

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาและวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะและแนวทางการขนส่งภายใต้ภัยพิบัติทางน้ำแบบมีหลายคลังสินค้า และมีกรอบเวลาเดินทางที่ไม่แน่นอนสำหรับการจัดการกับการส่งของยังชีพหรือสิ่งจำเป็นอื่นๆ ในขณะที่มีภัยพิบัติทางน้ำ และ พัฒนาอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาแบบหลายคลังสินค้า (Multi Depot) และมีกรอบเวลาเดินทางที่ไม่แน่นอนสำหรับการจัดการกับการส่งของยังชีพหรือสิ่งจำเป็นอื่นๆ ในขณะที่มีภัยพิบัติทางน้ำ และทำการประเมินประสิทธิภาพอัลกอริทึมที่ได้พัฒนานั้นเทียบกับอัลกอริทึมที่มีอยู่ในปัจจุบัน

4.1 ผลการศึกษาลักษณะและแนวทางการขนส่งภายใต้ภัยพิบัติทางน้ำแบบมีหลายคลังสินค้าและมีกรอบเวลาเดินทางที่ไม่แน่นอน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ในการตัดสินใจที่มีความสำคัญมาก ๆ โดยเฉพาะกรณี ที่ทางเลือกในการตัดสินใจมีความคล้ายคลึงกันจนยากในการเปรียบเทียบ การหาข้อมูลประกอบการตัดสินใจที่เป็นตัวเลขจะสามารถช่วยให้ทำการตัดสินใจได้ง่ายขึ้น หรืออย่างน้อยก็เป็นประโยชน์ต่อการเข้าใจที่ลึกซึ้งต่อสภาพแวดล้อมของปัญหา จนสามารถตัดสินใจได้อย่างครอบคลุมรอบด้านมากยิ่งขึ้น การตัดสินใจที่ใช้แค่เพียงความรู้สึก อารมณ์ ลางสังหรณ์ หรือการคาดเดาจากประสบการณ์ส่วนตัว ไม่เพียงพอต่อการตัดสินใจที่ต้องการความมั่นใจและอาจส่งผลกระทบร้ายแรงจากการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ ดังนั้น วิธีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ที่มีแบบแผน จึงมีบทบาทสำคัญในการจัดการข้อมูลที่เป็นตัวเลขเหล่านั้น และช่วยแสดงให้เห็นผู้เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจได้มั่นใจจากการเห็นถึงความเป็นเหตุเป็นผลในกระบวนการวิเคราะห์ และสามารถลดความขัดแย้งจากความคิดที่แตกต่างกันได้เป็นอย่างดี

4.1.1 การจำแนกระดับของการตัดสินใจ

ด้วยข้อจำกัดและเงื่อนไขทางด้านเวลา ค่าใช้จ่าย บุคลากรและสิ่งอำนวยความสะดวกที่จำเป็นในการรวบรวมข้อมูล จึงเป็นไปได้ที่ผู้ตัดสินใจอาจเจอกับสถานการณ์ที่บีบคั้นทำให้ไม่สามารถรวบรวมข้อมูลประกอบการตัดสินใจได้อย่างครบครันตามที่ต้องการ ระดับ

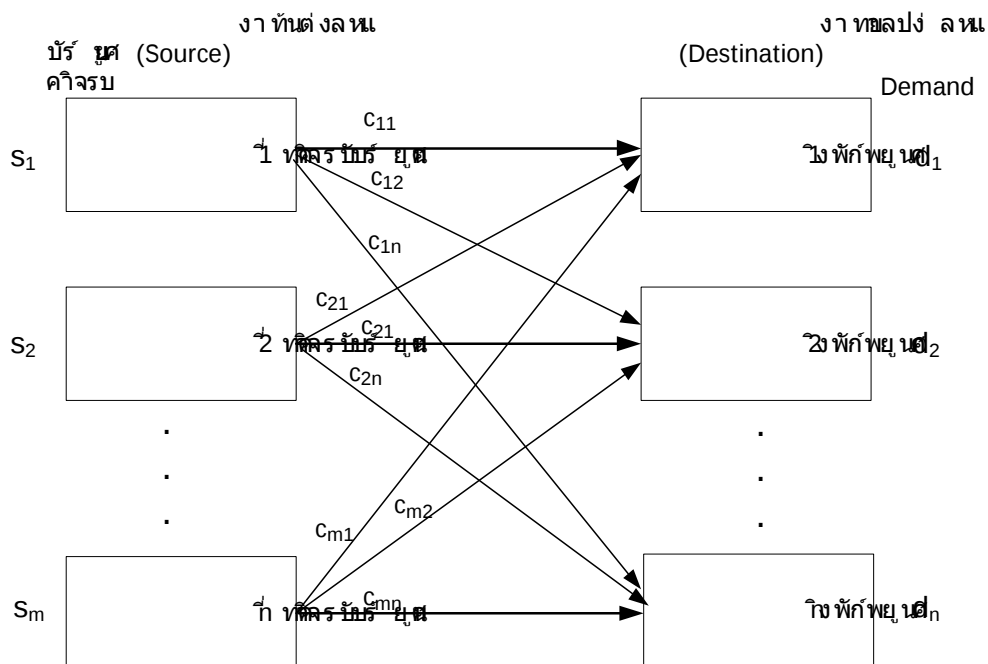
ความสำคัญของการตัดสินใจจะเป็นตัวสะท้อนที่สำคัญถึงความสำเร็จของข้อมูลที่ต้องการ เมื่อเปรียบเทียบกับผลกระทบจากการตัดสินใจที่ล่าช้าและอาจผิดพลาด ดังนั้น การจำแนกระดับความสำคัญของการตัดสินใจตั้งแต่ต้นจึงเป็นขั้นตอนสำคัญ

ในกระบวนการตัดสินใจ เพื่อให้ทราบว่าสถานการณ์ใดที่ควรตัดสินใจให้สมบูรณ์แบบ ด้วยข้อมูลที่ครอบคลุมรอบด้าน สถานการณ์ใดต้องการความเร่งด่วนในการตัดสินใจ หรือสถานการณ์ใดที่สามารถตัดสินใจโดยใช้ดุลยพินิจส่วนตัวในเบื้องต้นไปก่อน แล้วจึงทำการตัดสินใจแก้ไขในภายหลังตามไปได้

4.1.2 รูปแบบของปัญหาการขนส่งภายใต้ภัยพิบัติทางน้ำแบบมีหลายคลังสินค้า และมีกรอบเวลาเดินทางที่ไม่แน่นอน

รูปแบบของปัญหาการขนส่ง ในงานวิจัยนี้พบว่าประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. แหล่งที่เป็นจุดต้นทาง (Sources) ได้แก่ศูนย์รับบริจาค หรือแหล่งวัตถุดิบที่จะใช้ในการรับบริจาคถุงยังชีพสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือ หลายชนิด (Supply หรือ อุปทาน) อาจจะมีแหล่งต้นทางอยู่หลายแหล่ง
2. แหล่งที่เป็นจุดปลายทาง (Destinations) ได้แก่แหล่งที่มีความต้องการ (Demand หรือ อุปสงค์) ถุงยังชีพหรือศูนย์รับบริจาค หรือคลังสินค้า แหล่งปลายทางนี้อาจจะมีหลายแหล่ง หรือแหล่งเดียวกันได้
3. ค่าขนส่ง (Transportation Cost) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการระยะเวลาการขนส่งจากแหล่งที่เป็นจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางซึ่งการขนส่งระหว่างแต่ละจุดจะมีอัตราเวลากับระยะทางที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระยะทางและลักษณะภูมิศาสตร์ของจุดต้นทางและจุดปลายทางแต่ละจุด



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของปัญหาการขนส่ง

จากรูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของปัญหาการขนส่งที่มีการขนส่งจากศูนย์รับบริจาคถุงยังชีพ m แห่ง ไปเก็บไว้ที่ศูนย์พักพิง (คลังสินค้า) n แห่ง โดยที่ศูนย์รับบริจาคแต่ละแห่งจะตั้งอยู่ในสถานที่ต่าง กัน เช่นเดียวกับ ศูนย์พักพิง (คลังสินค้า) ทั้ง n แห่งก็ตั้งอยู่ต่างสถานที่กัน เช่น ศูนย์พักพิง (คลังสินค้า) 1 อยู่ที่จังหวัดอยุธยา ศูนย์พักพิง (คลังสินค้า) 2 อยู่ที่จังหวัดสระบุรี ศูนย์พักพิง (คลังสินค้า) 3 อยู่จังหวัดสุพรรณบุรี และ ศูนย์พักพิง (คลังสินค้า) 4 อยู่จังหวัดชัยนาท เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 1 ศูนย์รับบริจาคถุงยังชีพแห่งหนึ่งมีอยู่ 5 ศูนย์ย่อย อยู่ที่เขต A, เขต B, เขต C, เขต D, และเขต E ซึ่งจากการสำรวจพบว่าศูนย์รับบริจาคแต่ละแห่งมีความต้องการถุงยังชีพเฉลี่ยต่างๆ ดังนี้

ศูนย์รับบริจาค	ความต้องการถุงยังชีพ (ถุง/วัน)
A	500
B	600
C	500
D	700
E	800
รวม	3,100

การดำเนินการผลิตของศูนย์รับบริจาคจะไม่มีแหล่งผลิต เพราะแต่ละศูนย์รับบริจาคจะมีการรับบริจาคและนำมาอยู่ในรูปแบบถุงยังชีพในการรับบริจาค

ความต้องการรับบริจาค	ปริมาณวัตถุดิบที่มีอยู่ (ถุง/วัน)
1	150
2	300
3	150
4	200
5	100
รวม	800

เวลาการขนส่งจากแหล่งวัตถุดิบ(ถุงยังชีพ) แต่ละแห่งไปยังศูนย์รับบริจาคต่าง ๆ เป็นดังนี้

แหล่งวัตถุดิบ (ถุงยังชีพ)	ระยะทางเฉลี่ยขนส่งไปยังศูนย์รับบริจาค (หน่วยเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง)				
	A	B	C	D	E
1	50	40	80	40	40
2	70	40	70	50	30
3	80	60	40	80	50
4	40	50	60	70	80
5	80	70	40	40	50

ศูนย์รับบริจาค ควรจัดให้มีการขนส่งอย่างไร จึงจะทำให้การขนส่งถุงยังชีพทั้งหมดมีค่าระยะเวลา/ระยะทางเฉลี่ยขนส่งมากที่สุด และค่าขนส่งที่ใช้ระยะเวลามากสุด/ระยะทางที่สุคนี้เป็นเท่าไร

พิจารณาจากโจทย์ในตัวอย่างที่ 1 จะเห็นว่าเป็นปัญหากำหนดการเชิงเส้นและเราสามารถจะเขียนให้อยู่ในรูปแบบกำหนดการเชิงเส้น ได้ดังนี้

กำหนดให้ Z แทนค่าขนส่งทั้งหมด (หน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง)

x_{ij} แทนปริมาณถุงยังชีพที่ต้องขนส่งจากแหล่งถุงยังชีพ ที่ i ไปยังศูนย์รับบริจาคที่ j ; $i=1, 2, 3, 4, 5$ และ $j=1, 2, 3, 4, 5$

ดังนั้นฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ

$$\begin{aligned} \text{Minimize } Z = & 50x_{11} + 40x_{12} + 80x_{13} + 40x_{14} + 40x_{15} + 70x_{21} + 40x_{22} + 70x_{23} + 50x_{24} \\ & + 30x_{25} + 80x_{31} + 60x_{32} + 40x_{33} + 80x_{34} + 50x_{35} + 40x_{41} + 50x_{42} + 60x_{43} + 70x_{44} + 80x_{45} + 80x_{51} + \\ & 70x_{52} + 40x_{53} + 40x_{54} + 50x_{55} \end{aligned}$$

ภายใต้ข้อจำกัด

ด้านถุงยังชีพที่มีอยู่

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} &= 150 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} &= 300 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} &= 150 \\ x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + x_{45} &= 200 \\ x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{55} &= 100 \end{aligned}$$

ด้านความต้องการถุงยังชีพ

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} &= 500 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} &= 600 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} &= 500 \\ x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + x_{45} &= 700 \\ x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{55} &= 800 \end{aligned}$$

โดยที่ $x_{ij} \geq 0$; $i=1, 2, 3, 4, 5$ และ $j=1, 2, 3, 4, 5$

การแก้ปัญหานี้ หากใช้วิธีซิมเพล็กซ์จะค่อนข้างยาก เนื่องจากมีตัวแปรที่ต้องการหาค่าทั้งหมด 25 ตัวแปร และต้องเพิ่มตัวแปรเทียม (Slack หรือ Surplus Variables) อีก 10 ตัวแปร จะทำให้มีตัวแปรทั้งหมด 35 ตัว การที่มีตัวแปรมากนี้จะทำให้เสียเวลาในการคำนวณมาก จึงมีผู้คิดค้นวิธีแก้ปัญหาคำนวณที่ง่ายขึ้นโดยไม่ต้องใช้วิธีซิมเพล็กซ์

ก่อนที่จะกล่าวถึงวิธีแก้ปัญหแบบนี้จะกล่าวถึงรูปแบบต่างๆ ไปของปัญหาการขนส่งก่อน ดังต่อไปนี้

ในกรณีทั่ว ๆ ไปถ้ามีแหล่งที่เป็นจุดต้นทาง m แห่ง ซึ่งตั้งอยู่สถานที่ต่าง ๆ กัน และมีแหล่งที่เป็นจุดปลายทางอยู่ n แห่ง ตามสถานที่ต่าง ๆ เช่นเดียวกัน เราต้องการจะจัดส่งถุงยังชีพ จากแหล่งที่เป็นจุดต้นทางไปยังแหล่งที่เป็นจุดปลายทาง เพื่อให้เวลาในการเฉลี่ยในการขนส่งน้อยที่สุดหรือสามารถขนส่งไปถึงยังปลายทางได้อย่างรวดเร็ว ปัญหาก็คือควรจะจัดส่งประมาณถุงยังชีพจากแหล่งที่เป็นจุดต้นทางไปยังแหล่งที่เป็นจุดปลายทางใด และใช้ระยะเวลาเท่าใด เพื่อจะทำให้เวลารวมกับระยะทางขนส่งรวมกันทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด

กำหนดให้ a_i = จำนวนถุงยังชีพ (ปริมาณถุงยังชีพ) ที่แหล่งต้นทางที่ i มีอยู่

b_j = จำนวนถุงยังชีพ (ปริมาณถุงยังชีพ) ที่แหล่งปลายทางที่ j

ต้องการ

x_{ij} = จำนวนถุงยังชีพ (ปริมาณถุงยังชีพ) ที่จะส่งจากแหล่งต้นทางที่ i

ไปยังแหล่ง ปลายทางที่ j

c_{ij} = เวลาขนส่งต่อในการส่งถุงยังชีพ จากแหล่งต้นทางที่ i ไปยัง

แหล่งปลายทางที่ j

เมื่อ $i=1, 2, 3, \dots, m$ และ $j=1, 2, 3, \dots, n$

ดังนั้นปัญหาจะอยู่ในรูป

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (4.1)$$

ภายใต้ข้อจำกัด ดังนี้

1. ข้อจำกัดทางด้านแหล่งต้นทาง:

$$x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} = a_1$$

$$x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} = a_2$$

.

.

.

$$x_{m1} + x_{m2} + \dots + x_{mn} = a_m$$

2. ข้อจำกัดทางด้านแหล่งปลายทาง:

$$x_{11} + x_{21} + \dots + x_{m1} = b_1$$

$$x_{12} + x_{22} + \dots + x_{m2} = b_2$$

$$\begin{aligned}
 & \cdot \\
 & \cdot \\
 & x_{13} + x_{23} + \dots + x_{MN} = b_N \\
 & x_{ij} \geq 0; i=1, 2, 3, \dots, m \text{ และ } j=1, 2, 3, \dots, n
 \end{aligned}$$

จากรูปแบบปัญหาการขนส่งข้างต้น จะพบว่าเป็นปัญหากำหนดการเชิงเส้น ดังนั้นสามารถจะแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ได้ แต่วิธีซิมเพล็กซ์มีความยุ่งยากและซับซ้อนมาก ไม่เหมาะที่จะนำมาแก้ปัญหาการขนส่ง ซึ่งมีวิธีการอื่น ๆ ที่สะดวกกว่า

จากข้อจำกัดทางด้านแหล่งต้นทางที่ i ; จะได้ว่า

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i \quad (4.2)$$

เมื่อพิจารณารวมข้อจำกัดทุกข้อของแหล่งต้นทางทุกแหล่ง (m แห่ง) จะได้

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq \sum_{i=1}^m a_i \quad (4.3)$$

ในทำนองเดียวกันเมื่อรวมข้อจำกัดทุกข้อของแหล่งปลายทางทุกแหล่ง (n แห่ง) จะได้

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq \sum_{j=1}^n b_j \quad (4.4)$$

แต่เนื่องจากจะต้องมีการขนส่งถึงยังชีพทุกหน่วยจากแหล่งต้นทางไปยังแหล่งปลายทาง นั่นคือ ความสามารถของแหล่งต้นทางและปลายทางในที่นี้ไม่เท่ากัน เช่น จำนวนสินค้าที่ศูนย์ได้รับบริจาคได้ไม่ ควรจะเท่ากับจำนวนถึงยังชีพที่ศูนย์พักพิงจะสามารถจะรับไว้ได้ ซึ่งหมายความว่า

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (4.5)$$

จึงทำให้สมการ (4.3) และ (4.4) กลายเป็นสมการ

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} = \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (4.6)$$

และ

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad \text{และ} \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (4.7)$$

ดังนั้น จะได้รูปแบบมาตรฐานของปัญหาการขนส่ง ดังนี้

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (4.8)$$

ภายใต้ข้อจำกัด

$$1. \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (\text{ข้อจำกัดด้านแหล่งต้นทาง}); i=1, 2, 3, \dots, m \quad (4.9)$$

$$2. \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (\text{ข้อจำกัดด้านแหล่งปลายทาง}); j=1, 2, 3, \dots, n \quad (4.10)$$

$$\text{และ } x_{ij} \geq 0$$

ตัวอย่างเช่น ถ้ามีศูนย์รับบริจาคอยู่ 3 แห่ง ($m = 3$) และมีคลังสินค้าอยู่ 4 แห่ง ($n = 4$) ปัญหาจะเป็น

$$\begin{aligned} \text{Minimize } Z = & c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + c_{13}x_{13} + c_{14}x_{14} + c_{21}x_{21} + c_{22}x_{22} + c_{23}x_{23} + c_{24}x_{24} \\ & + c_{31}x_{31} + c_{32}x_{32} + c_{33}x_{33} + c_{34}x_{34} \end{aligned}$$

ภายใต้ข้อจำกัด

ด้านแหล่งต้นทาง

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = a_1$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = a_2$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = a_3$$

ด้านความต้องการวัตถุดิบ

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = b_1$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = b_2$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = b_3$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} = b_4$$

$$\text{โดยที่ } x_{ij} \geq 0; i=1, 2, 3 \text{ และ } j=1, 2, 3, 4$$

4.1.3 รูปแบบปัญหาการขนส่ง

ปัญหาการขนส่งแบบทั่วไป (Generalized Transportation Problem) เป็นปัญหา กำหนดการเชิงเส้น ในการหาค่าขนส่งที่ต้องใช้เวลาอย่างมากถ้าใช้วิธี Simplex Method ในการ แก้ปัญหา ซึ่งมีวัตถุประสงค์ ข้อจำกัด ข้อสมมติดังนี้

ถ้าให้ c_{ij} เป็นต้นทุนการขนส่งต่อหน่วย
 x_{ij} เป็นปริมาณขนส่งจากจุดต้นทาง i ไปจุดปลายทาง j
 a_i เป็นความต้องการขายของจุดต้นทาง i
 b_j เป็นความต้องการซื้อของจุดปลายทาง j
 n จำนวนจุดปลายทาง
 m จำนวนจุดต้นทาง

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Minimize Cost} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} c_{ij} \quad (4.11)$$

ข้อจำกัด

$$\text{ความต้องการขาย} \quad \sum_{j=1}^m x_{ij} \leq a_i \quad ; \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4.12)$$

$$\text{ความต้องการซื้อ} \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq b_j \quad ; \quad j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (4.13)$$

$$\text{ข้อสมมติ} \quad x_{ij} \geq 0$$

4.1.4 ปัญหาการขนส่งแบบมาตรฐาน (Standard transportation problem)

เป็นรูปแบบที่ช่วยให้เกิดความง่ายในการแก้ปัญหาคิดค่าขนส่ง มีขึ้นเพื่อแก้ปัญหารูปแบบข้างต้นโดยจัดทำให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการคำนวณ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

ถ้าให้ c_{ij} เป็นต้นทุนการขนส่งต่อหน่วย (ถูง)
 x_{ij} เป็นปริมาณ(ถูง)ขนส่งจากจุดต้นทาง i ไปจุดปลายทาง j
 a_i เป็นความต้องการที่ให้อูงยังชีพของจุดต้นทาง i
 b_j เป็นความต้องการรับอูงยังชีพของจุดปลายทาง j
 n จำนวนจุดปลายทาง
 m จำนวนจุดต้นทาง

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Minimize Cost} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} c_{ij} \quad (4.14)$$

ข้อจำกัด

$$\text{ความต้องการให้ถุงยังชีพ} \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad x_{ij} = a_i \quad ; i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4.15)$$

$$\text{ความต้องการรับถุงยังชีพ} \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad ; j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (4.16)$$

$$\text{ข้อสมมติ} \quad x_{ij} \geq 0$$

4.1.5 วิธีที่ใช้แก้ปัญหการขนส่ง

1. จัดปัญหาการขนส่งให้อยู่ในรูปแบบปัญหาการขนส่งแบบมาตรฐานดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งเรียกวิธีนี้ว่าตัวแบบการขนส่ง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 ศูนย์รับบริจาคถุงยังชีพ 2 แห่ง และศูนย์พักพิง 2 แห่ง

ลำดับ	ปริมาณถุงยังชีพที่ได้รับบริจาค	ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วย		
		จาก	ไป	ขนส่ง
ศูนย์รับบริจาค ที่ 1	1000	ศูนย์รับ บริจาค 1	ศูนย์พักพิง 1	10
			ศูนย์พักพิง 2	20
ศูนย์รับบริจาค ที่ 2	2000	ศูนย์รับ บริจาค 2	ศูนย์พักพิง 1	10
			ศูนย์พักพิง 2	20

จงสร้างวัตถุประสงค์, ข้อจำกัดเมื่อศูนย์พักพิงที่ 1, 2 ต้องการเครื่องถุงยังชีพ 500, 400 ถุง ตามลำดับ

วิธีทำ ให้ x_{ij} เป็นปริมาณขนส่งจากศูนย์รับบริจาค i ไปศูนย์พักพิงที่ j

วัตถุประสงค์ Minimize Cost = $10x_{11} + 20x_{12} + 10x_{21} + 20x_{22}$

ข้อจำกัด

$$\text{ด้านปริมาณ} \quad x_{11} + x_{12} = 1000$$

$$x_{21} + x_{22} = 2000$$

ด้านความต้องการถุงยังชีพ

$$x_{11} + x_{21} = 500$$

$$x_{21} + x_{22} = 400$$

ข้อสมมติ $x_{ij} \geq 0$; $i = 1,2$ และ $j = 1,2$

ตัวอย่างที่ 2 มีศูนย์รับบริจาค 3 แห่ง และศูนย์พักพิง 3 แห่ง จงสร้างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ฟังก์ชัน
ข้อจำกัด

ลำดับ	ปริมาณถุงยังชีพที่ ได้รับบริจาค	ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วย		
		จาก	ไป	ขนส่ง
ศูนย์รับบริจาค ที่ 1	1000	ศูนย์รับบริจาค 1	ศูนย์พักพิง 1	10
			ศูนย์พักพิง 2	20
			ศูนย์พักพิง 3	20
ศูนย์รับบริจาค ที่ 2	2000	ศูนย์รับบริจาค 2	ศูนย์พักพิง 1	10
			ศูนย์พักพิง 2	20
			ศูนย์พักพิง 3	20
ศูนย์รับบริจาค ที่ 3	3000	ศูนย์รับบริจาค 3	ศูนย์พักพิง 1	10
			ศูนย์พักพิง 2	20
			ศูนย์พักพิง 3	20

เมื่อ ศูนย์พักพิงที่ 1 มีความต้องการถุงยังชีพ 500 ถุง

ศูนย์พักพิงที่ 2 มีความต้องการถุงยังชีพ 600 ถุง

ศูนย์พักพิงที่ 3 มีความต้องการถุงยังชีพ 700 ถุง

วิธีทำ

ให้ x_{ij} เป็นปริมาณขนส่งจากถุงยังชีพ i ไปศูนย์พักพิง j

วัตถุประสงค์

$$\text{Minimize Cost} = 10x_{11} + 20x_{12} + 20x_{13} + 10x_{21} + 20x_{22} + 20x_{23} + 10x_{31} +$$

$$20x_{32} + 20x_{33}$$

ข้อจำกัด

$$\text{ด้านปริมาณ } x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1000$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = 2000$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} = 3000$$

ด้านความต้องการสินค้า

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 500$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 600$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 700$$

ข้อสมมติ $x_{ij} \geq 0 ; i = 1, 2, 3$

$$j = 1, 2, 3$$

ตัวอย่างที่ 3 ศูนย์รับบริจาคแห่งหนึ่งมี 2 เขตในการรับบริจาค

เขตที่ 1 มีความต้องการปริมาณถุงยังชีพไม่เกิน 300 ถุงต่อวัน

เขตที่ 2 มีความต้องการปริมาณถุงยังชีพไม่เกิน 200 ถุงต่อวัน

ต้องการขนส่งถุงยังชีพไปเก็บในศูนย์พักพิงที่ 1, 2 และ 3 โดยที่

ศูนย์พักพิงที่ 1 เก็บได้ไม่เกิน 100 ถุง

ศูนย์พักพิงที่ 2 เก็บได้ไม่เกิน 150 ถุง

ศูนย์พักพิงที่ 3 เก็บได้ไม่เกิน 250 ถุง

ค่าขนส่งจากศูนย์รับบริจาคไปยัง

ศูนย์พักพิงที่ 1 จำนวน 3,000 บาท/50 ถุง

ศูนย์พักพิงที่ 2 จำนวน 5,000 บาท/50 ถุง

ศูนย์พักพิงที่ 3 จำนวน 2,500 บาท/50 ถุง

จงเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ข้อจำกัด ข้อสมมติ (ตัวแบบขนส่ง Transportation

Model)

วิธีทำ

ให้ x_{ij} เป็นปริมาณขนส่งจากศูนย์รับบริจาค i ไปยังศูนย์พักพิง j

วัตถุประสงค์ Minimize Cost = $3,000x_{11} + 5,000x_{12} + 2,500x_{13}$

ข้อจำกัด

$$\text{ด้านปริมาณ } x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 300$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 200$$

ด้านความต้องการสินค้า

$$x_{11} + x_{21} \leq 100$$

$$x_{12} + x_{22} \leq 150$$

$$x_{13} + x_{23} \leq 250$$

ข้อสมมติ $x_{ij} \geq 0 ; i = 1,2,3 \quad j = 1,2,3$

4.1.6 ตารางการขนส่ง (Transportation Table)

ถึงแม้ว่าจะได้มีการจัดปัญหาการขนส่งทั่วไปให้มีรูปแบบเป็นปัญหาการขนส่งมาตรฐาน การแก้ปัญหการขนส่งโดยการหาค่าตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์และฟังก์ชันข้อจำกัดดังกล่าว ยังต้องใช้เวลามาก จึงได้มีผู้คิดทำเครื่องมือที่จะช่วยให้สามารถแก้ปัญหการขนส่งได้ง่ายขึ้น เครื่องมือนี้ได้แก่ ตารางการขนส่ง วิธีการทำตารางการขนส่งโดยทั่วไปอาจจะทำได้ 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 แนวนอนเป็นจุดต้นทาง และคอลัมน์เป็นจุดปลายทาง

จุดปลายทาง จุดต้นทาง	จุดปลายทางที่ 1	จุดปลายทางที่ 2	จุดปลายทางที่ 3	อุปทาน (Supply)
1 จุดต้นทาง	c_{11}	c_{12}	c_{13}	a_1
2 จุดต้นทาง	c_{21}	c_{22}	c_{23}	a_2
3 จุดต้นทาง	c_{31}	c_{32}	c_{33}	a_3
ความต้องการ (Demand)	b_1	b_2	b_3	ผลรวม จุดปลายทาง

แบบที่ 2 แนวนอนเป็นจุดปลายทาง และคอลัมน์เป็นจุดต้นทาง

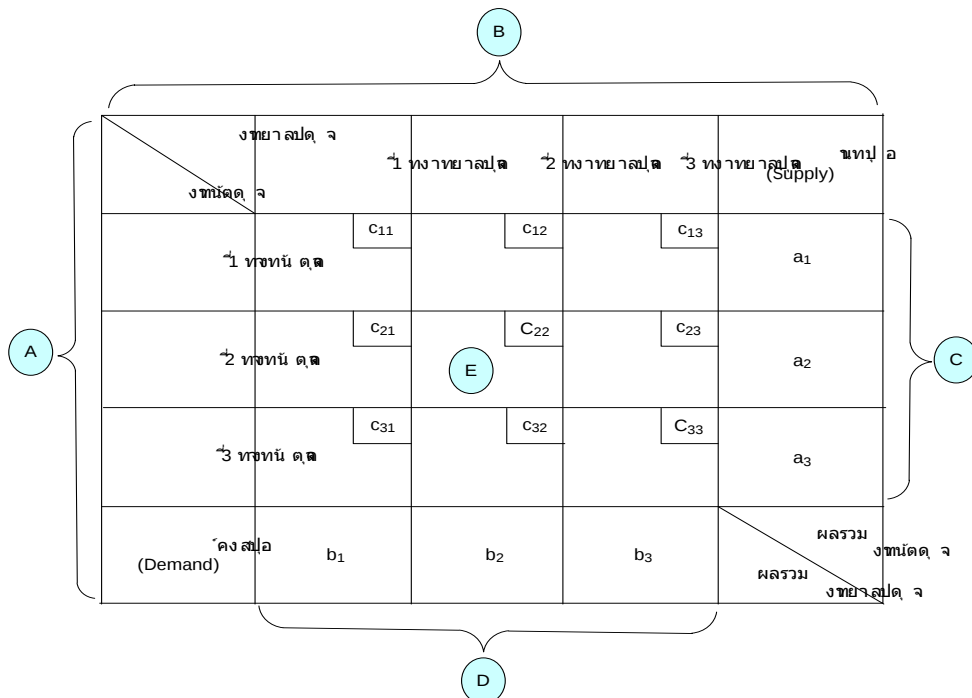
จุดปลายทาง \ ต้นทาง	จุด 1	จุด 2	จุด 3	รวม (Demand)
จุดปลายทางที่ 1	c_{11}	c_{12}	c_{13}	b_1
จุดปลายทางที่ 2	c_{21}	c_{22}	c_{23}	b_2
จุดปลายทางที่ 3	c_{31}	c_{32}	c_{33}	b_3
อุปทาน (Supply)	a_1	a_2	a_3	ผลรวมจุดปลายทาง ผลรวมต้นทาง

หมายเหตุ

ส่วนใหญ่นิยมตารางแบบที่ 1 มากกว่าแบบที่ 2

ส่วนประกอบของตารางการขนส่งมี 5 ส่วน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบของตารางการขนส่ง



ส่วนที่ A เป็นส่วนที่แสดงจุดต้นทางที่จะทำการขนส่ง จะใช้แถวอน (Row) แสดงจุดต้นทางแต่ละแห่ง ในตารางข้างบนนี้มีจุดต้นทางอยู่ 3 แห่ง คือ แถวอนที่ 1, 2 และ 3

ส่วนที่ B เป็นส่วนที่แสดงจุดปลายทางที่จะรับถุงยังชีพ หรือจะเก็บถุงยังชีพจะใช้คอลัมน์ (Column) แสดงจุดปลายทางแต่ละแห่ง ในตารางข้างบนนี้มีจุดปลายทางอยู่ 3 แห่ง คือคอลัมน์ที่ 1, 2 และ 3

ส่วนที่ C เป็นส่วนที่แสดงขีดจำกัดด้านอุปทาน หรือความสามารถในการสนองความต้องการที่จุดต้นทางมีอยู่ (Supply) ในที่นี้คือศูนย์รับบริจาคโดยในแต่ละแถวอนจะแสดงถึงขีดจำกัดของแต่ละจุดต้นทางนั้น ๆ

ส่วนที่ D เป็นส่วนที่แสดงขีดจำกัดด้านอุปสงค์ หรือความต้องการที่จุดปลายทางมีอยู่ (Demand) โดยในแต่ละคอลัมน์จะแสดงถึงขีดจำกัดของแต่ละจุดปลายทางนั้น ๆ

ส่วนที่ E จะแสดงถึง 2 อย่าง คือ

1. ค่าขนส่ง c_{ij} ที่จะทำการขนส่งจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง
2. ทางเลือกเกี่ยวกับปริมาณการขนส่ง x_{ij} ที่จะทำการขนส่งจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง ซึ่งในการแก้ปัญหาการขนส่ง จะต้องมีการคำนวณว่าจะใช้เส้นทางใดในการขนส่งเพื่อให้ระยะทางโดยเฉลี่ยมีค่ามากที่สุด

ตัวอย่างที่ 2 ศูนย์รับบริจาคถุงยังชีพ มีอยู่ 3 ศูนย์ในการรับบริจาค คือที่เขตพระนคร เขตดุสิต และพุทธมณฑล โดย ทั้ง 3 แห่งมีการรับบริจาคเป็น 500, 200 และ 300 ถุง ตามลำดับ ต้องการส่งถุงยังชีพ จากศูนย์รับบริจาคไปยังศูนย์พักพิงเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัย รวม 3 แห่ง คือ อยุธยา สระบุรี และปทุมธานี ซึ่งมีความต้องการถุงยังชีพเป็น 180, 250 และ 220 ถุงตามลำดับ ค่าขนส่งจากศูนย์รับบริจาค ไปยังศูนย์พักพิง เป็นดังนี้

จากศูนย์รับบริจาค(เขต)	ไปศูนย์พักพิง	ค่าขนส่ง
พระนคร	อยุธยา	7
	สระบุรี	5
	ปทุมธานี	3
ดุสิต	อยุธยา	6
	สระบุรี	4
	ปทุมธานี	2
พุทธมณฑล	อยุธยา	8
	สระบุรี	6
	ปทุมธานี	3.5

จากข้อมูลข้างต้น ให้สร้างตารางการขนส่ง ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดง สัญลักษณ์และระบุค่าขนส่ง

โรงงานผลิต จ งทตจ	โรงงานผลิต จ		โรงงานผลิต จ		โรงงานผลิต จ		ปริมาณ ได้
	โรงงานผลิต จ		โรงงานผลิต จ		โรงงานผลิต จ		
ที่ 1	ศิริราช รยณ ศ X_{11}	7	X_{12}	5	X_{13}	3	150
ที่ 2	ศิริราช รยณ ศ X_{21}	6	X_{22}	4	X_{23}	2	200
ที่ 3	ศิริราช รยณ ศ X_{31}	8	X_{32}	6	X_{33}	3.5	300
โรงงานผลิต จ ศิริราช รยณ ศ			250	220		650	
โรงงานผลิต จ ศิริราช รยณ ศ					650		

- กำหนดให้ x_{11} เป็นปริมาณถุงยังชีพจากศูนย์รับบริจาคที่ 1 ไปยัง ศูนย์พักพิง 1
 x_{12} เป็นปริมาณถุงยังชีพจากศูนย์รับบริจาคที่ 1 ไปยัง ศูนย์พักพิง 2
 x_{13} เป็นปริมาณถุงยังชีพจากศูนย์รับบริจาคที่ 1 ไปยัง ศูนย์พักพิง 3
 x_{21} เป็นปริมาณถุงยังชีพจากศูนย์รับบริจาคที่ 2 ไปยัง ศูนย์พักพิง 1
 x_{22} เป็นปริมาณถุงยังชีพจากศูนย์รับบริจาคที่ 2 ไปยัง ศูนย์พักพิง 2
 x_{23} เป็นปริมาณถุงยังชีพจากศูนย์รับบริจาคที่ 2 ไปยัง ศูนย์พักพิง 3
 x_{31} เป็นปริมาณถุงยังชีพจากศูนย์รับบริจาคที่ 3 ไปยัง ศูนย์พักพิง 1
 x_{32} เป็นปริมาณถุงยังชีพจากศูนย์รับบริจาคที่ 3 ไปยัง ศูนย์พักพิง 2
 x_{33} เป็นปริมาณถุงยังชีพจากศูนย์รับบริจาคที่ 3 ไปยัง ศูนย์พักพิง 3

เมื่อรวมค่าของตัวแปรต่าง ๆ ตามแถวบนจะได้ข้อจำกัดของแต่ละศูนย์รับบริจาคถุงยังชีพ คือ

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 150$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = 200$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} = 300$$

เมื่อรวมค่าของตัวแปรต่าง ๆ ตามคอลัมน์จะได้ข้อจำกัดของแต่ละศูนย์พักพิง คือ

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 180$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 250$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 220$$

ตัวเลขที่อยู่ในช่องเล็กมุมขวาของแต่ละช่อง คือ ระยะทางเฉลี่ยจากศูนย์รับ
บริจาคต่างๆ ไปยังศูนย์พักพิงต่าง ๆ

ตัวอย่างตารางการขนส่งที่แสดงข้างต้น เป็นตารางการขนส่งสำหรับการขนส่ง
ชนิดที่ขอยกของอุปทานเท่ากับขอยกของอุปสงค์ แต่ถ้าเป็นปัญหาการขนส่งชนิดที่ขอยก
ของอุปทานไม่เท่ากับขอยกของอุปสงค์ตามรูปแบบปัญหาการขนส่งมาตรฐาน เราต้องทำการ
เพิ่มคลังสินค้า หรือ ศูนย์รับบริจาคขึ้นมา เพื่อให้ขอยกทั้งสองเท่ากัน ส่วนที่เพิ่มขึ้นมานี้เรา
เรียกว่า ดัมมี่ (Dummy) สำหรับค่าขนส่งของช่องที่เป็นดัมมี่จะมีค่าขนส่งเป็น 0 เนื่องจากไม่มีการ
ขนส่งเกิดขึ้นจริง ช่องที่เป็นดัมมี่จะให้อยู่ในแถวนอน หรือในคอลัมน์ ให้พิจารณาดังนี้

1. กรณีที่อุปสงค์น้อยกว่าอุปทาน จะต้องเพิ่มช่วงที่เป็นดัมมี่ทางคอลัมน์
(Dummy Column)

ตัวอย่างที่ 3 ศูนย์รับบริจาคแห่งหนึ่งมีศูนย์รับบริจาคอยู่ 3 แห่ง คือ อยู่ที่เขต X, Y และ Z ศูนย์รับ
บริจาคแต่ละแห่งมีศูนย์รับบริจาคต่อวันเป็น 50, 80 และ 100 ถูตามลำดับ ต้องการส่งถุงยังชีพที่
ผลิตได้รับบริจาคไปยังศูนย์พักพิง 3 แห่ง ซึ่งมีความต้องการถุงยังชีพได้ 60, 90 และ 70 ถู
ตามลำดับ และมีค่าขนส่งดังนี้

จากศูนย์พักพิง	ไปศูนย์รับบริจาค	ค่าเฉลี่ยระยะทาง
X	1	200
	2	150
	3	160
Y	1	80
	2	90
	3	160
Z	1	170
	2	90
	3	60

จากปัญหาดังกล่าวนำมาพิจารณาขอยกทางด้านอุปทานและอุปสงค์ ดังนี้

$$\text{ขอยกด้านอุปทาน} = 50 + 80 + 100 = 230 \text{ ถู}$$

$$\text{ยอดรวมด้านอุปสงค์} = 60 + 90 + 70 = 220 \text{ ถุง}$$

จะเห็นว่าอุปสงค์น้อยกว่าอุปทาน 10 ถุง ดังนั้นเราต้องเพิ่มคัมมิทางคอลัมน์ให้มีอุปสงค์อีก 10 ถุง ซึ่งสามารถสร้างตารางขนส่งได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 4.3 แสดงการเพิ่มคัมมิคอลัมน์

ไป จาก	โรงไฟฟ้า สมุทรสาคร	โรงไฟฟ้า สมุทรปราการ	โรงไฟฟ้า เพิ่มเดิม	โรงไฟฟ้า เพิ่มเดิม	รวม (ถุง)
กรุงเทพฯ	200	150	160	0	50
กรุงเทพฯ	80	90	160	0	80
กรุงเทพฯ	170	90	60	0	100
โรงงาน สมุทรปราการ	60	90	70	10	230

2. กรณีที่อุปสงค์มากกว่าอุปทาน จะต้องเพิ่มคัมมิทางแถว (Dummy

Row)

ตัวอย่างที่ 4 จากตัวอย่างที่ 3 สมมติว่าความสามารถเก็บถุงยังชีพ ของ ศูนย์พักพิงทั้ง 3 แห่งเป็น 60, 100 และ 110 ถุง ตามลำดับ

$$\text{ยอดรวมด้านอุปทาน} = 50 + 80 + 100 = 230 \text{ ถุง}$$

$$\text{ยอดรวมด้านอุปสงค์} = 60 + 100 + 110 = 270 \text{ ถุง}$$

ดังนั้นอุปสงค์จะมีค่ามากกว่าอุปทาน 40 ถุง เราจึงต้องเพิ่มศูนย์รับบริจาคที่ 4 ขึ้นมาหรือเพิ่มจำนวนการรับบริจาคถุงยังชีพ ซึ่งก็คือการเพิ่มคัมมิทางแถว 40 ถุง ซึ่งสามารถสร้างตารางขนส่งได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4.4 แสดงการเพิ่มคัมมิทางแวนอน

ไป จาก	1 จิตต์ ๒๐๐	2 จิตต์ ๑๕๐	3 จิตต์ ๑๖๐	๒ (๕๕)
๑ จิตต์ ๒๐๐	200	150	160	50
๒ จิตต์ ๑๕๐	80	90	160	80
๓ จิตต์ ๑๖๐	170	90	60	100
๔ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๕ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๖ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๗ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๘ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๙ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๑๐ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๑๑ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๑๒ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๑๓ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๑๔ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๑๕ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๑๖ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๑๗ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๑๘ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๑๙ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๒๐ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๒๑ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๒๒ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๒๓ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๒๔ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๒๕ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๒๖ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๒๗ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๒๘ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๒๙ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๓๐ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๓๑ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๓๒ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๓๓ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๓๔ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๓๕ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๓๖ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๓๗ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๓๘ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๓๙ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๔๐ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๔๑ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๔๒ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๔๓ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๔๔ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๔๕ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๔๖ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๔๗ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๔๘ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๔๙ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๕๐ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๕๑ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๕๒ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๕๓ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๕๔ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๕๕ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๕๖ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๕๗ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๕๘ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๕๙ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๖๐ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๖๑ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๖๒ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๖๓ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๖๔ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๖๕ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๖๖ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๖๗ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๖๘ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๖๙ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๗๐ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๗๑ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๗๒ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๗๓ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๗๔ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๗๕ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๗๖ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๗๗ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๗๘ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๗๙ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๘๐ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๘๑ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๘๒ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๘๓ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๘๔ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๘๕ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๘๖ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๘๗ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๘๘ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๘๙ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๙๐ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๙๑ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๙๒ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๙๓ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๙๔ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๙๕ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๙๖ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๙๗ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๙๘ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๙๙ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40
๑๐๐ จิตต์ ๑๖๐	0	0	0	40

นอกจากนี้การสร้างตารางการขนส่ง อาจพบว่า ปัญหาการขนส่งบางปัญหาไม่สามารถจะขนส่งถึงยังชีพได้ เนื่องจากเส้นทางการคมนาคมไม่สะดวก สภาพภูมิอากาศไม่เอื้ออำนวย สำหรับปัญหาก็พบปัญหาทางธรรมชาติที่เกิด กับระยะทางได้ตลอดเวลา กรณีเช่นนี้เมื่อสร้างตารางการขนส่ง การระบุค่าขนส่งในช่องทางเลือกเส้นทางการนั้น จะสมมุติให้ค่าขนส่งมีค่าสูงมาก และให้มีค่าเท่ากับ M ซึ่งเราเองควรจะหลีกเลี่ยงการเลือกช่องนี้เป็นคำตอบ

ตัวอย่างที่ 5 ศูนย์รับบริจาค แห่งหนึ่งมีจุดในการรับบริจาคอยู่ 2 แห่ง แต่ละแห่งสามารถรับบริจาคได้เป็น 150 และ 200 ถุง ตามลำดับ ต้องการขนส่งถุงยังชีพ ที่ได้รับบริจาค ไปเก็บไว้ในศูนย์พักพิง 3 แห่ง ที่มีความต้องการแห่งละ 100, 200 และ 500 ถุง ตามลำดับ แต่ศูนย์รับบริจาค ไม่สามารถจะขนส่งถุงยังชีพจากแห่งที่ที่ 2 ไปยังศูนย์พักพิงที่ 3 เนื่องจากการคมนาคมไม่สะดวก และศูนย์รับบริจาคมีค่าขนส่งต่อหน่วย ดังนี้

ศูนย์รับบริจาค	ศูนย์พักพิง		
	1	2	3
1	40	50	60
2	30	80	-

จากปัญหาในตัวอย่างที่ 5 นี้ สามารถสร้างตารางการขนส่งได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงการขนส่งที่มีการระบุค่าขนส่งเป็น M

ไป จาก	โรงพักพยุบศ		วังพักพยุบศ		วังพักพยุบศอุปทาน		
1	ทจิรบ รัยบศ x_{11}	40	x_{12}	50	x_{13}	60	150
2	คจิ รัยบศ x_{21}	30	x_{22}	80	x_{23}	M	200
อุปสงค์	100		200		500		350
						800	

4.1.7 การหาคำตอบเบื้องต้น (Basic Feasible Solution) ของปัญหาการขนส่ง

ในการแก้ปัญหาการขนส่ง สิ่งที่เราต้องการ คือ การกำหนดเส้นทางและปริมาณที่จะขนส่งในแต่ละเส้นทาง โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะหาเส้นทางและปริมาณการขนส่งที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด สำหรับวิธีการหาคำตอบเบื้องต้นของปัญหาการขนส่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่

1. วิธีตามกฎของมุมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwest Corner Rule Method)
2. วิธีตามกฎจากแถวเหนือไปได้ (North to South Row Method)

การหาคำตอบเบื้องต้นทั้ง 2 วิธี ดังกล่าว จะมีความแตกต่างกันในแง่การเลือกช่องทางที่จะจัดสรรสินค้าว่าจะเลือกจากจุดต้นทางใดไปยังจุดปลายทางใด ส่วนที่คล้าย ๆ กัน คือ การกำหนดจำนวนสินค้าในช่องทางเลือกนั้น ๆ

1. วิธีตามกฎของมุมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwest Corner Rule Method)

การหาคำตอบเบื้องต้นด้วยวิธีตามกฎของมุมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ นับว่าเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด โดยจะพิจารณาในด้านจำนวนสินค้าเท่านั้น จะไม่พิจารณาด้านค่าใช้จ่ายในการขนส่งเลย ซึ่งมีขั้นตอนและหลักเกณฑ์ในการหาคำตอบเบื้องต้น ดังนี้

1.1 เริ่มต้นการพิจารณาจากช่องในมุมบนซ้ายมือของตารางขนส่ง (ช่อง (1, 1)) เป็นช่องทางแรกที่จะทำการขนส่ง ส่วนปริมาณการขนส่งจะพิจารณาจากขีดจำกัดทางด้านอุปทานและอุปสงค์ ซึ่งแสดงอยู่ที่ปลายแถวอนที่ 1 และปลายคอลัมน์ที่ 1 โดยจะเลือกตัวเลขที่มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุปสงค์และอุปทานซึ่งอยู่ปลายคอลัมน์และปลายแถวอนนั้น ($x_{ij} = \min(a_i, b_j)$)

1.2 เมื่อเติมตัวเลขในข้อ 1 แล้วให้พิจารณาว่าปริมาณที่เติมแล้วนั้นเต็มขีดจำกัดของแถวอน และคอลัมน์แล้วหรือยัง ถ้าเต็มที่แล้วให้เลื่อนลงมาพิจารณาเติมตัวเลขครั้งที่ 2 ในแถวอนที่ 2 และคอลัมน์ที่ 2 ถัดมา แต่ถ้าตัวเลขที่เติมในครั้งที่ 1 ยังไม่เต็มขีดจำกัดด้านอุปทาน จะเลื่อนไปเติมตัวเลขครั้งที่ 2 ในแถวอนที่ 1 และคอลัมน์ที่ 2 (ช่อง (1, 2)) แต่ถ้าตัวเลขที่เติมในครั้งที่ 1 ยังไม่เต็มขีดจำกัดด้านอุปสงค์จะเติมตัวเลขครั้งที่ 2 ในแถวอนที่ 2 และคอลัมน์ 1 (ช่อง (2, 1)) สำหรับปริมาณที่จะเติมในครั้งที่ 2 จะเป็นตัวเลขที่มีค่าต่ำที่สุดเมื่อมีการเปรียบเทียบระหว่างขีดจำกัดด้านอุปสงค์และอุปทานที่อยู่ปลายคอลัมน์และปลายแถวอนที่จะเติมตัวเลขนั้น

1.3 ดำเนินการตามข้อ 1.2 ซ้ำจนกว่าจะเติมตัวเลขในตารางได้ครบถ้วนภายใต้ข้อจำกัดด้านอุปทาน และอุปสงค์รวมทั้งสิ้น

ตัวอย่างที่ 6 ศูนย์รับบริจาค Thai Flood เป็นศูนย์รับบริจาคถุงยังชีพในแต่ละวัน มีศูนย์รับบริจาคอยู่ 3 แห่ง สามารถรับบริจาคได้ 60, 30 และ 70 ถุงตามลำดับในแต่ละวัน ถุงยังชีพที่ได้รับบริจาค จะถูกส่งไปยังผู้ประสบภัยพิบัติทางน้ำ 3 แห่ง ซึ่งมีความต้องการถุงยังชีพ 3 แห่งละ 40, 80 และ 40 หน่วยตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งถุงยังชีพไปยังศูนย์พักพิง ต่าง ๆ แสดงในตารางข้างล่างนี้ (บาท/หน่วย) จงหาคำตอบเบื้องต้นโดยวิธีตามมุขทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

ศูนย์รับบริจาคถุงยังชีพ Thai Flood	ศูนย์พักพิง		
	1	2	3
1	2	4	5
2	3	2	7
3	9	10	8

จากโจทย์ปัญหา นำมาเขียนเป็นตารางการขนส่งได้ดังตารางที่ 6-1

ตารางที่ 4.6-1 ตารางการขนส่งตามตัวอย่างที่ 6

ไป จาก	โรง พัก พยุ.ศ	โรง พัก พยุ.ศ	โรง พัก พยุ.ศ	(อุด)ไช
1. จีรป ร์ยูน ศ	2	4	5	60
2. จีรป ร์ยูน ศ	3	2	7	30
3. จีรป ร์ยูน ศ	9	10	8	70
รากจ้อมาวค ง พัก พยุ.ศ	40	80	40	160 160

การแก้ปัญหาโดยวิธีตามกฎของมุมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ จะดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

1. เติมตัวเลขครั้งที่ 1 ในช่อง (1, 1) เมื่อพิจารณาศูนย์รับบริจาคที่ยังชีพที่ 1 เท่ากับ 60 ถุง แต่ความต้องการของศูนย์พักพิงที่ 1 รับได้เพียง 40 ถุง ฉะนั้นตัวเลขที่จะเติมในช่อง (1, 1) เท่ากับ 40 หน่วย

2. เติมตัวเลขครั้งที่ 2 เนื่องจากการเติมตัวเลขครั้งที่ 1 แล้วศูนย์รับบริจาคที่ 1 ไม่สามารถจะรับถุงยังชีพได้อีก แต่ศูนย์รับบริจาคที่ 1 ยังมีเหลือการรับบริจาคอยู่อีก 20 ถุง จึงต้องเติมตัวเลขครั้งที่ 2 ในช่อง (1, 2) ซึ่งศูนย์พักพิงที่ 2 มีความต้องการถุงยังชีพ 80 ถุง แต่ศูนย์พักพิงที่ 1 ยังมีถุงยังชีพเหลืออยู่เพียง 20 ถุง จึงเติมตัวเลขได้มากที่สุดในช่วงนี้เท่ากับ 20 หน่วย

3. เติมตัวเลขครั้งที่ 3 เนื่องจากการเติมตัวเลขครั้งที่ 2 แล้วทำให้กำลังศูนย์รับบริจาคที่ 1 หหมดไป แต่ศูนย์พักพิงที่ 2 ยังต้องการถุงยังชีพอยู่ จึงเติมตัวเลขครั้งที่ 3 ในช่อง (2, 2) ซึ่งศูนย์รับบริจาคที่ 2 เท่ากับ 30 ถุง แต่ศูนย์พักพิงที่ 2 ยังมีความต้องการถุงยังชีพเหลืออยู่ 60 ถุง (80 - 20) ฉะนั้นตัวเลขที่จะเติมในครั้งที่ 3 เท่ากับ 30 หน่วย

4. เติมตัวเลขครั้งที่ 4 เนื่องจากการเติมตัวเลขครั้งที่ 3 แล้วทำให้ศูนย์รับบริจาคที่ 2 หหมดไป แต่ศูนย์พักพิงที่ 2 ยังต้องการถุงยังชีพอีก 30 ถุง (60 - 30) จึงต้องเติมตัวเลขครั้งที่ 4 ในช่อง (3, 2) ซึ่งศูนย์พักพิงที่ 3 มีกำลังรับบริจาคเท่ากับ 70 ถุง แต่ศูนย์พักพิงที่ 2 รับถุงยังชีพได้เพียง 30 ถุง ฉะนั้นเติมตัวเลขครั้งที่ 4 ได้เท่ากับ 30 หน่วย

5. เติมตัวเลขครั้งที่ 5 หลังจากการเติมตัวเลขครั้งที่ 4 แล้วกำลังในการรับบริจาคถุงยังชีพที่ 3 เหลืออยู่ 40 ถุง (70 - 30) และศูนย์พักพิงที่ 3 ต้องการถุงยังชีพเท่ากับ 40 ถุง ดังนั้นจึงเติมตัวเลขครั้งที่ 5 ในช่อง (3, 3) เท่ากับ 40 ถุง ซึ่งจะทำให้ตัวเลขที่เติมเป็นไปตามข้อจำกัดด้านอุปทานและอุปสงค์ครบถ้วนแล้ว ซึ่งสามารถแสดงการเติมจำนวนเลขในตารางการขนส่งได้ดังตารางที่ 6-2

ตารางที่ 4.6-2 แสดงคำตอบที่หาได้ตามวิธีกฎของทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

ไป จาก	1 หักพิพัช	2 หักพิพัช	3 หักพิพัช	หักพิพัช
1 หักพิพัช	2	4	5	60
2 หักพิพัช	3	2	7	30
3 หักพิพัช	9	10	8	70
รวม	40	80	40	160

คำนวณต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้นได้ดังตาราง 4.6-3

ตารางที่ 4.6-3 แสดงต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้น

จาก	ไป	จำนวน (หน่วย)	ต้นทุนขนส่ง (บาท/หน่วย)	ต้นทุนขนส่งรวม (บาท)
ศูนย์รับบริจาค 1	ศูนย์พักพิง 1	40	2	80
ศูนย์รับบริจาค 1	ศูนย์พักพิง 2	20	4	80
ศูนย์รับบริจาค 2	ศูนย์พักพิง 2	30	2	60
ศูนย์รับบริจาค 3	ศูนย์พักพิง 2	30	10	300
ศูนย์รับบริจาค 3	ศูนย์พักพิง 3	40	8	320
ยอดรวมทั้งหมด		160	26	840

ตัวอย่างที่ 7 จงหาคำตอบเบื้องต้นโดยวิธีตามกฎของมุมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยศูนย์รับบริจาค
อุ้งยั้งชีพ Thai flood ต้องการที่จะส่งอุ้งยั้งชีพศูนย์รับบริจาคที่มีอยู่ 4 แห่ง ไปยังศูนย์พักพิง 4 แห่ง
จำนวนที่รับบริจาคอุ้งยั้งชีพของศูนย์รับบริจาค ความต้องการอุ้งยั้งชีพ และค่าใช้จ่ายในการขนส่ง
ต่อหน่วย ได้แสดงดังตารางต่อไปนี้

ไป จาก	โรงพักพูนศ	วังพักพูนศ	3กนิสวล	4กนิสวล	พิพั กาจิ 1
1คจิรบ รัยูน ศ	5	4	3	6	50
คจิ รัยูน ศ	9	10	12	9	40
คจิ รัยูน ศ	7	8	8	4	60
คจิ รัยูน ศ	12	10	6	3	80
รากจ้อมวาค พิพัยง	50	60	70	50	230

การหาคำตอบเบื้องต้นโดยวิธีตามกฎของมุมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ จะได้ดัง
ที่แสดงในตารางที่ 4.7 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงคำตอบที่หาได้ตามวิธีกฎของทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

ไป จาก	โรงพักพูนศ	วังพักพูนศ	วังพักพูนศ	วังพักพูนศ	คจิ พั
1คจิรบ รัยูน ศ	50	4	3	6	50
2คจิรบ รัยูน ศ	9	40	12	9	40
คจิ รัยูน ศ	7	20	40	4	60
คจิ รัยูน ศ	12	10	30	50	80
รากจ้อมวาค พิพัยง	50	60	70	50	230

การแก้ปัญหาโดยวิธีตามกฎของมุทิตะวันตกเฉียงเหนือ จะดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

1. เติมตัวเลขครั้งที่ 1 ในช่อง (1, 1) เมื่อพิจารณาปริมาณการรับบริจาคของศูนย์รับบริจาคที่ 1 เท่ากับ 50 ถุง และความต้องการของศูนย์พักพิงที่ 1 ก็รับได้จำนวน 50 ถุง ฉะนั้นตัวเลขที่จะเติมในช่อง (1, 1) เท่ากับ 50 หน่วย
2. เติมตัวเลขครั้งที่ 2 เนื่องจากการเติมตัวเลขครั้งที่ 1 แล้วศูนย์พักพิงที่ 1 ไม่สามารถจะรับถุงยังชีพได้อีก และศูนย์พักพิงที่ 1 ก็ไม่มีถุงยังชีพเหลืออยู่เลย จึงต้องเติมตัวเลขครั้งที่ 2 ในช่อง (2, 2) ซึ่งศูนย์พักพิงที่ 2 มีความต้องการถุงยังชีพ 60 ถุง แต่ศูนย์รับบริจาคที่ 2 มีปริมาณการรับบริจาคเพียง 40 ถุง จึงเติมตัวเลขได้มากที่สุด在这一ช่องนี้เท่ากับ 40 หน่วย
3. เติมตัวเลขครั้งที่ 3 เนื่องจากการเติมตัวเลขครั้งที่ 2 แล้วทำให้กำลังปริมาณการรับบริจาคศูนย์รับบริจาคที่ 2 หมดไป แต่ศูนย์พักพิงที่ 2 ยังต้องการถุงยังชีพอยู่ จึงเติมตัวเลขครั้งที่ 3 ในช่อง (3, 2) ซึ่งกำลังกำลังปริมาณการรับบริจาคศูนย์รับบริจาคที่ 3 เท่ากับ 60 หน่วย แต่ศูนย์พักพิงที่ 2 ยังมีความต้องการถุงยังชีพเหลืออยู่ 20 ถุง (60 - 40) ฉะนั้นตัวเลขที่จะเติมในครั้งที่ 3 เท่ากับ 20 หน่วย
4. เติมตัวเลขครั้งที่ 4 เนื่องจากการเติมตัวเลขครั้งที่ 3 แล้วทำให้ความต้องการถุงยังชีพของศูนย์พักพิงที่ 2 หมดไป แต่กำลังปริมาณการรับบริจาคศูนย์รับบริจาคที่ 3 ยังเหลืออยู่ 40 หน่วย (60-20) จึงต้องเติมตัวเลขครั้งที่ 4 ในช่อง (3, 3) เท่ากับ 40 หน่วย
5. เติมตัวเลขครั้งที่ 5 หลังจากการเติมตัวเลขครั้งที่ 4 แล้วกำลังกำลังปริมาณการรับบริจาคศูนย์รับบริจาคที่ 3 หมดไป แต่ศูนย์พักพิงที่ 3 ยังต้องการถุงยังชีพอีก 30 ถุง ดังนั้นจึงเติมตัวเลขครั้งที่ 5 ในช่อง (4, 3) เท่ากับ 30 หน่วย
6. เติมตัวเลขครั้งที่ 6 หลังจากการเติมตัวเลขครั้งที่ 5 แล้วความต้องการถุงยังชีพของศูนย์พักพิงที่ 3 หมดไป แต่กำลังปริมาณการรับบริจาคศูนย์รับบริจาคที่ 4 ยังเหลืออีก 50 หน่วย ดังนั้นจึงเติมตัวเลขครั้งที่ 6 ในช่อง (4, 4) เท่ากับ 50 หน่วย ซึ่งจะทำให้ตัวเลขที่เติมเป็นไปตามข้อจำกัดด้านอุปทานและอุปสงค์ครบถ้วนแล้ว ซึ่งสามารถแสดงการเติมจำนวนเลขในตารางการขนส่งได้ดังตารางที่ 8 ข้างบนนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าใช้จ่ายในการขนส่งรวมทั้งหมด} &= 50 \times 5 + 40 \times 10 + 20 \times 8 + 40 \times 8 + 30 \times 6 + 50 \times 3 \\ &= 1,460 \text{ บาท}\end{aligned}$$

2. วิธีตามกฎจากแถวเหนือใต้ (North to South Row Method)

วิธีตามกฎจากแถวเหนือใต้ เป็นวิธีหาคำตอบเบื้องต้นอีกวิธีหนึ่ง มีลักษณะคล้ายกับวิธีตามกฎของมุมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ต่างกันที่วิธีตามกฎจากแถวเหนือใต้จะมีการนำเอาค่าใช้จ่ายในการขนส่งของแหล่งต้นทางต่าง ๆ มาพิจารณาด้วย โดยมีการจัดสรรสินค้าที่มีอยู่ในแหล่งต้นทางเรียงตามลำดับตั้งแต่แหล่งต้นทางที่ 1, 2, 3, ..., m ซึ่งสามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

2.1 เริ่มการคำนวณที่แหล่งต้นทางที่ 1 (แถวอนที่ 1) ก่อน โดยเลือกช่องทางที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด (ถ้าค่าใช้จ่ายต่ำสุดเท่ากัน จะเลือกช่องใดก่อนก็ได้)

2.2 กำหนด ค่า $x_{ij} = \text{Minimize } (a_i, b_i)$

2.3 หักค่า x_{ij} ออกจากค่า a_i และ b_i

2.4 ถ้าค่า a_i ยังเหลือให้เลือกช่องทางที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดในแถวอนเดิม ถ้าค่า a_i ถูกจัดสรรหมดแล้ว ให้เลื่อนไปยังแถวถัดลงไป และเลือกช่องทางที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดอีก

2.5 กลับไปทำตามขั้นตอนที่ 2 อีก จนกว่าจะหมดทุกแถวอน

ตัวอย่างที่ 8 ใช้ข้อมูลในตัวอย่างที่ 6 หาคำตอบเบื้องต้นด้วยวิธีตามกฎจากแถวเหนือใต้

ไป จาก	โรง พักผ่อน	วัง พักผ่อน	วัง พักผ่อน	ปริมาณการรับ บรรจุ ศาสนา บริจาค
1. จีระ รัชุน ศ	2	4	5	60
2. จีระ รัชุน ศ	3	2	7	30
3. จีระ รัชุน ศ	9	10	8	70
รวมทั้งหมด 40	80	40	160	160

ตามตัวอย่างข้างต้น เรามีขั้นตอนในการหาคำตอบดังนี้

ขั้นที่ 1 พิจารณาแถวอนที่ 1 ค่าใช้จ่ายต่ำสุดคือ $c_{11} = 2$

$$\text{ดังนั้น ค่า } x_{11} = \text{Minimize } (a_i, b_i) = \text{Minimize } (60, 40) = 40$$

ขั้นที่ 2 จะเห็นว่าแถวอนที่ 1 อุปทานยังเหลืออีก 20 หน่วย (60-40) จึงต้องพิจารณา

$$\text{ค่าใช้จ่ายที่ต่ำรองลงมา คือ } c_{12} = 4$$

$$\text{ดังนั้น ค่า } x_{12} = \text{Minimize } (60-40, 80) = \text{Minimize } (20, 80) = 20$$

ขั้นที่ 3 แถวอนที่ 1 อุปทานถูกใช้หมดแล้ว จึงพิจารณาแถวอนที่ 2 ซึ่งค่าใช้จ่ายที่

ต่ำสุด

$$\text{คือ } c_{22} = 2$$

$$\text{ดังนั้น ค่า } x_{22} = \text{Minimize } (30, 80-20) = \text{Minimize } (30, 60) = 30$$

ขั้นที่ 4 แถวอนที่ 2 อุปทานถูกใช้หมดแล้ว จึงพิจารณาแถวอนที่ 3 ซึ่งค่าใช้จ่ายที่

ต่ำสุด

$$\text{คือ } c_{33} = 8$$

$$\text{ดังนั้น ค่า } x_{33} = \text{Minimize } 70, 40) = 40$$

ขั้นที่ 5 แถวอนที่ 3 อุปทานยังเหลืออีก 30 หน่วย (70-40) จึงต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายที่

$$\text{ต่ำรองลงมา คือ } c_{31} = 9 \text{ แต่อุปสงค์ของคอลัมน์ที่ 1 ถูกใช้หมดแล้ว จึงเลื่อน}$$

มา

$$\text{พิจารณาที่ } c_{32} = 10$$

$$\text{ดังนั้น ค่า } x_{32} = \text{Minimize } (70-40, 80-50) = \text{Minimize } (30, 30) = 30 \text{ ทำให้แถว}$$

อนที่ 3 อุปทานถูกใช้หมดแล้ว ฉะนั้นเราจึงได้คำตอบเบื้องต้นดังตารางที่ 8

ตารางที่ 4.8 แสดงคำตอบที่หาได้ตามวิธีจากแถวเหนือได้

ไป จาก	โรงพักขุนศรี	2วิ.ทัพ.นศ	3วิ.ทัพ.นศ	ปริมาณการรับ บริจาค
1. จีรภัฏ ศ	2 40	4 20	5	60
2. จีรภัฏ รัชุน ศ	3	2 30	7	30
3. จีรภัฏ รัชุน ศ	9	10 30	8 40	70
รวม ทั้งหมด	40	80	40	160 160

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการขนส่งรวมทั้งสิ้น} &= 40 \times 2 + 20 \times 4 + 30 \times 2 + 30 \times 10 + 40 \times 8 \\ &= 840 \text{ บาท} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 9 ใช้ข้อมูลในตัวอย่างที่ 7 หากคำตอบเบื้องต้นด้วยวิธีตามกฎจากแถวเหนือได้

ไป จาก	โรงพิมพ์ยูนิ ส	2โรงพิมพ์ ยูนิ ส	3โรงพิมพ์ ยูนิ ส	4โรงพิมพ์ ยูนิ ส	ปริมาณการรับ บริจาค
1. จีรภัฏ รัยบุญ ส	5	4	3	6	50
2. จีรภัฏ รัยบุญ ส	9	10	12	9	40
กชธิ ภัฏบุญ ส	7	8	8	4	60
กชธิ ภัฏบุญ ส	12	10	6	3	80
รากง้อดมวาก พิชญ์ภู	50	60	70	50	230

ตามตัวอย่างข้างต้น เรามีขั้นตอนในการหาคำตอบดังนี้

ขั้นที่ 1 พิจารณาแถวอนที่ 1 ค่าใช้จ่ายต่ำสุดคือ $c_{13} = 3$

$$\text{ดังนั้น ค่า } x_{13} = \text{Minimize } (a_i, b_i) = \min(50, 70) = 50$$

ขั้นที่ 2 แถวอนที่ 1 อุปทานถูกใช้หมดแล้ว จึงพิจารณาแถวอนที่ 2 ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด คือ $c_{21} = c_{24} = 9$ เลือก c_{21}

$$\text{ดังนั้น ค่า } x_{21} = \text{Minimize } (40, 50) = 40$$

ขั้นที่ 3 แถวอนที่ 2 อุปทานถูกใช้หมดแล้ว จึงพิจารณาแถวอนที่ 3 ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด คือ $c_{34} = 4$

$$\text{ดังนั้น ค่า } x_{34} = \text{Minimize } (60, 50) = 50$$

ขั้นที่ 4 แถวอนที่ 3 อุปทานยังเหลืออีก 10 หน่วย (60-50) จึงต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายที่ต่ำรองลงมา คือ $c_{31} = 7$

$$\text{ดังนั้น ค่า } x_{31} = \text{Minimize } (60-50, 50-40) = \text{Minimize } (10, 10) = 10$$

ขั้นที่ 5 แถวอนที่ 3 อุปทานถูกใช้หมดแล้ว จึงพิจารณาแถวอนที่ 4 ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด คือ $c_{44} = 3$ แต่อุปสงค์ของคอลัมน์ที่ 4 ถูกใช้หมดแล้ว จึงเลื่อนมาพิจารณาที่ $c_{43} = 6$

$$\text{ดังนั้น ค่า } x_{43} = \text{Minimize } (80, 70-50) = \text{Minimize } (80, 20) = 20$$

ขั้นที่ 6 แลวนอนที่ 4 อุปทานยังเหลืออีก 60 หน่วย (80-20) จึงต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายที่ต่ำรองลงมา คือ $c_{42} = 10$

ดังนั้น ค่า $x_{42} = \text{Minimize } (80-20, 60) = \text{Minimize } 60, 60 = 60$ ทำให้แถว

นอนที่ 4

อุปทานถูกใช้หมดแล้ว ฉะนั้นเราจึงได้คำตอบเบื้องต้นดังตารางที่ 9

ตารางที่ 4.9 แสดงคำตอบที่หาได้ตามวิธีกฎจากแถวเหนือได้

ไป จาก	โรงพิมพ์ธนศ	2 โรงพิมพ์ธนศ	3 โรงพิมพ์ธนศ	4 โรงพิมพ์ธนศ	ปริมาณการรับ บรรจุ บริจาค
1 โรงพิมพ์ธนศ	5	4	3	6	50
2 โรงพิมพ์ธนศ	9	10	12	9	40
3 โรงพิมพ์ธนศ	7	8	8	4	60
4 โรงพิมพ์ธนศ	12	10	6	3	80
รวม ทั้งหมด	50	60	70	50	230

ค่าใช้จ่ายในการขนส่งรวมทั้งสิ้น

$$= 50 \times 3 + 40 \times 9 + 10 \times 7 + 50 \times 4 + 60 \times 10 + 20 \times 6$$

$$= 1,500 \text{ บาท}$$

4.2 เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาแบบหลายคลังสินค้า (Multi Depot)

4.2.1 โมเดลคณิตศาสตร์เชิงเส้น

เนื่องจากโมเดลคณิตศาสตร์เชิงเส้นที่ใช้ในเทคนิค DEA อาจประกอบด้วยปัจจัยนำเข้าหลายปัจจัย (Multiple Input) ที่ใช้ในการผลิตผลลัพธ์หลายผลลัพธ์ (Multiple Output) โดยโมเดลที่สร้างขึ้นนี้จะใช้วัดว่าแต่ละ DMU ที่กำลังถูกสามารถจำลองปัญหาด้วยโมเดลคณิตศาสตร์เชิงเส้นที่มีเพียงหนึ่งผลลัพธ์ (Single Output) ที่ใช้แสดงความมีประสิทธิภาพและมีปัจจัยนำเข้าหลายปัจจัยซึ่งใช้เป็นเกณฑ์วัดประสิทธิภาพเทคนิค DEA เป็นวิธีการประเมินประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบ (Relative Efficiency) ของปัจจัยต่างๆในกลุ่ม DMUs โดยจะกำหนดให้ DMUs ที่มีประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบสูงสุดเทียบกันค่ามาตรฐานวัดประสิทธิภาพเท่ากับ และมีความ Slack ของทุกปัจจัยเท่ากับศูนย์ (i) $S = 0$ กล่าวให้เจาะจงก็คือค่ามาตรฐานวัดประสิทธิภาพยิ่งน้อยก็ยิ่งบ่งบอกถึงความด้อยประสิทธิภาพและค่า Slack ของเกณฑ์ปัจจัยนำเข้าใดมีค่ามากเป็นการบ่งบอกถึงความด้อยประสิทธิภาพของ

$$\text{Minimize } Z = \alpha_k - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i$$

ภายใต้เงื่อนไข

$$\alpha_k - x_{jk} - \sum_{i=1}^n \lambda_i x_{ij} - s_i = 0 \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (4.17)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (4.18)$$

โดยที่

$$s_i \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (4.19)$$

$$\lambda_i \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (4.20)$$

α_k เป็นผลผลิตที่ใช้เป็นมาตรฐานวัดประสิทธิภาพของ ศูนย์รับบริการรายที่ k

λ_i เป็นค่าถ่วงน้ำหนักที่มีการอ้างอิงให้กับศูนย์รับบริการรายที่ j เมื่อเปรียบเทียบกับ ศูนย์รับบริการรายที่ k ซึ่งมีการวัดประสิทธิภาพ.

x_{ij} เป็นค่าของปัจจัย i : ซึ่งถูกใช้โดยศูนย์รับบริการรายที่ j

ϵ เป็นค่าตัวเลขที่มีขนาดเล็กมาก

s_i คือค่า Slack ของปัจจัย

ตารางที่ 4.10 แสดงแบบจำลองปัญหาการประเมินประสิทธิภาพ

ศูนย์รับบริการ j	Time avg (min)	Defect rate. (%)	Delivery rates of the number (%)
1	1200	0.0	0.0
2	900	1.2	5.0
3	550	2.1	7.0
4	800	0.8	0.0
5	500	2.1	6.0
6	700	0.0	0.0
7	1500	1.1	6.0
8	1200	0.5	7.0
9	700	0.8	0.0
10	800	0.0	2.0

$i = 1$ เวลาเฉลี่ยที่ส่งได้

$i = 2$ อัตราค่าเฉลี่ยของเสีย

$i = 3$ อัตราการส่งมอบผิดจำนวน

Defect rate คืออัตราของเสียที่มาไม่ถึงศูนย์รับบริการหรือมาถึงช้าหลายวัน

Delivery rates of the number คืออัตราการส่งไม่ครบตามจำนวนในศูนย์พักพิง

Time avg คือระยะทางเฉลี่ยจากต้นทางไปปลายทางโดยได้จากการจัดเส้นทางจินตภาพ
อัลกอริทึม

จากโมเดลที่ใช้จำลองปัญหาการประเมินประสิทธิภาพของศูนย์รับบริการ (1) ถึงสมการที่ (5) และอาศัยตารางข้อมูลที่ 1 เราจะได้โมเดลจำลองปัญหาในตัวอย่างกรณีศึกษานี้แยกออกเป็น 10 โมเดลตามจำนวนศูนย์รับบริการที่ถูกประเมินประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบดังนี้

Shelters Number 1 (k = 1): $\text{Min } Z = \alpha_1 - \varepsilon (S_1 + S_2 + S_3)$

Under condition:

$$\begin{aligned}
 1200\alpha_1 - (1200\lambda_1 + 900\lambda_2 + 550\lambda_3 + 800\lambda_4 + 550\lambda_5 + 700\lambda_6 + 1500\lambda_7 + 1200\lambda_8 + 700\lambda_9 + 800\lambda_{10}) - S_1 &= 0 \\
 (0)\alpha_1 - (0\lambda_1 + 1.2\lambda_2 + 2.1\lambda_3 + 0.8\lambda_4 + 2.1\lambda_5 + 0.0\lambda_6 + 1.1\lambda_7 + 0.5\lambda_8 + 0.8\lambda_9 + 0.0\lambda_{10}) - S_2 &= 0 \\
 (0)\alpha_1 - (0\lambda_1 + 5\lambda_2 + 7\lambda_3 + 0\lambda_4 + 6\lambda_5 + 0\lambda_6 + 6\lambda_7 + 7\lambda_8 + 0\lambda_9 + 2\lambda_{10}) - S_3 &= 0 \\
 \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 &= 1 \\
 S_1, S_2, S_3 &\geq 0 \\
 \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10} &\geq 0
 \end{aligned}$$

Shelters Number 2 (k = 2): $\text{Min } Z = \alpha_2 - \varepsilon (S_1 + S_2 + S_3)$

Under condition:

$$\begin{aligned}
 900\alpha_2 - (1200\lambda_1 + 900\lambda_2 + 550\lambda_3 + 800\lambda_4 + 550\lambda_5 + 700\lambda_6 + 1500\lambda_7 + 1200\lambda_8 + 700\lambda_9 + 800\lambda_{10}) - S_1 &= 0 \\
 (1.2)\alpha_2 - (0\lambda_1 + 1.2\lambda_2 + 2.1\lambda_3 + 0.8\lambda_4 + 2.1\lambda_5 + 0.0\lambda_6 + 1.1\lambda_7 + 0.5\lambda_8 + 0.8\lambda_9 + 0.0\lambda_{10}) - S_2 &= 0 \\
 (5)\alpha_2 - (0\lambda_1 + 5\lambda_2 + 7\lambda_3 + 0\lambda_4 + 6\lambda_5 + 0\lambda_6 + 6\lambda_7 + 7\lambda_8 + 0\lambda_9 + 2\lambda_{10}) - S_3 &= 0 \\
 \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 &= 1 \\
 S_1, S_2, S_3 &\geq 0 \\
 \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10} &\geq 0
 \end{aligned}$$

Shelters Number 3 (k = 3): $\text{Min } Z = \alpha_3 - \varepsilon (S_1 + S_2 + S_3)$

Under condition:

$$\begin{aligned}
 550\alpha_3 - (1200\lambda_1 + 900\lambda_2 + 550\lambda_3 + 800\lambda_4 + 550\lambda_5 + 700\lambda_6 + 1500\lambda_7 + 1200\lambda_8 + 700\lambda_9 + 800\lambda_{10}) - S_1 &= 0 \\
 (2.1)\alpha_3 - (0\lambda_1 + 1.2\lambda_2 + 2.1\lambda_3 + 0.8\lambda_4 + 2.1\lambda_5 + 0.0\lambda_6 + 1.1\lambda_7 + 0.5\lambda_8 + 0.8\lambda_9 + 0.0\lambda_{10}) - S_2 &= 0 \\
 (7)\alpha_3 - (0\lambda_1 + 5\lambda_2 + 7\lambda_3 + 0\lambda_4 + 6\lambda_5 + 0\lambda_6 + 6\lambda_7 + 7\lambda_8 + 0\lambda_9 + 2\lambda_{10}) - S_3 &= 0 \\
 \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 &= 1 \\
 S_1, S_2, S_3 &\geq 0 \\
 \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10} &\geq 0
 \end{aligned}$$

Shelters Number 4 (k = 4): $\text{Min } Z = \alpha_4 - \varepsilon (S_1 + S_2 + S_3)$

Under condition:

$$\begin{aligned}
 800\alpha_4 - (1200\lambda_1 + 900\lambda_2 + 550\lambda_3 + 800\lambda_4 + 550\lambda_5 + 700\lambda_6 + 1500\lambda_7 + 1200\lambda_8 + 700\lambda_9 + 800\lambda_{10}) - S_1 &= 0 \\
 (0.8)\alpha_4 - (0\lambda_1 + 1.2\lambda_2 + 2.1\lambda_3 + 0.8\lambda_4 + 2.1\lambda_5 + 0.0\lambda_6 + 1.1\lambda_7 + 0.5\lambda_8 + 0.8\lambda_9 + 0.0\lambda_{10}) - S_2 &= 0 \\
 (0)\alpha_4 - (0\lambda_1 + 5\lambda_2 + 7\lambda_3 + 0\lambda_4 + 6\lambda_5 + 0\lambda_6 + 6\lambda_7 + 7\lambda_8 + 0\lambda_9 + 2\lambda_{10}) - S_3 &= 0 \\
 \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 &= 1 \\
 S_1, S_2, S_3 &\geq 0 \\
 \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10} &\geq 0
 \end{aligned}$$

Shelters Number 5 (k = 5): $\text{Min } Z = \alpha_5 - \varepsilon (S_1 + S_2 + S_3)$

Under condition:

$$\begin{aligned}
 & 600\alpha_5 - (1200\lambda_1 + 900\lambda_2 + 550\lambda_3 + 800\lambda_4 + 550\lambda_5 + 700\lambda_6 + 1500\lambda_7 + 1200\lambda_8 + 700\lambda_9 + 800\lambda_{10}) - S_1 = 0 \\
 & (2.1)\alpha_5 - (0\lambda_1 + 1.2\lambda_2 + 2.1\lambda_3 + 0.8\lambda_4 + 2.1\lambda_5 + 0.0\lambda_6 + 1.1\lambda_7 + 0.5\lambda_8 + 0.8\lambda_9 + 0.0\lambda_{10}) - S_2 = 0 \\
 & (6)\alpha_5 - (0\lambda_1 + 5\lambda_2 + 7\lambda_3 + 0\lambda_4 + 6\lambda_5 + 0\lambda_6 + 6\lambda_7 + 7\lambda_8 + 0\lambda_9 + 2\lambda_{10}) - S_3 = 0 \\
 & \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 = 1 \\
 & S_1, S_2, S_3 \geq 0 \\
 & \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10} \geq 0
 \end{aligned}$$

Shelters Number 6 (k = 6): $\text{Min } Z = \alpha_6 - \varepsilon (S_1 + S_2 + S_3)$

Under condition:

$$\begin{aligned}
 & 700\alpha_6 - (1200\lambda_1 + 900\lambda_2 + 550\lambda_3 + 800\lambda_4 + 550\lambda_5 + 700\lambda_6 + 1500\lambda_7 + 1200\lambda_8 + 700\lambda_9 + 800\lambda_{10}) - S_1 = 0 \\
 & (0)\alpha_6 - (0\lambda_1 + 1.2\lambda_2 + 2.1\lambda_3 + 0.8\lambda_4 + 2.1\lambda_5 + 0.0\lambda_6 + 1.1\lambda_7 + 0.5\lambda_8 + 0.8\lambda_9 + 0.0\lambda_{10}) - S_2 = 0 \\
 & (0)\alpha_6 - (0\lambda_1 + 5\lambda_2 + 7\lambda_3 + 0\lambda_4 + 6\lambda_5 + 0\lambda_6 + 6\lambda_7 + 7\lambda_8 + 0\lambda_9 + 2\lambda_{10}) - S_3 = 0 \\
 & \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 = 1 \\
 & S_1, S_2, S_3 \geq 0 \\
 & \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10} \geq 0
 \end{aligned}$$

Shelters Number 7 (k = 7): $\text{Min } Z = \alpha_7 - \varepsilon (S_1 + S_2 + S_3)$

Under condition:

$$\begin{aligned}
 & 1500\alpha_7 - (1200\lambda_1 + 900\lambda_2 + 550\lambda_3 + 800\lambda_4 + 550\lambda_5 + 700\lambda_6 + 1500\lambda_7 + 1200\lambda_8 + 700\lambda_9 + 800\lambda_{10}) - S_1 = 0 \\
 & (1.1)\alpha_7 - (0\lambda_1 + 1.2\lambda_2 + 2.1\lambda_3 + 0.8\lambda_4 + 2.1\lambda_5 + 0.0\lambda_6 + 1.1\lambda_7 + 0.5\lambda_8 + 0.8\lambda_9 + 0.0\lambda_{10}) - S_2 = 0 \\
 & (6)\alpha_7 - (0\lambda_1 + 5\lambda_2 + 7\lambda_3 + 0\lambda_4 + 6\lambda_5 + 0\lambda_6 + 6\lambda_7 + 7\lambda_8 + 0\lambda_9 + 2\lambda_{10}) - S_3 = 0 \\
 & \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 = 1 \\
 & S_1, S_2, S_3 \geq 0 \\
 & \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10} \geq 0
 \end{aligned}$$

Shelters Number 8 (k = 8): $\text{Min } Z = \alpha_8 - \varepsilon (S_1 + S_2 + S_3)$

Under condition:

$$\begin{aligned}
 & 1200\alpha_8 - (1200\lambda_1 + 900\lambda_2 + 550\lambda_3 + 800\lambda_4 + 550\lambda_5 + 700\lambda_6 + 1500\lambda_7 + 1200\lambda_8 + 700\lambda_9 + 800\lambda_{10}) - S_1 = 0 \\
 & (0.5)\alpha_8 - (0\lambda_1 + 1.2\lambda_2 + 2.1\lambda_3 + 0.8\lambda_4 + 2.1\lambda_5 + 0.0\lambda_6 + 1.1\lambda_7 + 0.5\lambda_8 + 0.8\lambda_9 + 0.0\lambda_{10}) - S_2 = 0 \\
 & (7)\alpha_8 - (0\lambda_1 + 5\lambda_2 + 7\lambda_3 + 0\lambda_4 + 6\lambda_5 + 0\lambda_6 + 6\lambda_7 + 7\lambda_8 + 0\lambda_9 + 2\lambda_{10}) - S_3 = 0 \\
 & \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 = 1 \\
 & S_1, S_2, S_3 \geq 0 \\
 & \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10} \geq 0
 \end{aligned}$$

Shelters Number 9 (k = 9): $\text{Min } Z = \alpha_9 - \varepsilon (S_1 + S_2 + S_3)$

Under condition:

$$700\alpha_9 - (1200\lambda_1 + 900\lambda_2 + 550\lambda_3 + 800\lambda_4 + 550\lambda_5 + 700\lambda_6 + 1500\lambda_7 + 1200\lambda_8 + 700\lambda_9 + 800\lambda_{10}) - S_1 = 0$$

$$(0.8)\alpha_9 - (0\lambda_1 + 1.2\lambda_2 + 2.1\lambda_3 + 0.8\lambda_4 + 2.1\lambda_5 + 0.0\lambda_6 + 1.1\lambda_7 + 0.5\lambda_8 + 0.8\lambda_9 + 0.0\lambda_{10}) - S_2 = 0$$

$$(0)\alpha_9 - (0\lambda_1 + 5\lambda_2 + 7\lambda_3 + 0\lambda_4 + 6\lambda_5 + 0\lambda_6 + 6\lambda_7 + 7\lambda_8 + 0\lambda_9 + 2\lambda_{10}) - S_3 = 0$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 = 1$$

$$S_1, S_2, S_3 \geq 0$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10} \geq 0$$

Shelters Number 10 (k = 10): $\text{Min } Z = \alpha_{10} - \varepsilon (S_1 + S_2 + S_3)$

Under condition:

$$800\alpha_{10} - (1200\lambda_1 + 900\lambda_2 + 550\lambda_3 + 800\lambda_4 + 550\lambda_5 + 700\lambda_6 + 1500\lambda_7 + 1200\lambda_8 + 700\lambda_9 + 800\lambda_{10}) - S_1 = 0$$

$$(0)\alpha_{10} - (0\lambda_1 + 1.2\lambda_2 + 2.1\lambda_3 + 0.8\lambda_4 + 2.1\lambda_5 + 0.0\lambda_6 + 1.1\lambda_7 + 0.5\lambda_8 + 0.8\lambda_9 + 0.0\lambda_{10}) - S_2 = 0$$

$$(2)\alpha_{10} - (0\lambda_1 + 5\lambda_2 + 7\lambda_3 + 0\lambda_4 + 6\lambda_5 + 0\lambda_6 + 6\lambda_7 + 7\lambda_8 + 0\lambda_9 + 2\lambda_{10}) - S_3 = 0$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 = 1$$

$$S_1, S_2, S_3 \geq 0$$

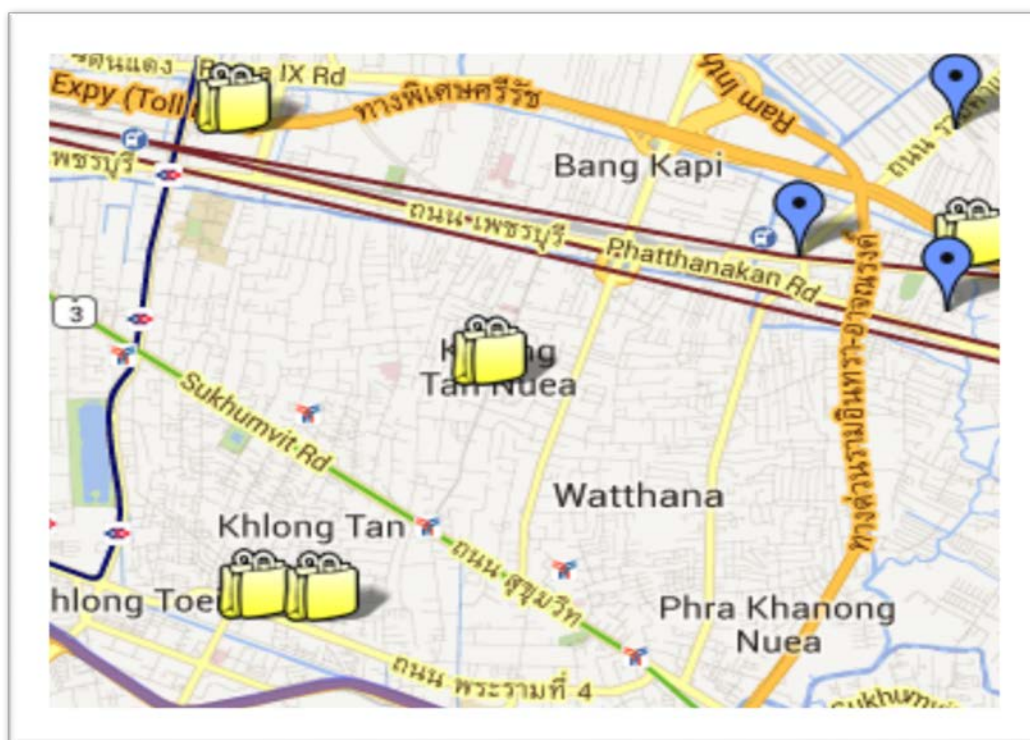
$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10} \geq 0$$

ตารางที่ 4.11 ผลลัพธ์ศูนย์พักพิง 10 ศูนย์เพื่อคัดเลือก ศูนย์รับบริจาค

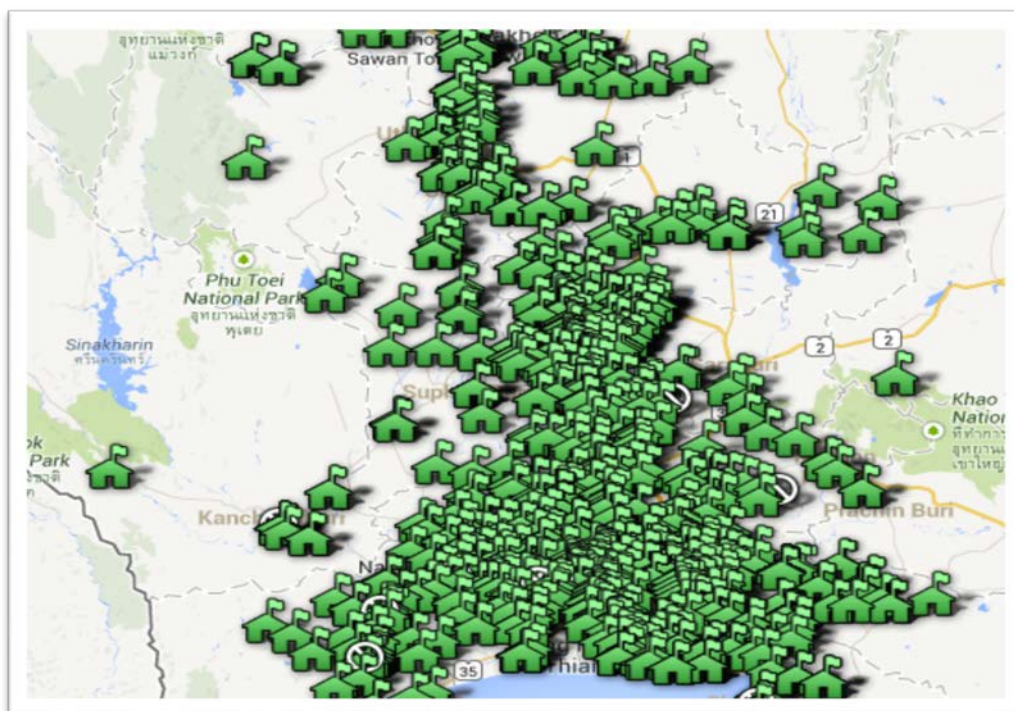
ศูนย์รับบริจาค j	α_k	s_i	λ_i
1	$\alpha_1 = 0.9944$	$S_1 = 0.0000$ $S_2 = 0.0011$ $S_3 = 0.0000$	$\lambda_5 = 0.011$ $\lambda_1 = 0.014$
2	$\alpha_2 = 0.9811$	$S_1 = 0.0000$ $S_2 = 0.0054$ $S_3 = 0.0000$	$\lambda_7 = 0.5669$
3	$\alpha_3 = 1.0000$	$S_1 = 0.0000$ $S_2 = 0.0000$ $S_3 = 0.0000$	$\lambda_4 = 1.0000$
4	$\alpha_4 = 0.9795$	$S_1 = 0.0000$ $S_2 = 0.0230$ $S_3 = 0.0000$	$\lambda_8 = 0.0567$
5	$\alpha_5 = 0.9889$	$S_1 = 0.0000$ $S_2 = 0.0065$ $S_3 = 0.0000$	$\lambda_3 = 0.3347$ $\lambda_1 = 0.1231$
6	$\alpha_6 = 1.0000$	$S_1 = 0.0000$ $S_2 = 0.0000$ $S_3 = 0.0000$	$\lambda_6 = 1.0000$
7	$\alpha_7 = 0.9643$	$S_1 = 0.0000$ $S_2 = 0.0243$ $S_3 = 0.0000$	$\lambda_7 = 0.3135$ $\lambda_8 = 0.2347$ $\lambda_{10} = 0.2345$
8	$\alpha_8 = 0.9787$	$S_1 = 0.0000$ $S_2 = 0.0154$ $S_3 = 0.0000$	$\lambda_5 = 0.2125$ $\lambda_7 = 0.3123$
9	$\alpha_9 = 1.0000$	$S_1 = 0.0000$ $S_2 = 0.0000$ $S_3 = 0.0000$	$\lambda_9 = 1.0000$
10	$\alpha_{10} = 0.9895$	$S_1 = 0.0000$ $S_2 = 0.0058$ $S_3 = 0.0000$	$\lambda_2 = 0.1224$ $\lambda_3 = 0.1130$

4.2.2 การจัดเส้นทางรถขนส่งผู้โดยสารจากศูนย์รับบริจาคไปยังศูนย์พักพิง

การเก็บรวบรวมข้อมูลเริ่มจากศึกษา ยกตัวอย่างข้อมูลจำลองสถานการณ์รูปแบบการขนส่งผู้โดยสารของศูนย์รับบริจาค กรณีศึกษาข้อมูลจำลองสถานการณ์โดยยกตัวอย่าง 5 วัน ข้อมูลพบว่ามีจำนวน 10 ศูนย์รับบริจาคผู้โดยสารผู้รับบริจาคต้องการผู้โดยสารทั้งสิ้น 6 ศูนย์พักพิงรถบรรทุกสำหรับผู้โดยสารผู้โดยสารจำนวน 10 คัน รถบรรทุกสามารถบรรทุกผู้โดยสารได้จำนวน 50 คน/คัน ถนนที่ใช้ในการขนส่งแบ่งเป็น 2 เลน และ 4 เลน ช่องทางจราจร ดังนั้นระยะทางไป-กลับจะไม่เท่ากันและมีเส้นทางที่เกิดภัยพิบัติทางน้ำเกิดขึ้น ศูนย์พักพิงต้องการผู้โดยสารแต่ละศูนย์ไม่เท่ากัน แต่มีความต้องการผู้โดยสารไม่แน่นอน เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ ผู้วิจัยหาค่าความต้องการผู้โดยสารของศูนย์พักพิง การหาค่าเฉลี่ย (Mean) ดังตารางที่ 1 การหาระยะทางของศูนย์รับบริจาคไปยังศูนย์พักพิงบันทึกจุดของศูนย์รับบริจาคแต่ละราย และ ศูนย์พักพิง แต่ละแห่ง แล้วกำหนดตำแหน่งลงโปรแกรม Google Earth โดยใช้ไฟล์เป็นนามสกุล kml พร้อมทั้งสร้าง Distance Matrix

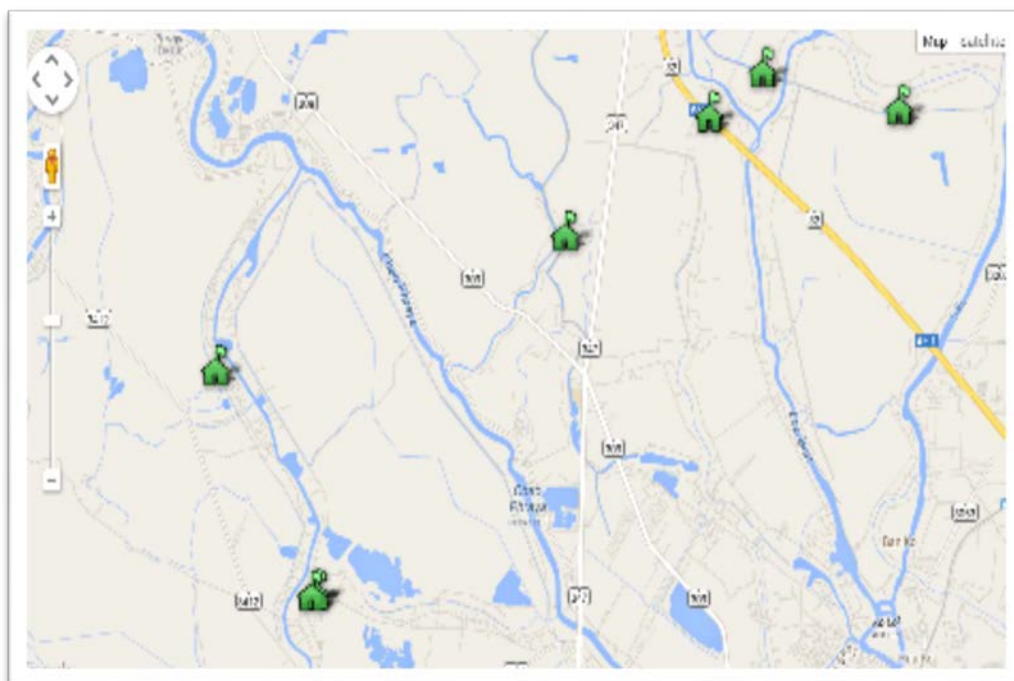


รูปที่ 4.1 ศูนย์รับบริจาคผู้โดยสาร



รูปที่ 4.2 ศูนย์พักพิงที่ต้องการถ่วงยังชีพ

ตัวอย่างที่ 1. ตัวอย่างการหาความต้องการถ่วงยังชีพของศูนย์พักพิง



รูปที่ 4.3 ข้อมูลจำลองสถานการณ์ศูนย์พักพิงที่ต้องการถ่วงยังชีพ

ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์ศูนย์พักพิง 10 ศูนย์ เพื่อคัดเลือกศูนย์รับบริจาคไปยังศูนย์พักพิง

ศูนย์รับบริจาคถุงยังชีพ	ระยะทาง					
	1	2	3	4	5	6
1	80	95	100	107	120	150
2	100	100	300	200	65	89
3	180	90	120	99	85	99
4	170	120	120	120	130	150
5	180	110	90	80	100	120
6	150	120	96	88	120	123
7	120	110	123	133	121	123
8	130	111	121	101	123	124
9	120	123	113	114	132	132
10	134	134	124	125	112	142

ตัวอย่างการหาความต้องการถุงยังชีพ

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลตัวอย่างปริมาณการรับถุงยังชีพในแต่ละวันของศูนย์พักพิง 6 ศูนย์

ศูนย์พักพิง	วันส่งถุงยังชีพ				
	1	2	3	4	5
1	50	102	-	-	-
2	30	70	80	-	-
3	30	90	120	99	85
4	70	10	120	50	30
5	80	110	90	60	0
6	30	50	26	88	10

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด (Optimization Problems) แทนการใช้กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) เนื่องจากสามารถหาคำตอบได้ใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในเวลาอันสั้นเมื่อเทียบกับวิธีการใช้กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์โดยได้นำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาต่างๆ และมีผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจอย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ ที่ได้มักขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น ชนิดของปัญหาการกำหนดสำหรับการนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมไปใช้ในการแก้ ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเป็นหัวข้องานวิจัยที่มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยมีการประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถในรูปแบบต่างๆ เช่น ปัญหาแบบพื้นฐานที่มีศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว และปัญหาที่มีการคำนึงถึงเงื่อนไขบังคับอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น เงื่อนไขความจุ ของรถขนส่งและการส่งสินค้าภายใต้กรอบเวลาเป็นต้น ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่นำไปใช้ในงานวิจัยส่วนมากมีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน จะแตกต่างกันที่รายละเอียดของวิธี ที่ใช้ เช่น การใช้วิธีสลับสายพันธุ์ และวิธีกายพันธุ์ต่างๆ วิธีการคัดเลือกโครโมโซม เป็นต้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีความแตกต่างกันไม่มากนักในเชิงคุณภาพ ขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหาที่แก้ขนาดของปัญหาและวิธีที่ใช้ในการแก้ ปัญหาในงานเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งยังชีพ โดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการหาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดและระยะเวลาที่ขนส่งที่เร็วที่สุด ในส่วนที่เหลือของหลักการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมตลอดจนวิธีสลับสายพันธุ์ และวิธีกายพันธุ์ที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งเปรียบเทียบผลการทดลองที่มีการเพิ่มประสิทธิภาพจินตคณิตอัลกอริทึม

จินตคณิตอัลกอริทึม เป็นวิธีการมาจากกระบวนการทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจากการวิวัฒนาการ หรือ การอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต เป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบหนึ่งซึ่งช่วยให้ได้มาซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุดให้กับปัญหา โดยใช้กระบวนการทางพันธุศาสตร์เข้ามาช่วยในกระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหา โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของจินตคณิตอัลกอริทึม ในปัจจุบัน ได้แก่ Chromosome Encoding, Initial Population, Fitness Function, Genetic Operator, Parameter เป็นต้น

จินตคณิตอัลกอริทึม มีองค์ประกอบที่สำคัญ 5 ส่วนด้วยกัน ดังนี้

1. การเข้ารหัสโครโมโซม (Chromosome Encoding) หรือรูปแบบโครโมโซมที่ใช้ในการนำเสนอทางเลือกที่สามารถจะเป็นไปได้ของแต่ละปัญหา
2. ประชากรต้นกำเนิด (Initial Population) คือ ประชากรที่จะนำเข้าไปในกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
3. ฟังก์ชันสำหรับประเมินค่า (Fitness Function) คือ ฟังก์ชันประเมินค่าความเหมาะสม เพื่อให้คะแนนแต่ละทางเลือกของคำตอบ

4. ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operator) ซึ่งใช้ในการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของข้อมูลตลอดกระบวนการได้แก่ Selection, Crossover และ Mutation

5. พารามิเตอร์ (Parameter) ที่สำคัญสำหรับ จีเนติกอัลกอริทึม เช่น ขนาดของประชากร (Population Size) ความน่าจะเป็นของการ crossover (Probability Crossover) ความน่าจะเป็นของการ Mutation (Probability Mutation) และจำนวนรุ่น เป็นต้น

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอาศัยหลักทางพันธุกรรมและการคัดสรรทางธรรมชาติ (Natural Selection) โดยใช้วิธีเข้ารหัสตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) ไว้ในโครโมโซมซึ่งเป็นการเก็บคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหาที่ต้องการแก้การประเมินคุณภาพของคำตอบสามารถทำได้โดยใช้ฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) และคำตอบที่มีคุณภาพจะถูกคัดเลือกด้วยวิธีการคัดสรรทางธรรมชาติเพื่อถ่ายทอดหน่วยพันธุกรรมหรือยีน (Gene) ไปยังรุ่นถัดไป โครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือกจะถูกนำไปผ่านกรรมวิธีสลับสายพันธุกรรมและกรรมวิธีกลายพันธุ์เพื่อสร้างเป็นโครโมโซมรุ่นใหม่รายละเอียดของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถศึกษา

ขั้นตอนวิธีจีเนติกอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm)

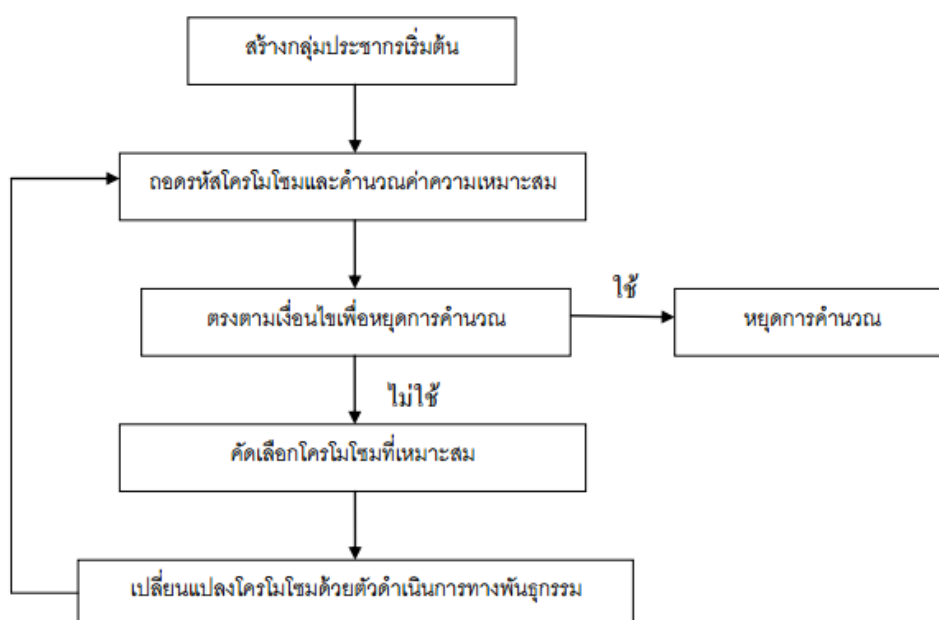
ในส่วนนี้จะแสดงขั้นตอนพื้นฐานของ GA และแผนภาพของแต่ละขั้นตอนของ GA

1. สร้างกลุ่มของโครโมโซมซึ่งใช้เป็นประชากรเริ่มต้น เรียกว่า Population อาจใช้การเลือกแบบสุ่ม
2. การแปลรหัสโครโมโซมเพื่อให้ได้คำตอบในรูปของตัวแปรดั้งเดิมของปัญหา
3. นำตัวแปรดั้งเดิมมาคำนวณหาความเหมาะสมของคำตอบของแต่ละโครโมโซม หากได้ค่าตามที่เรากำลังต้องการก็จะหยุดในการทำงาน
4. คำนวณค่าที่ใช้แสดงความอยู่รอดคือ Fitness value ของโครโมโซม โดยโครโมโซมที่มีค่าความอยู่รอดสูงจะมีโอกาสถูกเลือกไปอยู่ในประชากรรุ่นถัดไปมากกว่าโครโมโซมที่มีค่าความอยู่รอดต่ำ
5. สร้างประชากรชุดใหม่จากประชากรชุดเก่าด้วยวิธีการคัดเลือก (Selection) โดยพิจารณาจากค่าความอยู่รอด
6. นำประชากรที่ผ่านการคัดเลือกมาเข้ากระบวนการส่งต่อพันธุกรรม โดยใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operators) ซึ่งประกอบไปด้วย การแลกเปลี่ยนโครโมโซม (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นต้น

7. ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ถึง 6 จนกระทั่งได้คำตอบที่เหมาะสมของปัญหาที่เราต้องการหรือได้สร้างประชากรเท่ากับจำนวนรุ่นที่เราได้กำหนดไว้

4.3 การประเมินประสิทธิภาพอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาเทียบเคียงกับอัลกอริทึมที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ผังขั้นตอนวิธีจีเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายที่ใช้ในการจัดเส้นทางข้อมูลแสดงได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.4 ผังขั้นตอนวิธีจีเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย

สำหรับในงานวิจัยนี้มีการทดลองผังขั้นตอนต่อไปนี้ และมีการปรับปรุงประสิทธิภาพในส่วนดำเนินการ Rm (Reordered Mutation) โดยทำการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพ One Rm (One Reordered Mutation) และ Two Rm (Two Reordered Mutation)

1. รวบรวมข้อมูลจากชุดข้อมูล ข้อมูล จาก Distance Matrix ข้อมูลตารางเวลา ของศูนย์รับบริจาคถุงยังชีพ

ข้อมูลตารางเวลาการใช้รถในการขนส่งทำการประมวลผลอัลกอริทึมจากช่วงเวลาว่างที่มีอยู่ของศูนย์รับบริจาค รถขนส่ง และ ศูนย์รับบริจาค จำนวนความต้องการของศูนย์

พักพิง โดยกำลังครึ่งละ 24 ชั่วโมง ในการขนส่งจากต้นทางไปปลายทางโดยตารางเวลาการขนส่งที่กำหนดไว้ตั้งแต่ 0.00 ถึงเวลา 24.00 เพื่อสร้างจำนวนโครโมโซมขึ้น

เงื่อนไขการจัดเส้นทางเดินรถอันได้แก่ ความจุปริมาตร ความจุน้ำหนัก เวลากำหนดรับถุงยังชีพและเวลากำหนดส่งถุงยังชีพ ข้อบังคับในการจัดเส้นทาง

1.1 ผลรวมของปริมาตรถุงยังชีพที่บรรทุกอยู่บนเส้นทางแต่ละจุดจะต้องไม่เกินความจุปริมาตรรถที่ขนส่งได้

1.2 ผลรวมของน้ำหนักสินค้าที่บรรทุกอยู่บนเส้นทางแต่ละจุดจะต้องไม่เกินน้ำหนักรถที่ขนส่งได้

1.3 ถุงยังชีพที่จะทำการขนส่งได้จะต้องผ่านทั้งข้อจำกัดปริมาตรและน้ำหนักบรรทุก เวลามาถึงแต่ละศูนย์พักพิงต้องไม่น้อยกว่าเวลารับถุงยังชีพ

1.4 ถ้าจุดนั้นเป็นการรับถุงยังชีพ และถ้าศูนย์พักพิงนั้นเป็นการส่งถุงยังชีพ เวลาถึงต้องไม่เกินเวลาส่งถุงยังชีพของงานนั้น

ตารางที่ 4.14 รูปแบบของโครโมโซม

$g1$	$g2$		g^w
ถุงยังชีพ	ถุงยังชีพ	...	ถุงยังชีพ
หมายเลขศูนย์พักพิง	หมายเลขศูนย์พักพิง	...	หมายเลขศูนย์พักพิง
ความต้องการถุงยังชีพ	ความต้องการถุงยังชีพ	...	ความต้องการถุงยังชีพ

2. ทำการรวมค่าในแต่ละโครโมโซมที่มีการละเมิดข้อบังคับเพื่อหาค่าที่ละเมิดในการขนส่งให้น้อยที่สุด

3. ประเมินค่าตอบ (Fitness Evolution) ใน โครโมโซมโดยใช้สมการตรวจสอบสำหรับสมการในการตรวจสอบ $F(x) = 1/(\text{cost}(x)+1)$ โดยที่ $\text{cost}(x)$ คือผลรวมรวมของโครโมโซม (x)

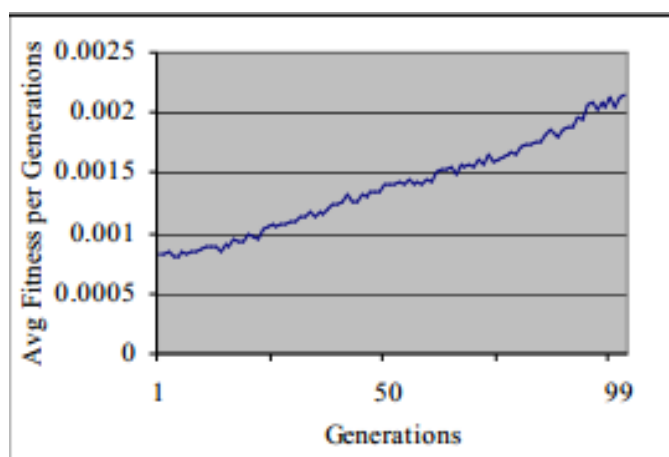
4. มีการปรับปรุงประสิทธิภาพในส่วนการดำเนินการสุ่มข้อมูล เพื่อดำเนินการแก้ไขในโครโมโซม และในทุกโครโมโซมจะมีการเรียงข้อมูลตามลำดับภายในยีนส์ และในทุกโครโมโซมจะมีการเรียงข้อมูลจากมากไปหาน้อย โดยใช้การประเมินค่าที่เหมาะสม สำหรับยีนส์ที่มีค่าเหมาะสมน้อยที่สุดจะเป็นตำแหน่งจุดภายในของโครโมโซมกระบวนการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มจากยีนส์ที่มีมูลค่าน้อยที่สุดมาดำเนินการ Rm (Reordered Mutation) ซึ่งสำหรับงานชิ้นนี้ได้มีการ

ปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยมีการเปรียบเทียบ One Reordered Mutation, Two Reordered Mutation และ Three Reordered Mutation ซึ่งจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งในโครโมโซม จากตำแหน่งเดียวกัน เป็นสองตำแหน่ง และสามตำแหน่งเพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่าความเหมาะสมของการสุ่ม ข้อมูล โดยใช้การ Reordered Mutation

5. ดำเนินการคัดเลือกโดยใช้ (Selection Tournament) โดยใช้วิธี Elitist Strategy เพื่อคัดออกจำนวนจำนวน 1 โครโมโซม และทำการเพิ่มค่าที่ดีที่สุดจำนวน 1 โครโมโซม

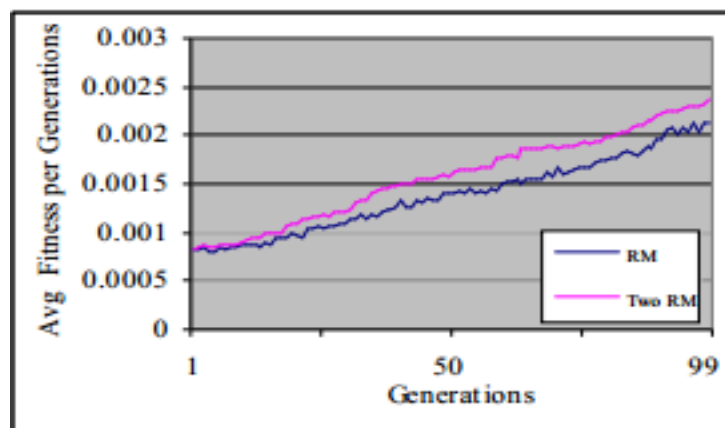
6. กลับไปทำงานตามขั้นตอนที่ 2 เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมในแต่ละ โครโมโซมทำจำนวนครบข้อกำหนด

จากรูปที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน Generation กับ ค่าเฉลี่ย Fitness ต่อหนึ่งหน่วย Generation โดยใช้กระบวนการ Reordered Mutation



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ย Fitness Evaluation

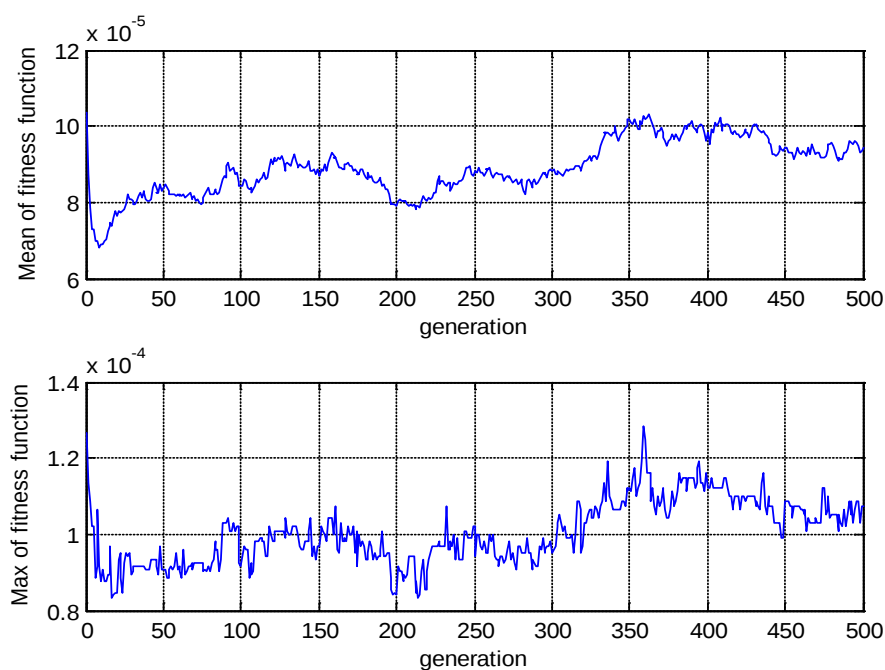
จากกราฟแกนนอนจะบ่งบอกจำนวน Generation และแกนตั้งจะบ่งบอกค่า Avg Fitness Per Generations ค่าเฉลี่ยจากการจัดเส้นทางจีเนติกอัลกอริทึมที่คำนวณได้จากสมการที่ (3.8) พบว่าผลลัพธ์ที่ได้ในการหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งสินค้าภายใต้กรอบเวลาที่กำหนด ซึ่งได้ค่าเฉลี่ย ในแต่ละครั้งของงานวิจัยนี้เป็นจำนวน 100 Generation ในผลการทดลอง การ Reordered Mutation ในงานวิจัยนี้



รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย การเปรียบเทียบระหว่าง Reordered Mutation กับ Two Reordered

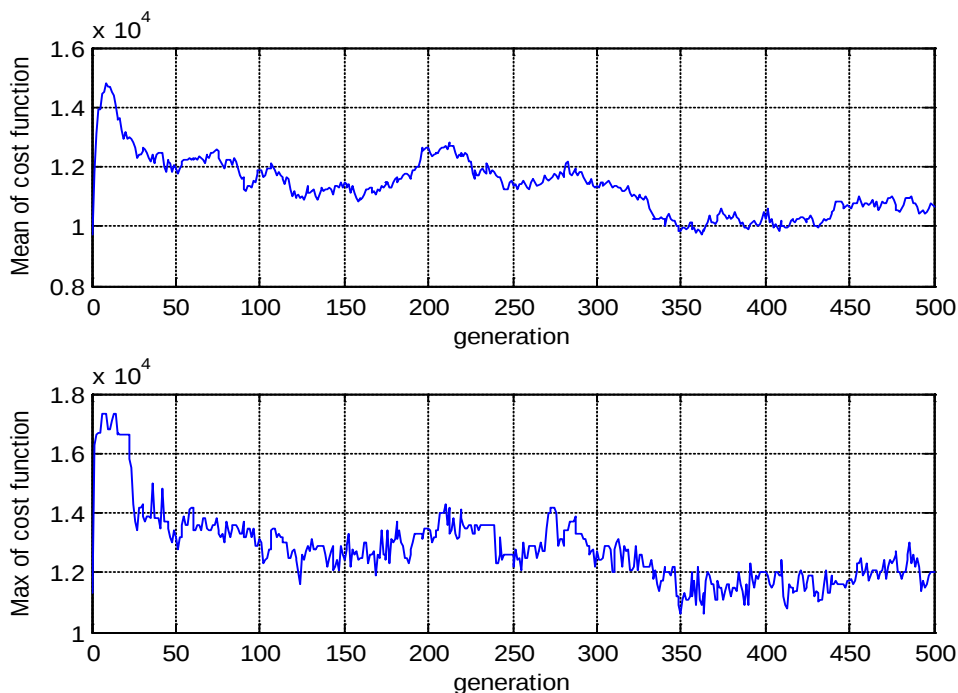
จากกราฟจะเป็นการเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง Reordered Mutation กับ Two Reordered ซึ่งจากผลการทดลอง Two Reordered นั้น ได้ค่าเฉลี่ยจากการจัดเส้นทางโดยใช้จีเนติก อัลกอริทึมซึ่งทำการคำนวณพบว่าผลลัพธ์ที่ได้ในการหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งสินค้า ภายใต้กรอบเวลาที่กำหนดจะได้ค่าเฉลี่ย ในแต่ละครั้งของงานวิจัยนี้เป็นจำนวน 100 Generation อย่างไรก็ดี ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่าง Reordered Mutation กับ Two Reordered ในงานวิจัย นี้ พบว่า ผลการทดลอง Two Reordered เป็นข้อค้นพบที่ให้ผลทดลองที่ดีกว่า

สำหรับ รูปที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพในการเปรียบเทียบระหว่าง Reordered Mutation กับ Two Reordered Mutation กับค่าเฉลี่ย Fitness ต่อหนึ่งหน่วย Generation ผลที่ได้ในการทดลอง ซ้ำจำนวน 5 ครั้ง พบว่า Two RM ให้ผลเฉลี่ยที่ดีกว่า



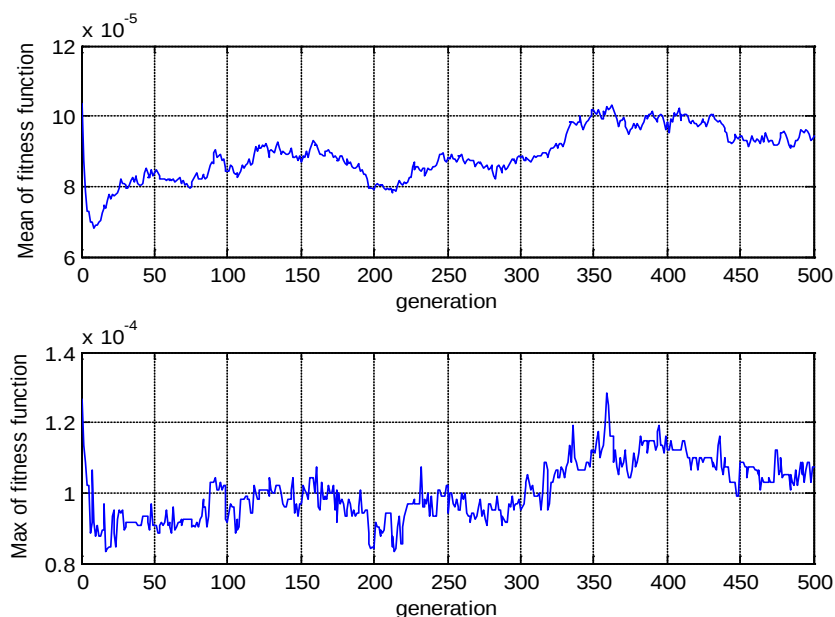
รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ย Mean of Fitness Function กับ ค่า Max of Fitness Function

รูปที่ 4.7 แสดงประสิทธิภาพในการเปรียบเทียบระหว่าง ค่า Mean of Fitness Function กับ ค่า Max of Fitness Function ต่อหนึ่งหน่วย Generation ผลที่ได้ในการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ใช้จำนวน 500 โครโมโซม โดยใช้ Reordered Mutation ในผลการทดลอง



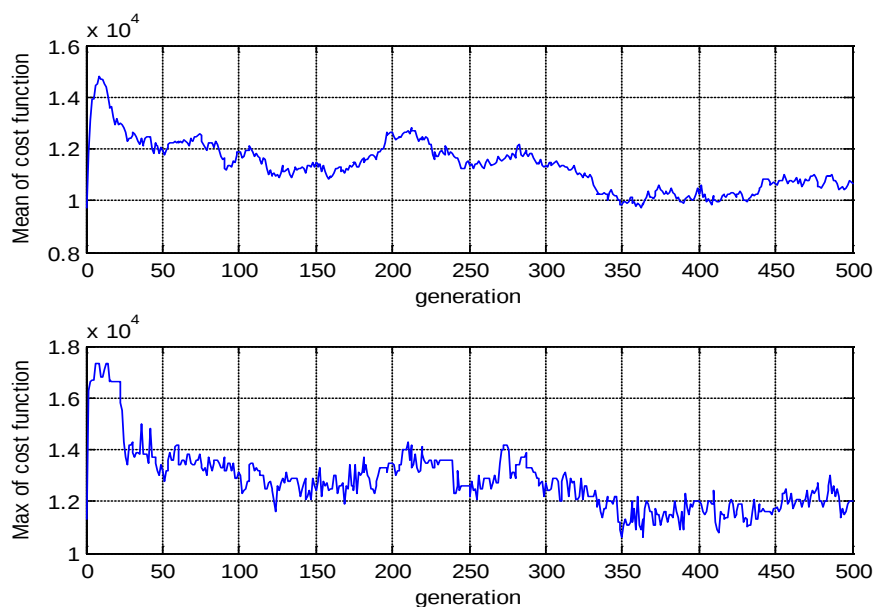
รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ย Mean of Cost Function กับ ค่า Max of Cost Function

รูปที่ 4.8 แสดงประสิทธิภาพในการเปรียบเทียบระหว่าง ค่า Mean of Cost Function กับ ค่า Max of Cost Function ต่อหนึ่งหน่วย Generation ผลที่ได้ในการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ใช้จำนวน 500 โครโมโซม โดยใช้ Reordered Mutation ในผลการทดลอง



รูปที่ 4.9 ค่าเฉลี่ย Mean of Fitness Function กับ ค่า Max of Fitness Function

รูปที่ 4.9 แสดงประสิทธิภาพในการเปรียบเทียบระหว่าง ค่า Mean of Fitness Function กับ ค่า Max of Fitness Function ต่อหนึ่งหน่วย Generation ผลที่ได้ในการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ใช้จำนวน 500 โครโมโซม โดยใช้ Two Reordered Mutation ในผลการทดลอง



รูปที่ 4.10 ค่าเฉลี่ย Mean of Cost Function กับ ค่า Max of Cost Function

รูปที่ 4.10 แสดงประสิทธิผลในการเปรียบเทียบระหว่าง ค่า Mean of Cost Function กับ ค่า Max of Cost Function ต่อหนึ่งหน่วย Generation ผลที่ได้ในการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ใช้จำนวน 500 โครโมโซม โดยใช้ Two Reordered Mutation ในผลการทดลอง

ข้อสรุปในงานวิจัยนี้ในหัวข้อ ที่ 4.1 ผลศึกษาลักษณะและแนวทางการขนส่งภายใต้ภัยพิบัติทางน้ำ ทำให้สามารถได้ผลการคำนวณเกี่ยวกับระยะทางเฉลี่ยโดยใช้วิธีตามกฎจากแถวเหนือได้และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิจัยในหัวข้อที่ 4.2 เพื่อทำการพัฒนาอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหา โดยใช้เทคนิคการคัดเลือกศูนย์รับบริจาคถุงยังชีพ ทำให้ผลการวิจัยมีการค้นพบว่า ผลลัพธ์จากการขนส่ง เป็นลักษณะ Adaptive โดยใช้ ตัวแปรเชิงปริมาณ 3 ตัวในการนำเข้ามาวิเคราะห์ในเส้นกรอปล้อมข้อมูลหรือ DEA ซึ่งสามารถเพิ่มความสำเร็จในส่งการขนส่งถุงยังชีพจากศูนย์รับบริจาคไปยังศูนย์พักพิง โดยใช้ตัวแปร S1 ในการจัดเส้นทางซึ่งมีการจัดเส้นทางจากศูนย์รับบริจาคไปยังศูนย์พักพิงโดยใช้ตาราง Distance Matrix มีการใช้ตัวแปร S2 คืออัตราเฉลี่ยของเสียที่มาไม่ถึงศูนย์รับบริจาค หรือรถขนส่งไม่สามารถมาถึงศูนย์รับบริจาคได้

เนื่องจากสาเหตุเส้นทางไปศูนย์พักพิงมีปัญหาหรือเส้นทางกลับมายังศูนย์รับบริจาค มีปัญหา และสุดท้าย ตัวแปร S3 คือตัวแปรที่ใช้ คืออัตราการรถขนส่งยังชีพไม่ครบจำนวนตามศูนย์พักพิงตามที่ระบุไว้ในความต้องการถุงยังชีพ ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแปรต้นสามตัว ทำให้เกิดตัวแปรตามจากการประเมินศูนย์รับบริจาคทำงานมีความเพื่อประเมินในการขนส่งรอบถัดไปซึ่งได้ให้ประสิทธิผลในการขนส่ง ลักษณะ Adaptive เพื่อเพิ่มความสำเร็จในการส่งในแต่ละวัน ตามการออกแบบสามารถให้คำแนะนำในและเพิ่มประสิทธิผลในการขนส่งถุงยังชีพในสภาวะความไม่แน่นอนจากศูนย์รับบริจาค ไปยังศูนย์พักพิงและวิเคราะห์ความสำเร็จในการขนส่งถุงยังชีพได้ และผลวิจัยจากข้อ 4.2 ต่อยอดในการพัฒนาเป็นข้อ 4.3 การพัฒนาการจัดเส้นทางโดยใช้จินตนาการอัลกอริทึมในการจัดเส้นทางโดยงานวิจัยนี้โดยเพิ่มประสิทธิภาพโดยใช้ การกลายพันธุ์ Mutation โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนา Reordered Mutation และ Two Reordered Mutation เพื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพจินตนาการอัลกอริทึม แล้วให้ผลลัพธ์ดังผลการทดลองรูปที่ 4.6 ซึ่งผลการทดลอง และ Two Reordered Mutation ให้ผลการทดลองในงานวิจัยนี้ที่ดีกว่า โดยดูจากค่า Fitness Per Generations ในงานวิจัยนี้

4.4 สรุป

เนื้อหาในบทที่ 4 นี้เป็นการนำเสนอผลจากการวิจัย ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วย (1) เพื่อศึกษาลักษณะและแนวทางการขนส่งภายใต้ภัยพิบัติทางน้ำแบบมีหลายคลังสินค้า และมีกรอบเวลาเดินทางที่ไม่แน่นอนสำหรับการภัยพิบัติทางน้ำ (2) เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาแบบหลายคลังสินค้า (Multi Depot) และ (3) เพื่อพัฒนาการประเมินประสิทธิภาพอัลกอริทึมที่ได้พัฒนานั้นเทียบกับอัลกอริทึมที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นสนับสนุนวัตถุประสงค์ของงานวิจัย