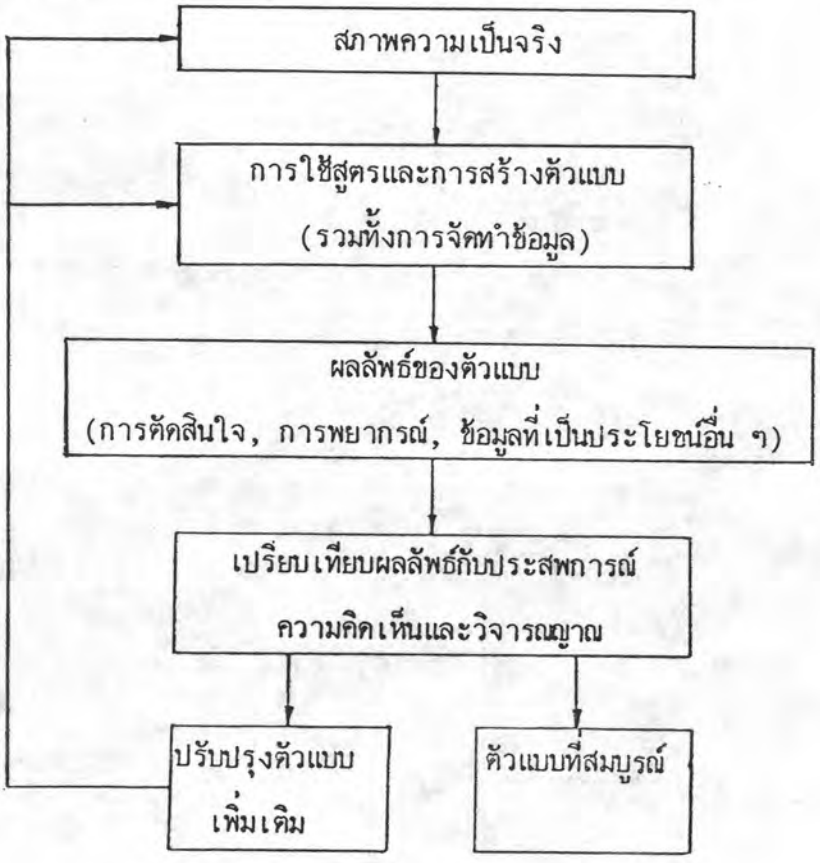
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ทฤษฎีโปรแกรมนอนลิเนียและการจำลองแบบ

การตัดสินใจแก้ปัญหาในปัจจุบัน มีแนวโน้มที่จะใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีการเชิงปริมาณ ช่วยในการตัดสินใจแก้ปัญหาทางด้านการจัดการมากขึ้น แทนการใช้วิจารณญาณเพียงอย่างเดียวดังเช่นในอดีต ทั้งนี้ก็เพราะวิธีการเชิงปริมาณได้มีการพัฒนาให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนก็สามารถแก้ไขได้ง่ายขึ้นด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ รูปที่ 3.1 จะเป็นผังงาน[1] แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในการสร้างตัวแบบการแก้ไขปัญหาเพื่อประยุกต์กับสภาพความเป็นจริง

รูปที่ 3.1 ผังงานแสดงความสัมพันธ์ของการสร้างตัวแบบเพื่อประยุกต์ให้เข้ากับสภาพความเป็นจริง



[1] G.D. Eppen, F.J. Gould and C.P. Schmidt, Introductory Management Science (New Jersey : Prentice-Hall, Inc., 1987), P. 17.

จากผังงานตามรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าตัวแบบจะถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจควบคู่กับประสพการณ์ ความคิดเห็นและวิจารณญาณของผู้บริหารเสมอเพื่อให้เกิดตัวแบบที่สมบูรณ์ เนื่องจากตัวแบบเป็นเพียงการจำลองและประมาณค่าต่าง ๆ ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ดังนั้นการตัดสินใจจะถูกต้องเพียงไรย่อมขึ้นอยู่กับความถูกต้องของตัวแบบที่สร้างขึ้นด้วย ในการศึกษานี้จะประกอบด้วยเรื่องโปรแกรมนอนลิเนีย (nonlinear programming) และบางส่วนของการจำลองแบบ (simulation) เพื่อประยุกต์เข้ากับการลงทุนในหลักทรัพย์

ตัวแบบโปรแกรมนอนลีเนีย (nonlinear programming model)

ตัวแบบโปรแกรมนอนลิเนีย เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการตัดสินใจแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ที่มีความสัมพันธ์ของตัวแปรอยู่ในลักษณะอื่น ๆ ที่ไม่เป็นเส้นตรง โปรแกรมนอนลีเนียนี้มีลักษณะคล้ายกับโปรแกรมเชิงเส้นตรง แต่มีความซับซ้อนกว่าและแก้ปัญหาได้ยากลำบากกว่า

การจำแนกประเภทของโปรแกรมนอนลีเนีย

เนื่องจากโปรแกรมนอนลีเนียมีรูปแบบมากมายหลายชนิด อีกทั้งยังมีเทคนิคในการแก้ปัญหาแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของแต่ละตัวแบบ จึงจำแนกประเภทของโปรแกรมนอนลีเนีย [2] ดังนี้

1. จำแนกประเภทตามส่วนประกอบของปัญหา

   1.1 ตัวแบบที่มีข้อจำกัดและไม่มีข้อจำกัด

      1.1.1 มีเฉพาะสมการเป้าหมาย แต่ไม่มีข้อจำกัด

      1.1.2 มีทั้งสมการเป้าหมายและสมการข้อจำกัด

---

[2] David M. Himmelban, Applied Nonlinear Programming (New York : McGraw-Hill Book Company), P. 50.

1.1.3 มีสมการเป้าหมายและข้อจำกัดเป็นอสมการ

1.1.4 มีสมการเป้าหมายและข้อจำกัดทั้งเป็นสมการและอสมการ

1.2 Discrete (Integer) and Continuous variables

1.3 ตัวแบบที่มีลักษณะแน่นอนทางคณิตศาสตร์ เช่น quadratic เป็นต้น

2. จัดประเภทตามลักษณะวิธีการแก้ปัญหา

2.1 Derivative and Derivative-free (search)

2.2 Analytical and Numerical derivatives

2.3 First-order and Second-order derivatives

2.4 Gradiant and Gradiant-free

2.5 Small step and Large step gradiant

2.6 Simultaneous iteration on all variables and relation (one variable at a time) in a search technique.

2.7 Interior and exterior point methods

2.8 Deterministic and Random search

2.9 Feasible and non-feasible starting vector

3. จัดประเภทตามแบบของคอมพิวเตอร์ที่ใช้แก้ปัญหาได้แก่ digital hybrid และ analog

4. จัดประเภทตามภาษาของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้

<u>ลักษณะทั่วไปของตัวแบบโปรแกรมนอนลีเนีย</u>

ดังได้กล่าวไว้ข้างต้นว่าประเภทของตัวแบบมีแตกต่างกันหลายชนิด ถึงแม้ว่าการอธิบายตัวแบบสามารถอธิบายได้ในลักษณะพรรณา แต่การใช้สัญญลักษณ์และเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์แทนตัวแบบจะให้ความหมายที่ไม่คลุมเคลือและชัดเจนกว่า ซึ่งลักษณะทั่วไปของตัวแบบโปรแกรมนอนลีเนียมีดังนี้

$$\text{Maximize (Minimize) } f(X, X_1, \ldots\ldots, X_n)$$

subject to the constraints that

$$g1(X, X_1, \ldots\ldots X_n) \begin{matrix}\leq \\ = \\ \geq\end{matrix} b1$$

$$g2(X, X_1, \ldots\ldots X_n) \begin{matrix}\leq \\ = \\ \geq\end{matrix} b2$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$gm(X, X_1, \ldots\ldots X_n) \begin{matrix}\leq \\ = \\ \geq\end{matrix} bm$$

เมื่อฟังก์ชั่น f คือ ฟังก์ชั่นเป้าหมาย (objective function or pay-off function) ตัวแบบจะระบุเป้าหมายสูงสุดหรือต่ำสุดตามปัญหาที่ต้องการแก้

ตัวแปร X1 ,...Xn คือ ตัวแปรของการตัดสินใจ (decision variable)

ฟังก์ชั่น g1 ,...gm คือ ฟังก์ชั่นข้อจำกัด (constraint function)

ค่า b1 ,....bm คือ ค่าพารามิเตอร์ (parameter)

ค่าตัวแปรใด ๆ ก็ตามที่ถูกคัดเลือกเพื่อให้ได้ค่าตามเป้าหมาย จะต้องสอดคล้องกับฟังก์ชั่นข้อจำกัดด้วย

<u>การแก้ปัญหาโปรแกรมนอนลีเนียโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป GINO[3]</u>

เนื่องจากตัวแบบโปรแกรมนอนลีเนียมีหลายตัวแบบ และเทคนิคการแก้ปัญหาก็แตกต่างกันไป โดยส่วนใหญ่ตัวแบบที่มีความซับซ้อนจะแก้ปัญหาด้วยคณิตศาสตร์ชั้นสูง ซึ่งบางตัวก็แก้ปัญหาได้ยากลำบาก ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้แก้ปัญหาโปรแกรม

---

[3]GINO ย่อมาจาก General Interactive Optimizer

นอนลีเนีย ซึ่งให้ความสะดวกในการแก้ปัญหามาก อีกทั้งยังใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าการคำนวณด้วยมือ GINO เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปอันหนึ่งสำหรับแก้ปัญหาของตัวแบบโปรแกรมนอนลีเนียที่มีรูปแบบทั่วไป มีขอบเขตของการคำนวณตัวแบบได้กว้างมาก สามารถแก้ปัญหาตัวแบบได้หลายชนิดเช่น ฟังก์ชั่นกำลังสอง ฟังก์ชั่นตรีโกณมิติ ฟังก์ชั่นลอกกาลิทึม เป็นต้น นอกจากความสามารถดังกล่าวข้างต้นแล้ว โปรแกรมสำเร็จรูปยังให้ความละเอียดถูกต้องของผลลัพธ์ได้ดีกว่า และยังสามารถวิเคราะห์การไหว (sensitivity analysis) ได้อีกด้วย

โปรแกรม GINO และข้อจำกัดของโปรแกรม

โปรแกรม GINO สามารถแก้ปัญหาได้ทั้งตัวแบบที่มีฟังก์ชั่นเป้าหมายสูงสุดและต่ำสุด จำนวนฟังก์ชั่นของเป้าหมายและข้อจำกัดรวมกันไม่เกิน 30 ฟังก์ชั่น และตัวแปรไม่เกิน 50 ตัวแปร มีรูปแบบ (format) ของฟังก์ชั่นในการป้อนข้อมูลคล้ายสูตรและสัญญลักษณ์ทั่วไปทางคณิตศาสตร์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.2

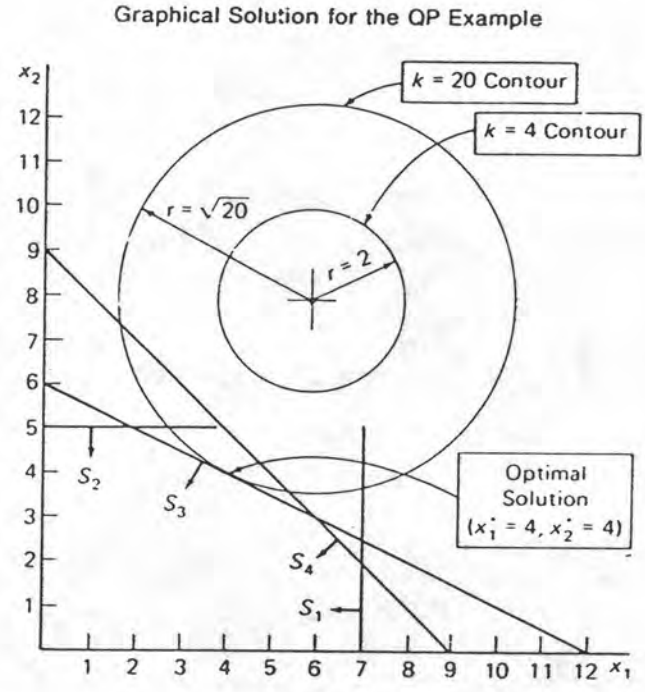
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างผลของการแก้ปัญหาโปรแกรมนอนลีเรียด้วยโปรแกรม GINO

```
MODEL:
   1) MIN = (X1 - 6)^2 + (X2 - 8)^2;
   2) X1 < 7;
   3) X2 < 5;
   4) X1 + 2*X2 < 12;
   5) X1 + X2 < 9;
END

SOLUTION STATUS: OPTIMAL TO TOLERANCES. DUAL CONDITIONS: SATISFIED.

            OBJECTIVE FUNCTION VALUE

         1)        20.000000

   VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
         X1           4.000000          0.000001
         X2           4.000000          0.000000

        ROW    SLACK OR SURPLUS            PRICE
         2)           3.000000          0.000000
         3)           1.000000          0.000000
         4)           0.000000          3.999999
         5)           1.000000          0.000000
```

จากตัวอย่างในรูปที่ 3.2 เป็นโปรแกรมกำลังสอง (quadratic programming) ซึ่งเป็นชนิดหนึ่งของโปรแกรมนอนลีเนีย และมีความใกล้เคียงกับโปรแกรมเชิงเส้นตรงมาก แถวที่ 1 ของตัวแบบคือฟังก์ชั่นเป้าหมาย ส่วนแถวที่ 2 ถึงแถวที่ 5 คือฟังก์ชั่นข้อจำกัดของตัวแบบ ค่าของฟังก์ชั่นเป้าหมายต่ำสุดในที่นี้คือ 20 และผลลัพธ์ของตัวแปรที่สอดคล้องกับฟังก์ชั่นเป้าหมายและข้อจำกัดคือ X1 และ X1 เท่ากับ 4.00000

ตัวแบบตามตัวอย่างนี้เป็นตัวแบบอย่างง่าย ซึ่งสามารถแปลความหมายทางคณิตศาสตร์เป็นรูปภาพทางเรขาคณิตได้ดังแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 การแปลความหมายทางคณิตศาสตร์ให้เป็นรูปภาพทางเรขาคณิตของโปรแกรมกำลังสอง



วงกลมที่เห็นในรูปที่ 3.3 คือฟังก์ชั่นเป้าหมาย $(x1 - 6)^2 + (x2 - 8)^2$ ส่วนเส้น s1 , s2 , s3 , s4 ในรูปคือฟังก์ชั่นข้อจำกัดดังนี้

s1 คือ ฟังก์ชั่น x1 < 7

s2 คือ ฟังก์ชั่น x2 < 5

s3 คือ ฟังก์ชั่น x1 + 2 * x2 < 12

s4 คือ ฟังก์ชั่น x1 + x2 < 9

จากรูป วงกลมที่สัมผัสกับเส้นตรง s3 คือ วงกลมที่มีรัศมี $= \sqrt{20}$ ซึ่งจุดสัมผัสคือ x1 = 4 , x2 = 4 เป็นจุดที่ทำให้ฟังก์ชั่นเป้าหมายมีค่าต่ำที่สุด คือ เท่ากับ 20 หรือรัศมีวงกลมยกกำลังสอง และสอดคล้องกับข้อจำกัดทั้งสี่ จะเห็นว่าแถวที่ 4 ค่า SLACK OR SURPLUS ของข้อจำกัดที่สาม หรือ s3 มีค่าเท่ากับ 0 และค่า PRICE มีค่าเท่ากับ 3.99999 ซึ่งหมายความว่าทรัพยากรตามข้อจำกัดที่สามนี้ถูกใช้หมดพอดี หากมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าพารามิเตอร์ด้านขวามือของข้อจำกัด 1 หน่วย จะทำให้ค่าฟังก์ชั่นเป้าหมายเปลี่ยนไป 3.99999 หน่วย ในทิศทางเดียวกัน เมื่อเลื่อนเส้นตรง s1 ไปทางซ้ายมือโดยขนานกับเส้นตรงเดิมจนทับจุดสัมผัสระหว่างเส้นตรง s3 กับวงกลมรัศมี $\sqrt{20}$ จะเห็นว่าเส้นตรง s1 ได้ถูกเลื่อนไปจากเดิม 3 หน่วย ซึ่งตรงกับค่า SLACK แถวที่ 2 คือ เท่ากับ 3.00000 หน่วย อาจให้ความหมายของ SLACK ได้คือ ค่าที่บวกเพิ่มทางซ้ายมือของอสมการ ซึ่งทำให้ผลรวมทางด้านซ้ายมือเท่ากับค่าทางด้านขวามือพอดี

ดังสมการ $x1 + s1 = 7$

ในทำนองเดียวกัน $x2 + s2 = 5$

$x1 + 2 * x2 + s3 = 12$

$x1 + x2 + s4 = 9$

เมื่อ $x1^* = 4, \quad x2^* = 4$

i 10304718

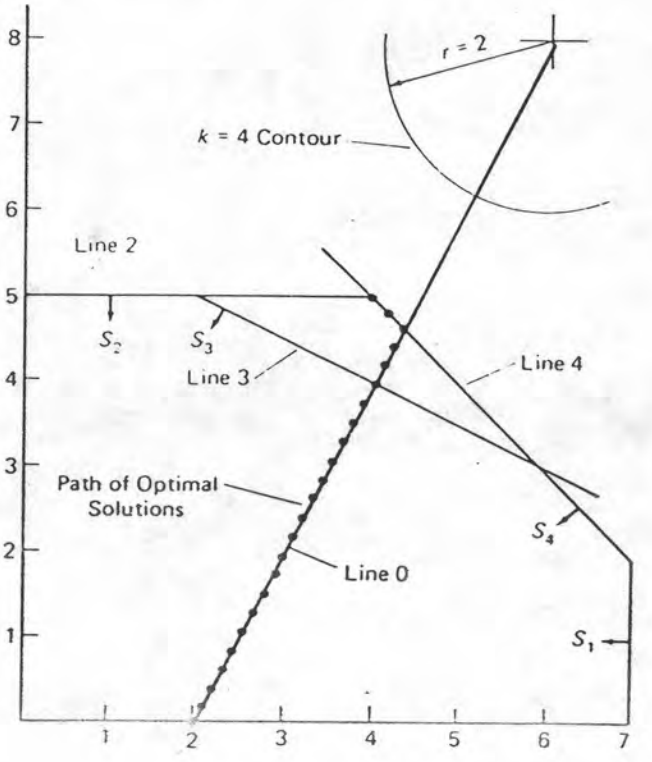
ดังนั้น S1 = 3, S2 = 1, S3 = 0, S4 = 1 ซึ่งจะตรงตามผลการคำนวณด้วยโปรแกรม GINO

ในทางตรงกันข้ามหากข้อจำกัดอยู่ในรูปเครื่องหมาย $\geq$ จะได้ค่าที่หักออกจากทางซ้ายมือของอสมการเพื่อเปลี่ยนให้เป็นสมการเป็นค่า SURPLUS

การวิเคราะห์การไหว (senitivity analysis)

การวิเคราะห์การไหวของโปรแกรมนอนลิเนีย เพื่อพิจารณาถึงผลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรและค่าพารามิเตอร์ทีละค่า โดยให้ค่าอื่น ๆ คงที่ การวิเคราะห์การไหวสามารถดูการเปลี่ยนแปลงได้โดยไม่ต้องสร้างตัวแบบขึ้นมาใหม่ และคำนวณหาคำตอบใหม่ ในที่นี้จะใช้รูปภาพทางเรขาคณิตประกอบเพื่อการอธิบายที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 การวิเคราะห์การไหวและสื่อความหมายด้วยรูปภาพทางเรขาคณิต



พิจารณาฟังก์ชั่นตัวแบบ ให้ด้านขวามือของข้อจำกัดที่ 3 มีค่าเท่ากับ R ฉะนั้นจากตัวแบบ R จะมีค่า = 12 และจากรูปที่ 3.4 เส้นตรงที่แทนข้อจำกัดคือ

เส้นตรง 1 แทนสมการ $x1 = 7$

เส้นตรง 2 แทนสมการ $x2 = 5$

เส้นตรง 3 แทนสมการ $x1 + 2x2 = 12$

เส้นตรง 4 แทนสมการ $x1 + x2 = 9$

เมื่อ R = 12 วงกลมจะสัมผัสกับเส้นตรง 3 พอดี ซึ่งหมายถึงฟังก์ชั่นเป้าหมายมีค่าต่ำสุดตามข้อจำกัดที่ 3 เมื่อเลื่อนเส้น 3 เข้าหาแกน x1 โดยขนานกับเส้นตรง 3 เดิม จะพบว่าเส้นตรง 3 จะตัดแกน x1 ที่ $x1 = 2$ จุด o จะเป็นจุดสัมผัสระหว่างเส้นตรง 3 กับวงกลม ทางเดินของจุด o นี้ จะเป็นเส้นตรงตั้งฉากกับเส้นตรง 3 และเป็นแนวเดียวกับเส้นตรงที่ลากจากจุดศูนย์กลางของวงกลม ($x1 = 6, x2 = 8$) กับจุดของผลลัพธ์ของตัวแบบ ($x1^* = 4, x2^* = 4$) มีสมการคือ $2x1 - x2 = 4$

เมื่อเลื่อนเส้น 3 เข้าหาแกน x1 โดยขนานกับเส้น 3 เดิม เส้น 3 จะตัดแกน x1 ที่ $x1 = 2$ และไม่สามารถเลื่อนต่อไปได้ เพราะว่าเมื่อเลื่อนผ่านจุด $x1 = 2$ ไปค่า x2 จะเป็นค่าลบ ที่จุดนี้ค่า $x1 = 2$ และ $x2 = 0$ ดังนั้น $x1 + 2x2 = 2$ ซึ่งหมายถึงค่า R = 2 เมื่อเลื่อนเส้น 3 ห่างออกไปตามเส้น o จนถึงจุดตัดกันระหว่างเส้น o กับเส้น 4 ซึ่งจุดนี้หาได้จากสมการ $x1 + x2 = 9$ และ $2x1 - x2 = 4$ มีค่า $x1 = 4\frac{1}{3}$, $x2 = 4\frac{2}{3}$ เมื่อแทนค่าในสมการ $x1 + 2x2 = R$ จะได้ค่า $R = 13\frac{2}{3}$

เมื่อเพิ่มค่า R ให้มากขึ้น ผลลัพธ์จะเคลื่อนไปตามเส้น 4 จนกระทั่งถึงจุดตัดกันระหว่างเส้น 2 กับเส้น 4 ที่จุดนี้ค่า $x1 = 4$, $x2 = 5$ (จากสมการ $x2 = 5$, $x1 + x2 = 9$) เมื่อเพิ่มค่า R ให้มากขึ้นอีกจะไม่มีผลอะไร เนื่องจากข้อจำกัด 3 จะไม่มีผลต่อผลลัพธ์ของตัวแบบต่อไป

พิจารณาค่า R ระหว่าง 2 ถึง $13\frac{2}{3}$ ผลผลัพธ์จะอยู่บนเส้น o ซึ่งจะเป็นจุดตัดของเส้น

$$2X1 - X2 = 4 \text{ (เส้น o)} \quad (1) \quad (3.1)$$

$$X1 - 2X2 = R \text{ (ข้อจำกัดที่ 3)} \quad (2) \quad (3.2)$$

แทนค่า X2 ใน (3.2)

$$X1 + 2(2X1 - 4) = R$$

ได้ $X1 = \frac{R + 8}{5}$ และ $X2 = \frac{2(R+8)}{5} - 4 = \frac{2R - 4}{5}$

แทนค่า R = 12 จะได้ $X1^* = 4$ และ $X2^* = 4$ ตามผลลัพธ์ข้างต้น

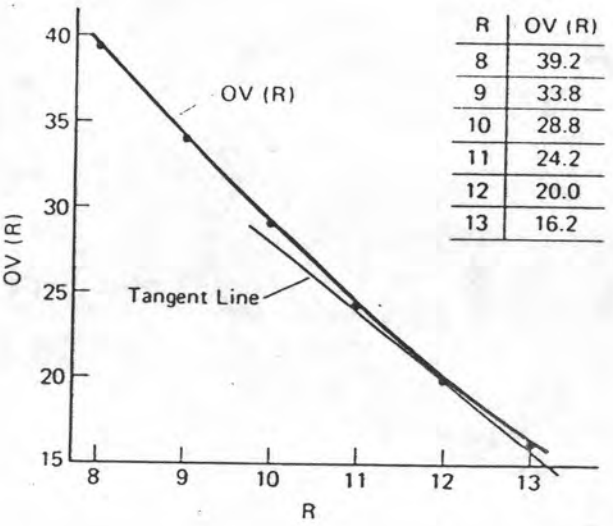
จากฟังก์ชั่นเป้าหมาย $(X1- 6)^2 + (X2 - 8)^2$ แทนค่า $X1^*$, $X2^*$ ในฟังก์ชั่นเป้าหมาย

$$(\frac{R + 8}{5} - 6)^2 + (\frac{2R - 4}{5} - 8)^2$$

ค่าฟังก์ชั่นเป้าหมาย (OV) $= \frac{R^2 - 44R + 484}{5}$

นำค่า OV สำหรับช่วง $2 \le R \le 3\frac{2}{3}$ มาพลอตจะได้กราฟดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชั่นเป้าหมาย (OV) กับ ค่า R



R	OV (R)
8	39.2
9	33.8
10	28.8
11	24.2
12	20.0
13	16.2

จากกราฟจะสังเกตเห็นได้ว่า เส้น OV มีค่าความชันมากขึ้น เมื่อ R มีค่าน้อยลง ซึ่งผิดกับโปรแกรมเชิงเส้นตรงที่เส้น OV นั้นจะมีความชันคงที่ ค่าความชันนี้คือค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าฟังก์ชั่นเป้าหมาย (OV) ต่อการเปลี่ยนแปลงของ R

หาค่าความชันโดยใช้อนุพันธ์

$$\text{ได้} \qquad OV' = \frac{2R - 44}{5}$$

$$\text{เมื่อ } R = 12, \quad OV' = \frac{2(12) - 44}{5} = -4$$

โดยที่ตัวแบบนี้เป็นฟังก์ชั่นเป้าหมายที่ต้องการค่าต่ำสุด ดังนั้น Rate of Improvement จึงเท่ากับ 4 ซึ่งตรงกับผลลัพธ์จากการคำนวณ Dual Price ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

Rate of Improvement นี้ จะมีความหมายว่า เมื่อเพิ่มค่าทางด้านขวามือของข้อจำกัดที่ 3 ขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ค่าฟังก์ชั่นเป้าหมายลดลง 4 หน่วย

เนื่องจากโปรแกรมนอนลีเนีย มี Rate of Improvement ที่ไม่คงที่ ซึ่งผิดกับโปรแกรมเส้นตรง การทำการวิเคราะห์การไหวของโปรแกรมนอนลีเนียจึงมีข้อจำกัดคือ

1. ไม่สามารถแสดงค่าด้านขวามือของฟังก์ชั่นข้อจำกัดที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ในขณะที่ให้ค่า Dual Price คงที่

2. เมื่อเปลี่ยนสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชั่นเป้าหมาย รูปแบบของฟังก์ชั่นอาจเปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดฟังก์ชั่นเป้าหมายใหม่

3. ไม่สามารถหาช่วงของค่าที่ฟังก์ชั่นเป้าหมายไม่เปลี่ยนแปลงโดยที่ค่าสัมประสิทธิ์เปลี่ยนไปได้

การจำลองแบบ (Simulation)

การจำลองแบบเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์แก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะกับระบบงานที่มีความซับซ้อน ซึ่งในบางครั้งไม่สามารถทำการทดลองด้วยระบบงานจริงได้ Robert E. Shannon[4] ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า "การจำลองแบบคือกระบวนการออกแบบแบบจำลอง (model) ของระบบงานจริง (real system) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้ยุทธิวิธี (strategies) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบ ภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้" กลไกของวิธีการของการจำลองแบบขึ้นอยู่กับจำลองและการใช้แบบจำลอง แบบจำลองนี้อาจเป็นลักษณะหนึ่งลักษณะใดโดยไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง แต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจระบบงานจริงได้ เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริง

แบบจำลอง (Simulation model)

แบบจำลองหมายถึงตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือ แนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่งซึ่งอาจนำไปใช้งานในหลายลักษณะดังนี้

1. เป็นเครื่องมือช่วยในการคิด (an aid to thought) เช่นแบบจำลองโครงข่าย (network model) ช่วยให้มองเห็นขั้นตอนของการทำงานว่าต้องทำอะไรบ้างและทำอะไรก่อนอะไรหลัง

2. เป็นเครื่องสื่อความหมาย (an aid to communication) แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน

3. เป็นเครื่องมือช่วยสอนและฝึกอบรม (purpose of training and instruction) เช่นแบบจำลองเครื่องควบคุมการบิน จะช่วยให้นักบินทำความเข้าใจและคุ้นเคยกับระบบควบคุมเครื่องบิน

---

[4] Robert E. Shannon, System Simulation : The Art and Science (New Jersey : Prentice Hall Inc., 1975), P.2.

4. เป็นเครื่องมือสำหรับทำนาย (a tool of prediction) ช่วยทำนายคาดการณ์ได้ว่า เมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของระบบ จะมีผลอะไรเกิดขึ้นกับระบบ

5. เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลอง (an aid to experimentation) ในกรณีที่ต้องการทดลองต่าง ๆ กับระบบงานจริงแต่ไม่สามารถทำได้ ก็จะนำเอาเงื่อนไขนั้น ๆ มาทดลองกับแบบจำลองเพื่อดูว่าจะให้ผลอย่างไร

การจำแนกประเภทของแบบจำลอง (Classification of simulation model)

จำแนกประเภทของแบบจำลองได้ดังนี้

1. แบบจำลองทางกายภาพ (physical model) เป็นแบบจำลองที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง อาจมีขนาดเท่าของจริงหรือมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ ตัวอย่างเช่นเครื่องบินจำลองที่ใช้ทดลองในอุโมงค์

2. แบบจำลองอะนาลอก (analog model) เป็นแบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง เช่น อะนาลอกคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมเคมี ซึ่งใช้การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าซึ่งแสดงบนแผงควบคุมบอกให้รู้ถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุในระบบงานจริง

3. เกมการบริหาร (management games) เป็นแบบจำลองการตัดสินใจ (decision models) ในกิจการต่าง ๆ เช่น ธุรกิจ สงคราม การลงทุน เป็นต้น

4. แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (computer simulation models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์โปรแกรม ซึ่งก่อนที่จะมาเป็นคอมพิวเตอร์โปรแกรม แบบจำลองอาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใด

5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical models) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญญลักษณ์และฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง

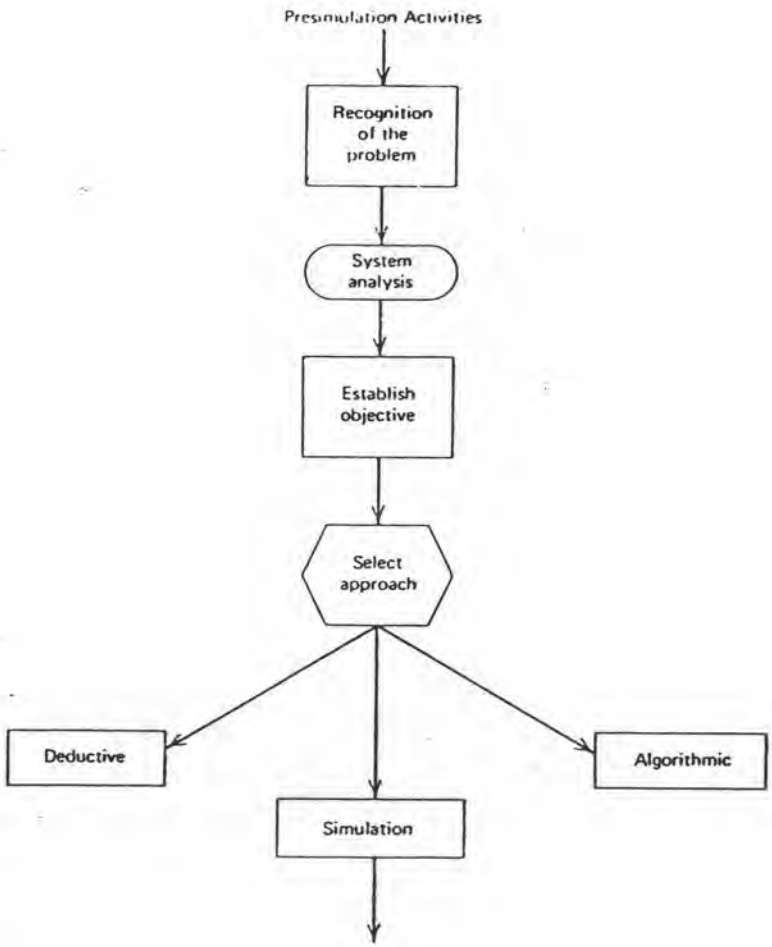
ในระบบงานที่มีความซับซ้อน แบบจำลองของระบบงานอาจใช้แบบจำลองหลายประเภท ร่วมกัน

กระบวนการจำลองแบบ (The Simulation process)[5]

กระบวนการจำลองแบบ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนก่อนการจำลองแบบ ส่วนพัฒนา และส่วนปฏิบัติงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

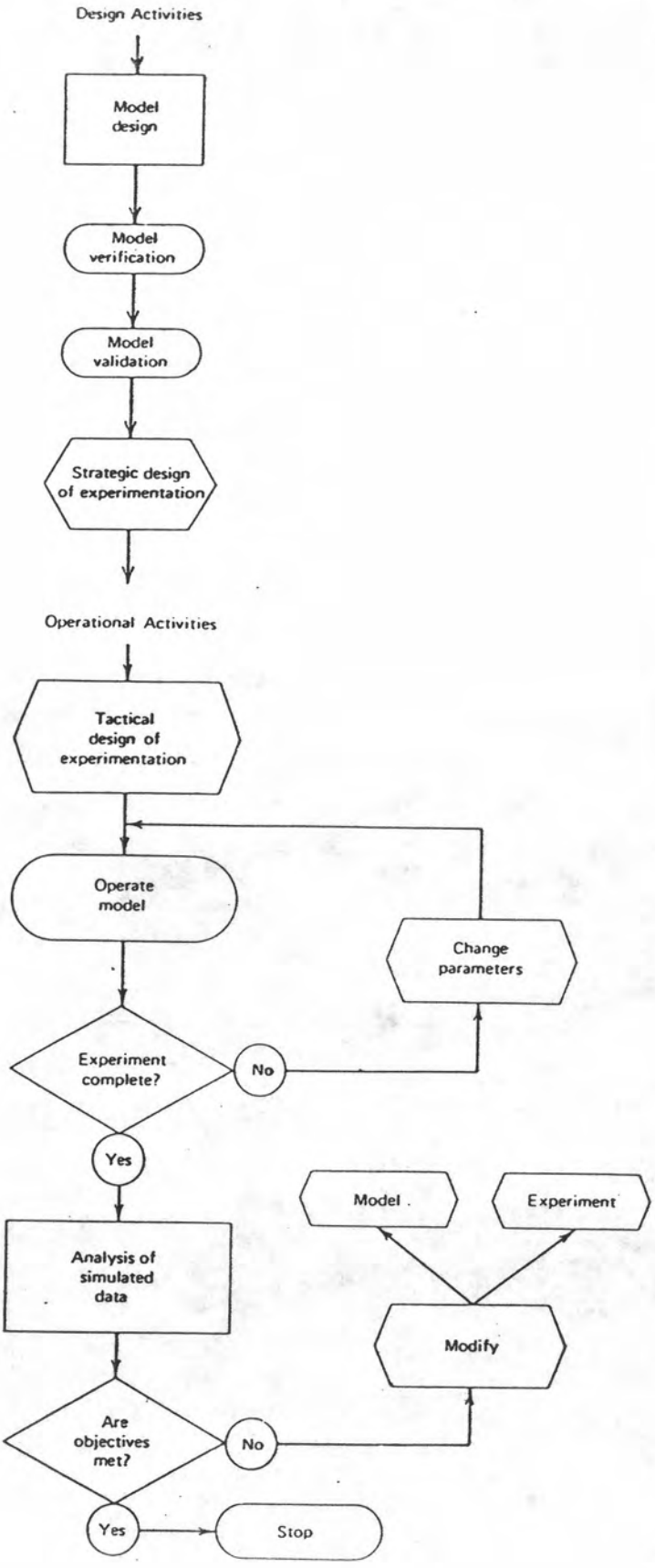
1. ส่วนก่อนการจำลองแบบ (presimulation activities) เป็นการตัดสินใจ กำหนดแนวทางสู่การแก้ปัญหาด้วยการจำลองแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 ผังงานกระบวนการจำลองแบบ



[5] Don T. Phillipe, A. Ravindian, James J., Solberg. Operation Research : Principles and Practice (New York : John Wiley & Son. Inc., 1976), PP. 361-366.

รูปที่ 3.6 (ต่อ)


Design Activities
Model design
Model verification
Model validation
Strategic design of experimentation
Operational Activities
Tactical design of experimentation
Operate model
Change parameters
Experiment complete?
No
Yes
Model
Experiment
Analysis of simulated data
Modify
Are objectives met?
No
Yes
Stop

ส่วนก่อนการจำลองแบบนี้จะครอบคลุมถึงการศึกษาทำความเข้าใจในปัญหา (recognition of problem) วิเคราะห์ระบบ กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตและข้อจำกัดต่าง ๆ เพื่อตัดสินใจเลือกเครื่องมือและเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับแก้ปัญหา ซึ่งทางเลือกในการแก้ปัญหาทำได้ 3 ทาง ตามความเหมาะสม คือ วิธีอุปมาน (deductive) วิธี algorithmic และวิธีการจำลองแบบ

2. ส่วนพัฒนา (developmental activities) เมื่อตัดสินใจเลือกใช้วิธีการจำลองแบบสำหรับแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ พิจารณาสร้างตัวแบบซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.1 ออกแบบตัวแบบ (model design) ศึกษาเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.2 การตรวจสอบแบบจำลอง (model verification) วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ สำหรับแบบจำลอง และจัดแบบจำลองที่เหมาะสมกับระบบงาน

2.3 การทดสอบความถูกต้อง (model validation) เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าแบบจำลองที่สร้างนั้น สามารถนำไปใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.4 การออกแบบการทดลอง (strategic design of experimentation) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถใช้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

3. ส่วนปฏิบัติงาน (operation activities) เมื่อแบบจำลองได้ถูกออกแบบศึกษาและวางแผนแล้ว กิจกรรมต่อไปคือการทดลองการจำลองแบบ

3.1 การออกแบบการทดลอง(tactical design of experimantation) เป็นการวางแผนพิจารณาการจัดเก็บข้อมูลและการคำนวณข้อมูล รวมถึงการกำหนดตัวแปรและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เงื่อนไขของการทดลองเช่น จำนวนรอบของการดำเนินการทดลอง เพื่อให้ตัวแบบอยู่ในสมดุลย์ให้มากที่สุด

3.2 ปฏิบัติการ (model operating) เป็นขั้นคำนวณหาผลลัพธ์จากตัวแบบและข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

3.3 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจำลองแบบ (analysis of simulated data) เมื่อดำเนินการคำนวณข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จะนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ว่าการจำลองแบบเหมาะสมกับระบบงานหรือไม่ และมีปัญหาที่ต้องการแก้ไขอย่างไร เมื่อพิจารณาว่าการจำลองแบบเหมาะสมกับระบบงานแล้ว จะสรุปผลและนำไปใช้งาน ในกรณีที่ยังไม่พอใจกับการจำลองแบบ จะแก้ไขปัญหาและปรับปรุงตัวแบบหรือวิธีการทดลองเพิ่มเติม เพื่อให้ได้แบบจำลองที่เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยเริ่มต้นตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นใหม่

<u>การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (computer simulation)</u>

การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบจำลองก่อนที่จะมาอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้อาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใด ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นี้เป็นที่นิยมใช้กัน เพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานได้หลายประเภท และสามารถประมวลผลได้รวดเร็ว

การจำลองแบบทางคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณ มีข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากแบบจำลอง และโดยปกติข้อมูลต่าง ๆ ในระบบงานจะเป็นข้อมูลซึ่งมีความผันแปรไม่แน่นอนและมีการแปรเปลี่ยนตามเวลา ดังนั้นการจัดเตรียมและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้กับการจำลองแบบ จึงต้องอาศัยวิธีการต่าง ๆ ทางสถิติช่วย

ประเภทของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบมี 3 ประเภท คือ

1. อะนาลอกคอมพิวเตอร์ (analog computer)
2. ดิจิตอลคอมพิวเตอร์ (digital computer)
3. ไฮบริดคอมพิวเตอร์ (hybrid computer)

โดยทั่วไปการใช้งานเฉพาะระบบงานหนึ่ง ๆ มักจะเป็นคอมพิวเตอร์ประเภทอะนาลอกคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้ในการควบคุมการทำงานจริงไปพร้อมกับการจำลองแบบปัญหาเช่น อะนาลอกคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับไฮบริดคอมพิวเตอร์ โดยหลักการแล้วน่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ที่มีความคล่องตัวที่สุด ในการใช้งานกับการจำลองแบบแต่มีราคาแพง เพราะมีทั้งดิจิตอลคอมพิวเตอร์ อะนาลอกคอมพิวเตอร์ และเครื่องเปลี่ยนสัญญาณระหว่างดิจิตอลและอะนาลอก ส่วนดิจิตอลคอมพิวเตอร์จะแพร่หลายที่สุดในการใช้งาน เพราะในการใช้งานมีภาษาซอฟแวร์ให้เลือกใช้มากมาย ทั้งที่เป็นภาษาใช้งานทั่ว ๆ ไป (general purpose languages) เช่น FORTRAN, COBOL, BASIC เป็นต้น และภาษาเฉพาะการจำลองแบบ (simulation languages) เช่น GPSS, GASP, SIMSCRIPT, DYNAMO, CSMP เป็นต้น สำหรับการศึกษานี้ใช้โปรแกรมภาษาBASIC ในการจำลองแบบซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในเรื่องการวิเคราะห์การลงทุนในหลักทรัพย์