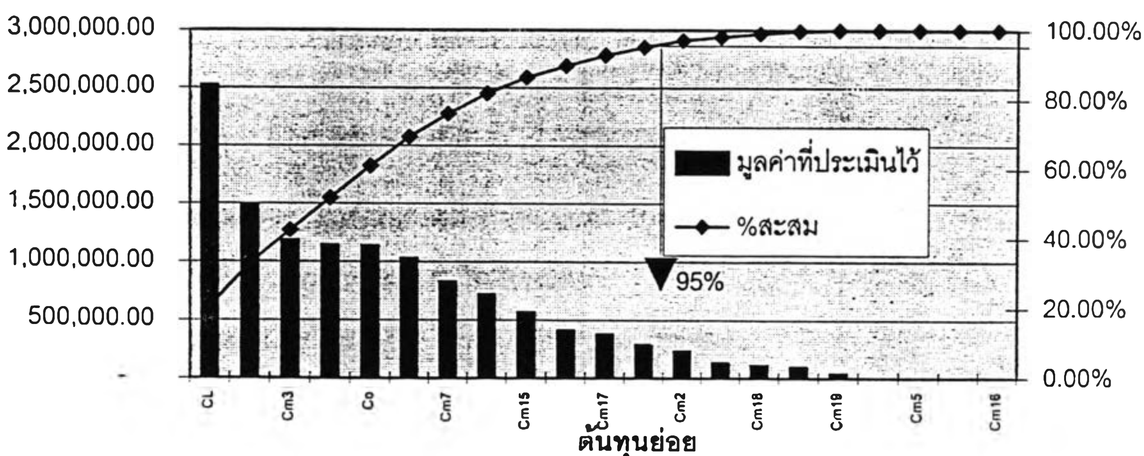
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 การวิเคราะห์ความสำคัญของต้นทุนย่อย

Goodwin, P. และ Wright, G. (1991) แนะนำว่าในการศึกษาการจำลองระบบใดๆ ควรวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยแต่ละตัวของระบบ หากปัจจัยตัวใดมีความสำคัญน้อยก็ไม่ควรนำมาคิด ในการวิเคราะห์ความสำคัญนี้จะใช้หลักแผนภูมิพาริโต กล่าวคือ หลังจากนำต้นทุนย่อยมาเรียงลำดับจากมากไปน้อยแล้ว ตั้งเกณฑ์การให้ความสำคัญ ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละบริษัท ในงานวิจัยนี้เลือกที่ 95% ถ้าต้นทุนตัวใดตกอยู่ในช่วง 95% แรกของต้นทุนรวม ถือว่ามีความสำคัญมาก ต้องนำไปปรับค่าเอนเอียง และต้นทุนตัวใดตกอยู่ในช่วง 5% หลังของต้นทุนรวม ถือว่ามีความสำคัญน้อย ไม่ต้องนำไปปรับค่าเอนเอียง



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการใช้พาริโตวิเคราะห์ความสำคัญของต้นทุนย่อย

2.2 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่างๆ

การแจกแจงความน่าจะเป็นมีหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะอย่าง ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะแบบที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดังนี้

2.2.1 การแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson Distribution)

เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบช่วงชนิดหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญ คือ ตัวแปรสุ่ม X นี้จะเป็นจำนวนความสำเร็จจากการทดลองในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรืออาณาบริเวณใดบริเวณหนึ่ง จะเป็นอิสระกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนอกช่วงเวลา หรือภายนอกอาณาบริเวณดังกล่าว

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นของ X ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่มแบบปัวซอง

$$P(x) = \begin{cases} \lambda^{X} e^{-\lambda} / X! & X = 0, 1, 2, \ldots \\ 0 & ;\ X \text{ มีค่าอื่นๆ} \end{cases}$$

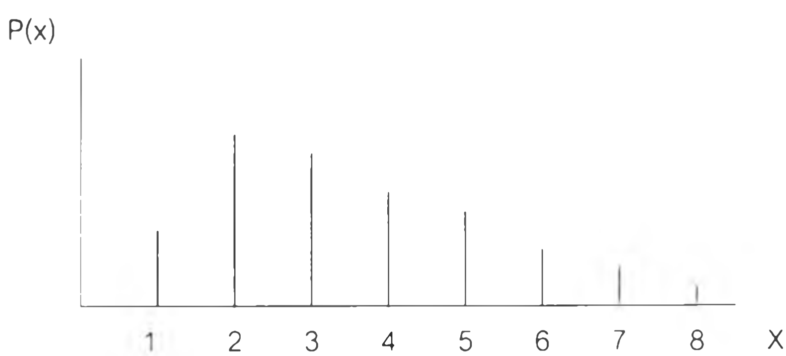
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x)) = λ

ค่าความแปรปรวน (V(x)) = λ

λ = พารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบนี้ เป็นค่าคงที่จำนวนบวก ; $\lambda \geq 0$

= อัตราการเกิดเหตุการณ์ต่อหน่วยเวลา หรืออาณาบริเวณหนึ่ง

X = เลขจำนวนเต็มที่ไม่มีค่าเป็นลบใดใด, X > 0



รูปที่ 2.2. กราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซอง

2.2.2 การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution)

เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องชนิดหนึ่ง มีลักษณะที่สำคัญ คือ ตัวแปรสุ่ม X นี้จะแทนเหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นเท่าๆ กัน ตลอดช่วงที่กำหนด $\alpha . \beta$

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นของ X ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่มแบบยูนิฟอร์ม

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{\beta - \alpha} & ; \alpha \leq x \leq \beta \\ 0 & ; X \text{ มีค่าอื่นๆ} \end{cases}$$

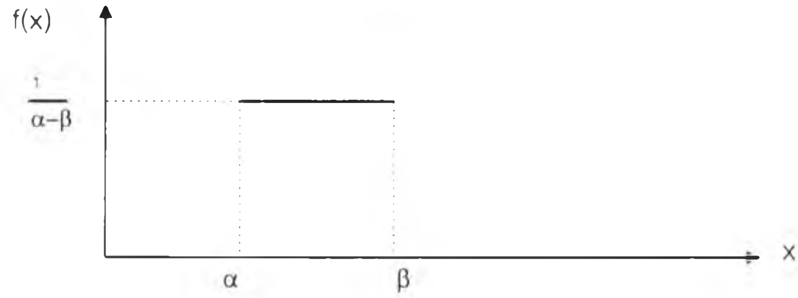
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x)) $= \frac{1}{2}(\beta + \alpha)$

ค่าความแปรปรวน (V(x)) $= \frac{1}{2}(\beta - \alpha)^2$

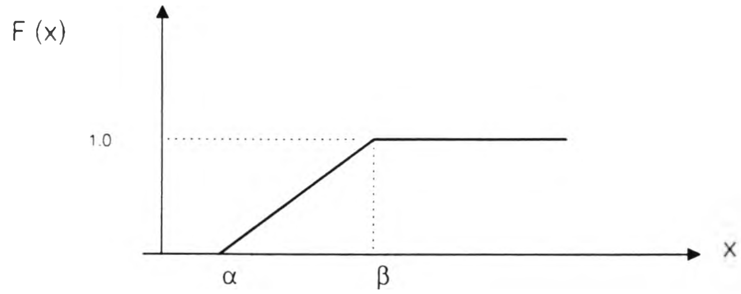
ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด คือ $\hat{\alpha} = X\ \text{min}$, $\hat{\beta} = X\ \text{max}$

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของ X

$$F(x) = \begin{cases} 0 & , x < \alpha \\ \dfrac{x - \alpha}{\beta - \alpha} & , \alpha \leq x < \beta \\ 1 & , x \geq \beta \end{cases}$$



รูปที่ 2.3 กราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบยูนิฟอร์ม



รูปที่ 2.4 กราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมแบบยูนิฟอร์ม

2.2.3 การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Distribution)

เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องชนิดหนึ่ง มีลักษณะที่สำคัญ คือ ตัวแปรสุ่ม X นี้ จะแทนช่วงเวลา (Time interval) ที่ทำการศึกษาถึงการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ ซึ่งเหตุการณ์ที่สนใจจะมีอัตราการเกิดคงที่ต่อหน่วยเวลา คือ λ

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นของ X ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & ; x>0,\ \lambda>0 \\ 0 ; & x \text{ มีค่าอื่นๆ} \end{cases}$$

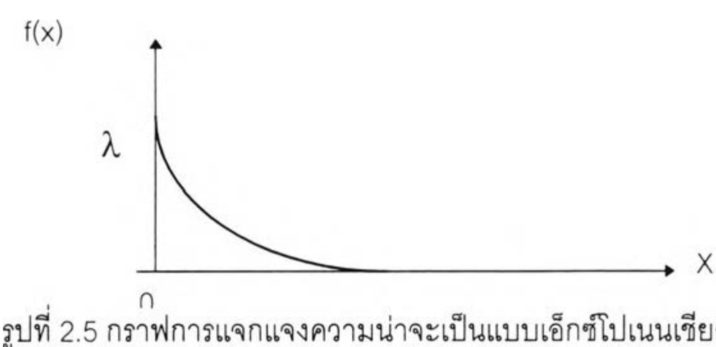
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x)) $= 1/\lambda$

ค่าความแปรปรวน (V(x)) $= 1/\lambda^2$

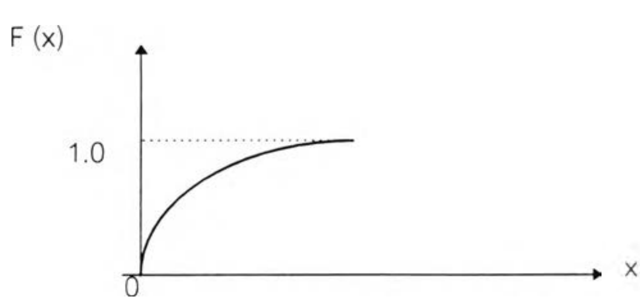
ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด คือ $\lambda = 1/\bar{x}$ ($\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง)

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของ X

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad ; X > 0$$



รูปที่ 2.5 กราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล



รูปที่ 2.6 กราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

2.2.4 การแจกแจงแบบแกมม่า (Gamma Distribution)

เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องชนิดหนึ่ง มีลักษณะที่สำคัญ คือ ตัวแปรสุ่ม X นี้ จะแทนช่วงเวลาที่เราสนใจและภายในช่วงเวลา X นี้ มีเหตุการณ์เกิดขึ้น n เหตุการณ์ และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเกิดด้วยอัตราคงที่ต่อหน่วยเวลา คือ λ

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นของ X ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่มแบบแกมม่า

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{\lambda\ (\lambda x)^{n-1} . e^{-\lambda x}}{\Gamma(n)} & ; x > 0 \\ 0\ ; & X \text{ มีค่าอื่นๆ} \end{cases}$$

$$\text{โดยที่}\quad \Gamma(n) = \int_0^{\infty} x^{n-1} . e^{-x} . dx \quad \text{เมื่อ } n > 0$$

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x)) $= n / \lambda$

ค่าความแปรปรวน (V(x)) $= n / \lambda^2$

ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด คือ $\hat{\lambda} = \dfrac{\bar{x}}{S^2}$, $\hat{n} = \bar{x}\lambda$

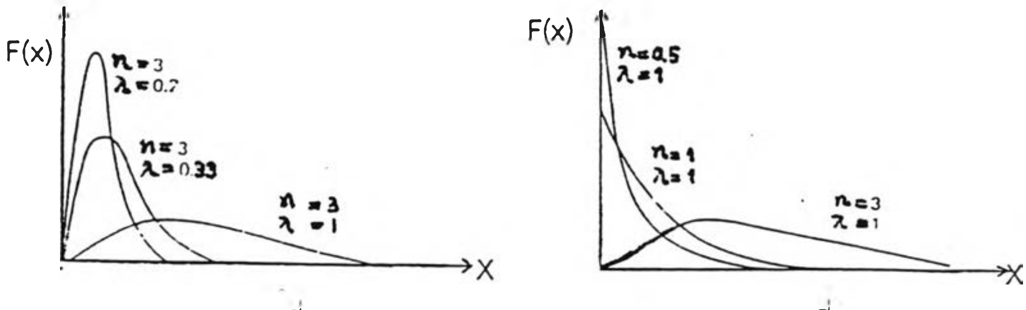
(เมื่อ $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง, S = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง)

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของ X

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \sum_{K=0}^{n-1} e^{-\lambda x} . \dfrac{(\lambda x)^k}{K!} & , X > 0 \\ 0 & ; X \leq 0 \end{cases}$$

สังเกตว่า เทอมผลรวมใน F(x) คือ ความน่าจะเป็นสะสมของตัวแปรสุ่มแบบปัวซอง จึงสามารถคำนวณผ่านตารางความน่าจะเป็นสะสมของตัวแปรสุ่มแบบปัวซอง (กิตติศักดิ์, 2540)

การแจกแจงแบบแกมม่านี้ จะมีรูปร่างไม่แน่นอนแล้วแต่ค่าพารามิเตอร์ คือ λ และ n จึงเรียก λ ว่า พารามิเตอร์แสดงขนาด (Scale Parameter) และเรียก n ว่า พารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (Shape Parameter) ถ้า n = 1 แล้ว ฟังก์ชั่นแกมม่าจะลดรูปเป็นฟังก์ชั่นเอ็กซ์โปเนนเชียล



n คงที่ λ คงที่

รูปที่ 2.7 กราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบแกมม่าลักษณะต่างๆ

2.2.5 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องชนิดหนึ่ง มีลักษณะที่สำคัญ คือ ตัวแปรสุ่ม X นี้ จะมีรูปร่างการแจกแจงเป็นรูปโค้งแบบระฆังคว่ำ (Bell shape) หรือโค้งปกติ (Normal Curve)

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นของ X ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} \; e^{-1/2\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2} \quad ; -\infty < X < \infty$$

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x)) $= \mu$

ค่าความแปรปรวน (V(x)) $= \sigma^2$

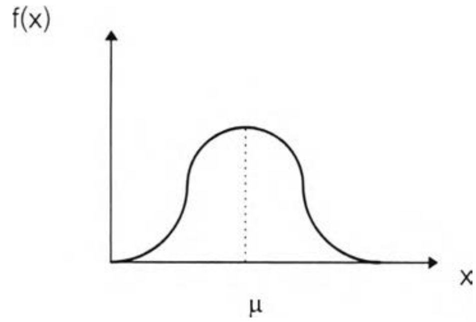
ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด คือ $= \mu = X$, $\sigma = S$

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของ X

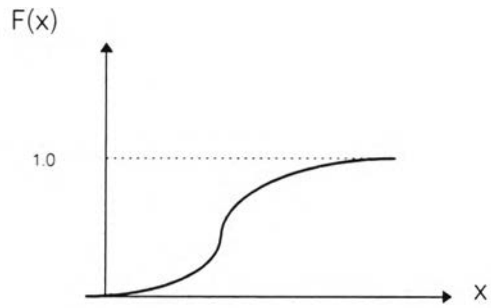
$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} \cdot e^{-1/2\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2} dx$$

ทำให้อยู่ในรูปตัวแปรแบบปกติมาตรฐาน

$$F(x) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} \cdot e^{-1/2\, Z^2} dz; \; z = \frac{x-\mu}{\sigma}$$



รูปที่ 2.8 กราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ



รูปที่ 2.9 กราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมแบบปกติ

2.3 **การทดสอบลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นของประชากร** (Goodness of Fit Test)

ขั้นตอนปกติในการทดสอบลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นของประชากรมีดังนี้

1. เก็บข้อมูลแล้วหาค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับค่าของตัวแปรนั้น
2. จากค่าความน่าจะเป็นและค่าตัวแปรสุ่ม ทำการสร้างกราฟเพื่อดูลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็น โดยดูจากลักษณะของกราฟและกระบวนการเกิดข้อมูลเปรียบเทียบกับตัวอย่างฟังก์ชั่นกราฟต่างๆ ว่าใกล้เคียงรูปแบบใด
3. ตั้งสมมุติฐานเพื่อทดสอบว่าลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นที่คิดไว้มีนัยสำคัญทางสถิติเพียงใด การทดสอบที่นิยมแพร่หลายมี 2 วิธี คือ

   3.1 ทดสอบแบบไคว์สแควร์ (χ^2 - Test) ตัวสถิติสำหรับทดสอบคือ χ^2 ซึ่ง

   คำนวณ ได้จากสูตร $\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} (Oi - Ei)^2 / Ei$

   K = จำนวนกลุ่มของข้อมูลที่มีค่าต่างกัน

   Oi = ค่าความถี่ของข้อมูล (Observed Frequency)

Ei = ค่าความถี่คาดหมายจากการกระจายของความน่าจะเป็นที่ต้องการทดสอบ (Expected Frequency)

ถ้า $\chi^2 \leq \chi^2_{\alpha,k-r-1}$ (จากตาราง แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบไคว์แสควร์) ยอมรับลักษณะการกระจายที่ทดสอบ แต่ถ้า $\chi^2 > \chi^2_{\alpha,k-r-1}$ ปฏิเสธรูปแบบของการกระจาย

3.2 ทดสอบแบบโคโมโกรอฟ - สเมอร์นอฟ วิธีนี้ให้ผลดีในการทดสอบข้อมูลแบบต่อเนื่องถ้าไม่ต้องประมาณค่าพารามิเตอร์จากข้อมูล การทดสอบใช้ D เป็นตัวสถิติสำหรับทดสอบ โดยที่ D คำนวณได้จากสูตร

$$D = \max \left| S(x) - F(x) \right|$$

โดยที่ S(x) = ความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูล (Observed Cumulative Probability)

F(x) = ความน่าจะเป็นสะสมคาดหมาย ถ้าข้อมูลมาจากการกระจายของความน่าจะเป็นที่ต้องการจะทดสอบ (Expected Cumulative Probability)

เปรียบเทียบค่า D ที่คำนวณได้นี้กับค่าวิกฤต $D_{\alpha,n}$

จะยอมรับลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นแบบที่ทดสอบ ถ้า

$D \leq D_{\alpha,n}$

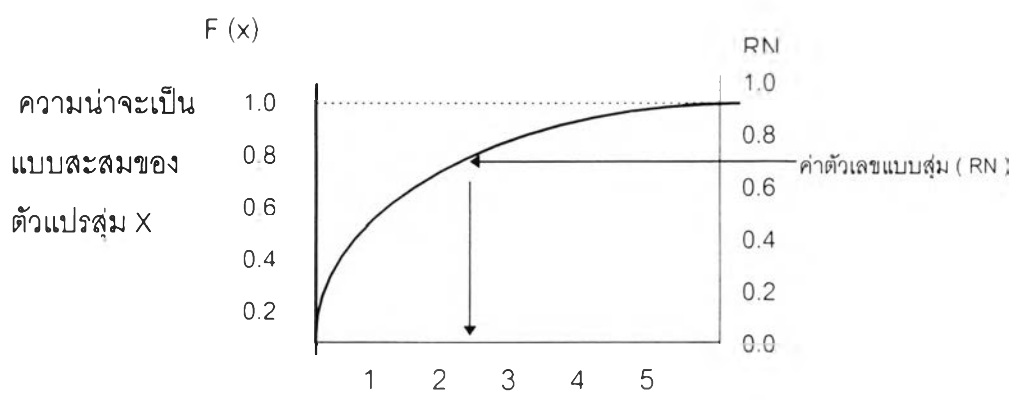
2.4 เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล

ศิริจันทร์ (2537) ได้อธิบายว่า เทคนิคมอนติคาร์โล คือ เทคนิคในการสร้างข้อมูล โดยการใช้ตัวเลขแบบสุ่มและความน่าจะเป็นสะสม ตัวเลขแบบสุ่มที่ใช้อาจได้มาจากตารางตัวเลขแบบสุ่ม (Random Number Table) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ลูกเต๋า วงล้อรูเลต ฯลฯ ซึ่งสามารถสร้างตัวเลขที่มีลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ

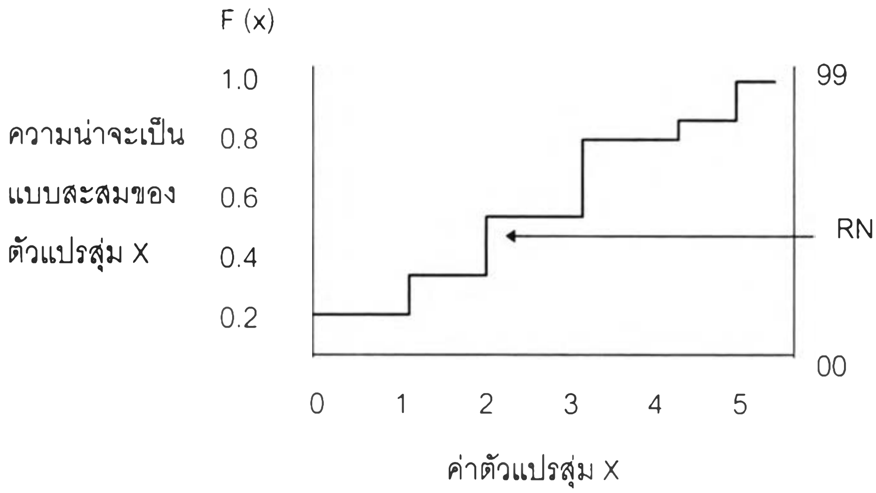
ส่วนความน่าจะเป็นสะสม คือ ค่าความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลที่ต้องการ อันอาจได้มาจากข้อมูลในอดีตหรือจากการทดลอง หรือทราบจากลักษณะการกระจายของน่าจะเป็น จากตัวเลขทั้งสองอย่างจะนำมาสร้างข้อมูลที่ต้องการ ดังนี้

1. สร้างกราฟหรือตารางของความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลที่ต้องการ
2. เลือกตัวเลขแบบสุ่ม (RN) ใส่จุดทศนิยมเพื่อให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
3. ใช้ตัวเลขแบบสุ่มในข้อ 2 แทนค่าความน่าจะเป็นสะสม
4. อ่านค่าของข้อมูลจากกราฟหรือตารางซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับตัวเลขในข้อ 3 ค่าที่ได้นี้คือค่าของข้อมูลที่ต้องการ
5. กระทำซ้ำข้อ 2 ถึงข้อ 4 จนกว่าจะได้ข้อมูลมากเท่าที่ต้องการ

ตัวอย่างการใช้ตัวเลขแบบสุ่ม และความน่าจะเป็นสะสม เพื่อหาค่าของตัวแปร กรณีเป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง แสดงไว้ในรูปที่ 2.10 และกรณีเป็นตัวแปรสุ่มแบบช่วง แสดงไว้ในรูปที่ 2.11 และตารางที่ 2.1 เพื่อความสะดวกในการแก้ปัญหา เรามักใช้รูปแบบตัวแปรสุ่มแบบช่วงแทนการแก้ปัญหาในรูปแบบตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง โดยการจัดชั้นอันตรภาคของกลุ่มตัวแปรที่ต้องการเป็นกลุ่มๆ ให้มีช่วงแคบที่สุด



รูปที่ 2.10 กราฟการหาค่าตัวแปรโดยใช้ตัวเลขแบบสุ่ม (RN) กับความน่าจะเป็นแบบสะสมของตัวแปรสุ่ม X กรณีเป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง (Continuous)



รูปที่ 2.11 กราฟความน่าจะเป็นสะสมของตัวแปรสุ่ม X กรณีเป็นตัวแปรสุ่ม แบบช่วง (Discrete)

ตารางที่ 2.1 การสร้างค่าตัวเลขแบบสุ่มแทนความน่าจะเป็นแบบสะสม กรณีเป็นตัวแปรสุ่ม แบบช่วง (Discrete)

X	f(x)	F (x)	RN
0	0.1	0.1	0.00 - 0.09
1	0.2	0.3	0.1 0 - 0.29
2	0.3	0.6	0.30 - 0.59
3	0.2	0.8	0.60 - 0.79
4	0.1	0.9	0.80 - 0.89
5	0.1	1.0	0.90 - 1.00

ในการทดลองการจำลองแบบปัญหา จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการจำลองมีผลเป็นความแม่นยำมาก โดยทั่วไปจะใช้กระบวนการทางสถิติ เพื่อประมาณจำนวนตัวอย่าง Goodwin และ Wright (1991) แนะนำว่า ในช่วงแรกของการจำลองควรใช้ข้อมูลไม่ต่ำกว่า 250 ข้อมูล และเพิ่มจำนวนมากขึ้นในการทำซ้ำครั้งต่อไป

Shamblin และ Stevens (1974) แนะนำว่าให้คำนวณค่าเฉลี่ยของผลการทดลองแต่ละครั้งและนำมาพล๊อตกราฟ ทำซ้ำๆ จนกระทั่งค่าเข้าสู่ขีดจำกัด จะเป็นค่าที่ดีที่สุดของผลการทดลองดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 กราฟผลการจำลองที่มากพอจนกระทั่งได้ค่าเข้าสู่ขีดจำกัด

2.5 ทฤษฎีพื้นฐานของการประมูลราคาเพื่อการแข่งขัน

จากการศึกษาพบว่า Friedman (1956) เป็นผู้เสนอตัวแบบของการประมูลราคาเป็นคนแรก โดยใช้การศึกษาหาการแจกแจงของข้อมูลคู่แข่งในอดีต ทำให้สามารถหาความน่าจะเป็นของโอกาสที่เสนอราคาต่ำกว่าคู่แข่งที่แต่ละราคาเสนอประมูลได้ ในการเลือกใช้ราคาที่เข้าแข่งขันประมูลจะเลือกราคาที่ให้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด ในการใช้ตัวแบบของ Friedman จะต้องอยู่ภายใต้สมมุติฐานที่ว่าคู่แข่งจะใช้รูปแบบการประมูลราคาแข่งขัน เหมือนกับที่เคยปฏิบัติสืบมาในอดีต เช่น วิธีการคิดต้นทุนค่าใช้จ่ายดำเนินงาน และการบวกกำไรเพิ่มลงในต้นทุน เป็นต้น ตัวแบบของ Friedman จะยิ่งมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ถ้าสามารถเก็บข้อมูลแยกเฉพาะเจาะจงคู่แข่งและลักษณะงานได้ Friedman ได้เสนอแนวคิดไว้ดังนี้

1. ปรับค่าต้นทุนที่ประเมินไว้ให้เหมาะสมจากข้อมูลเก่า เนื่องจากต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงหลังจากทำงานจบจะไม่เป็นไปตามที่ประเมินไว้ตั้งแต่แรก จึงควรนำข้อมูลเก่ามาวิเคราะห์หาลักษณะการแจกแจงและหาค่าแฟคเตอร์ที่เหมาะสมที่ใช้ในการปรับค่าต้นทุนประเมินในครั้งต่อไป

2. หาราคาที่ให้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด จากการเก็บข้อมูลราคาเสนอแข่งขันประมูลเทียบกับต้นทุนของบริษัทเรา ในอดีตเป็นจำนวนมากและนำมาวิเคราะห์หาลักษณะการแจกแจง จะทำให้เราทราบความน่าจะเป็นของโอกาสที่จะเสนอราคาต่ำกว่าคู่แข่งที่ราคาใดใดที่เราเสนอประมูล เมื่อนำมาคูณกับค่ากำไรที่แต่ละราคาเสนอประมูล ก็จะได้ค่ากำไรคาดหมาย ทำการเลือกราคาประมูลตัวที่ให้กำไรคาดหมายสูงสุด

2.5.1 การปรับค่าต้นทุนที่ประเมินให้เหมาะสม

Friedman (1956) ได้เสนอแนวคิดที่จะต้องปรับค่าต้นทุนประเมินในครั้งต่อไปเสมอ อันเนื่องจากผลของความเอนเอียง (Bias) และความแปรปรวน (Variability) ของต้นทุนที่เกิดขึ้นจริง หลังทำงานเสร็จเทียบกับต้นทุน
ประเมิน

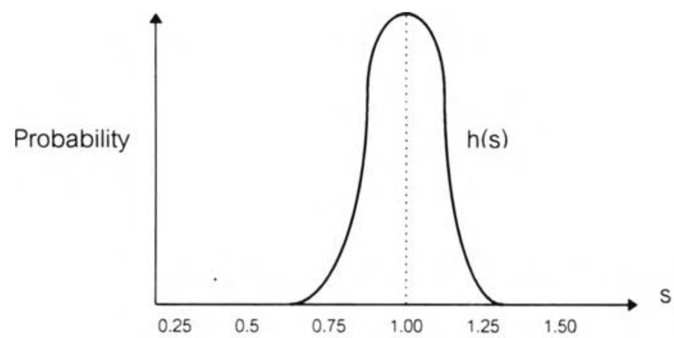
$$S = \frac{\text{ต้นทุนจริง (Ca)}}{\text{ต้นทุนประเมิน (Ce)}} \qquad (1)$$

เมื่อ S = แฟคเตอร์ปรับค่าความเอนเอียงของต้นทุน

Ca = ต้นทุนจริง (Actual Cost)

Ce = ต้นทุนประเมิน (Estimated Cost)

เมื่อนำเอาค่า S จากอดีตมาหาการแจกแจงความน่าจะเป็น จะได้ตามตัวอย่างกราฟรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ความน่าเชื่อถือของการประเมินต้นทุน

เมื่อทราบลักษณะการแจกแจงของ h(s) ก็สามารถหาค่าคาดหมายของ s ได้

$$\boxed{E(s) = \int_{0}^{\infty} s\, h(s)\, ds} \qquad (2)$$

เมื่อ E(s) = ค่าคาดหมายของ s

h(s) = ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นของ s

หาต้นทุนที่ถูกปรับค่าด้วยแฟคเตอร์ปรับค่าเอนเอียง

$$\boxed{C' = C.E(s)} \qquad (3)$$

C' = ต้นทุนประเมินที่ถูกปรับค่าด้วยแฟคเตอร์ปรับค่าเอนเอียงแล้ว

C = ต้นทุนประเมินก่อนปรับค่า

จากแนวคิดของ Friedman สุดท้ายจะได้ต้นทุนประเมินที่มีความถูกต้องเหมาะสม

King และ Mercer (1985) ได้แนะนำให้ทำการเก็บประวัติข้อมูลการประเมินต้นทุนไว้ให้ละเอียด เพื่อแยกวิเคราะห์ตามกลุ่มเฉพาะซึ่งจะทำให้การพิจารณาปรับค่าเอนเอียงของต้นทุนทำได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

1. ข้อมูลใบเสนอราคาและชื่อผู้ประเมินราคา
2. ชื่อเจ้าของอาคารและชนิดของอาคาร
3. ทำเลที่ตั้งของงาน
4. ชนิดของการเสนอราคา
5. วันที่เริ่มต้นและสิ้นสุดโครงการ
6. ราคาเสนอประมูลและรายละเอียดค่าแรง, ค่าวัสดุ, ค่าใช้จ่ายดำเนินงาน กำไร และสิ่งที่กำหนดเฉพาะพิเศษ
7. เหตุผลของการเปลี่ยนแปลงการจัดการดำเนินงานใด ๆ
8. ระยะเวลาที่กำหนดในสัญญา
9. จำนวนผู้เข้าร่วมแข่งขัน ณ เวลานั้น และราคาของคู่แข่งที่เสนอ

2.5.2 ราคาที่ให้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด

2.5.2.1 ตัวแบบโดยทั่วไป Friedman (1956) ได้เสนอแนวคิดไว้ดังนี้

สมมุติว่ามีคู่แข่งที่มีศักยภาพเพียง 1 ราย จะได้ว่า

$$\boxed{E(z) = p(x)\,[\,x - c'\,]} \qquad (4)$$

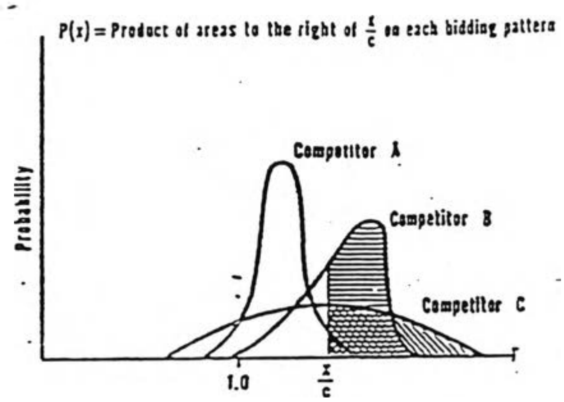
เมื่อ $E(z)$ = ค่าคาดหมายของกำไร

$p(x)$ = ความน่าจะเป็นที่จะเสนอราคาต่ำกว่าคู่แข่งที่ราคาเสนอประมูล x

x = ราคาที่บริษัทเราเสนอประมูล

c' = ต้นทุนประเมินของบริษัทเราที่ถูกปรับค่าเอนอียงแล้ว

สมมุติถ้ามีคู่แข่งขัน 3 รายFriedman ได้ให้ตัวอย่างลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น ของคู่แข่ง 3 ราย คือ A, B, C ดังรูป ที่ 2.14



รูปที่ 2.14 รูปแบบการเสนอประมูลราคาของคู่แข่งขัน A,B,C

โดยที่

$$\boxed{P_A(x) = \int_{x/c}^{\infty} f_A(r)\,dr} \quad (5)$$

$P_A(x)$ = ความน่าจะเป็นที่จะเสนอราคาต่ำกว่าคู่แข่งราย A ที่ราคาเสนอประมูล x

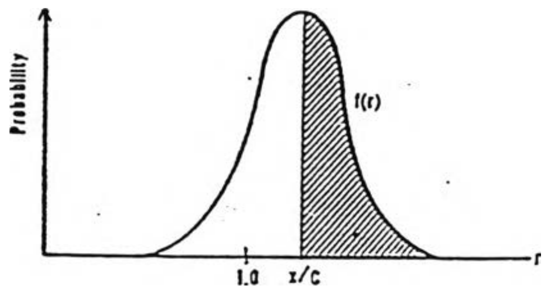
$f_A(r)$ = ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราส่วน r ของคู่แข่งราย A

ในลักษณะเช่นนี้ค่าคาดหมายกำไรในสมการที่ 4 จะได้ว่า

$$\boxed{E(z) = P_A(x).\ P_B(x).\ P_C(x)\ [x - c']} \quad (6)$$

เมื่อ $P_A(x)$, $P_B(x)$, $P_C(x)$ = ความน่าจะเป็นที่ราคาเสนอประมูล x ของบริษัทเราจะต่ำกว่าคู่แข่งราย A,B, C ตามลำดับ

ปัญหาที่จะพบมากก็คือ เราไม่ทราบข้อมูลแน่นอนของคู่แข่งว่ามีเท่าไร และเป็นอย่างไรบ้าง Friedman เสนอให้นำเอาข้อมูลของคู่แข่งทั้งหมดมารวมกันโดยไม่ต้องแยกเฉพาะราย เหมือนดังเช่นรูปที่ 2.14 จะได้การแจกแจงข้อมูลของคู่แข่งแบบหนึ่งเรียก"การแจกแจงความน่าจะเป็นของคู่แข่งรายเฉลี่ยทั่วไป" ดูรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 รูปแบบการประมูลราคาของคู่แข่งรายเฉลี่ยทั่วๆ ไป

โดยที่

$$P_K(x) = \int_{x/c}^{\infty} f_K(r)\,dr \qquad (7)$$

$P_K(x)$ = ความน่าจะเป็นที่จะเสนอราคาต่ำกว่าคู่แข่งรายเฉลี่ยทั่วๆไป ที่ราคาเสนอประมูล x

$f_k(r)$ = ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราส่วน r ของคู่แข่งรายเฉลี่ยทั่วๆไป

จากสมการที่ 4 จะได้ค่าคาดหมายของกำไร ดังนี้

$$E(z) = P_k(x)^k [x - c'] \qquad (8)$$

เมื่อ k = จำนวนผู้เข้าร่วมแข่งขันประมูลราคา (ดูหัวข้อ 2.5.2.3 การหาจำนวนผู้เข้าร่วมแข่งขันประมูล)

Friedman ได้แนะไว้ว่า $f_k(r)$ มักมีฟังก์ชั่นการแจกแจงเป็นแบบแกมม่า

2.5.2.2 การแจกแจงของอัตราส่วนราคาเสนอประมูลต่อต้นทุน (อัตราส่วน r) เพื่อเป็นการหาความน่าจะเป็นที่ราคาเสนอประมูลของบริษัทเราจะชนะคู่แข่ง Friedman ได้แนะนำให้หาการแจกแจงของอัตราส่วนราคาเสนอประมูลของคู่แข่งเทียบกับต้นทุนของเรา คืออัตราส่วน r

$$\boxed{r_i = p_i/c} \qquad (9)$$

r_i = อัตราส่วนราคาเสนอประมูลของคู่แข่งรายที่ 1, 2, 3,...i เทียบกับต้นทุนของบริษัทเรา

p_i = ราคาเสนอประมูลของคู่แข่งรายที่ 1, 2, 3,...i

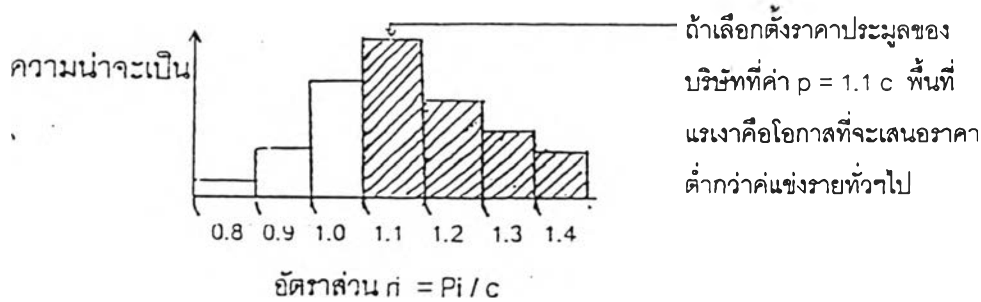
c = ต้นทุนของบริษัทเรา ณ งานประมูลด้วยกัน

จะได้กราฟการแจกแจงของ r เหมือนดังตัวอย่างกราฟในรูปที่2.14 (กรณีมีคู่แข่ง 3 ราย คือ A, B, C) และกราฟ ในรูปที่ 2.15 (สำหรับคู่แข่งรายเฉลี่ยทั่วไป) สมมุติพิจารณา ตามกราฟ ในรูปที่ 2.15 ถ้าบริษัทตั้งราคาเสนอประมูลที่ราคา x เมื่อนำไปหาอัตราส่วน r = x / c จะได้ว่าพื้นที่ใต้กราฟด้านขวา (แรเงา) ก็คือ ความน่าจะเป็นที่ราคาเสนอประมูล x จะต่ำกว่าคู่แข่งรายเฉลี่ยทั่วไปนั่นเอง

Miller และ Starr (1969) ได้แนะนำให้สร้างฮีสโตแกรม แจกแจงความถี่ และแปลงเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราส่วน r_i จากคู่แข่งทุกๆ รายที่เข้าร่วมโดยไม่สนใจเฉพาะเจาะจงรายใด โดยที่ช่วงความกว้างของฮีสโตแกรมควรจะน้อยที่สุด จากนั้นก็หา Cumulative Distribution Function ออกมา วิธีของ Miller และ Starr นี้ จะพิจารณาตัวแปรสุ่ม r_i เป็นลักษณะแบบช่วง (Discrete) และไม่สนใจลักษณะการแจกแจงของอัตราส่วน r_i ว่าเป็นแบบใด ดังตัวอย่างตาราง ที่ 2.2 และกราฟในรูปที่ 2.16

ตารางที่ 2.2 การหาความน่าจะเป็นของอัตราส่วน r จากข้อมูล
ที่เก็บจากคู่แข่งรายทั่วไป

อัตราส่วน r = p / c	จำนวนความถี่ที่สังเกตุ	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม(F(r))	โอกาสชนะคู่แข่ง 1 รายโดยทั่วไป = 1 - F (r)
0.8	1	0.02	0.02	0.98
0.9	3	0.06	0.08	0.92
1.0	5	0.10	0.18	0.82
1.1	11	0.22	0.40	0.60
1.2	15	0.30	0.70	0.30
1.3	8	0.16	0.86	0.14
1.4	7	0.14	1.00	0.00
รวม	50	1.00		



รูปที่ 2.16 ฮีสโตแกรมการแจกแจงความน่าจะเป็น
ของอัตราส่วน r

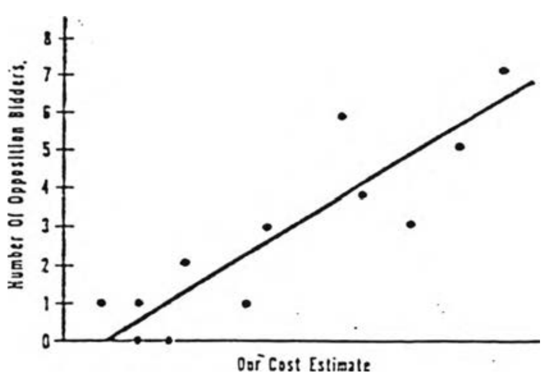
จากตารางที่ 2.2 ถ้าเราตั้งราคาเสนอประมูลที่ r = 1.1 (นั่นคือที่ p = 1.1 c) จะพบว่าโอกาสที่จะชนะคู่แข่ง 1 ราย = 1 - 0.4 = 0.6 ถ้ารู้จำนวนคู่แข่งว่ามี 3 ราย แต่ไม่รู้ข้อมูลอื่นใดอีก ค่าความน่าจะเป็นที่จะชนะคู่แข่งทั้ง 3 ราย = $(0.6)^3$ = 0.216 **จะพบว่าจำนวนผู้เข้าแข่งขันมีผลมากต่อค่าความน่าจะเป็นที่จะชนะ**

Miller และ Starr (1969) แนะนำว่าถ้าเราไม่รู้แน่ชัดเกี่ยวกับข้อมูลของคู่แข่ง วิธีที่ง่ายที่สุด คือให้ใช้ค่า CDF นี้กับคู่แข่งที่ไม่รู้จักทั้งหมด

2.5.2.3 **จำนวนผู้เข้าร่วมแข่งขันประมูล (k)**

จำนวนผู้เข้าร่วมแข่งขันประมูลจะมีผลต่อค่าความน่าจะเป็นในการเสนอราคาต่ำกว่าคู่แข่ง โดยทั่วไปแล้วจำนวนผู้เข้าร่วมแข่งขันมักจะเป็นความลับ ในการประมาณหาค่า k ทำได้หลายลักษณะ เนื่องจากจำนวนผู้เข้าร่วมแข่งขันประมูล (k) มักสัมพันธ์กับขนาดมูลค่าของสัญญา ความยากง่ายของงาน ระยะเวลาตามสัญญา ข้อกำหนดพิเศษในสัญญา เป็นต้น

Churchman (1957) ได้ให้ตัวอย่างการเก็บข้อมูล หาความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนประมาณการและจำนวนผู้เข้าร่วมประมูล ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 กราฟวิธีการประมาณหาจำนวน ผู้เข้าร่วมแข่งขันประมูล

รูปที่ 2.17 ถ้าวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยแล้ว พบว่าสามารถใช้สมการเส้นตรงนี้แทนอย่างมีนัยสำคัญ ก็สามารถใช้สมการเส้นตรงนี้ประมาณค่า k ได้

Friedman (1956) ได้แนะว่า จำนวนผู้เข้าแข่งขันประมูลมักมีการแจกแจงแบบปัวซอง

2.6 การประเมินต้นทุนงานก่อสร้าง

ในงานประมูลราคาแข่งขันทุกชนิดจะต้องมีการประเมินต้นทุนของงานก่อน บวกค่าใช้จ่ายดำเนินการ กำไรและภาษี เพื่อเสนอเป็นราคาขาย ซึ่งจำเป็นต้องนำเอาต้นทุนที่ประเมินมาปรับค่าความเอนเอียง ตามแนวความคิดของ Friedman ก่อนนำไปตั้งราคา เนื่องจากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยต้องการทดสอบตัวแบบของ Friedman กับงานประมูลราคาธุรกิจก่อสร้าง จึงได้แสดงรายละเอียดของการประเมินต้นทุนก่อสร้างไว้ ดังนี้ จากประสบการณ์ของผู้วิจัย ในการประเมินต้นทุนของงานธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง

$$C_T = \sum_{i=1}^{n} (C_M)_i + \sum_{j=1}^{m} (C_L)_j + \sum_{k=1}^{p} (C_O)_k \qquad (10)$$

CT = ต้นทุนรวมก่อนบวกกำไรและภาษี

$(C_M)_i$ = ต้นทุนวัสดุย่อยตัวที่ 1,2, 3,...i

$(C_L)_j$ = ต้นทุนแรงงานย่อยตัวที่ 1,2, 3,...j

$(C_O)_k$ = ต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่นๆตัวที่ 1,2, 3,...k

2.6.1 ต้นทุนวัสดุ (C_M) และแรงงาน (C_L) ย่อย จะประกอบด้วยงานต่างๆ เหล่านี้

1. งานดิน
2. งานเข็ม
3. งานคอนกรีต
4. งานเหล็กเส้น
5. งานเหล็กรูปพรรณ
6. งานไม้แบบ
7. งานหลังคา
8. งานเพดาน
9. งานพื้น
10. งานผนัง
11. งานประตู-หน้าต่าง
12. งานบันได

13. งานสุขภัณฑ์
14. งานประปา
15. งานเครื่องกล
16. งานไฟฟ้า
17. งานสี
18. งานกระจก
19. งานสุขาภิบาล
20. งานเบ็ดเตล็ด เช่น รั้ว, จัดสวน, ทางเท้า ฯลฯ

ในการคิดรายละเอียดจะทำการคำนวณปริมาณวัสดุใช้จริงจากในแบบออกมาเป็นจำนวนหน่วย เช่น ตารางเมตร ลูกบาศก์เมตร เมตร กิโลกรัม อัน เส้น ชุด เป็นต้น แล้วนำไปคูณกับราคาวัสดุที่หาซื้อได้จากผู้จัดจำหน่าย จะเป็นราคาวัสดุรวมในแต่ละรายการ ค่าแรงก็จะประเมินจำนวนแรงงานและเวลาที่ใช้ในการทำงานแล้วคิดคำนวณออกมาเป็นจำนวนเงินต่อหน่วย ซึ่งการใช้ราคาต่อหน่วยที่เสนอนี้โดยทั่วไปแต่ละบริษัทมักจะมีอัตราที่คงที่ตายตัว ยกเว้น กรณีมีการขึ้นราคาวัสดุในท้องตลาดเป็นอย่างมาก อัตราค่าวัสดุและค่าแรงก็อาจมีการปรับขึ้นตามเหมาะสม

อัตราค่าใช้จ่ายต่อหน่วยสามารถหาได้จากหนังสือประเมินราคางานก่อสร้างทั่วๆไป ซึ่งจะมีแนะนำไว้

2.6.2 ต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่นๆ (C_O)

ต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่นๆ ก็จะหมายถึง ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่ไม่ใช่ค่าวัสดุและแรงงานที่ชัดเจนดังที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ โดยทั่วไปมักจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของมูลค่ายอดรวมวัสดุและแรงงานที่คิดได้ ขึ้นอยู่กับนโยบายของแต่ละบริษัท

พิภพ (2540) ได้อธิบาย “รายจ่ายล่วงหน้า" ที่ผู้ประกอบการ จะต้องคำนึงถึง

1. รายจ่ายก่อนรับงาน ได้แก่ การใช้จ่ายเรื่องการเข้าสังคม ซื้อของขวัญ ให้ค่าตอบแทน เป็นต้น
   1.1 รายจ่ายในการติดต่อกับเจ้าของอาคาร เพื่อให้ได้งาน
   1.2 รายจ่ายในการติดต่อกับนายหน้า เพื่อตอบแทนที่ช่วยหางานให้

2. รายจ่ายเพื่อเตรียมการ เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดหลังจากได้งาน
   2.1 ทำสัญญา
   2.2 ไปดูสถานที่
   2.3 ติดต่อผู้รับเหมาช่วง
   2.4 ติดต่อผู้จำหน่ายวัสดุ
   2.5 งานธุรการ
   2.6 งานวางแผนงาน
   2.7 รายจ่ายแฝงให้กับผู้มีอิทธิพลในท้องถิ่น
   2.8 การจัดหาช่างและคนงาน
   2.9 การจัดเช่าที่ดินและสถานที่
   2.10 การขออนุญาตกระทำการต่อทางราชการบางอย่าง
   2.11 การซ่อมสร้างเครื่องมือและอุปกรณ์

พิภพ (2540) ได้ให้ตัวอย่างการคิดค่าใช้จ่ายอื่นๆ หลังจากคิดยอดรวมค่าวัสดุและแรงงานแล้ว ดังนี้

- เพิ่มค่าบริการและธุรการ ประมาณ 10 % ของยอดรวมวัสดุและแรงงาน
- และนำไปคิดกำไร ประมาณ 10 - 30 %
- คิดภาษีต่างๆ เช่น ภาษีหัก ณ ที่จ่าย ภาษีมูลค่าเพิ่ม ฯลฯ

นำทุกยอดรวมกันจะเป็นราคาสุทธิยื่นเสนอต่อไป

อุทัย (2538) ได้แนะนำค่าใช้จ่ายสำหรับงานชั่วคราว ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่ต้องคำนึงถึง เช่น

1. สำนักงานและอุปกรณ์เครื่องใช้
2. ที่พักคนงาน
3. ที่เก็บเหล็ก ซีเมนต์ เครื่องมือ
4. โทรศัพท์
5. ไฟฟ้า
6. ประปา
7. เครื่องปรับอากาศ

ฯลฯ

อุทัย (2538)ได้แนะนำการคิดค่าใช้จ่าย เป็นเปอร์เซ็นต์ของยอดรวมค่าวัสดุและแรงงาน ดังนี้

- ค่าใช้จ่ายต่างๆ คิดประมาณ 6 -15 % (มูลค่างานยิ่งสูง ตัวเลขจะน้อย)
- กำไร คิดประมาณ 6 -16 % (มูลค่างานยิ่งสูง ตัวเลขจะน้อย)

การคิดค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในลักษณะเป็นเปอร์เซ็นต์ จะทำให้การคิดราคาเป็นไปอย่างสะดวกรวดเร็ว จะเหมาะกับงานที่มีมูลค่าต่ำถึง - ปานกลางหรืองานที่ใช้ระยะเวลาน้อยกว่า 1 ปี ถ้ามิเช่นนั้นแล้ว การคิดด้วยวิธีนี้ จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงมาก อาจจะทำให้ไม่ได้งาน

จะเห็นว่าต้นทุนรวมของธุรกิจรับเหมาก่อสร้างประกอบด้วยต้นทุนย่อยหลายตัว ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะนำเอาต้นทุนย่อยที่มีความสำคัญมาก มาทำการปรับค่าเอนเอียง ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนรวมที่ออกมาเป็นต้นทุนรวมที่มีความถูกต้องมากขึ้น

รูปที่ 2.18 สรุปขั้นตอนการปรับต้นทุนให้ลดความเอนเอียงและหาราคาประมูลที่ให้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด

การปรับค่าต้นทุนให้ลดความเอนเอียง (BIAS) มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

จาก MODEL ของการคิดต้นทุนรวม $C_t = \sum^{n} (C_M)_i + \sum^{m} (C_L)_j + \sum^{p} (C_O)_k$

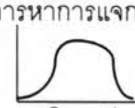
↓

วิเคราะห์ค่าความสำคัญของปัจจัยค่าวัสดุ, ค่าแรง, ค่าใช้จ่ายอื่น ตัวใดมีความสำคัญน้อยไม่ต้องนำปรับค่าเอนเอียง (BIAS)

↓

ปรับค่าเอนเอียง (BIAS) ของปัจจัยโดยการหาการแจกแจงของอัตราส่วน S ของต้นทุนย่อยตัวที่มีความสำคัญมาก

$S_i = \dfrac{C_{ai}}{C_{ei}} = \dfrac{\text{Actual Cost}_i}{\text{Estimated Cost}_i}$



↓

ใช้เทคนิค Monte Carlo SIMULATION ช่วยจะได้ค่าคาดหมายของตัวปรับค่าเอนเอียงของต้นทุนย่อยแต่ละตัว $E(s_i) = \overline{S}_i$

↓

ต้นทุนย่อยประมาณการแต่ละตัวที่ถูกปรับค่าแล้ว $C'i = (C_{ei})\, E(s_i)$

↓

ต้นทุนรวมที่ถูกปรับค่าแล้ว $C'_t = \sum_{i=1}^{n} C'_{Mi} + \sum_{j=1}^{m} C'_{Li} + \sum_{k=1}^{p} C'_{Oi}$

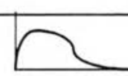
↓

การหาค่าคาดหมายกำไรสูงสุดของราคาที่เสนอประมูลต่อผู้เข้าแข่งขันที่ไม่ทราบข้อมูลแน่นอน

เก็บข้อมูลอัตราส่วน r = Pi / C = $\dfrac{\text{ราคาเสนอประมูลของคู่แข่งรายใดๆ}}{\text{ต้นทุนที่บริษัทประเมินไว้}}$

↓

หาการแจกแจงความน่าจะเป็นของ r ของคู่แข่งโดยเฉลี่ยทั่วไป

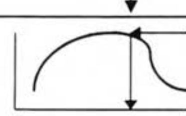


↓

หาจำนวนผู้เข้าแข่งขัน k ราย ถ้าไม่ทราบให้ประมาณจากความสัมพันธ์ในอดีตระหว่างมูลค่าของงานกับจำนวนผู้เข้าร่วมประมูล

↓

ความน่าจะเป็นที่ราคาที่เราเสนอประมูลจะชนะคู่แข่ง



ถ้าเลือกราคาที่ ratio นี้ ความน่าจะเป็นที่จะชนะคู่แข่งทั่วไป = p(x)

↓

ค่าคาดหมายกำไรสูงสุดที่ราคาที่เสนอประมูล และจำนวนคู่แข่งขัน k ราย

$E(z) = p(x)^k\,(x - c')$