAT (แทนด้วยสัญลักษณ์ M) คือ ปริมาณเนื้องาน PRIME COAT มีหน่วยเป็นตารางเมตร
14. ปริมาณงาน TACK COAT (แทนด้วยสัญลักษณ์ N) คือ ปริมาณเนื้องาน TACK COAT มีหน่วยเป็นตารางเมตร

15. ปริมาณงาน ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (แทนด้วยสัญลักษณ์ O) คือ ปริมาณเนื้องานผิวแอสฟัลต์ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร
16. ปริมาณงานตีเส้นจราจร (แทนด้วยสัญลักษณ์ P) คือ ปริมาณเนื้องานตีเส้นจราจร มีหน่วยเป็นตารางเมตร
17. ความหนาของงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING (แทนด้วยสัญลักษณ์ Q) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร
18. ความหนาของชั้นผิวทาง (แทนด้วยสัญลักษณ์ R) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร
19. ระยะเวลาของงานปรับปรุงคุณภาพ คือ ระยะเวลาแล้วเสร็จของกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ
20. ระยะเวลาของงานผิวทาง คือ ระยะเวลาแล้วเสร็จของกลุ่มงานผิวทาง ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของกลุ่มงานผิวทาง
21. ระยะเวลาของงานตีเส้นจราจร คือ ระยะเวลาแล้วเสร็จของกลุ่มงานตีเส้นจราจร ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของกลุ่มงานตีเส้นจราจร
22. LAG A คือ ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพและกลุ่มงานผิวทาง ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของ LAG A
23. LAG B คือ ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานผิวทางและกลุ่มงานตีเส้นจราจร ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของ LAG B
24. อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานปรับปรุงคุณภาพกับระยะเวลางานผิวทาง (แทนด้วยสัญลักษณ์ S) คือ อัตราส่วนของระยะเวลางานปรับปรุงคุณภาพและระยะเวลางานผิวทาง ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลางานปรับปรุงคุณภาพและระยะเวลางานผิวทาง
25. อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานผิวทางกับระยะเวลางานตีเส้นจราจร (แทนด้วยสัญลักษณ์ T) คือ อัตราส่วนของระยะเวลางานผิวทางและระยะเวลางานตีเส้นจราจร ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลางานผิวทางและระยะเวลางานตีเส้นจราจร

จากการกำหนดกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงาน พร้อมทั้งหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานแล้ว ทำให้สามารถนำมากำหนดตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่จะนำมาพิจารณาในสมการถดถอยได้ดังตารางที่ 3.1 – 3.2

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรตามที่นำมาพิจารณาในสมการถดถอย

ตัวแปรตาม	สัญลักษณ์	หน่วย	ชนิดของตัวแปร
ระยะเวลาเตรียมการ	preparation time	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลางานปรับปรุงคุณภาพ	stabilization time	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลางานผิวทาง	surface time	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลางานตีเส้นจราจร	marking time	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลาเหลื่อม A	lag A	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลาเหลื่อม B	lag B	วัน	ปริมาณ

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรอิสระที่นำมาพิจารณาในสมการถดถอย

ตัวแปรอิสระ	สัญลักษณ์	หน่วย	ชนิดของตัวแปร
เขตน้ำฝน (rainfall)	A	0 , 1	คุณภาพ
ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อปี (aadt)	B	คัน/วัน	ปริมาณ
สภาพภูมิประเทศ		0 , 1	คุณภาพ
-ที่ราบ(flat)	C1		
-ลูกเนิน(hilly)	C2		
-ลูกเนินสลับเขา(rolling)	C3		
-ภูเขา(mountainous)	C4		
ความยาวถนน (length)	D	กิโลเมตร	ปริมาณ
ความกว้างถนน (wide)	E	เมตร	ปริมาณ
จำนวนช่องจราจร (lane)	F	ช่อง	ปริมาณ
ปริมาณเครื่องจักร			ปริมาณ
-รถเกรด(grader)	G1	คัน	
-รถบดล้อยาง (r_roller)	G2	คัน	
-รถบดล้อเหล็ก (s_roller)	G3	คัน	
-รถบดสั่นสะเทือน (v_roller)	G4	คัน	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ตัวแปรอิสระ	สัญลักษณ์	หน่วย	ชนิดของตัวแปร
-รถบรรทุก(truck) -รถบรรทุกน้ำ(water truck) -รถไม้กวาดถนน(broomer) -รถพ่นยาง(spayer) -รถปูผิวแอสฟัลต์(paver)	G5 G6 G7 G8 G9	คัน คัน คัน คัน คัน	
การขนส่งวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต(surface_transport)	H	กิโลเมตร	ปริมาณ
การขนส่งวัสดุหินคลุก(stabilization_transport)	I	กิโลเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานแก้ไข SOFT SPOT(soft spot)	J	ลูกบาศก์เมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานปรับระดับผิวทางและไหล่ทางด้วยหินคลุก (crushed rock leveling)	K	ลูกบาศก์เมตร (หลวม)	ปริมาณ
ปริมาณงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING(recycling vol.)	L	ตารางเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงาน PRIME COAT(prime coat)	M	ตารางเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงาน TACK COAT(tack coat)	N	ตารางเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงาน ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE(asphalt concrete)	O	ลูกบาศก์เมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานตีเส้นจราจร(thermoplastic paint)	P	ตารางเมตร	ปริมาณ
ความหนาของงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING(recycling thk.)	Q	เซนติเมตร	ปริมาณ
ความหนาของชั้นผิวทาง(surface thk.)	R	เซนติเมตร	ปริมาณ
อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานปรับปรุงคุณภาพกับระยะเวลางานผิวทาง(stabilization time/surface time)	S	-	ปริมาณ
อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานผิวทางกับระยะเวลางานตีเส้นจราจร(surface time/marking time)	T	-	ปริมาณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากข้อมูลในตารางที่ 3.1 – 3.2 สามารถเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระในรูปของฟังก์ชัน เป็นรูปแบบของสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอยได้ดังนี้

preparation time	=f (A , B , C1 , C2 , C3 , C4)
stabilization time	=f (A , B , C1 , C2 , C3 , C4 , D , E , F , G1 , G2 , G3 , G4 , G5 , G6 , I , J , K , L , Q)
surface time	=f (A , B , C1 , C2 , C3 , C4 , D , E , F , G2 , G3 , G6 , G7 , G8 , G9 , H , M , N , O , R)
marking time	=f (B , C1 , C2 , C3 , C4 , D , E , F , P)
lag A	=f (A , B , C1 ,C2 , C3 , C4 , D , E , F , G2 , G3 , G6 ,G7 ,G8 , G9 , H , J , K , L , M , N , O , S , surface time , stabilization time)
lag B	=f (A , B , C1 ,C2 , C3 , C4 , D , E , F, M , N , O , P , T , surface time , marking time)

3.3 เก็บรวบรวมข้อมูลจากโครงการก่อสร้างที่แล้วเสร็จเพื่อนำไปสร้างแบบจำลอง

ข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวมมีดังนี้

3.3.1 ข้อมูลด้านระยะเวลาก่อสร้างของแต่ละกลุ่มงานรวมถึงระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงาน

3.3.2 ข้อมูลที่เกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อม

3.4 สร้างแบบจำลองโดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอย (regression analysis)

การวิเคราะห์สมการถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในเทอมของค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของตัวแปรหนึ่งเป็นฟังก์ชันกับอีกตัวแปรหนึ่ง ถ้าการวิเคราะห์นั้นเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร โดยตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรอิสระ (independent variable : X) และอีกตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรตาม (dependent variable : Y) จะเรียกว่า การถดถอยเชิงเดียว กรณีที่มีลักษณะความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง (simple linear regression) จะสามารถเขียนสมการได้เป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + e \quad \text{.....(3.1)}$$

โดยที่ Y เป็นค่าตัวแปรตาม

X เป็นค่าตัวแปรอิสระ

β_0 เป็นจุดที่เส้นการถดถอยตัดแกน Y (Y – intercept)

β_1 เป็นอัตราการเพิ่ม หรือลดของตัวแปรตาม Y เมื่อค่าของตัวแปรอิสระ X เพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย (slope)

e เป็นค่าความคลาดเคลื่อน

ถ้าการวิเคราะห์นั้นมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายตัวแปร (multiple regression) จะกำหนดให้ตัวแปรหนึ่งที่สนใจศึกษาเป็นตัวแปรตาม ส่วนตัวแปรที่เหลือแทนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรที่สนใจศึกษาเป็นตัวแปรอิสระ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระจะทำตามรูปแบบการถดถอยที่กำหนดขึ้น กรณีที่มีลักษณะความสัมพันธ์แบบเส้นตรง จะเขียนสมการได้เป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + .. + \beta_n X_n + e \quad \text{.....(3.2)}$$

เรียกรูปแบบการถดถอยนี้ว่า รูปแบบการถดถอยเส้นตรงเชิงซ้อน (multiple linear regression)

กรณีที่ความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นโค้ง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ลักษณะนี้ ต้องทำการเปลี่ยนสมการเส้นโค้งให้เป็นสมการเส้นตรงเสียก่อน โดยการเปลี่ยนตัวแปรอิสระหรือตัวแปรตามให้เป็นฟังก์ชันลอการิทึม ฟังก์ชันส่วนกลับ หรือฟังก์ชันกำลังของตัวแปร จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์สมการที่เปลี่ยนแล้วด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง สุดท้ายจึงทำการเปลี่ยนสมการถดถอยดังกล่าว ให้กลับเป็นสมการถดถอยสำหรับความสัมพันธ์แบบเส้นโค้ง

สำหรับการพิจารณาการถดถอยที่ตัวแปรอิสระในสมการถดถอยเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (qualitative variable) หรือมีตัวแปรที่มีลักษณะแบ่งแยกเป็นกลุ่มต้องใช้ตัวแปรหุ่น (dummy variable) มาช่วยในการสร้างสมการถดถอย ซึ่งตัวแปรหุ่นต้องมีค่าเป็น 0 และ 1 เท่านั้น โดยถ้ามีตัวแปรอิสระเชิงคุณภาพที่มีค่าเป็นไปได้ k ค่าหรือ k ระดับ จะต้องกำหนดตัวแปรหุ่นจำนวน k – 1 ตัว เช่นตัวแปรอิสระด้านกรรมสิทธิ์ที่ดิน จะแบ่งการพิจารณาออกเป็น พื้นที่ที่ติดกรรมสิทธิ์ที่ดิน และ พื้นที่ที่ไม่ติดกรรมสิทธิ์ที่ดิน ซึ่งในกรณีนี้จะกำหนดตัวแปรหุ่น (D) 1 ตัว โดยที่

$$D = \begin{cases} 0 & \text{พื้นที่ที่ไม่ติดกรรมสิทธิ์ที่ดิน} \\ 1 & \text{พื้นที่ที่ติดกรรมสิทธิ์ที่ดิน} \end{cases}$$

ขั้นตอนการวิเคราะห์สมการถดถอยโดยทั่วไปมีดังนี้

1. วิเคราะห์ระบบ โดยพิจารณาระบบที่กำลังวิเคราะห์อยู่ว่ามีตัวแปรตามและตัวแปรอิสระตัวใดบ้างเพื่อสร้างตัวแปรในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. การเก็บข้อมูลรวบรวมข้อมูล ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี อาทิเช่น การสัมภาษณ์ การออกแบบสอบถามข้อมูลเก่า หรือการสังเกต เป็นต้น หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วจะนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระอย่างคร่าว ๆ (scatter diagram) เพื่อทราบถึงลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม และ ตัวแปรอิสระ ซึ่งอาจะเป็นได้ทั้งเส้นตรงและเส้นโค้ง
3. เมื่อทราบถึงลักษณะของสมการแล้ว จึงทำการสร้างสมการประมาณการ โดยถ้าสมการมีความ สัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง ก็ใช้สมการเชิงเส้นตรงในการวิเคราะห์ แต่ถ้าสมการมีความสัมพันธ์เป็น แบบเส้นโค้ง ต้องทำการเปลี่ยนให้เป็นสมการเส้นตรงแล้วจึงทำการวิเคราะห์สมการถดถอย
4. ทดสอบสมการที่ได้มาโดยวิธีการทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การทดสอบนัยสำคัญ และการหาความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า เป็นต้น เพื่อหาความเชื่อมั่นและข้อจำกัดของสมการ

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว แปรว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด และมีทิศทางเป็นอย่างไร โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ซึ่งจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เป็นเครื่องวัดระดับความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยทั่วไปจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียรสัน (Pearson Product – Moment Correlation Coefficient) ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระกันระหว่างตัวแปรอิสระ (multicollinearity) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทดสอบสมมุติฐานทำให้สมการถดถอยที่ได้ผิดพลาด ในกรณีที่ทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแล้ว พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่ามากกว่า 0.7 แสดงว่าตัวแปรอิสระคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันมาก (วัฒนา สุนทรธัย, 2542) ดังนั้นจึงตัดตัวแปรอิสระตัวใดตัวหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กันออก ไม่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมการถดถอย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เป็นค่าวัดสัดส่วนหรือร้อยละที่ตัวแปรอิสระ (X) สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม (Y) ได้ หรือเป็นตัวบอกการเกาะกลุ่มกันของข้อมูลรอบ ๆ เส้นสมการถดถอย ซึ่งเป็นตัวบอกความแม่นยำในการทำนาย สำหรับสมการถดถอยที่มีตัวแปรอิสระในสมการเพียงตัวเดียว ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจจะเป็นกำลังของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม นั่นคือ $R^2 = r^2$ ซึ่งการพิจารณาขนาดของค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ สามารถแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การพิจารณาขนาดของค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ	ความสัมพันธ์
0 ถึง +0.25 (หรือ – 0.25)	มีความสัมพันธ์น้อยมากถึงไม่มีเลย
+0.26 ถึง +0.50 (หรือ – 0.50)	มีความสัมพันธ์น้อย
+0.51 ถึง +0.75 (หรือ - 0.75)	มีความสัมพันธ์ปานกลางถึงมาก
มากกว่า +0.75 (หรือ – 0.75)	มีความสัมพันธ์มากที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในกรณีที่สัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเป็นบวกหมายความว่า ตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ถ้าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเป็นลบหมายความว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกัน นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจยังสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาเลือกสมการถดถอย หรือแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ดีที่สุดนั่นคือถ้าแบบจำลองใดมีค่า R^2 สูงสุดจะเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลที่สุด สำหรับสมการถดถอยที่มีตัวแปรอิสระหลายตัวนั้น เมื่อทำการเพิ่มตัวแปรอิสระเข้าไปในสมการถดถอยจะมีผลทำให้ค่า R^2 มีค่าสูงขึ้นทั้งที่ตัวแปรอิสระที่เพิ่มเข้าไปนั้นอาจจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเลยก็ได้ ดังนั้น จึงไม่สามารถเปรียบเทียบได้ว่าสมการถดถอยใดเหมาะสมกว่ากัน จึงควรใช้ค่า Adjusted R^2 ซึ่งได้จากการปรับค่า R^2 ให้ถูกต้องยิ่งขึ้นด้วยการถ่วงน้ำหนัก มาใช้ในการพิจารณาแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลที่สุด โดยสูตรในการคำนวณค่า R^2 และ Adjusted R^2 แสดงได้ดังนี้ (เรืองไร โตกฤษณะ, 2523)

$$R^2 = 1 - (ESS/TSS) \qquad \text{.....(3.3)}$$

$$\text{Adjusted } R^2 = 1 - \frac{ESS / n-(k+1)}{TSS / (n-1)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3.4)$$

โดยที่ ESS = Error Sum of Square

TSS = Total Sum of Square

n = จำนวนข้อมูล

k = จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

การทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานที่ตั้งในทางสถิติมี 2 อย่างคือ สมมติฐานไร้นัยสำคัญ (null hypothesis : Ho) ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม และสมมติฐานเลือก (alternative hypothesis : H1) ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ตรงข้ามกับสมมติฐานไร้นัยสำคัญ ในการยอมรับสมมติฐานนั้น จะพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในการทดสอบสมมติฐานเรียกว่า ระดับนัยสำคัญ (level of significance : $\propto$) ซึ่งกำหนดโดยใช้ความน่าจะเป็น เช่น ระดับนัยสำคัญ 95 ส่วนมากแล้ววิธีที่นิยมใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบสมมติฐาน F (F-test) และการทดสอบสมมติฐาน T (T-test)

สำหรับการทดสอบสมมติฐานของสมการถดถอยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบสมมติฐานรวม ซึ่งเป็นการทดสอบว่ามีตัวแปรตามที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนดหรือไม่โดยใช้ F – test ทดสอบอีกส่วนคือ การทดสอบสมมติฐานย่อย ซึ่งเป็นการทดสอบว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวสามารถอธิบายหรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนดหรือไม่โดยใช้ T – test ทดสอบ

ในการทำงานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้ระดับนัยสำคัญ 90 % ($\propto$=0.10)

การคัดเลือกตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

สมการถดถอยที่ดีจะต้องครอบคลุมทุกตัวแปร และจะต้องมีตัวแปรอิสระน้อยที่สุด ซึ่งวิธีในการตัดสินคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าการถดถอยนั้นสามารถทำได้ 3 วิธี (ทรงศิริ แต้สมบัติ, 2542) ดังนี้

1. วิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบเดินหน้า (forward entry)

วิธีนี้จะเริ่มจากการนำตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญมากที่สุดใส่เข้าไปสมการก่อน จากนั้นจึงหาความสัมพันธ์ใหม่แล้วจึงเพิ่มตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญรองลงมา ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนกว่าตัวแปรอิสระที่จะเพิ่มเข้าไปในสมการมีนัยสำคัญน้อยกว่าที่กำหนด

2. วิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบถอยหลัง (backward elimination)

วิธีนี้จะเริ่มจากการนำตัวแปรอิสระทุกตัวใส่เข้าไปในสมการถดถอย จากนั้นจึงนำตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญต่ำออกจากสมการ ทำเช่นนี้เรื่อยๆจนกว่าตัวแปรอิสระที่เหลืออยู่ในสมการมีนัยสำคัญเกินกว่าค่าที่กำหนด

3. วิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (stepwise selection)

วิธีนี้จะผสมระหว่างวิธีการคัดเลือกแบบเดินหน้าและถอยหลัง โดยจะเริ่มต้นเหมือนกับวิธีคัดเลือกแบบเดินหน้า แต่ทุกครั้งที่มีการนำตัวแปรอิสระเข้าสมการจะทำการตรวจสอบตัวแปรอิสระทุกตัว ในสมการว่ายังคงมีนัยสำคัญเกินกว่าที่กำหนดหรือไม่ โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบถอยหลัง

ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบถอยหลัง (backward elimination) โดยพิจารณาตัดตัวแปรอิสระที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามออกไปขั้นละตัว โดยใช้ผลการทดสอบสถิตินั่นคือจะตัดตัวแปรอิสระที่มีค่าสถิติทดสอบ $|t|$ มากที่สุดออกไปจากสมการถดถอยจนกระทั่งไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดถูกตัดออก ทำให้ได้สมการถดถอยที่เหมาะสมเนื่องจากตัวแปรอิสระทุกตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2552)

จาก สมมติฐานที่ตั้งขึ้นคือ $H_0 : \beta_i = 0$

$H_1 : \beta_i \neq 0$

ผลการทดสอบ จะปฏิเสธ Ho ถ้า $|t| > t_{1-\alpha/Z\,;\,n-k-1}$

หรือจะปฏิเสธ Ho ถ้า Sig T < α

3.5 ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลของโครงการที่ไม่ได้นำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอย เพื่อทราบถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเมื่อนำแบบจำลองไปใช้ในการประมาณระยะเวลาการก่อสร้างจริง

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 บทนำ

เมื่อกำหนดกลุ่มงาน ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานและปัจจัยที่มีผลกระทบแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านระยะเวลาและปัจจัยต่างๆดังกล่าวจากโครงการก่อสร้างของสำนักทางหลวงที่ 5 (ขอนแก่น) ที่แล้วเสร็จระหว่างปี 2551 – 2554 จำนวน 15 โครงการ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างของงานบำรุงทางต่อไป

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองได้มาจากโครงการก่อสร้างที่แล้วเสร็จในงานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ด้วยวิธี PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING ในพื้นที่ความรับผิดชอบของสำนักทางหลวงที่ 5 (ขอนแก่น) จำนวน 15 โครงการ โดยข้อมูลด้านระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานรวมถึงระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงาน รวบรวมจาก รายงานประจำวัน รายงานประจำสัปดาห์ รายงานประจำเดือน ส่วนข้อมูลที่เกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อม รวบรวมจากสัญญาก่อสร้าง แผนงานรายประมาณการของโครงการนั้นๆ ดังแสดงในภาคผนวก ก

จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาพบว่า เป็นโครงการก่อสร้างที่แล้วเสร็จระหว่างปี 2551 – 2554 จำนวน 15 โครงการ ซึ่งมีมูลค่าโครงการระหว่าง 13 – 30 ล้านบาท ระยะเวลาโครงการอยู่ระหว่าง 113 – 167 วัน ระยะทางในการก่อสร้างระหว่าง 2.95 – 9.50 กิโลเมตร

นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถตัดตัวแปรอิสระบางตัวออกไปได้เนื่องจากมีขนาดเท่ากันทั้ง 15 โครงการ คือ

1. เขตน้ำฝน
2. สภาพภูมิประเทศ
3. ความหนาของงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING
4. ปริมาณเครื่องจักรกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพและกลุ่มงานผิวทาง
5. ความหนาของชั้นผิวทาง
6. จำนวนช่องจราจร

ทำให้คงเหลือตัวแปรอิสระที่ใช้จริงดังแสดงตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวแปรอิสระที่ได้รับการปรับปรุงเพื่อนำมาพิจารณาในสมการถดถอย

ตัวแปรอิสระ	สัญลักษณ์	หน่วย	ชนิดของตัวแปร
ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อปี(aadt)	A	คัน/วัน	ปริมาณ
ความยาวถนน(length)	B	กิโลเมตร	ปริมาณ
ความกว้างถนน(wide)	C	เมตร	ปริมาณ
การขนส่งวัสดุหินคลุก(stabilization_transport)	D	กิโลเมตร	ปริมาณ
การขนส่งวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต (surface_transport)	E	กิโลเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานแก้ไข SOFT SPOT(soft spot)	F	ลูกบาศก์เมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานปรับระดับผิวทางและไหล่ทางด้วยหินคลุก(crushed rock leveling)	G	ลูกบาศก์เมตร (หลวม)	ปริมาณ
ปริมาณงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING (recycling vol.)	H	ตารางเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงาน PRIME COAT(prime coat)	I	ตารางเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงาน TACK COAT(tack coat)	J	ตารางเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงาน ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE(asphalt concrete)	K	ลูกบาศก์เมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานตีเส้นจราจร(thermoplastic paint)	L	ตารางเมตร	ปริมาณ
อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานปรับปรุงคุณภาพกับระยะเวลางานผิวทาง (stabilization time/surface time)	M	-	ปริมาณ
อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานผิวทางกับระยะเวลางานตีเส้นจราจร(surface time/marking time)	N	-	ปริมาณ

4.3 การวิเคราะห์หาสมการถดถอย

จากการวิเคราะห์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่โดยวิธี pearson product-moment correlation coefficient พบว่ามีตัวแปรอิสระบางตัวที่มีความสัมพันธ์กัน โดยเห็นได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่ามากกว่า 0.7 ดังนั้นจึงทำการตัดตัวแปรอิสระ ที่มีความสัมพันธ์กันออก ไม่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมการถดถอย ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.1 โดยสามารถสรุปตัวแปรอิสระที่ไม่นำมาพิจารณาได้ดังนี้

กลุ่มงานเตรียมการ ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือ ปริมาณงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING

กลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือ ปริมาณงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING และ ความยาวถนน

กลุ่มงานผิวทาง ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือ ความยาวถนน ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อปีและปริมาณงาน PRIME COAT

กลุ่มงานตีเส้นจราจร ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือ ความยาวถนน

ระยะเวลาเหลื่อม A ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือ ปริมาณงานแก้ไข SOFT SPOT ปริมาณงานปรับระดับผิวทางและไหล่ทางด้วยหินคลุก ปริมาณงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING ปริมาณงาน PRIME COAT และ ความยาวถนน

ระยะเวลาเหลื่อม B ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือปริมาณงาน PRIME COAT ปริมาณงานตีเส้นจราจร ระยะเวลาของงานผิวทาง และ ความยาวถนน

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระคู่ที่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละกลุ่มงาน

กลุ่มงาน	**ตัวแปรอิสระคู่ที่มีความสัมพันธ์กัน**	**สปส.สหสัมพันธ์**	**ตัวแปรอิสระที่ตัดออก**
เตรียมการ	-G & H	0.777	H
ปรับปรุงคุณภาพ	-G & H	0.777	H
	-B & H	0.975	B
	-G & B	0.768	B
ผิวทาง	-I & K	1.000	I
	-I & B	0.975	B
	-K & B	0.975	B
	-ระยะเวลางานผิวทาง & A	0.777	A

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ตีเส้นจราจร	-L & B	0.938	B
ระยะเวลาเหลื่อม A	-G & H	0.777	G
	-G & I	0.777	G
	-F & E	0.769	F
	-H & I	1.000	H
	-H & K	1.000	H
	-I & K	1.000	B
	-K & B	0.975	B
ระยะเวลาเหลื่อม B	-I & K	1.000	I
	-I & L	0.923	I
	-K & L	0.924	L
	-N & ระยะเวลางานผิวทาง	0.825	ระยะเวลางานผิวทาง
	-A & ระยะเวลางานผิวทาง	0.777	ระยะเวลางานผิวทาง
	-K & B	0.975	B

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากนั้นจะนำตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่ได้ขจัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันใส่ไปในสมการถดถอย แล้วเลือกใช้วิธี backward elimination ขจัดตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญน้อยๆ ออก จนกว่าจะเหลือตัวแปรที่เหมาะสมที่ใช้ในการประมาณการ แล้วทำการปรับปรุงสมการถดถอยที่สร้างขึ้นให้สอดคล้องกับความเป็นจริง ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอยของระ ยะเวลาก่อสร้างงานบำรุงทางในแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน โดยใช้โปรแกรม SPSS FOR WINDOWS แสดงดังในภาคผนวก ข โดยสามารถอธิบายวิธีการวิเคราะห์ได้ดังนี้

ระยะเวลาเหลื่อม A = β_0 + β_1 J + β_2 K + β_3 E + β_4 surface time + β_5 stabilization time + β_6 C + β_7 M + e

ขั้นที่ 1 พบว่าเมื่อนำตัวแปรอิสระทั้ง 7 ตัวเข้าสมการถดถอยได้ R^2 = 0.606 , Adjust R^2 = 0.211 และเมื่อพิจารณาสถิติทดสอบ t พบว่า ค่า t ของตัวแปร J มีค่าต่ำสุด |t |= 0.008 และ Sig t ของ J มีค่าสูงสุดคือ 0.994 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ (0.10) จึงยอมรับว่า Ho : β_1 = 0 นั่นคือจะตัดตัวแปร J ออกจากสมการถดถอย

ขั้นที่ 2 หลังจากตัดตัวแปร J แล้วพบว่าเมื่อพิจารณาสถิติทดสอบ t พบว่า ค่า t ของตัวแปร E มีค่าต่ำสุด |t |= 0.259 และ Sig t ของ E มีค่าสูงสุดคือ 0.802 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ (0.10) จึงยอมรับว่า Ho : $\beta 3 = 0$ นั่นคือจะตัดตัวแปร E ออกจากสมการถดถอย

ขั้นที่ 3 หลังจากตัดตัวแปร E แล้วพบว่าเมื่อพิจารณาสถิติทดสอบ t พบว่า ค่า t ของตัวแปร M มีค่าต่ำสุด |t |= 0.202 และ Sig t ของ M มีค่าสูงสุดคือ 0.844 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ (0.10) จึงยอมรับว่า Ho : $\beta 7 = 0$ นั่นคือจะตัดตัวแปร M ออกจากสมการถดถอย

ขั้นที่ 4 หลังจากตัดตัวแปร M แล้วพบว่าเมื่อพิจารณาสถิติทดสอบ t พบว่า ค่า t ของตัวแปร K มีค่าต่ำสุด |t |= 0.443 และ Sig t ของ K มีค่าสูงสุดคือ 0.667 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ (0.10) จึงยอมรับว่า Ho : $\beta 2 = 0$ นั่นคือจะตัดตัวแปร K ออกจากสมการถดถอย

ขั้นที่ 5 หลังจากตัดตัวแปร K แล้วพบว่าเมื่อพิจารณาสถิติทดสอบ t พบว่า ค่า t ของตัวแปร C มีค่าต่ำสุด |t |= 1.379 และ Sig t ของ C มีค่าสูงสุดคือ 0.195 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ (0.10) จึงยอมรับว่า Ho : $\beta 6 = 0$ นั่นคือจะตัดตัวแปร C ออกจากสมการถดถอย

ขั้นที่ 6 เมื่อพิจารณาสถิติทดสอบ Sig t ของ 3 ตัวแปรที่เหลือ คือ constant, surface time และ stabilization time มีค่าเท่ากับ 0.088, 0.071 และ 0.004 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (0.10) จึงปฏิเสธ Ho นั่นคือ $\beta 0 \neq 0$, $\beta 4 \neq 0$ และ $\beta 5 \neq 0$ หรือ constant, surface time และ stabilization time สัมพันธ์กับระยะเวลาเหลื่อม A อย่างมีนัยสำคัญ

จากนั้นจึงทำการทดสอบสมมติฐาน F พบว่ามีค่า F = 6.556 และ Sig. F = 0.012 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.10 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวในสมการถดถอยที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 90 %

สรุปผลที่ได้คือ ระยะเวลาเหลื่อม A = 9.404 – 0.336 surface time +0.747 stabilization time

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปรูปแบบการคัดเลือกตัวแปรอิสระได้ดังรูปที่ 4.1

MODEL 1

$$\text{Lag A} = \beta_0 + \beta_1 J + \beta_2 K + \beta_3 E + \beta_4 \text{ surface time} + \beta_5 \text{ stabilization time} + \beta_6 C + \beta_7 M$$

MODEL 2

$$\text{Lag A} = \beta_0 + \beta_2 K + \beta_3 E + \beta_4 \text{ surface time} + \beta_5 \text{ stabilization time} + \beta_6 C + \beta_7 M$$

MODEL 3

$$\text{Lag A} = \beta_0 + \beta_2 K + \beta_4 \text{ surface time} + \beta_5 \text{ stabilization time} + \beta_6 C + \beta_7 M$$

MODEL 4

$$\text{Lag A} = \beta_0 + \beta_2 K + \beta_4 \text{ surface time} + \beta_5 \text{ stabilization time} + \beta_6 C$$

MODEL 5

$$\text{Lag A} = \beta_0 + \beta_4 \text{ surface time} + \beta_5 \text{ stabilization time} + \beta_6 C$$

MODEL 6

$$\text{Lag A} = \beta_0 + \beta_4 \text{ surface time} + \beta_5 \text{ stabilization time}$$

$$= 9.404 - 0.336 \text{ surface time} + 0.747 \text{ stabilization time}$$

รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการถดถอยเชิงซ้อนของระยะเวลาเหลื่อม A

สำหรับการวิเคราะห์สมการถดถอยของกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมอื่นจะทำเช่นเดียวกับระยะเวลาเหลื่อม A ซึ่งสามารถสรุปสมการถดถอยเชิงซ้อนของแต่ละกลุ่มงาน รวมทั้งระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานที่นำมาใช้ในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างงานบำรุงทางได้ดังนี้

preparation time = 0.018 G

stabilize time = 12.895 + 0.003 A

surface time = 24.733

marking time = 2.667

lag B = 0.285 N

4.4 การใช้แบบจำลองในการประมาณระยะเวลาโครงการ

เมื่อได้สมการถดถอยที่ใช้สำหรับประมาณระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานแล้ว จากนั้นจะนำค่าที่ประมาณได้จากแบบจำลองมาหาระยะเวลาโครงการ โดยระยะเวลาของทั้งโครงการสามารถประมาณได้จากสมการดังนี้

ระยะเวลาโครงการ = preparation time + lag A + surface + lag B + marking time

ตัวอย่าง การประมาณระยะเวลาก่อสร้างโดยใช้ข้อมูลจากโครงการที่ 1 คือ

ระยะเวลาเตรียมการ = 14.2 วัน

ระยะเวลาเหลื่อม A = 15.6 วัน

ระยะเวลางานผิวทาง = 24.7 วัน

ระยะเวลาเหลื่อม B = 2.6 วัน

ระยะเวลางานตีเส้นจราจร = 2.7 วัน

ดังนั้นระยะเวลาของโครงการที่ 1 ที่ประมาณได้คือ 14.2+15.6+24.7+2.6+2.7 = 60 วัน

4.5 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง

ในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองนั้น ได้จากการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างใหม่ที่ไม่ได้นำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอยจำนวน 4 โครงการ เพื่อคำนวณค่าที่ประมาณได้มีค่าคลาดเคลื่อนจากค่าจริงเพียงใด ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.3 โดยที่ในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนนั้นจะวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดซึ่งหาได้จาก

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%error) = { (ค่าที่ประมาณได้ – ค่าจริง) / ค่าจริง } x 100.....(4.1)

ตารางที่ 4.3 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของการประมาณระยะเวลาโครงการจากกลุ่มตัวอย่างใหม่

วิธีการประมาณระยะเวลาโครงการ	% ความผิดพลาดเฉลี่ย (+)	% ความผิดพลาดเฉลี่ย (-)	% ความผิดพลาดสูงสุด(+)	% ความผิดพลาดสูงสุด(-)
ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น	+24.02	-24.28	+44.44	-29.60
ใช้การวางแผนแบบเดิม	+54.32	-	+118.06	-

ตารางที่ 4.3 เป็นการเปรียบเทียบให้เห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงสุดของระยะเวลาก่อสร้างที่ได้จากการประมาณโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น (± 24% และ ±44%) มีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้การประมาณด้วยหลักเกณฑ์แบบเดิม (± 54% และ ±118%)

4.6 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่าสามารถตัดตัวแปรอิสระบางตัวออกไปได้เนื่องจากมีขนาดเท่ากันทั้งหมด 15 โครงการ คือ เขตน้ำฝน, สภาพภูมิประเทศ, ความหนาของงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING, ปริมาณเครื่องจักรกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ, ความหนาของงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING, ความหนาของชั้นผิวทาง, จำนวนช่องจราจร และปริมาณเครื่องจักรของงานผิวทาง สำหรับการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระได้ทำการตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันออกไปโดยไม่นำมาพิจารณาในการสร้างสมการถดถอยดังแสดงในตารางที่ 4.1 เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระกันระหว่างตัวแปรอิสระ สำหรับการวิเคราะห์สมการถดถอยจะใช้เทคนิคการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมเข้าสู่สมการถดถอยด้วยวิธี backward elimination โดยการตัดตัวแปรอิสระที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามออกไปทีละตัวจนกระทั่งไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดถูกตัดออก

สำหรับการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ทำการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างใหม่ที่นำไม่ได้นำมาใช้สร้างสมการถดถอยจำนวน 4 โครงการ เพื่อต้องการหาว่าค่าที่ประมาณได้จากแบบจำลองนั้นมีค่าคลาดเคลื่อนจากค่าจริงเท่าไร ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงสุดของระยะเวลาโครงการที่ได้จากการประมาณโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น (± 24% และ ±44%) มีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้การประมาณด้วยหลักเกณฑ์แบบเดิม (± 54% และ ±118%)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างของงานบำรุงทาง โดยพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของกิจกรรมต่างๆ ภายในโครงการก่อสร้างซึ่งจากลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างที่เกิดขึ้น จะใช้วิธีการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการก่อสร้างจากกรมทางหลวง และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงข้อมูลจากโครงการที่แล้วเสร็จทำให้สามารถกำหนดกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อม (LAG TIME) ของแต่ละกลุ่มงานได้เป็นกลุ่มงานเตรียมการ (preparation) กลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ (stabilization) กลุ่มงานผิวทาง (surface) กลุ่มงานตีเส้นจราจร (marking) ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพและกลุ่มงานผิวทาง (lag A) และระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานผิวทางและกลุ่มงานตีเส้นจราจร (lag B) สำหรับการหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานนั้น ได้มาจากการสำรวจเชิงเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างของกรมทางหลวง เมื่อทราบถึงกลุ่มงาน ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานแล้วจึงกำหนดตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระและรูปแบบของสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอย เพื่อทำการเก็บข้อมูลจากโครงการก่อสร้างที่แล้วเสร็จในงานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ด้วยวิธี PAVEMENT RECYCLING ในพื้นที่ความรับผิดชอบของสำนักทางหลวงที่ 5 (ขอนแก่น) ระหว่างปี 2551 – 2554 จำนวน 15 โครงการ ซึ่งมีมูลค่าโครงการระหว่าง 13 – 30 ล้านบาท ระยะเวลาโครงการอยู่ระหว่าง 113 – 167 วัน ระยะทางในการก่อสร้างระหว่าง 2.95 – 9.50 กิโลเมตร ความกว้างถนนระหว่าง 8-10 เมตร ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่าสามารถตัดตัวแปรอิสระบางตัวออกไปได้เนื่องจากมีขนาดเท่ากันทั้ง 15 โครงการ คือ เขตน้ำฝน สภาพภูมิประเทศ ความหนาของงาน PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING ปริมาณเครื่องจักรกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพและกลุ่มงานผิวทาง ความหนาของชั้นผิวทางและจำนวนช่องจราจร จากนั้นจึงนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีสมการเชิงซ้อน เพื่อหาแบบจำลองสำหรับใช้ในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างของงานบำรุงทางที่มาจากการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยการทดสอบกับข้อมูลของโครงการที่ไม่ได้นำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอย จำนวน 4 โครงการ เพื่อคำนวณหาค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์

ความผิดพลาดสูงสุดของระยะเวลาก่อสร้างที่ได้จากการประมาณโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น (± 24% และ ±44%) มีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้การประมาณด้วยหลักเกณฑ์แบบเดิม (± 54% และ ±118%) ทำให้มั่นใจได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำมากกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

แบบจำลองที่สร้างขึ้นมานี้ยังมีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้างอื่นๆ ที่ไม่ได้นำมาพิจารณา เช่น ปัจจัยด้านจำนวนและคุณภาพของแรงงาน ปัจจัยด้านสมรรถนะของเครื่องจักรที่ใช้ในงานก่อสร้าง ปัจจัยด้านการรออนุมัติแก้ไขแบบและขอขยายพื้นที่ดำเนินการ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้างได้ แต่เมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่าปัจจัยดังกล่าวไม่สามารถหาข้อมูลอ้างอิงได้ในช่วงที่วางแผนก่อสร้าง เพราะจะเกิดขึ้นเมื่อโครงการได้เริ่มดำเนินการก่อสร้างไปแล้ว ประกอบกับจุดประสงค์ของแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อประมาณระยะเวลาก่อสร้างในเบื้องต้น ดังนั้นจึงไม่นำมาพิจารณาสร้างแบบจำลอง นอกจากนี้แบบจำลองได้ถูกสร้างขึ้นจากข้อมูลที่มีจำนวนน้อย (15 โครงการ) ซึ่งอาจจะส่งผลให้แบบจำลองที่ได้มีความแม่นยำและถูกต้องลดลง

แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาในงานวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างของงานบำรุงทาง กรมทางหลวง ในงานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ด้วยวิธี PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING ซึ่งจะช่วยให้ฝ่ายผู้ว่าจ้างทราบถึงระยะเวลาในการก่อสร้างของโครงการเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ รวมถึงการจัดสรรงบประมาณ ในขณะที่ฝ่ายผู้รับจ้างสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อการจัดสรรเงินทุนและทรัพยากรในโครงการก่อสร้างนั้นๆ นอกจากนี้ยังสามารถใช้แบบจำลองดังกล่าวเพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการในปัจจุบันที่คำนวณระยะเวลาก่อสร้างจากอัตราการทำงานของเครื่องจักร (productivity rate) และสามารถนำวิธีการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้กับงานบำรุงทางอื่นๆ ได้ เช่น งานเสริมผิวแอสฟัลต์ งานฉาบผิวแอสฟัลต์ ฯลฯ

เอกสารอ้างอิง

Ahuja, N., and Nandakumar, V. (1985). Simulation model to forecast project completion time. **Journal of Construction Engineering and Management** ASCE111 (4) :325-342.

Carr, I. (1979). Simulation of construction project duration. **Journal of the Construction Division** ASCE105 (2):117-128.

Chan, P.C.(1999). Modelling building durations in Hong Kong. **Journal of Construction Management and Economics** 17(2):189-196.

Chan, W.M., and Kumaraswamy, M.(1999). Modelling and predicting construction duration in Hong Kong public housing. **Journal of Construction Management and Economics** 17(3):351-362.

Dawood, N.(1998). Estimating project and activity duration:A risk management approach using network analysis. **Journal of Construction Management and Economics** 16(1):41-48.

Hancher, D.E., and Rowings, J.E.(1981). Setting highway construction contract duration. **Journal of the construction division** ASCE107(2):169-179.

Herbsman, J.(1987). Evaluation of scheduling techniques for highway construction projects. **Transportation Research Record** (1126):110-120.

Herbman, J. and Ellis(1995). Determination of contract time for highway construction projects. **NCHRP Synthesis of Highway Practice** (215):1-43.

Mulholland, B., and Christian, J.(1999). Risk assessment in construction schedules. **Journal of Construction Engineering and Management** ASCE125(1):8-15.

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). **การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวด้วย SPSS for Windows.** พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทรงศิริ แต้สมบัติ. (2542). **การวิเคราะห์การถดถอย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นรเศรษฐ์ เดี่ยวอาสา. (2543). **การประมาณระยะเวลาก่อสร้างงานถนนโดยวิธีสมการถดถอยเชิงซ้อน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัฒนา สุนทรชัย. (2542). **เรียนสถิติด้วย SPSS ภาคสถิติอิงพารามิเตอร์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วิทยพัฒน์

วิโรจน์ วงศ์ธัญลักษณ์. (2539). **การศึกษาการประมาณระยะเวลาสำหรับงานก่อสร้างอาคาร.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารงานก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิสิฐ อัจฉยานนท์กิจ. (2535). **การประเมินราคางานก่อสร้างทาง.** กรุงเทพฯ : กรมทางหลวง

อภิชัย ธีระรังสิกุล. (2534). **การศึกษาสาเหตุความล่าช้าของการก่อสร้างถนนของกรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารงานก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก
ข้อมูลของโครงการที่นำมาพิจารณาสมการถดถอย

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของโครงการที่นำมาพิจารณาสมการถดถอย

โครงการที่	preparation time วัน	stabilization time วัน	surface time วัน	marking time วัน	lag A วัน	lag B วัน
1	32	4	8	3	4	2
2	7	18	12	3	25	5
3	5	18	44	2	13	13
4	66	16	28	2	4	2
5	24	47	27	2	45	1
6	40	13	33	2	13	5
7	32	18	16	3	18	1
8	7	22	10	2	18	2
9	26	16	12	3	14	0
10	52	21	32	2	13	0
11	39	46	65	4	12	8
12	53	17	21	5	8	2
13	89	39	18	2	35	0
14	46	21	16	3	12	4
15	69	13	29	2	28	0
16	25	14	28	4	7	31
17	7	18	50	2	10	3
18	35	25	72	5	12	1
19	32	23	24	5	19	3

หมายเหตุ

โครงการที่ 1 – 15 ใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง

โครงการที่ 16 – 19 ใช้สำหรับทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของโครงการที่นำมาพิจารณสมการถดถอย (ต่อ)

โครงการที่	aadt คัน/วัน	soft spot ลบ.ม.	crushed rock leveling ลบ.ม. หลวม	recycling ตร.ม.	length ม.	stabilization _transpot กม.
1	2166	310	790	26569	2950	164
2	3607	600	981	32700	3600	87
3	3417	200	521.14	40395.63	3850	132
4	3417	323	2429	46978	5230	115
5	2402	730	923	30768	3400	163
6	3097	505	813	27093	3300	120
7	2347	2171	2167	72261	9500	158
8	3384	1500	978	32617	3623	115
9	2347	1441	890	29650	3240	129
10	3384	2020	2022	67417	7400	127
11	11102	330	842.7	28090	3230	180
12	2317	120	2419	48375	5375	200
13	2166	150	1390	46495	5100	157
14	2166	250	1375	45825	5050	152
15	2317	600	984	32773	4000	203
16	5431	810	1335	26678.95	3285	176
17	3262	630	3130	62600	6900	155
18	5431	790	1965	39300	4900	194
19	1875	460	2275	45500	4710	122

หมายเหตุ

โครงการที่ 1 – 15 ใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง

โครงการที่ 16 – 19 ใช้สำหรับทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของโครงการที่นำมาพิจารณาสมการถดถอย (ต่อ)

โครงการที่	wide ม.	prime coat ตร.ม.	tack coat ตร.ม.	asphalt concrete ลบ.ม.	surface_transpot กม.	thermoplastic ตร.ม.
1	9	26569	243	1340	35	650
2	9	32700	0	1635	40	850
3	9	40395.63	0	2028.78	90	958.02
4	10	46978	0	2348.9	35	1449.2
5	9	30768	0	1538	55	900
6	8	27093	0	1355	117	1159
7	8	72261	0	3613.05	147	2065
8	9	32617	634.2	1662	104	1258.46
9	9	29650	0	1483	118	912
10	9	67417	301	3386	116	1837
11	8	28090	0	1404.5	1	856.8
12	9	48375	0	2419	40	1266.2
13	9	46495	0	2325	44	1320
14	9	45825	234	2303	49	1320
15	8	32773	352	1657	32	1000
16	8	26678.95	216	1344.75	45	830
17	9	62600	0	3130	68	1640
18	8	39300	0	1965	100	1160
19	9	45500	0	2275	50	1190

หมายเหตุ

โครงการที่ 1 – 15 ใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง

โครงการที่ 16 – 19 ใช้สำหรับทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของโครงการที่นำมาพิจารณาสมการถดถอย (ต่อ)

โครงการที่	stabilization time/surface time	surface time/marking time	ระยะเวลาก่อสร้างตามแผนวัน	ระยะเวลาก่อสร้างแล้วเสร็จในสนามวัน	วงเงินค่าก่อสร้างบาท
1	0.5	2.67	118	49	13,915,013.00
2	1.5	4	123	52	15,053,828.00
3	0.41	22	118	77	16,188,131.20
4	0.57	14	113	102	19,727,414.00
5	1.74	13.5	124	99	16,226,105.00
6	0.39	16.5	122	93	13,905,568.00
7	1.12	5.33	163	70	28,616,629.00
8	2.2	5	137	39	17,153,910.67
9	1.33	4	122	55	15,205,804.00
10	0.66	16	167	99	29,592,790.00
11	0.71	16.25	132	128	14,791,366.52
12	0.81	4.2	148	89	22,251,861.00
13	2.17	9	144	144	20,927,878.00
14	1.31	5.33	141	81	20,728,645.00
15	0.45	14.5	128	128	15,529,825.00
16	0.5	7	121	95	14,875,487.00
17	0.36	25	157	72	26,663,842.00
18	0.35	14.4	135	125	19,023,808.00
19	0.96	4.8	136	83	19,620,519.00

หมายเหตุ

โครงการที่ 1 – 15 ใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง

โครงการที่ 16 – 19 ใช้สำหรับทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์สมการถดถอย

ตารางที่ ข.1 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของกลุ่มงานเตรียมการ

Model	R	R Square	Adjusted R square	Std. Error of the Estimate
1	0.613	0.376	0.206	21.616
2	0.612	0.375	0.270	20.722
3	0.488	0.238	0.179	21.980

ตารางที่ ข.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของกลุ่มงานเตรียมการ

Model 3	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1959.354	1	1959.354	4.056	0.065
Residual	6280.380	13	483.106		
Total	8239.733	14			

ตารางที่ ข.3 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานเตรียมการ

Model 3	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	15.089	13.220		1.141	0.274
G	0.018	0.009	0.488	2.014	0.065

ตารางที่ ข.4 ตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานเตรียมการ

Model 3	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation
A	-0.009	-0.033	0.974	-0.010
F	-0.380	-1.620	0.131	-0.424

ตารางที่ ข.5 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ

Model	R	R Square	Adjusted R square	Std. Error of the Estimate
1	0.560	0.314	-0.068	12.724
2	0.547	0.299	0.018	12.201
3	0.539	0.291	0.097	11.701
4	0.518	0.268	0.146	11.381
5	0.494	0.244	0.186	11.111

ตารางที่ ข.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ

Model 5	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	518.148	1	518.148	4.197	0.061
Residual	1604.785	13	123.445		
Total	2122.933	14			

ตารางที่ ข.7 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ

Model 5	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	12.895	5.262		2.451	0.029
A	0.003	0.001	0.494	2.049	0.061

ตารางที่ ข.8 ตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานปรับปรุงคุณภาพ

Model 5	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation
F	-0.034	-0.136	0.894	-0.039
G	-0.013	-0.050	0.961	-0.014
C	0.079	0.300	0.770	0.086
D	0.155	0.625	0.544	0.178

ตารางที่ ข.9 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของกลุ่มงานผิวทาง

Model	R	R Square	Adjusted R square	Std. Error of the Estimate
1	0.540	0.291	0.008	15.016
2	0.536	0.287	0.093	14.357
3	0.470	0.221	0.092	14.367
4	0.345	0.119	0.051	14.683
5	0.000	0.000	0.000	15.073

ตารางที่ ข.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของกลุ่มงานผิวทาง

Model 5	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	0.000	0	0.000	0.000	0.000
Residual	3180.933	14	227.210		
Total	3180.933	14			

ตารางที่ ข.11 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานผิวทาง

Model 5	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	24.733	3.892		6.355	0.000

ตารางที่ ข.12 ตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอยของกลุ่มงานผิวทาง

Model 5	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation
K	-0.089	-0.321	0.753	-0.089
J	-0.288	-1.086	0.297	-0.288
E	-0.257	-0.957	0.356	-0.257
C	-0.345	-1.325	0.208	-0.345

ตารางที่ ข.13 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของระยะเวลาเหลื่อม A

Model	R	R Square	Adjusted R square	Std. Error of the Estimate
1	0.778	0.606	0.211	10.121
2	0.778	0.606	0.310	9.467
3	0.776	0.602	0.381	8.963
4	0.775	0.600	0.441	8.522
5	0.770	0.593	0.481	8.205
6	0.723	0.522	0.443	8.508

ตารางที่ ข.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของระยะเวลาเหลื่อม A

Model 6	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	949.140	2	474.570	6.556	0.012
Residual	868.593	12	72.383		
Total	1817.733	14			

ตารางที่ ข.15 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอยของระยะเวลาเหลื่อม A

Model 6	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	9.404	5.072		1.854	0.088
ระยะเวลางานผิวทาง	-0.336	0.169	-0.445	-1.984	0.071
ระยะเวลางานปรับปรุงคุณภาพ	0.747	0.207	0.807	3.600	0.004

ตารางที่ ข.16 ตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอยของระยะเวลาเหลื่อม A

Model 6	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation
J	0.005	0.023	0.982	0.007
E	0.070	0.321	0.754	0.096
M	-0.065	-0.118	0.908	-0.036
K	-0.102	-0.494	0.631	-0.147
C	-0.284	-1.379	0.195	-0.384

ตารางที่ ข.17 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของระยะเวลาเหลื่อม B

Model	R	R Square	Adjusted R square	Std. Error of the Estimate
1	0.663	0.440	0.020	3.569
2	0.660	0.436	0.123	3.376
3	0.654	0.427	0.198	3.229
4	0.648	0.420	0.262	3.097
5	0.600	0.360	0.253	3.116
6	0.491	0.241	0.182	3.261

ตารางที่ ข.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของระยะเวลาเหลื่อม B

Model 6	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	43.788	1	43.788	4.119	0.063
Residual	138.212	13	10.632		
Total	182.000	14			

ตารางที่ ข.19 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอยของระยะเวลาเหลื่อม B

Model 6	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	0.105	1.656		0.063	0.950
N	0.285	0.141	0.491	2.029	0.063

ตารางที่ ข.20 ตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอยของระยะเวลาเหลื่อม B

Model 6	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation
J	-0.187	-0.749	0.468	-0.211
C	-0.025	-0.097	0.924	-0.028
A	0.346	1.377	0.194	0.369
K	-0.244	-1.012	0.332	-0.280
ระยะเวลางานตีเส้นจราจร	0.386	1.494	0.161	0.396

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายธีรวัฒน์ พีระพัฒนพงษ์ เกิดวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2520 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภคในปีการศึกษา 255 ปัจจุบันปฏิบัติงานในตำแหน่งวิศวกรโยธาชำนาญการ ส่วนสำรวจและออกแบบ สำนักทางหลวงที่ 5 (ขอนแก่น)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี