การประมาณต้นทุนงานโครงสร้างของอาคารโดยวิธีสมการถดถอย
Cost Estimation of building's structure using Regression methods and Monte Carlo simulation

นายธัญศิษฐ์ ฐิติวรสิทธิ์ และ นายธีรวีร์ รัตนวิจารณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ดร.นคร กกแก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอรูปแบบการประมาณราคาค่าก่อสร้างอาคารของรัฐ ในส่วนของโครงสร้างงานวิศวกรรม โดยใช้หลักการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล และใช้ Single Linear Regression จากตัวแปร 2 ค่า คือปริมาณคอนกรีตในหน่วย ลูกบาศก์เมตร และปริมาณเหล็กเสริมในหน่วย กิโลกรัม เพื่อทำนายราคาโครงสร้างทางวิศวกรรมของอาคารของรัฐ ร่วมด้วยกับการใช้โปรแกรม MATLAB (Mathematics Laboratory) ในการสุ่มตัวอย่างคำนวณด้วยวิธีการมอนติคาร์โล เพื่อใช้พยากรณ์ช่วงของต้นทุนงานโครงสร้างที่เป็นไปได้ และแสดงผลในรูปแบบกราฟ และตรวจสอบสมการที่ได้ จากการวิจัยและสร้างกราฟความสัมพันธ์เพื่อคำนวณหาสมการ Regression พบว่ารูปแบบสมการที่มีความเหมาะสมโดยพิจารณาจากค่า R^2 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแม่นยำของสมการ Regression โดยค่า R^2 ที่ใกล้เคียง 1 มากที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.9368 โดยเป็นสมการรูปแบบ Single Regression และใช้ปริมาณคอนกรีตในการทำนายต้นทุนโครงสร้าง ซึ่งสมการเพื่อใช้ประมาณราคาต้นทุนโครงสร้างงานวิศวกรรมนั่นคือ

$$Cost = - Q_C^2 \times 10^{-6} + 0.0124\, Q_C + 0.4096$$

คำสำคัญ: การประมาณราคาค่าก่อสร้าง, ปริมาณคอนกรีต, ปริมาณเหล็กเสริม, อาคารของรัฐ

Abstract

This project indicating a new choice of estimation of the structural cost for government and public buildings. Using the statistics for analyzing and gathering data. We also use Multiple Linear Regression analysis with two variables, which are quantity of concrete in cubic meter and the quantity of the reinforcement steel in kilograms. In purpose to compare which variable X is going to be the most suitable for the response Y (Cost) Additional to MATLAB programming part, we also use MATLAB to generate variable X with Monte Carlo simulation process and analyze the diagram of the Y response as well.

The result from analyzing data and creating scatter diagram for calculating the regression model, considered from the value of the R^2. The value of R^2 represents the precision of the model. In our analysis, the equation which provides R^2 the closest to 1 is 0.9368. From the single linear regression model of concrete quantity the equation for calculating structural cost in government buildings is

$$Cost = - Q_C^2 \times 10^{-6} + 0.0124\, Q_C + 0.4096$$

Keywords: Cost estimation, Concrete quantity, Steel quantity, Government buildings

1. คำนำ

ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างนั้น สิ่งหนึ่งที่เป็นเรื่องสำคัญและถือเป็นหัวใจในการดำเนินการของโครงการคือเรื่องการเงินและงบประมาณ ในขั้นตอนแรกเริ่มก่อนการจะได้มาซึ่งราคานั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการประมาณทั้งราคาและปริมาณขององค์ประกอบของอาคาร เช่น เหล็กเสริม คอนกรีต และไม้แบบ เป็นต้น ทั้งหมดนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะได้งบประมาณอย่างคร่าวเพื่อประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับโครงการ และเพื่อที่จะนำไปใช้เป็นหนึ่งในเอกสารประกวดราคาสำหรับผู้รับเหมาที่มีความสนใจ

อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่เกิดขึ้นคือขั้นตอนในการถอดปริมาณองค์อาคารและการประมาณราคานั้นต้องใช้เวลาและกำลังมาก ซึ่งเวลาที่เพิ่มขึ้นก็ส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ทางคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะสร้างสิ่งที่ช่วยอำนวยความสะดวก ลดกำลังการทำงาน รวมถึงลด

ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการนี้ จึงได้ทำการค้นคว้าหาสมการประมาณราคาหลายตัวแปรขึ้น

ผลลัพธ์ที่ได้คือสมการดังกล่าวจะสามารถประมาณราคาต้นทุนงานโครงสร้างของโครงการ โดยผู้ใช้งานจะต้องใส่ปริมาณวัสดุเข้าไป จากนั้นสมการนี้จะให้ค่ากลาง ค่าต่ำที่สุด และค่าสูงที่สุดของต้นทุนซึ่งเป็นข้อมูลทางสถิติที่ได้ค้นคว้ามาจากโครงการก่อสร้างของรัฐในอดีตที่ผู้จัดทำได้นำมาจำแนกรายละเอียดและวิเคราะห์ในเชิงสถิติมาในขั้นตอนก่อนหน้าแล้ว ซึ่งสมการดังกล่าวนี้จะมีความแม่นยำมากขึ้น กล่าวคือมีความผันแปรที่ลดลง โดยความแม่นยำของสมการจะแปรผันตรงกับจำนวนฐานข้อมูลที่รวบรวมไว้นั่นเอง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประมาณราคา

การประมาณราคาค่าก่อสร้าง (construction estimate) หมายถึง การคำนวณหาราคาค่าก่อสร้างอาคารหรือโครงการก่อสร้างทั้งหมด โดยการถอดปริมาณจากแบบ (quantities take-off) เพื่อหาปริมาณงานก่อสร้างแล้วนำมาคำนวณหาค่าใช้จ่าย โดยรายละเอียดในด้านราคา ค่าแรง และการถอดปริมาณจะถูกคำนวณนำเสนอราคารวมในเอกสารที่เรียกว่า BOQ (Bills of quantity) ซึ่งศึกษาเฉพาะค่าใช้จ่ายในงานโครงสร้างทางวิศวกรรม แบ่งตามมาตรฐานของกรมบัญชีกลางได้ดังนี้

2.1.1 งานขุดดินและถมดิน

2.1.2 งานเสาเข็ม

2.1.3 งานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.1.4 งานไม้แบบหล่อคอนกรีต

2.1.5 งานเหล็กเสริมคอนกรีต

2.1.6 น้ำยากันซึมคอนกรีต

2.1.7 งานโครงหลังคา

2.1.8 งานทาสีกันสนิม

หลักการทางสถิติจากการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง

2.2 หลักการทางสถิติ

สถิติ หมายถึง ตัวเลขที่ใช้บรรยายเหตุการณ์หรือข้อมูลที่ต้องการศึกษาในเชิงประจักษ์ เพื่อแสดงถึงคุณลักษณะบางอย่างของข้อมูลชุดนั้น พร้อมทั้งวิเคราะห์และประเมินคุณภาพข้อมูลได้อย่างเป็นรูปธรรม

2.2.1 การวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง

ค่าสถิติที่ศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง (Statistics) สามารถใช้เพื่อเป็นตัวแทนของค่าที่ศึกษาจากประชากรหรือพารามิเตอร์ (Parameters) ได้ โดยจะถือว่าค่าสถิติเป็น Point Estimator ของ พารามิเตอร์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความแปรปรวนในการประเมิน

2.2.2 Linear Regression

การถดถอยเชิงเส้น (Liner Regression) คือรูปแบบการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามจากการรวบรวมข้อมูล ซึ่งสามารถใช้กราฟเส้นตรงในการคำนวณและวิเคราะห์ผล เพื่อทำนายผลของตัวแปรตามที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นในรูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรต้นของข้อมูล โดยสามารถมีตัวแปรต้นเพียงตัวเดียว หรือตัวแปรต้นหลายตัวในการวิเคราะห์ตัวแปรตามได้ โดยรูปแบบของสมการ Single Linear Regression คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (1)$$

Y = ตัวแปรตามที่ต้องการทำนาย

β_0 = จุดตัดแกน Y

β_1 = สัมประสิทธิ์ตัวแปรต้น X

2.2.3 Coefficient of Determination

$$R^2 = \frac{SS_R}{SS_T} = 1 - \frac{SS_E}{SS_T} \quad (2)$$

R^2 = Coefficient of Determination

SS_E = Sum Square Error

SS_T = Sum Square Total

SS_R = Sum Square

2.2.4 Monte Carlo Simulation

มอนติคาร์โล หรือ Monte Carlo Simulation เป็นการจำลองรูปแบบความเป็นไปได้ของข้อมูลหรือรูปแบบของสิ่งแวดล้อม และสามารถจำลองกลุ่มตัวอย่างข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ช่วงของข้อมูล และตัวแปรที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสามารถใช้หลักการทางสถิติอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น Regression หรือวิเคราะห์ตัวแปรที่จำเป็นต่อการวัดผลทางสถิติ

3. ระเบียบวิธี

3.1 ขอบเขตการวิจัย

1. โครงการก่อสร้างงานอาคารพักอาศัย อาคารเรียน สำนักงาน โรงพยาบาล
2. ต้นทุนรวมไม่เกิน 100 ล้านบาท
3. สองถึงห้าชั้น พื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 5,000 ตารางเมตร
4. ประกาศราคาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2557 เป็นต้นมา

3.2 แหล่งข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. เอกสารต้นทุนจากการประกวดราคางานก่อสร้างอาคารของรัฐ
2. เครื่องมือคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลและแสดงผล
3. โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ค่าทางสถิติและระบุสมการ และโปรแกรม MATLAB สำหรับใช้ในการจำลองข้อมูลและระบุแนวโน้มของต้นทุน

3.3 ขั้นตอนการจัดทำโครงงานปริญญานิพนธ์

1. รวบรวมข้อมูลประกาศราคาค่าก่อสร้างอาคารของรัฐที่อยู่ภายในขอบเขตการศึกษา
2. จำแนกรายการงานในแต่ละโครงการ
3. วิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนของแต่ละโครงการ

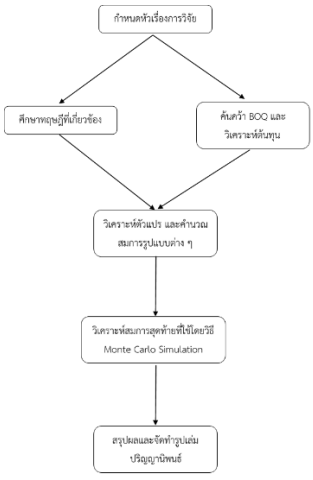
4. รวบรวมข้อมูลลงในโปรแกรม Microsoft Excel และทำการรวบรวมค่าทางสถิติ เช่น ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of variation)
5. เปรียบเทียบข้อมูลเชิงสถิติและทำการเลือกตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อต้นทุนโครงสร้างทางวิศวกรรม
6. สร้างกราฟเพื่อระบุฟังก์ชันสำหรับการนำไปใช้ประมาณต้นทุนโครงสร้างทางวิศวกรรม
7. เปรียบเทียบสมการที่ได้จากกราฟ และเลือกสมการที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการนำไปประมาณต้นทุนงานโครงสร้างวิศวกรรม
8. นำสมการที่ได้ไปใช้ในการทำนายต้นทุนงานโครงสร้างทางวิศวกรรมของงานที่รวบรวมข้อมูลไว้ และตรวจสอบความถูกต้อง รวมถึงศึกษาความน่าจะเป็นและความคลาดเคลื่อนที่เป็นไปได้ของการประมาณต้นทุน
9. สรุปผลการวิจัยและจัดทำรูปเล่มเพื่อใช้ในการนำเสนอข้อมูล

3.4 *ระยะเวลาในการทำโครงงาน*

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการดำเนินการโครงงานปริญญานิพนธ์

ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย										
ขั้นตอน	ส.ค.-20	ก.ย.-20	ต.ค.-20	พ.ย.-20	ธ.ค.-20	ม.ค.-21	ก.พ.-21	มี.ค.-21	เม.ย.-21	พ.ค.-21
เข้าปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและกำหนดหัวเรื่องวิจัย										
ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง										
ค้นคว้าเอกสารประกาศราคาค่าก่อสร้างงานรัฐและวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุน										
วิเคราะห์สมการและหาสมการสุดท้ายเพื่อใช้ประมาณต้นทุน										
นำสมการไปทำการโปรแกรมด้วย MATLAB										
จัดทำรูปเล่มและสรุปผลโครงงานปริญญานิพนธ์										

3.5 *แผนภาพรวมงานวิจัย*



รูปที่ 3.1 แผนภาพรวมงานวิจัย

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของต้นทุนโครงการก่อสร้างงานอาคารของรัฐจากประกาศราคากลางทั้งหมดจำนวนกว่า 130 งาน และได้ทำการคัดกรองข้อมูลที่ได้จนเหลือ 110 งาน โดยแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ 1) จำนวน 100 งาน ใช้ในการวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงสถิติ เช่นค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ค่าความแปรปรวน (Variance) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard variation) และส่วนที่ 2) จำนวน 10 งานเพื่อใช้ในการประมาณราคาเปรียบเทียบความถูกต้อง และได้จัดทำสัดส่วนต้นทุนโครงสร้างงานวิศวกรรมในส่วนที่ 1 จำนวน 100 งาน แจกแจงเป็นแผนภูมิวงกลมออกมาได้ดังนี้

รูปที่ 4.1 อัตราส่วนร้อยละของต้นทุนโครงสร้างงานวิศวกรรมของหมวดงานต่างๆ

4.1 *การคัดเลือกตัวแปรในการประมาณต้นทุน*

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเชิงสถิติของหมวดงานในประกาศราคาและอันดับเรียงตามค่าความแปรปรวนจากน้อยไปมาก

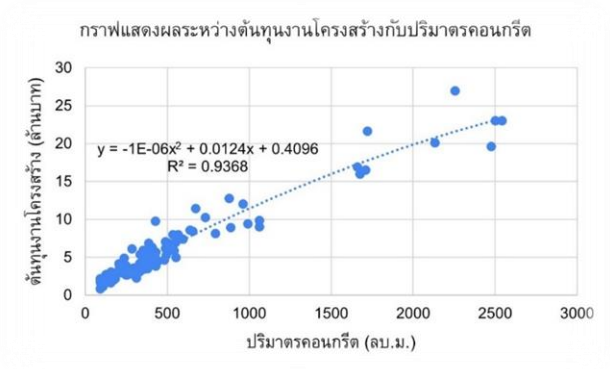
หมวดงาน	$\bar{x}$ (Mean)	s^2 (Variance)	s (S.D.)	อันดับ
งานคอนกรีต	19.656	25.810	5.080	2
งานเหล็กเสริม	25.585	48.322	6.951	4
งานไม้แบบ	20.809	67.640	8.224	7
งานเสาเข็ม	12.596	41.780	6.464	3
งานโครงหลังคา	8.797	49.982	7.07	5
งานพื้นสำเร็จรูป	6.216	21.464	4.633	1
งานอื่น ๆ	6.109	49.998	7.071	6

โดยหลักเกณฑ์การพิจารณาเลือกตัวแปรต้นในการทำนายราคาค่าก่อสร้างงานโครงสร้างวิศวกรรม พิจารณาจากค่าความแปรปรวนและค่า Mean ของหมวดงานที่มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต ประมาณ 20% ขึ้นไป และมีค่า

ความแปรปรวนน้อยที่สุด ซึ่งประกอบด้วยหมวดงานคอนกรีตและหมวดงานเหล็กเสริม

4.2 กราฟแสดงสมการ Trendline ระหว่างปริมาณตัวแปรต้นและต้นทุนงานโครงสร้าง

ผู้วิจัยจึงได้ทำการหาสมการโดยมีตัวแปรต้นคือปริมาณงานคอนกรีตอย่างเดียว ปริมาณงานเหล็กเสริมอย่างเดียว และปริมาณงานคอนกรีตรวมกับงานเหล็กเสริม โดยพิจารณาจากผลของค่า R^2 ของกราฟข้อมูลในรูปแบบต่างๆ โดยสมการที่มีค่า R^2 ใกล้เคียง 1 มากที่สุดคือกราฟการหาต้นทุนจากปริมาณคอนกรีตในรูปแบบสมการ Polynomial



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนโครงสร้างงานวิศวกรรมและปริมาตรคอนกรีตในรูปแบบสมการ Polynomial

4.3 ผลการทดสอบสมการโดยใช้ Monte Carlo Simulation ด้วยโปรแกรม MATLAB

ตารางที่ *4.2 สรุปผลการประมาณต้นทุนโครงสร้าง*

สรุปผลการประมาณราคาต้นทุนโครงสร้าง						
งานที่	ต้นทุนจริง	ปริมาตรคอนกรีต	ช่วงต้นทุนที่เป็นไปได้	Mean	ฐานนิยม	ผลต่าง
หน่วย	ล้านบาท	ลูกบาศก์เมตร	ล้านบาท	ล้านบาท	ล้านบาท	ล้านบาท
1	7.572	606.00	4 - 11	7.544	7.67 - 8.01	-0.028
2	3.940	380.00	3 - 7	4.968	4.84 - 5.07	1.028
3	8.257	874.00	6 - 15	10.43	10.1 - 10.7	2.173
4	2.450	208.00	2 - 4	2.940	2.8 - 2.93	0.490
5	4.897	487.00	4 - 8.5	6.198	5.94 - 6.23	1.301
6	7.788	606.00	4.5 - 10	7.549	7.58 - 7.94	-0.239
7	3.759	380.00	3 - 7	4.970	5.01 - 5.25	1.211
8	9.770	733.34	6 - 12	8.966	8.49 - 8.9	-0.804
9	8.446	471.00	4 - 8	6.034	5.92 - 6.21	-2.412
10	4.365	330.91	2.5 - 6	4.391	4.11 - 4.3	0.026

5. สรุปผลการวิจัย

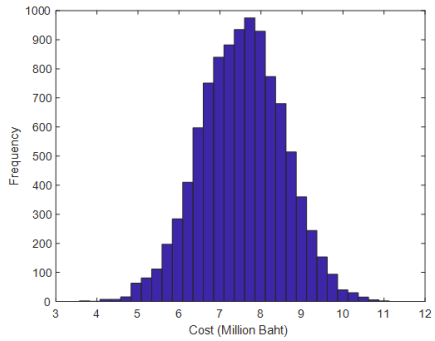
5.1 สรุปผลการประมาณต้นทุนที่ได้และวิเคราะห์ความถูกต้อง

จากการนำสมการสุดท้ายไปใช้ในการประมาณต้นทุนโครงสร้างงานวิศวกรรม พบว่าในหลายงานยังมีความคลาดเคลื่อนที่สังเกตได้ กล่าวคือต้นทุนที่ประมาณได้จากโปรแกรมในช่วงฐานนิยม (Mode) มีความเบี่ยงเบนจากต้นทุนในงานจริงอยู่พอสมควร นอกจากนี้เมื่อดูที่ช่วงต้นทุนที่ประมาณออกมาได้ทั้งหมด พบว่ามีความกว้างมากโดยในงานที่ 3 มีความกว้างช่วงต้นทุนถึง 9 ล้านบาท โดยผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลการประมาณต้นทุนโครงสร้างงานวิศวกรรมของทั้ง 10 งานไว้ดังตารางที่ 4.2

5.2 สมมติฐาน

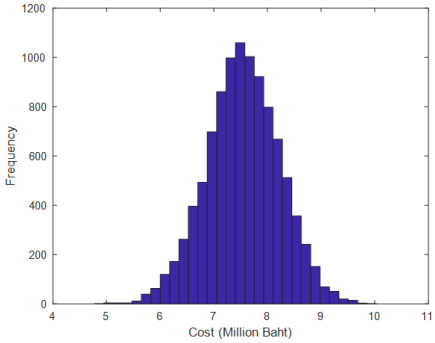
เนื่องจากปัญหาที่พบเกี่ยวช่วงฐานของต้นทุนที่กว้างเกินไป หนึ่งในตัวการสำคัญคือด้านจำนวนของข้อมูลที่เก็บตัวอย่างมา ผู้จัดทำได้ใช้ค่าทางสถิติซึ่งได้มาจากประกาศเอกสารประมาณราคากลางจำนวน 100 งาน ซึ่งถือว่าไม่มากนักเมื่อเทียบกับโครงการทั้งหมดที่ผ่านมาทั้งหมด ดังนั้นการที่มีฐานข้อมูลที่มากขึ้น จะส่งผลโดยตรงต่อค่า Coefficient of variation ที่จะลดลงซึ่งมีผลทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ลดลงอย่างแปรตามกัน เมื่อมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ลดลงแล้วก็จะส่งผลทำให้ช่วงของต้นทุนที่ประมาณออกมานั้นจะมีความกว้างที่ลดลง

ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างสมมติฐานให้ค่า Coefficient of variation มีค่าเป็น 15% โดยจะทดลองเปลี่ยนค่าในโปรแกรมของงานที่ 6 ซึ่งมีฐานของต้นทุนที่กว้างแต่มีค่าเฉลี่ยออกมาใกล้เคียงต้นทุนจริง และนำมาพิจารณาผลเพื่อวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลง



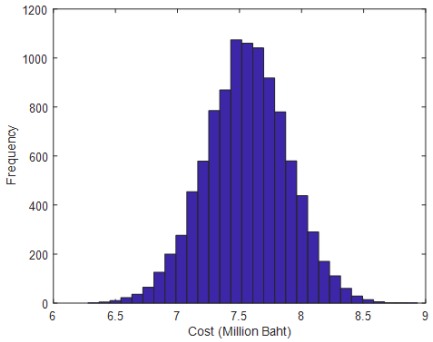
รูปที่ 5.1 กราฟแจกแจงความถี่เมื่อมีค่า Coefficient of variation 15%

จากรูปที่ 5.1 เมื่อผู้วิจัยกำหนดค่า Coefficient of variation เป็น 15% พบว่าต้นทุนที่ประมาณออกมามีช่วงประมาณ 5 ล้านบาทถึง 9.7 ล้านบาท (อยู่ในช่วงมูลค่า 4.2 ล้านบาท) โดยมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 7.536 ล้านบาท และช่วงมัธยฐานระหว่าง 7.6 ล้านบาทถึง 7.85 ล้านบาท



รูปที่ 5.2 กราฟแจกแจงความถี่เมื่อมีค่า Coefficient of variation 10%

จากรูปที่ 5.2 ผู้วิจัยได้ทำการปรับแก้ค่า Coefficient of variation ให้ลดลงเหลือ 10% ผลที่ได้คือช่วงของต้นทุนลดลงเหลือเพียงประมาณ 3 ล้านบาท (6 ล้านบาทถึง 9 ล้านบาท) โดยมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตอยู่ที่ 7.549 ล้านบาท



รูปที่ 5.3 กราฟแจกแจงความถี่เมื่อมีค่า Coefficient of variation 5%

จากรูปที่ 5.3 ผู้วิจัยได้ทำการปรับแก้ค่า Coefficient of variation ให้ลดลงเหลือ 5% ผลที่ได้คือช่วงของต้นทุนลดลงเหลือเพียงประมาณ 2 ล้านบาท (6.5 ล้านบาทถึง 8.5 ล้านบาท) โดยมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตอยู่ที่ 7.5576 ล้านบาท

สรุปผลจากการทดลองลดค่า Coefficient of Variation จาก 15% เป็น 10% และ 5% ตามลำดับ ช่วงกราฟของมูลค่าต้นทุนงานโครงสร้างทางวิศกรรมมีค่าลดลงจาก 4.2 ล้านบาท เป็น 3 ล้านบาท และ 2 ล้านบาท ตามลำดับ

ดังนั้นจึงได้ข้อสรุปจากการวิเคราะห์โดยจะเห็นแนวโน้มว่าเมื่อค่า Coefficient of variation มีค่าลดลง จะช่วยทำให้ช่วงกราฟมูลค่าของต้นทุนที่คำนวณได้แคบลงตามลำดับ ซึ่งส่งผลดีในการนำไปใช้งาน เพราะจะช่วยระบุต้นทุนโครงสร้างงานวิศวกรรมได้อย่างแม่นยำมากขึ้น การจะได้มาซึ่งค่า Coefficient of variation ที่ลดลงนั้น มาจากฐานข้อมูลที่มากขึ้นนั่นเอง

6. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การประมาณราคาค่าโครงสร้างอาคารของรัฐจากปริมาณคอนกรีตและปริมาณเหล็กเสริมนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.นคร กกแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาแนะแนวทางและช่วยเหลือ ตลอดจนให้ความรู้จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง อีกทั้งต้องขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำแนะนำและแนะแนวทาง เพื่อพัฒนาและปรับปรุงปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ทั้งนี้ต้องขอขอบพระคุณหน่วยงานทางราชการได้แก่สำนักงานกรมบัญชีกลาง กรมโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดจันทบุรี สำนักงานที่ดินและโรงเรียนในสังกัดกระทรวงศึกษาธิการ ที่กรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา วิเคราะห์ และจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างสูง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Montgomery, D., C. and Runger, G., C. (2014). Applied statistics and probability for engineers. 6th ed. New Jersey: Wiley & Sons.

[2] Prescott, J. and Beaton, N., J. (2016). Monte Carlo Simulation: Advanced Techniques. 2nd ed. United States of America: Business Valuation Resources.

[3] Sheldon, M., R. (2004). Introduction to probability and statistics for engineers and scienctists. 3rd ed. California: Elsevier Academic Press.

[4] Soong, T., T. (2004). Fundamental of Probability and Statistics for Engineers. West Sussex: Wiley & Sons.

[5] กระทรวงการคลัง. กรมบัญชีกลาง. คณะกรรมการราคากลางและขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการ และ คณะอนุกรรมการราคากลางงานก่อสร้าง (2560). หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร. (ม.ป.ท.).

[6] ความหมายของสถิติ.(ม.ป.ป.).[ออนไลน์].แหล่งที่มา: https://bit.ly/3hxmDLI

[7] สุทิน ชนะบุญ. (ม.ป.ป.). บทที่ 1 สถิติกับการวิจัย. สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านสุขภาพเบื้องต้น.[ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.kkpho.go.th/i/index.php/component/attachments/download/1927