บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

บทนี้จะกล่าวถึงวิธีการในการดำเนินการศึกษาและขั้นตอนต่าง ๆ ตลอดจนการพัฒนาแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างงานทาง เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการตรวจสอบราคาค่าก่อสร้างงานทางในโครงการต่าง ๆ โดยเริ่มตั้งแต่การรวบรวมข้อมูล การจัดแบ่งประเภทของงานทาง การวิเคราะห์หาปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อราคางานก่อสร้าง การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อราคางานก่อสร้าง พัฒนาแบบจำลองในการประมาณราคางานก่อสร้างทั้งแนวทางการประมาณปริมาณเนื้องานและการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรง และการทดสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองในการประมาณราคาค่าก่อสร้างทั้ง 2 แนวทาง โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะเก็บรวบรวมข้อมูลราคางานก่อสร้างทางหลวงของกรมทางหลวงในอดีต โดยรวบรวมข้อมูลจากกรมทางหลวง บริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง โดยสามารถรวบรวมได้ทั้งสิ้น 87 โครงการ ซึ่งเป็นโครงการก่อสร้างทางหลวงตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2531 จนถึง พ.ศ. 2541 เป็นงานก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินที่มีที่ตั้งโครงการกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยแบ่งอยู่ในภาคต่าง ๆ ดังนี้

1.	ภาคกลาง – ภาคตะวันตก	ทั้งสิ้น 29	โครงการ
2.	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ทั้งสิ้น 15	โครงการ
3.	ภาคตะวันออก	ทั้งสิ้น 16	โครงการ
4.	ภาคใต้	ทั้งสิ้น 16	โครงการ
5.	ภาคเหนือ	ทั้งสิ้น 11	โครงการ

ส่วนข้อมูลทางด้านราคาของงานก่อสร้างนั้น ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้เป็นบัญชีรายการปริมาณงานและค่างานก่อสร้าง (Bill of Quantity) ของราคาค่าก่อสร้างงานตามสัญญา และรายงานแล้วเสร็จโครงการ (Final Report) ซึ่งเป็นเอกสารสำคัญที่สรุปรายละเอียดทั้งหมดของโครงการก่อสร้าง จัดทำโดยบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างหลังจากทำการส่งมอบงานงวดสุดท้าย โดยข้อมูลปริมาณเนื้องานตามสัญญาแสดงไว้ในบัญชีรายการปริมาณงานและค่างานก่อสร้าง และปริมาณเนื้องานที่ก่อสร้างแล้วเสร็จจริงในสนามถูกรวบรวมไว้ในรายงานแล้วเสร็จโครงการ และมีข้อมูลบางโครงการที่ไม่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ราคางานก่อสร้างในงานวิจัยครั้งนี้ได้

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้รวบรวมนั้นได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านปริมาณเนื้องานและราคาค่าก่อสร้าง และยังเก็บข้อมูลรายละเอียดบางส่วนของโครงการ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ก – 3.1 ค สำหรับงานทางประเภทผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต และตารางที่ 3.1 ฉ – 3.1 ฌ สำหรับงานประเภทผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งรายเอียดของโครงการที่รวบรวมได้จากข้อมูลมีดังนี้

1. ระยะทางรวม
2. พื้นที่ผิวจราจรรวม
3. ความกว้างของเขตทางหลวง
4. ความยาวสะพานรวม
5. ความยาวท่อระบายน้ำรวม
6. ปริมาตรท่อเหลี่ยมรวม
7. พื้นที่แบริ่งยูนิตรวม

ค่าดัชนีต้นทุน หมายถึง ค่าสัดส่วนที่ใช้ในการปรับราคาค่าก่อสร้างตามสัญญาให้เป็นต้นทุนค่าก่อสร้างโดยตรงของการเสนอราคา แต่ไม่ใช่ต้นทุนค่าก่อสร้างที่เก็บจากการทำงานในสนามของผู้รับเหมาก่อสร้าง โดยสามารถคำนวณหาค่าดัชนีต้นทุน ได้ดังนี้

- ปรับค่าความแตกต่างระหว่างค่างานตามสัญญากับค่างานก่อสร้างแล้วเสร็จจริงในสนาม เพื่อให้ทราบถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่คิดจากปริมาณงานตามสัญญา เนื่องจากการพัฒนาแบบจำลองต้องอาศัยการคิดจากปริมาณงานจริง
- หักค่า K จากราคาค่าก่อสร้างตามสัญญา เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบที่ปีฐานเดียวกัน คือ ปี พ.ศ 2530 เพราะแต่ละสัญญาไม่ได้ทำการก่อสร้างในปีเดียวกันทั้งหมด
- หักค่า Factor F จากราคาค่าก่อสร้างตามสัญญา เพราะต้องการตัดราคาส่วนที่เป็น ค่าดำเนินการ กำไร ค่าโสหุ้ย และค่าภาษีต่างๆ ออกจากราคาค่าก่อสร้าง

จากนั้นทำการรวมเอาค่าสัดส่วนจากการปรับราคาค่าก่อสร้างข้างต้นทั้ง 3 ส่วนเข้าด้วยกัน ค่าสัดส่วนที่ได้ จึงเป็นค่าดัชนีต้นทุน ซึ่งได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 3.1 ง – 3.1 จ และตารางที่ 3.1 ญ – 3.1 ฏ เป็นการแสดงการคำนวณค่าดัชนีต้นทุนของมูลค่างานทั้งโครงการและงานตามรายการหลัก สำหรับใช้ในการพัฒนาแบบจำลองโดยวิธีการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรง โดยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน ซึ่งต้องทำการปรับค่าดัชนีต้นทุนของราคาค่าก่อสร้างแต่ละรายการ เนื่องจากเป็นการพัฒนาแบบจำลองที่ต้องพิจารณาโดยตรงกับราคาค่าก่อสร้างเป็นสำคัญ ซึ่งตารางที่ 3.1 ง – 3.1 จ แสดงการคำนวณค่าดัชนีต้นทุนของงานทางประเภทผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต และตารางที่ 3.1 ญ – 3.1 ฏ แสดงการคำนวณค่าดัชนีต้นทุนของ งานประเภทผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ตามลำดับ

3.2 การจัดประเภทงานทาง

จากข้อมูลโครงการก่อสร้างทางหลวงที่รวบรวมได้นั้น ดำเนินการจัดแบ่งประเภทของงานทางตามลักษณะของผิวจราจรเป็นหลัก เนื่องจากผิวจราจรของงานทางเป็นปัจจัยหลักที่มีผลกระทบอย่างมากต่อราคาค่าก่อสร้าง งานทางที่มีโครงสร้างถนนและคันทางใกล้เคียงกันหากมีชนิดของผิวจราจรต่างกันก็จะทำให้ราคาค่าก่อสร้างแตกต่างกันด้วย ดังนั้นข้อมูลโครงการที่รวบรวมได้หากแบ่งตามประเภทชนิดของผิวจราจรแล้วสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ซึ่งได้แก่

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. งานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต หมายถึง งานทางที่มีชนิดของผิวจราจรเป็นแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต ซึ่งแบ่งเป็นแบบผิวจราจร 2 ชั้น (Double Surface Treatment) และแบบผิวจราจรชั้นเดียว (Single Surface Treatment)

2. งานทางผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก หมายถึง งานทางที่มีชนิดผิวจราจรเป็นแบบพื้นทางคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานแบบก่อสร้างของกรมทางหลวง ซึ่งความหนาของผิวจราจร 2 แบบ คือ แบบผิวจราจรคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 25 ซม. และแบบผิวจราจรคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 23 ซม. ตามลำดับ

จากข้อมูลจำนวน 87 โครงการสามารถแบ่งประเภทของงานทางตามชนิดของผิวจราจรที่กล่าวข้างต้นได้จำนวนโครงการดังนี้

1. งานทางผิวจราจรแอสฟัลต์ติกคอนกรีต จำนวน 49 โครงการ
2. งานทางผิวจราจรคอนกรีตเสริมเหล็ก จำนวน 38 โครงการ

รวมโครงการที่สามารถใช้เป็นข้อมูลจำนวน 65 โครงการ จากข้อมูลจำนวนทั้งสิ้น 87 โครงการ โดยนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองจำนวน 55 โครงการ และเป็นข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองแต่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ จำนวน 10 โครงการ

สำหรับข้อมูลบางโครงการที่ไม่สามารถนำมาจัดรวมกลุ่มกับโครงการข้างต้นได้ เนื่องจากเป็นงานทางที่มีวัตถุประสงค์การใช้งานแตกต่างออกไป เช่น งานทางที่รวมอยู่กับงานสะพานทางแยกต่างระดับ งานทางที่รวมอยู่กับงานสะพานเป็นงานทางเชิงลาดสะพาน เป็นต้น

3.3 การวิเคราะห์หารายการที่เป็นปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อราคางานก่อสร้าง

ปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้าง หมายถึง รายการงานที่มีมูลค่าเป็นสัดส่วนสูงในโครงการ การพิจารณาราคางานก่อสร้างในงานวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาราคาที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างเพื่อที่จะนำไปสู่ราคางานก่อสร้างทั้งหมด เนื่องจากการพิจารณาไม่สามารถพิจารณาราคางานทุกรายการได้เนื่องจากในแต่ละโครงการมีรายละเอียดของงานที่แตกต่างกันไป การที่จะพิจารณางานทุกรายการจะต้องใช้วิธีถอดแบบอย่างละเอียดเท่านั้น ดังนั้นหากราคางานปัจจัยหลักที่ประมาณได้จากวิจัยใกล้เคียงกับราคาค่าก่อสร้างจริงแล้ว ราคางานก่อสร้างทั้งหมดของงานทางที่ได้จากการประมาณและราคางานก่อสร้างจริงก็จะไม่แตกต่างกัน

การพิจารณาราคางานก่อสร้างที่เป็นปัจจัยหลักนั้น ได้ทำการพิจารณาแบ่งรายการงานออกเป็น 3 หมวดงาน ได้แก่ หมวดงานโครงสร้างถนนและคันทาง หมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก หมวดงานระบบและส่วนประกอบงานทาง โดยมีรายละเอียดรายการงานในแต่ละหมวดงานดังนี้

หมวดงานโครงสร้างถนนและคันทาง

1. งานดินตัด
2. งานดินถม
3. งานทรายถม
4. งานวัสดุคัดเลือก
5. งานรองพื้นทาง
6. งานพื้นทาง
7. งานไพร์โคลท์
8. งานผิวจราจรแอสฟัลต์
9. งานผิวจราจรคอนกรีต

หมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

1. งานสะพาน
2. งานท่อระบายน้ำ
3. งานท่อเหลี่ยม
4. งานพื้นแบริ่งยูนิต

หมวดงานระบบและงานส่วนประกอบงานทาง

1. งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
2. งานระบบการจราจร
3. งานส่วนประกอบงานทาง

ตารางที่ 3.2 แสดงจำนวนสัดส่วนของราคางานต่อราคางานในแต่ละหมวดซึ่งได้แก่ หมวดโครงสร้างถนนและคันทาง หมวดงานโครงสร้างคอนกรีตแสริมเหล็ก ตามลำดับ โดยตารางที่ 3.2 ก แสดงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนงานในแต่ละหมวดต่อมูลค่าราคาของงานโครงการทั้งหมดในประเภทงานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต ส่วนตารางที่ 3.2 ข - 3.2 ง เป็นการแยกตามหมวดงานต่างๆ ส่วนงานทางประเภทผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็กได้แสดงไว้เช่นเดียวกันในตารางที่ 3.3 ก และตารางที่ 3.3 ข - 3.3 ง สำหรับงานตามหมวดโครงสร้างถนนและคันทาง หมวดโครงคอนกรีตเสริมเหล็ก หมวดงานระบบและส่วนประกอบงานทาง ตามลำดับ

จากตารางที่ 3.2 และ 3.3 ทั้งหมดสามารถสรุปรายการงานที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้าง ได้ดังนี้ โดยรายละเอียดการวิเคราะห์เพื่อสรุปรายการงานที่จัดให้เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างนั้นจะกล่าวในบทที่ 4 ต่อไป

3.3.1 รายการงานที่เป็นปัจจัยหลักของงานก่อสร้าง

รายการงานที่เป็นปัจจัยหลักของงานก่อสร้างซึ่งแบ่งตามประเภทงานทางได้ดังนี้

ประเภทงานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต

หมวดงานโครงสร้างถนนและคันทาง

1. งานดินถม
2. งานพื้นทาง
3. งานผิวจราจรแอสฟัลต์

หมวดงานโครงสร้าง คอนกรีตเสริมเหล็ก

1. งานสะพาน
2. งานท่อระบายน้ำ

หมวดงานระบบและส่วนประกอบงานทางมีจำนวนรายการงานย่อยหลายรายการรวมอยู่มาก จึงจำแนกออกเป็นกลุ่มที่มีลักษณะงานเดียวกันและรวมให้เป็นปัจจัยหลักทั้งหมด

1. งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
2. งานระบบการจราจร
3. งานส่วนประกอบงานทาง

ประเภทงานทางผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

หมวดงานโครงสร้างถนนและคันทาง

1. งานดินถม
2. งานทรายถม
3. งานพื้นทาง
4. งานผิวจราจรคอนกรีต

หมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

1. งานสะพาน
2. งานท่อเหลี่ยม
3. งานพื้นแบริ่งยูนิต

หมวดงานระบบและส่วนประกอบงานทางนั้น มีลักษณะเช่นเดียวกันกับงานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตจึงจัดเป็นปัจจัยหลักไว้เช่นเดียวกัน

1. งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
2. งานระบบการจราจร
3. งานส่วนประกอบงานทาง

จากการรวบรวมข้อมูลทางด้านปริมาณเนื้องานและราคาค่าก่อสร้างของรายการงานที่เป็นปัจจัยหลักตามหมวดต่าง ๆของแต่ละประเภทงานทาง ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ก – 3.1 ฎ ข้อมูลดังกล่าวจะนำใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ได้ใน 2 แนวทาง คือ ความสัมพันธ์ด้านปริมาณเนื้องาน และความสัมพันธ์ด้านราคาค่าก่อสร้างของงานในปัจจัยหลักนั้น

3.4 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้าง

จากรายการงานที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างซึ่งหาได้จากข้อ 3.3 นั้น จึงดำเนินการพิจารณาหาความสัมพันธ์ของรายการที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างเพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณปริมาณเนื้องานและราคาค่าก่อสร้างที่เป็นปัจจัยหลักของราคาค่าก่อสร้างต่อไป

การพิจารณาหาความสัมพันธ์ของรายการงานที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างได้พิจารณาในหลายด้าน ได้แก่ ปริมาณเนื้องานของรายการที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างต่อพื้นที่ผิวจราจร ปริมาณเนื้องานที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างกับลักษณะทางกายภาพของโครงการ สัดส่วนปริมาณเนื้องานที่เป็นปัจจัยหลักด้วยกัน และราคาค่าก่อสร้างที่ปรับแก้ดัชนีค้นทุนกับลักษณะทางกายภาพของโครงการโดยมีรายละเอียดดังนี้

ความสัมพันธ์ของรายการงานที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างในหมวดโครงสร้างถนนและคันทางมีรายการดังนี้

- ปริมาณเนื้องานของงานที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้าง (งานดินถม งานพื้นทาง และงานผิวจราจรแอสฟัลต์สำหรับประเภทงานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต และงานดินถม งานทรายถม งานพื้นทาง และงานผิวจราจรคอนกรีตในประเภทงานทางแบบผิวจราจรคอนกรีตเสริมเหล็ก) ต่อพื้นที่ผิวจราจรในงานประเภทนั้น
- มูลค่างานที่เป็นปัจจัยหลักต่อมูลค่างานโครงสร้างถนนและคันทางทั้งหมด
- ปริมาณงานดินถมต่อปริมาณงานผิวจราจรแอสฟัลต์
- ปริมาณงานพื้นทางต่อปริมาณงานดินถม
- ปริมาณงานทรายถมต่อปริมาณงานผิวจราจรคอนกรีต
- ปริมาณงานดินถมต่อปริมาณทรายถม
- ปริมาณงานพื้นทางต่อปริมาณงานทรายถม

ความสัมพันธ์ของรายงานที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างในหมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มีรายการดังนี้

- ปริมาณเนื้องานของงานที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้าง (งานสะพาน งานท่อระบายน้ำ ในประเภทงานทางแบบผิวจราจรแอสฟัลต์ติกคอนกรีต และงานสะพาน งานท่อเหลี่ยม งานพื้นแบริ่งยูนิต สำหรับประเภทงานผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ตามลำดับ)

- มูลค่างานที่เป็นปัจจัยของราคางานก่อสร้างต่อมูลค่างานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมด
- ปริมาณงานท่อระบายน้ำต่อปริมาณงานสะพาน
- ปริมาณงานท่อเหลี่ยมต่อปริมาณงานสะพาน
- ปริมาณงานพื้นแบริ่งยูนิตต่อปริมาณงานท่อเหลี่ยม

ความสัมพันธ์ของรายการที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างในหมวดงานระบบและส่วนประกอบงานทางมีรายการดังนี้

- อัตราส่วนมูลค่างานระบบไฟฟ้าแสงสว่างต่อผลรวมของมูลค่างานโครงสร้างถนนและคันทางกับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
- อัตราส่วนมูลค่างานระบบการจราจรต่อผลรวมของมูลค่างานโครงสร้างถนนและคันทางกับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
- อัตราส่วนมูลค่างานส่วนประกอบทางต่อผลรวมของมูลค่างานโครงสร้างถนนและคันทางกับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
- อัตราส่วนมูลค่างานระบบและส่วนประกอบงานทางทั้งหมดต่อผลรวมของมูลค่างานโครงสร้างถนนและคันทางกับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

จากการหาความสัมพันธ์ของรายการงานที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างในหมวดงานต่าง ๆข้างต้น จึงได้สรุปและแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ก – 4.1 ง สำหรับงานทางประเภทผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต และตารางที่ 4.2 ก – 4.2 ง สำหรับงานทางประเภทผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ตามลำดับ

3.5 การพัฒนาแบบจำลอง

การพัฒนาแบบจำลองในงานวิจัยครั้งนี้ ได้ทำไว้เป็น 2 แนวทาง คือ แนวทางในการประมาณปริมาณเนื้องานก่อสร้าง กับแนวทางในการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรง และการพัฒนาแบบจำลองในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการตรวจสอบราคางานก่อสร้างงานทางวิธีหนึ่ง ซึ่งในแต่ละแนวทางมีวิธีการดังนี้

แบบจำลองในการประมาณปริมาณเนื้องานก่อสร้างมี 3 วิธีการ ได้แก่

- วิธีการประมาณปริมาณเฉลี่ย (Average Quantity Per Roadway Area)
- วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression)
- วิธีการสัดส่วนของส่วนประกอบ (Component Ratio)

แบบจำลองในการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรงมี 1 วิธีการ ได้แก่

- วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression)

3.5.1 แบบจำลองการประมาณปริมาณเนื้องานก่อสร้างโดยวิธีการประมาณค่าเฉลี่ย (Average Quantity per Roadway Area)

แบบจำลองโดยวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยนี้จะใช้ค่าเฉลี่ย (Average) ของปริมาณเนื้องานของงานที่เป็นปัจจัยหลักต่อพื้นที่ผิวจราจรเป็นสัมประสิทธิ์ในการใช้ประมาณปริมาณเนื้องาน โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$Y = XA$$

โดยที่ Y = ตัวแปรตาม ซึ่งเป็นไปตามรายละเอียดงานปัจจัยหลัก
X = ค่าเฉลี่ยของปริมาณเนื้องานต่อพื้นที่ผิวจารจร
A = พื้นที่ผิวจราจร

นอกจากหาค่าเฉลี่ยแล้ว จะหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย เพื่อตรวจสอบการกระจายของค่าเฉลี่ย

3.5.2 แบบจำลองการประมาณปริมาณเนื้องานก่อสร้างโดยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression)

แบบจำลองโดยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนนี้ อาศัยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนเป็นเครื่องมือในการสร้างความสัมพันธ์เพื่อประมาณปริมาณเนื้องาน ความสัมพันธ์ที่ได้จะเป็นลักษณะฟังก์ชันหลายตัวแปร ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

3.5.2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดในด้านข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้เนื่องจากข้อมูลที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลทางด้านราคาและลักษณะรายละเอียดโครงการโดยสังเขปเท่านั้น ไม่มีแบบก่อสร้างในรายละเอียดที่ชัดเจน ทำให้ข้อมูลด้านลักษณะทางกายภาพของงานทางมีจำนวนน้อยตัวแปรอิสระที่เลือกใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่

1. ระยะทาง
2. พื้นที่ผิวจราจร
3. ความกว้างของเขตทางหลวง

สำหรับคำจำกัดความและหน่วยในการวัดตัวแปรอิสระมีดังนี้

1. ระยะทาง หมายถึง ระยะทางที่วัดจากจุดเริ่มต้นโครงการก่อสร้างจนถึงจุดสิ้นสุดโครง การก่อสร้างทางหลวง มีหน่วยเป็น กิโลเมตร
2. พื้นที่ผิวจราจร หมายถึง พื้นที่ผิวทางจราจรทั้งหมดของสายทางมีหน่วยเป็นตารางเมตร

3. ความกว้างเขตทางหลวง หมายถึง ระยะความกว้างที่วัดตั้งฉากกับเส้นผ่านศูนย์กลางของทางจากซ้ายไปขวาจนถึงเขตสิ้นสุดทางหลวง มีหน่วยเป็นเมตร

3.5.2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

ตัวแปรตามเป็นปริมาณเนื้องานของงานที่เป็นปัจจัยหลักงานหมวดต่างๆ โดยตัวแปรตามทั้งหมดมีดังนี้

หมวดงานโครงสร้างถนนและคันทาง
- ปริมาณงานดินถม มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร
- ปริมาณงานทรายถม มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร
- ปริมาณงานพื้นทาง มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร
- ปริมาณงานผิวจราจรแอสฟัลต์ มีหน่วยเป็น ตารางเมตร
- ปริมาณงานผิวจราจรคอนกรีต มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

หมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
- ปริมาณงานสะพาน มีหน่วยเป็น เมตร
- ปริมาณงานท่อระบายน้ำ มีหน่วยเป็น เมตร
- ปริมาณงานท่อเหลี่ยม มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร
- ปริมาณงานพื้นที่แบริ่งยูนิต มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

หมวดงานระบบและส่วนประกอบงานทาง
- สัดส่วนของมูลค่างานระบบไฟฟ้าแสงสว่างต่อผลรวมของมูลค่างานโครงสร้างถนนและคันทางกับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
- สัดส่วนของมูลค่างานระบบการจราจรต่อผลรวมของมูลค่างานโครงสร้างถนนและคันทางกับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
- สัดส่วนของมูลค่างานส่วนประกอบงานทางต่อผลรวมของมูลค่างานโครงสร้างถนนและคันทางกับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
- สัดส่วนของมูลค่างานระบบและส่วนประกอบงานทางทั้งหมดต่อผลรวมของมูลค่างานโครงสร้างถนนและคันทางกับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ส่วนสัดส่วนงานระบบและงานส่วนประกอบงานทาง ใช้สัดส่วนจากวิธีการค่าเฉลี่ยในการคำนวณหาราคามูลค่างานในหมวดนี้

3.5.2.3 รูปแบบฟังก์ชัน

รูปแบบฟังก์ชันที่ใช้ในการหาตัวแปรต่าง ๆมีดังนี้

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + c$$

โดยที่ y = ตัวแปรตามซึ่งเป็นไปตามข้อ 3.5.2.2

x_1 = ระยะทางรวม

x_2 = พื้นที่ผิวจราจร

x_3 = ความกว้างเขตทาง

b_1, b_2, b_3 = สัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน (Partial Regression Coefficient)

c = ค่าคงที่ของสมการ (จุดตัดแกน Y)

3.5.3 แบบจำลองการประมาณปริมาณเนื้องานโดยวิธีสัดส่วนของส่วนประกอบ (Component ratio)

แบบจำลองโดยวิธีการสัดส่วนของส่วนประกอบใช้ความสัมพันธ์ของงานที่เป็นปัจจัยหลักด้วยกันเป็นเครื่องมือในการพัฒนาแบบจำลอง ความสัมพันธ์ของงานที่ปัจจัยหลักด้วยกันที่ใช้สำหรับพัฒนาแบบจำลองแบ่งตามงานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตและงานทางผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ได้ดังนี้

งานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต

- ปริมาณงานดินถมต่อปริมาณงานผิวจราจรแอสฟัลต์
- ปริมาณงานพื้นทางต่อปริมาณงานดินถม
- ปริมาณงานท่อระบายน้ำต่อปริมาณสะพาน

งานทางผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

- ปริมาณงานทรายถมต่อปริมาณงานผิวจราจรคอนกรีต
- ปริมาณงานดินถมต่อปริมาณงานทรายถม
- ปริมาณงานพื้นทางต่อปริมาณงานทรายถม
- ปริมาณงานท่อเหลี่ยมต่อปริมาณงานสะพาน
- ปริมาณงานพื้นแบริ่งยูนิตต่อปริมาณงานท่อเหลี่ยม

การคำนวณหาปริมาณงานดินถม ปริมาณพื้นทาง ในงานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตจำเป็นต้องทราบปริมาตรงานผิวจราจรแอสฟัลต์ และปริมาณงานท่อระบายน้ำก็ต้องทราบปริมาณงานสะพานก่อนเช่นเดียวกัน จึงสรุปได้ว่าปริมาณเนื้องานที่ต้องทราบก่อนสำหรับแบบจำลองสำหรับวิธีการประมาณปริมาณเนื้องานโดยวิธีสัดส่วนของส่วนประกอบนี้ เป็นปัจจัยหลักพื้นฐานซึ่งสำหรับงานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต ได้แก่

- ปริมาณผิวจราจรแอสฟัลต์
- ปริมาณงานสะพาน

ส่วนการคำนวณหาปริมาณทรายถม งานดินถม และปริมาณพื้นทาง ในงานทางผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็กก็จำเป็นต้องทราบปริมาตรงานผิวจราจรคอนกรีต และปริมาณงานท่อเหลี่ยมและพื้นแบริ่งยูนิตก็ต้องทราบปริมาณงานสะพานก่อนเช่นเดียวกัน จึงสรุปได้ว่าปริมาณเนื้องานที่ต้องทราบก่อนสำหรับแบบจำลองของวิธีการประมาณปริมาณเนื้องานโดยวิธีสัดส่วนของส่วนประกอบนี้เป็นปัจจัยหลักพื้นฐาน ซึ่งสำหรับงานทางผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็กได้แก่

- ปริมาณผิวจราจรคอนกรีต
- ปริมาณงานสะพาน

การหาปริมาณเนื้องานของงานที่เป็นปัจจัยหลักพื้นฐาน ในงานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตและงานทางผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก สำหรับงานก่อสร้างงานทางทั้ง 2 ประเภทนั้นสามารถตรวจวัดปริมาณเนื้องานที่เป็นปัจจัยหลักพื้นฐานดังกล่าวได้โดยตรง จากการวัดปริมาณเนื้องานจริงซึ่งสามารถทำได้โดยง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้แสดงข้อมูลสัดส่วนปริมาณเนื้องานที่เป็นปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อราคางานก่อสร้างต่อปริมาณเนื้องานที่เป็นปัจจัยหลักพื้นฐานสำหรับงานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต และงานทางผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็กไว้ในตารางที่ 4.1 ง และ 4.2 ง ตามลำดับ

3.5.4 แบบจำลองการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรงโดยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression)

แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรงเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างราคาค่าก่อสร้างของงานที่เป็นปัจจัยหลักของงานก่อสร้างกับลักษณะทางกายภาพของโครงการโดยมีตัวแปรอิสระและตัวแปรตามดังต่อไปนี้

3.5.4.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

1. ระยะทาง
2. พื้นที่ผิวจราจร
3. ความกว้างเขตทางหลวง
4. ความยาวสะพานรวม
5. ความยาวท่อระบายน้ำรวม
6. ปริมาตรท่อเหลี่ยมรวม
7. พื้นที่แบริ่งยูนิต

สำหรับคำจำกัดความและหน่วยในการวัดตัวแปรอิสระมีดังนี้

1. ระยะทาง หมายถึง ระยะทางที่วัดจากจุดเริ่มต้นโครงการก่อสร้างจนถึงจุดสิ้นสุดโครงการก่อสร้างทางหลวง มีหน่วยเป็น กิโลเมตร
2. พื้นที่ผิวจราจร หมายถึง พื้นที่ผิวทางจราจรทั้งหมดของสายทาง มีหน่วยเป็นตารางเมตร
3. ความกว้างเขตทางหลวง หมายถึง ระยะความกว้างที่วัดตั้งฉากกับเส้นผ่านศูนย์กลางของทางจากซ้ายไปขวาจนถึงเขตสิ้นสุดทางหลวง มีหน่วยเป็นเมตร

4. ความยาวสะพานรวม หมายถึง ความยาวสะพานรวมทั้งโครงการโดยปรับประเภทของสะพานเพื่อให้เป็นแบบสะพานผิวจราจรกว้าง 11.00 เมตร และมีช่วงคานสะพานไม่เกิน 10.00 เมตร มีหน่วยเป็น เมตร
5. ความยาวท่อระบายน้ำรวม หมายถึง ความยาวท่อระบายน้ำรวมทั้งโครงการโดยปรับขนาดของท่อระบายน้ำทั้งหมดเป็นท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร มีหน่วยเป็น เมตร
6. ปริมาตรท่อเหลี่ยม หมายถึง ปริมาตรคอนกรีตของงานท่อเหลี่ยมรวมทั้งโครงการที่คำนวณตามแบบก่อสร้าง มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร
7. พื้นที่แบริ่งยูนิต หมายถึง พื้นที่ของแบริ่งยูนิตที่วัดรวมทั้งโครงการ มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

3.5.4.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

ตัวแปรตามนี้จะเป็นราคาค่าก่อสร้างงานที่เป็นปัจจัยหลักของงานหมวดต่างๆ และรวมไปถึงสัดส่วนของมูลค่างานที่เป็นปัจจัยหลักต่อมูลค่างานรวมของงานในหมวดนั้นๆ และสัดส่วนของมูลค่างานระบบและส่วนประกอบทางต่อมูลค่างานโครงสร้างถนนและคันทางกับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยราคาค่าก่อสร้างงานที่เป็นปัจจัยหลักที่คำนวณได้จากแบบจำลองเป็นราคาต้นทุนโดยตรง ที่ปีฐาน 2530 โดยตัวแปรตามทั้งหมดนี้มีดังนี้

หมวดงานโครงสร้างถนนและคันทาง

- ราคางานก่อสร้างดินถม มีหน่วยเป็น บาท
- ราคางานก่อสร้างทรายถม มีหน่วยเป็น บาท
- ราคางานก่อสร้างพื้นทาง มีหน่วยเป็น บาท
- ราคางานก่อสร้างแอสฟัลต์ มีหน่วยเป็น บาท

หมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

- ราคางานสะพานรวม มีหน่วยเป็น บาท
- ราคางานท่อระบายน้ำ มีหน่วยเป็น บาท
- ราคางานท่อเหลี่ยม มีหน่วยเป็น บาท
- ราคางานแบริ่งยูนิต มีหน่วยเป็น บาท

ส่วนสัดส่วนงานระบบและงานส่วนประกอบงานทาง ใช้สัดส่วนจากวิธีการค่าเฉลี่ยในการคำนวณหาราคามูลค่างานในหมวดนี้

3.5.4.3 รูปแบบฟังก์ชัน

รูปแบบฟังก์ชันที่ใช้ในการหาตัวแปรตามต่างๆมีดังนี้

1. ฟังก์ชันสำหรับงานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + c$$

โดยที่ y = ตัวแปรตามซึ่งเป็นไปตามข้อ 3.5.4.2

x_1 = ระยะทางรวม

x_2 = พื้นที่ผิวจราจร

x_3 = ความกว้างเขตทาง

x_4 = ความยาวสะพานรวม

x_5 = ความยาวท่อระบายน้ำรวม

b_1,b_2,b_3,b_4,b_5 = สัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน(Partial Regression Coefficient)

c = ค่าคงที่ของสมการ (จุดตัดแกน Y)

2. ฟังก์ชันสำหรับงานทางผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_6x_6 + b_7x_7 + c$$

โดยที่ y = ตัวแปรตามซึ่งเป็นไปตามข้อ 3.5.4.2

x_1 = ระยะทางรวม

x_2 = พื้นที่ผิวจราจร

x_3 = ความกว้างเขตทาง

x_4 = ความยาวสะพานรวม

x_6 = ปริมาตรท่อเหลี่ยมรวม

x_7 = พื้นที่แบริ่งยูนิตรวม

b_1,b_2,b_3,b_4,b_6,b_7 = สัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน (Partial Regression Coefficient)

c = ค่าคงที่ของสมการ (จุดตัดแกน Y)

โดยตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรง โดยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน สำหรับงานทางทั้งสองประเภท ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 ก – 4.3 ค สำหรับงานทางประเภทผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต และตารางที่ 4.4 ก – 4.4 ค สำหรับงานทางประเภทผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยแบ่งออกเป็นหมวดงานต่าง ๆตามลำดับ โดยตัวแปรตามที่ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาแบบจำลองได้ปรับค่าดัชนีต้นทุนไว้แล้วในแต่ละรายการงาน

3.6 การพิจารณาเนื้องานและราคาค่างานที่ได้จากแบบจำลอง

3.6.1 การพิจารณาปริมาณเนื้องานของงานที่เป็นปัจจัยหลักจากแบบจำลองโดยวิธีการค่าเฉลี่ยและโดยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน

เนื้องานที่เป็นปัจจัยหลักที่มีความผันแปรตามสภาพภูมิประเทศมากสำหรับงานก่อสร้างทางนั้น คือ ปริมาณเนื้องานดินถม และปริมาณเนื้องานทรายถม ส่วนปริมาณเนื้องานอื่นทั้งหมวดโครงสร้างถนนและคันทางและหมวดโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีความผันแปรตามสภาพภูมิประเทศน้อยมาก ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงพิจารณาเนื้องานที่เป็นปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณเนื้องานทรายถมเป็นสำคัญ

สภาพภูมิประเทศกับความผันแปรของปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณเนื้องานทรายถม

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งลักษณะทางภูมิประเทศออกเป็นภาคต่าง ๆที่เป็นที่ตั้งของโครงการ เนื่องจากมีข้อจำกัดในแบบก่อสร้างที่จะสามารถพิจารณาไปถึงลักษณะภูมิประเทศอื่น ๆได้ โดยได้แบ่งภาคต่าง ๆไว้ดังนี้

1. ภาคกลาง – ภาคตะวันตก
2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
3. ภาคตะวันออก
4. ภาคใต้
5. ภาคเหนือ

จากแบบจำลองการประมาณปริมาณเนื้องานโดยวิธีการปริมาณเฉลี่ยและโดยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนโดยปริมาณ ปริมาณเนื้องานที่ประมาณได้จากแบบจำลองในการประมาณปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณเนื้องานทรายถมเป็นค่าเฉลี่ยจากข้อมูลทั้งหมด แต่เมื่อพิจารณาการใช้แบบจำลองที่แท้จริงแล้ว จึงจำเป็นต้องปรับค่าปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณเนื้องานทรายถม โดยทำการปรับกับค่าสัดส่วนที่เปรียบเทียบจากความหนาเฉลี่ยของปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณทรายถมในภาคที่เป็นที่ตั้งโครงการกับค่าความหนาเฉลี่ยของค่าปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณเนื้องานทรายถมจากข้อมูลทั้งหมด โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการหาค่าสัดส่วนความหนาเปรียบเทียบเฉลี่ยของทุกภาค ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 ง และ 4.4 ง โดยแบ่งตามประเภทของงานทางผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตและผิวจราจรแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ตามลำดับ เพื่อใช้ในการปรับค่าปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณเนื้องานทรายถมที่ประมาณได้จากแบบจำลอง

สำหรับการหาค่าสัดส่วนความหนาเปรียบเทียบเฉลี่ยในแต่ละภาคนั้น สามารถทำโดยวิธีการกระจายปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณเนื้องานทรายถมที่เป็นข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ไปตามภาคต่าง ๆที่ได้แบ่งไว้ข้างต้น

จากนั้นทำการคำนวณหาความหนาเฉลี่ยของปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณเนื้องานทรายถม โดยการเอาผลรวมของปริมาณเนื้องานทั้งหมดหารด้วยพื้นที่ผิวจราจรทั้งหมดของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองครั้งนี้ได้เป็นค่าความหนาเฉลี่ยเนื้องานดินถมและค่าความหนาเฉลี่ยเนื้องานทรายถมของข้อมูลทั้งหมด

ต่อมาก็ทำการหาค่าความหนาเฉลี่ยของปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณเนื้องานทรายถมเฉลี่ยในแต่ละภาคที่เป็นที่ตั้งของโครงการ โดยเอาผลรวมของปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณเนื้องานทรายถมของในแต่ละภาคหารด้วยพื้นที่ผิวจราจรรวมของภาคนั้นๆ ค่าที่ได้เป็นค่าความหนาเฉลี่ยของปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณเนื้องานทรายถมตามภาคต่างๆ แล้วนำค่าความหนาเฉลี่ยที่ได้ของภาคต่างๆไปเปรียบเทียบเป็นสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยความหนาของข้อมูลทั้งหมด

3.6.2 การพิจารณาราคาค่าก่อสร้างงานที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างจากแบบจำลองที่ใช้ประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรง โดยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน

จากปัญหาสภาพภูมิประเทศและที่ตั้งโครงการดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.6.1 ที่มีผลกระทบต่อปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณงานทรายถมนั้น สำหรับแบบจำลองในการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรงก็มีผลกระทบเช่นเดียวกัน แต่เป็นทางด้านราคาค่าก่อสร้างโดยเฉพาะที่เป็นราคาค่าก่อสร้างงานดินถมและราคาค่าก่อสร้างงานทรายถม จึงได้ใช้แนวทางในการปรับค่าราคางานก่อสร้างของงานดินถมและราคางานก่อสร้างงานทรายถมในลักษณะเดียวกันกับการพิจารณาปรับค่าปริมาณเนื้องานดินถมและปริมาณทรายถมดังที่กล่าวมาแล้ว

แต่เป็นการพิจารณาราคาต่อหน่วยเฉลี่ยในแต่ละภาคเปรียบเทียบกับราคาต่อหน่วยเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 จ และ 4.4 จ เพื่อใช้ในการปรับราคาค่าก่อสร้างงานดินถมและราคาค่าก่อสร้างงานทรายถม ที่ได้จากแบบจำลองการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรง

3.6.3 การพิจารณาเนื้องานที่เป็นปัจจัยหลักของงานก่อสร้างที่เป็นประเภทงานเดียวกันแต่มีหลายลักษณะทางกายภาพ

การพิจารณาเนื้องานที่เป็นปัจจัยหลักของงานก่อสร้าง ตั้งแต่การนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแบบจำลอง โดยต้องพิจารณาความถูกต้องของการวัดปริมาณเนื้องานของข้อมูลให้มีลักษณะเป็นตัวแทนข้อมูลชุดเดียว

ดังนั้นงานที่เป็นปัจจัยหลักของหมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กพบว่าเกิดปัญหาในการวัดปริมาณเนื้องานที่เป็นประเภทเดียวกันแต่มีลักษณะทางกายภาพหลายรูปแบบ ทั้งขนาด มิติ รูปร่าง และสัณฐานแตกต่างกัน งานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการหาแนวทางในการปรับแก้เพื่อให้ปัญหาในการพิจารณาปริมาณเนื้องานมาอยู่บนพื้นฐานเดียวกันด้วยตัวแทนข้อมูลชุดเดียว ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์และแปลความหมายของปริมาณเนื้องานที่ได้ประมาณจากแบบจำลองของหมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างถูกต้อง ดังต่อไปนี้

3.6.3.1 งานสะพาน

กำหนดให้งานสะพานที่ใช้ในแบบจำลองในงานวิจัยครั้งนี้เป็นงานสะพานแบบผิวจราจรกว้าง 11.00 เมตร และมีช่วงคานสะพานไม่เกิน 10.00 เมตร เป็นสะพานมาตรฐานในการเปรียบเทียบ ที่ได้แสดงค่าปรับแก้ปริมาณเนื้องาน ไว้ในตารางที่ 4.4 ฉ เพื่อใช้สำหรับการปรับปริมาณเนื้องานสะพานประเภทอื่นๆให้มาอยู่ในประเภทสะพานที่มีลักษณะเดียวกัน ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร

ตารางดังกล่าวพิจารณามาจากราคาค่าก่อสร้างเฉลี่ยต่อความยาวสะพานหนึ่งเมตร ของงานสะพานประเภทนั้นๆเปรียบเทียบกับราคาค่าก่อสร้างเฉลี่ยต่อความยาวสะพานหนึ่งเมตร ของงานสะพานแบบผิวจราจรกว้าง 10.00 เมตร และมีช่วงคานสะพานไม่เกิน 10.00 เมตร จึงได้เป็นค่าปรับแก้ปริมาณเนื้องานดังกล่าวที่ได้แสดงไว้ในตารางดังกล่าวข้างต้น โดยแสดงรายละเอียดการคำนวณจากข้อมูลของงานวิจัยในครั้งนี้ไว้ ใน ตารางที่ 4.4 ฌ

3.6.3.2 งานท่อระบายน้ำ

กำหนดให้งานท่อระบายน้ำในแบบจำลองในงานวิจัยครั้งนี้เป็นท่อระบายน้ำที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร เป็นขนาดมาตรฐานเปรียบเทียบเพื่อใช้สำหรับการปรับปริมาณเนื้องานท่อระบายน้ำขนาดอื่นให้มาอยู่ในประเภทเดียวกัน โดยอาศัยพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีตต่อความยาวท่อระบายน้ำหนึ่งเมตรของท่อระบายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ เปรียบเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีตต่อความยาวท่อระบายน้ำหนึ่งเมตร ของท่อระบายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร จึงได้เป็นค่าปรับค่าปรับแก้ปริมาณเนื้องานที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 ช ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร

3.6.3.3 งานท่อเหลี่ยม

งานท่อเหลี่ยมของงานก่อสร้างทางนั้นตามแบบก่อสร้างในมาตรฐานของกรมทางหลวงมีไว้มากกว่า 40 ขนาด แบ่งตามจำนวนช่องเปิดที่เป็นทั้งแบบชนิดช่องเปิดเดี่ยวและแบบชนิดช่องเปิดหลายช่อง จึงไม่สามารถกำหนดให้ท่อเหลี่ยมขนาดใดเป็นท่อเหลี่ยมมาตรฐานเปรียบเทียบได้ จึงให้ใช้ปริมาณเนื้องานที่คำนวณมาจากปริมาตรของคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างงานท่อเหลี่ยมทั้งหมดโดยคิดจากขนาดตามแบบก่อสร้าง โดยคำนวณเฉพาะปริมาตรคอนกรีตจากหน้าตัดของท่อเหลี่ยมคูณด้วยความยาวท่อเหลี่ยม ซึ่งสามารถคำนวณหาได้โดยง่าย มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.6.3.4 งานพื้นแบริ่งยูนิต

งานพื้นแบริ่งยูนิตมีรูปแบบและโครงสร้างงานกายภาพลักษณะเดียวจึงไม่เป็นปัญหาในการปรับแก้ค่าแต่อย่างได้ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

3.7 การประมาณราคางานก่อสร้างทาง

จากหัวข้อ 3.5 ได้แบบจำลองในการประมาณปริมาณเนื้องานก่อสร้างและแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรงของงานที่เป็นปัจจัยหลักของราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและสัดส่วนมูลค่างานที่เป็นปัจจัยหลักต่อมูลค่างานของงานในหมวดต่าง ๆ

3.7.1 แบบจำลองในการประมาณปริมาณเนื้องานก่อสร้าง

แบบจำลองที่ใช้ในการประมาณปริมาณเนื้องานก่อสร้าง ค่าที่ได้จากประมาณยังไม่เป็นมูลค่าของค่างานก่อสร้างขั้นตอนต่อไป คือ การใช้ค่าที่ประมาณได้จากแบบจำลองไปคำนวณหาราคาค่าก่อสร้างซึ่งดำเนินการได้ดังนี้

1. พิจารณาหามูลค่างานเป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้าง โดยดำเนินการคูณปริมาณเนื้องานที่ได้จากแบบจำลองด้วยราคาต่อหน่วยของรายการงานนั้น ๆ จึงได้มูลค่างานของงานที่เป็นปัจจัยหลักในหมวดงานโครงสร้างถนนและคันทางกับหมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
2. พิจารณาหามูลค่างานทั้งหมดของหมวดงานโครงสร้างถนนและคันทางกับหมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก การหามูลค่างานทั้งหมดในหมวดงานโครงสร้างถนนและคันทางกับหมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กนั้น ดำเนินการโดยการใช้ผลรวมของมูลค่างานที่เป็นปัจจัยหลักซึ่งได้จากข้อ.1 และอัตราส่วนของผลรวมของมูลค่างานที่เป็นปัจจัยหลักต่อมูลค่างานทั้งหมดในหมวดงานโครงสร้างถนนและคันทาง กับหมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
3. พิจารณาหามูลค่างานระบบและส่วนประกอบงานทาง การหามูลค่างานระบบและส่วนประกอบงานทาง โดยการใช้ผลรวมของมูลค่างานทั้งหมดของหมวดงานโครงสร้างถนนและคันทางกับหมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และค่าอัตราส่วนของมูลค่างานในงานระบบและส่วนประกอบงานทางต่อผลรวมของมูลค่างานในหมวดงานโครงสร้างถนนและคันทางกับหมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
4. พิจารณาหามูลค่างานก่อสร้างทางทั้งหมด ดำเนินการรวมมูลค่างานทั้งหมดที่หาได้จากข้อ.1 - 3 จะได้มูลค่างานก่อสร้างทางทั้งโครงการ

ราคาต่อหน่วยที่นำมาคูณกับปริมาณเนื้องานของงานที่เป็นปัจจัยหลักที่คำนวณได้จากแบบจำลองนั้น เป็นราคาต่อหน่วยที่ ณ เวลาใดก็ได้ไม่ต้องนำมาปรับค่าดัชนี หากราคาต่อหน่วยที่นำมาคูณกับปริมาณเนื้องาน เป็นราคาต่อหน่วยที่รวมเอาทั้งต้นทุนโดยตรง และ ค่ากำไร ค่าดำเนินการ ค่าโสหุ้ย และค่าภาษีแล้ว เพราะฉะนั้นมูลค่างานก่อสร้างที่ประมาณได้จากแบบจำลอง ก็จะได้เป็นราคาค่าก่อสร้างที่ได้รวม ค่ากำไร ค่าดำเนินการ ค่าโสหุ้ย และค่าภาษี ไว้ทั้งหมดแล้ว เช่นกัน

I19278408

3.7.2 แบบจำลองที่ใช้ประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรง

1. มูลค่าของงานที่เป็นปัจจัยหลักของราคางานก่อสร้างในหมวดต่างๆหาได้โดยตรงจากแบบจำลองทั้งในหมวดโครงสร้างถนนและคันทางกับหมวดโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
2. ดำเนินการตามขั้นตอนเช่นเดียวกันกับข้อ 1 – 3 ในหัวข้อ 3.7.1 ตามลำดับก็จะได้มูลค่างานก่อสร้างงานทั้งโครงการ

มูลค่างานก่อสร้างของงานที่คำนวณได้จากแบบจำลองนั้น เป็นราคาค่าก่อสร้างที่เป็นต้นทุนโดยตรงที่ปีฐาน 2530 ดังนั้นการคำนวณหามูลค่างานก่อสร้างในปีที่ก่อสร้างจริง จึงต้องนำมูลค่างานก่อสร้างที่คำนวณได้จากแบบจำลองไปปรับด้วยค่า K เพื่อให้เป็นมูลค่างานก่อสร้าง ณ ปีที่ก่อสร้างจริงนั้น หากต้องการพิจารณามูลค่างานก่อสร้างที่รวมส่วนของค่ากำไร ค่าดำเนินการ ค่าโสหุ้ย และค่าภาษีต่างๆ ก็สามารถนำไปปรับกับค่า Factor F ดังนั้นมูลค่างานก่อสร้างที่ประมาณได้จากแบบจำลองที่ทำการปรับค่า K และค่า Factor F แล้วนั้น จึงเป็นมูลค่างานก่อสร้างที่ได้รวม ต้นทุนโดยตรง ค่ากำไร ค่าดำเนินการ ค่าโสหุ้ย และค่าภาษีต่างๆ พร้อมทั้งปรับเป็นค่าก่อสร้างในปีที่ก่อสร้างจริง ไว้ทั้งหมดแล้ว

3.8 การทดสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองในการประมาณราคาของงานก่อสร้าง

การทดสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองได้ทำการทดสอบทั้งแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณปริมาณเนื้องานของราคางานก่อสร้างและแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรงในโครงการเดียวกัน โดยทดสอบกับราคาก่อสร้างจริงและเปรียบเทียบระดับความแม่นยำในแต่ละวิธีการของแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยการทดสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองนั้นได้ทดสอบกับข้อมูลโครงการจริง จำนวน 2 ชุด คือ

1. ข้อมูลของโครงการที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง
   - ประเภทงานทางแบบผิวจารจรแอสฟัลต์ดิกคอนกรีต จำนวน 10 โครงการ
   - ประเภทงานทางแบบผิวจารจรคอนกรีตเสริมเหล็ก จำนวน 10 โครงการ

2. ข้อมูลโครงการใหม่ที่ไม่ได้ใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลอง
   - ประเภทงานทางแบบผิวจารจรแอสฟัลต์ดิกคอนกรีต จำนวน 5 โครงการ
   - ประเภทงานทางแบบผิวจารจรคอนกรีตเสริมเหล็ก จำนวน 5 โครงการ

ข้อมูลโครงการใหม่นี้เป็นข้อมูลที่รวบรวมได้ในระหว่างการพัฒนาแบบจำลองจึงเป็นข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับทดสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองเป็นอย่างมาก

การทดสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองทำการทดสอบแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณปริมาณเนื้องานและแบบจำลองที่ใช้ประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยตรง โดยมีแบบจำลองทั้งหมด 3 แบบจำลอง ที่ใช้ในการทดสอบ โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบผลรวมกำลังสองของเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด (Least Sum of the Squares) ซึ่งแบบจำลองที่มีผลรวมกำลังสองของเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดจะเป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด สำหรับกรณีที่ใช้การเปรียบเทียบจากผลรวมกำลังสองของเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนไม่สามารถใช้เปรียบเทียบได้ อันเนื่องมาจากจำนวนข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบไม่เท่ากันสามารถพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ใช้ในการเปรียบเทียบได้ ซึ่งแบบจำลองที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสูงสุดจะเป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

3.9 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

การพัฒนาแบบจำลองต่างๆในงานวิจัยนี้ในการช่วยพัฒนาแบบจำลองดังต่อไปนี้

1. การประมาณค่าเฉลี่ย (Average)
2. การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression)

3.9.1 การประมาณค่าเฉลี่ย

3.9.1.1 ค่าเฉลี่ย (Average)

ค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการวิจัยจะเป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean)ของข้อมูลเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} X_i$$

โดยที่ X = ค่าเฉลี่ย
Xi = ข้อมูลต่างตั้งแต่ข้อมูลที่ 1 ถึงข้อมูลที่ n
n = จำนวนข้อมูล

3.9.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นการจัดการกระจายของข้อมูล (Measure of Variation) โดยจะพิจารณาจากรากที่สองของผลรวมของค่าแตกต่างของข้อมูลแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ยเลขคณิต ถ้าค่าแตกต่างนั้นมาก แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายมาก

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (X_i - X)^2}$$

โดยที่ Sd = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
X = ค่าเฉลี่ย
Xi = ข้อมูลต่างตั้งแต่ข้อมูลที่ 1 ถึงข้อมูลที่ n
n = จำนวนข้อมูล

3.9.2 การวิเคราะห์ความถดถอย

การวิเคราะห์ความถดถอยเป็นวิธีทางสถิติอย่างหนึ่งที่ใช้ในการตรวจหา หรือตรวจสอบลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยมีวัตถุประสงค์สำหรับใช้ในการประมาณค่าของตัวแปรหนึ่งจากตัวแปรอื่นที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ต้องการประมาณค่านั้น โดยอาศัยข้อมูลในอดีตเป็นหลัก และนำเอาลักษณะสัมพันธ์ที่หาได้ไปใช้ประโยชน์

สำหรับงานวิจัยนี้การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรและการวิเคราะห์ความถดถอยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์ คือ โปรแกรม SPSS (Statistical Package for Social Science)

การเลือกฟังก์ชันเป็นแบบจำลอง

1. พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of Determination: r^2) นั้น กล่าวคือ ถ้าฟังก์ชันใดมีค่า r^2 สูงสุดแล้ว กำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่เหมาะสมกับข้อมูลที่สุด

2. พิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประมาณ (Standard Error of Estimate: Sy/x) กล่าวคือ ฟังก์ชันที่มีค่า Sy/x ต่ำกำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่เหมาะสมกับข้อมูลที่สุด

แต่อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบโดยใช้ Sy/x นั้น ใช้ในกรณีข้อมูลของทุกๆ ฟังก์ชันที่นำมาเปรียบเทียบอยู่ในหน่วยเดียวกันเท่านั้น ซึ่งต่างกับการเปรียบเทียบโดยใช้ r^2 ทั้งนี้ เพราะว่าการใช้ r^2 เปรียบเทียบข้อมูลของแต่ละฟังก์ชันไม่จำเป็นต้องอยู่ในหน่วยเดียวกัน จึงเห็นได้ว่า โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้ค่า r^2 มากกว่าใช้ Sy/x และเมื่อฟังก์ชันที่มีค่า r^2 เท่ากัน ก็ใช้ Sy/x มาเปรียบเทียบ แต่ข้อมูลที่ใช้จะต้องมีหน่วยเดียวกัน ก็สามารถได้ฟังก์ชันที่เหมาะสมที่สุดเป็นแบบจำลอง

3.10 สมมุติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์

เนื่องจากข้อมูลด้านราคางานก่อสร้างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปีพ.ศ. 2530 ถึง ปี พ.ศ. 2541 ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้ตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับข้อมูลไว้ดังนี้

1. ข้อมูลที่รวบรวมได้ไม่มีค่าแตกต่างในมาตรฐานการวัดปริมาณเนื้องาน (Method of Measurement)
2. ข้อมูลที่รวบรวมได้ไม่มีความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการสมยอมราคา หรือการประมูลตัดราคา
3. ข้อมูลที่รวบรวมได้ไม่มีความผิดพลาดในการคิดราคางานและการถอดแบบก่อสร้าง
4. ข้อมูลด้านราคาที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลจากการเสนอราคาของผู้รับเหมาก่อสร้าง ไม่ใช่ข้อมูลด้านราคาจากการทำงานของผู้รับเหมาก่อสร้างในงานสนาม