บทที่ 4
การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

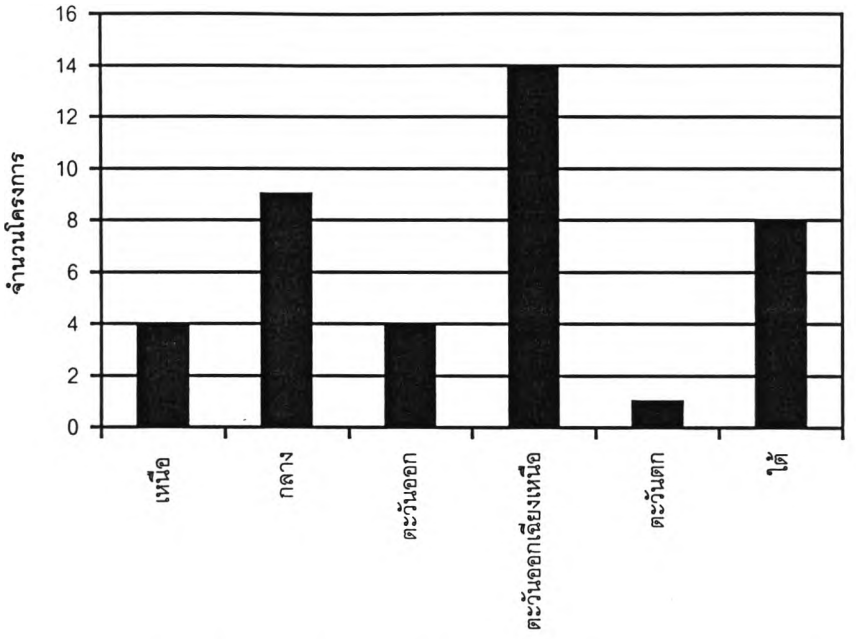
เมื่อทราบปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านระยะเวลา และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน จากโครงการก่อสร้างถนนของกรมทางหลวง ที่แล้วเสร็จระหว่างปี 2535-2540 จำนวน 40 โครงการ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา ซึ่งการเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลจะกล่าวดังต่อไปนี้

4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านระยะเวลาก่อสร้าง และปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน จากโครงการก่อสร้างถนนที่ได้แล้วเสร็จไปแล้ว ระหว่างปี 2535-2540 ของกรมทางหลวง จำนวน 40 โครงการ ดังแสดงในภาคผนวก ก สำหรับโครงการที่แล้วเสร็จภายหลังปี 2540 จะไม่นำมาใช้ในการพิจารณาวิเคราะห์สมการถดถอย เนื่องจากอาจจะมีผลกระทบจากสภาวะเศรษฐกิจตกต่ำมาเกี่ยวข้อง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมาแล้วไปใช้ในการวิเคราะห์หาแบบจำลองที่เหมาะสม ในการประมาณระยะเวลาเบื้องต้นของโครงการก่อสร้างถนนต่อไป

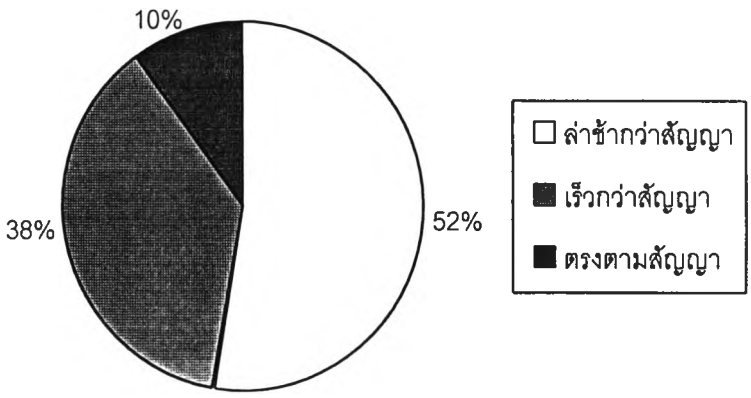
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากข้อมูลแล้วเสร็จของโครงการก่อสร้างถนนระหว่างปี 2535-2540 ที่ทำการเก็บรวบรวมมา จำนวน 40 โครงการ ซึ่งมีมูลค่าโครงการระหว่าง 35-808 ล้านบาท ระยะเวลาโครงการระหว่าง 385-1300 วัน ความยาวถนนระหว่าง 10.2-53.8 กิโลเมตร ความกว้างถนนระหว่าง 6-7 เมตร และจำนวนช่องจราจรระหว่าง 2-4 ช่องจราจร พบว่าสามารถจัดแบ่งกลุ่มของข้อมูลตามลักษณะแหล่งที่มาได้ คือ ภาคเหนือ 4 โครงการ ภาคกลาง 9 โครงการ ภาคตะวันออก 4 โครงการ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 14 โครงการ ภาคตะวันตก 1 โครงการ และภาคใต้ 8 โครงการ ดังแสดงในรูป 4.1



รูปที่ 4.1 จำนวนโครงการที่นำมาใช้ในการพิจารณาสร้างแบบจำลอง

นอกจากนี้ยังพบว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมมานี้เป็นข้อมูลของโครงการที่แล้วเสร็จล่าช้ากว่าสัญญา ตรงตามสัญญา และเร็วกว่าสัญญาเป็นจำนวน 62%, 13% และ 25% ตามลำดับ ดังแสดงในรูป 4.2



รูปที่ 4.2 ร้อยละของจำนวนโครงการก่อสร้างที่นำมาใช้ในการพิจารณาสร้างแบบจำลอง

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่ากลุ่มงานพื้นทาง สามารถตัดตัวแปรอิสระบางตัวออกไปได้ ได้แก่ ความหนาของชั้นพื้นทาง เนื่องจากโครงการที่นำมาใช้ในการพิจารณามีความหนาของชั้นพื้นทางเท่ากันหมด 20 ซม. ดังนั้นจึงทำการตัดตัวแปรอิสระส่วนนี้ออกไป โดยจะไม่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมการถดถอย

4.3 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ ซึ่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระกันระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทดสอบสมมุติฐานทำให้สมการถดถอยที่ได้ผิดพลาด

จากข้อมูลที่ได้ เมื่อนำมาวิเคราะห์หาสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่โดยวิธี Pearson Product-Moment Correlation Coefficient พบว่ามีตัวแปรอิสระบางตัวที่มีความสัมพันธ์กัน โดยเห็นได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่ามากกว่า 0.7 ดังนั้นจึงทำการตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันออก ไม่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมการถดถอย ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.1 โดยสามารถสรุปตัวแปรอิสระที่ไม่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมการถดถอยได้ดังนี้

กลุ่มงานดิน ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือ ปริมาณดินถม จำนวนรถเกรด จำนวนรถบดสั่นสะเทือน และจำนวนรถบรรทุกน้ำ

กลุ่มงานรองพื้นทาง ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือ จำนวนรถบดสั่นสะเทือน และจำนวนรถเกรด

กลุ่มงานพื้นทาง ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือ ปริมาณงานพื้นทาง จำนวนรถบดสั่นสะเทือน และจำนวนรถเกรด

ระยะเวลาเหลื่อม A ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือ จำนวนช่องจราจร จำนวนรถบดสั่นสะเทือน และจำนวนรถบดล้อยาง

ระยะเวลาเหลื่อม B ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือ ปริมาณงานพื้นทาง ระยะเวลางานพื้นทาง จำนวนช่องจราจร จำนวนรถบดล้อยาง และจำนวนรถบรรทุกน้ำ

ระยะเวลาเหลื่อม E ตัวแปรอิสระที่ตัดออก คือ ระยะเวลางานพื้นทาง และระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระคู่ที่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละกลุ่มงาน

กลุ่มงาน	ตัวแปรอิสระคู่ที่มีความสัมพันธ์กัน	สปส.สหสัมพันธ์	ตัวแปรอิสระที่ตัดออก
เตรียมการ	-	-	-
งานดิน	- ปริมาณดินถม & จำนวนช่องจราจร	0.811	ปริมาณดินถม
	- จำนวนรถเกรด & จำนวนรถบดล้อยาง	0.781	จำนวนรถเกรด
	- จำนวนรถเกรด & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.838	จำนวนรถเกรด
	- จำนวนรถเกรด & จำนวนรถบรรทุกน้ำ	0.723	จำนวนรถเกรด
	- จำนวนรถบดล้อยาง & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.748	จำนวนรถบดสั่นสะเทือน
	- จำนวนรถบดล้อยาง & จำนวนรถบรรทุกน้ำ	0.712	จำนวนรถบรรทุกน้ำ
	- จำนวนรถบดสั่นสะเทือน & จำนวนรถบรรทุกน้ำ	0.755	จำนวนรถบรรทุกน้ำ
งานรองพื้นทาง	-จำนวนช่องจราจร & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.744	จำนวนรถบดสั่นสะเทือน
	-จำนวนรถเกรด & จำนวนรถบดล้อยาง	0.779	จำนวนรถเกรด
	-จำนวนรถเกรด & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.873	จำนวนรถเกรด
	-จำนวนรถเกรด & จำนวนรถน้ำ	0.701	จำนวนรถเกรด
	-จำนวนรถบดล้อยาง & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.717	จำนวนรถบดสั่นสะเทือน
	-จำนวนรถบดสั่นสะเทือน & จำนวนรถบรรทุกน้ำ	0.754	จำนวนรถบดสั่นสะเทือน
งานพื้นทาง	-ความยาวถนน & ปริมาณงานพื้นทาง	0.750	ปริมาณงานพื้นทาง
	-จำนวนช่องจราจร & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.704	จำนวนรถบดสั่นสะเทือน
	-จำนวนรถเกรด & จำนวนรถบดล้อยาง	0.775	จำนวนรถเกรด
	-จำนวนรถเกรด & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.873	จำนวนรถเกรด

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระคู่ที่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละกลุ่มงาน (ต่อ)

กลุ่มงาน	ตัวแปรอิสระคู่ที่มีความสัมพันธ์กัน	สปส.สหสัมพันธ์	ตัวแปรอิสระที่ตัดออก
	-จำนวนรถบดล้อยาง & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.723	จำนวนรถบดสั่นสะเทือน
	-จำนวนรถบดสั่นสะเทือน & จำนวนรถบรรทุกน้ำ	0.722	จำนวนรถบดสั่นสะเทือน
งานเบ็ดเตล็ด	-	-	-
Lag A	- ปริมาณดินถม & จำนวนช่องจราจร	0.800	จำนวนช่องจราจร
	- ปริมาณงานวัสดุคัดเลือก & จำนวนช่องจราจร	0.706	จำนวนช่องจราจร
	- จำนวนรถบดสั่นสะเทือน & จำนวนช่องจราจร	0.740	จำนวนช่องจราจร
	- จำนวนรถเกรด & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.882	จำนวนรถบดสั่นสะเทือน
	- จำนวนรถเกรด & จำนวนรถบดล้อยาง	0.794	จำนวนรถบดล้อยาง
	- จำนวนรถบดล้อยาง & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.726	จำนวนรถบดสั่นสะเทือน
	- จำนวนรถบดสั่นสะเทือน & จำนวนรถบรรทุกน้ำ	0.748	จำนวนรถบดสั่นสะเทือน
Lag B	-ระยะเวลางานรองพื้นทาง & ระยะเวลางานพื้นทาง	0.867	ระยะเวลางานพื้นทาง
	-ปริมาณงานพื้นทาง & ปริมาณรองพื้นทาง	0.871	ปริมาณงานพื้นทาง
	-จำนวนช่องจราจร & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.700	จำนวนช่องจราจร
	-จำนวนรถเกรด & จำนวนรถบดล้อยาง	0.750	จำนวนรถบดล้อยาง
	- จำนวนรถเกรด & จำนวนรถบรรทุกน้ำ	0.723	จำนวนรถบรรทุกน้ำ
	-จำนวนรถบดล้อยาง & จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	0.720	จำนวนรถบดล้อยาง

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระคู่ที่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละกลุ่มงาน (ต่อ)

กลุ่มงาน	ตัวแปรอิสระคู่ที่มีความสัมพันธ์กัน	สปส.สหสัมพันธ์	ตัวแปรอิสระที่ตัดออก
	- จำนวนรถบดสั่นสะเทือน & จำนวนรถบรรทุกน้ำ	0.779	จำนวนรถบรรทุกน้ำ
Lag E	-ระยะเวลางานพื้นทาง & ระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด	0.732	ระยะเวลางานพื้นทาง
	-ระยะเวลางานพื้นทาง/ระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด & ระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด	0.741	ระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด

4.4 การวิเคราะห์สมการถดถอย

ในการวิเคราะห์หาสมการถดถอยที่เหมาะสมนั้น ได้ทำการวิเคราะห์ทั้งในแบบสมการเส้นตรงและสมการเส้นโค้ง เพื่อให้ได้สมการถดถอยที่เหมาะสมที่สุด โดยนำตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่ได้ขจัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันใส่ในสมการถดถอย แล้วใช้วิธี Backward Elimination ขจัดตัวแปรที่มีความสำคัญน้อยๆออก จนกว่าจะเหลือตัวแปรที่เหมาะสมที่ใช้ในการประมาณการ

4.4.1 การวิเคราะห์หารูปแบบที่เหมาะสมของสมการถดถอย

ในการเลือกรูปแบบสมการถดถอยที่เหมาะสมนั้น จะทำการวิเคราะห์สมการถดถอยในรูปแบบสมการเส้นตรง และเส้นโค้ง ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 สามารถสรุปการเลือกรูปแบบของสมการถดถอยที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการประมาณการได้ดังนี้

กลุ่มงานเตรียมการ ใช้รูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรง ซึ่งมีค่า Adj.R^2= 0.503 และค่า Sig.F = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวในสมการถดถอยเชิงซ้อนที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มงานดิน ใช้รูปแบบสมการถดถอยแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งมีค่า Adj.R^2= 0.722 และค่า Sig.F = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวในสมการถดถอยเชิงซ้อนที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มงานรองพื้นทาง ใช้รูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรง ซึ่งมีค่า Adj.R^2= 0.705 และค่า Sig.F = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวในสมการถดถอยเชิงซ้อนที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มงานพื้นทาง ใช้รูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรง ซึ่งมีค่า Adj.R^2= 0.600 และค่า Sig.F = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวในสมการถดถอยเชิงซ้อนที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มงานเบ็ดเตล็ด ใช้รูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรง ซึ่งมีค่า Adj.R^2= 0.838 และค่า Sig.F = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวในสมการถดถอยเชิงซ้อนที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ระยะเวลาเหลื่อม A ใช้รูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรง ซึ่งมีค่า Adj.R^2= 0.847 และค่า Sig.F = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวในสมการถดถอยเชิงซ้อนที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ระยะเวลาเหลื่อม B ใช้รูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรง ซึ่งมีค่า Adj.R^2= 0.657 และค่า Sig.F = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวในสมการถดถอยเชิงซ้อนที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ระยะเวลาเหลื่อม E ใช้รูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรง ซึ่งมีค่า Adj.R^2= 0.767 และค่า Sig.F = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวในสมการถดถอยเชิงซ้อนที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่เหมาะสมสำหรับสมการถดถอยในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานแล้ว จากนั้นจะทำการวิเคราะห์หาสมการถดถอยในแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน เพื่อใช้ในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนนต่อไป

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการวิเคราะห์สมการถดถอยในรูปแบบต่างๆของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงาน

ระยะเวลา	รูปแบบสมการถดถอย	R^2	Adj. R^2	F	Sig.F
เตรียมการ	เส้นตรง	0.554	0.503	10.85	0.000
	เอ็กโพเนนเชียล	0.433	0.368	6.685	0.000
งานดิน	เส้นตรง	0.710	0.657	13.47	0.000
	เอ็กโพเนนเชียล	0.779	0.722	13.69	0.000
รองพื้นทาง	เส้นตรง	0.735	0.705	20.284	0.000
	เอ็กโพเนนเชียล	0.622	0.602	30.479	0.000
พื้นทาง	เส้นตรง	0.625	0.600	20.041	0.000
	เอ็กโพเนนเชียล	0.594	0.560	17.578	0.000
งานเบ็ดเตล็ด	เส้นตรง	0.854	0.838	51.314	0.000
	เอ็กโพเนนเชียล	0.676	0.640	18.297	0.000
ระยะเหลื่อม A	เส้นตรง	0.866	0.847	45.291	0.000
	เอ็กโพเนนเชียล	0.574	0.536	15.241	0.000
ระยะเหลื่อม B	เส้นตรง	0.664	0.657	25.895	0.000
	เอ็กโพเนนเชียล	0.549	0.429	15.674	0.000
ระยะเหลื่อม E	เส้นตรง	0.789	0.767	36.146	0.000
	เอ็กโพเนนเชียล	0.477	0.442	13.674	0.000

4.4.2 การวิเคราะห์หาสมการถดถอยของระยะเวลาก่อสร้างถนน

ในการวิเคราะห์หาสมการถดถอยของระยะเวลาก่อสร้างถนนนั้น จะนำตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่ได้ขจัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันใส่ในสมการถดถอย แล้วใช้วิธี Backward Elimination ขจัดตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญน้อยๆออก จนกว่าจะเหลือตัวแปรที่เหมาะสมที่ใช้ในการประมาณการ จากนั้นจึงทำการปรับปรุงสมการถดถอยที่สร้างขึ้นให้สอดคล้องกับความเป็นจริง โดยจะทำการตัดตัวแปรอิสระที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงออกจากสมการถดถอย แล้วจึงทำการวิเคราะห์สร้างสมการถดถอยขึ้นใหม่ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอยของระยะเวลาก่อสร้างถนนในแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน แสดงดังภาคผนวก ข โดยสามารถอธิบายวิธีการวิเคราะห์ได้ดังนี้

จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.9-ข.12 แสดงการวิเคราะห์หาสมการถดถอยของระยะเวลาในกลุ่มงานรองพื้นทาง ซึ่งมีตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์ 13 ตัว เมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธี Backward Elimination ซึ่งจะทำการตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์น้อยๆออกจากสมการถดถอย พบว่าเมื่อทำการตัดตัวแปรอิสระออกจากสมการถดถอยจะมีผลทำให้ค่า Adjusted R^2 เปลี่ยนไป ดังนั้นจึงเลือกสมการถดถอยที่มีค่า Adjusted R^2 สูงที่สุดมาพิจารณาสร้างแบบจำลอง ซึ่งได้แก่สมการถดถอยที่ 8 โดยมีค่า Adjusted R^2 = 0.710 และมีตัวแปรอิสระที่คงไว้ในสมการถดถอย 6 ตัว แต่เมื่อพิจารณาต่อไปพบว่าเมื่อทำการตัดตัวแปรอิสระออกไปอีก 2 ตัว จะมีผลทำให้ค่า Adjusted R^2 ของสมการถดถอยลดลงจากค่าสูงสุดเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงทำการตัดตัวแปรอิสระออกจากสมการถดถอยเพิ่มอีก 2 ตัว เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ และเลือกใช้สมการถดถอยที่ 10 ซึ่งมีค่า R^2 = 0.754, Adjusted R^2 = 0.705 และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error of Estimate) = 78.394 โดยมีตัวแปรอิสระที่คงไว้ในสมการถดถอย 4 ตัว คือ Rainfall, Subbase Vol., Mountainous และ Subbase Thk. ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เป็น 135.98, $2.25(10)^{-3}$, 141.76 และ 14.58 ตามลำดับ

เมื่อทำการทดสอบสมมติฐาน T กับตัวแปรอิสระทั้ง 2 ตัว พบว่าค่า Sig.T ของตัวแปรอิสระ Rainfall, Subbase Vol., Mountainous และ Subbase Thk. มีค่าเป็น 0.000, 0.000, 0.047 และ 0.020 ตามลำดับซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรอิสระดังกล่าวสามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้อย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นจึงทำการทดสอบสมมติฐาน F พบว่ามีค่า F = 24.284 และ Sig.F = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวในสมการถดถอยที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ดังนั้นสามารถสรุปสมการถดถอยที่ใช้เป็นแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างของกลุ่มงานรองพื้นทางได้ดังนี้ คือ

SUBBASE TIME = - 19.88 + 135.98Rainfall + $2.25(10)^{-3}$Subbase Vol. + 141.76Mountainous
+ 14.58Subbase Thk.

สำหรับการวิเคราะห์สมการถดถอยของกลุ่มงานอื่นจะทำเช่นเดียวกับกลุ่มงานรองพื้นทาง ซึ่งสามารถสรุปสมการถดถอยเชิงซ้อนของแต่ละกลุ่มงาน รวมทั้งระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานที่นำมาใช้ในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างถนนได้ดังนี้

PREPARATION TIME (R^2= 0.554, Adj.R^2= 0.503)

= 44.54 + 12.47Rainfall - 0.33%Urban + 30.23Rolling + 54.76Mountainous

สำหรับกลุ่มงานเตรียมการตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอย คือ เขตน้ำฝน ร้อยละของเขตชุมชน และสภาพภูมิประเทศ โดยตัวแปรอิสระร้อยละของเขตชุมชนมีสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ

เป็นลบ เนื่องจากในกลุ่มงานเตรียมการ โครงการที่ตัดผ่านเขตชุมชนจะมีผลทำให้ระยะเวลาของกลุ่มงานเตรียมการลดลง เนื่องจากในการก่อสร้างสำนักงานสนาม (Site office) นั้น โครงการก่อสร้างส่วนใหญ่จะใช้การเช่าสำนักงานหรืออาคารที่มีอยู่แล้วมาใช้เป็นสำนักงานสนาม จึงทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างสำนักงานสนาม และการจัดเตรียมระบบสาธารณูปโภคภายในหน่วยงานลดลง ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาของกลุ่มงานเตรียมการลดลง

EARTHWORK TIME (R^2= 0.779, Adj.R^2= 0.722)

= Exp [3.69 + 0.18Rainfall + 0.24Mountainous + 0.36Medium CBR + 0.84Bad CBR + 1.65$(10)^{-2}$Length + 0.27Wide - 0.04 S_roller – 3.33$(10)^{-3}$Truck]

สำหรับกลุ่มงานดินพบว่าตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอย คือ ปริมาณงานถางป่าขุดตอ ปริมาณดินถม ปริมาณดินตัด ปริมาณงานวัสดุคัดเลือก ร้อยละของเขตชุมชน จำนวนช่องจราจร และระยะทางขนส่งวัสดุงานดิน โดยมีตัวแปรอิสระบางตัวที่ได้ถูกขจัดออกจากสมการถดถอย เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระกันระหว่างตัวแปรอิสระ ได้แก่ ปริมาณงานดินถม จำนวนรถเกรด จำนวนรถบดสั่นสะเทือน และจำนวนรถบรรทุกน้ำ สำหรับตัวแปรอิสระร้อยละของเขตชุมชน และปริมาณงานวัสดุคัดเลือกนั้นได้ถูกตัดออกจากสมการถดถอย เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระมีค่าเป็นลบ ซึ่งขัดแย้งกับทฤษฎี โดยเมื่อทำการตัดตัวแปรอิสระ 2 ตัวนี้แล้วมีผลทำให้ค่า Adj.R^2 ลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 0.767 เป็น 0.728 และเมื่อพิจารณาต่อไปอีกพบว่าสามารถตัดตัวแปรอิสระจำนวนช่องจราจรออกจากสมการถดถอยได้ เพื่อให้ง่ายต่อการนำสมการถดถอยที่ได้ไปใช้งาน โดยค่า Adj.R^2 จะลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 0.728 เป็น 0.722 สำหรับตัวแปรอิสระที่เหลือถูกขจัดออกจากสมการถดถอยเนื่องจากไม่มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 95 %

SUBBASE TIME (R^2= 0.735, Adj.R^2= 0.705)

= -19.88 + 135.98Rainfall + 2.25$(10)^{-3}$Subbase Vol. + 141.76Mountainous+ 14.58 Subbase Thk.

สำหรับกลุ่มงานรองพื้นทางพบว่าตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอย คือ ร้อยละของเขตชุมชน ความยาวถนน ความกว้างถนน จำนวนช่องจราจร ระยะทางขนส่งวัสดุงานรองพื้นทาง และปริมาณเครื่องจักรที่ใช้ในงานรองพื้นทาง โดยมีตัวแปรอิสระบางตัวที่ได้ถูกขจัดออกจากสมการถดถอย เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระกันระหว่างตัวแปรอิสระ ได้แก่ จำนวนรถเกรด และจำนวนรถบดสั่นสะเทือน เมื่อพิจารณาต่อไปพบว่าสามารถตัดตัวแปรอิสระจำนวนรถบดล้อยาง และจำนวนรถบรรทุกน้ำออกจากสมการถดถอยได้ เพื่อให้ง่ายต่อการนำสมการถดถอยที่ได้ไปใช้งาน

โดยค่า Adj.R^2 จะลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 0.710 เป็น 0.705 สำหรับตัวแปรอิสระที่เหลือถูกขจัดออกจากสมการถดถอยเนื่องจากไม่มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 95 %

BASE TIME (R^2= 0.625, Adj.R^2= 0.600)

= -131 + 187.23Rainfall + 46.87Wide + 4.96Length

สำหรับกลุ่มงานพื้นทางพบว่าตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอย คือ ปริมาณงานพื้นทาง ร้อยละของเขตชุมชน สภาพภูมิประเทศ ความหนาของชั้นพื้นทาง จำนวนช่องจราจร ระยะทางขนส่งวัสดุงานพื้นทาง และปริมาณเครื่องจักรที่ใช้ในงานพื้นทาง สำหรับตัวแปรอิสระความหนาของชั้นพื้นทางจะไม่นำมาพิจารณาสร้างสมการถดถอย เนื่องจากโครงการที่นำมาใช้ในการพิจารณามีความหนาของชั้นพื้นทางเท่ากันหมด เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระกันระหว่างตัวแปรอิสระ ดังนั้นจึงต้องตัดตัวแปรอิสระบางตัวออกจากสมการถดถอย ได้แก่ ปริมาณงานพื้นทาง จำนวนรถเกรด และจำนวนรถบดสั่นสะเทือน นอกจากนั้นได้ตัดตัวแปรอิสระร้อยละของเขตชุมชน สภาพภูมิประเทศ และระยะทางขนส่งวัสดุงานพื้นทาง เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระมีค่าเป็นลบ และตัวแปรอิสระจำนวนรถบดล้อยาง ซึ่งสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระมีค่าเป็นบวก ออกจากสมการถดถอย เนื่องจากขัดแย้งกับทฤษฎี โดยเมื่อทำการตัดตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวนี้แล้วมีผลทำให้ค่า Adj.R^2 ลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 0.610 เป็น 0.600 สำหรับตัวแปรอิสระที่เหลือถูกขจัดออกจากสมการถดถอยเนื่องจากไม่มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 95 %

INCIDENTAL TIME (R^2= 0.854, Adj.R^2= 0.838)

= - 956.78 + 1.50$(10)^{-3}$Sodding + 4.51%Urban + 113.73Wide + 153.18Lane

สำหรับกลุ่มงานเบ็ดเตล็ดพบว่าตัวแปรอิสระที่ไม่อยู่ในสมการถดถอย คือ เขตน้ำฝน ปริมาณงานตีเส้นจราจร ปริมาณงานป้องกันดินพัง ปริมาณงานระบายน้ำข้างทาง สภาพภูมิประเทศ และความยาวถนน โดยทำการตัดตัวแปรอิสระสภาพภูมิประเทศออกจากสมการถดถอย เพื่อให้ง่ายต่อการนำสมการถดถอยที่ได้ไปใช้งาน โดยค่า Adj.R^2 จะลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 0.845 เป็น 0.838 สำหรับตัวแปรอิสระที่เหลือถูกขจัดออกจากสมการถดถอยเนื่องจากไม่มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 95 %

LAG A (R^2= 0.866, Adj.R^2= 0.847)

= - 181.32 + 31.12Rainfall + 3.42(10)$^{-4}$ Select Vol. – 5.06Grader

+199.73Earthwork/Subbase

สำหรับระยะเวลาเหลื่อม A พบว่าตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอย คือ เขตน้ำฝน ปริมาณงานวัสดุคัดเลือก จำนวนรถเกรด และอัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานดินกับระยะเวลางานรองพื้นทาง เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระกันระหว่างตัวแปรอิสระ ดังนั้นจึงต้องตัดตัวแปรอิสระบางตัวออกจากสมการถดถอย ได้แก่ จำนวนช่องจราจร จำนวนรถบดล้อยาง และจำนวนรถบดสั่นสะเทือน นอกจากนั้นได้ตัดตัวแปรอิสระปริมาณงานรองพื้นทาง ปริมาณงานถางป่าขุดตอ สภาพภูมิประเทศ ระยะทางขนส่งวัสดุรองพื้นทาง ความยาวถนน และความกว้างถนน เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระมีค่าเป็นลบ และตัวแปรอิสระจำนวนรถบดล้อเหล็ก และระยะเวลางานรองพื้นทาง ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระเป็นบวกออกจากสมการถดถอย เนื่องจากขัดแย้งกับทฤษฎี โดยเมื่อทำการตัดตัวแปรอิสระเหล่านี้แล้วมีผลทำให้ค่า Adj.R^2 ลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 0.892 เป็น 0.861 เมื่อพิจารณาต่อไปอีกพบว่าสามารถตัดตัวแปรอิสระปริมาณงานดินถม และจำนวนรถบรรทุกออกจากสมการถดถอยได้ เพื่อให้ง่ายต่อการนำสมการถดถอยที่ได้ไปใช้งาน โดยค่า Adj.R^2 จะลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 0.861 เป็น 0.847 สำหรับตัวแปรอิสระที่เหลือถูกขจัดออกจากสมการถดถอยเนื่องจากไม่มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 95 %

LAG B (R^2= 0.664, Adj.R^2= 0.657)

= - 79.86 –3.43 V_roller + 0.04Subbase Time + 109.63Subbase/Base

สำหรับระยะเวลาเหลื่อม B พบว่าตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอย คือ ระยะเวลางานรองพื้นทาง จำนวนรถบดสั่นสะเทือน และอัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานรองพื้นทางกับระยะเวลางานพื้นทาง เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระกันระหว่างตัวแปรอิสระ ดังนั้นจึงต้องตัดตัวแปรอิสระบางตัวออกจากสมการถดถอย ได้แก่ ระยะเวลางานพื้นทาง ปริมาณงานพื้นทาง จำนวนช่องจราจร จำนวนรถบดล้อยาง และจำนวนรถบรรทุกน้ำ เมื่อพิจารณาต่อไปอีกพบว่าสามารถตัดตัวแปรอิสระสภาพภูมิประเทศออกจากสมการถดถอยได้ เพื่อให้ง่ายต่อการนำสมการถดถอยที่ได้ไปใช้งาน โดยค่า Adj.R^2 จะลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 0.660 เป็น 0.657 สำหรับตัวแปรอิสระที่เหลือถูกขจัดออกจากสมการถดถอยเนื่องจากไม่มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 95 %

LAG E (R^2= 0.789, Adj.R^2= 0.767)

= - 81.89 + 1.16%Urban + 3.49$(10)^{-4}$Sodding + 97.46Base/Incidental

สำหรับระยะเวลาเหลื่อม E พบว่าตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการถดถอย คือ ร้อยละของเขตชุมชน ปริมาณงานปลูกหญ้า และอัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานพื้นทางกับระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระกันระหว่างตัวแปรอิสระ ดังนั้นจึงต้องตัดตัวแปรอิสระบางตัวออกจากสมการถดถอย ได้แก่ ระยะเวลางานพื้นทาง และระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด เมื่อพิจารณาต่อไปอีกพบว่าสามารถตัดตัวแปรอิสระความยาวถนน ความกว้างถนน และปริมาณงานป้องกันดินพังออกจากสมการถดถอยได้ เพื่อให้ง่ายต่อการนำสมการถดถอยที่ได้ไปใช้งาน โดยค่า Adj.R^2 จะลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 0.773 เป็น 0.767 สำหรับตัวแปรอิสระที่เหลือถูกขจัดออกจากสมการถดถอยเนื่องจากไม่มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 95 %

4.4.3 การใช้แบบจำลองในการประมาณระยะเวลาโครงการ

เมื่อได้สมการถดถอยที่ใช้สำหรับประมาณระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานแล้ว จากนั้นจะนำค่าที่ประมาณได้จากแบบจำลองมาหาระยะเวลาโครงการ โดยระยะเวลาของทั้งโครงการสามารถประมาณได้จากสมการดังนี้

ระยะเวลาโครงการ = PREPARATION TIME+LAG A+LAG B+LAG E+INCIDENTAL TIME

สำหรับตัวอย่างการประมาณระยะเวลาโครงการโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น สามารถแสดงได้ดังนี้

<u>ตัวอย่าง</u> การประมาณระยะเวลาก่อสร้างถนนของข้อมูลโครงการที่ 1 แสดงดังนี้

ระยะเวลางานเตรียมการ	= 45 วัน	ระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด	= 478 วัน
ระยะเวลางานดิน	= 633 วัน	ระยะเวลาเหลื่อม A	= 140 วัน
ระยะเวลางานรองพื้นทาง	= 318 วัน	ระยะเวลาเหลื่อม B	= 38 วัน
ระยะเวลางานพื้นทาง	= 315 วัน	ระยะเวลาเหลื่อม E	= 78 วัน

เมื่อทำการประมาณระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานแล้ว จากนั้นจึงนำค่าที่ประมาณได้มาประมาณระยะเวลาโครงการดังนี้

ระยะเวลาโครงการ = PREPARATION TIME+LAG A+LAG B+LAG E+INCIDENTAL TIME

= 45+140+38+78+478 = 779 วัน

ดังนั้นระยะเวลาของโครงการที่ 1 ที่ประมาณได้ คือ 779 วัน

4.5 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง

ในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองนั้น ได้ทำการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอย เพื่อทราบว่าค่าที่ประมาณได้มีค่าคลาดเคลื่อนจากค่าจริงเพียงใด อีกทั้งได้ทำการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลของโครงการที่ไม่ได้นำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอย เพื่อวิเคราะห์ถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เมื่อนำแบบจำลองไปใช้ในการประมาณการจริง ซึ่งในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนนั้นจะวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยหาได้จาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (\%Error)} = \left(\frac{\text{ค่าที่ประมาณได้ - ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \right) \times 100$$

4.5.1 การทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอย

การทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอยนี้ จะทำการทดสอบโดยการแทนค่าตัวแปรอิสระด้วยข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองจำนวน 40 โครงการ แล้วจึงหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดออกมา ซึ่งผลที่ได้แสดงดังภาคผนวก ค โดยสามารถสรุปค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานได้ดังตารางที่ 4.3

เมื่อทำการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการประมาณระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานจากแบบจำลองแล้ว จากนั้นได้ทำการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการประมาณระยะเวลาโครงการ โดยผลที่ได้แสดงดังตารางที่ ค-11 ในภาคผนวก ค ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของการประมาณระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานจากแบบจำลอง

ระยะเวลา	%ความผิดพลาดเฉลี่ย (+)	%ความผิดพลาดเฉลี่ย (-)	%ความผิดพลาดสูงสุด (+)	%ความผิดพลาดสูงสุด (-)
งานเตรียมการ	+15.13	-15.93	+36.63	-36.62
งานดิน	+12.66	-11.51	+26.51	-26.65
งานรองพื้นทาง	+11.82	-12.65	+27.87	-28.56
งานพื้นทาง	+14.27	-13.26	+27.49	-27.86
งานเบ็ดเตล็ด	+11.96	-10.92	+24.00	-24.47
ระยะเวลาเหลื่อม A	+13.06	-15.52	+29.86	-25.22
ระยะเวลาเหลื่อม B	+13.16	-16.22	+24.90	-29.56
ระยะเวลาเหลื่อม E	+11.82	-12.52	+29.69	-28.43

ตารางที่ 4.4 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของการประมาณระยะเวลาโครงการ

วิธีการประมาณระยะเวลาโครงการ	%ความผิดพลาดเฉลี่ย (+)	%ความผิดพลาดเฉลี่ย (-)	%ความผิดพลาดสูงสุด (+)	%ความผิดพลาดสูงสุด (-)
ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น	+7.57	-6.10	+18.05	-15.95
ใช้การวางแผนแบบเดิม	+17.68	-15.25	+54.56	-37.39

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบให้เห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย และสูงสุดของการประมาณระยะเวลาโครงการที่ได้จากการประมาณโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น (±8% และ ±18%) มีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้การวางแผนแบบเดิม (±18% และ ±55%)

4.5.2 การทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างใหม่

ในการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างใหม่ที่ไม่ได้นำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอยนั้น ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมจากโครงการก่อสร้างถนนที่แล้วเสร็จระหว่างปี 2535-2540 จำนวน 7 โครงการ ซึ่งรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลโครงการของกลุ่มตัวอย่างใหม่ที่ไม่ได้นำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอย

โครงการที่	1	2	3	4	5	6	7
เขตน้ำฝน	ไม่ชุก	ไม่ชุก	ชุก	ไม่ชุก	ไม่ชุก	ไม่ชุก	ไม่ชุก
%ของเขตชุมชน	36.04	19.30	30.00	7.75	79.97	46.30	37.68
สภาพภูมิประเทศ	ที่ราบ	ที่ราบ	ลูกเนินสลับเขา	ที่ราบ	ที่ราบ	ที่ราบ	ที่ราบ
สภาพดินเดิม	เลว	ดี	เลว	ดี	ดี	ปานกลาง	ดี
ความยาวถนน	27.75	12.95	13.34	36.12	29.90	10.31	16.24
ความกว้างถนน	7	7	6.5	6.5	6.5	6	7
จำนวนช่องจราจร	2	2	2	2	2	2	2
ปริมาณวัสดุคัดเลือก	0	0	23820	0	58144	18111	21744
ปริมาณงานรองพื้นทาง	87862	26783	21959	69690	70376	8059	15572
ปริมาณงานปลูกหญ้า	130841	30169	215995	270845	160781	47288	122636
ความหนารองพื้นทาง	15	15	20	15	15	15	15
จำนวนรถเกรด	6	1	2	1	3	3	2
จำนวนรถบดล้อเหล็ก	6	2	1	3	1	2	2
จำนวนรถบดสั่นสะเทือน	1	3	2	3	2	3	1
จำนวนรถบรรทุก	30	10	5	20	15	20	15
เวลาที่ประมาณได้จากแบบจำลอง	806	458	928	703	598	512	685
เวลาที่ใช้ก่อสร้างจริง	865	420	1060	657	500	490	850
%ความคลาดเคลื่อน	-6.81	9.06	-12.54	7.06	19.77	4.36	-19.29

เมื่อนำตัวแปรต่างๆมาประมาณระยะเวลาโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของการประมาณระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.6

เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานแล้ว ต่อไปจะทำการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของระยะเวลาโครงการ ซึ่งผลที่ได้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของการประมาณระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน จากกลุ่มตัวอย่างใหม่

ระยะเวลา	%ความผิดพลาดเฉลี่ย (+)	%ความผิดพลาดเฉลี่ย (-)	%ความผิดพลาดสูงสุด (+)	%ความผิดพลาดสูงสุด (-)
งานเตรียมการ	+21.77	-23.82	+39.35	-36.75
งานดิน	+17.35	-17.33	+26.19	-22.66
งานรองพื้นทาง	+17.43	-16.60	+24.78	-23.82
งานพื้นทาง	+12.53	-15.36	+23.59	-29.08
งานเบ็ดเตล็ด	+18.85	-13.82	+29.65	-23.14
ระยะเวลาเหลื่อม A	+19.10	-19.72	+30.81	-28.78
ระยะเวลาเหลื่อม B	+18.39	-20.57	+26.37	-30.82
ระยะเวลาเหลื่อม E	+19.82	-17.36	+30.89	-29.88

ตารางที่ 4.7 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของการประมาณระยะเวลาโครงการ จากกลุ่มตัวอย่างใหม่

วิธีการประมาณระยะเวลาโครงการ	%ความผิดพลาดเฉลี่ย (+)	%ความผิดพลาดเฉลี่ย (-)	%ความผิดพลาดสูงสุด (+)	%ความผิดพลาดสูงสุด (-)
ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น	+10.06	-12.88	+19.77	-19.29
ใช้การวางแผนแบบเดิม	+25.06	-27.63	+33.33	-47.00

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงสุดของระยะเวลาโครงการที่ได้จากการประมาณโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น มีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้วิธีประมาณระยะเวลาแบบเดิม ดังนั้นแบบจำลองที่สร้างขึ้นจึงให้ค่าที่แม่นยำมากขึ้นกว่าวิธีเดิม

4.6 การวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลอง

การวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลอง (Predictive Validity) เป็นการวิเคราะห์ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถวัดค่าของตัวแปรตามได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งได้ทำการทดสอบโดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาก่อสร้างจริงและระยะเวลาที่ประมาณได้โดยใช้

แบบจำลองที่สร้างขึ้น จากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาพิจารณาสร้างแบบจำลอง จำนวน 40 โครงการ โดยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของระยะเวลาก่อสร้างจริงและระยะเวลาที่ประมาณได้โดยใช้แบบจำลอง จากกลุ่มตัวอย่างที่นำมาพิจารณาสร้างแบบจำลอง

กลุ่มงาน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	Sig.(2-tailed)
งานเตรียมการ	0.896	0.000
งานดิน	0.885	0.000
งานรองพื้นทาง	0.856	0.000
งานพื้นทาง	0.837	0.000
งานเบ็ดเตล็ด	0.953	0.000
ระยะเวลาเหลื่อม A	0.967	0.000
ระยะเวลาเหลื่อม B	0.894	0.000
ระยะเวลาเหลื่อม E	0.957	0.000
ระยะเวลาโครงการ	0.956	0.000

นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลอง โดยวิเคราะห์จากกลุ่มตัวอย่างใหม่ที่ไม่ได้นำมาพิจารณาสร้างแบบจำลอง จำนวน 7 โครงการ เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถวัดค่าของตัวแปรตามได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการหรือไม่ เมื่อนำแบบจำลองไปใช้ประมาณระยะเวลาโครงการจริง ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.9

จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกลุ่มงาน ระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาโครงการมีค่ามากกว่า 0.700 และค่า Sig.(2-tailed) ซึ่งได้จากการทดสอบสมมติฐาน T มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าระยะเวลาก่อสร้างจริงมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ประมาณได้โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถวัดค่าของตัวแปรตามได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการ

ตารางที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของระยะเวลาก่อสร้างจริงและระยะเวลาที่ประมาณได้โดยใช้แบบจำลอง จากกลุ่มตัวอย่างใหม่

กลุ่มงาน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	Sig.(2-tailed)
งานเตรียมการ	0.875	0.000
งานดิน	0.971	0.000
งานรองพื้นทาง	0.898	0.000
งานพื้นทาง	0.864	0.000
งานเบ็ดเตล็ด	0.922	0.000
ระยะเวลาเหลื่อม A	0.961	0.000
ระยะเวลาเหลื่อม B	0.866	0.000
ระยะเวลาเหลื่อม E	0.751	0.000
ระยะเวลาโครงการ	0.948	0.000

4.7 การวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม

การวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรอิสระในสมการถดถอยแต่ละตัวที่มีต่อตัวแปรตาม เพื่อใช้เป็นข้อพิจารณาในการใช้สมการถดถอยที่สร้างขึ้น โดยจะดูจากค่า Beta ซึ่งแสดงถึงค่าของตัวแปรตามที่เปลี่ยนไปเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนไป 1 หน่วยในรูปของค่ามาตรฐาน โดยผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.10 ซึ่งสามารถสรุปผลกระทบของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามได้ดังนี้

กลุ่มงานเตรียมการ พบว่าตัวแปรอิสระที่มีผลกระทบต่อระยะเวลางานเตรียมการในทางบวกมากที่สุด คือ Mountainous รองลงมาคือ Rolling และ Rainfall ตามลำดับ สำหรับตัวแปรอิสระที่มีผลกระทบต่อระยะเวลางานเตรียมการในทางลบมากที่สุด คือ %Urban

สำหรับการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามในกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานอื่น จะทำเช่นเดียวกับกลุ่มงานเตรียมการ

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน

กลุ่มงาน	ตัวแปรอิสระ	ค่า BETA
งานเตรียมการ	Mountainous	0.617
	Rolling	0.271
	Rainfall	0.210
	%Urban	-0.164
งานดิน	Bad CBR	0.985
	Medium CBR	0.484
	Length	0.466
	Wide	0.345
	Rainfall	0.240
	Mountainous	0.139
	Truck	-0.232
	S_Roller	-0.206
งานรองพื้นทาง	Subbase Vol.	0.453
	Rainfall	0.452
	Subbase Thk.	0.220
	Mountainous	0.154
งานพื้นทาง	Rainfall	0.609
	Length	0.354
	Wide	0.151
งานเบ็ดเตล็ด	Sodding	0.469
	Lane	0.458
	Wide	0.199
	%Urban	0.181
Lag A (งานดิน→งานรองพื้นทาง)	Earthwork/Subbase	0.925
	Select Vol.	0.284
	Rainfall	0.183
	Grader	-0.121

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน (ต่อ)

กลุ่มงาน	ตัวแปรอิสระ	ค่า BETA
Lag B (งานรองพื้นทาง→งานพื้นทาง)	Subbase/Base	0.737
	Subbase Time	0.141
	V_roller	-0.229
Lag E (งานพื้นทาง→งานเบ็ดเตล็ด)	Base/Incidental	0.951
	Sodding	0.304
	%Urban	0.156

4.8 การวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลง

ในการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis) จะทำการวิเคราะห์เฉพาะตัวแปรอิสระเชิงปริมาณที่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตามสูงๆเท่านั้น โดยผลที่ได้จะแสดงถึงร้อยละที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวแปรตาม เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรอิสระ ซึ่งจะนำข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาสร้างสมการถดถอยจำนวน 40 โครงการ มาใช้ในการวิเคราะห์ สำหรับขั้นตอนในการวิเคราะห์นั้น จะทำการเปลี่ยนค่าของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณที่ทำการวิเคราะห์ โดยกำหนดให้ตัวแปรอิสระเชิงคุณภาพเป็นศูนย์ และตัวแปรอิสระเชิงปริมาณตัวอื่นจะกำหนดค่าโดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่นำมาพิจารณาสร้างสมการถดถอยแสดงดังตารางที่ 4.11

สำหรับร้อยละที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวแปรตามนั้น จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างตัวแปรตามเมื่อตัวแปรอิสระที่จะทำการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลง กับตัวแปรตามเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่จะทำการวิเคราะห์เป็นค่าเฉลี่ยของโครงการที่นำมาสร้างสมการถดถอย โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ง ซึ่งสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

ระยะเวลาเหลื่อม A ได้นำตัวแปรอิสระเชิงปริมาณมาทำการวิเคราะห์ 1 ตัว คือ อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานดินกับระยะเวลางานรองพื้นทาง ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อทำการเพิ่มค่าตัวแปรอิสระจะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนไปของระยะเวลาเหลื่อม A เพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง โดยในการนำตัวแปรอิสระที่กล่าวมาข้างต้นมาใช้ในการประมาณระยะเวลาด้วยสมการถดถอยที่สร้างขึ้นควรที่จะเที่ยงตรง เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานดินกับระยะเวลางานรองพื้นทางเปลี่ยนไปจะส่งผลกระทบทำให้ระยะเวลาเหลื่อม A เปลี่ยนไปสูง

สำหรับการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลงในกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานอื่น จะทำเช่นเดียวกับระยะเวลาเหลื่อม A

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณในสมการถดถอย

ตัวแปรอิสระเชิงปริมาณ	ค่าเฉลี่ย	ตัวแปรอิสระเชิงปริมาณ	ค่าเฉลี่ย
%Urban	19.90	Grader	4.58
Length	26.92	S_roller	2.63
Wide	6.49	V_roller	3.48
Lane	2.20	Truck	26.83
Select Vol.	58276	Subbase Time	383
Subbase Vol.	54049	Earthwork/Subbase	1.38
Sodding	114509	Subbase/Base	1.05
Subbase Thk.	15.75	Base/Incidental	1.14

4.9 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่กล่าวขั้นต้นสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้ คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่า ในกลุ่มงานพื้นทางจะทำการตัดตัวแปรอิสระความหนาของชั้นพื้นทางไม่นำมาพิจารณาสร้างสมการถดถอย เนื่องจากโครงการที่นำมาใช้ในการพิจารณามีความหนาของชั้นพื้นทางเท่ากัน คือ 20 เซนติเมตร สำหรับการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ได้ทำการตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันออกไม่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมการถดถอยดังแสดงในตารางที่ 4.1 เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระกันระหว่างตัวแปรอิสระ

สำหรับการวิเคราะห์สมการถดถอยนั้นจะนำตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่ได้ทำการตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันมาวิเคราะห์หาสมการถดถอยที่เหมาะสมกับการประมาณการ โดยทำการตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามน้อยๆออกจากสมการถดถอย (Backward Elimination) และทำการปรับปรุงสมการถดถอยโดยการตัดตัวแปรอิสระที่ไม่ตรงกับความเป็นจริงออกจากสมการถดถอย

ในการนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้ในการประมาณระยะเวลาโครงการควรที่จะพิจารณาและระมัดระวังตัวแปรอิสระที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานหลัก และระยะเวลาเหลื่อมใน

แต่ละกลุ่มงานดังแสดงในตารางที่ 4.10 โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวแปรอิสระที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาสูง

สำหรับการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้น ได้ทำการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอยจำนวน 40 โครงการ เพื่อทราบว่าค่าที่ประมาณได้จากแบบจำลองมีค่าคลาดเคลื่อนจากค่าจริงเพียงใด ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงสุดของระยะเวลาโครงการที่ได้จากการประมาณโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น (±8% และ ±18%) มีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้การวางแผนแบบเดิม (±18% และ ±55%) จากนั้นจึงทำการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลของโครงการใหม่ที่ไม่ได้นำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอยจำนวน 7 โครงการ เพื่อทราบถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเมื่อนำแบบจำลองไปใช้ในการประมาณการจริง ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงสุด ของระยะเวลาโครงการที่ได้จากการประมาณโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้การวางแผนแบบเดิม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้ค่าที่แม่นยำดีขึ้นกว่าวิธีเดิม

การวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลอง ได้ทำการทดสอบโดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาก่อสร้างจริงและระยะเวลาที่ประมาณได้โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น จากกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้พิจารณาสร้างสมการถดถอย จำนวน 40 โครงการ และจากกลุ่มตัวอย่างใหม่ที่ไม่ได้นำมาใช้พิจารณาสร้างสมการถดถอย จำนวน 7 โครงการ ซึ่งการวิเคราะห์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกลุ่มงาน ระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาโครงการมีค่ามากกว่า 0.837 และค่า T-Sig.(2-tailed) มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าระยะเวลาก่อสร้างจริงมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ประมาณได้โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นที่ระดับนัยสำคัญ 95% ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถวัดค่าของตัวแปรตามได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการ