# บทที่ 2
# หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการวิจัยเรื่อง "การศึกษาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพรถโดยสารขนาดเล็กในมหาวิทยาลัยนเรศวร" ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสาร ตำรา และทฤษฎีต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

## 2.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

ในการลงทุนประกอบธุรกิจใดๆก็ตาม สิ่งที่ผู้ลงทุนต้องการก็คือผลกำไรจากการลงทุนนั้นๆ และด้วยเหตุผลการลงทุนต่างๆ ต้องใช้เงินทุนเป็นจำนวนมาก เงินลงทุนนี้อาจจะได้จากเงินลงทุนของตัวเองหรือมาจากการกู้ยืมเงินโดยเอาทรัพย์สินของตนเป็นประกัน ดังนั้นผู้ที่จะลงทุนในกิจการใดๆก็ตาม ก็ย่อมจะมีการวางแผนโครงการและการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการอย่างละเอียดรอบคอบ ทั้งนี้เพื่อที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวหรืออย่างน้อยที่สุดเพื่อลดความเสี่ยงต่อความล้มเหลว หากทำการศึกษาวิเคราะห์โครงการแล้ว ได้ผลว่าโครงการนั้นไม่สามารถดำเนินการได้แล้ว โครงการนั้นก็จะไม่สามารถที่จะดำเนินการได้อย่างมีผลกำไร

ความล้มเหลวในการดำเนินงานต่างๆของโครงการหมายความว่าโครงการนั้นๆ ไม่สามารถที่จะสร้างผลกำไรให้ได้ตามระยะเวลาที่สมควร ถ้าเรามาพิจารณาศึกษาแต่ละโครงการที่ประสบความล้มเหลว จะพบว่าปัญหาต่างๆ หรือสาเหตุ มาจากปัจจัยต่อไปนี้ คือ

1. ไม่สามารถขายสินค้าหรือการให้บริการได้ในปริมาณที่พอเพียงในราคาที่พอสมควร
2. ไม่สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายในการผลิต
3. ไม่สามารถเพิ่มเงินทุนหมุนเวียนให้เพียงพอต่อความต้องการ
4. สาเหตุอื่นๆ

สาเหตุดังกล่าวทั้งหมดนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการขาดความเข้าใจ การดำเนินการของโครงการนั้นๆอย่างแท้จริง มิได้มาจากสาเหตุอื่นๆ ที่อยู่เหนือควบคุมของฝ่ายบริหาร การขาดความเข้าใจในการดำเนินงานในโครงการจะเป็นสาเหตุพื้นฐานของความล้มเหลวในกิจการ ดังนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการดำเนินงานและเล็งเห็นเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้ ถ้าหากจะลงทุนต้องศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ ( Feasibility Study ) ก่อนตัดสินใจลงทุนโครงการนั้น

### 2.1.1 ความหมายของการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

ความหมายของโครงการในที่นี้ คือ กิจการที่เกี่ยวข้องกับการลงทุนเพื่อผลิตสินค้าหรือบริการ โดยที่จะมุ่งหวังที่จะได้รับผลประโยชน์ตอบแทนในอนาคตจากการลงทุนนั้นๆในช่วงเวลาที่จะมีการการลงทุน ก่อนที่จะมีการตัดสินใจลงทุนในโครงการใดๆก็ตาม ผู้ลงทุนจะต้องพิจารณาดูว่าถ้าหากลงทุนไปแล้วผลประโยชน์ที่จะได้รับตอบแทนนั้นจะคุ้มค่าหรือไม่ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผู้ลงทุนต้องการผลตอบแทนจากการลงทุนที่สูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ถ้าเป็นไปได้อย่างน้อยที่สุดก็จะต้องได้รับผลตอบแทนในอัตราที่ไม่ต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยต่ำสุดที่พึงพอใจ (MARR%) ถ้าหากนำเงินลงทุนนั้นไปกู้ หรือถ้าหาก ไม่ให้กู้นำไปฝากธนาคารก็ย่อมได้รับดอกเบี้ยเช่นกัน

วิธีการที่ผู้ลงทุนจะใช้เพื่อศึกษาวิเคราะห์ อันจะนำไปสู่การตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ได้แก่การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ หมายถึง การศึกษาเพื่อต้องการทราบผลที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินการของโครงการนั้น โดยพิจารณาจากการศึกษาด้านการตลาด วิศวกรรม และ การเงินของโครงการเป็นหลัก ทั้งนี้เพื่อช่วยประกอบกับการตัดสินใจของผู้ที่จะคิดที่ จะลงทุนในโครงการนั้นๆ ในการศึกษาดังกล่าวจะต้องบอกรายละเอียดและการวิเคราะห์สิ่งที่จำเป็น ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตรวมทั้งทางเลือกอื่น ของการผลิตด้วย นอกจากนี้จะต้องระบุกำลังการผลิตและสถานที่ตั้งของโครงการที่เหมาะสม การใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบใด มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพียงไรและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ทั้งนี้เพื่อจะได้ผลตอบแทนการลงทุนให้มากที่สุด

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ เป็นเพียงขั้นตอนในระยะก่อนการลงทุนของวงจรพัฒนาโครงการ ( Project develobment cycle ) ซึ่งเป็นวงจรที่บอกถึงขั้นตอนการดำเนินงานต่างๆ ในการบริหารโครงการเป็นลำดับขั้น ตั้งแต่ความคิดที่จะมีโครงการจนกระทั่งระยะเริ่มดำเนินการผลิต

**2.1.2 ขั้นตอนต่างๆในวงจรพัฒนาโครงการ แบ่งออกเป็นดังนี้**

1. ระยะก่อนการลงทุน ( Pre- investment phase ) ได้แก่การศึกษาสถานการณ์ทั่วๆไป เพื่อดูว่าโครงการใดจะควรลงทุนทำ เมื่อเลือกโครงการได้แล้วจึงจะทำการศึกษาความเป็นไปได้ หลังจากนั้นจึงประเมินผลโครงการและตัดสินใจลงทุนต่อไป

2. ระยะลงทุน ( Invesment phase ) ได้แก่การออกแบบทางด้านวิศวกรรมต่างๆ การติดต่อทำสัญญา การก่อสร้าง การรับสมัครพนักงานและการจัดฝึกอบรบพนักงาน เป็นต้น

3. ระยะดำเนินการ ( Operational phase ) เป็นระยะสุดท้ายหลังจากที่ผู้ริเริ่มโครงการได้ลงทุนไปแล้ว หลังจากนี้ผู้ริเริ่มโครงการมีหน้าที่ดำเนินการให้เป็นไปตามแผนและติดตามผลงานเป็นระยะๆ จนกว่าจะสิ้นสุดโครงการ

มูลค่าเพิ่มในโครงการเกิดขึ้นได้จากการใช้ทรัพยากรภายในโครงการเอง โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ แรงงานและเงินทุน โดยโครงการนั้นคือ การลงทุนทางด้านการให้บริการรถโดยสารขนาดเล็ก หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า "รถส้ม" ซึ่งผลผลิตที่ได้คือ กำไรที่ได้จากการให้บริการ และ สวัสดิการแก่นิสิตและบุคลากรที่ได้ใช้บริการ ซึ่งมูลค่าเพิ่มจึงเป็นส่วนหนึ่งที่ได้มาจากการใช้แรงงานและเงินทุนนั่นเอง

มูลค่าเพิ่มที่โครงการได้ให้ กับสังคมภายในมหาวิทยาลัย จะอยู่ในรูปของผลตอบแทนแทบทั้งสิ้นของปัจจัยการผลิต ซึ่งได้แก่

1. ผลตอบแทนทางด้านแรงงาน คือ ค่าแรง เงินเดือน สวัสดิการต่างๆ โบนัส ค่าประกันและเงินบริจาค

2. ผลตอบแทนเงินทุน คือ กำไร ดอกเบี้ย ค่าเสื่อมราคา ค่าใช้จ่ายตัดจ่าย

## 2.2 การศึกษาเวลาโดยการจับเวลาโดยตรง ( Direct Time Study )

การศึกษาเวลาโดยการจับเวลาโดยตรงเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ผู้จับเวลาจะเข้าไปจับเวลาในเวลาที่พนักงานเข้าทำงานวิธีนี้ข้อดี คือ ผู้ศึกษาสามารถมองเห็นลักษณะการทำงานอย่างละเอียดและเวลาที่ได้เป็นเวลาที่ทำงานจริง แต่มีข้อเสียตรงที่ว่า คนงานที่ถูกทำการศึกษาอยู่นั้น อาจจะไม่ทำงานในลักษณะปกติ ( Normal Pace ) ของพนักงานเอง โดยพนักงานอาจจะเร่งทำงานให้เร็วขึ้น หรือทำงานให้ช้าลงกว่าปกติก็ได้ ดังนั้นก่อนที่จะทำการศึกษาเวลาโดยวิธีการนี้ ผู้ศึกษาจะต้องอธิบายให้พนักงานทราบและเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษาก่อน

**2.2.1 วิธีการศึกษาโดยการจับเวลาโดยตรง**

วิธีการศึกษาโดยการจับเวลาโดยตรง แบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. ทำความเข้าใจกับคนงาน และหัวหน้าคนงานและศึกษาพร้อมทั้งบันทึกรายละเอียดของงานที่ต้องการ

2. แบ่งการปฏิบัติงานออกเป็นงานย่อย ( Element ) และทำการเขียนบรรยายย่อยไว้โดยละเอียด

3. สังเกต และบันทึกเวลาการทำงานของคนงาน

4. คำนวณหาจำนวนเที่ยวที่เหมาะสมในการจับเวลา

5. ให้อัตราความเร็วแก่การทำงานของคนงาน

6. ตรวจดูว่าได้จับเวลาตามจำนวนรอบที่ต้องการแล้ว

7. คำนวณหาเวลาเผื่อ ( Allowance )

8. คำนวณหาเวลามาตรฐานของงาน ( Standard Time )

**2.2.2 การทำความเข้าใจเกี่ยวกับพนักงานและหัวหน้างาน**

การศึกษาเวลาโดยการจับเวลา มักจะมีผลโดยตรงต่อพนักงานทางด้านจิตใจ ทำให้เวลาที่ได้เร็วเกินไป หรือช้าเกินไปเสมอ ดังนั้นจึงควรทำความเข้าใจ และอธิบายให้พนักงานทราบถึงเหตุผลของการจับเวลาว่า ต้องการศึกษาดูเวลาเฉลี่ยของการทำงาน ไม่ใช่จับความเร็วของการทำงานของพนักงาน ซึ่งจะช่วยได้มากในการอธิบายให้พนักงานเข้าใจ และดูว่างานที่ทำนั้นถูกต้องตามวิธีและความเร็วตามต้องการ

**2.2.3 การบันทึกข้อมูล**

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกจะแสดงถึงจำนวนรอบในการดำเนินงานของพนักงาน โดยจะเป็นการเดินรถส้ม 1 รอบ และทำการบันทึกข้อมูลโดย จับเวลาในการเดินรถใน 1รอบ โดยจะแยกเป็นคันที่ 1 ถึง คันที่ 5 และบันทึก จำนวนนิสิตที่ใช้บริการด้วย

**2.2.4 แบ่งการปฏิบัติงานออกเป็นงานย่อย**

การแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นงานย่อยนั้นเพื่อความสะดวกในการจับเวลา และเพื่อความละเอียด

นิยาม ของ "งานย่อย" ( Element ) ในที่นี้หมายถึง หน่วยย่อยของงานที่ได้ชัดเจน และสามารถที่จะอธิบายและจับเวลาได้

ดังนั้นจะเห็นว่าหน่วยงานย่อยนี้ ต้องไม่เล็กเกินไป หรือใหญ่เกินไปจนซับซ้อน หน่วยย่อยของงานนี้ต่างจากหน่วยย่อยของการเคลื่อนที่ในเรื่องของ Motion study

การแบ่งงานออกเป็นงานย่อยมีประโยชน์คือ

1.สามารถนำค่าเวลาที่จับได้ในแต่ละหน่วยงานย่อยไปเปรียบเทียบเวลา ที่ใช้ไปในการทำงานย่อยอื่นๆที่มีลักษณะการทำงานคล้ายๆกัน

2.สามารถกำหนดสมรรถนะการทำงาน ( Performance ) ของคนงานในแต่ละงานย่อยได้ ซึ่งจะทำการหาสมรรถนะการทำงานรวมถูกต้องยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีผลให้เวลามาตรฐานที่ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

3.การวิเคราะห์การทำงานที่แบ่งงานออกเป็นงานย่อย อาจช่วยทำให้เห็นความบกพร่องหรือข้อผิดพลาดในการทำงานซึ่งการจับเวลาคราวเดียวทั้งรอบการทำงานจะไม่สามารถพบข้อบกพร่องนี้ได้

4.สามารถหาเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อยได้ ซึ่งเวลาของงานย่อยนี้เมื่อรวมเข้าด้วยกันแล้วก็คือ เวลามาตรฐานในการทำงานทั้งหมดนั้นเอง

**2.2.5 การคำนวณหาจำนวนรอบในการจับเวลา**

การบันทึกเวลาขั้นต้นดังกล่าวมานั้น ถือได้ว่าเป็นกระบวนการเก็บตัวอย่างทางสถิติ ( Sampling Process ) ยิ่งจำนวนครั้งที่จับเวลามากขึ้นเท่าไร ยิ่งมีความเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น ถ้าเวลาของงานย่อยใดมีความผันแปร ( Variance ) มาก ยิ่งต้องจับเวลาหลายๆ ครั้งเพื่อที่จะให้ได้ผลที่แม่นยำ ปัญหาจึงมีอยู่ว่าถ้าต้องการระดับความน่าเชื่อถือได้ หรือความแม่นยำ ควรจะจับเวลาทั้งหมดกี่ครั้ง

ในการทำงานแต่ละงานย่อยของคนงาน จะใช้เวลาไม่เท่ากันทุกครั้ง ในการทำงานมากครั้งถือได้ว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ( Normal Distribution ) ถ้าเวลาของการทำงานมีการกระจายของค่าเฉลี่ย ( Mean ) เท่ากับ $\mu$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation ) เป็น $\sigma$

ค่าทั้งสองนี้ได้รับจากการจับเวลา จำนวน $n'$ ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งได้เวลา $x_i$ ดังนั้น

$$\mu = \sum_{i=1}^{n'} \frac{Xi}{n'}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n'}(xi-\mu)^2}{n'}}$$

เนื่องจากเป็นการเก็บตัวอย่าง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจึงเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแทนด้วย $\sigma_{\bar{x}}$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

การกำหนดขนาดของตัวอย่าง ผู้วิเคราะห์ต้องกำหนดว่าต้องการความเชื่อมั่นระดับไหน และความคลาดเคลื่อน( Precision ) เท่าใด ต้องการขนาดความเชื่อมั่น 95.5 % และค่าความคาดเคลื่อน $\pm$ 5

เมื่อ k = ตัวประกอบระดับความเชื่อมั่น

s = ความคลาดเคลื่อน

n = $\frac{k\sigma^2}{s\mu}$ = จำนวนครั้งที่ต้องจับเวลา

n' = จำนวนครั้งในการจับเวลา

k = ตัวประกอบระดับความเชื่อมั่น

ตัวประกอบของความเชื่อมั่นที่นิยมใช้ดังนี้

| ระดับความเชื่อมั่น | ค่า k |
|---|---|
| 68.3 | 1 |
| 95.5 | 2 |
| 99.7 | 3 |

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวประกอบของความเชื่อมั่น

ตาราง2.2แสดงการจับเวลารถส้มจำนวน 5 คัน การให้บริการ คันละ 10 รอบ

| รถคันที่ | รอบที่ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 40 | 50 | 45 | 41 | 47 | 40 | 40 | 40 | 44 | 40 |
| 2 | 30 | 35 | 50 | 30 | 30 | 38 | 35 | 35 | 30 | 30 |
| 3 | 20 | 20 | 45 | 32 | 20 | 20 | 45 | (50) | (15) | 22 |
| 4 | 40 | 55 | 30 | 30 | 45 | 30 | 50 | 45 | 50 | 35 |
| 5 | 40 | 45 | 40 | 42 | 50 | 30 | 45 | 30 | 51 | 35 |

หมายเหตุ เวลาที่จับหน่วยเป็น นาที

จากตาราง จะเห็นว่า รถคันที่ 3 มีระดับพิสัยสูงสุด ( งานที่มีระดับพิสัยสูงสุด จะให้จำนวนครั้งในการจับเวลามากที่สุด ซึ่งจะทำให้งานย่อยอื่นมีช่วงความเชื่อมั่น และ ความคลาดเคลื่อนที่ดีขึ้น ) ดังนั้นรถคันที่ 3 เป็นหลักในการหาจำนวนครั้งที่ต้องจับเวลา

จากตาราง 2.2 จะได้รถคันที่ 3 มีพิสัยสูงสุด จึงพิจารณารถคันที่ 3 และได้ตารางดังนี้

| เวลาเป็นนาที ( X ) | $X^2$ |
|---|---|
| 20 | 400 |
| 20 | 400 |
| 45 | 2,025 |
| 32 | 1,024 |
| 20 | 400 |
| 20 | 400 |
| 45 | 2,025 |
| 50 | 2,500 |
| 15 | 225 |
| 22 | 484 |
| $\sum X = 289$ | $\sum X^2 = 9,883$ |

$$n = \frac{k\sigma^2}{s\mu}$$

$$\text{จำนวนครั้งที่ต้องจับเวลา (n)} = \left[\frac{\frac{k}{s}\sqrt{n'\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2}}{\Sigma x_i}\right]^2$$

## 2.3 หลักเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ( Principle of Economic)

หลักเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นเป็นแนวความคิดพื้นฐานสำหรับผู้ที่ศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ดังต่อไปนี้

### 2.3.1 ความขาดแคลน ( Scarcity )

ในระบบการผลิตจะต้องใช้ปัจจัยในการผลิต ซึ่งได้แก่ วัสดุ ค่าแรงงาน เงิน เป็นต้น เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้มีอยู่จำกัด ( limited resources ) ไม่สามารถนำไปใช้ได้ ก่อนอื่นควรทำความเข้าใจคำว่า การขาดแคลน กับคำว่า สภาวะจำกัด การขาดแคลน กับสภาวะจำกัดมีความหมายที่คล้ายคลึงกัน ทรัพยากรทุกประเภทมีความจำกัดในตัวเอง แต่อาจจะไม่ขาดแคลนเลยก็ได้ ดังนั้นสรุปได้ว่าการขาดแคลนหรือไม่ขาดแคลนนั้นจะต้องเปรียบเทียบกับความต้องการของผู้บริโภค ( consumers ) อย่างไรก็ดี ความต้องการไม่มีวันจบสิ้น ( unlimited want )

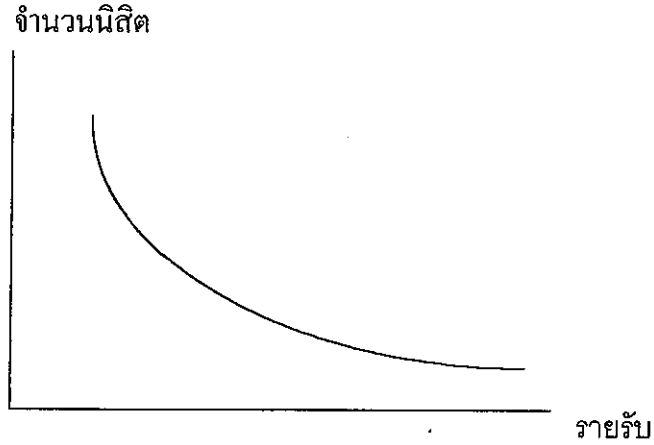
### 2.3.2 ทางเลือก

เมื่อทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตขาดแคลนไม่สามารถใช้ได้อย่างสะดวกสบาย ผู้ผลิตจะต้องหาทางเลือกการใช้ทรัพยากรที่ดีกว่าเดิมหรือประหยัดกว่าที่สุด

**2.3.3 อุปสงค์และอุปทาน**

อุปสงค์และอุปทานเป็นหลักพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์ที่แสดงพฤติกรรมระหว่างผู้บริโภคกับผู้ผลิต

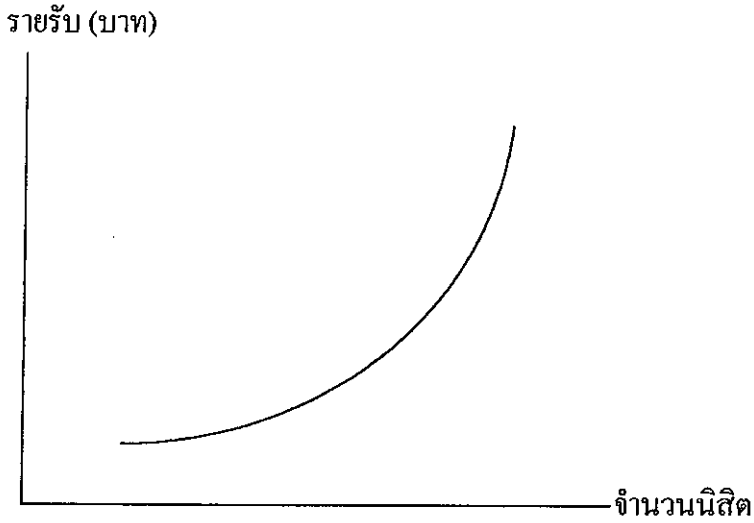
**อุปสงค์** ( demand ) หมายถึงปริมาณของความต้องการใช้บริการรถส้มที่ผู้บริการให้ความเต็มใจที่จะใช้บริการ และมีความสามารถที่จะใช้บริการได้




จากรูปแสดงการอุปสงค์ โดยเมื่อปริมาณนิสิตที่มีสูงขึ้น เป็นผลทำให้การใช้บริการรถส้มจึงมีปริมาณสูงขึ้นตามไปด้วย

**อุปทาน** ( Supply ) หมายถึงปริมาณเสนอขายสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่งในระดับต่างๆกัน โดยผู้เสนอขายจะต้องสามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ด้วยความเต็มใจ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุปทานคือ ถ้าปริมาณนิสิตในมหาวิทยาลัยมีปริมาณสูงขึ้นทางด้านฝ่ายยานพหานะของมหาวิทยาลัย ก็สามารถรองรับการให้บริการให้ได้ทั่วถึง สามารถแสดงไว้ดังรูป



เมื่อพิจารณาโดยรวมระหว่างอุปสงค์และอุปทานในเวลาเดียวกัน จะได้เสถียรภาพหรือดุลยภาพ ( equilibrium ) ของจำนวนนิสิต กับรายรับที่ได้รับจากการให้บริการ

**2.3.4 แหล่งข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม**

1. ข้อมูลฝ่ายตลาด เป็นการพยากรณ์ถึงจำนวนรายรับ ที่จะได้จากการที่นิสิตมีจำนวนมากขึ้นทุกๆปี

2. ข้อมูลทางด้านแบบสอบถาม โดยจะเป็นการสอบถามจากนิสิตที่ได้ใช้บริการรถส้ม

3. ข้อมูลทางด้านการเงิน โดยจะเป็นการเก็บข้อมูลจากฝ่ายยานพหานะ ของมหาวิทยาลัย โดยจะเก็บรายรับ รายจ่าย ที่ได้ใช้ไปในแต่ละวัน

4. ข้อมูลจากด้านอื่นๆ เช่นข้อมูลจากฝ่ายบริหารยานพหานะ พนักงานขับรถ

## 2.4 การวิเคราะห์ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน

ในการเลือกโครงการรถส้ม โดยเป็นโครงการของมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่จะให้บริการนิสิตและบุคลากรในมหาวิทยาลัย โดยจะเป็นสวัสดิการของมหาวิทยาลัย ซึ่งทางมหาวิทยาไม่คาดหวังผลกำไรที่จะได้รับ ( nonprofit ) ก็ตามแต่เพื่อเป็นการการันตีว่าการให้บริการรถส้มนั้นมีรายรับที่ได้จากการให้บริการสูงขึ้นทุกๆปี จึงเป็นเหตุผลให้มีการวิเคราะห์ถึงผลประโยชน์ที่ได้รับจากเงินที่ลงทุนไป ซึ่งประโยชน์ดังกล่าวสามารถวัดเปรียบเทียบด้วยอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน ( benefit – cost ratio; B/C ) โดยจะต้องสามารถแปลงผลประโยชน์ที่ได้รับออกมาให้เป็นมูลค่าของเงิน ส่วนเงินที่ได้ลงทุนนั้นรู้แน่นอนอยู่แล้ว อัตราผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนมีลักษณะดังสมการ

$$\text{อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C)} = \frac{\textit{ผลประโยชน์}}{\textit{เงินลงทุน}}$$

ถ้าอัตราส่วนที่ได้มากกว่า 1 แสดงว่าตัดสินใจเลือกโครงการนั้น ซึ่งเป็นเกณฑ์การยอมรับต่ำสุด แต่ถ้าอัตราส่วนที่ได้น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการนั้นไม่น่าสนใจลงทุน

ในการวิเคราะห์อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนนั้นจริงๆ แล้วมูลค่าของเงินจะอยู่ที่ ช่วงเวลาในการลงทุนแตกต่างกัน ผู้วิเคราะห์จะต้องแปลงมูลค่าเงินที่อยู่ในช่วงเวลาต่างๆ มาอยู่ที่จุดเดียวกัน อาจจะแปลงเป็นมูลค่าปัจจุบัน มูลค่าจ่ายรายปี หรือมูลค่าอนาคตก็ได้ ดังนั้นสมการจะดัดแปลงให้เหมาะสมได้ดังนี้

$$\text{อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C)} = \frac{\textit{ผลประโยชน์เทียบเท่า}}{\textit{เงินลงทุนเทียบเท่า}}$$

เมื่อ ผลประโยชน์ คือสิ่งที่เป็นประโยชนทั้งหมดต่อผู้ใช้
เงินลงทุนคือค่าใช้จ่ายทั้งหมด

**2.4.1 การคำนวณอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินที่ลงทุนโครงการเดี่ยว**

( Computation of B/C for Single Inestment )

ในการลงทุนโครงการเดี่ยว การวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะใช้เปรียบเทียบรับผลประโยชน์ที่ได้จากการลงทุนแล้วได้ผลกำไรออกมา ในกรณีของอัตราส่วนของผลประโยชน์ที่ได้มากว่า 1 แสดงว่าโครงการนั้นได้ผลประโยชน์มากกว่าการฝากธนาคาร สูตรที่ใช้ดังสมการ

$$\text{B/C} = \frac{\textit{ได้ผลประโยชน์ – เสียผลประโยชน์}}{\textit{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด}}$$

ค่าใช้จ่ายหมายถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมด เช่น ค่าซ่อมบำรุงรักษา ค่าดำเนินการ ค่าจ้างพนักงาน โดยบางครั้งจะเปรียบเทียบกับเงินลงทุนครั้งแรก ( initial invesment) ดังสมการ

$$\text{B/C} = \frac{\textit{ได้ผลประโยชน์ – เสียผลประโยชน์ – ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ}}{\textit{เงินลงทุนครั้งแรก}}$$

**สรุป** ควรจะลงทุนต่อเมื่อ $\text{B/C} > 1$

## 2.5 การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนโครงการต่างๆ บางครั้งต้องการจะทราบว่าจำนวนผลผลิตที่จะผลิตคุ้มทุนควรเป็นเท่าไรเพื่อเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจ ***จุดคุ้มทุน*** (break – even analysis ) คือจุดที่รายได้กับรายจ่ายเท่ากัน นั่นคือกำไรเป็นศูนย์นั่นเอง โดยการให้บริการรถโดยสารได้ให้บริการโดยยังขาดทุนอยู่ทำให้ต้องมีการศึกษาในการวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้ ผลกำไรที่ได้จากปริมาณทางด้านการผลิต การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเหมาะกับโครงการระยะสั้น เงื่อนไขต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดโครงการ เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงโครงการระยะสั้น เงื่อนไขต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดโครงการ เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีผลต่อการตัดสินใจคาดเคลื่อนได้ บางครั้งก็ใช้การพยากรณ์การผลิตในอนาคตได้

### 2.5.1 การคำนวณหาจุดคุ้มทุนโครงการเดี่ยว

กำหนดให้ C คือต้นทุนรวมในการให้บริการ

F คือต้นทุนคงที่

V คือต้นทุนแปรผัน

N* คือจำนวนที่ให้บริการที่จุดคุ้มทุน

N คือการให้บริการที่จุดใดๆ

v คือต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

R คือ รายได้หรือ รายรับจากการให้บริการ

P คือ กำไร

P คือ อัตราค่าบริการ ต่อ คน

ต้นทุนในการให้บริการ $(C) = F + V$ (1)

แต่ $V = vN$ (2)

แทนค่าในสมการ ( 1 ) จะได้

$$C = F + vN \quad (3)$$

$$\text{รายได้ } (R) = pN \quad (4)$$

$$\text{กำไร } (P) = \text{รายได้ } (R) - \text{ ต้นทุนรวม } (C) \quad (5)$$

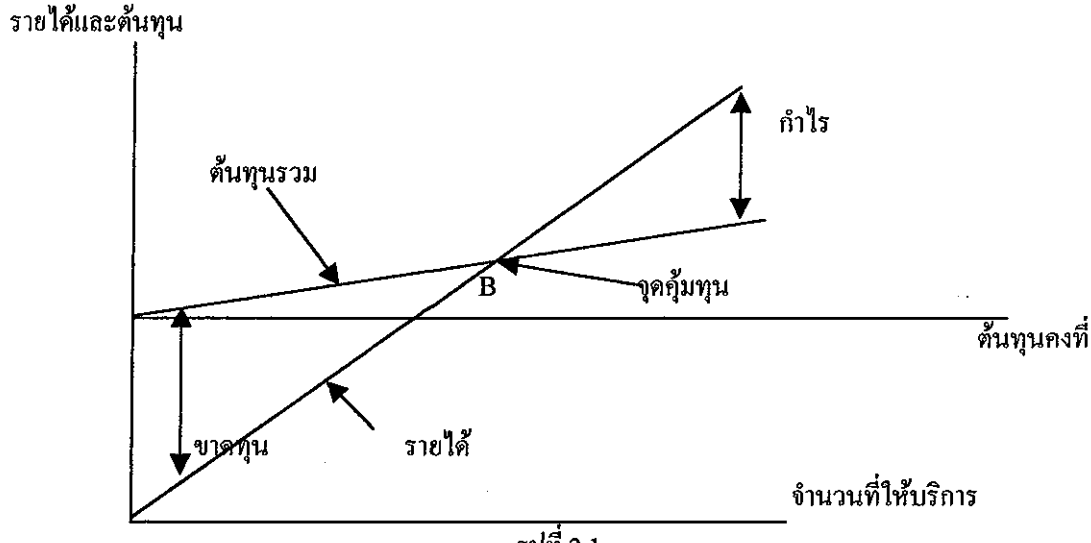
แทนค่าสมการที่ ( 3 ) และสมการที่ ( 4 ) ลงในสมการที่ ( 5 )

$$\text{กำไร } (P) = pN - (F + vN)$$

ให้กำไร ( P ) เท่ากับศูนย์ จะได้ต้นทุนเท่ากับรายได้

$$\begin{aligned} 0 &= pN - (F + vN) \\ &= pN - F - vN \\ pN - vN &= F \\ N(p - v) &= F \\ N^* &= \frac{F}{p - v} \quad (6) \end{aligned}$$

เมื่อ $N^*$ เป็นปริมาณที่จุดให้บริการคุ้มทุนพอดี จากการคำนวณดังกล่าวสามารถนำไปแสดงด้วยแผนภูมิได้ดังรูปที่ 2.1




รูปที่ 2.1

จากรูปที่ 2.1 จุด B จะเป็นจุดคุ้มทุนในการให้บริการ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างรายได้และต้นทุน กับ จำนวนที่ให้บริการ

## 2.6 วิธีการทางสถิติ

ในการตัดสินใจ มีความจำเป็นต้องทราบถึงวิธีการทางสถิติเพื่อการดำเนินการตัดสินให้อย่างเหมาะสมภายใต้จุดประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีขั้นตอนสำคัญอยู่ 5 ขั้นตอน สำหรับการตัดสินใจด้วยวิธีการทางสถิติ ดังนี้ คือ

1. การนิยามประชากร
2. การรวบรวมข้อมูล
3. การนำเสนอข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล
4. การตีความหมาย
5. การนำผลทางสถิติไปปฏิบัติเพื่อการแก้ปัญหา

### 2.6.1การนิยามประชากร

ในการตัดสินใจทางสถิติ จะเรียกสิ่งที่ต้องการตัดสินใจนั้นว่า "ประชากร ( Population )" และจะเรียกลักษณะสมบัติเชิงตัวเลข ( Numerical Characteristic ) ของประชากรนั้นว่า "พารามิเตอร์ (Parameter )"

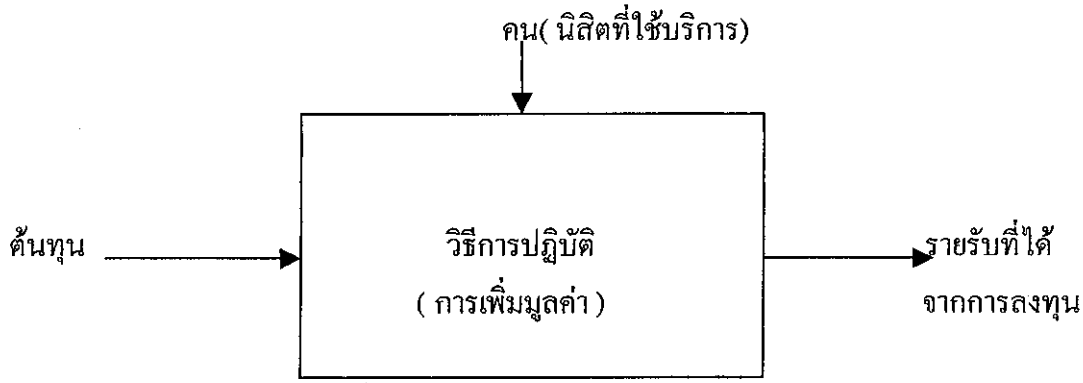
ในทางวิศวกรรมอาจนิยาม "ประชากร" ได้ว่าเป็นการรวบรวมสิ่งที่สนใจไว้ โดยอาจหมายถึงกระบวนการในด้านการดำเนินการ

ในการนิยามประชากรนั้น จะต้องอาศัยความรู้ทางวิศวกรรมเทคโนโลยีแต่ละสาขา อาทิ การนิยามประชากรในมหาวิทยาลัยในแต่ละปีว่ามีจำนวนสูงขึ้นเพียงใดในแต่ละปีการศึกษา

แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับอุตสาหกรรมในประเทศไทยนั้น ลำพังความรู้ด้านวิศวกรรมเทคโนโลยีอาจไม่สามารถทำให้ผู้ตัดสินใจนิยามประชากรได้ ทั้งนี้เนื่องจากส่วนใหญ่แล้ว วิศวกรไทยในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ยังเป็นเพียงผู้บริโภคเทคโนโลยีเท่านั้น ทำให้มีความเข้าใจในด้านวิศวกรรมเทคโนโลยีแขนงนั้นๆ ไม่มากนัก ดังนั้น ในการนิยามประชากร จึงมีความจำเป็นต้องอาศัยวิศวกรรมการบริหารเข้าช่วยด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิควิศวกรรมอุตสาหการ ( Industial Engineering - IE ) นั้นถือได้ว่าเป็นเทคนิคที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการช่วยวิศวกรในการนิยามประชากร ทั้งนี้ด้วยการอาศัยการสร้างมาตรฐานในการปฏิบัติงาน ( Standard Operation ) ก่อน โดยผ่านทางเทคนิคการศึกษาวิธีการ ( Method Study)

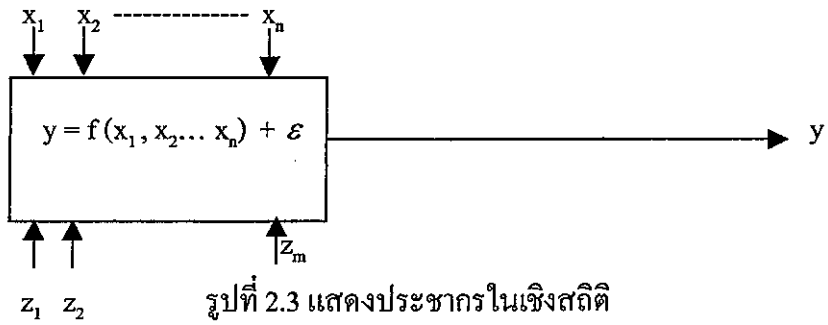
ดังนั้น ในการนิยามประชากรเพื่อการศึกษาและการตัดสินใจ จึงควรเริ่มต้นจากการกำหนดจุดประสงค์ให้ชัดเจน แล้วอาศัยเทคนิคการศึกษาวิธีการในการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานดังกล่าว โดยการนิยามประชากรนี้ ให้ทำการระบุด้วยว่า มีตัวแปรอะไรที่สามารถที่จะควบคุมได้ ( Controllable Factor ) และมีตัวแปรอะไรบ้างที่ไม่สามารถควบคุมได้ ( Uncontrollable Factor ) ทั้งนี้ การนิยามประชากรดังกล่าว จะต้องได้จากการศึกษาและการสังเกตจากสถานที่จริง สภาพจริง และบนสิ่งของที่เป็นจริง หรืออาจเรียกว่า หลักการ "3 จริง" โดยไม่ควรนิยามจากความเข้าใจทฤษฎี หรือหุ่นจำลอง ( Model ) เพราะจะทำให้การนิยามประชากรเป็นไปอย่างไม่ถูกต้อง

ตัวแบบของประชากรในงานทางวิศวกรรม ควรจะมีการกำหนดเป็นกล่องดำ(Black Box) ดังรูปที่ 2.2




รูปที่ 2.2 แสดงประชากรในเชิงบริหาร

เนื่องจากสถิติเป็นศาสตร์ที่ตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน ดังนั้นตัวแบบของประชากรทางสถิติ จึงมีความจำเป็นต้องมีการนิยามใหม่ ให้ปรากฏในรูปพารามิเตอร์ที่สามารถระบุได้ดังแสดงในรูปที่ 2.3

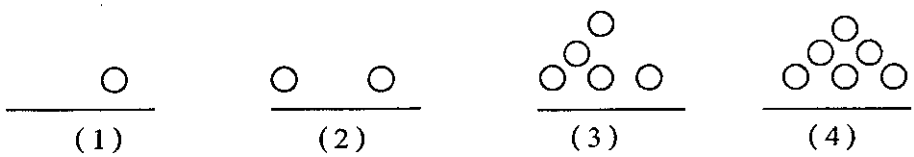



รูปที่ 2.3 แสดงประชากรในเชิงสถิติ

จากรูป 2.3 ลักษณะประชากรจะอธิบายได้ด้วยข้อมูล ( y ) ซึ่งมีค่าแต่ละค่าแปรเปลี่ยนไป โดยค่าแต่ละค่าจะเป็นอิสระต่อกันไม่สามารถคาดเดาได้ ( Independence ) ทั้งนี้สืบเนื่องมาจาก

อิทธิพลของตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยในทางวิศวกรรมจะอธิบายได้ถึง *"ความสามารถ ( Capability)"* อันเนื่องมาด้วยจากการออกแบบ และเรียกลักษณะการแปรเปลี่ยนที่เป็นอิสระนี้ว่า *"ความเบี่ยงเบน (Variability)"* ซึ่ง Dr. Walter A. Shewhart (1931) เรียกสาเหตุความเบี่ยงเบนอันเนื่องจากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมนี้ได้ว่า*"สาเหตุจากธรรมชาติ (Chance Cause)"* และ Dr. Edwards Deming ( 1982 ) เรียกสาเหตุของความเบี่ยงเบนประเภทนี้ ( ซึ่งเกิดมาจากระบบอันเนื่องมาจากการออกแบบ ) ว่า สาเหตุธรรมดา ( Common Cause )

แต่อย่างไรก็ดี แม้ว่าความเบี่ยงเบนนี้จะมีผลทำให้ข้อมูลที่ได้มีค่าไม่เท่ากัน อย่างอิสระก็ตามแต่ถ้าหากการนิยามประชากรเป็นไปอย่างถูกต้องแล้ว ค่าของข้อมูลภายใต้สาเหตุ ความเบี่ยงเบนจากธรรมชาตินี้ จะมีการฟอร์มรูปขึ้นเสมอเป็นตัวแบบที่คงที่ โดยมีแนวโน้มสู่เข้าหาค่าค่าหนึ่งซึ่งเป็นค่าที่ควรจะเป็นเนื่องมาจากตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ของประชากร โดยลักษณะของความเบี่ยงเบนจากสาเหตุธรรมชาตินี้ จะแสดงให้ง่ายขึ้นด้วยรูปที่ 2.4




รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะความเบี่ยงเบนจากสาเหตุธรรมชาติของประชากร

ในการนิยามตัวแบบประชากรที่ไม่ถูกต้องอันเนื่องมาจากการขาดการสังเกตหรือการขาดความรู้ความเข้าใจทางด้านวิศวกรรมเทคโนโลยีและวิศวกรรมการบริหารนั้น จะมีผลทำให้ได้ข้อมูลที่เกิดจากภาวะที่มิได้ควบคุมตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ อันจะมีผลทำให้ตัวแบบของความเบี่ยงเบนเลื่อนไปเป็นตัวแบบเส้นประ ( ดังรูปที่ 2.3 ) อันมีผลทำให้ข้อมูลมีความเบี่ยงเบนที่ผิดธรรมชาติ ซึ่งเทคนิคทางสถิติ จะไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ โดย Dr. Walter A. Shewhart (1931)เรียกสาเหตุของความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจากมิได้ควบคุมสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้อันมีผลทำให้ค่าที่ควรจะเป็นของประชากรเลื่อนไปนี้ว่า"สาเหตุจากความผิดพลาด(Assignable Cause )" และ Dr. Edwards Deming ( 1982 ) เรียกสาเหตุของความเบี่ยงเบนประเภทนี้ ซึ่งเกิดจากความบกพร่องในการปฏิบัติประเภทนี้ ว่าสาเหตุไม่ธรรมดา ( Special Cause )

ดังนั้น ในการนิยามประชากรทางสถิติจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ศึกษาจะต้องพิจารณาว่าข้อมูลของประชากรมีค่าไม่เท่ากันอย่างอิสระ และมีตัวแปรที่คงที่หรือไม่ มิฉะนั้นแล้ว มีความจำเป็นต้องนิยามใหม่ ทั้งนี้เนื่องจากเทคนิคต่างๆ ทางสถิติจะไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความ

เบี่ยงเบนจากความผิดพลาดได้ โดยการตรวจสอบความถูกต้องของการนิยามประชากร อาจจะอาศัยข้อมูลเบื้องต้น ทางสถิติ

**2.6.2 การรวบรวมข้อมูล**

ข้อมูล ( Data ) ถือว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในวิธีการทางสถิติ ซึ่งในสถิตินั้นข้อมูลอาจจะมาจากประชากรโดยตรง หรือได้มาจากสิ่งตัวอย่าง ( Sample ) ซึ่งได้มาจากการชักสิ่งตัวอย่าง ( Sampling) จากประชากรก็ได้ แต่สำหรับในสถิติเชิงอนุมานแล้ว จะต้องได้มาจากสิ่งตัวอย่างเท่านั้น

ข้อมูลในทางสถิติสำหรับวิศวกรรม จำแนกได้ 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. ข้อมูลจากการแจงนับ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการนับสมาชิกประชากร หรือสิ่งตัวอย่างโดยปกติแล้วจะมีลักษณะแบบช่วง ( Discrete Data )

2. ข้อมูลจากการวัด ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดสมาชิกแต่ละตัวของประชากร หรือสิ่งตัวอย่าง โดยปกติแล้วจะมีลักษณะแบบต่อเนื่อง ( Continuous Data )

ในการรวบรวมข้อมูลได้แบ่งรายละเอียดในการเก็บข้อมูลและรวบรวมข้อมูลดังนี้

2.6.2.1 ทฤษฎีการชักสิ่งตัวอย่าง ( Sampling Theory )

ในการรวบรวบสิ่งตัวอย่างในการวิเคราะห์ มีความจำเป็นต้องสนใจถึงหลักการของการได้มาซึ่งสิ่งตัวอย่างที่รวบรวมสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจของประชากรได้ครบถ้วน และโดยทั่วไป อาจจะสรุปได้ว่า การชักสิ่งตัวอย่างสามารถดำเนินการได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆคือ

1. การชักตัวอย่างที่ไม่อาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น ( Nonprobability Samping) ซึ่งเป็นการชักตัวอย่างโดยไม่สนใจกฎแห่งโอกาส ( Law of Chance ) ของการได้มาซึ่งสิ่งตัวอย่าง แต่จะคำนึงถึงความสะดวกในการรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่าย และเวลาในการวิเคราะห์

วิธีการชักสิ่งตัวอย่างประเภทนี้ได้แก่

- การชักสิ่งตัวอย่างโดยอาศัยโควต้า (Quota Sampling)
- การชักสิ่งตัวอย่างโดยอาศัยการตัดสินใจ ( Judgement Sampling )

2. การชักสิ่งตัวอย่างที่อาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability Sampling) ซึ่งเป็นการชักสิ่งตัวอย่างโดยสนใจถึงกฎแห่งโอกาสของการได้มาซึ่งสิ่งตัวอย่าง ด้วยหลักการสุ่ม (Randomization) อันหมายถึง การพยายามให้โอกาสเท่าๆ กัน แก่สมาชิกของประชากรที่จะได้

รับการชักสิ่งตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันความลำเอียง ( Biss) ในการชักสิ่งตัวอย่าง และจะมีผลทำให้สิ่งตัวอย่างที่ได้มีการกระจายของความเบี่ยงเบนจากสาเหตุธรรมชาติอย่างสมดุล

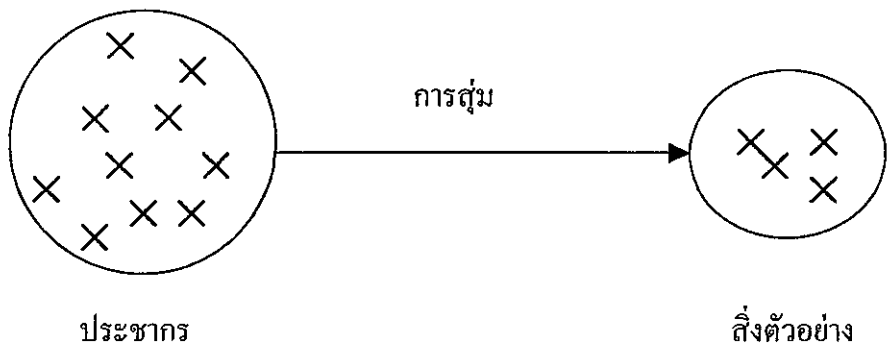
วิธีการชักสิ่งตัวอย่างประเภทนี้ ได้แก่

- การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่ม ( Random Sampling )
- การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มเป็นพวก ( Stratified Random Sampling )
- การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มหลายชั้น ( Multi-stage Random Sampling )
- การชักสิ่งตัวอย่างแบบประมาณสัดส่วน ( Ratio Estimation)
- การชักสิ่งตัวอย่างแบบหลายหมู่ (Cluster Sampling)

ซึ่งจากการศึกษา จึงจะพิจารณาในการประยุกต์ใช้เฉพาะ 3 วิธีแรกเท่านั้น

- การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่ม ( Random Sampling )

การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่ม จะหมายถึงวิธีการเลือกสิ่งตัวอย่างที่ทำในลักษณะที่ให้ทุกๆ หน่วย ในประชากรได้รับการเลือกเท่าๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 2.5




รูปที่ 2.5 แสดงการชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่ม

โดยการชักกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มนี้ยัง สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1. การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย ( Sample Random Sampling ) คือ วิธีการสุ่มตัวอย่างให้สมาชิกทุกๆ หน่วยในประชากรมีโอกาสเท่าๆ กัน ที่ได้รับเลือกเป็นสิ่งตัวอย่าง

ในทุกๆ ครั้งของการชักสิ่งตัวอย่าง ซึ่งโดยปกติแล้ว วิธีการชักสิ่งตัวอย่างแบบนี้จะค่อนข้างง่าย ไม่สลับซับซ้อน แต่อาจจะไม่เหมาะสมกับกรณีที่มีการชักสิ่งตัวอย่างจำนวนมาก และมีเวลาไม่มากนัก เช่น การชักสิ่งตัวอย่างแบบต่อเนื่องในสายงานประกอบ

2. การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มอย่างมีระบบ (Systematic Random Sampling) คือการสุ่มตัวอย่างที่อาศัยการแบ่งสมาชิกในประชากรเป็นช่วงๆ ( Interval ) โดยอาจจะเป็นช่วงของหน่วยผลิต ( Unit Interval ) หรือหน่วยของเวลา (Time Interval) ก็ได้แล้วแต่การสุ่มระหว่าง 0 ถึง $\frac{N}{n}$ ซึ่งเป็นตัวระบุช่วงดังกล่าว โดยที่

N = จำนวนสมาชิกในประชากร

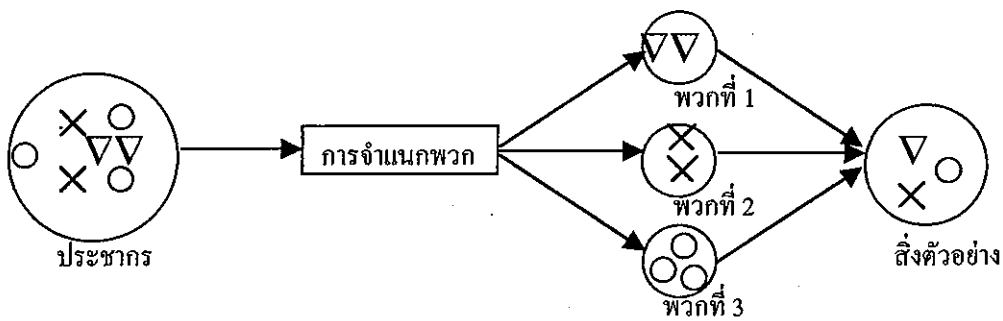
n = จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ต้องการ

I = $\frac{N}{n}$ = ช่วงของการชักตัวอย่าง ( Sampling Interval )

ตัวอย่างเช่น ถ้าได้ตัวเลขสุ่มขึ้นมาเป็น R ก็จะทำการกำหนดสิ่งตัวอย่างในหน่วยหรือเวลาที่ R , R + I , R + 2I,...,R + ( n - 1)

- การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มเป็นพวก ( Stratified Random Sampling )

การชักตัวอย่างแบบสุ่มเป็นพวก หมายถึง แผนแบบการเลือกสิ่งตัวอย่างจากประชากรที่มีการแบ่งสมาชิกออกเป็นกลุ่มๆ ตามลักษณะสมบัติที่สนใจ โดยหลักการสำคัญของการชักสิ่งตัวอย่างแบบนี้ คือ จะต้องพยายามแบ่งประชากรออกเป็นพวก โดยให้ภายในแต่ละพวกมีสมาชิกที่คล้ายคลึงกันมากที่สุด แต่ให้สมาชิกระหว่างพวกมีความแตกต่างกันมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2.6.5



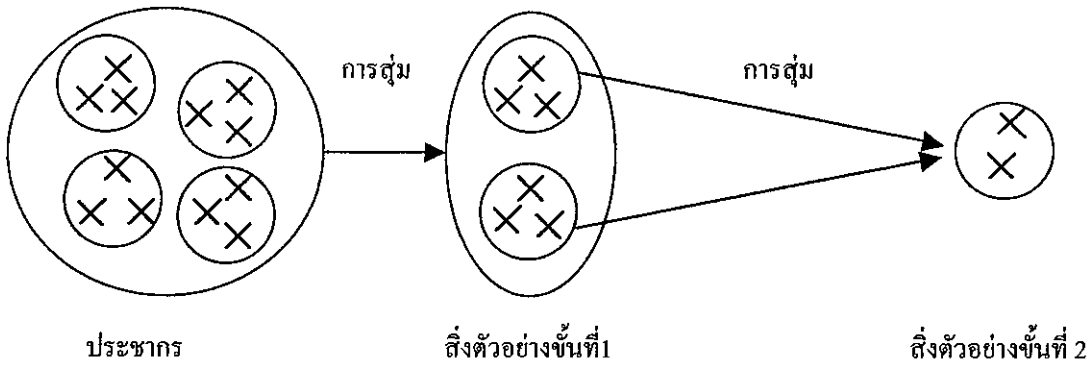

รูปที่ 2.6 แสดงการชักสิ่งตัวอย่างแบบเป็นพวก

ข้อดีของการชักสิ่งตัวอย่างแบบนี้ ประกอบด้วย ( 1 ) ทำให้สิ่งตัวอย่างที่แทนด้วยตัวแทนประชากรทุกประเภทที่สนใจศึกษา ( 2 ) ทำให้ได้ผลการตัดสินใจในระดับย่อย คือ เป็นระดับกลุ่มสำคัญๆ ของประชากรได้( 3 )ทำให้ได้วิธีการเลือกสิ่งตัวอย่างต่างๆ กันได้สำหรับพวกที่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตาม การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มเป็นพวกนี้ ก็มีข้อเสียอยู่เช่นกัน ประกอบด้วย ( 1 ) ถ้าหากมีการแบ่งจำนวนพวกในประชากรมากเกินไป จะมีผลทำให้ขนาดของสิ่งตัวอย่างสูงขึ้น ( 2 ) ในการแบ่งประชากรออกเป็นพวกๆ จะทำให้เกิดปัญหาในการประมาณผล

- การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มหลายชั้น ( Multi-stage Random Sampling )

การชักตัวอย่างแบบสุ่มหลายชั้น หมายถึง วิธีการเลือกสิ่งตัวอย่างที่กำหนดเป็นหลายๆชั้น เช่น อาจจะมีการสุ่มจำนวนนิสิตบนรถ และทำการสุ่มจากสิ่งตัวอย่างเช่น ขึ้นรถมาจากที่ไหน คณะไหน เวลากี่โมง และเป็นเวลาหลังเลิกเรียนวิชาไหน โดยจะเป็นการชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มหลายๆ ชั้น โดยการสุ่มแบบหลายชั้นนี้ อาจจะมีการแบ่งออกเป็นการสุ่มแบบสองขั้นตอน การสุ่มแบบสามขั้นตอน เป็นต้นโดยแสดงไว้ดังรูปที่ 2.7 แสดงการชักตัวอย่างแบบ 2 ขั้นตอน




รูปที่ 2.7 แสดงการชักสิ่งตัวอย่างแบบ 2 ขั้นตอน

2.6.2.2 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Random Sampling)

การเลือกกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัย ที่นิยมใช้มีอยู่ดังนี้

- การสุ่มแบบง่าย ( Simple Random Sampling )

ทำการสุ่มตัวอย่างจนครบจำนวนตามที่ต้องการ มีวิธีการ 3 วิธี คือ วิธีการจับฉลาก หรือ ใช้วิธีตารางเลขสุ่ม

- การสุ่มแบบเป็นระบบ ( Systematic Sampling)

ทำการกำหนดตัวเลขสมาชิกแต่ละหน่วย จากนั้นหาช่วงที่จะเลือกสมาชิก จาก สูตร N/n เมื่อ N แทนจำนวนประชากร n แทนจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการเลือก เช่น ประชากรนิสิตมีจำนวน 100 คนต้องการสุ่มมา 20 คน ช่วงที่จะเลือกสมาชิกเท่ากับ 100/20 = 5 ต่อมาเลือกสมาชิกหน่วยแรก โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายกับสมาชิกช่วงแรก นั่นคือสุ่มระหว่างหมายเลข 1 ถึง 5 สมมุติสุ่มได้หมายเลข 3 ตัวอย่างคนแรกก็คือ หมายเลข 3 คนต่อๆ ไป คือ หมายเลข 8 , 13 , 18 ... เป็นต้น

- การสุ่มแบบแบ่งชั้น ( Stratified Random Sampling )

กรณีที่จำนวนประชากรแบ่งออกเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นมีความแตกต่างกัน แต่ภายในชั้นจะมีสมาชิกที่คล้ายคลึงกัน

- การสุ่มแบบเป็นกลุ่ม ( Cluster Random Sampling )

กรณีที่สมาชิกแบ่งออกเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มมีความคล้ายคลึงกัน เช่นจำนวนนิสิตที่ใช้บริการรถส้ม ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกัน จึงสามารถสุ่มได้ทั้งหมด หรือ สุ่มเพียงบางกลุ่มที่ใช้บริการรถส้ม

- การสุ่มแบบหลายขั้นตอน ( Multi – Stage Sampling)

เป็นการสุ่มตั้งแต่ 3 ขั้นขึ้นไป เช่น การสุ่ม ห้องเรียน ในมหาวิทยาลัย ที่สุ่มมา 50 % เป็นต้น

**2.6.3 การนำเสนอข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล**

หลักจากการรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีการนำเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปของกราฟ ตารางแจกแจงความถี่ แผนภูมิ หรือแผนภาพต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจในลักษณะข้อมูลเพื่อการตีความ และในเวลาเดียวกันจะต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจด้วย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น สิ่งที่ต้องคำนึง คือ จุดประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อมูล เพราะถ้าหากไม่ได้คำนึงถึงจุดประสงค์ของการวิเคราะห์แล้ว ผู้วิเคราะห์มักจะให้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งอยู่เป็นจำนวนมากนั้นเป็นจุดประสงค์ไป ทั้งๆที่ ควรจะให้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นวิธีการที่จะทำให้บรรตามจุดประสงค์นั้น

ป HE
5693
.55
.A6
ม1660
2541

4740379
20 ก.ค. 2547
สำนักหอสมุด

**2.6.4 การตีความหมาย**

ขั้นตอนการตีความหมายนี้ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากที่สุดอีกขั้นตอนหนึ่งของวิธีการทางสถิติ โดยขั้นตอนนี้มีความจำเป็นที่ผู้วิเคราะห์จะต้องแปลผลจากภาษาคณิตศาสตร์ให้เป็นภาษาทางวิศวกรรมศาสตร์ให้ได้ ทั้งนี้เพื่อการนำแผนไปปฏิบัติต่อไป

**2.6.5 การนำผลทางสถิติไปปฏิบัติเพื่อการแก้ปัญหา**

ภายหลังจากการตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว ผู้ศึกษาควรจะมีการยืนยันผลการทดลอง( Confirmation ) อีกครั้ง ด้วยการทดลองปรับพารามิเตอร์ของประชากรหรือกระบวนการให้อยู่ในค่าที่กำหนด แล้วพิจารณาดูว่ารูปแบบความเบี่ยงเบนของประชากรอยู่ในลักษณะใด ตรงกับการวินิจฉัยหรือไม่ ถ้าไม่ตรงกับที่วินิจฉัยไว้ ก็มีความจำเป็นที่ผู้วิเคราะห์จะต้องย้อนกลับไปวิเคราะห์อีกครั้งว่า เกิดขึ้นจากความผิดพลาดในขั้นตอนใดของวิธีการ แต่ถ้าหากพบว่ารูปแบบความเบี่ยงเบนประชากร ภายหลังการปรับค่าพารามิเตอร์เป็นไปตามที่ได้วินิจฉัยไว้แล้ว ก็ให้ดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขถาวรต่อไป

**ค่าสถิติที่สำคัญ** ( Some Important Statistic )

จุดประสงค์ของการสุ่มตัวอย่างก็เพื่อใช้ตัวอย่างเป็นตัวแทนประชากร ทั้งหมด ในการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของประชากร

**ค่าเฉลี่ย** ถ้า $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีจำนวน n ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของตัวอย่างขนาด n นี้คือ

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

**ค่าพิสัย** ค่าพิสัยของตัวแปรสุ่ม $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ คือค่าสถิติที่มีค่า $X_n - X_1$ เมื่อ $X_n$และ $X_1$ เป็นค่าสังเกตของตัวอย่างที่มีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดตามลำดับ

**ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง** $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีขนาด n ค่าความแปรปรวนของตัวอย่างคือ ค่าสถิติ $s^2$ โดย

$$s^2 = \frac{\left(n\sum_{i=1}^{n}X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n}X_i\right)^2\right)}{n(n-1)}$$

**ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง** ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง หรือ ค่า s คือค่ารากที่สองของค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง และเป็นค่าบวก

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

## 2.7 ตัวแบบจำลองสถานการณ์( Simulation Model)

ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ ( Simulation Model) เป็นตัวแบบเชิงปริมาณที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นตัวแปลที่มีความยืดหยุ่นสูง สามารถสร้างให้เข้ากับสภาพปัญหาทุกรูปแบบ โดยการใช้หลักการทางสถิติจำลองสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์สภาพการดำเนินงาน คาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ประเมินผลทางเลือกต่างๆที่มีอยู่ ช่วยในการวางแผน แก้ปัญหา และตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวแบบการจำลองสถานการณ์มีลักษณะที่แตกต่างจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์อื่นๆ โดยตัวแบบจำลองสถานการณ์เป็นตัวแบบลักษณะ descriptive model เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงนั้นไม่สามารถใช้ตัวแบบที่ต้องการหาผลเฉลยเหมาะที่สุดได้ เพราะลักษณะที่ไม่เป็นไปตามสมมติฐานของตัวแบบนั้นๆ จึงต้องใช้ตัวแบบสร้างขึ้นสำหรับปัญหานั้นโดยเฉพาะ ตัวอย่าง เช่น การตัดสินใจในการให้บริการรถสัมบริเวณคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ โดยแต่ละวันมีจำนวนผู้ใช้บริการไม่เท่ากันหรือแตกต่างกันไป บางวันอาจใช้บริการอยู่ 100 คน แต่บางวัน อาจใช้บริการอยู่ 75 คน เป็นต้น ทำให้ไม่สามารถใช้ตัวแบบปริมาณสั่งประหยัดสุดได้ ในกรณีเช่นนี้ผู้บริหารจำเป็นต้องนำตัวแบบการจำลองสถานการณ์มาช่วยในการแก้ปัญหา โดยสร้างเหตุการณ์จำลองความต้องการที่จะใช้บริการของนิสิตที่เกิดขึ้นจริง เป็นเครื่องช่วยในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

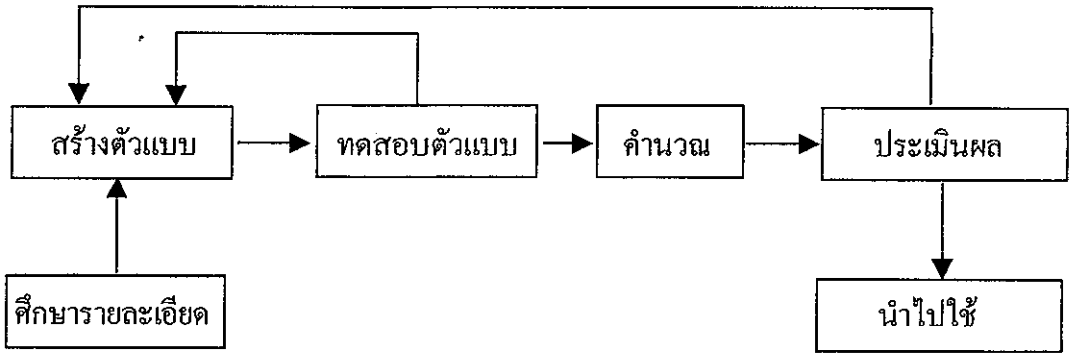
ตัวแบบจำลองสถานการณ์มิได้มุ่งเน้นการหาผลเฉลยเหมาะที่สุดในการแก้ปัญหา แต่เน้นที่ว่าในบรรดาทางเลือกที่หยิบยกขึ้นมาพิจารณาภายใต้ข้อมูลที่มีอยู่นั้นทางเลือกใดน่าพอใจที่สุด แต่ในปัจจุบันซึ่งวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถหาผลเฉลยที่ดีขึ้น

หรือใกล้เคียงกับผลเฉลยเหมาะที่สุดได้มากขึ้น เนื่องจากการใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์สามารถหยิบยกมาเลือกมาพิจารณาได้มากขึ้น

**2.7.1 ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์**

ในการจำลองสถานการณ์มีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1) ศึกษารายละเอียดของปัญหา
2) สร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์
3) ทดสอบตัวแบบการจำลองสถานการณ์
4) คำนวณ
5) ประเมินผล
6) นำไปใช้




รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์

**2.7.2 การสุ่มตัวอย่างแบบมอนติคาร์โล**

ในการคำนวณตัวแบบการจำลองสถานการณ์จะจำลองพฤติกรรมของปัญหาที่เกิดขึ้นจริงๆ จึงต้องใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการสุ่มตัวอย่าง ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ การสุ่มตัวอย่างแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Sampling) เป็นกระบวนการหนึ่งในการสุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ร่วมกับการจำลองสถานการณ์ที่มีความน่าจะเป็นเข้ามาเกี่ยวข้อง

## 2.8 การวิเคราะห์ความไว ( Sensitivity Analysis )

การวิเคราะห์ความไว จะใช้หลักการในการวิเคราะห์จากส่วนต่าง ๆ ว่ามีผลต่อการ เพิ่มประสิทธิภาพรถโดยสารขนาดเล็กหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ความไวได้ทำการศึกษาจากการหาประสิทธิภาพเดิมที่มีอยู่เดิมแล้วทำการเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นมาใหม่ โดยจะเป็นการวิเคราะห์ความไวโดยการศึกษา จากจุดคุ้มทุน และอัตราส่วน B/C จากนั้นวิเคราะห์ความไวโดยการปรับปรุงส่วนต่างๆ ที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพ