บทที่ 2

แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในสภาพการณ์ที่เศรษฐกิจกำลังมีการเติบโต ทำให้การตัดสินใจลงทุนของนักลงทุนจำเป็นต้องมีความรวดเร็วและมีความแม่นยำ การลงทุนในโครงการก่อสร้างมักจะพิจารณาปัจจัยหลัก 2 ประการคือ ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างว่ามีมูลค่าเท่าใด และระยะเวลาในการก่อสร้างนานเท่าใด เพื่อใช้พิจารณาถึงความเหมาะสมในการลงทุน โดยมักจะมุ่งประเด็นในการพิจารณาไปที่การประมาณค่าใช้จ่ายและเวลาในเบื้องต้นหลังจากขั้นตอนออกแบบก่อสร้างแล้วเสร็จ ในชั้นนี้จำเป็นจะต้องมีการประมาณการที่มีความรวดเร็วและแม่นยำ สามารถคำนวณได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีการแก้ไขแบบแปลน เพื่อสร้างทางเลือกและหาจุดเหมาะสม (Optimize) ของโครงการ

ในการประมาณค่าใช้จ่ายและเวลาในการก่อสร้างให้ได้อย่างรวดเร็วและมีความแม่นยำนั้น ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้หลายวิธีด้วยกัน โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มหนึ่งศึกษาด้านค่าใช้จ่าย ซึ่งคล้ายกับการถอดแบบของผู้รับเหมา แต่จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบและวิธีการที่แตกต่างกันเพื่อช่วยในการประมาณค่าใช้จ่ายให้ง่ายขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

วรศักดิ์ (1990) ได้สร้างแบบจำลองประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการ โดยพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโครงการ 9 ตัวแปรคือ ความสูงของอาคาร ความสูงระหว่างชั้นเฉลี่ย เส้นรอบรูปเฉลี่ย จำนวนชั้น พื้นที่ใช้งานรวม พื้นที่หลังคา พื้นที่ห้องน้ำ พื้นที่พื้นที่วางบนดิน พื้นที่ช่องเปิด แล้วนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเส้นตรงเชิงซ้อน (Multiple Linear Regresstion) ได้สมการทางคณิตศาสตร์ออกมาหลายสมการ โดยแยกตามหมวดของงานต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ผลแล้วพบว่าค่าที่ประมาณได้มีความแม่นยำมากกว่าการประมาณโดยพื้นที่

วิบูลย์ (1994) ได้สร้างแบบจำลองประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการด้วยวิธีมอนติคาร์โล โดยแบ่งการประมาณค่าใช้จ่ายออกเป็นหมวดงานต่างๆ 13 หมวดงาน แล้วใช้การทดลองแบบสุ่มหาค่าเฉลี่ยของราคาต่อตารางเมตรของหมวดงานต่างๆ หลังจากนั้นสร้างสมการประมาณราคาของหมวดงานต่าง ๆ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยการนำค่าเฉลี่ยต่อตารางเมตรไปคูณกับพื้นที่ใช้สอยของอาคาร ค่าที่ได้มีความแม่นยำมากกว่าการประมาณโดยพื้นที่ จากการศึกษาของทั้ง 2 แนวทาง ทำให้ทราบว่าค่าใช้จ่ายมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ประมาณได้จากแบบก่อสร้าง

ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งจะเป็นการประมาณเวลาการก่อสร้างของโครงการ ซึ่งยังไม่มีการศึกษากันมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องจำนวนมากและความไม่แน่นอนของการประมาณค่อนข้างสูง แต่ก็ได้มีการสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อใช้ในการประมาณการเช่นเดียวกัน

Ireland (1985) ได้เสนอแนะถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อเวลาก่อสร้าง โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ผลกระทบจากด้านเทคโนโลยี ได้แก่ ระยะเวลาที่เหลื่อมกันระหว่างการออกแบบและการก่อสร้าง ความยากของโครงสร้างที่เลือกใช้ การเปลี่ยนแปลงสัญญา

2. ผลกระทบจากโครงสร้างองค์กร ได้แก่ การจัดหาผู้รับเหมาย่อย การใช้ระบบบริหารแบบต่างๆ การควบคุมการก่อสร้างโดยใช้ระบบCost control ระบบTime control หรือระบบQuility control การประสานงานระหว่างฝ่ายต่างๆ ในขณะดำเนินงาน

3. ผลกระทบจากการบริหาร ได้แก่ สภาพการแข่งขันในการประมูลงาน การวางแผนงานก่อสร้างตลอดช่วงที่มีการก่อสร้าง

เมื่อทำการวิเคราะห์พบว่า เวลาก่อสร้างโดยส่วนมากจะแปรผันตามกับความยากของระบบโครงสร้างที่เลือก พื้นที่ใช้สอยรวม และแปรผกผันกับการวางแผนงานก่อสร้าง

Nkado (1992) ได้ทำการศึกษาการประมาณเวลาก่อสร้างต่อจาก Ireland (1985) โดยตัดส่วนที่เป็นประสิทธิภาพ (Performance) ของผู้รับเหมาออกไป แล้วพิจารณาเฉพาะในส่วนที่เป็นค่าที่ประมาณได้จากการออกแบบและสภาพแวดล้อมของโครงการ โดยสร้างสมการการประมาณเวลาของกลุ่มงานต่างๆ โดยใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอยเส้นตรงเชิงซ้อน (Multiple Linear Regression) พบว่ามีตัวแปรที่สำคัญอยู่ 12 ตัวแปร และค่าที่ได้มีความแม่นยำพอประมาณเมื่อทดสอบกับการประมาณการจากนักวางแผนโครงการ ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาก่อสร้างของโครงการ มีดังนี้คือ

1. พื้นที่ใช้สอยรวม
2. พื้นที่พื้นของชั้นที่ติดกับดิน
3. ปริมาณดินขุด
4. ความสูงอาคาร
5. จำนวนชั้น
6. ความสูงของชั้น
7. ประเภทอาคาร
8. ห้องโถงอาคาร
9. ชนิดผนังภายนอก
10. ปริมาณงานระบบ
11. ที่ตั้งโครงการ
12. สภาพทางเข้าออก

Sadashiv (1979) ได้สร้างแบบจำลองประมาณระยะเวลาการก่อสร้างของทั้งโครงการ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการก่อสร้างขนาดเล็ก มีความสูงไม่เกิน 3ชั้นและพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 1,000 ตร.ม. แล้วใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเส้นตรงเชิงซ้อน (Multiple Linear Regression) สร้างแบบจำลองในการประมาณเวลาแล้วเสร็จของโครงการจากข้อมูลก่อสร้างในอดีต โดยพิจารณาตัวแปรต่างๆ 16 ตัวแปร และเมื่อสร้างสมการแล้วพบว่ามีตัวแปรที่เกี่ยวข้องจริงเพียง 11 ตัวแปร ค่าที่ประมาณได้จากการประมาณการมีหน่วยเป็น เดือน และยังให้ผลไม่เป็นที่ถูกต้องมากนัก ตัวแปรที่อยู่ในสมการมีดังนี้คือ

1. พื้นที่ใช้สอยรวม
2. จำนวนชั้น
3. ดรรชนีฐานราก
4. ดรรชนีวัสดุและแรงงาน
5. ดรรชนีประสิทธิภาพ
6. ดรรชนีระยะเวลาก่อสร้างตามสัญญา
7. ดรรชนีการวางแผนงาน
8. ดรรชนีงานที่ซ้ำกัน
9. ดรรชนีการแก้ไขแบบแปลน
10. จำนวนงานตกแต่งหลัก
11. จำนวนชนิดของเครื่องจักร

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป ถ้าเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร โดยตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable: X) และอีกตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรตาม (Dependent Variable : Y) จะเรียกว่าเป็นการถดถอยเชิงเดียว ตัวอย่างเช่น ราคาของบ้านสัมพันธ์กับขนาดของบ้าน ค่าโดยสารกับระยะทางในการเดินทาง เป็นต้น เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ $Y = f(X)$ ถ้ามีความสัมพันธ์กันแบบเป็นเส้นตรง (Simple Linear Regression) ก็สามารถเขียนได้เป็น $Y = a + bX$ และถ้าเป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรมากกว่า 2 ตัวแปรขึ้นไป เรียกว่า การถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression) โดยตัวแปรตามหนึ่งตัวจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว เช่น ราคาบ้านสัมพันธ์กับขนาดของบ้านแล้วยังมีความสัมพันธ์กับความเก่าใหม่ของบ้านอีกด้วย เป็นต้น
เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Y = f(X_1 , X_2 , X_3 , \dots , X_k)$$

หรือถ้าเป็นสมการเส้นตรงก็สามารถเขียนได้เป็น

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + ... + b_k X_k$$

2.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์การถดถอย

2.2.2.1. ขั้นตอนของการวิเคราะห์ระบบ โดยจะพิจารณาว่าระบบที่กำลังวิเคราะห์อยู่มีตัวแปรตามอะไรบ้างและมีความผันแปรเนื่องมาจากตัวแปรอิสระตัวใด เพื่อสร้างตัวแปรในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.2.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ผลของการสร้างตัวแปรจากขั้นตอนที่ 2.2.2.1 การเก็บข้อมูลสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น ทำได้จากการสร้างแบบสอบถาม การสัมภาษณ์ หรือการสังเกตพฤติกรรมของตัวแปรที่วางไว้ หลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วจะนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟอย่างคร่าวๆ ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระเป็นคู่ๆ กราฟที่ได้เรียกว่า แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram หรือ Scatergram) แล้วลองลากเส้นความสัมพันธ์โดยลากเส้นให้เข้ากับลักษณะข้อมูลให้มากที่สุด ก็จะสามารถทำให้ทราบความสัมพันธ์ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระว่าอยู่ในรูปสมการใด ซึ่งอาจจะเป็นสมการเส้นตรง (Linear Equation) สมการเส้นโค้ง (Power Equation) เป็นต้น

2.2.2.3 ขั้นตอนการสร้างสมการประมาณการ โดยส่วนมากแล้วในการสร้างสมการมักจะพิจารณาเป็นเส้นตรงเพราะง่ายต่อการวิเคราะห์และการประมาณ ดังนั้น เมื่อทราบลักษณะสมการจากข้อ 2.2.2.2 ถ้าพบว่าสมการมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ก็ใช้สมการเชิงเส้นตรงในการวิเคราะห์ได้ แต่ถ้าสมการอยู่ในรูปสมการเส้นโค้งหรือสมการยกกำลัง (Power Equation) ก็สามารถเปลี่ยนให้เป็นสมการเส้นตรงได้โดยการใส่ Log เข้าไปทั้ง 2 ข้างของสมการ เช่น

สมการเส้นโค้ง $Y = aX^{b}$

เปลี่ยนเป็นสมการเส้นตรง $\log Y = \log a + b \log X$

สมการเส้นโค้ง $Y = a X_1^{b1} X_2^{b2} X_3^{b3} .... X_k^{bk}$

เปลี่ยนเป็นสมการเส้นตรง

$$\log Y = \log a + b_1 \log X_1 + b_2 \log X_2 + b_3 \log X_3 + ... + b_k \log X_k$$

ก็จะกลายเป็นสมการเส้นตรง แล้วใช้การวิเคราะห์แบบสมการเส้นตรง และเพื่อไม่ให้เกิดการสับสนระหว่างค่า Y จากการประมาณการ กับค่า Y จริง จึงใช้สัญลักษณ์ $\hat{Y}_i$ เป็นค่าประมาณการ (Estimator) ของค่า Y_i และ $\hat{a}, \hat{b}_1, \hat{b}_2, \hat{b}_3, \ldots, \hat{b}_k$ เป็นตัวประมาณการของ $a, b_1, b_2, b_3, \ldots, b_k$ ตามลำดับ และเขียนสมการประมาณการได้ใหม่เป็น

$$\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b}_1 X_{1i} + \hat{b}_2 X_{2i} + \hat{b}_3 X_{3i} + \ldots + \hat{b}_k X_{ki} \quad \text{---------- สำหรับสมการเส้นตรง}$$

$$\log \hat{Y}_i = \log \hat{a} + \hat{b}_1 \log X_{1i} + \hat{b}_2 \log X_{2i} + \hat{b}_3 \log X_{3i} + \ldots + \hat{b}_k \log X_{ki} \quad \text{--- สำรับสมการเส้นโค้ง}$$

จากนั้นจึงทำการหาค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ที่ปรากฏในสมการ ซึ่งวิธีการทางสถิติในการหาค่าคงที่ต่างๆ ในสมการเส้น ที่นิยมกันมากที่สุดคือ วิธีการกำลังสองน้อยสุด (Least Squares Method) ซึ่งจะพิจารณาให้ค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงกับค่าบนเส้นประมาณการมีค่าน้อยที่สุด

2.2.2.4 ขั้นตอนการสร้างความเชื่อมั่นในสมการเส้นที่ได้มา จะเป็นการทดสอบสมการโดยวิธีการทางสถิติเพื่อหาความเชื่อมั่นและข้อจำกัดของสมการเส้น ซึ่งสถิติที่ใช้มีดังนี้คือ การวิเคราะห์ความเป็นสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า(Standard Error of Estimate) และการทดสอบนัยสำคัญ (Test of Significance)

2.2.3 <u>วิธีกำลังสองน้อยสุด</u> (Least Squares Method)

เป็นวิธีการหาค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระต่างๆ ในสมการถดถอย โดยพิจารณาที่ค่าของผลต่างระหว่างค่าของข้อมูลจริงกับค่าที่ได้จากเส้นประมาณการ ซึ่งเป็นค่าผิดพลาดของการประมาณการของสมการเส้น ค่าผิดพลาดนี้อาจจะมีได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ เมื่อนำมายกกำลังสองให้เป็นค่าบวกหมดแล้วรวมกัน ค่าที่ได้ควรจะน้อยที่สุดหรือเท่ากับศูนย์ จึงจะได้เส้นประมาณการที่ดีที่สุด นั่นคือการหาสมการที่ทำให้ค่า S มีค่าน้อยที่สุด

จากการกำหนดให้ ε คือ ค่าเบี่ยงเบนระหว่างค่าของข้อมูลจริงกับค่าบนเส้นที่ประมาณคู่ที่ i นั่นคือ

$$\varepsilon_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

$$Y_i = \hat{Y}_i + \varepsilon_i$$

หรือ $$Y_i = \hat{a} + \hat{b}_1 X_{1i} + \hat{b}_2 X_{2i} + \hat{b}_3 X_{3i} + \ldots + \hat{b}_k X_{ki} + \varepsilon_i$$

ค่ากำลังสองน้อยสุดจะมีค่า ดังนี้คือ

$$S = \sum \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$ ---------- จะต้องมีค่าน้อยที่สุด

ในการนำวิธีกำลังสองน้อยสุดนี้ไปใช้จะต้องมีข้อสมมุติฐานดังต่อไปนี้

1. การกระจายของค่า ε_i จะต้องเป็นโค้งปกติ (Normal Distribution)
2. ค่าเฉลี่ยของ $\varepsilon_i = 0$ นั่นคือ ผลรวมของ ε_i โดยคิดเครื่องหมายเท่ากับศูนย์
3. ค่าความแปรปรวนของ ε_i ของข้อมูลแต่ละข้อมูลจะต้องเท่ากัน