บทที่ 3

วิทยาการที่เกี่ยวข้อง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาถึงการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันรายวันจาก คลังน้ำมันของบริษัทไปยังสถานีบริการน้ำมันต่างๆเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งเมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดเริ่มจากการสั่งซื้อน้ำมันด้วยปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม การขนส่งรถน้ำมันรายวันตามแบบจำลองปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้อง คือ

1. ระบบพัสดุคงคลังเพื่อศึกษาหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของแต่ละสถานีบริการ
2. ปัญหาโครงข่ายระยะทาง เป็นการวิเคราะห์โครงข่ายเพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างสถานีบริการน้ำมันต่างๆสำหรับนำไปใช้หาเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมต่อไป
3. ปัญหาเส้นทางเดินรถเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาหาเส้นทางเดินรถขนส่งรายวันที่เหมาะสมที่สุด

ระบบพัสดุคงคลัง

1. ลักษณะของระบบพัสดุคงคลัง

เป็นวิธีการจัดหาพัสดุที่เกิดขึ้นจากการควบคุมค่าใช้จ่ายสามประเภทของพัสดุคงคลัง ได้แก่

1.1 ค่าเก็บรักษาพัสดุ (Inventory Carrying Cost, C_1) หมายถึง ค่าใช้จ่ายจากการเก็บรักษาพัสดุ เช่น ค่าเช่าสถานที่ ค่าเสื่อมคุณภาพ ค่าประกันภัย ค่าดอกเบี้ยเงินลงทุน เป็นต้น ค่าใช้จ่ายเหล่านี้แปรผันโดยตรงกับปริมาณพัสดุที่เก็บรักษา

1.2 ค่าเสียหายจากการขาดมือ(Shortage or Back-order Cost,C_2) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการรับใบสั่งซื้อล่วงหน้า การผลิตเร่งด่วนเพื่อส่งของให้ลูกค้า หรือค่าใช้จ่ายที่ต้องหยุดผลิตเมื่อขาดพัสดุ

1.3 ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่ง (Replenishment Cost or Ordering

Cost, C_3) หมายถึง ค่าใช้จ่ายสำหรับการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตประกอบด้วยค่าใช้จ่ายสำหรับการเตรียมออกใบสั่งซื้อ ค่าทำใบรับพัสดุ ค่าจัดทำบัญชีพัสดุ

ค่าใช้จ่ายทั้ง 3 เรียกว่า ค่าใช้จ่ายทั้งหมด(Total Cost) ของระบบพัสดุคงคลัง การวิเคราะห์ความเหมาะสมของระบบพัสดุคงคลังคือการแสวงหาวิธีการที่จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

2. ประเภทของระบบพัสดุคงคลัง

ระบบพัสดุคงคลังอาจจะจำแนกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ระบบพัสดุคงคลังแบบ Deterministic และระบบพัสดุคงคลังแบบ Probabilistic

โดยที่ระบบพัสดุคงคลังแบบ Deterministic เป็นระบบพัสดุคงคลังที่มีความต้องการใช้พัสดุและการนำเอาพัสดุออกจากคลังไปใช้มีค่าคงที่ แต่ความเป็นจริงความต้องการใช้พัสดุกับการนำเอาพัสดุออกไปใช้เป็นคนละอย่างกัน แต่ในการวิเคราะห์ระบบพัสดุคงคลังจะถือว่ามีค่าเท่ากัน ส่วนระบบพัสดุคงคลังแบบ Probabilistic เป็นระบบพัสดุคงคลังที่ความต้องการใช้พัสดุไม่คงที่โดยทราบค่าความน่าจะเป็น การวิเคราะห์ระบบนี้จะคล้ายกับระบบพัสดุคงคลังแบบ Deterministic นอกจากความไม่คงที่ของความต้องการพัสดุและการวิเคราะห์ระบบจะมีความยุ่งยากซับซ้อนกว่า การหาค่าที่เหมาะสมของตัวแปรต้องอาศัยเทคนิคชั้นสูงทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมของสมการนอนลิเนียร์

สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงระบบพัสดุคงคลังแบบ Deterministic เนื่องจากเป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด และเป็นระบบที่เข้าใจและวิเคราะห์ได้ง่าย ตัวพารามิเตอร์ต่างๆ ถูกกำหนดให้ทราบค่าเป็นค่าคงที่ และการวิเคราะห์เส้นทางเดินรถสำหรับวิทยานิพนธ์นี้เป็นการหาเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมรายวันโดยปริมาณการนำเอาน้ำมันออกไปจากถังเก็บน้ำมันของแต่ละสถานีในแต่ละวันมีค่าคงที่ ระบบพัสดุคงคลังแบบนี้ประกอบด้วย

2.1 ระบบปริมาณการสั่งซื้อตายตัว (Lot Size System)

ระบบพัสดุคงคลังนี้เป็นระบบที่การสั่งซื้อถูกกำหนดโดยจุดสั่งซื้อ s=0 และปริมาณการสั่งซื้อตายตัว q ลักษณะการทำงานของระบบจะเริ่มด้วยการสั่งพัสดุ q หน่วย ใช้พัสดุด้วยอัตรา r คงที่จนพัสดุหมดคลังแล้วทำการสั่งพัสดุเข้าคลังทันทีโดยไม่มีการขาดพัสดุ ค่าใช้จ่ายที่ควบคุมได้มีเฉพาะค่าเก็บรักษาพัสดุและค่าสั่งพัสดุ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มีสมมุติฐานดังนี้

2.1.1 ความต้องการใช้พัสดุคงที่ ที่อัตรา r หน่วย/หน่วยเวลา

2.1.2 การสั่งซื้อพัสดุเข้าคลังจะกระทำเมื่อปริมาณพัสดุคงคลังเหลือ 0

2.1.3 ไม่อนุญาตให้มีการร้างพัสดุ

2.1.4 ปริมาณการสั่งซื้อตายตัว q

2.1.5 อัตราการส่งเข้าคลังเป็นแบบเฉียบพลัน

2.1.6 ไม่มีช่วงเวลานำ

2.1.7 ค่าเก็บรักษาพัสดุ/หน่วยพัสดุ คงที่, C_1 บาท/หน่วย/หน่วยเวลา

2.1.8 ค่าสั่งพัสดุเข้าคลัง/ครั้ง คงที่, C_3 บาท/ครั้ง

2.2 ระบบระดับสั่งซื้อตายตัว (Order Level Systems)

เป็นระบบที่ใช้ระดับการสั่งซื้อ S เป็นตัวกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ ในการสั่งซื้อแต่ละครั้งจะสั่งในปริมาณที่ทำให้ระดับพัสดุคงคลังมีขนาดเท่ากับค่าของระดับสั่งซื้อที่กำหนด ระบบพัสดุคงคลังแบบนี้ใช้ช่วงการสั่งซื้อตายตัว ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งซื้อตายตัวจึงถือว่าควบคุมไม่ได้ ดังนั้นจึงควบคุมได้เฉพาะค่าเก็บรักษาพัสดุและค่าเสียหายจากการขาดมือเท่านั้น

มีสมมุติฐานดังนี้

2.2.1 ความต้องการใช้พัสดุคงที่ ที่อัตรา r หน่วย/หน่วยเวลา

2.2.2 ช่วงสั่งซื้อคงที่ t_p

2.2.3 ระดับสั่งซื้อ S

2.2.4 อัตราการส่งเข้าคลังเป็นแบบเฉียบพลัน

2.2.5 ไม่มีช่วงเวลานำ

2.2.6 ค่าเก็บรักษาพัสดุ/หน่วยพัสดุ คงที่, C_1 บาท/หน่วย/หน่วยเวลา

2.2.7 ค่าเสียหายจากการขาดมือ/หน่วย คงที่ , C_2 บาท/หน่วย/หน่วยเวลา

2.3 ระบบปริมาณและระดับสั่งซื้อตายตัว (Order-Level-Lot-Size System)

เป็นระบบการจัดซื้อพัสดุที่จะต้องใช้ระยะเวลาหรือ ปริมาณพัสดุคงเหลือในคลังเป็นเครื่องแสดงจุดสั่งซื้อ และจะต้องใช้ปริมาณการสั่งซื้อตายตัวหรือปริมาณที่ทำให้ปริมาณ

พัสดุคงคลังมีขนาดเท่าที่กำหนดและระบบนี้เป็นระบบที่สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายได้ทั้งสามประเภท

มีสมมุติฐานดังนี้

2.3.1 ความต้องการใช้พัสดุคงที่ ที่อัตรา r หน่วย/หน่วยเวลา

2.3.2 อัตราการส่งพัสดุเข้าคลังเป็นแบบเฉียบพลัน p=0, ปริมาณสั่งซื้อ q , ต้องกำจัดการร้างพัสดุก่อนการสะสมพัสดุคงคลัง

2.3.3 ช่วงสั่งซื้อคงที่ t, ระดับสั่งซื้อ S

2.3.4 ไม่มีช่วงเวลานำ

2.3.5 ค่าเก็บรักษาพัสดุ/หน่วย C_1, บาท/หน่วย/หน่วยเวลา

2.3.6 ค่าเสียหายจากการขาดมือ/หน่วย C_2, บาท/หน่วย/หน่วยเวลา

2.3.7 ค่าออกใบสั่ง C_3, บาท/ครั้ง

3. การวิเคราะห์ระบบพัสดุคงคลัง

3.1 กรณีความต้องการใช้พัสดุเป็นแบบต่อเนื่อง

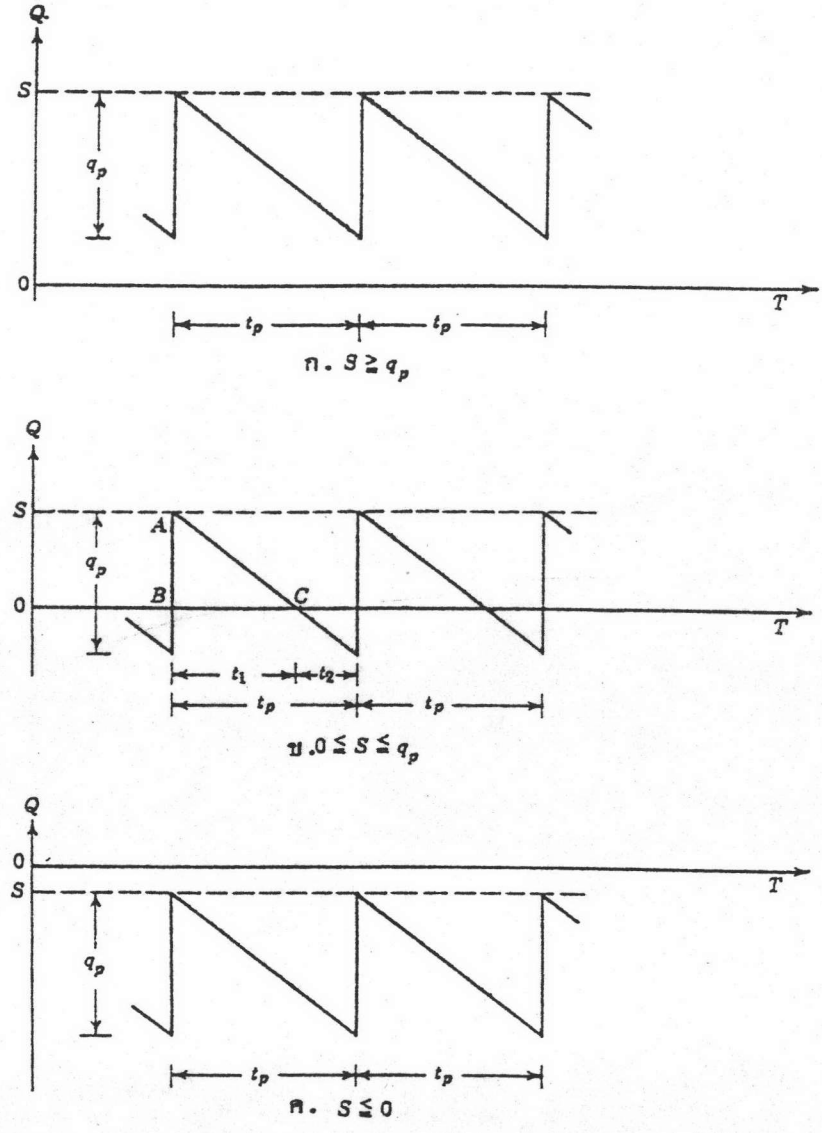
ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระบบพัสดุคงคลังเป็นดังแสดง ในรูปที่ 3.1 เราจะเห็นได้ว่าจะสั่งซื้อด้วยปริมาณตายตัว q_p ส่วนที่เป็นตัวแปรคือ S ที่ต้องหาว่าจะมีขนาดเท่าไหร่ จากรูป ก. เมื่อเราให้ S มีขนาดมากกว่า q_p ก็จะเห็นได้ว่าระบบจะมีเฉพาะค่าเก็บรักษาพัสดุ และถ้าเราให้ S น้อยกว่า 0 คือเกิดการร้างพัสดุตลอดเวลาดังแสดง ในรูป ค. ค่าใช้จ่ายก็จะมีเฉพาะค่าเสียหายจากการขาดมือจะเห็นได้ว่ากรณี ก. ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดเกิดขึ้นเมื่อ $S=q_p$ และ S=0 ในกรณี ค. ดังนั้นจึงมีกรณีเดียวที่จะสามารถใช้ค่าที่เหมาะสมของ S คือ กรณี ข.

ในกรณี ข. ซึ่ง $0=<S=<q$ ค่าใช้จ่ายของระบบที่เกิดขึ้นจะประกอบไปด้วยค่าเก็บรักษาพัสดุ ค่าเสียหายจากการขาดมือที่เท่ากับค่าใช้จ่ายทั้งสองในระบบระดับสั่งซื้อตายตัว และค่าสั่งพัสดุที่เท่ากับค่าสั่งพัสดุในระบบปริมาณการสั่งซื้อตายตัว ค่าใช้จ่ายของระบบจะเป็น

$$TC = c_1S^2/2q + c_2(q-S)^2/2q + c_3r/q$$

จาก Partial Differentiation

$$q^* = SQRT[2rc_3(c_1+c_2)/(c_1c_2)]$$



รูปที่ 3.1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงพัสดุคงคลัง

จากระบบปริมาณการสั่งซื้อตายตัวไม่อนุญาตให้มีการขาดพัสดุ c_2 จะมีค่ามากกว่า c_1 และ c_3

นั่นคือ $q^* = SQRT(2c_3r/c_1)$

$$S^* = q^*c_2/(c_1+c_2)$$

เนื่องจากในงานวิจัยนี้พัสดุคงคลังที่นำมาเป็นกรณีศึกษาคือน้ำมันสำเร็จรูป ซึ่งปัจจุบันมีการแข่งขันทางด้านการบริการสูงมากทำให้ไม่อนุญาตให้มีการร้างพัสดุคงคลังได้ การวิเคราะห์พัสดุคงคลังจะเป็นแบบระบบปริมาณการสั่งซื้อตายตัว

3.2 กรณีความต้องการใช้พัสดุเป็นแบบเป็นช่วง

โดยที่มีข้อจำกัดทางด้านรถขนส่งน้ำมันดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อจะต้องสั่งเป็นล็อต (LOT) โดยที่ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมจะทำให้ระบบมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยใช้ 2 อสมการ คือ

$$q^*(q^*-u) < 2c_3r/c_1 < q^*(q^*-u)$$

โดยที่ u คือ ปริมาณพัสดุที่นำออกไปใช้แต่ละครั้ง

<u>ปัญหาโครงข่ายระยะทาง</u>

1. รูปแบบแทนระบบโดยโครงข่าย (Network Analysis)

ในการวิเคราะห์ระบบปัญหาต่างๆ เช่น ระบบการขนส่ง ระบบการสื่อสาร เราสามารถใช้เทคนิคทางการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) มาศึกษาเพื่อปรับปรุงและออกแบบระบบปัญหาได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นรูปภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงข่าย กราฟ และคณิตศาสตร์ ช่วยให้สามารถเข้าใจและวิเคราะห์ระบบปัญหาได้ง่ายสามารถแทนระบบปัญหาด้วยรูปแบบแทนระบบโดยโครงข่าย(Network Models)ได้ดังนี้

1.1 จุดเชื่อม จะมีความหมายแทนชุมทางของระบบขนส่ง ได้แก่ จุดขนถ่ายต่างๆ ได้แก่ สถานีบริการน้ำมัน

1.2 เส้นเชื่อม จะมีความหมายแทน ถนน เส้นทางการขนส่งระหว่างจุดขนถ่ายน้ำมัน หรือแสดงความสัมพันธ์ของจุดขนถ่ายต่างๆ

1.3 กราฟ หมายถึง ระบบที่ประกอบด้วยกลุ่มหรือชุดของจุดยอดหรือจุดเชื่อมและกลุ่มของเส้นเชื่อม ที่เรียกว่า Edge หรือ Arc กราฟมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบแรกไม่มีทิศทางจะประกอบด้วยจุดเชื่อมและเส้นเชื่อมไม่กำหนดทิศทาง แบบที่สองเป็นแบบที่แสดงทิศทางการเดินด้วย

1.4 โครงข่าย คือ กราฟที่มีค่าใดๆกำหนดให้กับเส้นเชื่อมค่านั้นเราเรียกว่า Weight ประจำเส้นเชื่อม กรณีปัญหาเส้นทางการขนส่งจะมีค่าของเส้นเชื่อมคือถนนเป็นระยะทางของแต่ละเส้นเชื่อม การหาเส้นเชื่อมที่มีระยะทางสั้นที่สุด (Shortest Path) จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการหาต้นทุนที่ต่ำที่สุด

2. วิธีการแก้ปัญหาโครงข่ายหาระยะทางที่เป็นเลิศระหว่างจุดเชื่อม

ในวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงวิธีการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาโครงข่ายเพื่อหาระยะทางที่เป็นเลิศระหว่างจุดเชื่อมต่างๆ ดังนี้

2.1 วิธีการหาเส้นทางที่เป็นเลิศระหว่างจุดเชื่อมสองจุด

วิธีการของ Dijikstra เพื่อหาเส้นทางที่เป็นเลิศจากจุดเริ่มต้น s ไปยังจุดสิ้นสุด t จะต้องใช้วิธีการตราสาร (Labelling Procedure) ซึ่งจะต้องตราค่าให้จุดเชื่อมต่างๆ ด้วย [i,π(j)] โดยมี j เป็นจุดเชื่อมที่เชื่อมต่อออกมาจากจุดเชื่อมที่ตราค่าเอาไว้แล้ว i และ π(i) คือ ระยะทางสะสมที่เป็นเลิศจากจุดเริ่มต้นมาถึง j การตราค่านี้แบ่งออกเป็นสองแบบ คือ แบบชั่วคราว และแบบถาวร

มีลำดับขั้นตอนสรุปได้ดังนี้

2.1.1 ตราค่าถาวรให้จุดเริ่มต้นด้วย [-,0] และตราค่าชั่วคราวให้จุดเชื่อมอื่นๆ เป็น [-,α]

2.1.2 ให้ i=s และ π(j)=d_{sj} สำหรับจุดเชื่อม j ใด ๆเป็นตราค่าชั่วคราวใหม่ของ j[s,d_{sj}]

2.1.3 เลือกจุดเชื่อม j ซึ่งมี

$\pi(j) = \min_{x \in T} \pi(x)$ ให้เป็นจุดเชื่อมถาวร

เมื่อ T = ชุดของเชื่อมที่ตราค่าชั่วคราวไว้

ถ้า j = t แสดงว่าได้ผลลัพธ์เป็นเลิศ

2.1.4 จากจุดเชื่อมถาวร i (เดิมเป็น j ในขั้นตอนที่ 2.1.3) ให้พิจารณาจุดเชื่อม j ทุกๆจุดที่เชื่อมต่อจาก i ถ้า $\pi(i)+d_{i,j} < \pi(j)$ ให้ตราค่าชั่วคราวให้กับ j ใหม่ เป็น $[i,\pi(i)+d_{i,j}]$ แล้วดำเนินการขั้นตอนที่ 2.1.3 จนกว่าจะได้ผลลัพธ์เลิศ

2.2 วิธีการหาเส้นทางที่เป็นเลิศของทุกๆคู่ของจุดเชื่อม

เพื่อให้ได้ข้อมูลใช้ในการวิเคราะห์ระบบปัญหาให้สมบูรณ์ในบางกรณีเราจำเป็นต้องรู้เส้นทางที่เป็นเลิศระหว่างจุดเชื่อมต่างๆ ในโครงข่ายให้ครบทุกจุด จะต้องดำเนินการหาเส้นทางที่เป็นเลิศระหว่างจุดสองจุดตามวิธีของ Dijikstra หลายๆ ครั้ง นอกจากวิธีการดังกล่าวแล้วยังมีวิธีการที่พัฒนาขึ้นเรียกว่า Revised Cascade Method (RCM) สามารถหาเส้นทางเป็นเลิศสำหรับทุกจุดเชื่อมในโครงข่ายได้ทันที ขั้นตอนโดยละเอียดจะกล่าวถึงในภาคผนวก ก

<u>ปัญหาเส้นทางเดินรถ</u>

1. รูปแบบปัญหาเส้นทางเดินรถ

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถมีพื้นฐานเริ่มจากความต้องการที่จุดต่างๆ และจะถูกบริการด้วยรถขนส่งโดยไม่มีข้อจำกัดทางด้านระยะเวลาและปริมาณที่จะต้องถูกบริการ ปัญหาดังกล่าวจะถูกแก้ปัญหาโดยให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำสุด และมีเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม

วิธีการแก้ปัญหาได้มีผลงานทางด้าน Operation Research ไว้มากมาย เช่น

1.1 The Travelling Saleman Problem (TSP) เป็นรูปแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย 1 คน โดยมีเงื่อนไขว่าพนักงานขายจะต้องเดินทางผ่านทุกเมืองและเดินทางกลับมายังจุดเริ่มต้น มีระยะทางสั้นที่สุด

1.2 The Chinese Postman Problem เป็นการหาระยะทางที่สั้นที่สุดซึ่งจะต้องผ่านเส้นเชื่อมระหว่างเมืองต่างๆ อย่างน้อย 1 ครั้ง สามารถแก้ปัญหานี้โดยวิธี Polynomially-Bounded Algorithms

1.3 The M-Travelling Saleman Problem (TSP-M) เป็นรูปแบบปัญหาที่พัฒนามาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย 1 คนเป็นปัญหาการเดินทางของพนักงาน

ขาย M คนซึ่งจะเหมาะกับปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงมากกว่า

1.4 The Single Depot , Multiple Vehicle , Node Routing Problem (Classical Vehicle Routing Problem,VRP) เป็นรูปแบบปัญหาที่กล่าวถึงชุดเส้นทางของยานพาหนะที่ใช้ขนส่งจากคลังสินค้า 1 แห่ง ไปยังจุดต่าง ๆที่มีความต้องการที่แน่นอน (Deterministic) โดยมีระยะทางทั้งหมดสั้นที่สุด

1.5 The Multiple Depot , Multiple Vehicle , Node Routing Problem เป็นรูปแบบปัญหาที่พัฒนามาจากรูปแบบปัญหาแบบที่ 1.4 โดยที่มีคลังสินค้าหลายแห่ง

1.6 The Single Depot , Multiple Vehicle , Node Routing Problem with Stochastic Demands เป็นรูปแบบปัญหาที่พัฒนามาจากรูปแบบปัญหาแบบที่ 1.4 โดยที่มีคลังสินค้า 1 แห่งแต่ความต้องการของจุดต่างๆไม่ทราบแน่นอน (Certainly)เช่น ความต้องการเป็นการกระจายแบบ Poison

1.7 The Capacitated Chinese Postman Problem เป็นรูปแบบปัญหาที่พัฒนามาจากรูปแบบปัญหาแบบที่ 1.2 เป็นรูปแบบปัญหาสำหรับโครงข่ายแบบ Undirect

2. วิธีการแก้ปัญหาเส้นทางเดินรถ

จากการศึกษาปัญหาทางด้านการขนส่งน้ำมันของบริษัทตัวอย่างจะมีรูปแบบปัญหาแบบที่ 1.4 คือ Vehicle Routing Problem (VRP) ที่คลังน้ำมัน 1 แห่งและมีลูกค้าคือสถานีบริการน้ำมันกระจายอยู่หลายแห่ง ในการแก้ปัญหาการขนส่งแบบนี้มีเทคนิคต่างๆ ดังนี้

2.1 แบบประเภทคำตอบที่เหมาะสม (Optimal Solution)

Branch and Bound Techniquesเป็นวิธีที่จะให้คำตอบที่ดีที่สุด แต่ใช้เวลาในการคำนวณมากเหมาะสมสำหรับจุดที่มีความต้องการน้อยกว่า 25 จุด(เมือง) วิธีการนี้ใช้การคำนวณหาขอบเขต(Bound) และใช้เมตริกซ์ที่ถูกลดค่าในการแตกกิ่งของเส้นทางเดินทางจาก 1เซทย่อยไปเป็น 2 เซทย่อย (Branch)

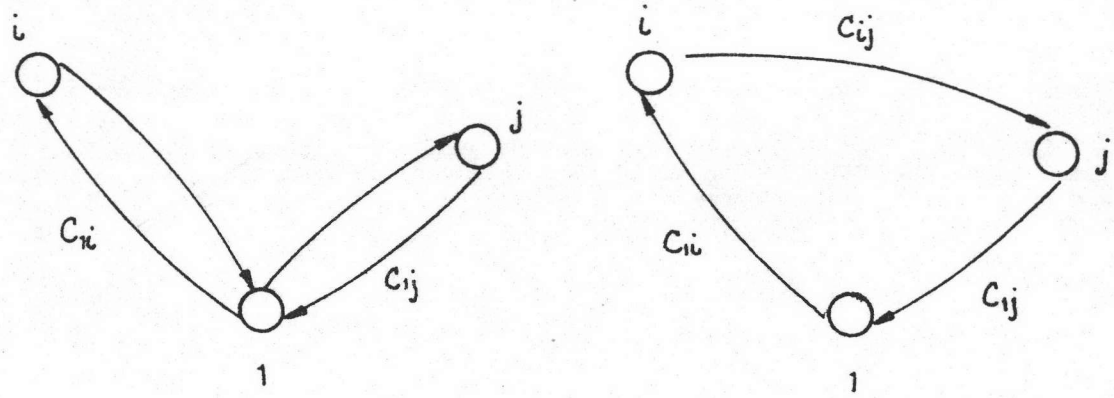
2.2 แบบประเภทคำตอบที่ใกล้เคียงที่เหมาะสมที่สุด (Near Optimal Solution Heuristic)

เป็นวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับจุดต่างๆ ที่มีความต้องการมากถึง 1,000 จุด(เมือง) และคำตอบที่ได้อาจจะไม่ใช้คำตอบที่ดีที่สุดแต่เป็นคำตอบที่ใกล้เคียงที่เหมาะสมที่สุด มีเทคนิคต่างๆดังนี้

2.2.1 The Saving Algorithm (G.Clarke and J.W.Wright ,1964) เป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนมาก เข้าใจง่าย สามารถใช้กับปัญหาที่มีจุดขนส่งจำนวนมากได้ วิธีการนี้เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์นี้และจะกล่าวถึงอย่างละเอียดในบทต่อไป เส้นทางเดินรถที่ประหยัดที่สุดแทนที่เราจะใช้รถ 2 คันในการบริการจุด i และ j แต่ถ้าเราใช้รถ 1 คันจะสามารถประหยัดเส้นทางจากรูปที่ 3.2 ได้ดังนี้

$$(2C_{i1}+2C_{1j})-(C_{i1}+C_{ij}+C_{1j}) = C_{i1}+C_{1j}-C_{ij}$$

$S_{ij} = C_{i1}+C_{1j}-C_{ij}$ ถ้ามีค่ามากกว่า 0 แสดงว่ามีการประหยัด (Saving) ในการลดจำนวนเส้นทางลง

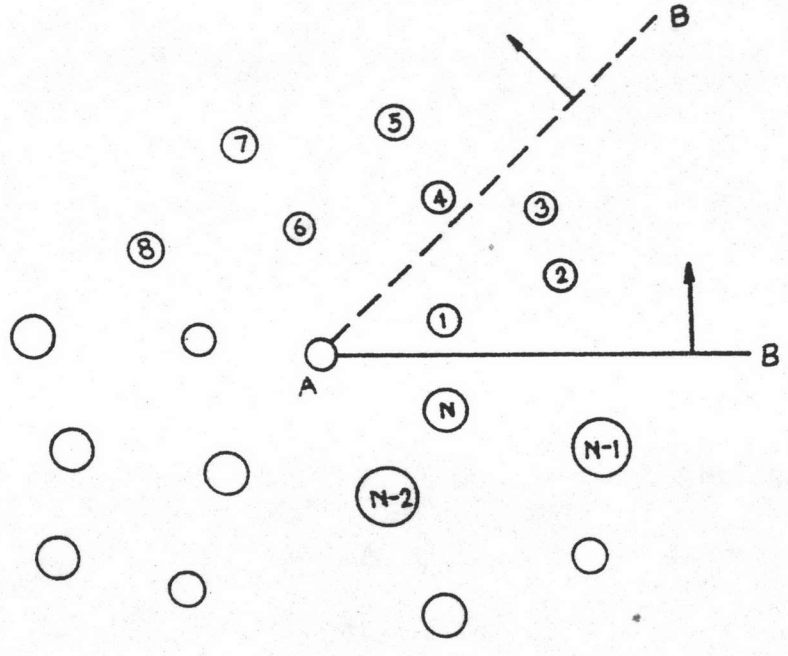


รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการดำเนินการของวิธี Saving Approach

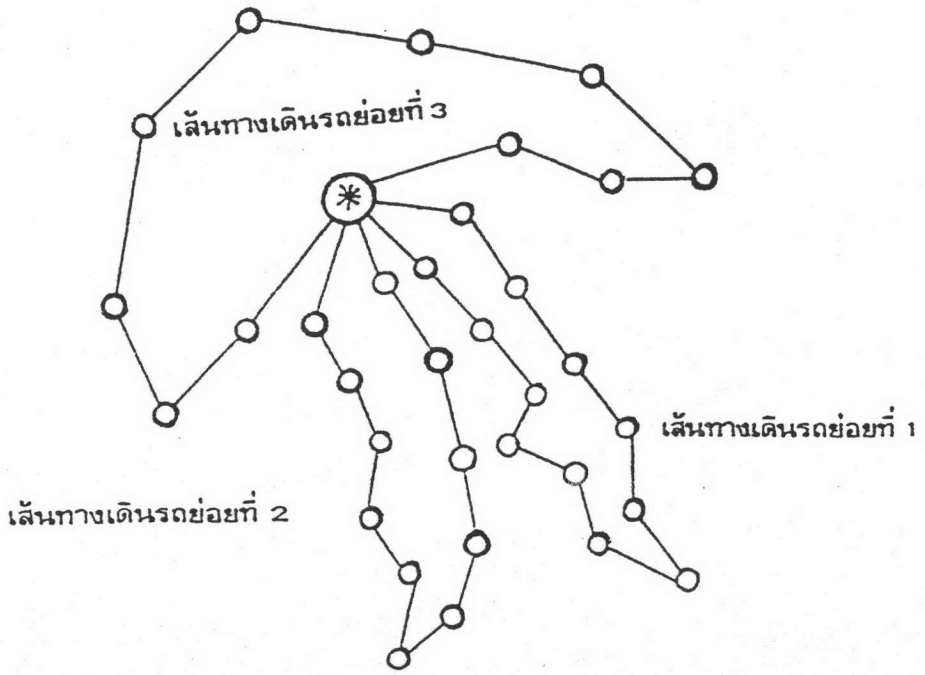
2.2.2 The Sweep Approach (Gillett and Willer, 1974) วิธีเหมาะกับปัญหาที่มีจุดขนส่งมากถึง 250 จุด มีขั้นตอนดังนี้ กำหนดจุดเดินทางและบอกลำดับที่ต้องเดินทางผ่านจุดต่างๆโดยที่ตำแหน่งที่ตั้งของจุดต่างๆเป็น Polar Coordinate และคลังสินค้าอยู่ตรงกลางเป็นจุด A เราจะเลือกจุดเริ่มต้นแบบสุ่มและกวาดแขน AB (หมุนทวนหรือตามเข็มนาฬิกา) จากคลังไปยังจุดต่างๆเพื่อตอบสนองความต้องการของแต่ละจุด (รูปที่ 3.3) ข้อบกพร่องของวิธีการนี้คือ

2.2.2.1 ในกรณีที่คลังสินค้าไม่ได้อยู่ที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่จะทำให้ได้เส้นทางมีขนาดไม่สมดุลย์ แสดงให้เห็นว่าวิธีนี้ไม่สามารถจ่ายงานให้รถแต่ละคันได้อย่างสมดุลย์ (รูปที่ 3.4)

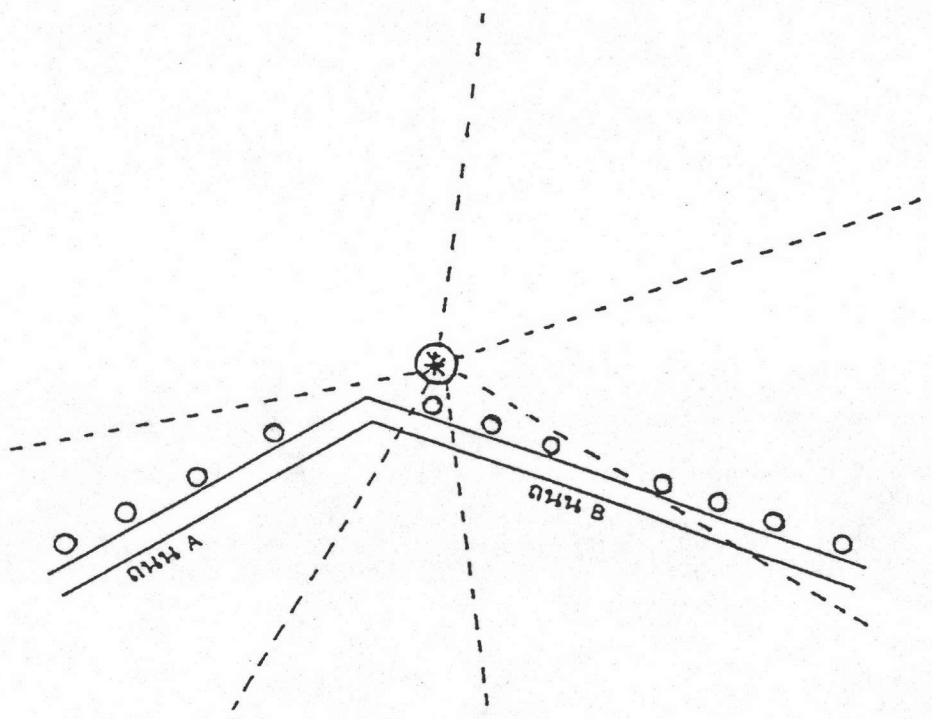
2.2.2.2 วิธีการนี้ไม่ได้คำนึงถึงถนน ทำให้จุดที่ใกล้เคียงกันที่อยู่ถนนเส้นเดียวกันอาจไม่ได้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการดำเนินการของวิธี Sweep Approach



รูปที่ 3.4 แสดงรูปร่างที่ไม่สมดุลย์ของเส้นทางเดินรถย่อย



รูปที่ 3.5 แสดงผลกระทบของถนนต่อระยะเวลาเดินทางของเส้นทางเดินรถย่อย

2.2.3 The Transformation to a Pure Travelling Salesman Problem Mode (Lin and Kernighan,1973) เป็นการแปลงรูปแบบปัญหาพนักงานขาย 1 คนไปเป็นรูปแบบปัญหาพนักงานขาย M คน N เมือง จุดต่างๆที่มีความต้องการจะถูกแทนที่ด้วยโดยพนักงานขาย M คน (N+1,N+2,...N+M)ได้เมตริกดังรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7 สำหรับรูปที่ 3.8 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย M คน ข้อบกพร่องของวิธีการนี้คือ

2.2.3.1 เส้นทางเดินรถจะมีระยะทางไม่เท่ากันทำให้มีปัญหาด้านการจัดสรรงาน

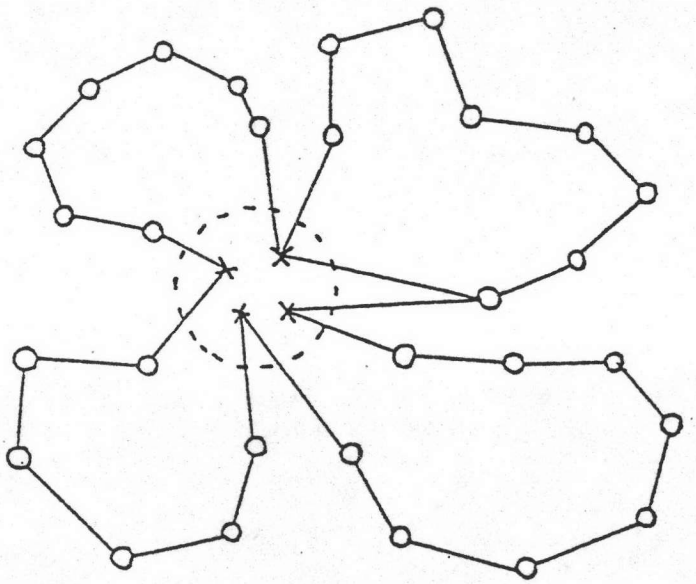
2.2.3.2 ในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่คำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่แท้จริง

	1 ..... i ..... N	N+1
1	α ..... d_{1i} ..... d_{1N}	d_{1*}
.	. . .	.
i	d_{i1} ..... α ..... d_{iN}	d_{i*}
.	. . .	.
N	d_{N1} ..... d_{Ni} ..... α	d_{N*}
N+1	d_{*1} ..... d_{*i} ..... d_{*N}	α

รูปที่ 3.6 เมตริกซ์ระยะทางเดิมของปัญหา

	1.....i.....N	N+1....N+M
1	α.....d_{1i}.....d_{1N}	d_{1*}.....d_{1*}
.	. . .	. .
i	d_{i1}.....α.....d_{iN}	d_{i*} d_{i*}
.	. . .	. .
N	d_{N1}.....d_{Ni}.....α	d_{N*} d_{N*}
N+1	d_{*1}.....d_{*i}.....d_{*N}	α.....α
.	. . .	. .
N+M	d_{*1}.....d_{*i}.....d_{*N}	α.....α

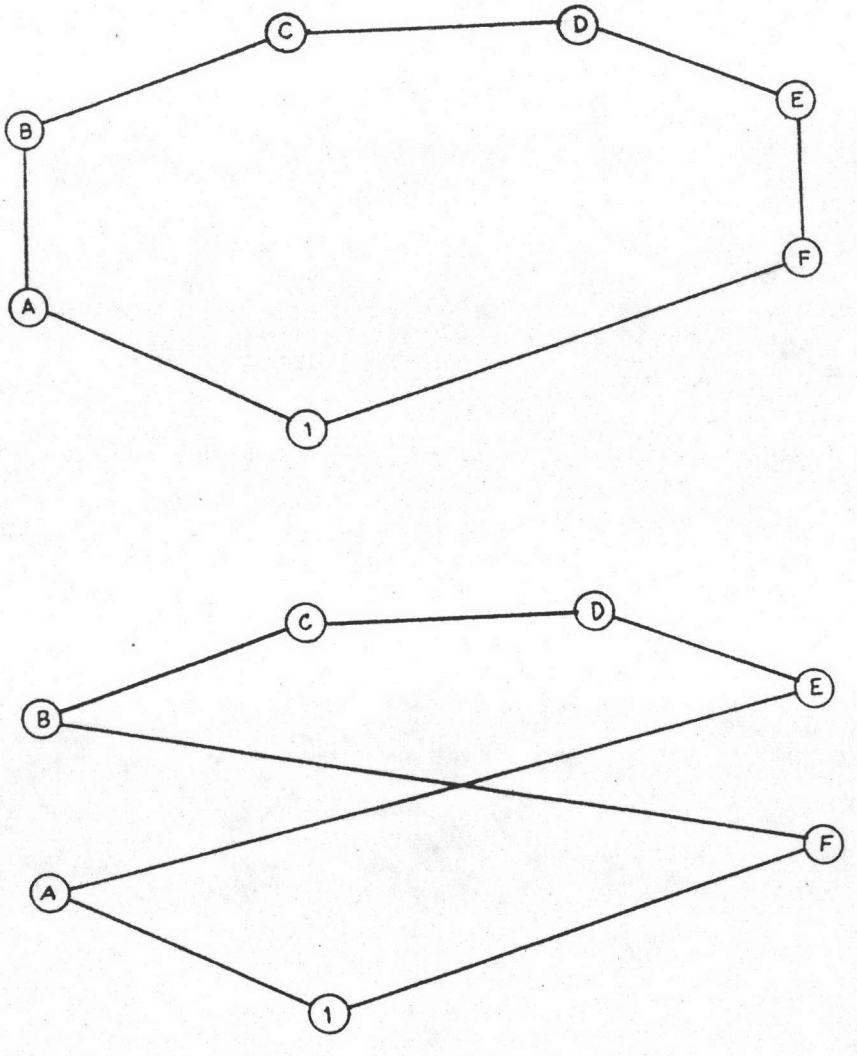
รูปที่ 3.7 เมตริกซ์ระยะทางที่เปลี่ยน



รูปที่ 3.8 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย M คน

2.2.4 The Partitioning and Decomposition Technique (Held and Karp,1970) วิธีนี้เป็นการลดขนาดของปัญหาโดยแบ่งเป็นปัญหาเล็กๆ และปัญหาเล็กๆเหล่านี้จะถูกแก้ไขโดยใช้เวลาที่น้อยกว่าการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ มีขั้นตอนเริ่มจากการสร้างทัวร์เริ่มต้น ทัวร์นี้จะถูกเลือกอย่างอิสระจากเซทของทัวร์ทั้งหมด จากนั้นจะทำการปรับปรุงทัวร์โดยเลือกใช้ K-OPT(โดยที่ K เป็นเลขจำนวนเต็ม)ทำการลดเส้นเชื่อมในทัวร์ออก K เส้นจากรูปที่ 3.9 แสดงการปรับปรุงทัวร์โดยเลือกใช้ 2-Opt

วิธีการดังกล่าวนี้เหมาะสำหรับใช้แก้ปัญหาของพนักงานขายขนาดใหญ่และใช้ไม่เวลามาก กรณีที่เลือกใช้ K-OPT ที่มีค่า K เป็นเลขจำนวนเต็มที่มีค่ามากๆ จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า แต่จะใช้เวลานานกว่า



รูปที่ 3.9 แสดงการปรับปรุงทัวร์ โดยใช้วิธี 2-Opt