# บทที่ 2

## วารสารปริทัศน์

ปัญหาการจัดวางเส้นทาง (Routing Problem) เป็นปัญหาของการจัดการตอบสนองความต้องการที่จุดต่างๆ ในโครงข่ายคมนาคม (Transportation Network) โดยใช้การเดินทางโดยรถยนต์ ปัญหาประเภทนี้จะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. จำนวนลูกค้าที่อยู่ที่ตำแหน่งต่างๆ มีความต้องการสินค้าจำนวนแน่นอนที่จะถูกส่งมาจากแห่งหนึ่ง

2. รถยนต์หนึ่งคันไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้ทุกๆ จุดเพราะมีขอบเขตของความสามารถในการบรรทุก และ ระยะเวลา

3. วัตถุประสงค์ของปัญหา ก็เพื่อต้องการหาจำนวนรถ และ การวางเส้นทางของรถยนต์เหล่านั้นที่ใช้ในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าตามจุดต่างๆ มีระยะทางทั้งหมดน้อยที่สุด

ในบางครั้งปัญหาอาจจะเปลี่ยนรูปแบบจากการส่งสินค้าไปตามที่ต่างๆ เป็นการรับลูกค้าหรือสินค้าจากที่ต่างๆดังเช่นในกรณีของปัญหารถโรงเรียน (School Bus Problem) หรือปัญหาการเก็บขยะมูลฝอย (Garbage Collection Problem)

ในอดีตที่ผ่านมาได้มีบทความเกี่ยวกับปัญหาการจัดวางเส้นทางจำนวนมากมายได้ถูกตีพิมพ์ ดังเช่น Clarke และ Wright (1964) ได้เสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด ของกลุ่มรถที่มีความสามารถในการบรรจุต่างๆ กัน จากสำนักงานกลางไปยังจุดรับบริการจำนวนมากเพื่อให้ได้ระยะทางทั้งหมดสั้นที่สุด วิธีการที่ใช้เป็นวิธีการง่ายๆแต่มีประสิทธิภาพในการให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด Bodin และ Kursh (1978) ได้เสนอให้ใช้วิธีการของปัญหาการจัดวางเส้นทางในการแก้ปัญหาการจัดวางเส้นทางกวาดถนน Russell (1977) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติค ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อของ MTOUR วิธีนี้สามารถให้คำตอบที่ดีมากแก่ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย M คน ที่มีเมตริกซ์ระยะทางแบบสมมาตรทำให้ได้เส้นทางการเดินทาง M เส้นทาง ที่จะให้ระยะทางทั้งหมดสั้นที่สุด ทำให้สามารถนิยามได้ว่าปัญหาการจัดวางเส้นทาง ก็คือ ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย M คน ที่มีขอบเขตเป็นความสามารถในการบรรทุก ระยะทาง หรือ ระยะเวลาที่จำกัด

วิธีการสำหรับแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย สามารถแบ่งได้หลายแบบ ตัวอย่าง เช่น

1. แบ่งตามประเภทของคำตอบที่ได้ : คำตอบของปัญหาการเดินทางของพนักงานขายสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท

1.1 คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution)

1.2 คำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมที่สุด (Near Optimal Solution)

วิธีการบางอย่างสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ ตัวอย่างเช่น วิธีการของ Miller , Tucker และ Zemlin (1960 , อ้างถึงใน Bodin,1982) , Little (1963) ความยากลำบากในการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดคือ ความต้องการหน่วยความจำขนาดใหญ่ และใช้เวลาในการคำนวณมาก ดังนั้นขนาดของปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้ โดยวิธีการเหล่านี้จึงมีขนาดจำกัด

วิธีการแบบอื่นๆ สามารถหาคำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมที่สุด และสามารถใช้ได้กับปัญหาขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่นวิธีการของ Lin (1966,อ้างถึงใน Bodin,1982) และ Webb (1972,อ้างถึงใน Bodin,1982)

2. แบ่งตามชนิดของปัญหา

โดยจะใช้ประเภทของเมตริกซ์ระยะทางเป็นเกณฑ์ตัดสินใจ ในการแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 วิธีการสำหรับแก้ปัญหาที่มีเมตริกซ์ระยะทางแบบสมมาตร(Symmetrical Problems) ได้เพียงอย่างเดียว

2.2 วิธีการสำหรับแก้ปัญหาทั้งที่มีเมตริกซ์ระยะทาง แบบสมมาตร และ ไม่สมมาตร (Asymmetric Distance Matrix)

ตัวอย่างของประเภทที่ 1 ได้แก่ วิธีการของ Lin (1965) Dantzig และ Ramser (1959) Christofines และ Eilon (1972) ส่วนตัวอย่างของประเภทที่ 2 คือ วิธีการของ Little (1963) , Gupta (1978) และ Shapiro (1966)

3. แบบตามประเภทของหลักการที่ใช้ในวิธีการแก้ปัญหา

3.1 การโปรแกรมแบบไดนามิก (Dynamic Programming)

เป็นวิธีการที่ถูกพัฒนา โดย Bellman Gonzales Zubieta (1962, อ้างอิงถึงโดย Bodin,1982) แต่ Held และ Karp (1962 , อ้างอิงถึงโดย Bodin,1982) ได้กล่าวถึงวิธีการนี้ว่า ถึงแม้จะสามารถให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ แต่วิธีนี้สามารถประยุกต์ใช้แก้ปัญหาขนาด 13 เมืองได้เท่านั้น ไม่สามารถใช้แก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านหน่วยความจำ และเวลาที่ใช้ในการคำนวณ

3.2 การโปรมแกรมแบบเลขจำนวนเต็ม (Integer Programming)

วิธีนี้สามารถใช้หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ในปัญหาขนาดเล็ก ถึงแม้ว่า Dantzig , Fulkerson และ Johnson (1954) ได้เสนอวิธีการที่ใช้หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาที่มีขนาด 42 เมืองได้ แต่ก็ใช้ได้กับปัญหาที่มีเมตริกซ์ระยะทางแบบสมมาตรเท่านั้น

3.3 เทคนิคการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตของตัวแปร (Branch and Bound Techniquc)

วิธีการนี้ทั้งสามารถใช้หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ และหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ ถ้าต้องการใช้เวลาในการคำนวณน้อย Little (1963) ได้ใช้หลักการลดค่าเมตริกซ์ (Method Of Matrix Reduction) ในการคำนวณหาขอบเขต

(Bound) และใช้เมตริกซ์ที่ถูกลดค่าในการแตกกิ่งของเส้นทางเดินจาก 1 เซตย่อยไปเป็น 2 เซตย่อย โดยวิธีนี้สามารถรับรองได้ว่าเส้นทางเดินที่ได้เป็นเส้นทางเดินที่เหมาะสมที่สุด

3.4 ขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติค (Heuristic Algorithm)

ขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติค มีวิธีการแบบต่างๆ มากมายสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (Bodin , 1982) คือ

3.4.1 วิธีการสร้างทัวร์ (Tour Construction Procedures) เป็นวิธีการสร้างทัวร์ที่เหมาะสมที่สุดอย่างคร่าวๆ จากเมตริกซ์ระยะทาง

3.4.1.1 Nearest Neighbor Procedure โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดจุดเริ่มต้นของเส้นทาง
2. ค้นหาจุดที่อยู่ใกล้จุดสุดท้ายของเส้นทางมากที่สุด เพิ่มจุดนี้เข้าไปในเส้นทาง
3. ทำซ้ำข้อ 2 จนจุดทุกจุดอยู่ในเส้นทาง จากนั้นก็ลากเส้นจากจุดสุดท้ายไปยังจุดเริ่มต้น

โดยความยาวของทัวร์ ที่ได้จากวิธีนี้ ต่อความยาวของทัวร์ที่เหมาะสมที่สุด จะมีค่าน้อยกว่า 1/2 [lg(n)] + 1/2

$$\frac{\text{Length of nearest neighbor tour}}{\text{Length of optimal tour}} \leq \frac{1}{2}[\lg(n)] + \frac{1}{2}$$

โดย lg = ลอการิธึมฐาน 2

[X] = เลขจำนวนเต็มที่น้อยที่สุดที่มากกว่าหรือเท่ากับ X

n = จำนวนจุดในโครงข่าย

3.4.1.2 Nearest Insertion Procedures (Rosenkrantz , Sterns และ Lewis ,1965 , อ้างอิงถึงใน Bodin , 1982) มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. สร้างกราฟส่วนย่อย (Subgraph) ที่ประกอบด้วยจุด i เพียงจุดเดียว
2. ค้นหาจุด k ที่มีค่า $C_{ik}$ น้อยที่สุด จากนั้นก็สร้างเส้นทางย่อย (Subtour) i - k - i
3. เลือกจุด p ที่ไม่ได้อยู่ในเส้นทางย่อย และอยู่ใกล้กับจุดที่อยู่ในเส้นทางย่อยมากที่สุด
4. ค้นหาเส้นเชื่อม (i,j) ในเส้นทางย่อยซึ่งมีค่า $C_{ip} + C_{pj} = C_{ij}$ น้อยที่สุด แล้วแทรก p อยู่ระหว่าง i และ j
5. ทำข้อที่ 3 ซ้ำ จนกว่าจุดทุกจุดจะอยู่ในเส้น

ทาง

โดยความยาวของทัวร์ ที่ได้จากวิธีนี้ ต่อความยาวของทัวร์ที่เหมาะสมที่สุด จะมีค่าน้อยกว่า หรือเท่ากับ 2

$$\frac{\text{Length of nearest insertion tour}}{\text{Length of optimal tour}} \leq 2$$

3.4.1.3 Clark and Wright Saving (Clark และ Wright , 1964 อ้างอิงถึงใน Bodin , 1982) มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. เลือกจุดเริ่มต้นขึ้นมา 1 จุด ให้เป็นจุดที่ 1
2. คำนวนค่า $S_{ij} = C_{1i} + C_{1j} - C_{ij}$ สำหรับ i,j = 2,3,.....,n
3. เรียงลำดับค่า $S_{ij}$ จากมากไปหาน้อย
4. สร้างเส้นทางย่อยโดยเชื่อมจุด i และ j ที่มีค่า $S_{ij}$ มากที่สุด
5. ทำซ้ำจนทัวร์ถูกสร้างเสร็จ

3.4.1.4 Transformation to A Pure Traveling Salesman Problem Mode (Lin และ Kernighan , 1973) เป็นการเปลี่ยนรูปแบบไปสู่รูปแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย M คน ซึ่งจากเดิมเป็นปัญหาแบบการเดินทางของพนักงานขาย 1 คน ที่ประกอบไปด้วย

- N เมือง ที่พนักงานขาย M คน ต้องผ่าน
- การเดินทางเริ่มต้นที่สำนักงาน
- ระยะทางระหว่างเมือง i และ j เป็น $D_{ij}$ โดย i และ j มีค่า 1 ถึง N และ $D_{ii} = \alpha$

ขั้นตอนการแปรรูปไปสู่ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย 1 คน มีดังนี้

1. สำนักงาน (*) จะถูกแทนที่โดยพนักงาน M คน (N+1 , N+2 ,....., N+M) และกำหนดค่า $D_{ij}$ ดังต่อไปนี้

$D_{i,N+1} = D_{i*}$ สำหรับ $1 \leq l \leq M$

$D_{N+k,j} = D_{*j}$ สำหรับ $1 \leq k \leq M$

$D_{N+k,N+1} = \alpha$ สำหรับ $1 \leq k,l \leq M$

ดังนั้น เมตริกซ์ระยะทางจะเปลี่ยนจากรูปที่ 2.1 ไปเป็นดังในรูปที่ 2.2

| | 1 ..... i ..... N | N+1 |
|---|---|---|
| 1 | $\alpha$ ..... $d_{i1}$ ..... $d_{iN}$ | $d_{i*}$ |
| . | . . . | . |
| . | . . . | . |
| i | $d_{i1}$ ..... $\alpha$ ..... $d_{iN}$ | $d_{i*}$ |
| . | . . . | . |
| . | . . . | . |
| N | $d_{N1}$ ..... $d_{Ni}$ ..... $\alpha$ | $d_{N*}$ |
| N+1 | $d_{*1}$ ..... $d_{*i}$ ..... $d_{*N}$ | $\alpha$ |

รูปที่ 2.1 เมตริกซ์ระยะทางเดิมของปัญหา

| | 1 ..... i ..... N | N+1 ..... N+M |
|---|---|---|
| 1 | $\alpha$ ..... $d_{i1}$ ..... $d_{iN}$ | $d_{i*}$ ..... $d_{i*}$ |
| . | . . . | . . |
| . | . . . | . . |
| i | $d_{i1}$ ..... $\alpha$ ..... $d_{iN}$ | $d_{i*}$ ..... $d_{i*}$ |
| . | . . . | . . |
| . | . . . | . . |
| N | $d_{N1}$ ..... $d_{Ni}$ ..... $\alpha$ | $d_{N*}$ ..... $d_{N*}$ |
| N+1 | $d_{*1}$ ..... $d_{*i}$ ..... $d_{*N}$ | $\alpha$ ..... $\alpha$ |
| . | . . . | . . |
| . | . . . | . . |
| N+M | $d_{*1}$ ..... $d_{*i}$ ..... $d_{*N}$ | $\alpha$ ..... $\alpha$ |

รูปที่ 2.2 เมตริกซ์ระยะทางที่เปลี่ยน

2. ปัญหา และเมตริกซ์ระยะทางที่ถูกแปรรูปมาสามารถแก้ได้ โดยใช้วิธีการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย 1 คน ผลลัพธ์ที่ได้ของปัญหาจะอยู่ในลักษณะที่คล้ายกับใบไม้ดังแสดงในรูปที่ 2.3

แต่วิธีนี้ก็มีข้อบกพร่องดังต่อไปนี้

1. เป็นไปไม่ได้ที่จะได้คำตอบ ซึ่งให้ค่าระยะทางที่น้อยที่สุด หรือมากที่สุด

2. เส้นทางเดินรถทั้ง 4 เส้นทาง จะมีระยะทางไม่เท่ากัน ทำให้เกิดปัญหาด้านการจัดสรรงานไม่เท่ากัน

3. ในการใช้แก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ คำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่แท้จริง (Exact Solution) เท่านั้น

3.4.1.5 The Sweep Approach (Gillett และ Miller , 1974) วิธีนี้เป็นเทคนิคการหาคำตอบแบบฮิวริสติค โดยจำนวนเส้นทางจะถูกกำหนดโดยความสามารถในการบรรทุกของรถ

กำหนดให้ " * " หมายถึง สำนักงาน และ หมายเลข 1,2, 3,.....,N เป็นเมืองที่จะต้องผ่าน C เป็นน้ำหนักที่มากที่สุดที่รถสามารถบรรทุกได้ และ T เป็นเวลาในการเดินทางที่นานที่สุดที่พนักงานทำได้

ดังนั้นคำตอบที่ต้องการคือ เส้นทางเดินรถที่สามารถตอบสนองข้อจำกัดในด้านน้ำหนักที่จะต้องไม่เกิน C และใช้เวลาไม่เกิน T ในการเดินทาง

โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. จากรูปที่ 2.4 เริ่มต้นที่จุด A

2. หมุนแขน AB ทวนเข็มนาฬิกาไปจนได้น้ำหนักครบ C

3. ใช้ปัญหาการเดินทางของพนักขาย 1 ค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

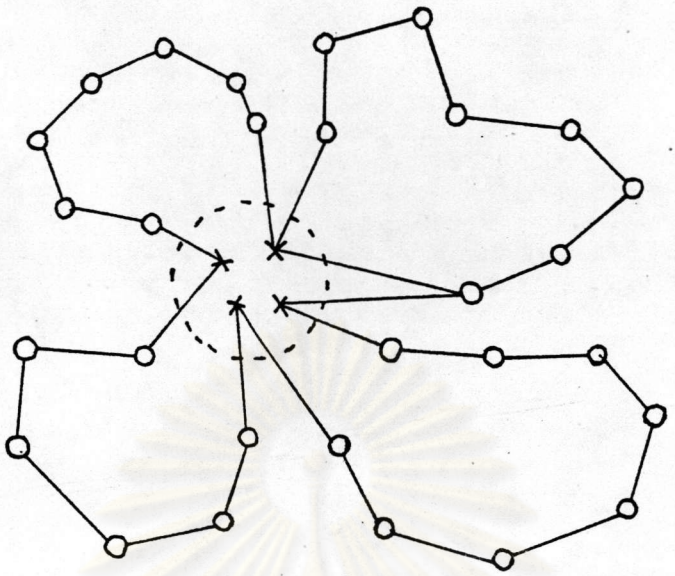
4. คำนวณหาระยะเวลา ที่ใช้ในการเดินทาง ถ้าระยะเวลาที่ได้มีค่ามากกว่า T ให้หมุนแขน AB กลับ แล้วใช้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย 1 คน หาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางอีก

5. ถ้าระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง มีค่าน้อยกว่า T แล้ว ให้เริ่มต้นทำซ้ำข้อที่ 2 ไป จนแขน AB กลับมาที่จุดเริ่มต้น ดังนั้นเมืองทุกเมืองก็จะถูกผ่าน

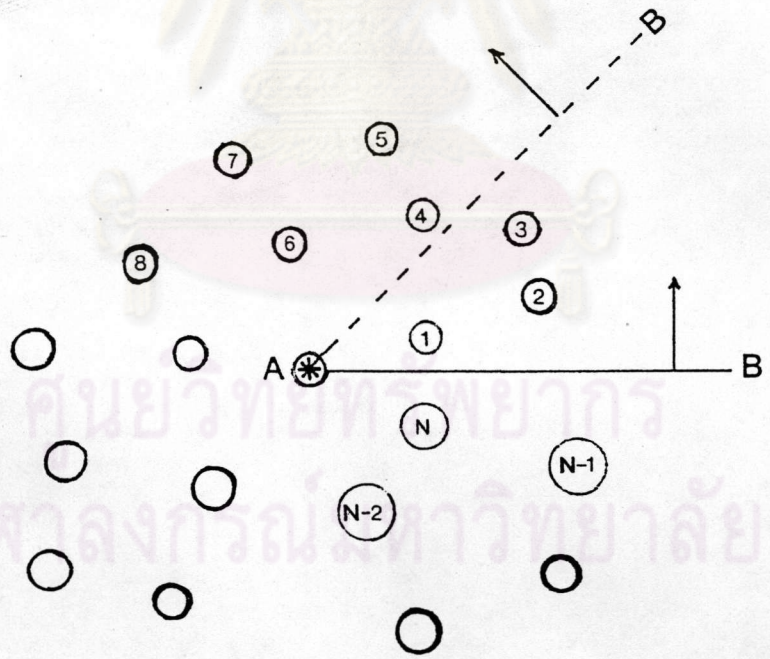
6. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 2 ถึงข้อ 5 แต่คราวนี้ให้หมุนแขน AB ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

7. เปรียบเทียบค่าระยะเวลาทั้งหมด ที่ใช้ในการเดินทางของทั้ง 2 วิธี เลือกวิธีที่ให้ค่าน้อยที่สุด

ส่วนข้อบกพร่องของวิธีนี้ ได้แก่



รูปที่ 2.3 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย M คน




รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการดำเนินการของวิธี Sweep Approach

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ในกรณีที่ สำนักงานไม่ได้อยู่ที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่ วิธีการนี้จะทำให้ได้เส้นทางเดินรถย่อย (Subtour) ที่มีรูปร่าง และ ขนาดไม่สมดุลย์กัน จากรูปที่ 2.5 แสดง ให้เห็นถึงเส้นทางย่อยที่ 1 และ 2 ซึ่งมีรูปร่างแคบยาว ทำให้มีจุดรับบริการจำนวนมาก ในขณะที่เส้นทางที่ 3 จะมีรูปร่างกว้าง ทำให้ใช้ระยะเวลาในการเดินทางมากที่สุด นี้แสดงให้เห็นว่า วิธีนี้ไม่สามารถจ่ายงานให้แต่ละคนได้สมดุลย์กัน

2. วิธีการนี้ เราไม่ได้คำนึงถึงถนน ซึ่งเป็นสิ่งที่เส้นทางการเคลื่อนที่จะต้องผ่าน ทำให้จุดที่อยู่บนถนนเดียวกันอาจไม่ได้อยู่ในเส้นทางเดียวกันก็ได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.6 จุดรับบริการบนถนน A จะอยู่บนเส้นทางเดินรถเดียวกัน แต่จุดรับบริการบนถนน B จะถูกแยกอยู่คนละเส้นทาง ทั้งๆที่จุดรับบริการบนถนนเดียวกันควรอยู่ในเส้นทางเดียวกัน เพื่อให้ได้ระยะเวลาเดินทางที่สั้นที่สุด

3.4.1.6 The Saving Approach (Dantzig และ Ramser , 1956) วิธีนี้จำนวนรถ หรือเส้นทาง จะถูกคำนวณโดยมีความจุของรถเป็นขอบข่าย

โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. จากปัญหาพื้นฐานที่มีจุดแสดงสำนักงาน (*) 1 แห่ง และ จุดที่ต้องการรับบริการ 2 แห่ง

2. สมมุติว่า เรามีข้อมูลด้าน ปริมาณความต้องการ เมตริกซ์ระยะทาง และ ความจุของรถ

3. กำหนดจุดที่ต้องการรับบริการจุดที่ 1 แก่รถคันหนึ่ง แล้วกำหนดจุดที่ 2 ให้รถอีกคันหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.7(a)

4. จะได้เส้นทางเดินรถ 2 เส้นทาง คือ

* ---------> 1 ---------> *

* ---------> 2 ---------> *

5. ระยะทางทั้งหมดที่ใช้ คือ $C_1$

$$C_1 = d_{*1} + d_{1*} + d_{*2} + d_{2*}$$

6. ลดจำนวนเส้นทางเดินรถลง 1 เส้นทาง โดยแบ่งจุดรับบริการให้กับทัวร์ (Tour) ที่เหลืออยู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.7(b) จะพบว่าระยะทางทั้งหมดที่ใช้ คือ $C_2$ โดย $C_2 = d_{*1} + d_{12} + d_{2*}$

7. คำนวณหาค่า C

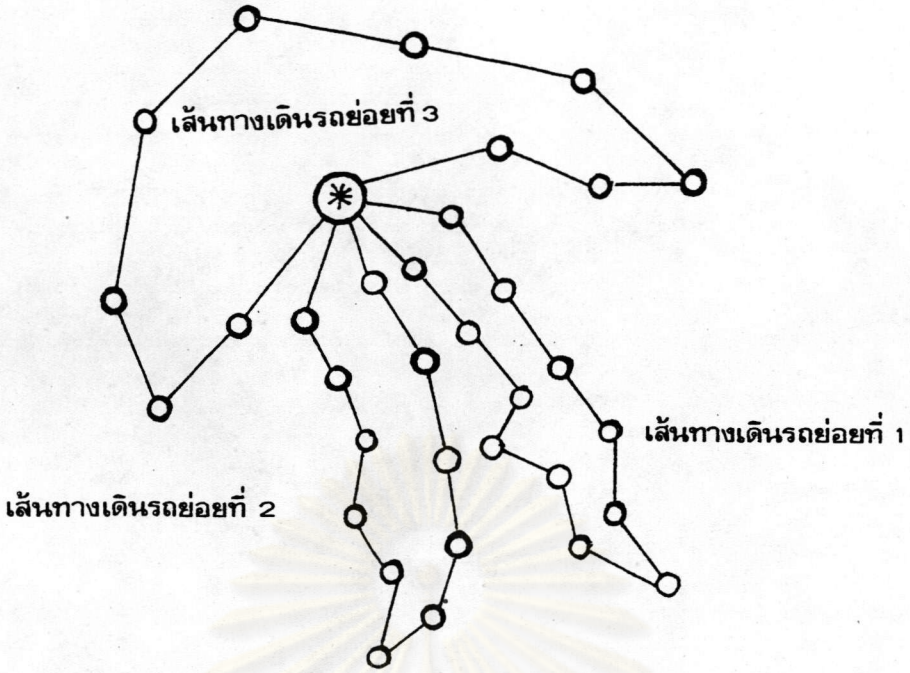
$$C = C_1 - C_2$$

ถ้า C มีค่ามากกว่าศูนย์ แสดงว่า ได้มีการประหยัด (Saving) ในการลดจำนวนเส้นทางเดินรถลง

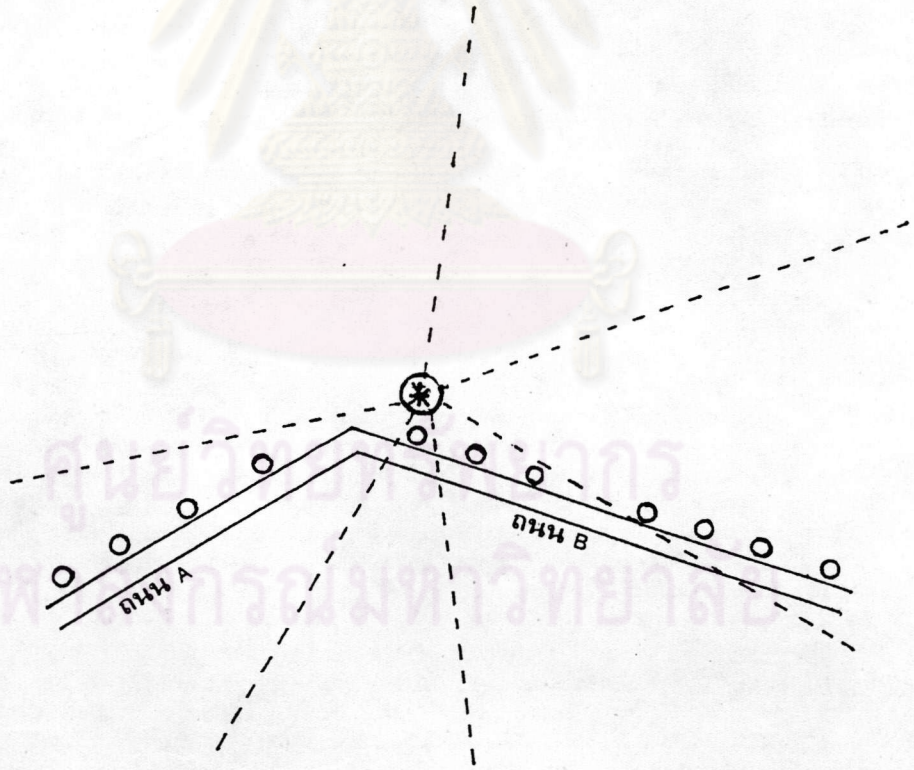
8. กรณีที่มีจุดรับบริการมากกว่า 2 จุด ให้ทำข้อ 6 ซ้ำ จนไม่สามารถเปลี่ยนได้

แต่วิธีนี้มีข้อบกพร่องดังนี้

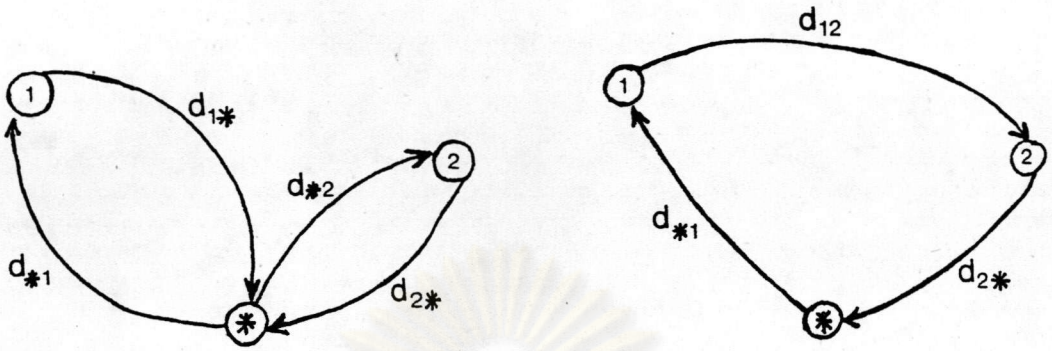
1. วิธีการนี้ จะทำให้ได้เส้นทางเดินรถที่มีพื้นที่



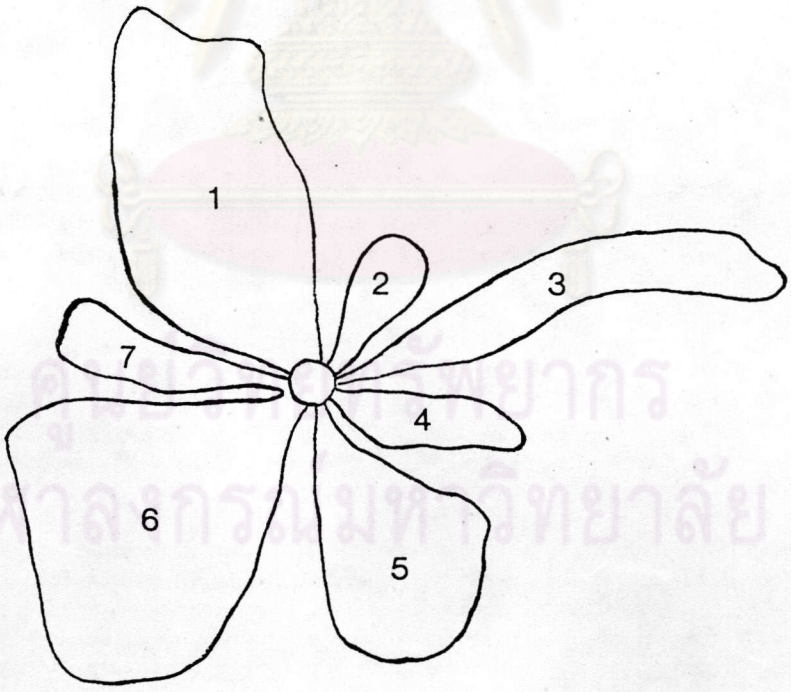

รูปที่ 2.5 แสดงรูปร่างที่ไม่สมดุลย์ของเส้นทางเดินรถย่อย




รูปที่ 2.6 แสดงผลกระทบของถนนต่อระยะเวลาเดินทางของเส้นทางเดินรถย่อย




รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนการเปลี่ยนเส้นเชื่อมกำหนดทิศทางในวิธี Saving Approach




รูปที่ 2.8 แสดงถึงคำตอบที่บกพร่องที่ได้จากวิธี Saving Approach

รับผิดชอบต่างกันมาก ทำให้แต่ละเส้นทางเดินรถใช้ระยะเวลาในการเดินทางต่างกันมาก

2. วิธีการนี้นอกจากจะทำให้ได้เส้นทางเดินรถที่มีขนาดใหญ่กว่าเส้นทางเดินรถเส้นทางอื่นมากๆ แล้วยังอาจทำให้ได้เส้นทางเดินรถเกินจำนวนที่ต้องการ ดังในรูปที่ 2.8 จะได้เส้นทางเดินรถถึง 7 เส้นทางจากที่ต้องการเพียงแค่ 4 เส้นทาง

3.4.1.7 School Bus Routing Approach

Newton และ Thomas (1969) ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียนไว้ดังนี้

1. หาเส้นทางเดินรถที่ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมที่สุด 1 เส้นทาง (Single Near Optimal Route) ที่เริ่มต้นที่โรงเรียน โดยหยุดทุก ๆ ป้ายรถ และกลับมาสิ้นสุดที่โรงเรียน โดยการใช้ปัญหาเส้นทางเดินของพนักงานขาย (TSP)

2. เส้นทางเดินรถในข้อที่ 1 จะถูกแบ่งเป็นเส้นทางเดินรถของรถแต่ละคัน โดยมีขอบเขตเป็น ความจุของรถ และเวลา

วิธีการนี้จะทำให้เกิดเซตของเส้นทางเดินรถ ซึ่งจะเริ่มต้นที่โรงเรียน จอดทุก ๆ จุดตามลำดับในเส้นทางจนกว่าจะเกินความสามารถรถที่จะรับได้ รถจึงจะเดินทางกลับไปยังโรงเรียน โดยความสามารถของรถ เราจะจัดจากความสามารถในการบรรทุกจำนวนนักเรียน และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ถ้าหากใช้เวลาเกินขอบเขตที่กำหนด จุดที่รถหยุดก่อนหน้านี้จะเป็นจุดสุดท้ายก่อนกลับโรงเรียน แต่ถ้าจำนวนนักเรียนที่ป้ายมีมากเกินกว่าที่รถจะรับได้ และกำหนดไว้ว่านักเรียนทุกคนที่ป้ายหยุดเดียวกันจะต้องขึ้นรถคันเดียวกัน จุดหยุดรถก่อนหน้านี้จะเป็นจุดสุดท้ายก่อนกลับโรงเรียน แต่ถ้าไม่จำเป็นที่นักเรียนจะต้องขึ้นรถคันเดียวกัน รถก็จะรับนักเรียนที่ป้ายนี้เท่าที่จะรับได้ แล้วจึงกลับโรงเรียน และรถคันใหม่จะเริ่มต้นจากโรงเรียนไปรับนักเรียนยังจุดต่อไป ตามวิธีการที่กล่าวมาข้างต้น

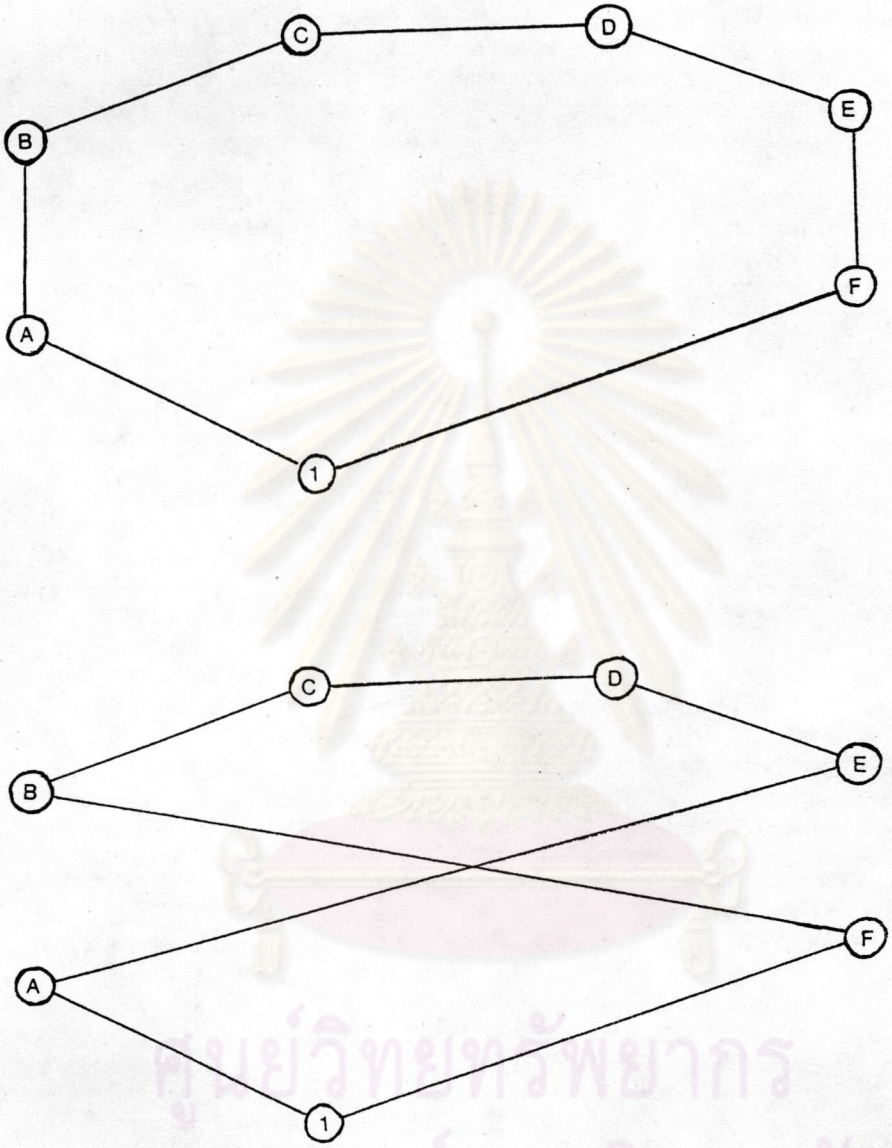
3.4.1.8 Partitioning And Decomposition Technique

Held และ Karp (1970) ได้เสนอความคิดพื้นฐานของวิธีนี้ว่า ถ้าขนาดของปัญหาจะถูกลดลงโดยการแบ่งส่วนออกเป็นปัญหาเล็ก ๆ และปัญหาเล็ก ๆเหล่านี้จะถูกแก้โดยใช้เวลาน้อยกว่าการแก้ปัญหาขนาดใหญ่

3.4.2 วิธีการปรับปรุงทัวร์ (Tour Improvement Procedures) เป็น การค้นหาทัวร์ที่ดีที่สุด จากทัวร์เริ่มต้น โดยวิธีการทางฮิวริสติค สำหรับแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ Branch Exchange Heuristics ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. สร้างทัวร์เริ่มต้น ทัวร์นี้จะถูกเลือกอย่างอิสระจากเซตของทุกทัวร์ที่เป็นไปได้

2. ปรับปรุงทัวร์ โดยการเลือกใช้ 2-opt , 3-opt หรือ k-opt ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.9 เป็นการปรับปรุงทัวร์ โดยเลือกใช้วิธี 2-opt จะทำการลดเส้นเชื่อมในทัวร์ออก 2 เส้น (A,B) และ (E,F) แล้วแทนที่ด้วยเส้นเชื่อมใหม่ (A,E) และ (B,F)




รูปที่ 2.9 แสดงการปรับปรุงทัวร์ โดยเลือกใช้ 2-opt

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

i17225553

3. ทำข้อ 2 ซ้ำ จนไม่มีการเปลี่ยนแปลง

วิธีนี้ เหมาะสมที่จะใช้แก้ปัญหาการเดินทาง ของพนักงานขายขนาดใหญ่ และใช้เวลาไม่มาก แต่ผลที่ได้รับจากวิธีนี้เป็นเพียง Local Optimum กรณีที่เลือกใช้ k-opt จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า แต่ใช้เวลานานกว่า ในทำนองเดียวกันการเลือกใช้ 3-opt ก็ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า และใช้เวลานานกว่า การเลือกใช้ 2-opt

3.4.3 Composite Procedures

วิธีนี้จะเริ่มต้นด้วยการใช้วิธีการสร้างทัวร์มาสร้างทัวร์เริ่มต้นขึ้น จากนั้นก็ทำการหาทัวร์ที่ดีที่สุด โดยการใช้การปรับปรุงทัวร์ 1 วิธี หรือมากกว่า 1 วิธี โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. สร้างทัวร์เริ่มต้นขึ้นมา โดยใช้วิธีการสร้างทัวร์
2. ใช้วิธี 2-opt ปรับปรุงทัวร์ที่ได้จากข้อ 1
3. ใช้วิธี 3-opt ปรับปรุงทัวร์ที่ได้จากข้อ 2

วิธีนี้จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า Tour Improvement Procedure และใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่า

จะเห็นได้ว่าวิธีการพื้นฐานสำหรับแก้ปัญหาเส้นทางเดินรถของรถจำนวน M คัน สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ (Bodin และ Kursh , 1978) คือ

1. Cluster first - route second

วิธีการนี้จะแบ่งพื้นที่ก่อน แล้วค่อยหาเส้นทางเดินรถ โดยขั้นแรกเราจะแบ่งโครงข่ายออกเป็นพื้นที่เก็บและขนส่งขยะย่อยๆ และในขั้นตอนที่ 2 จะทำการแก้ปัญหาเส้นทางเดินรถของรถในพื้นที่ย่อย ๆ แต่ละพื้นที่

2. Route first - cluster second

วิธีการนี้จะหาเส้นทางเดินรถก่อนแล้วค่อยแบ่งเขต โดยขั้นแรกเราจะหาเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมที่สุดสำหรับรถคันเดียวซึ่งสามารถเดินทางผ่านทุกจุดในโครงข่ายเส้นทางเดินรถเดี่ยว ๆ นี้ถูกเรียกว่า Giant Tour แต่เนื่องจากรถเพียงคนเดียวไม่สามารถเดินทางได้ครบทุกจุดใน Giant Tour ในช่วงเวลาที่กำหนดให้ ดังนั้นในขั้นตอนที่ 2 จึงเป็นการแบ่ง Gient Tour ออกเป็นเส้นทางเก็บขยะย่อย ๆ ของเส้นทางซึ่งแต่ละเส้นทางย่อยจะใช้รถ 1 คัน

โดยการจะเลือกใช้วิธีการแบบใดในการแก้ปัญหา ควรจะพิจารณาถึงลักษณะของปัญหา ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ก่อนว่าเป็นอย่างไร (Bodin,1982)

| ลักษณะ | เงื่อนไขที่เป็นไปได้ |
|---|---|
| 1. จำนวนรถ | - 1 คัน<br>- มากกว่า 1 คัน |
| 2. ประเภทรถ | - 1 ชนิด<br>- มากกว่า 1 ชนิด |
| 3. สำนักงาน | - 1 แห่ง<br>- มากกว่า 1 แห่ง |
| 4. ลักษณะของความต้องการบริการ | - แบบค่าคงที่ (Deterministic)<br>- แบบค่าความน่าจะเป็น (Stochastic) |
| 5. ตำแหน่งของลูกค้าที่รอรับบริการ | - เป็นจุด (Node)<br>- เป็นเส้นเชื่อม (Arc)<br>- เป็นทั้งจุดและเส้นเชื่อม (Mixed) |
| 6. ลักษณะของโครงข่าย | - ไม่มีทิศทาง<br>- มีทิศทาง<br>- ผสม |
| 7. ความจุของรถ | - 1 ค่า<br>- มากกว่า 1 ค่า<br>- ไม่มีขอบเขต |
| 8. เวลามากที่สุดที่ใช้ในการเดินทาง | - เหมือนกันในทุกเส้นทาง<br>- มีค่าต่างกันในเส้นทางต่าง ๆ<br>- ไม่มีขอบเขต |

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางเดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ลักษณะ | เงื่อนไขที่เป็นไปได้ |
|---|---|
| 9. การดำเนินงาน | - บริการเก็บ (Pick up)<br>- ส่งสินค้า (Deliveries)<br>- ผสม |
| 10. ค่าใช้จ่าย | - ค่าใช้จ่ายแปรตาม (Variable Cost)<br>- ค่าใช้คงที่ (Fixed Cost) |
| 11. วัตถุประสงค์ | - หาค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการจัดเส้นทางเดินรถต่ำสุด<br>- หาค่าใช้จ่ายแปรตามและคงที่ต่ำที่สุด<br>- หาจำนวนรถที่น้อยที่สุด |

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แสดงลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางเดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย