



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)

ปริญญา

วิศวกรรมอุตสาหการ

วิศวกรรมอุตสาหการ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การเลือกสถานที่ตั้งโรงงานที่เหมาะสมด้วยวิธีการแบ่งแยกปัญหา

A Decomposition Algorithm for Rectilinear Distance Multi-facility Weber Problems

นามผู้วิจัย นางสาวชญาณี เล้าสุขสุวรรณ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน, วศ.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์พิรุณห์ ชาญเศรษฐิกุล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบศิริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chayanee Lausuksuwan 2010: A Decomposition Algorithm for Rectilinear Distance Multi-facility Weber Problems. Master of Engineering (Industrial Engineering), Major Field: Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor: Ms. Chansiri Singhtaun, D.Eng. 96 pages.

This thesis proposes heuristic methods for capacitated multi-facility location problems. The problem is to select the optimal locations of m facilities on continuous plane and the allocations of n customers demanding for a certain amount of inseparable products to each facility with respect to its capacity limitation so as to minimize the total transportation rectilinear distance between facilities and customers. There are two heuristic algorithms developed under decomposition approach, which are the decomposition algorithm with random initial locations and the decomposition algorithm with specified initial locations at locations of customer requiring maximum products. Under this approach, a complex problem will be decomposed into two small sub-problems, location and allocation problem. They will be alternately solved. The solution of each sub-problem is used to improve the solutions of the other. The iterative process continues until the solution can not be improved. Both algorithms are first compared with the direct algorithm to preliminary define their efficiency. Finally, both algorithms are compared with the exact algorithm with premature termination. The result shows that the decomposition algorithm with specified initial locations gives better solutions with smaller computational time than the decomposition algorithm with random initial locations. Also, it gives the solution error between - 12.83 and -1.77 % with 95% confidence when comparing with the solutions from exact algorithm with premature termination.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

๐๐๐๐๓

หน้า

๐๐๐๐๓	(1)
๐๐๐๐๓ ๐๐๐๐๐	(2)
๐๐๐๐๓ ๐๐๐	(8)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(9)
๐๐๐๐	1
วัตถุประสงค์	3
๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐	4
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
๐๐๐๐๐	23
ผลและวิจารณ์	39
๐๐	39
วิจารณ์	48
สรุปและข้อเสนอแนะ	50
๐๐๐	50
ข้อ๐๐๐๐๐๐	51
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	52
๐๐๐๐๐๐๐	54
๐๐๐๐๐๐๐๐ ๐ ตัวอย่างการหาตำแหน่งที่ตั้งโรงงานเริ่มต้นของวิธีการแบ่งแยกปัญหา โดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด	55
๐๐๐๐๐๐๐๐ ๐ ตารางแสดงค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์และ ๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐	60
๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐ ๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐	96

แบบฝึกหัด (ต่อ)

แบบฝึกหัด

หน้า

01	ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน (a_j, b_j) เมื่อความต้องการของลูกค้า (w_j) ไม่เท่ากัน	56
02	ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน (a_j, b_j) เมื่อความต้องการของลูกค้า (w_j) เท่ากันบางค่า และความต้องการของลูกค้าในลำดับที่ $n - m$ ไม่เท่ากับความต้องการของลูกค้าในลำดับที่ $n - m + 1$	57
03	ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน (a_j, b_j) เมื่อความต้องการของลูกค้า (w_j) เท่ากันบางค่า และความต้องการของลูกค้าในลำดับที่ $n - m$ เท่ากับความต้องการของลูกค้าในลำดับที่ $n - m + 1$ และเท่ากับความต้องการของลูกค้าในลำดับที่ n	57
04	ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน (a_j, b_j) เมื่อความต้องการของลูกค้า (w_j) เท่ากันบางค่า และความต้องการของลูกค้าในลำดับที่ $n - m$ เท่ากับความต้องการของลูกค้าในลำดับที่ $n - m + 1$ แต่ไม่เท่ากับความต้องการของลูกค้าในลำดับที่ n	58
05	ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน (a_j, b_j) เมื่อความต้องการของลูกค้า (w_j) เท่ากัน	59
01	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบสุ่ม (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 5 คน แบบฝึกหัด 12, 3.1 และ 3.2	61
02	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบสุ่ม (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 10 คน แบบฝึกหัด 12, 3.1 และ 3.2	62
03	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบสุ่ม (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 15 คน แบบฝึกหัด 12, 3.1 และ 3.2	63
04	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบสุ่ม (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 30 คน แบบฝึกหัด 12, 3.1 และ 3.2	64
05	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบสุ่ม (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 40 คน แบบฝึกหัด 12, 3.1 และ 3.2	65

แบบฝึกหัด (ต่อ)

แบบฝึกหัด

หน้า

06	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 50 คน	66
07	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 100 คน	67
08	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 250 คน	68
09	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 5 คน	69
10	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 10 คน	70
11	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 15 คน	71
12	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 20 คน	72
13	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 25 คน	73

□□□□□ □□□□□ (ต่อ)

		หน้า
๐๑๔	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 8 คน (CPU Time) ๒, 3.1 ๓.2	74
๐๑๕	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 10 คน (CPU Time) ๒, 3.1 ๓.2	75
๐๑๖	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 15 คน (CPU Time) ๒, 3.1 ๓.2	76
๐๑๗	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 20 คน (CPU Time) ๒, 3.1 ๓.2	77
๐๑๘	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 5 แห่ง ลูกค้า 8 คน (CPU Time) ๒, 3.1 ๓.2	78
๐๑๙	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 5 แห่ง ลูกค้า 10 คน (CPU Time) ๒, 3.1 ๓.2	79
๐๒๐	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 5 แห่ง ลูกค้า 15 คน (CPU Time) ๒, 3.1 ๓.2	80
๐๒๑	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 5 คน (CPU Time) ๑, 3.1 ๓.2	81

แบบทดสอบ (ต่อ)

แบบทดสอบ

หน้า

22	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 10 คน	82
23	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 15 คน	83
24	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 30 คน	84
25	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 50 คน	85
26	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 100 คน	86
27	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 5 คน	87
28	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 10 คน	88
29	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 15 คน	89

แบบทดสอบ (ต่อ)

แบบทดสอบ

หน้า

30	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 20 คน, 3.1 3.2	90
31	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 8 คน, 3.1 3.2	91
32	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 10 คน, 3.1 3.2	92
33	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 15 คน, 3.1 3.2	93
34	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 5 แห่ง ลูกค้า 8 คน, 3.1 3.2	94
35	ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 5 แห่ง ลูกค้า 10 คน, 3.1 3.2	95

๐๐๐๐๐ ๐๐๐

๐๐๐๐๐

หน้า

1	๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐ Euclidean ๐๐๐ Rectilinear	6
2	ตำแหน่งของลูกค้า๐๐๐๐๐ 8 ๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐	14
3	ตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้า (a, b) 1 ๐๐๐ บนเส้นจำนวน	16
4	การจัดกลุ่มลูกค้า และตำแหน่งโรงงานเริ่มต้นตามตัวอย่างที่ 1	28
5	ผลลัพธ์การจัดกลุ่มลูกค้า และตำแหน่งโรงงานตามตัวอย่างที่ 1	32
6	การจัดกลุ่มลูกค้าและตำแหน่งโรงงานตามตัวอย่างที่ 2	36
7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรและเวลาในการประมวลผลของ วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างสุ่ม	42
8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรและเวลาในการประมวลผลของ วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้า ๐๐๐๐๐	43

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

(x_i, y_i) = ตำแหน่ง i

(a_j, b_j) = ตำแหน่งของลูกค้าที่ j

S_i = จี๊ดความสามารถในการให้บริการ i

W_j = ความต้องการของลูกค้าที่ j

III =

II = จำนวนลูกค้า

$Z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าลูกค้าที่ } j \text{ ได้รับสินค้าจากโรงงานที่ } i \\ 0 & \text{ } \end{cases}$

III.1 =

III.2 =

III.3.1 = วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างสุ่ม

III.3.2 = วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด

(Exact Algorithm) อาจใช้เวลานานในการแก้ปัญหาหรืออาจไม่สามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้
ดังนั้นวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้หาคำตอบที่ดีในช่วงของคำตอบที่สามารถยอมรับได้
ในเวลาอันรวดเร็ว จึงเป็นวิธีที่นิยมในการแก้ปัญหา



วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการเลือกสถานที่ตั้งด้วยวิธีแบ่งแยกปัญหา ซึ่งระยะทางที่ใช้พิจารณาเป็นแบบ Rectilinear เพื่อนำวิธีการที่ได้รับการพัฒนาไปประยุกต์ใช้กับ โรงงานอุตสาหกรรมหรือองค์กรที่เกี่ยวข้อง ในการให้ข้อมูลที่สำคัญ เพื่อสามารถตัดสินใจได้อย่าง

วัตถุประสงค์

1. ลูกค้า 1 ราย สามารถรับสินค้าได้จากโรงงานเพียงแห่งเดียว แต่โรงงาน 1 แห่ง สามารถส่งสินค้าให้ลูกค้าได้หลายราย
2. ทราบความต้องการของลูกค้า ซึ่งมีค่าคงที่
3. พิจารณาคำแหน่งสถานที่ตั้งโรงงาน 2 มิติ (Two Dimensional Plane)
4. ระยะเวลาสามารถกำหนดเป็นที่ตั้งได้
5. ระยะทางระหว่างโรงงานและลูกค้าเป็นแบบ Rectilinear
6. โรงงานมีขีดความสามารถในการให้บริการจำกัด และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตามขีดความสามารถที่มี

บทนำ

ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงาน คือ การเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานให้มีความเหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาถึงระยะทางที่ใช้ในการขนส่งจากโรงงานไปยังลูกค้าซึ่งจะช่วยให้การตัดสินใจเลือกแก้ปัญหาในธุรกิจภาคการขนส่ง โลจิสติกส์ (Logistic) นอกจากนี้ยังนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการเคลื่อนย้าย หรือจัดส่งวัตถุดิบระหว่างหน่วยงานภายในโรงงานได้อีกด้วย (อรรถ, 2549)

ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งที่มีการศึกษามายาวนาน ถ้าใช้จำนวนโรงงานที่พิจารณาหาที่ตั้งเป็นเกณฑ์ จะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานเพียงแห่งเดียว (Single-facility Location Problem)

เป็นการหาดำเนินสถานที่ตั้งของโรงงานเพียงแห่งเดียว เพื่อรองรับลูกค้าจำนวน n โดยพิจารณาจากทฤษฎีบทต่อไปนี้ (Francis and White, 1974)

$$\text{Minimize} \quad \sum_{j=1}^n w_j d(X, P_j) \quad (1)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j=1}^n w_j \leq s \quad \text{เมื่อ } j = 1, \dots, n$$

- โดยที่
- w_j คือ ความต้องการของลูกค้าที่ j
 - $d(X, P_j)$ คือ ระยะทางระหว่างโรงงานกับลูกค้าที่ j
 - s คือขีดความสามารถในการให้บริการของโรงงาน
 - X คือ ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน
 - P_j คือ ตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้าที่ $j = 1, \dots, n$
 - n คือ จำนวนลูกค้า

ฟังก์ชันระยะทางระหว่างโรงงานกับลูกค้าที่ j รูปแบบ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับรูปแบบปัญหาที่พิจารณา ดังนี้

1.1 Euclidean เป็นการวัดระยะทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งแบบเส้นตรง วิธีนี้จะได้ระยะที่สั้นที่สุดระหว่างจุดสองจุด ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

$$d(X, P_j) = \sqrt{(x - a_j)^2 + (y - b_j)^2}$$

นิยมนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาเครือข่าย (Network Location Problem) เช่น การจราจรทางอากาศ การวางระบบสายไฟ การออกแบบระบบท่อ เป็นต้น

1.2 Squared Euclidean

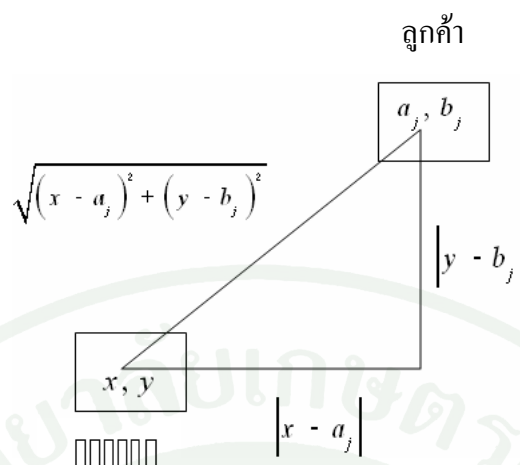
$$d(X, P_j) = (x - a_j)^2 + (y - b_j)^2$$

มักใช้ในกรณีที่ระยะทางหรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างโรงงานและลูกค้าไม่อยู่ในรูปแบบเส้นตรง เช่น ระยะทางระหว่างสถานีดับเพลิงกับบ้านเรือนประชาชน ซึ่งหากระยะทางยิ่งไกล จะทำให้เกิดเป็นต้น

1.3 Rectilinear เป็นการวัดเส้นทางในการเดินทางตามแกน x และ y

$$d(X, P_j) = |x - a_j| + |y - b_j|$$

มักใช้ในการขนส่งสินค้า การขนส่งเป็นเส้นตรง ขนส่งไปกับกำแพงหรือสิ่งก่อสร้าง เช่น การขนส่งสินค้าหรือวัตถุดิบจากคลังสินค้าภายในโรงงานไปยังเครื่องจักรในสายการผลิต ซึ่งไม่สามารถขนไปด้วยเส้นทางที่เป็นระยะกระจัดได้ เนื่องจากมีกำแพง หรือสิ่งกีดขวางกั้นอยู่ เป็นต้น



ข้อสังเกต 1. ระยะทางแบบ Euclidean กับ Rectilinear

ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานเพียงแห่งเดียวที่มีฟังก์ชันระยะทางเป็นแบบ Rectilinear (Rectilinear Distance Single Facility Location Problem; RSFLP) มีสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้ (Francis and White, 1974)

$$\text{Minimize } t(x, y) = \sum_{j=1}^n w_j [|x - a_j| + |y - b_j|] \quad (2)$$

กำหนดให้ (x, y) คือ ตำแหน่งของโรงงาน
 (a_j, b_j) คือ ตำแหน่งของลูกค้าที่ j
 w_j คือ ความต้องการของลูกค้าที่ j
 n คือ จำนวนลูกค้า

วิธีการแก้ปัญหาสถานที่ตั้งโรงงานที่เหมาะสมสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

ข้อสังเกต 1. แปลงรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์สมการไม่เชิงเส้นที่มีค่าสัมบูรณ์ในสมการ (2) ให้เป็นสมการเชิงเส้น โดยการใส่ตัวแปรเสริมเข้าไปในสมการที่ (2) แบ่งแยกเป็น 2 ปัญหา ที่เป็นอิสระต่อกันได้ คือ

$$\text{Minimize } t(x) + t(y) = \text{Minimize } \sum_{j=1}^n w_j |x - a_j| + \sum_{j=1}^n w_j |y - b_j| \quad (3)$$

ข้อ 2 ใช้คุณสมบัติของ Median Location ในการแก้สมการที่ (2) (Heragu, n.d.)

ข้อที่ 1 x ที่ดีสุดของโรงงานจะเป็นพิกัดเดียวกับพิกัด a ของลูกค้า ในทำนองเดียวกัน y ที่ดีสุดของโรงงานจะเป็นพิกัดเดียวกับพิกัด b ของลูกค้า

ข้อที่ 2 x และ y ของโรงงาน คือตำแหน่งกึ่งกลางของพิกัดลูกค้า ซึ่งสัมพันธ์กับน้ำหนัก $\sum_{j=1}^n w_j$

Median Location

1. เรียงลำดับ a ของลูกค้าทั้งหมด และเรียงจากน้อยไปมาก
2. หา a และ g ที่ w_j เท่ากับหรือมากกว่าครึ่งหนึ่งของ $\sum_{j=1}^{g-1} w_j < \sum_{j=1}^n \frac{w_j}{2}$ และ $\sum_{j=1}^g w_j \geq \sum_{j=1}^n \frac{w_j}{2}$
3. ทำเหมือนข้อที่ 1 สำหรับ b เป็นพิกัดของ b
4. ทำเหมือนข้อที่ 2 สำหรับ g เป็นพิกัดของ h
5. ตำแหน่งที่ดีที่สุดของโรงงาน คือ พิกัด a และ g และ b และ h ที่ระบุไว้ใน ข้อที่ 2 และ ข้อที่ 4

2. ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานหลายแห่ง (Multi-facility Location Problem; MLP)

ปัญหา MLP สามารถแบ่งแยกได้หลากหลายประเภทขึ้นกับการพิจารณาฟังก์ชันเป้าหมายหรือข้อจำกัดต่าง ๆ ซึ่งถ้าพิจารณาปัญหา MLP เพื่อหาค่าตำแหน่งที่ตั้งโรงงานจากตำแหน่งที่ตั้งที่กำหนดไว้เบื้องต้น (Node) ปัญหานี้จะถูกระบุว่า (Capacitated Multi-facility Location Problem; CMLP)

ตำแหน่งที่ตั้งโรงงานสามารถเป็นตำแหน่งใด ๆ บนพื้นราบ ปัญหานี้จะถูกเรียกว่า (Capacitated Multi-facility Weber Problem; CMWP) และถ้ามีการพิจารณาบริการของลูกค้า ปัญหา CMLP ยังสามารถแบ่งได้ 4 ปัญหา

2.1 ปัญหา CMLP

ปัญหานี้เป็นการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงงาน m ซึ่งตำแหน่งของโรงงานจะพิจารณาจากบนข่ายงาน (Network) แต่ละโรงงานมีขีดความสามารถในการให้บริการจำกัด ความต้องการของลูกค้า n และลูกค้าแต่ละรายสามารถตอบสนองได้จากโรงงานหลายแห่ง โดยทั่วไปแล้ว ปัญหานี้จะพิจารณาค่าใช้จ่ายโดยใช้ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) โดยมีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ดังนี้ (Nauss, 1978)

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} z_{ij} + \sum_{i=1}^m f_i y_i \quad (9)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j=1}^n z_{ij} \leq s_i y_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m z_{ij} = w_j \quad j = 1, \dots, n$$

$$y_i \in \{0, 1\}$$

- d_{ij} ระยะทางระหว่างโรงงานที่ i กับลูกค้า j
 s_i ขีดความสามารถในการให้บริการ
 w_j คือ ความต้องการของลูกค้าที่ j
 z_{ij} คือ อัตราส่วนการส่งสินค้าจากโรงงาน i ไปลูกค้า j
 f_i คือ ค่าใช้จ่ายแบบต้นทุนคงที่ของโรงงานที่ i
 m คือ จำนวนโรงงาน
 n คือ จำนวนลูกค้า
 $y_i = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าเปิดโรงงานที่ตำแหน่ง } i \\ 0 & \text{ถ้าไม่เปิด} \end{cases}$

ปัญหาที่ (9) เป็น Mixed Integer Programming Problems) ของปัญหา ด้วยวิธี Branch and Bound ต่อมาวิธีการแก้ปัญหาก็ถูกปรับปรุงวิธี Branch and Bound ให้มีขอบเขตที่ง่ายต่อการแก้ปัญห [เช่น Sa (1969) ได้ผ่อนปรนข้อจำกัดของปัญหาลงโดยการแทนค่า $y_i \in \{0, 1\}$ ด้วย $0 \leq y_i \leq 1$ ทำให้การแก้ปัญหาง่ายขึ้น วิธีนี้สามารถประหยัดเวลาการคำนวณลงอย่างมาก ต่อมา (Akino and Khumawala, 1977) ได้พัฒนาวิธี Branch and Bound (Sa, 1969) ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าเดิม ช่วยลดเวลาในการคำนวณอย่างมากเมื่อเทียบกับวิธีเดิมที่มีอยู่

2.2 ปัญหา P-median

ปัญหานี้จะคล้ายกับปัญหาในข้อ 2.1 ต่างกันตรงที่ไม่สามารถแบ่งแยกความต้องการของลูกค้าได้ คือลูกค้าแต่ละรายสามารถรับสินค้า ได้จากโรงงานเพียงแห่งเดียวเท่านั้น ปัญหานี้ให้อยู่ในรูป Binary Integer Programming) สำหรับปัญหานี้คือการใช้วิธี Branch and Bound มาช่วย คณิตศาสตร์ดังนี้ (Lorena and Senne, 2003)

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} z_{ij} \quad (10)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j=1}^n w_j z_{ij} \leq s_i y_i \quad \forall i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m z_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m y_i = m$$

d_{ij} ระยะทางระหว่างโรงงานที่ i กับลูกค้าที่ j

s_i จีตความสามารถในการให้บริการ

w_j คือ ความต้องการของลูกค้าที่ j

iii $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij} = \sum_{j=1}^n w_j$

ii คือ จำนวนลูกค้า

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าเปิดโรงงานที่ตำแหน่ง } i \\ 0 & \text{ถ้าไม่เปิดโรงงานที่ตำแหน่ง } i \end{cases}$$

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าลูกค้าที่ } j \text{ ได้รับสินค้าจากโรงงานที่ } i \\ 0 & \text{ถ้าไม่ได้รับสินค้าจากโรงงานที่ } i \end{cases}$$

2.3 ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานที่มีขีดความสามารถในการให้บริการจำกัด
บนระนาบ โดยความต้องการของลูกค้าสามารถตอบสนองได้จากหลายโรงงาน
(Multi-source CMWP)

ปัญหานี้พิจารณาที่ตั้งโรงงานบนพื้นราบโดยที่ลูกค้าสามารถรับบริการจากหลาย
โรงงานได้ รูปแบบปัญหาจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันระยะทาง $d(X_i, P_j)$ สถานที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละ
ลูกค้าสามารถใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบการเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานเพียงแห่งเดียวมา
ประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบได้ $\square$ มีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ดังนี้ (Sherali and Tuncbilek, 1992)

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij} d(X_i, P_j) \quad (11)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^m z_{ij} = w_j \quad \square \square \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} = s_i \quad \square \square \quad i = 1, \dots, m$$

$$z_{ij} \geq 0$$

s_i $\square \square$ ขีดความสามารถในการให้บริการ $\square \square \square \square \square \square \square \square \square \square$

w_j คือ ความต้องการของลูกค้าที่ j

z_{ij} $\square \square$ ความต้องการของลูกค้าที่ j ที่ได้รับสินค้าจากโรงงานที่ i

iii $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij} = \sum_{j=1}^n w_j$

Π คือ จำนวนลูกค้า
 X_i คือ ตำแหน่งที่ไม่ทราบค่าของโรงงานที่ i (x_i, y_i)
 P_j คือ ตำแหน่งที่ทราบค่าของลูกค้าที่ j (a_j, b_j)
 $d(X_i, P_j)$ ระยะห่างระหว่างโรงงานที่ i และลูกค้าที่ j $\square\square\square\square\square\square$
 $\square\square\square\square\square\square\square\square$ Squared Euclidean

ขั้นตอนในการแก้ปัญหา $\square\square\square\square\square\square\square\square$ Location ($x_i = \frac{\sum z_{ij} a_j}{\sum z_{ij}}, y_i = \frac{\sum z_{ij} b_j}{\sum z_{ij}}$)

ด้วย $\square\square\square\square\square$ Allocation (z_{ij}) โดยใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบการเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานเพียงแห่ง
 $\square\square\square$ เพื่อลดจำนวนตัวแปรลง จากนั้นใช้คุณสมบัติพิเศษของการหาระยะทางร่วมกับข้อจำกัดใน
 เรื่องปัญหาการขนส่ง เพื่อปรับปรุงขอบเขตของ $\square\square$ Branch and Bound เช่น (Sherali and Tuncbilek,
 1992) ได้แก้ปัญหาโดยใช้ฟังก์ชัน $\square\square\square\square\square\square d(X_i, P_j)$ $\square\square\square$ Squared Euclidean $\square\square\square$ กำหนดให้ z_{ij}
 $\square\square$ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าคงที่ จำนวนตัวแปร z_{ij} $\square\square\square\square$ สร้างฟังก์ชันของขอบเขตบนและล่าง
 $\square\square\square$ ใช้เทคนิคการแปลงเชิงเส้น (Reformulation Linearization Technique; RLT) ร่วมกับวิธี Branch
 and Bound

(Aras et al., 2008) ได้ศึกษาปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานที่มีขีดความสามารถใน
 การให้บริการจำกัดบนระยะทางโดยวัดระยะทางแบบ Rectilinear (Rectilinear Distance Capacitated
 Multi-facility Weber Problem; RCMFWP) โดยจัดสรรสินค้าตามความต้องการของลูกค้า และเป็น
 ปัญหา Location-allocation แบบต่อเนื่อง ซึ่งมีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ $\square\square\square\square$

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} w_{ij} (|x_{i1} - a_{j1}| + |x_{i2} - a_{j2}|) \quad (12)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^m w_{ij} = d_j \quad \square\square\square \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n w_{ij} = s_i \quad \square\square\square \quad i = 1, \dots, m$$

$$w_{ij} \geq 0$$

- c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย
 d_j คือ ความต้องการของลูกค้าที่ j
 s_i คือ จิตความสามารถในการให้บริการ
 w_{ij} คือ จำนวนสินค้าที่ขนย้ายไปลูกค้า j
 (x_{i1}, x_{i2}) คือ ตำแหน่งที่ไม่ทราบค่าของโรงงานที่ i
 (a_{j1}, a_{j2}) คือ ตำแหน่งของลูกค้าที่ j
 m คือ จำนวนโรงงาน
 n คือ จำนวนลูกค้า

การแก้ปัญหการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานที่มีจิตความสามารถในการให้บริการ
 Rectilinear เป็นปัญหาที่แก้ได้ยากแม้ว่าขนาดของปัญหาจะไม่
 ใหญ่มากนัก (Aras et al., 2008) จึงได้เสนอวิธีวิธีคิดเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้อย่างรวดเร็ว
 โดยเริ่มจากการหาตำแหน่งเริ่มต้นใด ๆ ของโรงงาน (x_{i1}, x_{i2}) $i = 1, \dots, m$ ซึ่งตำแหน่ง
 ดังกล่าวจะอยู่บนจุดตัด (Intersection Point) จากนั้นหาระยะทางระหว่างลูกค้าถึง
 โรงงานที่เลือกไว้ด้วยการวัดระยะทางแบบ Rectilinear ซึ่งมีตัวแบบทางคณิตศาสตร์

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} w_{ij} \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^m w_{ij} = d_j \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n w_{ij} = s_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$w_{ij} \geq 0$$

$$\gamma_{ij} = c_{ij} |x_{i1} - a_{j1}| + |x_{i2} - a_{j2}|$$

จะได้ค่าของตัวแปร Allocation (w_{ij}) แล้วนำค่านั้นมาหาดำแหน่งของโรงงานที่ i ที่สุดด้วย
 Median Location ทำซ้ำจนไม่สามารถปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นได้ จะได้ตำแหน่งของโรงงานที่
 ดีที่สุด

ตำแหน่งของลูกค้า 8

2.4 ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานที่มีขีดความสามารถในการให้บริการจำกัดบน
 ระบาย โดยความต้องการของลูกค้าตอบสนองได้จากโรงงานเดียว (Single-source CMWP;
 SCMWP)

(Singhtaun and Charnsethikul, 2008) ได้พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง
 โรงงานที่มีขีดความสามารถในการให้บริการจำกัดบนระบาย โดยความต้องการของลูกค้า
 ตอบสนองได้จากโรงงานเพียงแห่ง Rectilinear
 คณิตศาสตร์

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij} w_j [|x_i - a_j| + |y_i - b_j|] \quad (14)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^m z_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (14.1)$$

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} w_j \leq s_i \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (14.2)$$

$$z_{ij} \in \{0,1\} \quad (14.3)$$

- (x_i, y_i) ตำแหน่งที่ไม่ทราบค่าของโรงงานที่ i
 (a_j, b_j) ตำแหน่งที่ทราบค่าของลูกค้าที่ j
 s_i จิตความสามารถในการให้บริการ
 w_j ความต้องการของลูกค้าที่ j
 z_{ij} จำนวนลูกค้าที่ j ได้รับสินค้าจากโรงงานที่ i
 $z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าลูกค้าที่ } j \text{ ได้รับสินค้าจากโรงงานที่ } i \\ 0 & \text{ถ้าลูกค้าที่ } j \text{ ไม่ได้รับสินค้าจากโรงงานที่ } i \end{cases}$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (14) ใช้การวัดระยะทางแบบ Rectilinear โดยต้องการให้ระยะทางรวมระหว่างโรงงานและลูกค้าน้อยที่สุด ข้อจำกัดที่ (14.1) แสดงให้เห็นว่า ลูกค้าสามารถรับสินค้าได้จากโรงงานเพียงแห่งเดียวนั้น และเป็นการขนส่งสินค้าแบบไม่สามารถแบ่งแยกสินค้าได้ (Inseparable Goods) ข้อจำกัดที่ (14.2) แสดงให้เห็นว่า ความต้องการของลูกค้าจะต้องมีค่าไม่เกินจิตความสามารถในการให้บริการ ข้อจำกัดที่ (14.3) ระบุว่าค่าของ z_{ij} ต้องมีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น

ปัญหานี้สามารถแบ่งแยกปัญหาเป็น 2 เฟส เริ่มจากการหาค่าเริ่มต้นของตัวแปร Allocation (z_{kj}) ซึ่งใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_{j=1}^n z_{ij} w_j \quad i = 1, \dots, m \quad (15)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{k=1}^m z_{kj} = 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n z_{kj} w_j \leq s_k \quad k = 1, \dots, m$$

$$z_{kj} \in \{0,1\}$$

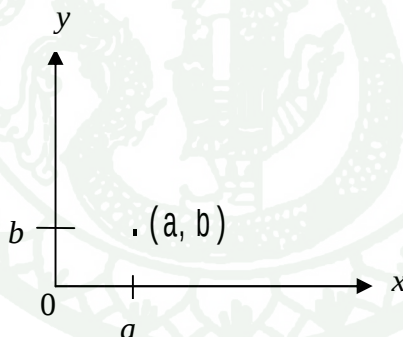
S_k คือขีดความสามารถในการให้บริการ
 W_j คือความต้องการของลูกค้าที่ j
 z_{kj} คือ

$$z_{kj} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าลูกค้าที่ } j \text{ ได้รับสินค้าจากโรงงานที่ } k \\ 0 & \text{ถ้าไม่} \end{cases}$$

จากนั้นหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานด้วยวิธี Median Location ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีนี้ให้ค่าผลลัพธ์ที่ดี และใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าวิธีการแก้ปัญหาโดย

การสร้างชุดข้อมูลลูกค้า

ข้อมูลลูกค้าประกอบไปด้วย ตำแหน่งของลูกค้า (a, b) a b x b y



ตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้า (a, b) 1 บนเส้นจำนวน

ข้อมูลดังกล่าวจะถูกสร้างขึ้นแบบสุ่มด้วย Matlab โดยใช้คำสั่ง “rand” ซึ่งเป็นฟังก์ชันสำเร็จรูปใน Matlab ผลการสุ่มที่ได้จะสุ่มด้วย (Uniform Distribution) ทำให้ชุดข้อมูลลูกค้าไม่มีความเอนเอียง คือทุก ๆ การสร้างชุดข้อมูลมีความน่าจะเป็นที่ทุกตำแหน่งบนเท่ากัน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่บนระนาบ 100×100 ตารางหน่วย ส่วนปริมาณความต้องการของลูกค้าจะครอบคลุมค่าไม่เกิน 50 หน่วย จากนั้นนำชุดข้อมูลที่สร้างทำให้เป็นจำนวนเต็มโดยการปัดขึ้นด้วยคำสั่ง “ceil” Matlab โดยสร้างจำนวนลูกค้าเพื่อ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 100 250 โดยแต่ละจำนวนลูกค้า จะสร้างจำนวนตำแหน่งลูกค้าย่อยไป

อีกเป็นจำนวน 50 ค่า แล้วเก็บค่าที่สร้างลงในไฟล์ชื่อ Datalist50cn5, Datalist50cn8, Datalist50cn10, Datalist50cn15, Datalist50cn20, Datalist50cn25, Datalist50cn30, Datalist50cn40, Datalist50cn50, Datalist50cn100 และ Datalist50cn250 เพื่อนำไฟล์ดังกล่าวมาใช้ในการโปรแกรมหลักที่พัฒนาขึ้นไป

การสร้างข้อมูลขีดความสามารถในการให้บริการของโรงงาน

ในการสร้างข้อมูลของขีดความสามารถในการให้บริการนั้น จะดำเนินการดังนี้ ในการสร้างเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งกลุ่ม จะใช้วิธีสร้างโดยการสุ่มแบบปกติไม่ได้ เนื่องจากอาจทำให้ปัญหาตั้งต้นไม่มีคำตอบที่เป็นไปได้ (Infeasible Solution Problem) ในที่นี้ต้องเริ่มโดยการสร้าง r_i โดยการสุ่มแบ่งกลุ่มลูกค้า ว่าโรงงานใดจะส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายใด โดยให้จำนวนกลุ่มที่แบ่งเท่ากับจำนวนโรงงานที่ต้องการตั้ง (แต่ละกลุ่มจะมีจำนวนลูกค้าอย่างน้อย 1) r_i เท่ากับผลรวมของความต้องการของลูกค้า W_j ในแต่ละกลุ่มของ i จากนั้นจึงการสร้างขีดความสามารถในการให้บริการของโรงงาน S_i เลือกค่าใด ๆ ที่มากกว่าหรือเท่ากับ r_i $S_i \geq r_i$

ภายใต้เงื่อนไขที่จะทำให้จำนวนโรงงานที่ตั้งจะไม่เกินความจำเป็น (Nonredundant Facility) ค่า S_i สามารถหาได้จากการแก้สมการคณิตศาสตร์ข้างล่าง

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^m S_i \quad (16)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^m S_k \leq \sum_{j=1}^n W_j - 1 \quad \forall i = 1, \dots, m$$

$$S_i \geq r_i \quad \forall i = 1, \dots, m$$

S_i ขีดความสามารถในการให้บริการ

W_j ความต้องการของลูกค้าที่ j

r_i ค่าต่ำสุดของขีดความสามารถในการให้บริการ

iii $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K c_{ij} (|b_{k1} - a_{j1}| + |b_{k2} - a_{j2}|) w_{ij} y_{ik}$

ii จำนวนลูกค้า

ขีดความสามารถในการให้บริการของโรงงานที่เป็นไปได้จะอยู่ในช่วง r_i และผลลัพธ์ของ S_i ที่ได้จากการหาคำตอบของสมการที่ (16) $\sum_{i=1}^m S_i$ จะถูกสร้างแบบสุ่มให้มีค่าในช่วงดังกล่าว โดยสร้างจำนวนโรงงานเท่ากับ 2, 3, 4 $\dots$ 5 โดยแต่ละจำนวนโรงงาน จะสร้างจำนวนย่อยไปอีกเป็นจำนวน 50 ค่า แล้วเก็บค่าที่สร้างลงในไฟล์ชื่อ Lists50cm2n5, Lists50cm2n10, Lists50cm2n15, Lists50cm2n30, Lists50cm2n40, Lists50cm2n50, Lists50cm2n100, Lists50cm2n250, Lists50cm3n5, Lists50cm3n10, Lists50cm3n15, Lists50cm3n20, Lists50cm3n25, Lists50cm4n8, Lists50cm4n10, Lists50cm4n15, Lists50cm4n20, Lists50cm5n8, Lists50cm5n10 $\dots$ Lists50cm5n15 $\dots$ เพื่อนำไฟล์ดังกล่าวมาใช้ในโปรแกรมของวิธีที่ 1, 2, 3.1 $\dots$ 3.2 ต่อไป

Exact Algorithm เป็นวิธีภายใต้แนวคิดการแบ่งแยกปัญหา (Decomposition) แต่จะใช้เวลานานในการหาคำตอบ เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ โดยเป็นการแก้ปัญหการจัดสรรลูกค้า (Allocation Problem) $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K c_{ij} (|b_{k1} - a_{j1}| + |b_{k2} - a_{j2}|) w_{ij} y_{ik}$ ของทุกค่าพิกัด x y ที่มีความเป็นไปได้ทั้งหมด ที่ได้จากการใช้ **Median Location** $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K c_{ij} (|b_{k1} - a_{j1}| + |b_{k2} - a_{j2}|) w_{ij} y_{ik}$ สุดของโรงงานจะเป็นพิกัดเดียวกับพิกัด d ของลูกค้า ในทำนองเดียวกัน พิกัด y $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K c_{ij} (|b_{k1} - a_{j1}| + |b_{k2} - a_{j2}|) w_{ij} y_{ik}$ โรงงานจะเป็นพิกัดเดียวกับพิกัด b ของลูกค้า ซึ่งจำนวนทางเลือกจะมีทั้งหมดไม่เกิน n^2 $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K c_{ij} (|b_{k1} - a_{j1}| + |b_{k2} - a_{j2}|) w_{ij} y_{ik}$ ซึ่งวิธีนี้จะได้คำตอบที่ดีที่สุด สามารถเขียนตัวแทนทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K c_{ij} (|b_{k1} - a_{j1}| + |b_{k2} - a_{j2}|) w_{ij} y_{ik} \quad (17)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{k=1}^K y_{ik} = 1 \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m w_{ij} = d_j \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n w_{ij} = s_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$w_{ij} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$$

(b_{k1}, b_{k2}) ตำแหน่งลูกค้าที่ k

(a_{j1}, a_{j2}) ตำแหน่งของลูกค้าที่ j

w_{ij} จำนวนสินค้าที่ขนย้ายจากจุดตัดที่ i ไปลูกค้าที่ j

d_j ความต้องการของลูกค้าที่ j

s_i จิตความสามารถในการให้บริการที่จุดตัดที่ i

c_{ij} ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อ 1 หน่วย เมื่อระยะทางจากโรงงานที่ i ไปลูกค้าที่ j

K จำนวนจุดตัด

m จำนวนโรงงาน

n จำนวนลูกค้า

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าโรงงานที่ } i \text{ ตั้งอยู่บนจุดตัดที่ } k \\ 0 & \text{กรณีอื่น} \end{cases}$$

ขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหา

1.1 สร้างข้อมูลของโรงงานและลูกค้า ซึ่งได้แก่ ตำแหน่งของลูกค้า (a_{j1}, a_{j2}) ความต้องการของลูกค้า (d_j) จิตความสามารถในการให้บริการที่จุดตัดที่ i (s_i) $i = 1, \dots, m$ และ $j = 1, \dots, n$

1.2 หาจุดตัดทุก ๆ จุดของตำแหน่งของลูกค้า จำนวนจุดตัดทั้งหมดมี n^2 จุด ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนลูกค้า n ราย เช่น $n = 5$ จะมีจุดตัดไม่เกิน $n^2 = 5^2 = 25$ จุด สถานการณ์ที่สามารถตั้งโรงงานได้ทั้งหมดได้ไม่เกิน $P(n^2, m) = \frac{n^2!}{(n^2 - m)!}$ แห่ง

1.3 เลือกตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงาน (b_{k1}, b_{k2}) สำหรับ m โรงงาน $k = 1, \dots, m$ จากกลุ่มของจุดตัดในข้อ 1.2

1.4 w_{ij} ที่สอดคล้องกับตำแหน่ง (b_{k_1}, b_{k_2}) ข้อที่ 1.3 แก้สมการทางคณิตศาสตร์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (17)

1.5 แทนค่า w_{ij} (b_{k_1}, b_{k_2}) ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (17) จะได้ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

1.6 เก็บค่า w_{ij} (b_{k_1}, b_{k_2}) ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

1.7 เปลี่ยนค่าเริ่มต้นของโรงงาน (b_{k_1}, b_{k_2}) จากกลุ่มของจุดตัดที่เหลือในข้อที่ 1.2

1.8 ทำซ้ำจนครบทุกกลุ่มของจุดตัดหรือครบตามเวลาที่กำหนด เนื่องจากในการทำซ้ำจนครบทุกกลุ่มของจุดตัดของปัญหานั้นใช้เวลานานมาก ในที่นี้จึงจำกัดเวลาในการประมวลผลในกรณีย่อย ๆ อยู่ที่ 8 วินาที

1.9 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่น้อยที่สุด จากทุก ๆ ค่าที่ได้ไว้จะได้ w_{ij} ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ตำแหน่งของโรงงานที่ดีที่สุดในเวลาที่

ขั้นตอนที่ 2 (Direct Algorithm) เป็นวิธีที่ใช้หลักการคำนวณเชิงตัวเลข จะทำการกำหนดกลุ่มของลูกค้าและตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของแหล่งให้บริการไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งมีการแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่อยู่ในรูปผลรวมของพจน์ที่ไม่เป็นเส้นตรง ตามสมการที่ (14) ไม่ให้ติดค่าสัมบูรณ์ โดยการใส่ตัวแปรเสริมเข้าไปในสมการได้ดังนี้

สร้างตัวแปรเสริมขึ้นมาใหม่ 2 r_{ij} s_{ij}

$$r_{ij} = \begin{cases} x_i - a_j & \text{เมื่อ } x_i \geq a_j \\ 0 & \text{เมื่อ } x_i < a_j \end{cases}$$

เมื่อ

$$s_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{เมื่อ } x_i \geq a_j \end{cases}$$

$$a_j - x_i \quad \text{เมื่อ} \quad x_i < a_j$$

เมื่อ $|y_i - b_j|$ สร้างตัวแปรเสริมขึ้นมาใหม่ 2 ตัว คือ p_{ij} และ q_{ij} เมื่อ

$$p_{ij} = \begin{cases} y_i - b_j & \text{เมื่อ } y_i \geq b_j \\ 0 & \text{เมื่อ } y_i < b_j \end{cases}$$

เมื่อ

$$q_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{เมื่อ } y_i \geq b_j \\ b_j - y_i & \text{เมื่อ } y_i < b_j \end{cases}$$

เมื่อ (14) สามารถแปลงสมการโดยไม่ติดค่าสัมบูรณ์ได้ดังนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij} w_j (r_{ij} + s_{ij} + p_{ij} + q_{ij}) \quad (18)$$

$$\text{Subject to} \quad x_i - r_{ij} + s_{ij} = a_j \quad \text{เมื่อ } i = 1, \dots, m \quad \text{เมื่อ } j = 1, \dots, n \quad (18.1)$$

$$y_i - p_{ij} + q_{ij} = b_j \quad \text{เมื่อ } i = 1, \dots, m \quad \text{เมื่อ } j = 1, \dots, n \quad (18.2)$$

$$\sum_{i=1}^m z_{ij} = 1 \quad \text{เมื่อ } j = 1, \dots, n \quad (18.3)$$

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} w_j \leq s_i \quad \text{เมื่อ } i = 1, \dots, m \quad (18.4)$$

$$r_{ij}, s_{ij}, p_{ij}, q_{ij} \geq 0 \quad (18.5)$$

$$z_{ij} \in \{0,1\} \quad (18.6)$$

จากนั้นทำการแปลงค่า z_{ij} ให้เป็นจำนวนต่อเนื่องโดยการแทน z_{ij} เดิมด้วย $z_{ij}(1 - z_{ij}) \leq 0$ และ $z_{ij} \geq 0$ ในที่แทนข้อจำกัด (18.6) จะได้สมการที่แปลงรูปแบบเป็น สมการไม่เชิงเส้นตรง (Nonlinear Programming Problems) ซึ่งการหาคำตอบจะใช้คำสั่ง “fmincon” ใน MATLAB ในการคำนวณตำแหน่งของโรงงานที่เหมาะสม



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. Computer Hard Ware Pentium(R) 4 CPU 2.66GHz 0.99 GB of Ram
2. Computer Soft Ware
 - Microsoft Window XP
 - MATLAB R2009a
 - Microsoft Word Microsoft Excel

วิธีดำเนินการ

1. การนิยามปัญหาและการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์

ต้องการหาตำแหน่ง (x_i, y_i) ใน n โรงงานที่มีขีดความสามารถในการให้บริการ (s_i) $i = 1, \dots, n$ โรงงานมีลูกค้าที่ต้องส่งสินค้าให้จำนวน n ที่ตำแหน่ง (a_j, b_j) และลูกค้ามีความต้องการ (w_j) $j = 1, \dots, n$ ระยะทางระหว่างโรงงาน i กับลูกค้าที่ j d_{ij} Rectilinear ต้องการหาตำแหน่ง (x_i, y_i) ที่ทำให้ระยะทางรวมระหว่าง n โรงงานกับตำแหน่งของลูกค้ามีค่าน้อยที่สุด ตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (14) และภายใต้ข้อจำกัดที่ (14.1), (14.2) และ (14.3)

2. ขั้นตอนการแก้ปัญหา

2.1 วิธีทั่วไปซึ่งสร้างขึ้นเพื่อใช้เปรียบเทียบผลลัพธ์ของวิธีที่มีการพัฒนาขึ้น มี 2 วิธี

วิธีที่ 1: ขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบแน่นอน (Exact Algorithm) (Singtaun and Charnsethikul, 2008) วิธีนี้จะให้คำตอบที่ดีที่สุด แต่จะใช้เวลาในการหาคำตอบ

เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ โดยเป็นการหาค่าจากทุก ๆ ทางเลือกที่มีความเป็นไปได้ทั้งหมดของคำตอบ ซึ่งในงานวิจัยนี้จำกัดเวลาในการประมวลผลอยู่ที่ 8 วินาที

วิธีตรง (Direct Algorithm) (Singtaun and Charnsethikul, 2008) เป็นวิธีที่ใช้หลักการคำนวณเชิงตัวเลข ทำการกำหนดกลุ่มของลูกค้าและตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของแหล่งให้บริการไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งมีการแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่อยู่ในรูปผลรวมของพจน์ที่ไม่เป็นเส้นตรงไม่ให้ติดค่าสัมบูรณ์ โดยการใส่ตัวแปรเสริมเข้าไปใน

2.2 วิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาดำเนินงานที่จัดโรงงานที่เหมาะสมที่สุด

วิธีการแบ่งแยกปัญหา เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาดำเนินงานที่จัดโรงงานที่เหมาะสมที่สุด

3.1 วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างสุ่ม เป็นการเลือกตำแหน่งโรงงานเริ่มต้นด้วยตำแหน่งของลูกค้าที่มีอยู่ โดยเลือกมาจำนวน m ตำแหน่ง เนื่องจากการเลือกตั้งโรงงานบนตำแหน่งเดียวกับลูกค้า จะทำให้ระยะทางระหว่างโรงงานและลูกค้า นั้นเป็นศูนย์ ซึ่งน่าจะทำให้ระยะทางรวมในการขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังลูกค้ามีค่าน้อยที่สุด มี

3.1.1 สร้างข้อมูลของโรงงานและลูกค้า ตามวิธีที่ 1 ข้อ 3.1.1 คือ สร้าง ข้อมูลของโรงงานและลูกค้า ได้แก่ ตำแหน่งของลูกค้า (a_j, b_j) ความต้องการของลูกค้า (w_j) ในการให้บริการ (s_i) $i = 1, \dots, m$ $j = 1, \dots, n$

3.1.2 กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงาน (x_i, y_i) จากตำแหน่งของลูกค้า

3.1.3 แทนค่า (x_i, y_i) ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (14) จะลดรูปเป็น

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij} w_j d_{ij} \quad (19)$$

Subject to
$$\sum_{i=1}^m z_{ij} = 1 \quad \text{for } j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} w_j \leq s_i \quad \text{for } i = 1, \dots, m$$

$$z_{ij} \in \{0, 1\}$$

for s_i is the capacity of the warehouse i

w_j is the demand of customer j

for m is the number of warehouses

for n is the number of customers

d_{ij} is the distance between warehouse i and customer j

Rectilinear

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if customer } j \text{ is served by warehouse } i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

แก้สมการทางคณิตศาสตร์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (19) โดยใช้ z_{ij} (Branch and Bound)

3.1.4 แทนค่า z_{ij} ที่ได้จากข้อ 3.1.3 ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (14)

จะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (14) เป็นสมการ ดังต่อไปนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_{j=1}^n w_j [|x_i - a_j| + |y_i - b_j|] \quad \text{for } i = 1, \dots, m$$

$$\text{for } w_{ij} = z_{ij} \times w_j$$

ดังนั้น จำนวนหาตำแหน่งโรงงานที่ดีที่สุดโดยใช้คุณสมบัติ Median Location

3.1.4.1 การหาตำแหน่ง x_i เรียงตำแหน่ง a_j จากน้อยไปมาก

3.1.4.2 w_j

3.1.4.3 หากสิ่งหนึ่งของค่าสะสมสูงสุดในข้อ 3.1.4.2

3.1.4.4 นำค่าในข้อ 3.1.4.3 มาเปรียบเทียบกับค่าสะสมในข้อ 3.1.4.2 ค่า x_i ค่าพิกัดค่าแรกที่มีค่าสะสมในข้อ 3.1.4.2 มากกว่าหรือเท่ากับค่าที่ได้ในข้อ 3.1.4.3

3.1.4.5 การหาตำแหน่ง y_j สามารถทำเหมือนการหาตำแหน่งของ x_i แต่แทนตำแหน่ง a_j ด้วย b_j

3.1.5 z_{ij} ที่สอดคล้องกับค่า (x_i, y_j) ข้อที่ 3.1.4 ข้อ 3.1.5 z_{ij} แก่สมการทางคณิตศาสตร์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (14)

3.1.6 ถ้า (x_i, y_j) z_{ij} ใหม่ ไม่สามารถปรับปรุงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (14) ให้ดีขึ้นได้ ให้หยุดทำ เพราะ (x_i, y_j) z_{ij} เป็นค่าที่ดีที่สุด แต่ถ้าสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ให้กลับไปทำข้อที่ 3.1.4 และข้อที่ 3.1.5 ใหม่ จนกว่าจะไม่สามารถปรับปรุงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ให้ดีขึ้นได้

ตัวอย่าง 1 วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างสุ่ม ต้องการตั้งโรงงานจำนวน 2 แห่ง โดยมีลูกค้าจำนวน 5

3.1.1 สร้างข้อมูลลูกค้าและข้อมูลโรงงาน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตำแหน่งของลูกค้า (a_j, b_j) ความต้องการของลูกค้า (w_j) ของลูกค้าจำนวน 5 คน

ตำแหน่งที่ j	1	2	3	4	5
a_j	13	79	46	47	89
b_j	38	4	15	66	56
w_j	18	48	14	34	44

ตารางที่ 2 ข้อมูลการให้บริการ (s_i) ของศูนย์บริการ 2 แห่ง

ศูนย์บริการ	1	2
s_i	79	112

3.1.2 กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานจากตำแหน่งของลูกค้าใน
ตารางที่ 1 เป็น $(x_1, y_1) = (47, 66)$ และ $(x_2, y_2) = (89, 59)$

3.1.3 แทนค่า $(x_1, y_1) = (47, 66)$ และ $(x_2, y_2) = (89, 59)$ ในฟังก์ชัน
วัตถุประสงค์ที่ (14) ได้

$$\text{Min } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij} w_j [|x_i - a_j| + |y_i - b_j|]$$

$$\text{Min } z_{11} w_1 [|x_1 - a_1| + |y_1 - b_1|] + z_{12} w_2 [|x_1 - a_2| + |y_1 - b_2|] + \dots + z_{25} w_5 [|x_2 - a_5| + |y_2 - b_5|]$$

$$\text{Min } z_{11}(18)[|47 - 13| + |66 - 38|] + z_{12}(48)[|47 - 79| + |66 - 4|] + \dots + z_{25}(44)[|89 - 89| + |56 - 56|]$$

$$\text{Min } 1,116z_{11} + 4,512z_{12} + 728z_{13} + 0z_{14} + 2,288z_{15} + 1,692z_{21} + 2,976z_{22} + 1,176z_{23} + 1,768z_{24} + 0z_{25}$$

$$\text{S.T. } \sum_{i=1}^m z_{ij} = 1 \quad \text{สำหรับ } j = 1, \dots, n$$

$$z_{11} + z_{21} = 1 \quad z_{12} + z_{22} = 1 \quad z_{13} + z_{23} = 1$$

$$z_{14} + z_{24} = 1 \quad z_{15} + z_{25} = 1$$

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} w_j \leq s_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$z_{11}w_1 + z_{12}w_2 + z_{13}w_3 + z_{14}w_4 + z_{15}w_5 \leq s_1$$

$$18z_{11} + 48z_{12} + 14z_{13} + 34z_{14} + 44z_{15} \leq 79$$

$$z_{21}w_1 + z_{22}w_2 + z_{23}w_3 + z_{24}w_4 + z_{25}w_5 \leq s_2$$

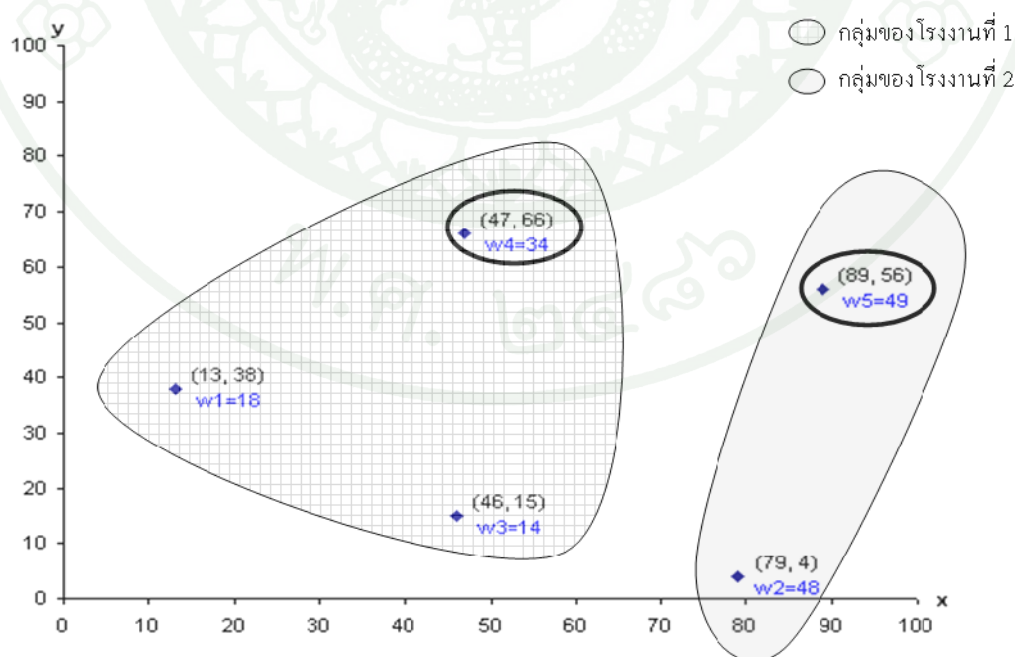
$$18z_{21} + 48z_{22} + 14z_{23} + 34z_{24} + 44z_{25} \leq 112$$

หาค่า z_{ij} ใช้ **Branch and Bound** จะได้

$$z_{ij} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & z_{14} & z_{15} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & z_{24} & z_{25} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

สามารถบอกได้ว่าโรงงานเริ่มต้น ส่งสินค้าให้ลูกค้ารายใดบ้าง

ความสามารถในการให้บริการ 79 หน่วย ส่งสินค้าให้ลูกค้ารายที่ 1, 3, 4 ซึ่งมีความต้องการรวมเป็น $18 + 14 + 34 = 66$ หน่วย และโรงงานที่ 2 มีขีดความสามารถในการให้บริการ 112 หน่วย ส่งสินค้าให้ลูกค้ารายที่ 2, 5 มีความต้องการรวมเป็น $48 + 44 = 92$ หน่วย ดังแสดงในภาพที่ 4



การจัดกลุ่มลูกค้า และตำแหน่งโรงงานเริ่มต้นตามตัวอย่างที่ 1

3.1.4 แทนค่า Z_{ij} ที่ได้จากข้อ 3.1.3 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (14)

จึงลดรูปเป็นสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Min } \sum_{j=1}^n w_{ij} [|x_i - a_j| + |y_i - b_j|] \quad \text{เมื่อ } w_{ij} = z_{ij} \times w_j \quad \text{เมื่อ } i = 1, \dots, m$$

$$w_{ij} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & w_{13} & w_{14} & w_{15} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} & w_{24} & w_{25} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18 & 0 & 14 & 34 & 0 \\ 0 & 48 & 0 & 0 & 44 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} &\text{Min } w_{11}[|x_1 - a_1| + |y_1 - b_1|] + w_{12}[|x_1 - a_2| + |y_1 - b_2|] + \dots + w_{25}[|x_2 - a_5| + |y_2 - b_5|] \\ &\text{Min } 18[|47 - 13| + |66 - 38|] + 0 + 14[|47 - 46| + |66 - 15|] + 34[|47 - 47| + |66 - 66|] + 0 + 0 + \\ &\quad 48[|89 - 79| + |56 - 4|] + 0 + 0 + 44[|89 - 89| + |56 - 56|] \end{aligned}$$

ได้ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็น 4,820 หน่วย จากนั้นคำนวณหาตำแหน่งโรงงานเริ่มต้น โดยใช้คุณสมบัติ Median Location แยกคิดเป็นแต่ละโรงงานได้ดังนี้

สามารถหาตำแหน่งที่ตั้งโรงงานเริ่มต้น ได้ดังนี้

3. สามารถหาตำแหน่งที่ตั้งโรงงานเริ่มต้น ได้ดังนี้

ตำแหน่งที่ตั้ง $x(a_j)$	ความต้องการของลูกค้า (w_j)	ความต้องการของลูกค้าสะสม
13	18	18
46	14	32
47	34	$66 \geq \frac{66}{2}$
$x_1 = 47$		

ข้อ 4 ข้อใดคือค่าของ y สำหรับตัวอย่างที่ 1

ค่าของ y (b_j)	ความต้องการของลูกค้า (W_j)	ความต้องการของลูกค้าสะสม
15	14	14
38	18	32
66	34	$66 \geq \frac{66}{2}$
$y_1 = 66$		

นั่นตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานเริ่มต้น (47, 66)

ข้อ 5 สามารถหาตำแหน่งที่ตั้งโรงงานเริ่มต้น ได้ดังนี้

ข้อ 5 ข้อใดคือค่าของ x สำหรับตัวอย่างที่ 1

ค่าของ x (a_j)	ความต้องการของลูกค้า (W_j)	ความต้องการของลูกค้าสะสม
79	48	$48 \geq \frac{92}{2}$
89	44	92
$x_2 = 79$		

ข้อ 6 ข้อใดคือค่าของ y สำหรับตัวอย่างที่ 1

ค่าของ y (b_j)	ความต้องการของลูกค้า (W_j)	ความต้องการของลูกค้าสะสม
4	48	$48 \geq \frac{92}{2}$
56	44	92
$y_2 = 4$		

นั่นตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานเริ่มต้น (79, 4)

3.1.5 นำค่าตำแหน่งเริ่มต้น (47, 66) และ (79, 4) มาใช้ในการหาค่า Z_{ij}

จะได้ $Z_{ij} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ และได้ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ 4,460 หน่วย

3.1.6 เปรียบเทียบค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในข้อที่ 3.1.4

ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เดิมข้อ 3.1.5 พบว่า $4,460 < 4,820$

ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ให้ดีขึ้นได้

3.1.7 ข้อที่ 3.1.4 ข้อที่ 3.1.5 ใหม่จนไม่สามารถปรับปรุงค่า

เป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ ข้อที่ 3.1.5 ใหม่จนไม่สามารถปรับปรุงค่า

ข้อที่ 3.1.5 ใหม่จนไม่สามารถปรับปรุงค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ ข้อที่ 3.1.5 ใหม่จนไม่สามารถปรับปรุงค่า
ตัวอย่างที่ 1

ข้อที่	1	2	3	4
ตำแหน่งของ ข้อที่ 1	(47, 66)	(47, 66)	(47, 66)	(47, 66)
ตำแหน่งของ ข้อที่ 2	(89, 56)	(79, 4)	(79, 15)	(79, 15)
ค่า Z_{ij}	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
ความต้องการ ของลูกค้า	กลุ่มที่ 1 = 66 กลุ่มที่ 2 = 92	กลุ่มที่ 1 = 52 กลุ่มที่ 2 = 106	กลุ่มที่ 1 = 52 กลุ่มที่ 2 = 106	กลุ่มที่ 1 = 52 กลุ่มที่ 2 = 106
ค่าเป้าหมายของ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์	4,820	4,460 < 4,820	4,350 < 4,460	4,350 = 4,350 *ไม่สามารถ ปรับปรุงได้อีก

3.2.2.2.3 ขั้นตอนการหาจำนวนโรงงานที่ต้องเพิ่มให้ครบ

ตามจำนวนโรงงานที่ต้องการตั้ง หาได้จาก จำนวนโรงงานที่ต้องเพิ่ม = จำนวนโรงงานที่ต้องการตั้ง - จำนวนโรงงานที่ถูกเลือกไปแล้วในข้อ 3.2.2.2.2

3.2.2.2.4 หาดำเนินงานจำนวนโรงงานให้ครบ

ขั้นตอนการดำเนินงานที่ต้องดำเนินการ โดยนำตำแหน่งโรงงานที่มีความต้องการของลูกค้าเท่ากับ $n - m + 1$ ไปดำเนินการ Rectilinear เทียบกับตำแหน่ง n แล้วเลือกตำแหน่งโรงงานที่ให้ระยะทางมากที่สุดตามจำนวนโรงงานที่ต้องเพิ่มให้ครบจำนวนตามข้อ 3.2.2.2.3 จะได้ตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานที่ต้องเพิ่ม

3.2.2.2.5 นำตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานที่ได้

จากข้อ 3.2.2.2.2 และข้อ 3.2.2.2.3 มารวมกัน จะได้ตำแหน่งโรงงานเริ่มต้นจำนวน m ตำแหน่ง

3.2.2 ถ้าลูกค้ามีความต้องการสินค้าเท่ากัน (w_j ทุกค่าเท่ากัน)

ให้กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานโดยใช้ตำแหน่งของลูกค้าที่มีความต้องการสูงที่สุด m ตำแหน่งแรกจากหลังมาหน้า คือตำแหน่งลูกค้าในลำดับที่ $n - m + 1$ เป็นต้นไป เช่นเดียวกับข้อ 3.2.2.1

3.2.3 ขั้นตอนการหาตำแหน่งโรงงานตั้งแต่ข้อที่ 3.1.1 ถึงข้อที่ 3.1.6

ตัวอย่างที่ 2 การคำนวณโดยวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้า เมื่อต้องการตั้งโรงงานจำนวน 2 แห่ง โดยมีลูกค้าจำนวน 5

3.2.1 สร้างข้อมูลลูกค้าและข้อมูลโรงงาน ดังตารางที่ 1

เหมือนตัวอย่างที่ 1 ข้อที่ 3.1.1

3.2.2 กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานจากตำแหน่งของลูกค้าในตาราง

ความต้องการของลูกค้ามากที่สุด เป็น $(x_1, y_1) = (89, 56)$ และ $(x_2, y_2) = (79, 4)$

3.2.3 ทำตามตัวอย่างที่ 1 ตั้งแต่ข้อที่ 3.1.3 ข้อที่ 3.1.7 ข้อที่ 3.1.8

ข้อที่ 3.1.8

สรุปการหาตำแหน่งของโรงงาน ค่า Z_{ij} และค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ตัวอย่างที่ 2

ข้อที่ 3.1.8	1	2
ตำแหน่งของโรงงานที่ 1	(89, 56)	(89, 56)
ตำแหน่งของโรงงานที่ 2	(79, 4)	(79, 4)
ค่า Z_{ij}	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
ความต้องการ ของลูกค้า	กลุ่มที่ 1 = 78 กลุ่มที่ 2 = 80	กลุ่มที่ 1 = 78 กลุ่มที่ 2 = 80
ค่าเป้าหมายของฟังก์ชัน วัตถุประสงค์	4,184	4,184 = 4,184 *ไม่สามารถปรับปรุงได้อีก

ข้อที่ 3.1.8 ข้อที่ 3.1.8 ตั้งในตำแหน่ง (89, 56) มีขีดความสามารถในการให้บริการ 79 หน่วย ส่งสินค้าให้ลูกค้ารายที่ 4 และ 5 ซึ่งมีความต้องการรวมเป็น $34 + 44 = 78$ หน่วย ข้อที่ 3.1.8 ข้อที่ 3.1.8 ตำแหน่ง (79, 4) มีขีดความสามารถในการให้บริการ 112 หน่วย ส่งสินค้าให้ลูกค้ารายที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งมีความต้องการรวมเป็น $18 + 48 + 14 = 80$ หน่วย มีผลรวมของระยะทางเท่ากับ 4,184 หน่วย

4. วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้า

วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างสุ่มและวิธีการแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งของลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงสุดพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการประมวลผล ส่วนประสิทธิผลใช้ค่าเปรียบเทียบค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ได้กับวิธีการหาคำตอบโดยตรงก่อน ของวิธีที่พัฒนาขึ้นในเบื้องต้น จากนั้นนำวิธีที่พัฒนาขึ้นมาเปรียบเทียบกับวิธีการหาคำตอบที่ ผู้ใช้เวลาในการหาคำตอบค่อนข้างนาน งานวิจัยนี้จึงจำกัดเวลาในการประมวลผลของวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 8 เพราะถ้านำมาเทียบโดยตรงตั้งแต่ต้น อาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบดังต่อไปนี้

1. ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างสุ่ม วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงสุด ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ 95 เปอร์เซ็นต์

$$\% = \left(\frac{\text{ค่าของวิธีที่ 3} - \text{ค่าของวิธีที่ 2}}{\text{ค่าของวิธีที่ 2}} \right) \times 100$$

ค่าของวิธีที่ 2

= ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ค่าของวิธีที่ 3.1 = ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างสุ่ม

ค่าของวิธีที่ 3.2 = ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงสุด

95% confidence interval for the population mean is

$$95\% \text{ confidence interval for the population mean} = \bar{X}_e \pm z_{\frac{0.05}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

where

- $\bar{X}_e$ is the sample mean
- $z_{\frac{0.05}{2}}$ is the critical value of the standard normal distribution, which is 1.96
- σ is the population standard deviation
- n is the sample size

2. The 95% confidence interval for the population mean is compared with the target value of the quality standard. The confidence interval is calculated by the sample mean and 95% confidence interval for the population mean.

$$\% \text{ confidence interval} = \left(\frac{\text{value of method 3} - \text{value of method 1}}{\text{value of method 1}} \right) \times 100$$

where

value of method 1 = target value of the quality standard

and

value of method 3.1 = value of the quality standard by the method of using the starting point from the lowest value

value of method 3.2 = value of the quality standard by the method of using the starting point from the highest value

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ปัญหา ที่	ขนาดปัญหา		จำนวน ตัวแปร $m \times n$	ค่าของวิธีที่ 2		ค่าของวิธีที่ 3.1	
	III	II		จำนวนการประเมินค่า (ตัวแปร)	จำนวนการประเมินค่า (ตัวแปร)	% ประสิทธิภาพ	95 % เปอร์เซนต์
14	4	8	32	9.96	0.26	2	± 11.45
15	4	10	40	35.60	0.42	- 9	± 8.72
16	4	15	60	1,293.63	1.97	-22	± 6.46
17	4	20	80	2,825.98	8.80	- 15	± 8.88
18	5	8	40	21.68	0.80	- 2	± 10.94
19	5	10	50	99.21	1.23	0	± 16.42
20	5	15	75	6,841.51	24.82	- 9	± 7.77

พบว่าวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าย่างสม่ำเสมอใช้เวลานานขึ้นเมื่อปัญหาที่พิจารณามีจำนวนโรงงานและจำนวนลูกค้ามากขึ้น แต่ยังคงให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยให้คำตอบที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของปัญหาที่ $-15.75 \% \pm 8.22 \%$ ภายใต้ช่วงเปอร์เซ็นต์ 95 เปอร์เซนต์

นอกจากนั้นเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าย่างสม่ำเสมอ มีแนวโน้มที่จะแปรผันตามจำนวนโรงงานมากกว่าจำนวนลูกค้า เนื่องจากแม้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่กว่า (จำนวนตัวแปรมากกว่า) หากมีจำนวนโรงงานน้อยกว่าปัญหามีขนาดเล็กกว่า แต่มีจำนวนโรงงานมากกว่า จะใช้เวลาในการแก้ปัญหาน้อยกว่า ยกตัวอย่างเช่น ปัญหาที่ 16: $m = 4, n = 15$ จำนวนตัวแปร 60 ตัวแปร ใช้เวลาในการประมวลผล 1.97 วินาที ซึ่งมากกว่าปัญหาที่ 7: $m = 2, n = 100$ จำนวนตัวแปร 200 ตัวแปร แต่ใช้เวลาในการประมวลผลเพียง 1.38 วินาที

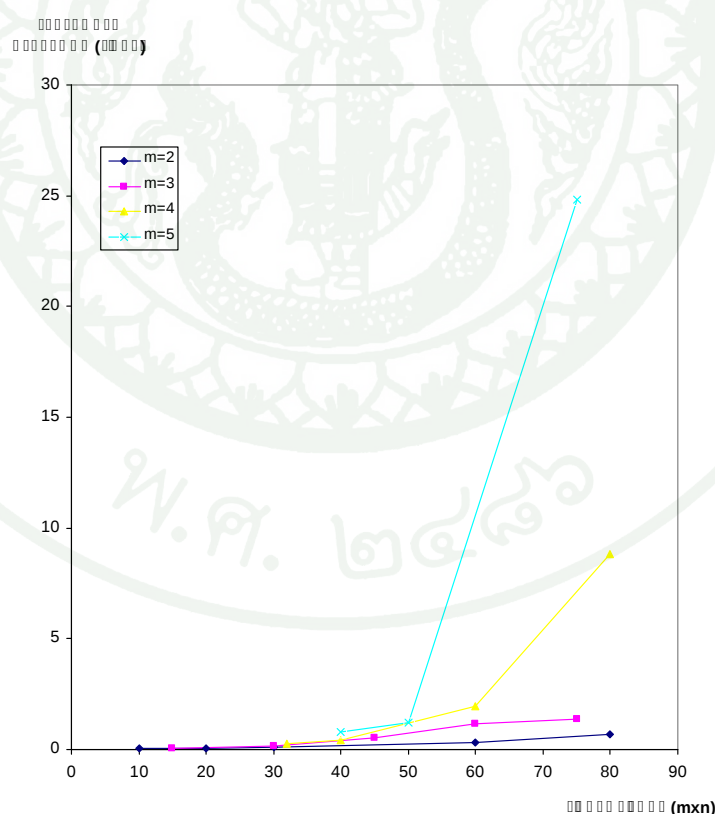
ตารางที่ 10 เวลาการประมวลผล เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด และ 95 เปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นของ
การเปรียบเทียบวิธีที่ 2 และวิธีที่ 3.2

ปัญหา ที่	ขนาดปัญหา		วิธีที่ 2	วิธีที่ 3.2			
	I	II	m × n	ค่าของวิธีที่ 2 (ค่าจริง)	ค่าของวิธีที่ 3.2 (ค่าจริง)	% ความผิดพลาด	95 % เปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่น
1	2	5	10	0.14	0.04	- 21	± 10.36
2	2	10	20	0.47	0.07	- 26	± 6.20
3	2	15	30	0.78	0.13	- 21	± 5.04
4	2	30	60	2.98	0.29	- 19	± 5.46
5	2	40	80	4.96	0.39	- 14	± 5.49
6	2	50	100	7.36	0.84	- 18	± 5.29
7	2	100	200	22.90	1.71	- 20	± 4.45
8	2	250	500	1,104.43	3.85	- 17	± 4.03
9	3	5	15	0.31	0.04	- 26	± 13.75
10	3	10	30	7.00	0.15	- 21	± 8.50
11	3	15	45	24.32	0.42	- 26	± 6.31
12	3	20	60	99.96	0.92	- 21	± 6.71
13	3	25	75	385.42	1.37	- 24	± 5.25
14	4	8	32	9.96	0.19	0	± 10.11
15	4	10	40	35.60	0.43	- 13	± 7.37
16	4	15	60	1,293.63	1.05	- 23	± 6.90
17	4	20	80	2,825.98	4.84	- 18	± 6.66
18	5	8	40	21.68	0.45	- 1	± 11.70
19	5	10	50	99.21	1.22	- 1	± 14.69
20	5	15	75	6,841.51	20.80	- 10	± 7.67

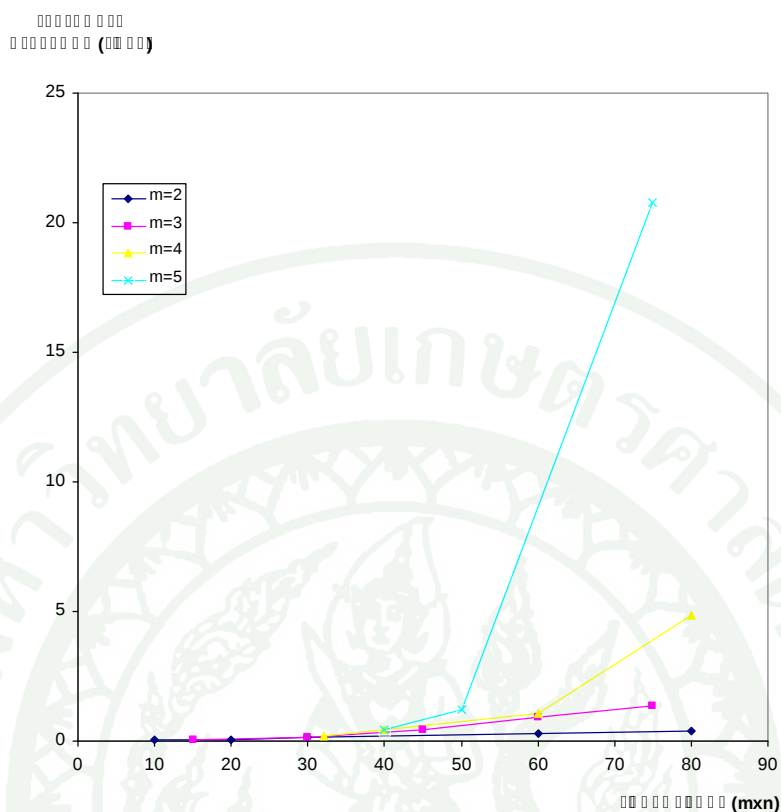
พบว่าวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด ใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นเมื่อปัญหาที่พิจารณามีจำนวนโรงงานและจำนวนลูกค้ามากขึ้น แต่ยังไม่ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยตรงโดยไม่ให้คำตอบที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของทุกขนาดปัญหาที่ -17.00 % ± 7.61 % ภายใต้ 95 เปอร์เซ็นต์ช่วงความเชื่อมั่น

นอกจากนั้นเวลาที่ใช้ในวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้ำที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด มีแนวโน้มที่จะแปรผันตามจำนวนโรงงานมากกว่าจำนวนลูกค้ำ เนื่องจากแม้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่กว่า (จำนวนตัวแปรมากกว่า) น้อยกว่าปัญหาที่มีขนาดเล็กกว่า แต่มีจำนวนโรงงานมากกว่า จะใช้เวลาในการแก้ปัญหาน้อยกว่า ยกตัวอย่างเช่น ปัญหาที่ 8: $m = 2$, $n = 250$ ใช้เวลาในการประมวลผล 3.85 วินาที ซึ่งมากกว่าปัญหาที่ 17: $m = 4$, $n = 20$ 80 ตัวแปร แต่ใช้เวลาในการประมวลผล 4.84 วินาที แนวโน้มจะเหมือนกับวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้ำอย่างสุ่ม

เพื่อแสดงแนวโน้มของเวลาในการแก้ปัญหที่สัมพันธ์กับจำนวนโรงงาน จึงได้ทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรและเวลาในการประมวลผลแยกตามขนาดของ



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรและเวลาในการประมวลผลของวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้ำอย่างสุ่ม



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรและเวลาในการประมวลผลของ
แบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด

พบว่ากราฟที่ m มีค่าน้อย ๆ จะมีความชันน้อยกว่ากราฟที่ m ค่ามาก ๆ แสดงว่า ปัญหาที่มีจำนวนโรงงานมากเมื่อมีจำนวนลูกค้ามากขึ้นเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา
มีแนวโน้มจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วกว่ากรณีที่ปัญหามีจำนวนโรงงานน้อย ๆ

จากผลลัพธ์ของ 10 สามารถสรุปค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของ
ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างสุ่ม ค่า
เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้น
จากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด ได้ดัง

11 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 95 เปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นของความผิดพลาดเฉลี่ย
3.1 3.2 12

	เปอร์เซ็นต์	% ความผิดพลาดเฉลี่ย	95 % ความเชื่อมั่นของความผิดพลาดเฉลี่ย
วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าย่อย (3.1)		-15.75	± 8.22
วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด (3.2)		-17.00	± 7.61

11 พบว่าวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุดให้ทั้งเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยที่น้อยกว่า และ 95 เปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นของความผิดพลาดเฉลี่ยที่ต่ำกว่าวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างย่อย

วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างย่อยและวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการของลูกค้าสูงที่สุด ได้สร้างปัญหาเพื่อใช้เปรียบเทียบด้วยขนาดขนาดต่าง ๆ กันจำนวน 15 ปัญหา ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในตารางภาพผนวก ข ของค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเวลาในการประมวลผลมาเปรียบเทียบกันได้

12 13

ตารางที่ 12 เวลาการประมวลผล เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 95 เปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นของ
แบบจำลองการคำนวณค่า 3.1 ตารางที่ 1

ปัญหา ที่	ขนาดปัญหา		ขนาด $m \times n$	ค่าของวิธีที่ 1		ค่าของวิธีที่ 3.1	
	I	II		ค่าจริง (ค่าจริง)	ค่าประมาณ (ค่าจริง)	% ค่าจริง ค่าประมาณ	95 % ค่าจริง ค่าประมาณ
1	2	5	10	6.26	0.04	17	± 13.63
2	2	10	20	275.50	0.07	6	± 5.50
3	2	15	30	2,543.18	0.12	8	± 5.29
4	2	30	60	28,524.10	0.31	-2	± 2.35
5	2	50	100	28,801.92	1.01	-10	± 3.81
6	2	100	200	28,802.15	1.38	-12	± 4.19
7	3	5	15	32.15	0.06	8	± 7.51
8	3	10	30	20,391.15	0.15	11	± 6.15
9	3	15	45	28,815.19	0.53	6	± 7.74
10	3	20	60	28,836.38	1.18	-11	± 5.76
11	4	8	32	21,674.30	0.26	8	± 12.52
12	4	10	40	27,740.13	0.42	6	± 13.01
13	4	15	60	28,825.29	1.97	-31	± 9.22
14	5	8	40	28,805.37	0.80	-21	± 15.29
15	5	10	50	28,812.90	1.23	-36	± 12.00

พบว่าวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าย่างสม่ำเสมอ ใช้
มากขึ้นเมื่อปัญหาที่พิจารณามีจำนวนโรงงานและจำนวนลูกค้ามากขึ้น มีบาง
ปัญหาที่ให้คำตอบดีกว่าแบบจำลองการคำนวณค่า (เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
ค่าติดลบ) และแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะเป็นลบเมื่อจำนวนลูกค้าเพิ่มขึ้น แต่จำนวน
โรงงานเท่าเดิม โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของทุกขนาดปัญหาที่ $-3.53\% \pm 8.06\%$
ภายใต้ 95 เปอร์เซ็นต์ช่วง

ตารางที่ 13 เวลาการประมวลผล เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 95 เปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นของ
แบบจำลองการประเมินมูลค่าที่ดิน 3.2 ตารางที่ 1

ปัญหา ที่	ขนาดปัญหา		จำนวน m × n	ค่าของวิธีที่ 1		ค่าของวิธีที่ 3.2	
	I	II		ค่าเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย)	ค่าเบี่ยงเบน (ค่าเบี่ยงเบน)	% ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบน	95 % ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบน
1	2	5	10	6.26	0.04	6	± 7.88
2	2	10	20	275.50	0.07	6	± 5.59
3	2	15	30	2,543.18	0.13	7	± 4.49
4	2	30	60	28,524.10	0.29	-3	± 2.91
5	2	50	100	28,801.92	0.84	-11	± 3.91
6	2	100	200	28,802.15	1.71	-13	± 4.37
7	3	5	15	32.15	0.04	3	± 5.75
8	3	10	30	20,391.15	0.16	8	± 3.86
9	3	15	45	28,815.19	0.42	7	± 7.88
10	3	20	60	28,836.38	0.92	-11	± 5.89
11	4	8	32	21,674.30	0.19	6	± 10.68
12	4	10	40	27,740.13	0.43	2	± 13.64
13	4	15	60	28,825.29	1.05	-32	± 9.84
14	5	8	40	28,805.37	0.54	-21	± 12.81
15	5	10	50	28,812.90	1.22	-37	± 9.94

ตารางที่ 12 พบว่าวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่ต้องการสินค้าสูงที่สุด ใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นเมื่อปัญหาที่พิจารณามีจำนวนโรงงานและจำนวนลูกค้ามากขึ้น และมีบางปัญหาที่ให้คำตอบดีกว่าแบบจำลองการประเมินมูลค่าที่ดิน (เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่มีค่าติดลบ) และแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะเป็นลบเมื่อจำนวนลูกค้าเพิ่มขึ้น แต่จำนวนโรงงานเท่าเดิม โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของทุกปัญหาที่ - 5.53 % ± 7.30 % ภายใต้ 95 เปอร์เซ็นต์ช่วงความเชื่อมั่น

14 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 95 เปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นของความผิดพลาดเฉลี่ย
 3.1 3.2 1

วิธีแก้	% 3.1 3.2 1	95 % 3.1 3.2 1
วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้า	- 3.53	± 8.06
อย่างสุ่ม (3.1)		
วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มี	- 5.53	± 7.30
ความต้องการสินค้าสูงสุด (3.2)		

14 พบว่า เมื่อนำวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้า
 อย่างสุ่ม 3.1 3.2 1 จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของ
 ทุกขนาดปัญหาที่สูงกว่าเมื่อนำวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้า 3.1 3.2 1
 ต้องการสินค้าสูงสุด 3.1 3.2 1 แสดงว่าตำแหน่งเริ่มต้นของ
 โรงงานในการหาคำตอบ มีผลต่อค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ตามวิธีที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้
 ได้ระยะทางรวมระหว่างโรงงานและลูกค้ามีค่าน้อยที่สุด

วิจารณ์

ควรให้ผลลัพธ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุด เนื่องจากการนำทุก ๆ คำตอบที่เป็นไปได้มาใช้ในการหาตำแหน่งที่ตั้งโรงงานที่เหมาะสมที่สุด หากไม่มีข้อจำกัดในเรื่องเวลาในการประมวลผล ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้ได้จำกัดเวลาในการ อยู่ที่ 8 ชั่วโมง ทำให้ขนาดของปัญหาที่เหมาะสม สำหรับวิธีนี้คือ เมื่อต้องการตั้งโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้าน่าไม่เกิน 15 ราย, 3 แห่ง ลูกค้าน่าไม่เกิน 5 ราย 4 แห่ง ลูกค้าน่าไม่เกิน 8 ราย นั่นคือวิธีนี้เหมาะสมกับปัญหาที่มีจำนวนตัวแปรไม่เกิน 30 ตัวแปร แต่ถ้านำไม่มีการจำกัดด้านเวลาในการประมวลผลและต้องการคำตอบที่ดีที่สุด ควรใช้ โดยตรง จะใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า

โดยตรง จะใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า ในทุก ๆ ขนาดปัญหา ส่วนมากไม่ได้ให้ผลลัพธ์ของค่าเป้าหมายของฟังก์ชัน วัตถุประสงค์ที่ดีที่สุด ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะกับขนาดปัญหาที่มีจำนวนตัวแปรมากกว่า 30 ราย เช่น เมื่อต้องการตั้งโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้าน่า 100 ราย, 2 แห่ง ลูกค้าน่า 250 ราย เป็นต้น และ ผู้ใช้งานต้องการเพียงตำแหน่งเริ่มต้นในการตั้งโรงงานที่ดีเพียงพอสำหรับเป็นข้อมูลในการ ตัดสินใจ แต่ผู้ใช้ไม่มีเวลาในการประมวลผลมากนัก หรือเป็นข้อมูลเพื่อใช้เปรียบเทียบ ประสิทธิภาพและประสิทธิผลในเบื้องต้นกับวิธีที่จะมีการพัฒนาขึ้น

วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างสุ่ม และวิธีการแบ่งแยก ปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด 2 วิธี ใช้เวลาในการ ประมวลผลน้อยกว่า จำนวนโรงงาน ถ้าจำนวนโรงงานเท่ากัน เวลาในการประมวลผลจะแปรผันตามจำนวนลูกค้า แต่ถ้า จำนวนตัวแปรเท่ากัน เวลาในการประมวลผลจะแปรผันตามจำนวนโรงงานมากกว่าจำนวนลูกค้า และหากมีขนาดปัญหาที่มีจำนวนตัวแปรน้อยกว่า แต่มีจำนวนโรงงานมากกว่า จะใช้เวลาในการ มากกว่าขนาดปัญหาที่มีจำนวนตัวแปรมากกว่า แต่มีจำนวนโรงงานน้อยกว่า ดังนั้นทั้ง 2 วิธีนี้จึงเหมาะสำหรับการตั้งโรงงานจำนวนน้อย ๆ แต่มีจำนวนลูกค้าที่ต้องให้บริการจำนวนมาก วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด ทั้งเวลาในการประมวลผลและค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดีกว่าวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่า เริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างสุ่ม และในบางขนาดปัญหาของวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่า

เริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด ให้ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดีกว่า $z_{i+1} > z_i$ เช่น จากตารางที่ 13 ปัญหาที่ 15 ให้เปอร์เซ็นต์ $z_{i+1} > z_i$ เป็นค่าลบ แสดงให้เห็นว่าค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด $z_{i+1} > z_i$ หมายความว่า $z_{i+1} > z_i$ ภายได้เวลาที่จำกัด 8 ชั่วโมง เป็นต้น

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เมื่อจำนวนตัวแปรน้อยกว่า 30 ตัวแปร ควรใช้ $z_{i+1} > z_i$ แต่ถ้าจำนวนตัวแปรมากกว่า 30 ตัวแปร ควรใช้วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด อีกทั้งวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้ยังเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับปัญหาที่มีจำนวนโรงงานน้อย แต่จำนวนลูกค้ามาก ซึ่งเข้ากับสถานการณ์ทั่วไปที่จำนวน $z_{i+1} > z_i$ จะน้อยกว่าจำนวนลูกค้า

วิธี พบว่าวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด จะให้ทั้งเวลาในการประมวลผลและค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดีกว่าวิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าอย่างสุ่ม เลือกตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานเพื่อใช้ในการคำนวณตามวิธีที่พัฒนาขึ้นอย่างเหมาะสม จะช่วยลดเวลาในการประมวลผล และให้ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดี

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาถึงข้อจำกัดเกี่ยวกับพื้นที่บนระนาบที่ไม่สามารถตั้งโรงงานได้ด้วย โดยการเพิ่มข้อจำกัดเข้าไปในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากในความเป็นจริงนั้น ไม่สามารถตั้งโรงงานที่เหมาะสมได้ทุกตำแหน่งบนระนาบ ถ้าตำแหน่งที่ตั้งโรงงานที่เหมาะสมที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม ตกอยู่ในพื้นที่ที่ไม่สามารถตั้งโรงงานได้จริง เช่น ตกอยู่บนทะเล หรือภูเขา เป็นต้น
2. จากผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของคำตอบของวิธีที่พัฒนาตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานมีผลต่อเวลาในการประมวลผลและค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ดังนั้นในงานวิจัยในอนาคตควรหาวิธีการเลือกตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานที่ทำให้ทั้งเวลาในการประมวลผลและค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าที่ดีขึ้น
3. งานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาข้อมูลในด้านการขนส่ง การจราจร เช่น ระยะทางตามความเป็นจริง รวมถึงนำข้อมูลสภาพแวดล้อมอื่น ๆ มาเพิ่มในการทำวิจัยด้วย เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ตั้งโรงงานที่ดีขึ้น และเป็นข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรมอ้างอิง

ณกร อินทร์พยุง. 2548. การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์.
 ๐๐๐๐๐๐๐๐ ๐๐๐๐ (๐๐๐๐๐), ๐๐๐๐๐๐๐.

Akino, U. and B.M. Khumawala. 1977. An Efficient Branch and Bound Algorithm for the Capacitated Warehouse Location Problem. *Management Science* (20): 822-844.

Aras, N., M. Orbay and I.K. Altinel. 2008. Efficient Heuristics for the Rectilinear Distance Capacitated Multi-facility Weber Problem. *Journal of Operations Research Society* (59): 64-79.

Chin-Ming, L., K. Ruey-Li and W. An-Hsiang. 1994. Solving Location-allocation Problems with Rectilinear Distances by Simulated Annealing. *Operations Research Society* (45): 1304-1315.

Francis, R.L. and J.A. White. 1974. *Facility Layout and Location an Analytical Approach*. Prentice Hall, New Jersey.

Heragu, S.S. n.d. Basic Model for the Location Problem. Available Source:
www.mhia.org/downloads/industrygroups/cicmhe/ierc/Chapter%2013-Heragu.ppt,
 May 22, 2009.

Lorena, L.A.N. and E.L.F. Senne. 2003. Local Search Heuristics for Capacitated P-median Problems. *Networks and Spatial Economics* (3): 407-419.

Love, R.F. and H. Juel. 1982. Properties and Solution Methods for Large Location-allocation Problem. *Journal of Operational Research Society* (33): 443-452.

- Love, R.F. and J.G. Morris. 1975. A Computation Procedure for the Exact Solution of Location-allocation Problems with Rectangular Distances. *Naval Research Logistics* (22): 441-453.
- Nauss, M.R. 1978. An Improved Algorithm for the Capacitated Facility Location Problem. *Journal of Operational Research Society* 12(29): 1195-1201.
- Sa, G. 1969. Branch and Bound and Approximate Solutions to the Capacitated Plant-location Problem. *Operations Research* (17): 1005-1016.
- Sherali, H.D. and C.H. Tuncbilek. 1992. A Squared-Euclidean Distance Location-allocation Problem. *Naval Research Logistics* (39): 447-469.
- Singhtaun, C. and P. Charnsethikul. 2007. An Efficient Algorithms for Capacitated Multifacility Location Problems. *Journal of Computer Science* 8(3): 583-591.
- Singhtaun, C. and P. Charnsethikul. 2008. Efficient Heuristics for Single-source Capacitated Multi-facility Weber Problem, pp. 35-40. In Guoping Xia and Xiuquan Deng, eds. *Proceedings of the 38th International Conference on Computers and Industrial Engineering*. 38th ed. Beijing, China.





□□□□□□□ □

ตัวอย่างการ□□□□ตำแหน่งที่ตั้งโรงงานเริ่มต้นของวิธีการแบ่งแยกปัญหา
โดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด

ตัวอย่างรูปแบบปัญหาในการเลือกตำแหน่งเริ่มต้น วิธีการแบ่งแยกปัญหาโดยใช้ค่าเริ่มต้นจากตำแหน่งลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสูงที่สุด กรณีปัญหาดังกล่าว คือต้องการสร้างโรงงานจำนวน 4 แห่ง โดยส่งสินค้าให้ลูกค้าจำนวน 8

1. ถ้าลูกค้ามีความต้องการสินค้าไม่เท่ากัน (w_j ไม่เท่ากัน) ให้กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานโดยใช้ตำแหน่งของลูกค้าที่มีความต้องการสูงที่สุด m ลำดับแรกจากหลังมาหน้า คือตำแหน่งลูกค้าในลำดับที่ $n - m + 1$ ตัวอย่างดังตารางผนวกที่ ก1

ตัวอย่างผนวกที่ ก1 ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน (a_j, b_j) และความ ต้องการของลูกค้า (w_j) ไม่เท่ากัน

	1	2	3	4	5	6	7	8
	$n - m - 3$	$n - m - 2$	$n - m - 1$	$n - m$	$n - m + 1$	$n - m + 2$	$n - m + 3$	n
a_j	1	2	3	4	5	6	7	8
b_j	1	2	3	4	5	6	7	8
w_j	10	11	12	13	14	15	16	17

ตัวอย่างผนวกที่ ก1 ลำดับที่ $n - m + 1$ คือลำดับที่ 5 มีตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานเป็น (5, 5), (6, 6), (7, 7) และ (8, 8)

2. ถ้าลูกค้ามีความต้องการของลูกค้าเท่ากันบางค่า (w_j บางค่าเท่ากัน) ให้ตรวจสอบความต้องการของลูกค้าลำดับที่ $n - m$ ลำดับที่ $n - m + 1$ แล้วพิจารณาดังนี้

2.1 ถ้าความต้องการของลูกค้าลำดับที่ $n - m$ ไม่เท่ากับความต้องการของลูกค้าลำดับที่ $n - m + 1$ ถ้าความต้องการของลูกค้าลำดับที่ $n - m$ เท่ากับความต้องการของลูกค้าลำดับที่ $n - m + 1$ และเท่ากับความต้องการของลูกค้าลำดับที่ ให้กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานโดยใช้ตำแหน่งของลูกค้าที่มีค่าความต้องการสินค้ามากที่สุด m ลำดับแรกจากหลังมาหน้า คือตำแหน่งลูกค้าในลำดับที่ $n - m + 1$ ตัวอย่างดังตารางผนวกที่ ก2

$$\text{ระยะห่างระหว่างโรงงานทั้งสอง} = |x_i - a_j| + |y_i - b_j|$$

$$\text{ระยะห่างระหว่างโรงงานลำดับที่ 3} = |8 - 3| + |8 - 3| = 5 + 5 = 10$$

$$\text{ระยะห่างระหว่างโรงงานลำดับที่ 4} = |8 - 4| + |8 - 4| = 4 + 4 = 8$$

$$\text{ระยะห่างระหว่างโรงงานลำดับที่ 5} = |8 - 5| + |8 - 5| = 3 + 3 = 6$$

$$\text{ระยะห่างระหว่างโรงงานลำดับที่ 6} = |8 - 6| + |8 - 6| = 2 + 2 = 4$$

ดังนั้นจึงเลือกตำแหน่งโรงงานที่ให้ระยะทางมากที่สุดมา 2 ตำแหน่ง คือ (3, 3) และ (4, 4) จะได้ตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานที่ต้องเพิ่ม คือ (3, 3) และ (4, 4)

2.2.5 นำตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานที่ได้จากข้อ 2.2.2 และข้อ 2.2.3

จะได้ตำแหน่งโรงงานเริ่มต้นจำนวน m ดังนั้นในตัวอย่างนี้จะได้ตำแหน่งเริ่มต้นทั้งหมด 4 โรงงาน คือ ตำแหน่ง (3, 3), (4, 4), (7, 7) และ (8, 8)

3. ถ้าลูกค้ามีความต้องการสินค้าเท่ากัน (w_j ทุกค่าเท่ากัน) ให้กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานโดยใช้ตำแหน่งของลูกค้าที่มีความต้องการสูงที่สุด m ลำดับแรกจากหลังมาหน้า ตำแหน่งลูกค้าในลำดับที่ $n - m + 1$ ตัวอย่างดังตารางผนวกที่ ก5

5 ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน (a_j, b_j) ต้องการของลูกค้า (w_j) เท่ากัน

	1	2	3	4	5	6	7	8
	$n - m - 3$	$n - m - 2$	$n - m - 1$	$n - m$	$n - m + 1$	$n - m + 2$	$n - m + 3$	n
a_j	1	2	3	4	5	6	7	8
b_j	1	2	3	4	5	6	7	8
w_j	10	10	10	10	10	10	10	10

ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน ลำดับที่ $n - m + 1$ คือ (5, 5) และ (6, 6) มีตำแหน่งเริ่มต้นของโรงงานเป็น (5, 5), (6, 6), (7, 7) และ (8, 8)



๐๐๐๐๐๐๐ ๐

ตารางแสดงค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเวลาในการประมวลผล

ตารางที่ 1 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) และ CPU Time สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 5 คน ตารางที่ 2, 3.1 และ 3.2

ปัญหาที่	ตาราง 2		ตาราง 3.1		ตาราง 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	2,226	2.33	1,258	0.06	1,258	0.08
2	3,079	0.17	3,079	0.03	1,864	0.06
3	1,920	0.09	1,290	0.03	1,160	0.03
4	1,360	0.06	1,084	0.03	1,084	0.03
5	854	0.05	844	0.03	1,235	0.06
6	4,143	0.05	3,637	0.05	3,635	0.03
7	3,582	0.03	3,582	0.06	3,582	0.03
8	2,206	0.06	1,201	0.03	1,201	0.06
9	4,201	0.08	2,571	0.03	2,571	0.06
10	3,580	0.08	3,460	0.06	3,460	0.06
11	1,050	0.06	624	0.06	624	0.03
12	4,184	0.08	4,350	0.06	4,184	0.03
13	3,766	0.05	3,584	0.03	3,584	0.03
14	3,385	0.05	3,385	0.03	3,385	0.03
15	2,737	0.06	2,957	0.05	2,953	0.05
16	5,871	0.06	2,423	0.02	2,423	0.03
17	1,327	0.06	795	0.03	795	0.03
18	5,705	0.08	6,269	0.05	3,941	0.05
19	2,926	0.06	2,926	0.06	2,926	0.05
20	1,816	0.05	3,857	0.06	3,277	0.06
21	1,476	0.05	1,135	0.05	1,119	0.02
22	3,195	0.06	3,131	0.05	2,315	0.03
23	3,258	0.05	2,598	0.03	1,846	0.06
24	1,154	0.06	636	0.03	636	0.03
25	3,332	0.06	2,334	0.02	2,334	0.03
26	3,063	0.06	1,713	0.05	2,883	0.03
27	4,279	0.03	2,670	0.03	2,670	0.02
28	4,864	0.08	3,624	0.05	3,624	0.03
29	838	0.05	2,118	0.05	838	0.02
30	3,586	0.06	3,586	0.03	2,447	0.03
ค่าเฉลี่ย	2,965	0.14	2,557	0.04	2,328	0.04
% ครอบคลุม			-14		-21	

แบบทดสอบที่ 2 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 2 (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 10 แบบ แบบทดสอบที่ 2, 3.1
แบบ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 2		แบบ 3.1		แบบ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	8,147	2.81	7,185	0.05	7,185	0.06
2	15,362	0.66	7,136	0.08	7,136	0.08
3	12,064	0.27	7,879	0.08	7,879	0.11
4	4,616	1.22	4,616	0.08	4,929	0.03
5	8,858	0.22	6,420	0.06	6,420	0.05
6	10,750	0.23	6,762	0.09	6,762	0.03
7	7,806	0.14	4,473	0.08	4,473	0.05
8	12,542	0.19	10,668	0.08	10,668	0.09
9	7,804	0.27	6,850	0.05	7,422	0.05
10	10,574	0.42	5,597	0.06	5,597	0.06
11	6,096	0.25	5,006	0.06	5,125	0.09
12	8,232	0.45	5,720	0.05	5,531	0.08
13	11,322	0.20	8,414	0.08	8,414	0.05
14	5,920	0.22	4,683	0.06	4,517	0.05
15	9,132	1.31	4,968	0.06	4,968	0.05
16	7,428	1.31	8,435	0.13	8,435	0.06
17	11,212	0.16	8,740	0.05	10,488	0.06
18	4,852	1.05	4,852	0.08	4,852	0.08
19	8,121	0.28	6,664	0.08	6,664	0.14
20	5,911	0.23	4,357	0.06	3,570	0.08
21	10,557	0.31	8,328	0.06	8,209	0.05
22	3,642	0.14	3,642	0.05	3,642	0.05
23	6,092	0.25	5,674	0.06	5,674	0.03
24	6,090	0.27	3,281	0.05	3,281	0.11
25	7,435	0.22	4,276	0.08	4,276	0.03
26	8,273	0.47	6,082	0.07	6,132	0.07
27	8,147	2.81	7,185	0.05	7,185	0.06
28	15,362	0.66	7,136	0.08	7,136	0.08
29	12,064	0.27	7,879	0.08	7,879	0.11
30	4,616	1.22	4,616	0.08	4,929	0.03
ค่าเฉลี่ย	8,858	0.22	6,420	0.06	6,420	0.05
% ครอบคลุม			-26		-26	

3 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 15 ปัญหา 3.1
3.2

ปัญหาที่	3.2		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	14,648	1.52	11,765	0.27	11,135	0.98
2	15,590	0.28	14,468	0.14	13,577	0.22
3	16,196	0.25	14,620	0.09	14,796	0.08
4	14,959	0.78	11,606	0.06	11,606	0.16
5	15,046	0.19	9,640	0.13	9,640	0.06
6	21,493	0.38	14,599	0.03	15,302	0.09
7	9,008	0.53	8,459	0.08	8,459	0.06
8	17,945	1.92	16,867	0.22	15,821	0.17
9	23,994	0.97	15,334	0.08	18,537	0.13
10	15,971	0.31	11,793	0.08	11,793	0.13
11	11,538	1.38	11,538	0.05	11,538	0.05
12	25,037	0.31	11,177	0.09	11,177	0.09
13	15,295	0.47	10,141	0.09	11,331	0.05
14	16,618	0.20	12,704	0.05	13,401	0.06
15	16,221	0.78	12,894	0.11	12,113	0.14
16	13,559	0.25	9,164	0.22	8,645	0.05
17	16,904	0.78	13,308	0.20	12,948	0.08
18	18,549	1.89	10,691	0.16	16,526	0.23
19	8,811	1.31	15,227	0.06	8,811	0.08
20	11,035	1.75	13,599	0.09	11,033	0.09
21	16,144	1.80	11,596	0.05	11,596	0.05
22	19,048	0.58	14,555	0.09	14,912	0.09
23	10,873	0.16	10,619	0.14	9,493	0.03
24	16,070	0.39	10,918	0.16	10,918	0.06
25	17,843	0.27	15,319	0.08	14,362	0.05
26	11,620	0.31	11,868	0.23	11,868	0.13
27	8,558	0.17	5,762	0.11	5,728	0.11
28	8,601	1.78	8,601	0.14	8,601	0.06
29	12,278	0.19	9,497	0.14	7,776	0.08
30	9,647	1.56	9,613	0.08	9,778	0.19
ค่าเฉลี่ย	14,970	0.78	11,931	0.12	11,774	0.13
% ครอบคลุม			-20		-21	

ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 15 คู่

3.1

3.2

ปัญหาที่	3.2		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	32,319	3.91	20,729	0.30	21,334	0.64
2	32,506	2.19	25,608	0.19	25,608	0.25
3	34,953	4.11	26,535	0.30	24,404	0.30
4	30,357	0.89	22,945	0.14	22,606	0.17
5	26,813	2.89	28,944	0.14	26,842	0.14
6	20,226	3.14	19,725	0.17	19,725	0.25
7	19,996	3.56	19,996	0.19	17,909	0.13
8	24,812	2.17	24,812	0.13	24,748	0.14
9	31,927	1.63	24,637	0.11	25,225	0.19
10	26,953	4.89	26,104	0.30	27,696	0.14
11	41,386	3.42	25,848	0.23	25,848	0.14
12	33,778	3.69	33,177	0.23	33,167	0.20
13	23,706	0.45	20,287	0.45	20,130	1.08
14	22,823	3.17	23,092	0.42	22,823	0.13
15	29,959	0.42	20,278	0.25	19,937	0.28
16	25,931	0.86	18,246	0.53	17,657	0.09
17	26,432	3.13	26,029	0.17	26,029	0.27
18	36,522	1.61	24,206	0.23	25,004	0.17
19	22,664	3.75	22,822	0.17	22,822	0.13
20	26,054	2.89	28,537	0.91	26,054	1.47
21	30,252	0.78	21,161	0.17	21,161	0.14
22	22,687	3.06	22,687	0.16	22,687	0.14
23	26,460	0.44	21,340	0.31	21,713	0.28
24	36,082	4.27	21,723	0.33	21,723	0.17
25	26,553	3.64	18,232	0.95	20,022	0.19
26	21,131	3.23	21,403	0.16	21,680	0.27
27	27,323	3.91	27,323	0.34	28,143	0.23
28	38,219	4.05	24,537	0.30	24,537	0.42
29	33,873	3.81	22,742	0.42	23,166	0.28
30	26,870	9.50	19,065	0.53	19,779	0.19
ค่าเฉลี่ย	28,652	2.98	23,426	0.31	23,339	0.29
% ครอบคลุม			-18		-19	

แบบทดสอบที่ 5 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 1, 2, 3.1
(CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 40 แบบ แบบทดสอบที่ 2, 3.1
แบบ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 2		แบบ 3.1		แบบ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	34,707	5.70	34,836	0.23	44,153	0.27
2	45,934	5.25	35,632	0.13	29,953	0.14
3	39,105	1.78	32,007	0.13	29,329	0.14
4	38,256	3.92	30,358	0.14	28,293	0.16
5	38,377	7.08	41,803	0.16	41,735	0.23
6	48,478	6.80	41,209	1.52	36,870	0.48
7	31,739	4.77	33,970	0.33	36,810	0.77
8	50,018	0.88	35,803	0.13	36,281	0.23
9	29,968	4.09	31,158	0.14	30,705	0.23
10	35,713	5.81	28,671	8.42	30,165	0.55
11	42,904	3.31	33,209	0.13	33,717	0.23
12	40,161	6.81	32,061	0.14	40,881	0.30
13	28,868	4.53	31,384	0.14	28,868	0.22
14	45,404	5.13	36,304	0.13	40,702	0.20
15	41,882	7.08	33,682	1.41	35,837	0.55
16	46,755	5.95	37,125	0.16	40,435	0.22
17	48,267	5.05	37,591	0.16	39,611	0.48
18	39,454	4.55	36,086	0.13	33,288	0.30
19	34,736	2.44	37,997	0.14	35,237	0.23
20	47,637	4.08	36,863	0.47	41,085	0.63
21	29,604	3.66	31,031	0.23	30,914	0.38
22	52,404	3.91	38,443	0.17	37,033	0.31
23	52,920	5.92	37,064	0.14	42,679	0.23
24	46,537	5.86	33,855	0.55	34,548	1.22
25	39,494	7.05	30,496	0.22	27,837	0.17
26	48,608	7.94	39,770	2.09	38,082	1.50
27	33,853	5.64	37,573	2.19	35,834	0.22
28	42,374	2.53	30,515	0.67	37,766	0.64
29	52,130	5.69	40,168	0.14	39,264	0.28
30	49,301	5.64	35,748	0.13	35,924	0.20
ค่าเฉลี่ย	41,853	4.96	35,080	0.69	35,795	0.39
% ครอบคลุม			-16		-14	

แบบทดสอบที่ 6 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 12, 3.1
(CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 50 แบบ แบบทดสอบที่ 12, 3.1
แบบ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 12		แบบ 13.1		แบบ 13.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	71,989	12.17	44,795	0.41	44,795	0.59
2	71,201	10.45	55,774	2.67	52,718	2.25
3	61,019	0.95	44,513	1.23	44,266	2.69
4	41,417	6.66	41,417	0.20	43,792	0.33
5	44,864	4.22	45,702	0.30	45,702	0.27
6	56,358	10.05	42,891	0.50	42,891	0.25
7	45,048	8.78	45,048	0.42	45,048	0.34
8	69,098	2.28	51,828	3.20	51,384	1.78
9	67,678	9.94	55,073	3.73	55,476	1.28
10	37,914	5.55	38,660	0.86	38,660	0.91
11	40,350	4.22	40,928	0.78	42,461	0.59
12	57,929	4.88	43,740	1.44	42,182	0.80
13	65,462	8.95	40,725	1.52	43,211	0.34
14	54,095	7.42	41,051	1.41	39,359	0.53
15	55,097	7.98	39,550	0.20	39,527	0.41
16	38,852	5.77	39,282	0.45	38,852	0.70
17	33,838	4.97	33,838	0.27	33,949	0.28
18	74,460	9.88	60,772	0.23	59,618	2.72
19	37,777	5.86	37,777	0.27	37,886	0.22
20	47,822	11.91	53,904	0.25	50,300	0.39
21	58,932	5.55	52,862	4.45	52,133	0.81
22	58,199	10.19	41,701	0.27	43,415	0.38
23	69,350	9.98	52,381	0.45	52,110	0.38
24	68,504	7.33	52,363	1.48	47,859	0.69
25	57,340	5.80	43,214	0.25	43,214	0.30
26	59,157	9.00	42,143	1.23	42,178	3.70
27	59,837	11.59	50,610	0.66	44,863	0.42
28	48,146	4.56	48,146	0.41	49,495	0.17
29	59,791	6.78	48,483	0.47	46,283	0.47
30	32,402	7.08	35,128	0.42	35,128	0.28
ค่าเฉลี่ย	54,798	7.36	45,477	1.01	44,959	0.84
% ครอบคลุม			-17		-18	

ตารางที่ 7 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) และค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 100 คน ตารางที่ 2, 3.1 และ 3.2

ปัญหาที่	ตาราง 2		ตาราง 3.1		ตาราง 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	121,904	2.05	105,430	7.30	105,430	0.63
2	140,662	35.81	102,747	0.58	100,155	0.50
3	89,769	14.81	89,769	0.56	89,769	0.72
4	81,217	21.36	89,675	1.13	81,217	0.52
5	87,382	19.11	88,185	2.61	87,342	0.91
6	124,938	2.70	88,718	0.73	88,718	1.38
7	132,778	21.56	98,840	0.67	101,041	0.45
8	115,026	1.67	86,518	0.77	85,055	0.75
9	112,613	38.42	89,023	0.72	83,490	3.69
10	122,331	46.69	87,841	0.48	87,841	0.98
11	121,223	31.55	95,842	0.69	93,321	0.78
12	139,051	33.88	107,786	1.02	107,759	0.89
13	87,058	34.13	87,228	0.50	87,058	0.50
14	121,324	26.53	96,048	1.69	95,979	9.83
15	124,107	29.70	88,098	4.31	93,097	10.17
16	101,111	13.97	101,132	0.59	100,466	0.78
17	131,444	2.30	109,317	1.78	105,647	2.02
18	125,885	25.27	94,461	1.14	93,371	0.55
19	90,055	33.61	88,853	0.67	90,055	2.06
20	131,741	27.58	86,139	0.59	86,139	0.84
21	104,132	24.89	79,239	0.75	77,271	0.91
22	99,146	11.78	102,590	4.63	103,364	1.92
23	133,397	4.19	105,429	0.67	95,659	0.67
24	122,659	24.92	88,402	0.63	88,507	0.66
25	129,461	39.89	101,720	0.45	95,091	0.45
26	87,369	14.89	83,977	0.84	83,977	0.39
27	100,829	9.84	100,829	0.53	98,290	5.19
28	107,207	22.44	82,955	0.64	82,955	0.91
29	134,717	44.17	88,494	3.02	88,572	0.53
30	124,392	27.22	93,319	0.78	94,669	0.81
ค่าเฉลี่ย	114,831	22.90	93,620	1.38	92,377	1.71
% ครอบคลุม			-18		-20	

ตารางที่ 9 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) และค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 5 คน ตารางที่ 12, 3.1 และ 3.2

ปัญหาที่	ตาราง 12		ตาราง 13.1		ตาราง 13.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	1,240	0.30	1,053	0.11	994	0.08
2	1,522	0.39	381	0.06	381	0.03
3	792	0.25	632	0.09	768	0.05
4	840	0.23	478	0.06	478	0.03
5	772	0.27	804	0.03	804	0.08
6	1,431	0.28	1,523	0.06	1,523	0.05
7	1,029	0.28	575	0.06	575	0.05
8	801	0.42	482	0.05	482	0.03
9	1,110	0.28	1,110	0.11	1,110	0.05
10	2,934	0.45	1,946	0.08	1,946	0.05
11	378	0.33	366	0.09	186	0.03
12	3,512	0.20	3,234	0.03	3,234	0.05
13	86	0.23	86	0.05	86	0.03
14	825	0.19	425	0.09	445	0.03
15	2,613	0.16	2,613	0.06	2,613	0.06
16	3,152	0.38	1,709	0.02	1,709	0.03
17	341	0.14	293	0.02	293	0.02
18	4,589	0.13	2,755	0.06	2,310	0.05
19	3,203	0.41	2,684	0.09	2,098	0.08
20	1,694	0.23	1,694	0.05	1,694	0.09
21	1,054	0.94	2,275	0.02	2,275	0.06
22	1,215	0.30	1,174	0.03	1,174	0.03
23	926	0.38	580	0.05	580	0.02
24	426	0.25	426	0.05	724	0.05
25	550	0.22	550	0.03	550	0.02
26	2,211	0.33	1,233	0.08	1,233	0.03
27	3,531	0.42	987	0.05	987	0.03
28	1,920	0.20	1,920	0.08	1,920	0.06
29	448	0.31	448	0.05	448	0.03
30	2,255	0.28	2,199	0.06	1,607	0.03
ค่าเฉลี่ย	1,580	0.31	1,221	0.06	1,174	0.04
%การลดลง			-23		-26	

แบบทดสอบที่ 10 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 10 (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 10 แบบ แบบที่ 2, 3.1 และ 3.2

ปัญหาที่	แบบที่ 2		แบบที่ 3.1		แบบที่ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	6,739	2.56	5,238	0.38	5,312	0.22
2	4,788	1.42	4,856	0.08	4,856	0.17
3	5,403	8.13	5,145	0.38	6,014	0.38
4	4,159	2.95	4,483	0.14	5,227	0.09
5	8,939	25.38	4,573	0.16	4,573	0.11
6	7,077	8.47	7,488	0.11	5,034	0.25
7	8,567	7.91	6,421	0.14	4,662	0.09
8	6,295	3.80	5,711	0.08	6,173	0.08
9	6,919	8.41	5,336	0.27	5,367	0.06
10	7,696	8.83	5,294	0.09	3,158	0.08
11	8,742	11.52	4,603	0.17	4,603	0.19
12	5,120	1.63	7,993	0.06	6,876	0.08
13	9,991	7.25	8,535	0.14	8,535	0.47
14	7,137	15.80	4,857	0.23	4,803	0.08
15	7,240	4.97	4,083	0.13	4,083	0.13
16	6,059	14.48	3,966	0.09	4,219	0.23
17	5,368	10.86	4,292	0.16	4,471	0.11
18	8,247	10.50	5,729	0.39	4,375	0.19
19	4,410	8.72	2,510	0.06	2,510	0.13
20	6,572	10.00	4,908	0.13	4,908	0.13
21	10,099	3.06	4,878	0.08	4,878	0.08
22	13,222	0.33	13,192	0.13	13,219	0.11
23	7,962	3.52	7,533	0.19	6,698	0.09
24	7,722	7.06	5,987	0.11	6,640	0.23
25	3,292	8.98	3,812	0.05	3,611	0.13
26	8,297	5.41	5,208	0.13	7,010	0.14
27	6,770	1.55	6,765	0.08	6,765	0.03
28	4,547	1.41	4,912	0.14	4,547	0.14
29	6,739	1.34	6,739	0.05	6,739	0.03
30	5,084	3.64	3,377	0.17	4,517	0.16
ค่าเฉลี่ย	6,973	7.00	5,614	0.15	5,479	0.15
% ครอบคลุม			-19		-21	

11 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงง 3 แห่ง ลูกค้า 15 (3.1, 3.2)

ปัญหาที่	3.2		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	13,455	65.86	9,790	0.48	9,680	0.39
2	12,779	22.55	12,115	0.13	11,867	0.27
3	17,328	2.70	11,249	1.02	11,024	0.13
4	10,854	28.58	10,799	0.86	10,228	0.31
5	12,782	7.30	8,318	0.16	8,371	0.19
6	17,067	4.13	9,781	0.13	9,781	0.16
7	13,345	2.83	6,041	0.23	5,829	0.11
8	16,599	15.63	12,269	1.52	11,034	0.19
9	22,374	27.36	24,394	0.38	23,220	0.44
10	14,636	3.17	15,056	0.08	16,262	0.08
11	15,767	43.30	13,506	0.55	15,448	1.52
12	22,858	43.56	17,753	0.88	15,779	1.94
13	13,535	27.09	6,723	0.23	9,296	0.08
14	13,566	26.41	10,719	0.47	10,639	0.23
15	14,839	9.81	7,942	0.20	7,942	0.11
16	11,602	16.33	10,349	1.11	9,402	0.22
17	12,900	39.09	10,542	0.67	11,034	0.50
18	11,273	30.28	10,531	1.27	10,502	0.77
19	15,091	173.50	7,641	0.34	7,553	0.09
20	12,574	20.16	5,762	0.14	12,079	0.70
21	12,229	29.63	11,244	0.20	10,396	0.44
22	15,296	19.92	10,198	0.34	10,406	0.13
23	9,532	3.20	9,515	2.28	9,252	0.39
24	15,683	8.91	13,198	0.31	11,656	0.84
25	18,650	12.78	10,976	0.36	11,061	0.16
26	14,074	2.08	6,468	0.33	7,746	0.33
27	6,950	4.89	3,933	0.09	3,701	0.09
28	15,523	27.41	10,685	0.72	10,705	1.58
29	5,928	6.25	5,574	0.19	4,021	0.09
30	13,432	5.02	7,562	0.14	8,479	0.23
ค่าเฉลี่ย	14,084	24.32	10,354	0.53	10,480	0.42
% 3.1/3.2			-26		-26	

แบบทดสอบข้อที่ 12 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบข้อที่ 12, 3.1
(CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงไฟฟ้า 3 แห่ง ถูกค่า 20 แบบทดสอบข้อที่ 12, 3.1
แบบ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 12		แบบ 13.1		แบบ 13.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	24,121	9.75	15,779	0.55	13,970	0.64
2	17,445	39.63	7,865	0.64	7,036	0.16
3	15,424	0.23	15,406	0.14	15,296	0.14
4	23,516	29.56	17,986	1.30	18,590	3.14
5	21,668	5.47	12,508	0.55	12,508	0.25
6	17,531	9.97	18,662	1.14	18,499	1.23
7	17,094	61.34	10,031	4.44	14,504	0.94
8	20,980	17.67	11,439	1.14	12,996	0.36
9	19,577	5.05	12,405	1.44	12,046	0.70
10	22,662	21.89	21,435	1.97	22,053	0.25
11	16,923	354.19	16,238	3.20	17,932	2.33
12	26,839	58.63	23,849	2.38	22,091	1.64
13	19,842	1.28	13,425	0.31	12,464	0.20
14	21,158	66.23	17,786	1.05	19,111	2.23
15	18,321	66.84	17,007	0.64	17,190	1.47
16	10,795	36.47	11,379	0.23	11,837	0.22
17	16,914	25.91	18,372	0.20	17,939	0.27
18	13,381	1,283.72	9,064	0.19	9,611	0.19
19	14,155	49.11	11,611	0.72	10,996	0.38
20	18,166	635.25	14,472	1.64	13,768	0.69
21	15,334	9.03	12,994	0.36	12,426	1.30
22	15,129	15.50	11,775	1.92	10,754	1.45
23	22,211	8.50	14,640	0.27	14,172	0.59
24	20,216	91.58	15,216	1.27	16,677	3.39
25	20,120	21.89	14,909	2.06	15,795	0.48
26	13,814	9.55	8,935	0.48	9,499	0.63
27	21,602	3.59	19,903	0.73	20,224	0.22
28	8,059	8.77	8,574	0.22	9,726	0.27
29	23,372	19.73	19,487	3.48	18,076	1.33
30	21,048	32.39	14,636	0.75	12,719	0.52
ค่าเฉลี่ย	18,581	99.96	14,593	1.18	14,684	0.92
% ครอบคลุมข้อสอบ			-21		-21	

13 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 25 (2, 3.1) 3.2

ปัญหาที่	2		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	28,944	86.73	23,868	1.56	20,974	0.59
2	22,411	6.53	15,065	0.75	18,504	0.22
3	23,884	18.36	17,310	0.73	16,450	0.31
4	17,825	22.13	14,961	5.00	14,192	1.81
5	36,065	35.73	22,619	0.52	24,122	1.53
6	25,241	18.02	15,756	0.52	16,146	0.22
7	16,387	16.69	19,596	0.23	16,528	0.36
8	22,391	7.84	16,808	1.00	16,783	1.20
9	14,084	6,850.91	16,857	0.17	16,748	0.73
10	25,927	15.28	20,953	3.92	21,339	1.48
11	32,887	27.02	27,737	1.31	26,303	0.92
12	23,764	8.67	15,369	0.50	18,094	4.94
13	27,675	45.16	20,072	0.38	17,612	0.39
14	17,889	3.22	15,981	1.45	15,794	1.45
15	22,806	6.33	15,913	0.17	16,830	0.20
16	16,843	10.84	11,590	0.14	12,917	0.84
17	26,639	86.56	19,346	0.41	16,575	0.23
18	31,687	20.08	25,991	2.13	25,765	2.80
19	27,061	11.58	16,363	0.52	16,437	2.17
20	24,000	5.97	21,956	2.73	20,359	5.05
21	27,918	42.50	19,750	0.33	15,445	0.50
22	22,408	10.56	15,398	0.27	15,948	0.83
23	25,837	4.98	23,856	9.45	24,459	2.84
24	29,072	34.23	17,502	0.80	22,242	1.13
25	30,199	4,002.34	21,840	1.30	20,425	1.39
26	29,752	68.05	16,936	0.25	15,771	0.38
27	27,393	29.61	22,256	1.33	23,036	2.63
28	18,048	14.41	12,042	0.27	14,430	1.28
29	19,327	46.19	16,431	1.20	18,157	2.56
30	15,636	5.94	17,256	1.73	16,454	0.20
ค่าเฉลี่ย	24,333	385.42	18,579	1.37	18,495	1.37
% 0000000000			-24		-24	

14 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 8 (3.1, 3.2)

ปัญหาที่	3.2		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	5,744	4.53	6,183	0.22	6,183	0.17
2	6,136	9.30	4,150	0.30	2,715	0.11
3	6,483	2.20	6,483	0.08	6,483	0.11
4	4,486	16.19	3,153	0.19	3,498	0.27
5	2,273	20.78	3,002	0.13	3,002	0.41
6	7,755	5.50	8,193	0.42	9,018	0.31
7	6,090	6.17	7,533	1.61	7,538	0.48
8	4,936	6.52	4,644	0.20	5,748	0.22
9	4,205	16.11	3,024	0.13	2,504	0.13
10	1,234	1.05	1,014	0.09	758	0.06
11	3,868	0.64	2,312	0.19	3,847	0.13
12	3,282	0.92	3,282	0.41	3,282	0.48
13	6,285	25.08	4,493	0.09	6,709	0.42
14	2,746	4.39	2,157	0.20	2,575	0.11
15	2,988	6.63	2,792	0.20	3,515	0.06
16	6,208	26.38	4,354	0.14	4,354	0.19
17	3,258	9.63	4,566	0.14	4,566	0.16
18	1,398	1.97	1,224	0.16	1,224	0.06
19	4,137	19.55	6,710	0.52	4,260	0.33
20	1,186	0.52	1,234	0.11	866	0.14
21	6,120	3.25	8,723	0.08	9,272	0.08
22	1,885	1.14	1,465	0.05	1,465	0.06
23	4,499	4.58	5,421	0.27	3,098	0.09
24	4,043	35.02	7,654	1.31	6,153	0.09
25	7,751	0.55	7,751	0.08	7,769	0.13
26	3,422	13.00	2,927	0.08	2,927	0.34
27	3,607	7.44	4,920	0.09	3,713	0.08
28	5,551	8.44	5,055	0.16	5,055	0.19
29	2,386	26.66	3,375	0.14	3,375	0.16
30	2,309	6.70	1,274	0.08	1,370	0.06
average	4,209	9.69	4,302	0.26	4,228	0.19
%การคำนวณ			2		0	

15 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกกลิ้ง 10 ลูก
 (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกกลิ้ง 10 ลูก
 3.2

ปัญหาที่	3.2		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	4,211	45.45	4,848	0.75	4,651	0.22
2	3,870	7.09	4,339	0.19	5,395	0.63
3	4,814	21.30	4,684	0.66	5,542	3.05
4	5,026	27.77	3,637	0.11	4,555	0.23
5	4,275	22.09	7,750	0.41	5,102	0.16
6	7,864	17.34	6,477	0.20	6,967	0.50
7	11,024	57.52	8,756	0.39	5,946	0.23
8	6,048	30.00	4,353	0.19	3,615	0.11
9	4,517	26.95	4,357	0.20	3,268	0.19
10	5,658	66.31	7,021	0.94	5,032	0.64
11	7,533	131.00	3,682	0.16	5,510	0.72
12	4,727	1.23	3,901	0.17	4,425	0.39
13	10,426	111.77	6,828	0.20	9,694	0.41
14	5,969	14.83	6,654	0.36	7,209	0.44
15	6,528	41.23	5,121	0.33	4,766	0.25
16	3,217	43.70	2,844	0.14	2,959	0.09
17	5,889	44.48	6,146	0.36	4,159	0.42
18	8,188	3.75	8,320	0.17	8,320	0.42
19	4,901	22.31	5,084	0.61	3,465	0.11
20	6,740	18.08	6,750	0.72	4,914	0.28
21	8,741	34.36	8,021	1.05	5,525	0.23
22	5,188	16.27	4,759	0.16	3,786	0.14
23	5,465	45.20	3,921	0.31	6,548	0.36
24	5,999	30.70	5,779	0.25	5,477	0.75
25	3,456	4.34	3,167	1.16	3,167	0.31
26	7,570	75.45	4,769	0.45	5,874	0.72
27	6,469	0.42	6,469	0.09	6,469	0.11
28	2,818	46.53	2,818	0.83	2,818	0.22
29	2,422	21.84	3,121	0.39	2,668	0.11
30	3,561	38.63	3,219	0.53	2,942	0.39
ค่าเฉลี่ย	5,770	35.60	5,253	0.42	5,026	0.43
% ผิดพลาด			-9		-13	

แบบทดสอบที่ 16 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 16 (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 15 แบบ แบบที่ 2, 3.1 และ 3.2

ปัญหาที่	แบบที่ 2		แบบที่ 3.1		แบบที่ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	13,028	1,060.41	7,219	7.28	7,703	0.72
2	11,242	9,363.11	6,320	0.78	6,979	0.47
3	16,385	2,119.78	9,523	2.06	9,154	0.52
4	13,366	41.17	10,192	2.72	11,110	2.73
5	11,113	165.48	9,020	0.19	10,400	0.44
6	15,338	949.94	12,865	1.00	11,756	0.45
7	9,120	297.48	7,921	2.95	7,017	0.42
8	15,072	65.86	17,643	2.06	14,649	1.19
9	18,136	4,470.20	13,004	2.88	11,714	0.81
10	13,536	6.30	14,416	0.22	14,615	0.34
11	16,158	87.50	11,945	0.72	13,738	3.63
12	17,427	7,122.64	12,873	2.19	8,949	0.58
13	9,965	218.02	7,004	0.77	7,011	0.14
14	10,945	178.00	11,326	1.02	10,319	0.64
15	9,012	2,576.73	5,497	0.88	5,316	0.14
16	11,023	112.84	6,460	0.30	6,905	2.55
17	13,032	107.66	10,162	1.83	10,506	4.67
18	12,729	339.47	9,125	6.47	9,539	1.00
19	11,304	2,701.17	6,463	2.03	7,337	0.45
20	14,675	199.59	8,167	0.44	8,324	3.05
21	11,409	1,105.02	6,638	0.38	6,970	0.17
22	15,117	3,416.14	9,637	0.50	7,670	0.95
23	8,967	115.55	9,505	5.00	7,945	0.31
24	15,874	18.97	15,829	3.52	16,429	0.22
25	16,772	3.28	16,918	0.59	19,658	0.31
26	7,907	125.00	4,910	0.25	4,319	0.19
27	6,248	139.52	3,911	1.38	4,855	0.72
28	14,452	590.75	12,636	3.95	11,721	1.64
29	6,568	854.05	5,144	3.89	4,634	0.91
30	8,409	257.13	7,946	0.84	10,088	1.08
ค่าเฉลี่ย	12,478	1,293.63	9,674	1.97	9,578	1.05
% มาตรฐาน			-22		-23	

แบบทดสอบที่ 17 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 17 (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 20 แบบ แบบทดสอบที่ 2, 3.1 และ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 2		แบบ 3.1		แบบ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	23,038	226.77	17,079	12.81	16,766	12.34
2	16,784	518.66	17,171	14.88	15,410	4.13
3	12,612	23.81	10,773	1.16	10,920	1.05
4	20,426	7,916.28	15,685	38.84	15,000	0.88
5	7,351	7,424.30	13,454	1.02	10,758	0.91
6	14,712	81.08	15,656	17.55	14,764	8.88
7	16,376	118.91	13,874	101.92	8,929	10.63
8	19,004	22.89	16,833	2.80	14,622	17.19
9	15,973	93.83	16,286	1.63	15,726	1.45
10	22,111	240.33	15,521	8.38	17,399	1.67
11	17,891	21,627.91	10,280	0.47	13,004	12.70
12	26,448	98.70	26,325	8.89	25,213	1.33
13	20,206	1,271.61	10,907	0.50	10,514	0.31
14	17,039	3,452.16	13,619	4.38	12,278	0.52
15	18,940	1,671.28	11,390	0.53	11,971	0.67
16	18,189	35.59	15,590	0.69	15,531	0.97
17	22,938	2,102.73	21,602	4.19	24,577	9.16
18	12,677	5,192.75	10,097	1.98	11,149	3.00
19	13,059	14,107.09	6,527	1.53	8,215	1.61
20	16,012	1,947.95	16,213	7.61	14,584	5.14
21	15,697	1,195.27	9,215	1.80	10,111	0.88
22	14,145	476.56	11,583	2.44	9,931	0.97
23	17,154	75.38	15,181	1.08	15,378	8.77
24	18,221	2,880.05	10,639	1.42	13,893	5.13
25	21,689	137.41	20,736	10.36	19,547	7.27
26	14,407	170.94	13,397	4.42	13,967	5.56
27	19,117	11,549.05	14,540	3.50	12,369	7.03
28	18,905	13.70	18,461	1.23	18,219	0.75
29	20,051	60.05	22,671	3.36	19,148	11.59
30	19,493	46.50	17,184	2.73	15,621	2.73
ค่าเฉลี่ย	17,689	2,825.98	14,950	8.80	14,517	4.84
% ครอบคลุม			-15		-18	

แบบทดสอบข้อที่ 18 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบแบบสุ่ม (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 5 แห่ง ลูกค้า 8 คน แบบทดสอบ 2, 3.1 และ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 2		แบบ 3.1		แบบ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	2,920	25.16	3,069	1.27	3,069	1.28
2	3,283	31.86	3,283	4.31	3,283	0.20
3	2,676	40.89	2,328	0.48	2,584	0.39
4	2,433	17.44	3,804	0.64	4,102	0.39
5	1,533	68.16	911	0.19	1,563	0.25
6	2,568	62.28	2,568	1.20	2,913	2.86
7	3,305	14.00	3,050	0.92	3,050	0.39
8	4,320	2.45	4,320	1.20	7,429	0.14
9	3,484	11.61	3,417	1.42	2,223	0.17
10	694	2.19	937	0.08	937	0.08
11	2,484	2.78	3,548	0.44	3,548	0.19
12	2,266	2.91	2,775	1.45	3,132	0.61
13	4,979	36.06	4,793	0.25	5,135	0.27
14	5,760	1.97	4,671	0.17	4,671	0.06
15	2,721	2.52	2,721	0.52	2,998	0.06
16	4,101	47.13	3,107	0.59	2,903	0.73
17	1,217	8.22	2,584	0.91	1,292	0.19
18	2,510	1.92	2,552	0.27	2,552	0.16
19	2,730	21.48	1,720	0.36	1,412	0.08
20	452	3.06	402	0.28	187	0.03
21	4,504	15.53	5,564	1.45	4,472	0.11
22	1,190	1.11	1,271	0.64	1,177	0.13
23	1,726	9.83	1,593	0.38	1,706	0.17
24	5,429	104.75	3,729	0.78	3,355	5.36
25	6,339	34.42	5,123	0.23	5,235	0.27
26	2,388	2.45	2,386	0.34	2,386	0.05
27	1,672	27.28	1,510	0.09	2,769	0.25
28	3,221	21.31	3,767	0.30	2,546	0.81
29	2,013	18.94	1,336	2.52	1,336	0.42
30	1,611	10.77	1,670	0.33	1,360	0.16
ค่าเฉลี่ย	2,884	21.68	2,817	0.80	2,844	0.54
%ความผิดพลาด			-2		-1	

แบบทดสอบที่ 19 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 19 (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 5 แห่ง ลูกค้า 10 แบบ แบบที่ 2, 3.1 และ 3.2

ปัญหาที่	แบบที่ 2		แบบที่ 3.1		แบบที่ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	3,616	212.55	4,913	0.28	3,553	6.45
2	2,951	25.00	2,462	0.28	2,462	0.13
3	4,069	6.48	4,814	0.36	4,069	0.14
4	2,994	3.09	4,911	0.42	3,997	0.23
5	5,037	87.78	5,500	0.20	5,700	0.23
6	5,492	71.56	5,457	0.61	3,967	2.23
7	3,902	12.34	4,417	7.00	4,417	6.09
8	3,816	131.81	2,139	0.56	2,158	0.09
9	4,504	157.78	2,186	1.06	3,532	0.27
10	5,277	338.75	2,462	0.53	2,462	0.59
11	3,834	129.23	4,488	0.50	4,392	0.80
12	5,551	7.45	5,098	0.08	5,098	0.09
13	6,726	889.22	8,193	0.77	5,874	4.86
14	3,767	36.66	4,641	2.61	3,839	0.91
15	5,575	220.97	3,151	0.69	3,252	0.41
16	3,826	21.78	3,826	2.97	4,108	0.20
17	7,783	79.31	3,972	2.38	5,109	0.75
18	4,062	8.48	4,438	0.34	4,566	0.23
19	4,752	19.50	2,961	1.23	4,329	0.64
20	4,964	15.36	6,284	2.14	6,648	0.78
21	3,750	375.31	4,786	1.03	4,124	0.53
22	4,396	16.98	3,207	0.52	4,173	0.27
23	2,828	24.48	6,449	3.66	6,449	6.20
24	5,467	12.52	4,839	0.66	5,213	0.31
25	1,765	6.80	2,023	0.48	2,023	0.06
26	5,904	6.02	7,936	0.92	7,397	0.41
27	4,053	1.17	3,898	0.81	3,898	0.77
28	2,462	17.84	2,159	1.30	2,949	0.22
29	1,425	6.38	3,487	1.78	3,487	1.13
30	2,634	33.59	2,085	0.58	2,111	0.47
ค่าเฉลี่ย	4,239	99.21	4,239	1.23	4,179	1.22
% ครอบคลุม			0		-1	

แบบทดสอบที่ 20 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 2, 3.1
(CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 5 แห่ง ลูกค้า 15 แบบทดสอบที่ 2, 3.1
แบบ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 2		แบบ 3.1		แบบ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	10,299	61.06	10,374	1.36	10,572	1.06
2	9,899	4,863.94	5,131	6.84	9,087	27.02
3	13,566	21,808.20	10,819	8.92	8,045	2.17
4	10,113	882.63	11,591	24.13	10,955	56.78
5	10,045	13,381.89	8,161	1.03	7,090	0.77
6	14,270	20.61	15,728	3.48	16,026	17.56
7	11,907	116.47	8,544	34.44	10,600	79.25
8	13,054	20,506.34	9,284	28.89	7,027	1.88
9	15,420	3,949.70	20,023	10.77	16,782	6.28
10	12,213	280.03	14,622	22.02	12,355	84.81
11	12,402	11,806.64	9,912	8.28	9,875	18.09
12	20,148	233.41	21,800	45.13	20,016	15.47
13	11,131	323.73	10,683	95.70	11,194	45.08
14	11,777	1,813.84	10,583	4.58	10,527	7.61
15	11,137	200.41	14,875	353.45	13,232	85.38
16	7,067	192.41	8,103	6.03	10,315	22.30
17	13,027	28,911.13	6,597	2.81	7,695	0.66
18	10,408	5,027.28	7,354	24.38	8,366	13.14
19	11,375	10,963.16	10,898	5.67	12,791	18.56
20	11,537	51.16	9,779	5.58	11,105	40.63
21	9,954	21,726.23	8,259	7.66	7,531	5.95
22	12,426	25,126.91	9,969	3.97	12,052	8.66
23	9,042	6,554.95	5,097	2.86	5,480	2.05
24	11,670	192.77	10,386	11.39	13,670	45.11
25	11,076	5,698.19	8,994	2.94	7,250	0.42
26	12,539	14.77	9,077	4.20	7,633	1.31
27	6,052	545.86	6,332	1.80	5,508	2.19
28	8,312	19,703.22	9,783	9.22	6,845	1.88
29	9,922	20.53	9,131	0.78	9,047	8.97
30	11,568	267.83	11,892	6.42	10,259	3.00
ค่าเฉลี่ย	11,445	6,841.51	10,459	24.82	10,298	20.80
% ครอบคลุม			-9		-10	

21 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 5 คน

ปัญหาที่	3.1		3.2		3.3	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	1,258	7.70	1,258	0.06	1,258	0.08
2	1,864	5.67	3,079	0.03	1,864	0.06
3	1,160	6.33	1,290	0.03	1,160	0.03
4	1,084	7.13	1,084	0.03	1,084	0.03
5	844	5.72	844	0.03	1,235	0.06
6	3,635	5.66	3,637	0.05	3,635	0.03
7	3,582	1.94	3,582	0.06	3,582	0.03
8	1,201	8.53	1,201	0.03	1,201	0.06
9	2,571	5.59	2,571	0.03	2,571	0.06
10	3,460	6.67	3,460	0.06	3,460	0.06
11	624	6.28	624	0.06	624	0.03
12	3,712	7.61	4,350	0.06	4,184	0.03
13	3,584	5.95	3,584	0.03	3,584	0.03
14	3,385	0.72	3,385	0.03	3,385	0.03
15	2,737	2.11	2,957	0.05	2,953	0.05
16	2,423	5.61	2,423	0.02	2,423	0.03
17	795	6.42	795	0.03	795	0.03
18	3,941	10.38	6,269	0.05	3,941	0.05
19	2,926	6.38	2,926	0.06	2,926	0.05
20	1,690	6.80	3,857	0.06	3,277	0.06
21	1,119	6.83	1,135	0.05	1,119	0.02
22	2,315	6.23	3,131	0.05	2,315	0.03
23	1,846	5.67	2,598	0.03	1,846	0.06
24	636	7.55	636	0.03	636	0.03
25	2,334	6.64	2,334	0.02	2,334	0.03
26	1,713	7.86	1,713	0.05	2,883	0.03
27	2,388	5.69	2,670	0.03	2,670	0.02
28	3,624	9.08	3,624	0.05	3,624	0.03
29	838	7.20	2,118	0.05	838	0.02
30	2,447	5.88	3,586	0.03	2,447	0.03
ค่าเฉลี่ย	2,191	6.26	2,557	0.04	2,328	0.04
% ปัญหาที่แก้ได้	17		6			

แบบทดสอบที่ 22 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 3.1
(CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 10 แบบ แบบทดสอบที่ 3.1
แบบ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 3.1		แบบ 3.1		แบบ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	5,733	257.13	7,129	0.14	7,129	0.08
2	4,487	314.41	4,487	0.05	4,487	0.05
3	5,138	228.91	5,138	0.08	5,147	0.08
4	5,213	252.53	5,213	0.06	5,213	0.06
5	5,856	206.02	5,856	0.09	5,856	0.08
6	7,185	398.11	7,185	0.05	7,185	0.06
7	7,136	281.20	7,136	0.08	7,136	0.08
8	7,879	339.14	7,879	0.08	7,879	0.11
9	4,616	326.13	4,616	0.08	4,929	0.03
10	6,218	219.80	6,420	0.06	6,420	0.05
11	6,762	201.00	6,762	0.09	6,762	0.03
12	4,473	305.56	4,473	0.08	4,473	0.05
13	10,668	204.09	10,668	0.08	10,668	0.09
14	6,136	232.64	6,850	0.05	7,422	0.05
15	5,597	353.97	5,597	0.06	5,597	0.06
16	5,006	346.58	5,006	0.06	5,125	0.09
17	5,531	268.88	5,720	0.05	5,531	0.08
18	5,986	258.23	8,414	0.08	8,414	0.05
19	4,517	242.28	4,683	0.06	4,517	0.05
20	4,968	255.23	4,968	0.06	4,968	0.05
21	7,428	330.72	8,435	0.13	8,435	0.06
22	8,580	203.05	8,740	0.05	10,488	0.06
23	4,852	194.81	4,852	0.08	4,852	0.08
24	6,664	496.00	6,664	0.08	6,664	0.14
25	3,570	188.83	4,357	0.06	3,570	0.08
26	8,055	188.55	8,328	0.06	8,209	0.05
27	3,642	238.50	3,642	0.05	3,642	0.05
28	3,312	404.08	5,674	0.06	5,674	0.03
29	3,281	324.48	3,281	0.05	3,281	0.11
30	4,276	204.05	4,276	0.08	4,276	0.03
ค่าเฉลี่ย	5,759	275.50	6,082	0.07	6,132	0.07
% ครอบคลุม			6		6	

แบบทดสอบที่ 23 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 1, 3.1
(CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 15 แบบทดสอบที่ 1, 3.1
แบบ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 1		แบบ 3.1		แบบ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	10,029	3,879.47	11,765	0.27	13,401	0.06
2	13,577	4,623.67	14,468	0.14	12,113	0.14
3	14,218	1,459.55	14,620	0.09	8,645	0.05
4	10,647	2,259.52	11,606	0.06	12,948	0.08
5	9,640	1,607.80	9,640	0.13	16,526	0.23
6	14,599	1,506.92	14,599	0.03	8,811	0.08
7	8,459	2,243.38	8,459	0.08	11,033	0.09
8	12,677	5,335.70	16,867	0.22	11,596	0.05
9	15,334	1,587.45	15,334	0.08	14,912	0.09
10	11,793	2,723.47	11,793	0.08	9,493	0.03
11	11,538	1,723.00	11,538	0.05	10,918	0.06
12	11,177	1,658.11	11,177	0.09	14,362	0.05
13	10,141	1,921.52	10,141	0.09	11,868	0.13
14	12,704	1,687.03	12,704	0.05	5,728	0.11
15	11,819	2,200.14	12,894	0.11	8,601	0.06
16	8,645	2,785.52	9,164	0.22	7,776	0.08
17	12,501	4,634.38	13,308	0.20	9,778	0.19
18	10,062	2,755.41	10,691	0.16	11,774	0.13
19	8,811	1,431.78	15,227	0.06	13,401	0.06
20	11,007	1,818.39	13,599	0.09	12,113	0.14
21	11,158	2,322.56	11,596	0.05	8,645	0.05
22	14,265	1,778.52	14,555	0.09	12,948	0.08
23	9,079	3,707.34	10,619	0.14	16,526	0.23
24	10,918	1,503.91	10,918	0.16	8,811	0.08
25	14,081	2,808.45	15,319	0.08	11,033	0.09
26	10,992	3,494.63	11,868	0.23	11,596	0.05
27	5,728	2,824.64	5,762	0.11	14,912	0.09
28	8,601	1,666.16	8,601	0.14	9,493	0.03
29	7,776	3,889.06	9,497	0.14	10,918	0.06
30	9,613	2,457.92	9,613	0.08	14,362	0.05
ค่าเฉลี่ย	11,053	2,543.18	11,931	0.12	11,868	0.13
% ครอบคลุม	8		7			

ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 30 คน

ปัญหาที่	3.1		3.2		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	19,758	28,804.27	20,729	0.30	21,334	0.64
2	25,733	28,802.88	25,608	0.19	25,608	0.25
3	23,856	28,804.81	26,535	0.30	24,404	0.30
4	25,519	28,803.75	22,945	0.14	22,606	0.17
5	30,145	28,800.15	28,944	0.14	26,842	0.14
6	20,683	28,800.74	19,725	0.17	19,725	0.25
7	20,186	28,800.47	19,996	0.19	17,909	0.13
8	24,553	28,800.52	24,812	0.13	24,748	0.14
9	24,544	24,782.39	24,637	0.11	25,225	0.19
10	25,685	28,799.35	26,104	0.30	27,696	0.14
11	25,898	28,800.36	25,848	0.23	25,848	0.14
12	33,697	28,800.21	33,177	0.23	33,167	0.20
13	19,956	28,801.20	20,287	0.45	20,130	1.08
14	22,823	28,800.64	23,092	0.42	22,823	0.13
15	19,937	28,800.73	20,278	0.25	19,937	0.28
16	17,739	28,800.45	18,246	0.53	17,657	0.09
17	26,074	28,803.90	26,029	0.17	26,029	0.27
18	24,186	28,800.36	24,206	0.23	25,004	0.17
19	22,664	24,474.34	22,822	0.17	22,822	0.13
20	39,681	28,802.38	28,537	0.91	26,054	1.47
21	23,697	28,803.63	21,161	0.17	21,161	0.14
22	22,777	28,804.20	22,687	0.16	22,687	0.14
23	21,414	28,804.50	21,340	0.31	21,713	0.28
24	21,879	28,804.23	21,723	0.33	21,723	0.17
25	18,232	28,805.23	18,232	0.95	20,022	0.19
26	21,160	28,804.94	21,403	0.16	21,680	0.27
27	27,323	28,803.42	27,323	0.34	28,143	0.23
28	24,408	28,804.63	24,537	0.30	24,537	0.42
29	23,172	28,802.62	22,742	0.42	23,166	0.28
30	21,071	28,801.65	19,065	0.53	19,779	0.19
ค่าเฉลี่ย	23,948	28,524.10	23,426	0.31	23,339	0.29
% ครอบคลุม			-2		-3	

แบบทดสอบที่ 25 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 1, 3.1
(CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 50 แบบ แบบทดสอบที่ 1, 3.1
แบบ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 1		แบบ 3.1		แบบ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	45,257	28,801.22	44,795	0.41	39,359	0.53
2	52,652	28,802.63	55,774	2.67	39,527	0.41
3	44,814	28,809.16	44,513	1.23	38,852	0.70
4	41,520	28,800.16	41,417	0.20	33,949	0.28
5	45,702	28,801.26	45,702	0.30	59,618	2.72
6	57,655	28,801.12	42,891	0.50	37,886	0.22
7	47,255	28,803.99	45,048	0.42	50,300	0.39
8	54,034	28,800.76	51,828	3.20	52,133	0.81
9	66,480	28,801.00	55,073	3.73	43,415	0.38
10	41,264	28,802.96	38,660	0.86	52,110	0.38
11	43,582	28,800.87	40,928	0.78	47,859	0.69
12	49,974	28,801.76	43,740	1.44	43,214	0.30
13	58,983	28,801.50	40,725	1.52	42,178	3.70
14	43,199	28,801.18	41,051	1.41	44,863	0.42
15	42,100	28,803.93	39,550	0.20	49,495	0.17
16	48,951	28,804.24	39,282	0.45	46,283	0.47
17	35,208	28,800.97	33,838	0.27	35,128	0.28
18	64,691	28,800.21	60,772	0.23	44,959	0.84
19	38,356	28,800.74	37,777	0.27	39,359	0.53
20	59,252	28,800.47	53,904	0.25	39,527	0.41
21	63,604	28,801.84	52,862	4.45	38,852	0.70
22	45,034	28,804.91	41,701	0.27	33,949	0.28
23	68,723	28,805.02	52,381	0.45	59,618	2.72
24	77,128	28,801.58	52,363	1.48	37,886	0.22
25	44,838	28,800.47	43,214	0.25	50,300	0.39
26	58,000	28,801.69	42,143	1.23	52,133	0.81
27	51,851	28,800.22	50,610	0.66	43,415	0.38
28	49,086	28,800.33	48,146	0.41	52,110	0.38
29	46,715	28,801.07	48,483	0.47	47,859	0.69
30	33,366	28,800.47	35,128	0.42	43,214	0.30
ค่าเฉลี่ย	50,642	28,801.92	45,477	1.01	42,178	3.70
% ครอบคลุม			-10		-11	

แบบทดสอบที่ 26 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 3.1
(CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 2 แห่ง ลูกค้า 100 แบบ แบบทดสอบที่ 3.1
แบบ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 3.1		แบบ 3.1		แบบ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	100,88	28,800.26	105,43	7.30	87,058	0.50
2	106,44	28,804.11	102,74	0.58	95,979	9.83
3	95,002	28,802.79	89,769	0.56	93,097	10.17
4	124,45	28,801.99	89,675	1.13	100,466	0.78
5	90,566	28,800.45	88,185	2.61	105,647	2.02
6	87,998	28,800.51	88,718	0.73	93,371	0.55
7	105,45	28,803.99	98,840	0.67	90,055	2.06
8	101,22	28,802.99	86,518	0.77	86,139	0.84
9	116,99	28,803.90	89,023	0.72	77,271	0.91
10	90,061	28,800.35	87,841	0.48	103,364	1.92
11	151,44	28,801.87	95,842	0.69	95,659	0.67
12	104,35	28,803.87	107,78	1.02	88,507	0.66
13	97,703	28,800.36	87,228	0.50	95,091	0.45
14	117,03	28,801.87	96,048	1.69	83,977	0.39
15	100,56	28,800.45	88,098	4.31	98,290	5.19
16	101,30	28,800.87	101,13	0.59	82,955	0.91
17	110,10	28,800.21	109,31	1.78	88,572	0.53
18	102,35	28,804.36	94,461	1.14	94,669	0.81
19	112,70	28,801.79	88,853	0.67	92,377	1.71
20	132,86	28,801.90	86,139	0.59	87,058	0.50
21	93,783	28,800.44	79,239	0.75	95,979	9.83
22	110,06	28,801.43	102,59	4.63	93,097	10.17
23	105,08	28,803.90	105,42	0.67	100,466	0.78
24	102,52	28,801.35	88,402	0.63	105,647	2.02
25	106,20	28,800.34	101,72	0.45	93,371	0.55
26	89,139	28,801.24	83,977	0.84	90,055	2.06
27	143,63	28,802.24	100,82	0.53	86,139	0.84
28	80,433	28,807.45	82,955	0.64	77,271	0.91
29	115,36	28,802.29	88,494	3.02	103,364	1.92
30	94,939	28,804.81	93,319	0.78	95,659	0.67
ค่าเฉลี่ย	106,35	28,802.15	93,620	1.38	88,507	0.66
% ครอบคลุม			-12		-13	

แบบทดสอบที่ 27 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) แบบทดสอบที่ 3.1
(CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโหนด 3 แห่ง ลูกค้านำ 5 แบบ แบบทดสอบที่ 1, 3.1
แบบ 3.2

ปัญหาที่	แบบ 1		แบบ 3.1		แบบ 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	994	35.30	1,053	0.11	86	0.03
2	381	24.33	381	0.06	445	0.03
3	632	104.75	632	0.09	2,613	0.06
4	478	69.72	478	0.06	1,709	0.03
5	772	31.05	804	0.03	293	0.02
6	1,431	35.03	1,523	0.06	2,310	0.05
7	575	41.02	575	0.06	2,098	0.08
8	482	29.64	482	0.05	1,694	0.09
9	1,110	35.77	1,110	0.11	2,275	0.06
10	1,946	6.22	1,946	0.08	1,174	0.03
11	186	24.78	366	0.09	580	0.02
12	3,234	80.81	3,234	0.03	724	0.05
13	86	4.64	86	0.05	550	0.02
14	425	39.55	425	0.09	1,233	0.03
15	2,613	59.81	2,613	0.06	987	0.03
16	1,110	16.13	1,709	0.02	1,920	0.06
17	293	38.27	293	0.02	448	0.03
18	2,310	10.63	2,755	0.06	1,607	0.03
19	2,098	2.41	2,684	0.09	86	0.03
20	1,694	36.31	1,694	0.05	445	0.03
21	2,275	21.53	2,275	0.02	2,613	0.06
22	1,174	38.19	1,174	0.03	1,709	0.03
23	580	15.95	580	0.05	293	0.02
24	426	62.84	426	0.05	2,310	0.05
25	550	31.33	550	0.03	2,098	0.08
26	1,233	9.77	1,233	0.08	1,694	0.09
27	987	16.75	987	0.05	2,275	0.06
28	1,920	29.03	1,920	0.08	1,174	0.03
29	448	7.20	448	0.05	580	0.02
30	1,607	5.88	2,199	0.06	724	0.05
ค่าเฉลี่ย	1,135	32.15	1,221	0.06	550	0.02
% ข้อผิดพลาด			8		3	

ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 10 ราย, 3.1
3.2

ปัญหาที่	3.1		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	4,281	28,800.36	5,238	0.38	4,573	0.11
2	4,463	10,066.80	4,856	0.08	5,034	0.25
3	4,931	28,800.30	5,145	0.38	4,662	0.09
4	4,086	28,800.09	4,483	0.14	6,173	0.08
5	4,366	28,070.83	4,573	0.16	5,367	0.06
6	5,342	28,800.09	7,488	0.11	3,158	0.08
7	4,662	21,493.78	6,421	0.14	4,603	0.19
8	5,378	12,310.78	5,711	0.08	6,876	0.08
9	4,405	22,452.41	5,336	0.27	8,535	0.47
10	3,072	27,474.89	5,294	0.09	4,803	0.08
11	4,603	28,804.84	4,603	0.17	4,083	0.13
12	6,876	1,296.27	7,993	0.06	4,219	0.23
13	7,484	27,065.92	8,535	0.14	4,471	0.11
14	4,644	26,750.45	4,857	0.23	4,375	0.19
15	4,083	17,720.92	4,083	0.13	2,510	0.13
16	3,633	28,800.25	3,966	0.09	4,908	0.13
17	4,223	25,915.73	4,292	0.16	4,878	0.08
18	4,642	28,800.27	5,729	0.39	13,219	0.11
19	2,510	21,789.27	2,510	0.06	6,698	0.09
20	3,774	28,800.20	4,908	0.13	6,640	0.23
21	4,878	18,566.22	4,878	0.08	3,611	0.13
22	13,192	3,066.22	13,192	0.13	7,010	0.14
23	6,100	14,454.56	7,533	0.19	6,765	0.03
24	5,300	22,993.28	5,987	0.11	4,547	0.14
25	3,326	16,554.39	3,812	0.05	6,739	0.03
26	5,557	28,800.64	5,208	0.13	4,517	0.16
27	6,765	121.77	6,765	0.08	5,479	0.15
28	4,547	5,561.52	4,912	0.14	4,573	0.11
29	6,739	1.14	6,739	0.05	5,034	0.25
30	4,177	28,800.36	3,377	0.17	4,662	0.09
ค่าเฉลี่ย	5,068	20,391.15	5,614	0.15	6,173	0.08
% ครอบคลุม			11		8	

ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) ปัญหาที่มีโรงงาน 3 แห่ง ลูกค้า 20 ค่า 1, 3.1
3.2

ปัญหาที่	3.1		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	13,353	28,875.58	15,779	0.55	19,111	2.23
2	9,418	28,877.09	7,865	0.64	17,190	1.47
3	15,296	28,814.45	15,406	0.14	11,837	0.22
4	16,348	28,830.47	17,986	1.30	17,939	0.27
5	14,504	28,833.44	12,508	0.55	9,611	0.19
6	17,082	28,824.45	18,662	1.14	10,996	0.38
7	14,564	28,840.47	10,031	4.44	13,768	0.69
8	12,621	28,821.46	11,439	1.14	12,426	1.30
9	13,769	28,818.47	12,405	1.44	10,754	1.45
10	21,333	28,828.95	21,435	1.97	14,172	0.59
11	19,963	28,837.95	16,238	3.20	16,677	3.39
12	21,808	28,844.75	23,849	2.38	15,795	0.48
13	22,732	28,821.05	13,425	0.31	9,499	0.63
14	18,719	28,841.43	17,786	1.05	20,224	0.22
15	19,553	28,817.84	17,007	0.64	9,726	0.27
16	11,697	28,833.96	11,379	0.23	18,076	1.33
17	17,198	28,869.86	18,372	0.20	12,719	0.52
18	10,484	28,826.76	9,064	0.19	14,684	0.92
19	16,113	28,828.63	11,611	0.72	19,111	2.23
20	16,808	28,821.65	14,472	1.64	17,190	1.47
21	15,841	28,811.53	12,994	0.36	11,837	0.22
22	17,926	28,842.64	11,775	1.92	17,939	0.27
23	14,844	28,835.95	14,640	0.27	9,611	0.19
24	17,370	28,831.88	15,216	1.27	10,996	0.38
25	17,250	28,857.43	14,909	2.06	13,768	0.69
26	19,873	28,841.85	8,935	0.48	12,426	1.30
27	21,374	28,832.53	19,903	0.73	10,754	1.45
28	9,383	28,830.53	8,574	0.22	14,172	0.59
29	18,542	28,832.88	19,487	3.48	16,677	3.39
30	18,324	28,865.53	14,636	0.75	15,795	0.48
ค่าเฉลี่ย	16,470	28,836.38	14,593	1.18	9,499	0.63
%			-11		-11	

31 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 8
 (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 8
 3.1
 3.2

ปัญหาที่	3.1		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	5,571	7,049.23	6,183	0.22	2,575	0.11
2	3,297	28,802.50	4,150	0.30	3,515	0.06
3	6,483	70.36	6,483	0.08	4,354	0.19
4	3,851	28,802.92	3,153	0.19	4,566	0.16
5	3,483	28,800.23	3,002	0.13	1,224	0.06
6	8,336	28,801.00	8,193	0.42	4,260	0.33
7	6,946	28,800.19	7,533	1.61	866	0.14
8	4,145	28,800.42	4,644	0.20	9,272	0.08
9	4,516	28,800.97	3,024	0.13	1,465	0.06
10	758	28,800.11	1,014	0.09	3,098	0.09
11	2,312	1,957.14	2,312	0.19	6,153	0.09
12	3,282	5,005.80	3,282	0.41	7,769	0.13
13	4,549	28,800.91	4,493	0.09	2,927	0.34
14	2,905	28,800.31	2,157	0.20	3,713	0.08
15	2,792	28,800.16	2,792	0.20	5,055	0.19
16	5,224	28,800.91	4,354	0.14	3,375	0.16
17	3,100	7,644.00	4,566	0.14	1,370	0.06
18	1,224	28,800.09	1,224	0.16	4,228	0.19
19	4,309	28,800.83	6,710	0.52	2,330	0.13
20	866	8,446.33	1,234	0.11	834	0.05
21	8,723	873.45	8,723	0.08	2,575	0.11
22	1,798	28,800.20	1,465	0.05	3,515	0.06
23	3,098	28,800.14	5,421	0.27	4,354	0.19
24	3,898	28,800.19	7,654	1.31	4,566	0.16
25	7,751	67.91	7,751	0.08	1,224	0.06
26	3,542	28,800.52	2,927	0.08	4,260	0.33
27	3,359	28,800.08	4,920	0.09	866	0.14
28	5,355	28,800.59	5,055	0.16	9,272	0.08
29	3,161	14,301.28	3,375	0.14	1,465	0.06
30	1,370	28,800.28	1,274	0.08	3,098	0.09
ค่าเฉลี่ย	4,000	21,674.30	4,302	0.26	6,153	0.09
%			8			6

32 ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) (CPU Time) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 4 แห่ง ลูกค้า 10 (3.1, 3.2)

ปัญหาที่	3.1		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	2,745	28,813.48	4,848	0.75	7,209	0.44
2	4,601	28,800.56	4,339	0.19	4,766	0.25
3	4,234	28,804.23	4,684	0.66	2,959	0.09
4	2,326	28,807.23	3,637	0.11	4,159	0.42
5	5,346	28,804.86	7,750	0.41	8,320	0.42
6	6,018	28,804.42	6,477	0.20	3,465	0.11
7	7,576	28,808.84	8,756	0.39	4,914	0.28
8	3,862	28,805.66	4,353	0.19	5,525	0.23
9	3,883	28,817.34	4,357	0.20	3,786	0.14
10	6,525	28,812.50	7,021	0.94	6,548	0.36
11	7,733	28,805.52	3,682	0.16	5,477	0.75
12	4,504	28,801.52	3,901	0.17	3,167	0.31
13	7,850	28,804.78	6,828	0.20	5,874	0.72
14	5,838	28,803.05	6,654	0.36	6,469	0.11
15	5,259	28,811.70	5,121	0.33	2,818	0.22
16	3,357	28,811.22	2,844	0.14	2,668	0.11
17	4,872	28,807.44	6,146	0.36	2,942	0.39
18	8,320	25,004.25	8,320	0.17	5,026	0.43
19	4,068	28,805.33	5,084	0.61	7,209	0.44
20	2,816	28,804.52	6,750	0.72	4,766	0.25
21	5,603	28,813.05	8,021	1.05	2,959	0.09
22	4,491	28,804.66	4,759	0.16	4,159	0.42
23	2,885	28,805.63	3,921	0.31	8,320	0.42
24	6,201	28,810.33	5,779	0.25	3,465	0.11
25	3,729	28,801.73	3,167	1.16	4,914	0.28
26	6,346	28,805.34	4,769	0.45	5,525	0.23
27	6,469	599.98	6,469	0.09	3,786	0.14
28	4,877	28,812.03	2,818	0.83	6,548	0.36
29	2,563	28,807.53	3,121	0.39	5,477	0.75
30	3,450	28,805.02	3,219	0.53	3,167	0.31
ค่าเฉลี่ย	4,945	27,740.13	5,253	0.42	5,874	0.72
% ครอบคลุม	6		2			

ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหา 4 แห่ง ลูกค้าน้ำ 15, 3.1 และ 3.2

ปัญหาที่	ลูกค้า 1		ลูกค้า 3.1		ลูกค้า 3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	12,673	28,834.75	7,219	7.28	10,319	0.64
2	11,576	28,832.75	6,320	0.78	5,316	0.14
3	24,578	28,826.84	9,523	2.06	6,905	2.55
4	11,029	28,832.86	10,192	2.72	10,506	4.67
5	10,754	28,821.88	9,020	0.19	9,539	1.00
6	14,883	28,822.99	12,865	1.00	7,337	0.45
7	17,855	28,823.99	7,921	2.95	8,324	3.05
8	14,741	28,822.64	17,643	2.06	6,970	0.17
9	24,033	28,831.87	13,004	2.88	7,670	0.95
10	14,248	28,835.33	14,416	0.22	7,945	0.31
11	13,796	28,821.84	11,945	0.72	16,429	0.22
12	20,145	28,819.46	12,873	2.19	19,658	0.31
13	13,639	28,828.32	7,004	0.77	4,319	0.19
14	11,779	28,826.37	11,326	1.02	4,855	0.72
15	21,191	28,823.01	5,497	0.88	11,721	1.64
16	13,355	28,823.64	6,460	0.30	4,634	0.91
17	10,409	28,824.35	10,162	1.83	10,088	1.08
18	17,391	28,824.42	9,125	6.47	9,578	1.05
19	16,537	28,821.63	6,463	2.03	10,319	0.64
20	11,367	28,821.74	8,167	0.44	5,316	0.14
21	9,306	28,821.65	6,638	0.38	6,905	2.55
22	19,294	28,824.65	9,637	0.50	10,506	4.67
23	9,368	28,828.63	9,505	5.00	9,539	1.00
24	14,290	28,825.79	15,829	3.52	7,337	0.45
25	15,964	28,825.86	16,918	0.59	8,324	3.05
26	10,460	28,812.64	4,910	0.25	6,970	0.17
27	4,378	28,821.87	3,911	1.38	7,670	0.95
28	11,536	28,831.42	12,636	3.95	7,945	0.31
29	6,645	28,821.74	5,144	3.89	16,429	0.22
30	13,700	28,823.85	7,946	0.84	19,658	0.31
ค่าเฉลี่ย	14,031	28,825.29	9,674	1.97	4,319	0.19
% ครอบคลุม			-31		-32	

ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 5 แห่ง ลูกค้า 8 คน

3.1

3.2

ปัญหาที่	3.1		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	2,845	28,803.98	3,069	1.27	3,069	1.28
2	3,094	28,816.05	3,283	4.31	3,283	0.20
3	2,215	28,815.30	2,328	0.48	2,584	0.39
4	2,439	28,803.06	3,804	0.64	4,102	0.39
5	1,432	28,817.95	911	0.19	1,563	0.25
6	8,197	28,802.68	2,568	1.20	2,913	2.86
7	6,056	28,801.75	3,050	0.92	3,050	0.39
8	5,481	28,800.37	4,320	1.20	7,429	0.14
9	1,944	28,811.25	3,417	1.42	2,223	0.17
10	937	28,800.36	937	0.08	937	0.08
11	3,548	28,800.37	3,548	0.44	3,548	0.19
12	5,389	28,804.28	2,775	1.45	3,132	0.61
13	6,813	28,800.73	4,793	0.25	5,135	0.27
14	4,671	28,804.30	4,671	0.17	4,671	0.06
15	3,030	28,804.92	2,721	0.52	2,998	0.06
16	2,923	28,800.97	3,107	0.59	2,903	0.73
17	2,951	28,800.46	2,584	0.91	1,292	0.19
18	3,690	28,813.60	2,552	0.27	2,552	0.16
19	3,770	28,812.36	1,720	0.36	1,412	0.08
20	1,948	28,801.25	402	0.28	187	0.03
21	5,052	28,802.36	5,564	1.45	4,472	0.11
22	1,181	28,800.86	1,271	0.64	1,177	0.13
23	2,988	28,813.65	1,593	0.38	1,706	0.17
24	4,626	28,800.42	3,729	0.78	3,355	5.36
25	6,397	28,800.43	5,123	0.23	5,235	0.27
26	2,386	28,800.97	2,386	0.34	2,386	0.05
27	3,050	28,811.46	1,510	0.09	2,769	0.25
28	1,717	28,801.84	3,767	0.30	2,546	0.81
29	5,113	28,801.55	1,336	2.52	1,336	0.42
30	1,599	28,811.45	1,670	0.33	1,360	0.16
ค่าเฉลี่ย	3,583	28,805.37	2,817	0.80	2,844	0.54
% ลดลง			-21		-21	

ค่าเป้าหมายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (OFV) สำหรับปัญหาที่มีโรงงาน 5 แห่ง ลูกค้า 10 คู่ (CPU Time) 3.1
3.2

ปัญหาที่	3.1		3.1		3.2	
	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)	OFV	CPU Time (วินาที)
1	4,060	28,815.25	4,913	0.28	4,392	0.80
2	4,764	28,814.56	2,462	0.28	5,098	0.09
3	4,069	28,809.36	4,814	0.36	5,874	4.86
4	2,764	28,810.69	4,911	0.42	3,839	0.91
5	4,917	28,812.35	5,500	0.20	3,252	0.41
6	6,617	28,811.31	5,457	0.61	4,108	0.20
7	10,745	28,810.28	4,417	7.00	5,109	0.75
8	4,935	28,814.75	2,139	0.56	4,566	0.23
9	9,098	28,815.38	2,186	1.06	4,329	0.64
10	4,654	28,816.05	2,462	0.53	6,648	0.78
11	7,149	28,813.30	4,488	0.50	4,124	0.53
12	7,854	28,813.98	5,098	0.08	4,173	0.27
13	13,742	28,807.84	8,193	0.77	6,449	6.20
14	7,898	28,812.74	4,641	2.61	5,213	0.31
15	5,502	28,814.74	3,151	0.69	2,023	0.06
16	4,776	28,804.77	3,826	2.97	7,397	0.41
17	6,489	28,811.89	3,972	2.38	3,898	0.77
18	4,566	28,805.74	4,438	0.34	2,949	0.22
19	5,452	28,811.85	2,961	1.23	3,487	1.13
20	6,086	28,806.84	6,284	2.14	2,111	0.47
21	11,855	28,816.98	4,786	1.03	4,179	1.22
22	6,968	28,814.98	3,207	0.52	4,392	0.80
23	7,537	28,816.68	6,449	3.66	5,098	0.09
24	9,234	28,815.79	4,839	0.66	5,874	4.86
25	5,605	28,817.87	2,023	0.48	3,839	0.91
26	9,128	28,808.73	7,936	0.92	3,252	0.41
27	3,898	28,817.98	3,898	0.81	4,108	0.20
28	8,847	28,818.74	2,159	1.30	5,109	0.75
29	8,147	28,810.87	3,487	1.78	4,566	0.23
30	2,881	28,814.76	2,085	0.58	4,329	0.64
ค่าเฉลี่ย	6,675	28,812.90	4,239	1.23	6,648	0.78
% 3.1			-36		-37	

แบบฟอร์มการขอทุนการศึกษา

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวชญาณี เล้าสุขสุวรรณ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	26 ตุลาคม 2528
เลขที่บัตรประชาชน	๐๐๐๐๐๐๐
เลขที่บัตรประจำตัวประชาชน	๐๐.๐. (๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ๐๐๐๐๐๐๐๐เกษตรศาสตร์ (๐.๐.2551)