

## บทที่ ๔

### เทคนิคในการคัดเลือกโครงการ

ในระบบการคัดเลือกโครงการที่เสนอแนะนี้ เป้าหมายที่สำคัญของระบบก็คือ การคัดเลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด ซึ่งผลตอบแทนในที่นี้ประกอบด้วยผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจ ผลตอบแทนเชิงรัฐศาสตร์ และความจำเป็นของ โครงการโดยมีเงินงบประมาณเป็นขอบข่ายจำกัดจำนวนโครงการไว้ สำหรับผลตอบแทนจากโครงการนี้ แท้จริงแล้วก็คือค่าที่ได้จากการคำนวณจากองค์ประกอบในระบบการคัดเลือกทั้งที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ในการแก้ปัญหาที่มีตัวเลือกหลาย ๆ ตัว เพื่อให้เป้าหมายของการเลือกมีผลคอบแทนรวมที่ดีที่สุด โดยมีเงื่อนไขของตัวเลือกเหล่านั้นจำกัดไว้ และยิ่งไปกว่านั้น ตัวเลือกเหล่านี้มีทางเลือกเพียง ๒ อย่างเท่านั้น คือเลือกหรือไม่เลือก เทคนิคที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาเช่นนี้ก็คือ การโปรแกรมศูนย์หนึ่งเชิงเส้นตรง

#### ๔.๑ การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แทนระบบการคัดเลือกโครงการที่เสนอแนะ

รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของระบบการคัดเลือกโครงการที่เสนอแนะคือ

$$\text{Maximize } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

$$\text{Subject to } \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i$$

$$X_j \geq 0, \quad \forall j$$

$$C_j \geq 0$$

โดยมีรายละเอียดของสัญลักษณ์ดังนี้

- $C_j$  = Cost Coefficients      ในกรณีนี้หมายถึง ผลตอบแทนของ โครงการ
- $X_j$  = Allocated Resource      ในกรณีนี้หมายถึง โครงการที่ เสนอให้ เลือก
- $a_{ij}$  = Technological Coefficients      ในกรณีนี้หมายถึง เงินลงทุนของ โครงการ
- $b_i$  = Limited Resource      ในกรณีนี้หมายถึง เงินงบประมาณรวม
- $j$  = โครงการที่
- $i$  = ทรัพยากรที่

สำหรับโครงสร้างของรูปแบบทางคณิตศาสตร์แทนระบบการคัดเลือกโครงการ มีดังนี้

ก. สมการหรือฟังก์ชันของจุดมุ่งหมาย (Objective Function)

จุดมุ่งหมายของระบบการคัดเลือกก็คือการได้รับผลตอบแทนรวมจากโครงการที่เลือก ภายใต้ข้อข้อยกจำกัดมากที่สุด ทั้งนี้ สมการเป้าหมายจึงเป็น Maximization Z ส่วนค่าผลตอบแทนจากโครงการ ( $C_j$ ) แต่ละโครงการก็คือผลรวมทั้งหมดจากการคูณกันของคะแนนความสำคัญขององค์ประกอบและระดับคะแนนในการประเมินโครงการสำหรับองค์ประกอบ นั่นคือ

$$C_j = \sum_{K=1}^m F_k W_k$$

- เมื่อ  $C_j$  = ผลตอบแทนของ โครงการ
- $F_k$  = คะแนนความสำคัญขององค์ประกอบ K
- $W_k$  = ระดับคะแนนในการประเมินโครงการ j สำหรับองค์ประกอบ K
- $m$  = จำนวนองค์ประกอบทั้งหมดในกรณีนี้เท่ากับ  $\infty$

ดังนั้น สมการเป้าหมายจึงเป็น

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$



ข. ตัวแปร (Variable)

สำหรับตัวแปร ( $x_j$ ) ในระบบการคัดเลือกโครงการก็คือ โครงการที่เสนอเพื่อการคัดเลือกดำเนินการก่อสร้าง ซึ่งจะมีค่าได้เพียง ๒ อย่างเท่านั้น คือเท่ากับศูนย์หรือหนึ่ง โดยถ้าตัวแปรมีค่าเท่ากับศูนย์ หมายความว่าโครงการนั้นไม่ได้รับการคัดเลือก แต่ถ้ามีค่าเท่ากับหนึ่ง ก็หมายความว่าโครงการนั้นได้รับการคัดเลือกเพื่อดำเนินการก่อสร้าง ทั้งนี้

$$x_j = 0, 1$$

ค. สมการหรือสมการข้อจำกัด (Constraints)

สำหรับข้อจำกัดในระบบการคัดเลือกที่มีลักษณะเป็นสมการข้อจำกัดที่น้อยกว่าหรือเท่ากับโดยจำนวนเงินลงทุนของโครงการ ( $a_{ij}$ ) ทุก ๆ โครงการเมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกินเงินงบประมาณ ( $b_i$ )

นั่นคือ

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i$$

ค่า  $i$  เท่ากับจำนวนข้อจำกัดทั้งหมด ในกรณีที่มีข้อจำกัดเดียว ทั้งนี้  $i$  จึงเท่ากับหนึ่ง แต่ถ้ามีข้อจำกัดมากขึ้นเท่ากับ  $m$  ข้อจำกัด ค่าของ  $i$  ก็จะเท่ากับ ๑ ถึง  $m$  ทั้งนี้ ข้อจำกัดกรณีนี้ก็มีรูปแบบทางคณิตศาสตร์เป็น

$$\sum_{j=1}^n a_j x_j \leq b$$

๔.๒ การโปรแกรมศูนย์-หนึ่งเชิงเส้นตรง

การโปรแกรมศูนย์-หนึ่งเชิงเส้นตรง เป็นวิธีการในการหาผลลัพธ์สำหรับปัญหาซึ่งรูปแบบทางคณิตศาสตร์มีคุณสมบัติดังนี้

- ก. สมการเป้าหมายมีค่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุด
- ข. ความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการเป้าหมายและสมการข้อจำกัดเป็นเชิงเส้นตรง

ค. ตัวแปรที่มีค่าได้เพียง ๒ อย่างเท่านั้น คือมีค่าเท่ากับศูนย์หรือหนึ่ง  
 ส่วนวิธีการหาผลลัพธ์สำหรับปัญหาการโปรแกรมศูนย์หนึ่งเชิงเส้นตรงนั้น  
 ใช้วิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตโดยอาศัย Implicit Enumeration จะมี  
 รูปแบบทางคณิตศาสตร์มาตราฐานดังนี้

$$\text{Minimize } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

$$\text{Subjected to } \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$X_j = 0, 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

การดำเนินการหาผลลัพธ์ของปัญหาการโปรแกรมศูนย์หนึ่งเชิงเส้นตรง ต้อง  
 ดำเนินการดังนี้เสียก่อนคือ

ก. ถ้าปัญหามีสมการเป้าหมายเป็น Maximization จะต้องเปลี่ยน  
 สมการเป้าหมายเป็น Minimization เสีย

ข. ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการเป้าหมายมีค่าเป็นลบ ต้องทำการ  
 เปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร เหล่านั้นให้มีความบวก

ค. เปลี่ยนแปลงสมการหรืออสมการข้อซ้ายทั้งหมดให้เป็นอสมการข้อซ้าย  
 ที่มากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ โดยมีวิธีการดังนี้

$$\text{ถ้า } \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad \text{เปลี่ยนเป็น } b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq 0$$

$$\text{ถ้า } \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq b_i \quad \text{เปลี่ยนเป็น } -b_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq 0$$

ถ้า  $\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j = b_i$  จะเปลี่ยนเป็นอสมการข้อซ้าย ๒ อสมการคือ

$$-b_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq 0$$



$$\text{และ } b_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 0$$

ถ้ามีสมการ  $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i$  มากกว่า ๑ สมการ  
 คือมี K สมการ จะใส่สมการเพิ่มขึ้นมาจาก K สมการอีก ๑ สมการ คือ  
 จะใส่ทั้งหมด K + 1 สมการ สมการที่ K + 1 คือ

$$\sum_{i=1}^k b_i - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 0$$

หลังจากดำเนินการข้อ ก. ถึง ค. เรียบร้อยแล้ว ต่อไปจะทำการ  
 แยกกิ่งและจำกัดขอบข่ายเพื่อหาผลลัพธ์ของปัญหาที่คงการ โดยสามารถสรุปเป็นขั้นตอน  
 ได้ดังนี้

ก. ทำการหาค่าขอบเขตสูงที่สุดที่เป็นไปได้ (อาจสมมติให้เท่ากับ  $+\infty$   
 ในกรณีของปัญหาที่เป็นการหาค่าน้อยที่สุด) และตัวแปรทุกตัวเป็นตัวแปรอิสระ

ข. เลือกตัวแปรอิสระเข้าไปเป็นตัวแปรที่กำหนดค่าในแต่ละกิ่งที่ทำการแตก  
 ออกไป โดยตัวแปรที่กำหนดค่ามีค่า ๒ อย่างคือ เท่ากับศูนย์และเท่ากับหนึ่ง

ค. ในแต่ละกิ่งที่แตกออกไปนั้น คำนวณหาค่าขอบเขตต่ำสุดของสมการ

ง. การแตกกิ่งออกจากแต่ละหน่อและกรณีพิจารณาหยุดแตกกิ่งอาศัยเงื่อนไข  
 ของความเป็นไปได้และเงื่อนไขของความเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดดังต่อไปนี้

๑) เงื่อนไขของความเป็นไปได้เงื่อนไขที่ ๑ ซึ่งกล่าวว่าในบรรดา  
 ตัวแปรอิสระทั้งหมดตัวแปรที่ไม่จำเป็นต่องานเข้าไปในผลลัพธ์คือตัวแปรซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์  
 ในสมการขอบข่ายเป็นบวก โดยมีค่าทางขวามือของสมการนั้นเป็นลบ

๒) เงื่อนไขของความเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเงื่อนไขที่ ๑ ซึ่งกล่าวว่าใน  
 บรรดาตัวแปรอิสระทั้งหมด ตัวแปรที่ไม่จำเป็นต่องานเข้าไปในผลลัพธ์คือตัวแปรซึ่งทำให้

$$LB_k + C_j \geq UB_c$$

โดยที่  $LB_k$  คือค่าขอบเขตต่ำสุดที่หน่วยที่ K  
 $C_j$  คือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร  $x_j$  ในสมการเป้าหมาย

$UB_C$  คือค่าขอบเขตสูงสุดที่เป็นไปได้ในกรณีที่พิจารณาการแตกกิ่ง  
๓) เงื่อนไขความเป็นไปได้เงื่อนไขที่ ๒ ซึ่งกล่าวว่า

ถ้า  $\sum_j a_{ij} > r.h.s_i$  ที่หน่อ  $k$  ใด ๆ โดยที่

$a_{ij}$  = ผลบวกของสัมประสิทธิ์ของ  $j$  ตัวแปรอิสระทั้งหมดของ  
สมการขอขชายที่  $i$  และ  $a_{ij} < 0$

$r.h.s_i$  = ค่าของสมการขอขชายที่  $i$  (ค่าทางขวามือของสมการ)  
หน่อที่  $k$  คือหน่อสุดท้ายของกิ่ง

๔) เงื่อนไขของความเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเงื่อนไขที่ ๒ ซึ่งกล่าวว่า  
สำหรับแต่ละตัวแปร  $j$  ซึ่งสามารถแตกกิ่งได้ ค่าขนาด

$$v_j = \min_i (0, R_i - a_{ij})$$

โดยที่  $i = 1, \dots, m$  (จำนวนของสมการขอขชาย)

$R_i$  คือค่าทางขวามือของสมการขอขชายที่  $i$

เลือกตัวแปร  $j$  ที่ให้ค่าสูงสุดของ  $v_j$  สำหรับการแตกกิ่งและหน่อ

จ. หลังจากตัวแปรถูกนำเข้าไปในผลลัพธ์แล้ว ตัวแปรนั้นก็ไม่ใช่อิสระ  
อีกต่อไป

ฉ. การพิจารณาหยุด ถ้าหน่อที่จะแตกกิ่งต่อไปเป็นไปตามเงื่อนไขทั้ง ๔ ข้อ  
ก็กล่าว และแตกกิ่งจนหมดตัวแปรอิสระหรือทำการแตกกิ่งและหน่อต่อไปอีกไม่ได้ก็กล่าว  
ก็หยุดได้ แล้วเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์ของหน่อที่ให้ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้แล้วเลือกผลลัพธ์  
ที่น้อยที่สุด

### ๕.๓ โครงสร้างของการโปรแกรมศูนย์หนึ่งเชิงเส้นตรง

ในการหาผลลัพธ์ของการโปรแกรมศูนย์หนึ่งเชิงเส้นตรงนี้จะใช้คอมพิวเตอร์  
มาช่วยคำนวณ โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปของ Billy E. Gillett<sup>๑</sup>

<sup>๑</sup> Introduction to operation research.



สำหรับโครงสร้างของโปรแกรมคอมพิวเตอร์มี ๓ ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนของข้อมูลที่ได้เข้าไป  
เพื่อคำนวณส่วนการคำนวณโดยอาศัยทฤษฎีการแก้ปัญหา และส่วนของผลลัพธ์ที่ได้จากการ  
คำนวณ

ก. ส่วนข้อมูลที่ได้เข้าไปเพื่อการคำนวณ ชุดของข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

- ๑. จำนวนสมการและอสมการของชายทั้งหมดรวมกัน
- ๒. จำนวนตัวแปรทั้งหมด
- ๓. จำนวนอสมการของชายที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ
- ๔. จำนวนอสมการของชายที่มากกว่าหรือเท่ากับ
- ๕. จำนวนสมการของชาย
- ๖. ชนิดของเป้าหมายปัญหาคือ ถ้าเป็นปัญหาที่ต้องการผลน้อยที่สุด  
กำหนดรหัสเป็นศูนย์ แต่ถ้าเป็นปัญหาที่ต้องการผลมากที่สุด กำหนดรหัสเป็นหนึ่ง
- ๗. ค่า Limited Resource ในข้อชาย
- ๘. ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในข้อชาย
- ๙. ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรในสมการเป้าหมาย

ค่าของข้อมูลทั้ง ๙ อย่างนี้ต้องมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็ม

ข. ส่วนของการคำนวณโดยอาศัยทฤษฎีเพื่อหาผลลัพธ์ ส่วนนี้จะคำนวณโดย  
อาศัยทฤษฎีของการโปรแกรมศูนย์หนึ่งเชิงเส้นตรง ซึ่งจะทำการแตกกิ่งและจำกัด  
ขอบเขต ซึ่งได้อธิบายแล้วในหัวข้อ ๔.๒

ค. ส่วนของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ส่วนนี้เป็นสิ่งที่เราต้องการ เพราะ  
จะเป็นผลลัพธ์จากการคำนวณทั้งหมดจากข้อมูลที่ได้เข้าไป ส่วนนี้จะประกอบด้วย

๑. ค่าของตัวแปรทั้งหมด ซึ่งจะมีค่าได้เพียง ๒ อย่างเท่านั้น คือเท่ากับ  
ศูนย์ หรือหนึ่ง ถ้าค่าของตัวแปรมีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงว่าตัวแปรนั้นไม่ได้รับการคัดเลือก  
ให้พักอยู่ในผลลัพธ์ของสมการเป้าหมาย แต่ถ้าค่าของตัวแปรเท่ากับหนึ่ง แสดงว่าตัวแปรนั้น  
ได้รับการคัดเลือกให้พักอยู่ในผลลัพธ์ของสมการเป้าหมาย

๒. ค่าของผลลัพธ์สมการเป้าหมาย ซึ่งมีค่าที่ดีที่สุด



ส่วนที่ค่าอีกของโปรแกรมนี้คือ จะมีสมการข้อขายได้ไม่เกิน ๒๐๐ สมการ และอสมการข้อขายได้ไม่เกิน ๒๐๐ อสมการ ตัวแปรทั้งหมดไม่เกิน ๒๐๐ ตัวแปร

#### ๔.๔ การหาผลลัพธ์ของการคัดเลือกโครงการแหล่งน้ำขนาดเล็กโดยวิธีที่เสนอแนะ

ในการหาผลลัพธ์ของการคัดเลือกโครงการโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณ มีโครงสร้างที่สำคัญ ๓ ส่วนคือ ส่วนของข้อมูลที่ใส่เข้าไปในการคำนวณ ส่วนการคำนวณ และส่วนของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งรายละเอียดของ ๓ ส่วนนี้มีดังนี้

ก. ส่วนของข้อมูลที่ใส่เข้าไปเพื่อการคำนวณ ประกอบด้วย

๑. จำนวนสมการและอสมการข้อขายทั้งหมดรวมกัน (M)
๒. จำนวนตัวแปรทั้งหมด (K)
๓. จำนวนอสมการข้อขายที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ (NLET)
๔. จำนวนอสมการข้อขายที่มากกว่าหรือเท่ากับ (NGET)
๕. จำนวนสมการข้อขาย (NET)
๖. ชนิดของเป้าหมายปัญหา (NTYPE) ถ้า เป็นปัญหาที่ต้องการผลลัพธ์น้อยที่สุดให้รหัสศูนย์ ถ้า เป็นปัญหาที่ต้องการผลลัพธ์มากที่สุดให้รหัสหนึ่ง
๗. ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการข้อขาย  $[A(I, J)]$
๘. ค่า Limited Resource ในข้อขาย  $[B(I)]$
๙. จำนวนโครงการทั้งหมด (IP)
๑๐. จำนวนองค์ประกอบทั้งหมด (IF)
๑๑. ค่าคะแนนความสำคัญขององค์ประกอบ  $[Factor_{ij}(I)]$
๑๒. ค่าระดับความสำคัญของโครงการสำหรับองค์ประกอบทั้งหมด  $[w_{ij}(IQ)]$

ค่าของข้อมูลทั้ง ๑๒ อย่างที่กล่าวมานี้ ต้อง เป็นค่าของ เลขจำนวนเต็ม

ข. ส่วนการคำนวณ จะคำนวณโดยการโปรแกรมศูนย์หนึ่งเชิงเส้นตรง โดยนำค่าที่ได้จากการคำนวณคะแนนความสำคัญขององค์ประกอบทั้ง ๑๒ อย่างและระดับความสำคัญของโครงการสำหรับองค์ประกอบทั้ง ๑๒ อย่างนั้น มาเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการเป้าหมาย



ก. ส่วนของผลสัมฤทธิ์ที่ได้จากการคำนวณ จะประกอบด้วย

๑. ค่าของตัวแปรทั้งหมด ซึ่งจะมีค่าได้เพียง ๒ อย่างคือเท่ากับศูนย์หรือหนึ่ง เท่านั้น ถ้าค่าของตัวแปร เท่ากับหนึ่ง แสดงว่าตัวแปรนั้นได้รับการคัดเลือกให้อยู่ในผลลัพธ์ของสมการ เป้าหมาย แต่ค่าของตัวแปร เท่ากับศูนย์ แสดงว่าตัวแปรนั้นไม่ได้รับการคัดเลือกให้อยู่ในผลลัพธ์ของสมการ เป้าหมาย

๒. ค่าของผลลัพธ์สมการ เป้าหมายที่ดีที่สุด

๓. ค่าของ เงินงบประมาณที่ใช้ไปทั้งหมด

ส่วนที่จำกัดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ มีดังนี้

๑. มีสมการข้อขายได้ไม่เกิน ๒๐๐ สมการ

๒. มีอสมการข้อขายได้ไม่เกิน ๒๐๐ อสมการ

๓. มีตัวแปรทั้งหมดไม่เกิน ๒๐๐ ตัวแปร

๔. มีองค์ประกอบทั้งหมดไม่เกิน ๒๐๐ องค์ประกอบ

๕. ระวังความสำคัญของ โครงการสำหรับองค์ประกอบแต่ละโครงการมิได้ไม่เกิน ๒๐๐ ค่า สำหรับวิธีการใส่ข้อมูลโดยใช้บัตรป้อนข้อมูล ชุดของบัตรข้อมูลแสดงดังตารางที่ ๔.๑

ตารางที่ ๔.๑ แสดงบัตรข้อมูล

บัตรใบที่	คอลัมน์ที่	ข้อมูล
๑	๑-๕	จำนวนข้อขายทั้งหมด
	๖-๑๐	จำนวนตัวแปรทั้งหมด
	๑๑-๑๕	จำนวนอสมการข้อขายที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ
	๑๖-๒๐	จำนวนอสมการข้อขายที่มากกว่าหรือเท่ากับ
	๒๑-๒๕	จำนวนสมการข้อขาย
	๒๖-๓๐	ชนิดของ เป้าหมายปัญหา



ตารางที่ ๔.๑ (ต่อ)

บัตรใบที่	คอลัมน์ที่	ข้อมูล
๒	๑-๑๐	รหัสของขอขายจะมีค่า เป็น ๐,๑,๒ ถ้าเป็น อสมการขอขายน้อยกว่าหรือเท่ากับ อสมการ ขอขายมากกว่าหรือเท่ากับ และสมการขอขาย ตามลำดับ
๓ ถึง T	๑๑-๒๐ คอลัมน์ ๑๐ คอลัมน์	ค่าของ เงินงบประมาณทั้งหมด ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในขอขายเรียงไปตาม ลำดับ ได้บัตรละ ๔ ค่า ถ้าเกินบัตร ๑ ใบ ให้ขึ้นบัตรใหม่
T + ๑	๑-๕	จำนวนโครงการทั้งหมด
T + ๒	๖-๑๐ คอลัมน์ ๓ คอลัมน์	จำนวนองค์ประกอบทั้งหมด
T + ๓	คอลัมน์ ๓ คอลัมน์	ค่าคะแนนความสำคัญขององค์ประกอบ
T + ๓ ถึง M	คอลัมน์ ๓ คอลัมน์	ระดับความสำคัญ ของ โครงการสำหรับองค์ประกอบ ที่ ๑ ถึง ๕ ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย