หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาถึงการจัดตารางงานรถขนส่งรายวัน โดยขนส่งจากโรงงานแยกอากาศตัวอย่างที่ตั้งในจังหวัดสระบุรีไปส่งให้ลูกค้าต่าง ๆ ทั่วประเทศ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ทฤษฎีด้านพัสดุคงคลัง ทฤษฎีด้านการขนส่ง และทฤษฎีด้านการจัดตารางการผลิต

2.1 ทฤษฎีด้านระบบพัสดุคงคลัง (Inventory)

2.1.1 ค่าใช้จ่ายของระบบพัสดุคงคลัง

ระบบพัสดุคงคลัง หมายถึงวิธีการจัดหาพัสดุที่เกิดขึ้นจากการควบคุมค่าใช้จ่ายสองในสามหรือทั้งสามประเภทของพัสดุคงคลัง (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2542) โดยค่าใช้จ่ายของระบบทั้ง 3 ประเภทได้แก่

1) ค่าเก็บรักษาพัสดุ (Inventory Carrying Cost, C_1) หมายถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดเนื่องจากการเก็บรักษาพัสดุซึ่งประกอบด้วย ค่าเช่าสถานที่เพื่อเก็บพัสดุ (ถึงแม้ว่าโรงงานหรือบริษัทจะมีคลังสินค้าเองก็ต้องคิดเป็นค่าเช่า เพราะถ้าโรงงานไม่มีระบบพัสดุคงคลัง โรงงานก็อาจหารายได้จากการให้โรงงานอื่นเช่าคลังสินค้า หรือในอีกลักษณะหนึ่งคือไม่จำเป็นต้องเสียเงินลงทุนสร้าง และดำเนินการคลังสินค้านั้นๆ) ค่าเสื่อมคุณภาพหรือเสื่อมความนิยม ค่าประกันภัย ค่าดอกเบี้ยของเงินลงทุนที่ใช้ในการซื้อพัสดุคงคลัง ค่าปรับสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ค่าใช้จ่ายเหล่านี้แปรผันโดยตรงกับปริมาณพัสดุที่เก็บรักษา

2) ค่าร้างพัสดุหรือค่ารับใบสั่งซื้อล่วงหน้า (Shortage or Back-order Cost, C_2) หมายถึงค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการรับใบสั่งซื้อล่วงหน้า (ในกรณีที่ลูกค้ายอมรอ) การผลิตเร่งด่วนเพื่อส่งของให้ลูกค้า หรือค่าใช้จ่ายที่ประเมินจาก

การที่ต้องหยุดการผลิตเมื่อขาดพัสดุ การสูญเสียการขายสินค้า (Lost of Sales) และการสูญเสียค่านิยม (Lost of Goodwill)

3) ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่ง (Replenishment Cost or Ordering Cost, C_3) หมายถึง ค่าใช้จ่ายสำหรับการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต ซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายสำหรับการเตรียมออกใบสั่งซื้อ การขอใบเสนอราคาจากบริษัทต่าง ๆ การติดตามการสั่งซื้อและสั่งทำ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งถ่ายพัสดุ ค่าตรวจสอบคุณภาพ ค่าใบรับพัสดุ ค่าจัดทำบัญชีพัสดุ ค่าใช้จ่ายในการจ่ายเงินค่าพัสดุ และการติดตามผลการจ่ายเงิน สำหรับในกรณีของการสั่งผลิตค่าใช้จ่ายจะประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งผลิต การจัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือการผลิต การจัดเตรียมและฝึกสอนคนงาน (กรณีที่เป็นการผลิตสินค้าใหม่) และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนและควบคุมการผลิต

ผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้ง 3 ตัวนี้เรียกว่าค่าใช้จ่ายทั้งหมด (Total Cost) ของพัสดุคงคลัง ซึ่งจากค่าใช้จ่ายต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะมีหรือไม่มีพัสดุคงคลัง โรงงานหรือบริษัทก็จะต้องเสียค่าใช้จ่าย ดังนั้นการวิเคราะห์ความเหมาะสมของระบบพัสดุคงคลังก็คือการแสวงหาวิธีการที่จะทำให้โรงงานเสียค่าใช้จ่ายในเรื่องพัสดุน้อยที่สุด

2.1.2 เงื่อนไขในการบอกลักษณะของระบบพัสดุคงคลัง

วิธีการจัดหาของระบบพัสดุคงคลังก็คือคำตอบสำหรับคำถามเกี่ยวกับพัสดุคงคลังสองข้อคือ ควรจะสั่งซื้อเมื่อใด และด้วยจำนวนเท่าใด หลักเกณฑ์ในการกำหนดว่าควรจะสั่งซื้อเมื่อใด อาจกำหนดโดยใช้ปริมาณพัสดุคงคลังที่เหลืออยู่ในคลัง หรือโดยใช้กำหนดเวลาสั่งซื้อ สำหรับหลักเกณฑ์ในการกำหนดว่าควรจะสั่งซื้อจำนวนเท่าใด อาจกำหนดได้โดยใช้ ปริมาณสั่งซื้อตายตัว หรือปริมาณการสั่งซื้อที่จะทำให้พัสดุคงคลังมีปริมาณเท่าที่กำหนด

จากการที่ปริมาณการสั่งซื้อและความถี่ห่างของการสั่งซื้อแปรตามลักษณะของความต้องการใช้พัสดุในกรณีที่ทราบลักษณะของความต้องการว่าเป็นแบบแน่นอนตายตัว ลักษณะของระบบพัสดุคงคลังจะเป็นแบบ Deterministic แต่ถ้าลักษณะของความต้องการแปรผันไปตามสภาวะแวดล้อมใดๆ โดยที่สามารถหาค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของความผันแปรนั้นๆ ได้ ระบบพัสดุคงคลังจะเป็นแบบ Probabilistic

นอกจากพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้กล่าวถึงแล้ว ยังมีพารามิเตอร์อีกหลายตัวที่ทำให้ลักษณะของระบบพัสดุคงคลังแตกต่างกัน พารามิเตอร์เหล่านี้ได้แก่

- อัตราการส่งพัสดุเข้าคลัง (Replenishment Rate)
- อัตราการนำพัสดุออกไปใช้สนองความต้องการ (Demand Rate)
- ระยะเวลาระหว่างการออกใบสั่งซื้อกับการส่งพัสดุมาที่คลัง (ช่วงเวลานำ, Lead Time)
- ขอบข่ายจำกัดอื่น ๆ เช่น ขนาดของคลัง ลักษณะของคลัง เงินทุนสำหรับซื้อพัสดุ ฯลฯ

เพื่อเป็นการจำแนกลักษณะของระบบพัสดุคงคลัง จะอาศัยเงื่อนไขต่อไปนี้ในการบอกลักษณะของระบบพัสดุคงคลัง

1) การควบคุมค่าใช้จ่าย เป็นเงื่อนไขสำหรับแสดงว่าระบบพัสดุคงคลังนั้น ๆ มีการควบคุมค่าใช้จ่ายประเภทใดบ้างใน 3 ประเภท ถ้ามีการควบคุมค่าใช้จ่ายทั้งสามประเภท (ค่าเก็บรักษาพัสดุ ค่าร้างพัสดุ และค่าออกใบสั่งพัสดุ) ระบบพัสดุคงคลังจะถูกระบุเป็นระบบ (1,2,3) แต่ถ้าค่าใช้จ่ายประเภทหนึ่งประเภทใดไม่อาจควบคุมได้หรือไม่มีความจำเป็นต้องควบคุม ค่าใช้จ่ายประเภทที่ควบคุมจะถูกระบุแสดงระบบพัสดุคงคลังซึ่งได้แก่ ระบบ (1,2) (1,3) และ (2,3)

2) นโยบายการจัดหาพัสดุ เป็นเงื่อนไขซึ่งแสดงว่าการจัดหานั้นจะต้องใช้ระยะเวลา หรือปริมาณพัสดุคงเหลือในคลังเป็นเครื่องแสดงจุดสั่งซื้อ และจะต้องใช้ปริมาณการสั่งซื้อตายตัวหรือปริมาณที่ทำให้ปริมาณพัสดุคงคลังมีขนาดเท่าที่กำหนด ถ้าให้

   t = ช่วงห่างระหว่างการสั่งซื้อ (Scheduling Period) เรียก "ช่วงสั่งซื้อ"

   s = ปริมาณพัสดุคงเหลือในคลังที่จัดสั่งซื้อ (Reorder Point) เรียก "จุดสั่งซื้อ"

   q = ปริมาณการสั่งซื้อตายตัว (Lot Size) เรียก "ปริมาณสั่งซื้อ"

   S = ระดับพัสดุคงคลังกำหนด (Order Level) เรียก"ระดับสั่งซื้อ"

   ระบบพัสดุคงคลังจะถูกระบุเป็น (t,q) (t,s) (s,q) และ (s,S) เมื่อไม่มีช่วงเวลานำ

3) ลักษณะของความต้องการใช้พัสดุ เป็นเงื่อนไขแสดงว่าลักษณะความต้องการใช้พัสดุนั้นเป็นแบบแน่นอนตายตัว หรือเป็นแบบที่มีความผันแปร ระบบพัสดุคงคลังจะถูกระบุเป็นระบบ Deterministic หรือระบบ Probabilistic

2.1.3 ลักษณะของระบบพัสดุคงคลังแบบ Deterministic

ในการระบุลักษณะของระบบพัสดุคงคลัง ต้องระบุโดยอาศัยเงื่อนไขทั้งสามข้อที่กล่าวถึงข้างต้น เช่น เป็นแบบ Deterministic ใช้นโยบาย (s,q) และควบคุมค่าใช้จ่าย (1,3) แต่ในส่วนนี้จะกล่าวถึงระบบพัสดุคงคลังแบบ Deterministic เนื่องจากเป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด และเป็นระบบที่เข้าใจและวิเคราะห์ได้ง่าย ตัวพารามิเตอร์ต่าง ๆ ถูกกำหนดให้ทราบค่าเป็นค่าคงที่ เนื่องจากลูกค้าส่วนใหญ่จะมีลักษณะการใช้งานแบบต่อเนื่อง และมีอัตราการใช้ต่อวัน (Consumption Rate) ค่อนข้างคงที่ ระบบพัสดุคงคลังแบบนี้ประกอบด้วย

2.1.3.1 ระบบปริมาณสั่งซื้อตายตัว (Lot Size System)

ระบบพัสดุคงคลังนี้เป็นระบบที่การสั่งซื้อถูกกำหนดโดยจุดสั่งซื้อ s = 0 และปริมาณการสั่งซื้อตายตัว q ลักษณะการทำงานของระบบจะเริ่มด้วยการสั่งพัสดุ q หน่วย ใช้พัสดุด้วยอัตรา r คงที่จนพัสดุหมดแล้วทำการสั่งพัสดุเข้าคลังทันทีโดยไม่มีการขาดพัสดุ ค่าใช้จ่ายที่ควบคุมได้มีเฉพาะค่าเก็บรักษาพัสดุและค่าสั่งพัสดุ มีสมมติฐานดังนี้

(1) ความต้องการใช้พัสดุคงที่ ที่อัตรา r หน่วย/หน่วยเวลา
(2) การสั่งซื้อพัสดุเข้าคลังจะกระทำเมื่อปริมาณพัสดุคงคลังเหลือ 0
(3) ไม่อนุญาตให้มีการร้างพัสดุ
(4) ปริมาณการสั่งซื้อตายตัว q
(5) อัตราการส่งเข้าคลังเป็นแบบเฉียบพลัน
(6) ไม่มีช่วงเวลานำ
(7) ค่าเก็บรักษาพัสดุ/หน่วยพัสดุ คงที่, c_1 บาท/หน่วย/หน่วยเวลา
(8) ค่าสั่งพัสดุเข้าคลัง/ครั้ง คงที่, c_3 บาท/ครั้ง

2.1.3.2 ระบบระดับสั่งซื้อตายตัว (Order Level Systems)

เป็นระบบที่ใช้ระดับการสั่งซื้อ S เป็นตัวกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ ในการสั่งซื้อแต่ละครั้งจะสั่งในปริมาณที่ทำให้ระดับพัสดุคงคลังมีขนาดเท่ากับค่าของระดับสั่งซื้อที่กำหนด ระบบพัสดุคงคลังแบบนี้ใช้ช่วงการสั่งซื้อตายตัว ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งซื้อตายตัวจึงถือว่าควบคุมไม่ได้ ดังนั้นจึงควบคุมได้เฉพาะค่าเก็บรักษาพัสดุและค่าเสียหายจากการขาดมือเท่านั้น มีสมมติฐานดังนี้

(1) ความต้องการใช้พัสดุคงที่ ที่อัตรา r หน่วย/หน่วยเวลา
(2) ช่วงสั่งซื้อคงที่ t_p

(3) ระดับสั่งซื้อ S

(4) อัตราการส่งเข้าคลังเป็นแบบเฉียบพลัน

(5) ไม่มีช่วงเวลานำ

(6) ค่าเก็บรักษาพัสดุ/หน่วยพัสดุ คงที่, c_1 บาท/หน่วย/หน่วยเวลา

(7) ค่าเสียหายจากการขาดมือ/หน่วย คงที่, c_2 บาท/หน่วย/หน่วยเวลา

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

เป็นระบบการจัดซื้อพัสดุที่จะต้องใช้ระยะเวลา หรือปริมาณพัสดุคงเหลือในคลังเป็นเครื่องแสดงจุดสั่งซื้อ และจะต้องใช้ปริมาณการสั่งซื้อตายตัวหรือปริมาณที่ทำให้ปริมาณพัสดุคงคลังมีขนาดเท่าที่กำหนด และระบบนี้เป็นระบบที่สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายได้ทั้งสามประเภท มีสมมติฐานดังนี้

(1) ความต้องการใช้พัสดุคงที่ ที่อัตรา r หน่วย/หน่วยเวลา

(2) อัตราการส่งพัสดุเข้าคลังเป็นแบบเฉียบพลัน p = 0 , ปริมาณสั่งซื้อ q , ต้องกำจัดการร้างพัสดุก่อนการสะสมพัสดุคงคลัง

(3) ช่วงสั่งซื้อคงที่ t , ระดับสั่งซื้อ S

(4) ไม่มีช่วงเวลานำ

(5) ค่าเก็บรักษาพัสดุ/หน่วยพัสดุ คงที่, c_1 บาท/หน่วย/หน่วยเวลา

(6) ค่าเสียหายจากการขาดมือ/หน่วย คงที่, c_2 บาท/หน่วย/หน่วยเวลา

(7) ค่าสั่งพัสดุเข้าคลัง/ครั้ง คงที่, c_3 บาท/ครั้ง

การวิเคราะห์ระบบพัสดุคงคลังจะพิจารณากรณีความต้องการใช้พัสดุเป็นแบบต่อเนื่อง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระบบพัสดุคงคลังจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 2.1 เราจะเห็นได้ว่าจะสั่งซื้อด้วยปริมาณตายตัว q_P ส่วนที่เหลือเป็นตัวแปรคือ S ที่ต้องหาว่าจะมีขนาดเท่าใด จากรูป ก. เมื่อเราให้ S มีขนาดมากกว่า q_P ก็จะเห็นได้ว่าระบบจะมีเฉพาะค่าเก็บรักษาพัสดุ และถ้าเราให้ S น้อยกว่า 0 คือเกิดการร้างพัสดุตลอดเวลาดังแสดงในรูป ค. ค่าใช้จ่ายก็จะมีเฉพาะค่าเสียหายจากการขาดมือ จะเห็นได้ว่ากรณี ก. ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดเกิดขึ้นเมื่อ $S = q_P$ และ $S = 0$ ในกรณี ค. ดังนั้นจึงมีเพียงกรณีเดียวที่จะสามารถใช้ค่าที่เหมาะสมของ S คือ กรณี ข.

ในกรณี ข. ซึ่ง $0 \leq S \leq q$ ค่าใช้จ่ายของระบบที่เกิดขึ้นจะประกอบไปด้วยค่าเก็บรักษาพัสดุ ค่าเสียหายจากการขาดมือ ซึ่งเท่ากับค่าใช้จ่ายทั้งสองในระบบระดับสั่งซื้อตายตัว และค่าสั่งพัสดุที่เท่ากับค่าสั่งพัสดุในระบบปริมาณการสั่งซื้อตายตัว ค่าใช้จ่ายของระบบจะเป็น

$$TC = c_1 S^2 / 2q + c_2 (q-S)^2 / 2q + c_3 r / q$$

จาก Partial Differentiation

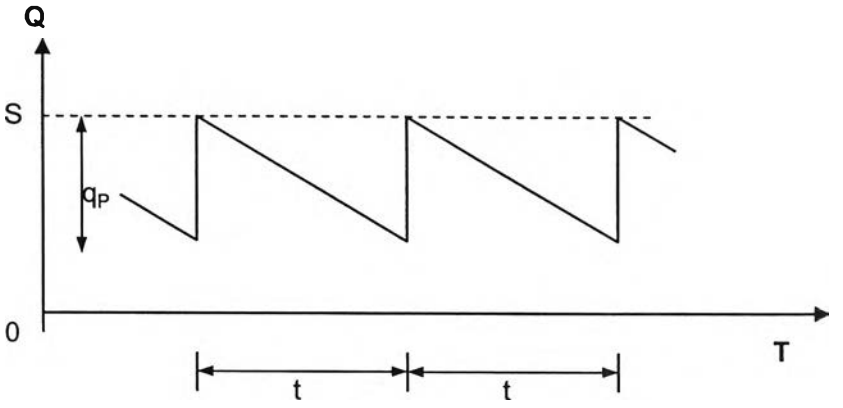
$$q^{*} = [\, 2rc_3 (c_1+c_2) / (c_1c_2) \,]^{1/2}$$

จากระบบปริมาณการสั่งซื้อตายตัวไม่อนุญาตให้มีการขาดพัสดุ c_2 จะมีค่ามากกว่า c_1 และ c_3

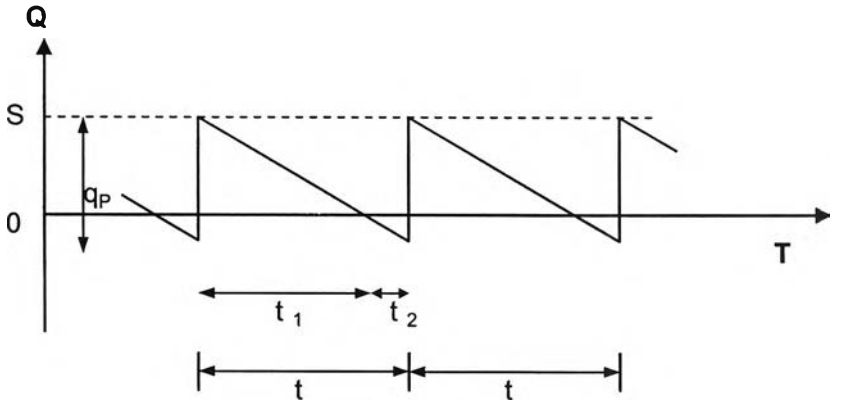
นั่นคือ $$q^{*} = (2c_3r / c_1)^{1/2}$$

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

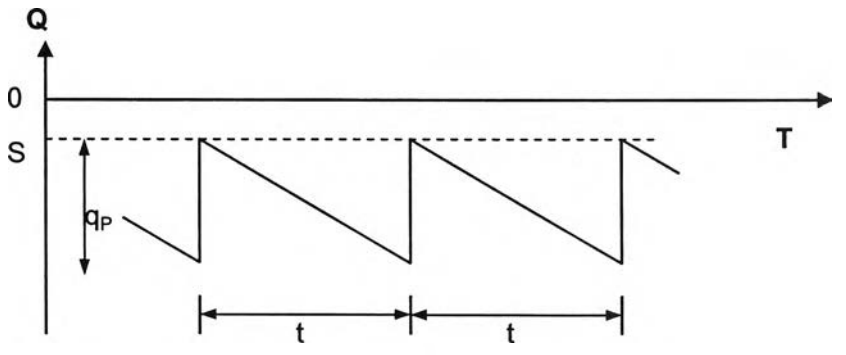
เนื่องจากในงานวิจัยนี้พัสดุคงคลังที่นำมาเป็นกรณีศึกษาคือแก๊สเหลว ซึ่งปัจจุบันมีการแข่งขันทางด้านการบริการสูงมาก และเป็นปัจจัยในการผลิตที่สำคัญ การร้างพัสดุคงคลังแต่ละครั้งหมายถึงการสูญเสียจำนวนมาก โดยเฉพาะในทางการแพทย์ (Liquid Oxygen) ซึ่งอาจหมายถึงชีวิตของคนไข้ที่ต้องใช้เครื่องช่วยหายใจ ดังนั้นจึงไม่อนุญาตให้มีการร้างพัสดุคงคลังได้ การวิเคราะห์พัสดุคงคลังจะอิงแบบปริมาณการสั่งซื้อตายตัว



ก. $S \geq q_P$



ข. $0 \leq S \leq q_P$



ค. $S \leq 0$

รูปที่ 2.1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงพัสดุคงคลัง

2.2 ทฤษฎีด้านการขนส่ง (Transportation)

เนื่องจากต้นทุนค่าขนส่งโดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 1 ใน 3 ถึง 2 ใน 3 ของค่าใช้จ่ายด้านลอจิสติกส์ (Logistics) ทั้งหมด การปรับปรุงประสิทธิภาพจึงควรพยายามใช้ประโยชน์จากเครื่องมือต่าง ๆ ในการขนส่งให้เกิดประโยชน์สูงสุด ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจะส่งผลไปถึงจำนวนเที่ยวขนส่งที่รถแต่ละคันจะทำได้ในช่วงเวลาหนึ่ง และต้นทุนด้านการขนส่ง เพื่อที่จะลดต้นทุนการขนส่งและเพิ่มระดับการบริการให้สูงขึ้น การเลือกเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดส่งของรถแต่ละคันเพื่อให้มีระยะทางสั้นที่สุด หรือใช้เวลาน้อยที่สุด จึงเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องทำการตัดสินใจ

2.2.1 รูปแบบปัญหาเส้นทางเดินรถ

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถมีพื้นฐานเริ่มจากความต้องการที่จุดต่าง ๆ และจะถูกบริการด้วยรถขนส่งโดยไม่มีข้อจำกัดด้านระยะเวลา และปริมาณที่จะต้องถูกบริการ ปัญหาดังกล่าวจะถูกแก้ปัญหาโดยให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำสุด และมีเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม

วิธีการแก้ปัญหาได้มีผลงานทางด้าน Operation Research ไว้มากมาย เช่น

2.2.1.1 The Traveling Salesman Problem (TSP) เป็นรูปแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย 1 คน โดยมีเงื่อนไขว่าพนักงานขายจะต้องเดินทางผ่านทุกเมือง และเดินทางกลับมายังจุดเริ่มต้น โดยมีระยะทางสั้นที่สุด

2.2.1.2 The Chinese Postman Problem เป็นการหาระยะทางที่สั้นที่สุดซึ่งจะต้องผ่านเส้นเชื่อมระหว่างเมืองต่าง ๆ อย่างน้อย 1 ครั้ง สามารถแก้ปัญหานี้โดยวิธี Polynomially-Bounded Algorithms

2.2.1.3 The M-Traveling Salesman Problem (TSP-M) เป็นรูปแบบปัญหาที่พัฒนามาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย 1 คน เป็นปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย M คนซึ่งจะเหมาะกับปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงมากกว่า

2.2.1.4 The Single Depot, Multiple Vehicle, Node Routing Problem (Classical Vehicle Routing Problem, VRP) เป็นรูปแบบปัญหาที่กล่าวถึงชุดเส้นทางของยานพาหนะที่ใช้ขนส่งสินค้า 1 แห่ง ไปยังจุดต่าง ๆ ที่มีความต้องการที่แน่นอน (Deterministic) โดยมีระยะทางทั้งหมดสั้นที่สุด

2.2.1.5 The Multiple Depot, Multiple Vehicle, Node Routing Problem เป็นรูปแบบปัญหาที่พัฒนามาจากรูปแบบปัญหาแบบที่ 2.2.1.4 โดยที่มีคลังสินค้าหลายแห่ง

2.2.1.6 The Single Depot, Multiple Vehicle, Node Routing Problem with Stochastic Demands เป็นรูปแบบปัญหาที่พัฒนามาจากรูปแบบปัญหาแบบที่ 2.2.1.4 โดยที่มีคลังสินค้า 1 แห่ง แต่ความต้องการของจุดต่าง ๆ ไม่ทราบแน่นอน (Certainly) เช่น ความต้องการเป็นการกระจายแบบ Poison

2.2.2 วิธีการแก้ปัญหาเส้นทางเดินรถ

จากการศึกษาปัญหาทางด้านการขนส่งแก๊สเหลวของบริษัทตัวอย่าง จะมีรูปแบบปัญหาเป็นแบบ (4) คือ Vehicle Routing Problem (VRP) ที่โรงแยกอากาศ 1 แห่ง จะมีลูกค้าที่ต้องส่งกระจายอยู่หลายแห่ง ในการแก้ปัญหาการขนส่งแบบนี้มีเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

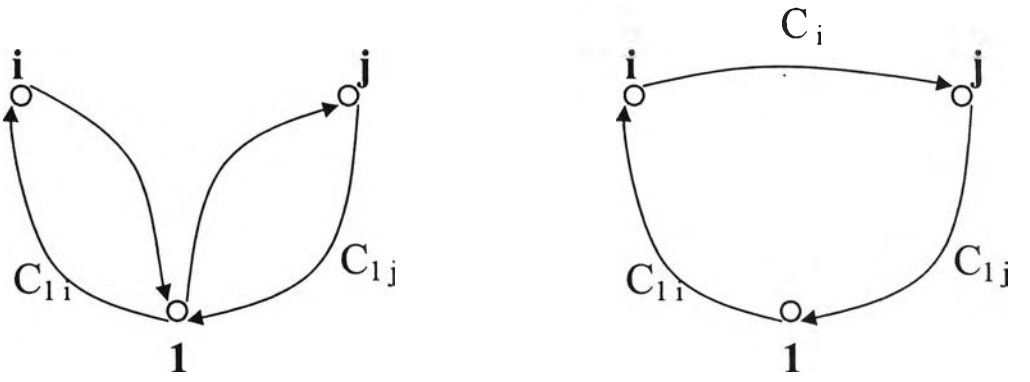
2.2.2.1 แบบประเภทคำตอบที่เหมาะสม (Optimal Solution) Branch and Bound Techniques เป็นวิธีที่จะให้คำตอบที่ดีที่สุด แต่ใช้เวลาในการคำนวณมาก เหมาะสมสำหรับจุดที่มีความต้องการน้อยกว่า 25 จุด วิธีการนี้ใช้การคำนวณหาขอบเขต (Bound) และใช้เมตริกซ์ที่ถูกลดค่าในการแตกกิ่งของเส้นทางเดินทางจาก 1 เซตย่อยไปเป็น 2 เซตย่อย (Branch)

2.2.2.2 แบบประเภทคำตอบที่ใกล้เคียงเหมาะสมที่สุด (Near Optimal Solution Heuristic) เป็นวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับจุดต่าง ๆ ที่มีความต้องการมากถึง 1,000 จุด และคำตอบที่ได้อาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่เป็นคำตอบที่ใกล้เคียงที่เหมาะสมที่สุด มีเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

2.2.2.2.1 The Saving Algorithm (G.Clarke and J.W.Wright, 1964) เป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนมาก เข้าใจง่าย สามารถใช้กับปัญหาที่มีจุดขนส่งจำนวนมากได้ วิธีการนี้เป็นวิธีการหนึ่งที่จะนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ เส้นทางเดินรถที่ประหยัดที่สุดแทนที่เราจะใช้รถ 2 คันในการบริการจุด i และจุด j แต่ถ้าเราใช้รถ 1 คันจะสามารถประหยัดเส้นทางจากรูปที่ 2.2 ได้ดังนี้

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

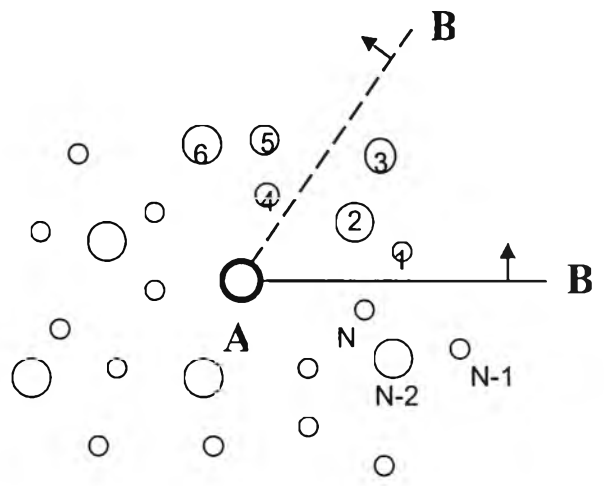
$S_{ij} = C_{1i} + C_{1j} - C_{ij}$ ถ้ามีค่ามากกว่า 0 แสดงว่ามีการประหยัด (Saving) ในการลดจำนวนเส้นทางลง



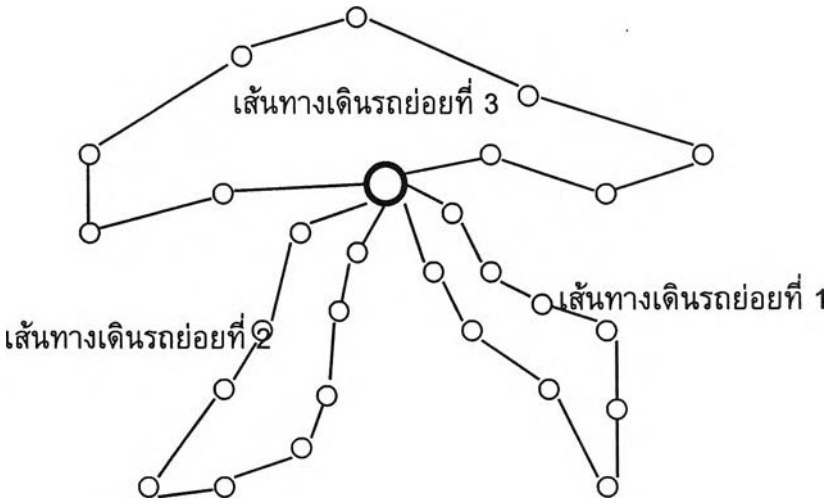
รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการดำเนินการของวิธี Saving Approach

2.2.2.2.2 The Sweep Approach (Gillett and Willer, 1974) วิธีนี้เหมาะกับปัญหาที่มีจุดขนส่งมากถึง 250 จุด มีขั้นตอนดังนี้ กำหนดจุดเดินทางและบอกลำดับที่ต้องเดินทางผ่านจุดต่าง ๆ โดยที่ตำแหน่งที่ตั้งจุดต่างๆ เป็น Polar Coordinate และคลังสินค้าอยู่ตรงกลางเป็นจุด A เราจะเลือกจุดเริ่มต้นแบบสุ่มและกวาดแขน AB (หมุนทวนหรือตามเข็มนาฬิกา) จากคลังไปยังจุดต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของแต่ละจุด ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ข้อบกพร่องของวิธีการนี้คือ

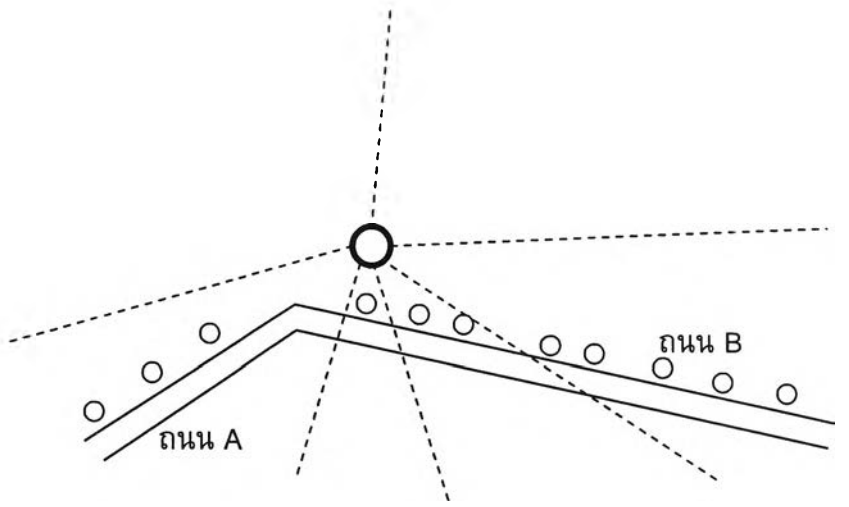
- ในกรณีที่คลังสินค้าไม่ได้อยู่ที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่ จะทำให้ได้เส้นทางมีขนาดไม่สมดุล แสดงให้เห็นว่าวิธีนี้ไม่สามารถจ่ายงานให้รถแต่ละคันได้อย่างสมดุล ดังรูปที่ 2.4
- วิธีการนี้ไม่ได้คำนึงถึงถนน ทำให้จุดที่ใกล้เคียงกันที่อยู่ถนนเส้นเดียวกันอาจไม่ได้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการดำเนินการของวิธี Sweep Approach



รูปที่ 2.4 แสดงรูปร่างที่ไม่สมดุลของเส้นทางเดินรถย่อย



รูปที่ 2.5 แสดงผลกระทบของถนนต่อระยะเวลาเดินทางของเส้นทางเดินรถย่อย

2.2.2.2.3 The Transformation to a Pure Travelling Salesman Problem Mode (Lin and Kernighan, 1973) **เป็นการแปลงรูปแบบปัญหาพนักงานขาย 1 คนไปเป็นรูปแบบปัญหาพนักงานขาย M คน N เมือง** จุดต่าง ๆ ที่มีความต้องการจะถูกแทนที่โดยพนักงานขาย M **คน** (N+1, N+2, ... N+M) **ได้เมตริกซ์ดังรูปที่** 2.6 **และรูปที่** 2.7 **สำหรับรูปที่** 2.8 **แสดงผลลัพธ์ของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย** M **คน ข้อบกพร่องของวิธีการนี้คือ**

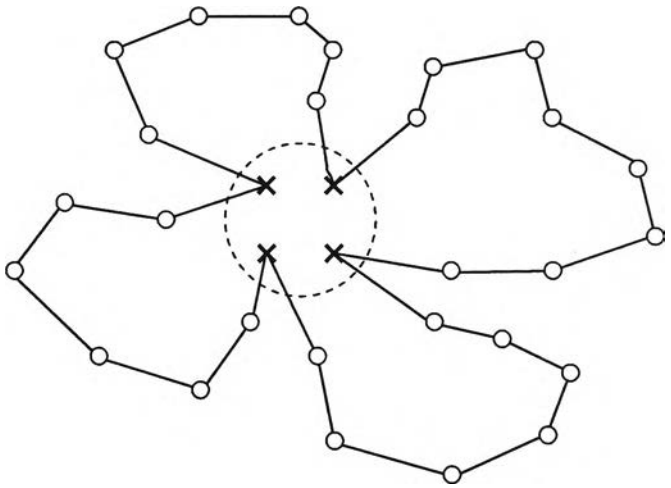
- **เส้นทางเดินรถจะมีระยะทางไม่เท่ากัน ทำให้มีปัญหาด้านการจัดสรรงาน**
- **ในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ คำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่แท้จริง**

	1 ..... i ..... N	N+1
1	α ..... d_{1i} ..... d_{1N}	$d_{1\cdot}$
.	. . .	.
i	d_{i1} ..... d_{ii} ..... d_{iN}	$d_{i\cdot}$
.	. . .	.
N	d_{N1} ..... d_{Ni} ..... α	$d_{N\cdot}$
N+1	$D_{\cdot 1}$ ..... $d_{\cdot i}$ ..... $d_{\cdot N}$	α

รูปที่ 2.6 เมตริกซ์ระยะทางเดิมของปัญหา

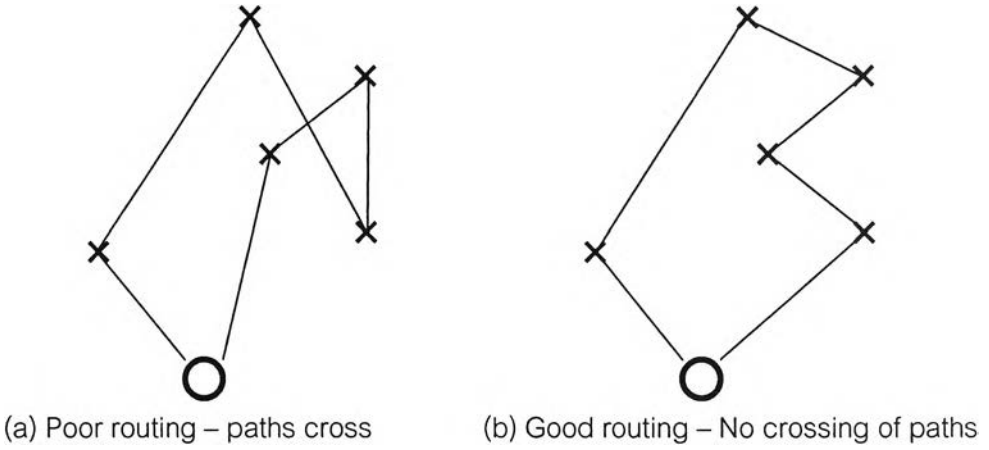
	1 ..... i ..... N	N+1 .... N+M
1	α ..... d_{1i} ..... d_{1N}	$d_{1\cdot}$ .... $d_{1\cdot}$
.	. . .	.
i	d_{i1} ..... d_{ii} ..... d_{iN}	$d_{i\cdot}$ .... $d_{i\cdot}$
.	. . .	.
N	d_{N1} ..... d_{Ni} ..... α	$d_{N\cdot}$ .... $d_{N\cdot}$
N+1	$d_{\cdot 1}$ ..... $d_{\cdot i}$ ..... $d_{\cdot N}$	α .... α
.	. . .	. ...
N+M	$d_{\cdot 1}$ ..... $d_{\cdot i}$ ..... $d_{\cdot N}$	α .... α

รูปที่ 2.7 เมตริกซ์ระยะทางที่เปลี่ยน



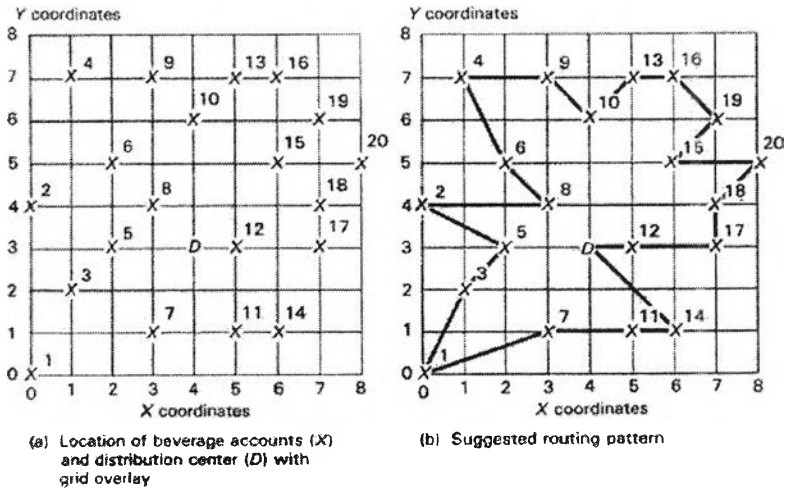
รูปที่ 2.8 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย M คน

2.2.2.2.4 Coincident Origin and Destination Points (Ballou R.H., 1992) เป็นรูปแบบปัญหาพนักงานขาย ("Traveling Salesman" Problem) ในกรณีที่จุดเริ่มต้นและจุดปลายทางเป็นจุดเดียวกัน เช่นการจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุก จากโกดังเก็บสินค้านำสินค้าไปส่งให้กับร้านค้าช่วง (Retailer) หลาย ๆ ร้าน แล้วจึงนำรถกลับมารับของที่โกดังเก็บสินค้าใหม่ หรือลักษณะของรถโรงเรียน ที่จะนำเด็กจากโรงเรียนไปส่งตามบ้านจนครบทุกคนแล้วจึงขับกลับโรงเรียนอีกครั้ง เป็นต้น ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะมีเงื่อนไขว่า การเดินทางจะสมบูรณ์เมื่อรถกลับมาถึงจุดเริ่มต้นอีกครั้งเท่านั้น โดยมีเป้าหมายว่าจะต้องมีระยะเวลาในการเดินทาง หรือเลือกใช้เส้นทางที่สั้นที่สุด ซึ่งหลักเบื้องต้นในการจัดเส้นทางคือจะต้องไม่ให้เส้นการเดินทาง (Paths of the route) ตัดกัน



รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างการจัดเส้นทาง

ในกรณีที่ความสัมพันธ์ของระยะทางระหว่างจุดแต่ละจุดหาได้ยาก หรือมีจำนวนจุดส่งสินค้าจำนวนมาก การกำหนดพิกัด (Coordinate) ของแต่ละจุดจะช่วยให้สามารถทำการคำนวณระยะระหว่างจุดได้ โดยอาจใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณและเลือกเส้นทางที่มีระยะทางรวมสั้นที่สุด

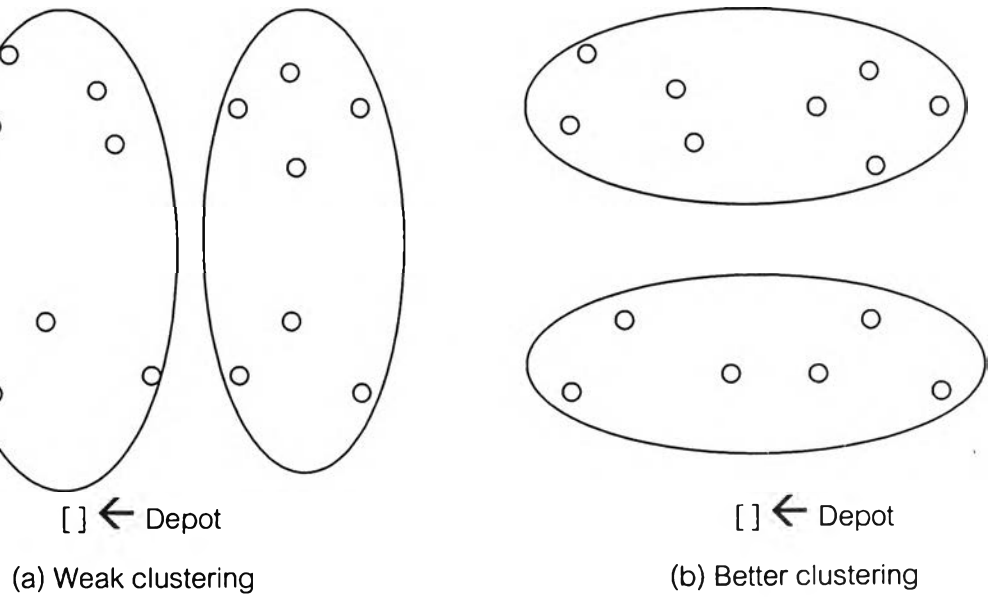


รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างจุดส่งสินค้า และเส้นทางการจัดส่งที่แนะนำ

2.2.2.2.5 Clustering for Assigning Stop to Vehicles (Ballou R.H., 1992) เป็นการจัดกลุ่ม (Cluster) ลูกค้าสำหรับการจัดส่งลูกค้าหลายรายใน 1 เที่ยวขนส่ง จะมีหลักการเป็นแนวทาง 8 ข้อดังนี้

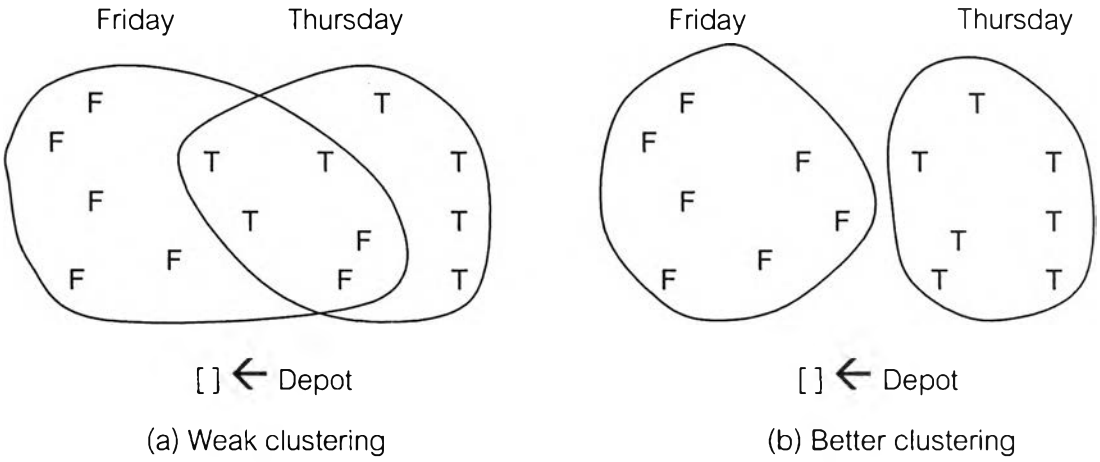
(1) *Load trucks with stop volumes that are in the closes proximity to each other* : เส้นทางเดินรถควรจัดให้ไปส่งลูกค้าที่อยู่ใกล้กัน ซึ่งการจัดกลุ่มลูกค้าจะต้องพยายามจัดให้ลูกค้าที่อยู่ใกล้กันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน เพื่อที่จะลดระยะการเดินทางระหว่างจุดส่งสินค้าในการเดินทางแต่ละเที่ยว ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาเดินทางโดยรวมของเส้นทางการขนส่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.11

(2) *Stops on different days should be arranged to produce tight clusters* : เมื่อมีการส่งลูกค้าในแต่ละวัน การจัดส่งลูกค้าในเที่ยวขนส่งคนละเที่ยวกันไม่ควรซ้อนทับ (Overlap) กัน ซึ่งการทำดังนี้จะช่วยลดจำนวนรถขนส่งที่จำเป็นลงได้ รวมถึงช่วยลดเวลาและระยะทางที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดส่งด้วย รูปที่ 2.12 จะแสดงตัวอย่างของการจัดกลุ่มลูกค้าที่ดีและไม่ดี



รูปที่ 2.11 การจัดกลุ่มลูกค้าตามปริมาณการขนส่งของรถขนส่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.12 การจัดกลุ่มลูกค้าแต่ละวันในสัปดาห์

(3) *Build routes beginning with the farthest stop form the depot* : ประสิทธิภาพของการจัดเส้นทางสามารถเพิ่มได้โดยการสร้างกลุ่มลูกค้า โดยเริ่มพิจารณาจากลูกค้าที่อยู่ห่างจากจุดต้นทางมากที่สุดให้เป็นจุดเริ่มต้น (Key Stop) จากนั้นหากปริมาณการขนส่งยังไม่เต็มความจุรถ จึงมาพิจารณาลูกค้าที่อยู่ถัดเข้ามาเรื่อย ๆ จนกระทั่งสามารถขนส่งได้เต็มเที่ยวขนส่ง แล้วจึงเริ่มมาพิจารณาเส้นทางการขนส่งของรถคันต่อไป โดยเลือกลูกค้าที่อยู่ไกลสุดในบรรดาลูกค้าที่เหลืออยู่ที่ยังไม่ได้กำหนดรถขนส่ง ทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนกำหนดลูกค้าให้กับรถครบทุกราย

(4) *The sequence of stop on a truck route shcuild form a teardrop pattern* : การกำหนดเส้นทางขนส่งให้แก่รถขนส่งแต่ละคันจะต้องไม่มีเส้นทางการวิ่งที่ตัดกันใน 1 เที่ยว ซึ่งเส้นทางการขนส่งที่ได้จะเป็นรูปหยดน้ำ (Teardrop Shape) ดังที่เคยแสดงไปแล้วในรูปที่ 2.9 (b)

(5) *The most efficient routes are built using the largest vehicles available* : ในทางอุดมคติจะพยายามใช้รถขนส่งที่มีความจุมากที่สุดเพื่อที่จะสามารถส่งลูกค้าได้ทั้งหมดใน 1 เที่ยวขนส่ง ซึ่งจะช่วยให้เกิดระยะทางในการขนส่งโดยรวมสั้นที่สุด และเกิดต้นทุนการขนส่งต่ำสุด

ดังนั้นในทางปฏิบัติรถขนส่งที่มีขนาดใหญ่ที่สุดจะถูกเลือกมาพิจารณาก่อน

(6) *Pickups should be mixed into delivery routes rather than assigned to the end of routes* : รถบรรทุกขนาดเล็กจะถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันการดัดกันของเส้นทางขนส่ง เมื่อมีลูกค้าบางรายมีข้อจำกัดบางประการเกิดขึ้น เช่น จำเป็นต้องไปส่งที่จุดสุดท้ายหลังจากส่งให้ลูกค้ารายอื่น ๆ ครบแล้ว หรือจำเป็นต้องส่งเป็นที่แรกก่อนส่งลูกค้ารายอื่น ๆ นอกจากนี้ข้อจำกัดด้านพื้นที่ก็มีส่วนที่ทำให้จำเป็นต้องใช้รถบรรทุกขนาดเล็กเช่นกัน

(7) *A stop that is greatly removed form a route cluster is a good candidate for an alternate means of delivery* : ลูกค้า (stop) ที่ตั้งอยู่โดยลำพังจากกลุ่มลูกค้าอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีปริมาณความจุของคลังสินค้าต่ำ จะต้องเสียเวลาในการจัดส่งและเสียกำลังการขนส่งไปโดยไร้ประสิทธิภาพ ดังนั้นลูกค้าเหล่านี้ควรใช้รถบรรทุกขนาดเล็กในการขนส่ง หรืออาจใช้รถเช่า (For-hire transportation service) ในการขนส่งก็ได้เช่นกัน

(8) *Narrow stop time window restrictions should be avoided* : การที่ลูกค้าบางรายมีช่วงเวลาที่สะดวกจะรับสินค้าแคบ จะส่งผลให้การจัดการขนส่งห่างไกลจากรูปแบบที่ควรจะเป็นออกไปอีก เนื่องจากจำเป็นต้องเข้าไปส่งสินค้าให้แก่ลูกค้ารายดังกล่าว ให้ทันในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งในกรณีนี้จำเป็นต้องอาศัยการเจรจาต่อรองเพื่อขยายช่วงเวลาที่สามารถเข้าส่งสินค้าได้ให้กว้างมากขึ้น

2.3 ทฤษฎีด้านการจัดตารางการผลิต (Scheduling)

ทฤษฎีด้านการจัดตารางการผลิตจะนำมาใช้โดยตั้งสมมติฐานดังนี้

a) พิจารณาให้รถขนส่ง 1 คัน เป็นเสมือนเครื่องจักร 1 เครื่อง

b) รถแต่ละขนาด (R1, M, L2 และ L1) เป็นเสมือนชนิดของเครื่องจักร

c) กำหนดส่งมอบที่ลูกค้ากำหนดให้เข้าส่ง (สำหรับลูกค้าที่อนุญาตให้ส่งเมื่อสั่งซื้อเท่านั้น) หรือวันที่ลูกค้ามีระดับสต็อกอยู่ที่จุด Reorder Point (สำหรับลูกค้าที่ให้บริษัทผู้ผลิตดูแลระดับสต็อกให้) จะเป็นเสมือนเวลากำหนดส่งงาน (Due Date)

d) ระยะเวลาในการจัดส่ง อันได้แก่เวลาที่รถขนส่งใช้ในการนำแก๊สเหลวออกจากโรงงานไปส่งให้ลูกค้า จนกระทั่งนำรถเปล่ากลับมาที่โรงงานอีกครั้งและพร้อมที่จะขนส่งเที่ยวใหม่ (รวม Setup Time) จะเป็นเสมือนเวลาการไหลของงาน (Flow Time)

ทฤษฎีด้านการจัดตารางการผลิตที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

2.3.1 หลักการจัดลำดับงาน n ชนิดให้เครื่องจักร 1 เครื่อง

Backer ได้ให้คำจำกัดความของการจัดตารางการผลิต (Scheduling) ว่าเป็นการจัดสรรทรัพยากรที่มีในเวลาหนึ่งๆ เพื่อการดำเนินงานต่างๆ คุณสมบัติพื้นฐานของการจัดงาน n ชนิดให้เครื่องจักร 1 เครื่องมีดังนี้

(1) มีงาน n งาน โดยแต่ละงานมี 1 ขั้นตอน (Operation)และทุกงานสามารถเริ่มทำที่เวลา t=0

(2) งานแต่ละงานอาจมี เวลาเตรียมงาน (Set Up Time) ต่างกัน แต่เวลาเตรียมงาน (Set Up Time) ของแต่ละงานจะไม่เปลี่ยนไม่ว่าจะสลับลำดับการทำงานอย่างไร ดังนั้น เวลาเตรียมงาน (Set Up Time) จะรวมอยู่ในเวลาปฏิบัติงาน (Processing Time)

(3) ลักษณะต่างๆของงานเป็นสิ่งที่ทราบล่วงหน้า ได้แก่ วิธีการทำงาน, เวลาในการทำงาน,หรือกำหนดส่งงาน

(4) เครื่องจักรมีการปฏิบัติงานต่อเนื่องโดยถือว่าไม่มีเวลาเครื่องจักรหยุดว่าง (Idle Time)

(5) เมื่อเครื่องจักรปฏิบัติงานใดๆอยู่จะไม่มีการแทรกงาน

2.3.2 วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตสามารถจำแนกได้ตามตัววัดผล (Performance Measure) ดังต่อไปนี้

(1) เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time) หมายถึงค่าเฉลี่ยของงานที่อยู่ในระบบ หาได้จากสมการ

$$\overline{F} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} Fj$$

โดยที่ $F_j = C_j - r_j$

F_j = เวลาการไหลของงาน j

C_j = เวลาที่งาน j เสร็จ

r_j = เวลาที่พร้อมจะเริ่มงาน j

และเนื่องจากคุณสมบัติพื้นฐานของการจัดงาน n ชนิดให้เครื่องจักร 1 เครื่องข้อที่ 1 ทำให้ $r_j = 0$ ดังนั้น $F_j = C_j$

(2) เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Lateness) หมายถึงค่าเฉลี่ยเวลาสายของงานในระบบหาได้จากสมการ

$$\overline{L} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} Lj$$

โดยที่ $L_j = C_j - d_j$

L_j = ระยะเวลาของงานที่เสร็จก่อนหรือหลังเวลาที่กำหนด

C_j = เวลาที่งาน j เสร็จ

d_j = เวลากำหนดส่งงาน j

และเนื่องจากคุณสมบัติพื้นฐานของการจัดงาน n ชนิดให้เครื่องจักร 1 เครื่องข้อที่ 1 ทำให้ $r_j = 0$ ดังนั้น $C_j = F$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$L_j = F_j - d_j$$

(3) ค่าเฉลี่ยของงานสาย (Mean Tardiness) หมายถึงค่าเฉลี่ยของเวลางานสายในระบบ หาได้จากสมการ

$$\bar{T} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} Tj$$

โดยที่ $T_j = \max\{0, L_j\}$

L_j = ระยะเวลาของงานที่เสร็จก่อนหรือหลังเวลาที่กำหนด

(4) จำนวนงานที่สาย (Number of tardy jobs) หมายถึงจำนวนงานที่สายในระบบ

$$N_T = \sum_{j=1}^{n} \delta(Tj)$$

โดย $\delta(X) = 1$ ถ้า $X > 0$

$\delta(X) = 0$ ถ้า X มีค่าอื่นๆ

$T_j = \max\{0, L_j\}$

L_j = ระยะเวลาของงานที่เสร็จก่อนหรือหลังเวลาที่กำหนด

2.3.3 การจัดงาน n ชนิดให้เครื่องจักร 1 เครื่อง โดยไม่คำนึงถึงกำหนดส่งงาน

(1) การจัดลำดับงาน โดยมีจุดประสงค์ให้ค่าเฉลี่ยเวลาผลิตรวมมีค่าน้อยที่สุด (Minimize Mean Flowtime) การผลิตโดยค่าเฉลี่ยเวลาผลิตรวมมีค่าน้อยที่สุด ต้องจัดลำดับโดยจัดลำดับงานจากงานที่ใช้เวลาทำงานน้อยไปหามาก (Shortest Processing Time, SPT)

$t_{[1]} \leq t_{[2]} \leq t_{[3]} \leq \cdots \leq t_{[n]}$

(2) การจัดลำดับงาน ให้มีค่าเฉลี่ยเวลาผลิตรวมที่มีปัจจัยน้ำหนักมีค่าน้อยที่สุด (Minimize Weight Mean Flowtime) กรณีที่มีความสำคัญแต่ละงานไม่เท่ากัน จะมีการกำหนดค่าปัจจัยน้ำหนัก (W) งานที่มีความสำคัญมากจะให้ปัจจัยน้ำหนักมาก การผลิตโดยค่าเฉลี่ยเวลาผลิตรวมที่มีปัจจัยน้ำหนัก (Weight Mean Flowtime) น้อยที่สุดต้องจัดลำดับโดยเลือกงานที่มีค่าเวลา

หารด้วยน้ำหนักมีค่าน้อยไปหามาก (Weight Shortest Processing Time, WSPT)

$$t_{[1]}/w_{[1]} \leq t_{[2]}/w_{[2]} \leq t_{[3]}/w_{[3]} \leq \ldots \leq t_{[n]}/w_{[n]}$$

2.3.4 การจัดงาน n ชนิดให้เครื่องจักร 1 เครื่อง โดยคำนึงถึงกำหนดส่งงาน

การจัดลำดับงานซึ่งมีกำหนดส่งงาน สิ่งที่พิจารณาคือเวลาเสร็จงานก่อนหรือหลังกำหนด (Lj) ซึ่งคือเวลาเสร็จงานลบด้วยเวลาส่งงาน $L_j = C_j - d_j$ ซึ่งการพิจารณาเวลาเสร็จงานก่อนหรือหลังทำได้ 3 ชนิดคือ

(1) ค่าเฉลี่ยเวลาเสร็จงานก่อนหรือหลังน้อยที่สุด (Minimize Mean Lateness) การจัดลำดับงานเพื่อให้ค่าเฉลี่ยเวลาเสร็จงานก่อนหรือหลังน้อยที่สุด โดยใช้หลัก SPT คือ

$$t_{[1]} \leq t_{[2]} \leq t_{[3]} \leq \ldots \leq t_{[n]}$$

(2) ค่ามากที่สุดเวลาเสร็จงานก่อนหรือหลัง (Maximum Job Lateness) มีค่าน้อยที่สุด (Min,Lmax) สามารถจัดลำดับงานได้โดยจัดงานที่มีกำหนดส่งงานก่อนมาทำก่อน (Earliest Due Date, EDD) คือ

$$d_{[1]} \leq d_{[2]} \leq d_{[3]} \leq \ldots \leq d_{[n]}$$

(3) ค่าน้อยที่สุดเวลาเสร็จงานก่อนหรือหลัง (Minimum Job Lateness) มีค่ามากที่สุด (Max,Lmin) สามารถจัดลำดับงานได้โดยหาเวลา slack คือ เวลาที่ทำงานเสร็จจนถึงกำหนดส่งงาน (di - pi) และจัดลำดับงานจาก Slack น้อยที่สุดก่อน (Minimum Slack Time, MST) คือ

$$d_{[1]}-p_{[1]} \leq d_{[2]}-p_{[2]} \leq d_{[3]}-p_{[3]} \leq \ldots \leq d_{[n]} - p_{[n]}$$

2.3.5 Heuristics Method

วิธีการทาง Heuristics Method จะเป็นการนำกฎต่างๆมาใช้ในการหาผลลัพธ์ที่น่าพอใจของปัญหา ซึ่งวิธีที่ทำให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจนั้นไม่สามารถรับรองได้ว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

ซึ่งวิธีการนี้สามารถหาผลลัพธ์ของปัญหาที่มีขนาดใหญ่โดยไม่ต้องคำนวณมากนัก กฎต่างๆที่เป็น ฮิวริสติคส์ (Heuristics) ได้แก่

2.3.5.1 Priority Dispatching Rules กฎในการเลือกงานเข้าเครื่องจักรอันได้แก่

(1) ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน (Shortest Processing Time) คืองานใดที่ใช้เวลาการทำงานน้อยที่สุด จะได้รับการจัดเข้าเป็นอันดับแรก และจะจัดงานเรียงลำดับจากงานที่มีเวลาการทำงานน้อยไปมาก

(2) รับก่อนทำก่อน (First Come – First Served) กล่าวคือ งานที่เข้ามาที่หน่วยงานหรือเครื่องจักร จะเข้าแถวคอยรับบริการตามลำดับก่อนหลังของการมาถึงของงาน

(3) MWKR (Most Work Remaining) การเลือกการทำงานที่มีปริมาณงานที่ยังไม่เสร็จมากที่สุดก่อน

(4) MOPNR (Most Operations Remaining) การเลือกงานที่มีจำนวนขั้นตอนของงานที่ยังไม่เสร็จก่อน

(5) LWKR (Least Work Remaining) การเลือกการทำงานที่มีปริมาณงานที่ยังไม่เสร็จน้อยที่สุดก่อน

(6) RANDOM(Random) เลือกงานแบบสุ่ม

2.3.5.2 Sampling Procedures วิธีนี้จะทำการแก้ปัญหาในการสร้าง Schedule อย่างสุ่ม จำนวนตัวอย่างจากการสุ่มที่มากกว่าจะได้คำตอบที่เข้าใกล้ความเหมาะสมมากกว่าจำนวนตัวอย่างน้อยกว่า

2.3.5.3 Probabilities Dispatching Procedures เป็นการนำความน่าจะเป็นมาใช้ในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

2.4 สรุป

จากทฤษฎีทั้ง 3 ส่วนที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและนำเอาส่วนที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับการจัดตารางงานรถขนส่งแก๊สเหลว เพื่อให้การจัดตารางงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทฤษฎีที่นำมาใช้จะถูกสรุปอยู่ในบทที่ 4