สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการบริหารจัดการขนส่งสินค้านั้น นอกเหนือจากการบริหารจัดการรถขนส่งสินค้าแล้ว ยังประกอบไปด้วยการจัดการวางแผนในหลาย ๆ ด้าน ซึ่งในงานหนึ่ง ๆ จะมีปัญหาที่มีรูปแบบและลักษณะแตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตาม เราสามารถจำแนกการบริหารจัดการตามระดับนโยบายในการวางแผน ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ ระดับกลยุทธ์ (Strategic) ระดับยุทธวิธี (Tactical) และระดับปฏิบัติการ (Operational) (Crainic, T.G. และคณะ, 1997) ดังนี้

- การจัดการระดับกลยุทธ์ (Strategic Management) เป็นการวางแผนในระยะยาว ซึ่งจะพิจารณาแผนงานในช่วงเริ่มต้นโครงการ เช่น การเลือกที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า การกำหนดจำนวนรถบรรทุกที่ต้องใช้ เป็นต้น
- การจัดการระดับยุทธวิธี (Tactical Management) เป็นการวางแผนการจัดการในระยะกลาง ซึ่งเป็นตัวกำหนดแนวทางการจัดการ เช่น การกำหนดโครงข่ายเส้นทางที่ใช้จัดส่งสินค้า การจัดสรรทรัพยากร การเลือกใช้ระบบปฏิบัติการ เป็นต้น
- การจัดการระดับปฏิบัติการ (Operational Management) เป็นการบริหารจัดการระยะสั้นแบบวันต่อวัน ซึ่งจะต้องแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นเพื่อให้สามารถดำเนินการต่อไปได้ด้วยดี ตัวอย่างของการจัดการในระดับนี้ เช่น การจัดเส้นทางและตารางเวลาการเดินรถ การจัดสินค้าให้กับรถบรรทุก เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าการจัดตารางเวลาเดินรถเป็นงานระดับปฏิบัติการที่ต้องกระทำเป็นประจำทุกวัน และเป็นการบริหารงานที่มีข้อจำกัดจำนวนมาก เช่น จำนวนทรัพยากรที่มีจำกัด ข้อจำกัดของช่วงเวลาที่อนุญาตให้รถบรรทุกสามารถวิ่งได้ รวมถึงช่วงเวลาทำการของโรงงาน (Window Time) เป็นต้น นอกจากนี้ ในการจัดการจะต้องสามารถตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นงานที่ต้องวางแผนเป็นรายวัน ทำให้มีเวลาในการวางแผนหรือตัดสินใจที่จำกัดอีกด้วย

เนื้อหาในส่วนของบทนี้ กล่าวถึงการศึกษา ทบทวนทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ (1) ทฤษฎีและแนวความคิดทางด้านการจัดตารางเวลา (2) เทคนิคในการหาคำตอบ (3) ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ และ (4) การศึกษางานวิจัยในอดีต

2.1 ทฤษฎีและแนวความคิดทางด้านการจัดตารางเวลา

ปารเมศ ชุติมา (2546) อธิบายว่า การจัดตาราง หมายถึง การจัดสรรทรัพยากร (Resource) ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับภารกิจ (Task) จำนวนหนึ่งภายใต้ระยะเวลาที่กำหนดให้เพื่อที่จะทำให้องค์กรสามารถบรรลุถึงเป้าหมาย (Goal) หรือ วัตถุประสงค์ (Objective) สูงสุดที่กำหนดไว้ได้ การจัดตารางเดินรถก็คือการจัดการรถขนส่งซึ่งรวมทั้งหัวลาก (Tractor) และหางหรือตู้สินค้าพ่วง (Trailer) ในการขนส่งสินค้าตามที่ได้รับมอบหมายอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพมากที่สุดภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ

Bodin และคณะ (1983) ได้ให้ความหมายของปัญหาการจัดตารางเดินรถไว้ว่า คือ การที่รถขนส่งจำนวนหนึ่ง (A Fleet of Vehicles) จะต้องขนส่งสินค้าไปยังกลุ่มของสถานที่กลุ่มหนึ่ง (A Set of Nodes and/or Arcs) ให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา ในการพิจารณาปัญหาการจัดตารางเวลา กิจกรรมทุกกิจกรรมในกระบวนการขนส่งจะต้องนำตัวแปรเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง สิ่งที่สำคัญอีกอย่างของการจัดตารางเดินรถที่จะต้องพิจารณา คือ สถานที่ กล่าวคือรถขนส่งคันหนึ่ง ๆ จะต้องส่งสินค้า ณ สถานที่และเวลาที่ถูกต้อง (Space and Time) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ก็คือ รถคันหนึ่งไม่สามารถส่งสินค้าสองแห่งในเวลาเดียวกันได้ นั่นเอง โดยทั่วไป ปัญหาของการจัดตารางเวลาเดินรถสามารถแบ่งออกเป็นประเด็นปัญหาได้ 3 อย่าง คือ

1) ปัญหาด้านระยะทางหรือเวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Vehicle Scheduling Problem with Length of Path Restriction) เช่น รถคันหนึ่งสามารถวิ่งในระยะทางหรือเวลาที่จำกัดเพราะต้องเติมน้ำมัน (Fuel restrictions) หรือเพื่อรักษาสภาพยืดอายุการใช้งาน (Maintenance Considerations)

2) ปัญหาของประเภทของงานที่ต้องใช้รถขนส่งที่เฉพาะเจาะจง (Vehicle scheduling Problem with Multiple Vehicle Types) กล่าวคือ มีสินค้าหลายประเภทที่แตกต่างกันและต้องใช้รถในการขนส่งสินค้าแต่ละประเภทไม่เหมือนกัน

3) ปัญหาด้านจำนวนคลังสินค้าหรืออู่จอดรถที่มากกว่าหนึ่งแห่ง (Vehicle Scheduling Problem with Multiple Depots) ทำให้การขนส่งจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในการมอบหมายงานให้กับรถขนส่งสินค้าแต่ละคันว่าจะต้องไปส่งสถานที่ใดบ้าง

ในการศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถ ยังสามารถจำแนกตามคุณลักษณะของปัญหา (Characteristics of Problems) ได้ดังนี้

1. จำนวนรถ (Size of Available Fleet)
   - รถหนึ่งคัน (One Vehicle)
   - รถมากกว่าหนึ่งคัน (Multiple Vehicles)
2. ประเภทของรถ (Type of Available Fleet)
   - รถชนิดเดียว (Homogeneous—only one type)
   - รถหลายชนิด (Multiple Types)
   - รถชนิดพิเศษโดยเฉพาะ (Special Vehicle Types)
3. สถานที่จอด/พักรถ (Housing of Vehicles)
   - มีแห่งเดียว (Single Depot—domicile)
   - มีหลายแห่ง (Multiple Depots)
4. ลักษณะของปริมาณงาน (Nature of Demands)
   - ทราบปริมาณแน่นอน (Deterministic Demand—known demand)
   - ไม่ทราบปริมาณที่แน่นอน (Stochastic Demand Requirements)
   - แบบทราบเพียงบางส่วน (Partial Satisfaction of Demand)
5. ลักษณะสถานที่ตั้งของงาน (Location of Demands)
   - ตำแหน่ง (Nodes)
   - เส้นทาง (Arcs)
   - ผสมผสาน (Mixed)
6. ความสามารถในการบรรทุกสินค้าของรถขนส่ง (Vehicle Capacity Restrictions)
   - จำกัด (Imposed: all the same/different capacities)
   - ไม่จำกัด (Not Imposed—unlimited capacity)

7. ข้อจำกัดด้านเวลาของเส้นทาง (Maximum Route Times Restrictions)
   - จำกัด (Imposed: same for all the routes/different for each route)
   - ไม่จำกัด (Not Imposed)

ปารเมศ ชุติมา (2546) ได้แบ่งลักษณะปัญหาการจัดตารางออกเป็น 5 ประเภท คือ

1. ลักษณะของคำสั่งซื้อจากลูกค้า
   - ระบบเปิด (Open Shop) คำสั่งซื้อทั้งหมดจะสั่งโดยตรงจากลูกค้า และไม่มีการเก็บสต๊อกของสินค้าสำเร็จรูป
   - ระบบปิด (Closed Shop) ปิดคำสั่งซื้อทั้งหมดของลูกค้าจะสนองตอบโดยใช้สินค้าในคลังสินค้า และการผลิตจะทำขึ้นเพื่อป้อนสินค้าเข้าสู่คลังสินค้า
2. ความซับซ้อนของกระบวนการผลิต จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับจำนวนของขั้นตอนในการปฏิบัติงานของแต่ละงาน
   - ขั้นงานเดียว หนึ่งเครื่องจักร (Single Machine)
   - ขั้นงานเดียวเครื่องจักรขนาน (Parallel Machine)
   - หลายขั้นงาน ระบบผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow Shop)
   - หลายขั้นงาน ระบบผลิตแบบตามงาน (Job Shop)
3. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผล
   - ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน ซึ่งมักจะใช้กับงานที่เป็นระบบปิด
   - ประสิทธิภาพของตารางงาน ซึ่งเกณฑ์เหล่านี้ส่วนมากจะใช้กับระบบเปิด
4. ธรรมชาติของรายละเอียดเกี่ยวกับงาน
   - ปัญหาเชิงกำหนด (Deterministic Problem) คือ ทราบรายละเอียดทั้งหมดเกี่ยวกับงานเป็นตัวเลขที่แน่นอน
   - ปัญหาเชิงเฟ้นสุ่ม (Stochastic Problem) คือ ไม่ทราบปริมาณงานที่แน่นอน
5. สภาพแวดล้อมในการจัดตาราง
   - ปัญหาเชิงสถิต (Static Problem) จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงงานที่จะนำมาจัดตารางเมื่อเวลาเปลี่ยนไป นั่นคือ งานทั้งหมดจะพร้อมให้จัดตารางได้ตั้งแต่ตอนต้นของคาบการจัดตาราง และจะต้องทำงานในระบบที่ได้จัดตารางไว้ในตอนต้นให้เสร็จเสียก่อนที่จะนำงานชุดใหม่ป้อนเข้าสู่ระบบผลิตได้

- ปัญหาเชิงพลวัต (Dynamic Problem) จะยอมให้มีการนำเอาอุปสงค์เพิ่มเติมเข้ามาร่วมในการพิจารณาจัดตารางได้ตลอดเวลา กล่าวคือ งานจะสามารถเข้ามาสู่ระบบได้เรื่อย ๆ ในระหว่างคาบการจัดตาราง และงานที่เข้ามาใหม่นี้สามารถพิจารณานำมาจัดตารางได้เลย

นอกจากหลักเกณฑ์ทั้ง 5 นี้ ยังสามารถแบ่งประเภทของการจัดตารางออกตามลักษณะการทำงานและความถี่ของการตัดสินใจได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. การจัดตารางแบบไม่เชื่อมตรง (Off-Line Scheduling) เป็นการสร้างตารางที่แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะที่ดีของระบบ โดยจะจัดตารางให้กับงานทั้งหมดภายในช่วงระยะเวลาการวางแผนที่กำหนดให้ ข้อเสียของวิธีการจัดตารางแบบนี้ก็คือ ตารางที่จัดขึ้นในตอนแรกอาจจะล้าสมัยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระบบ

2. การจัดตารางแบบเชื่อมตรง (On-Line Scheduling) เป็นการจัดตารางให้กับแต่ละการดำเนินงานครั้งละหนึ่งการดำเนินงาน และทำเมื่อจำเป็นเท่านั้น ถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะสามารถแก้ไขข้อจำกัดในด้านความล้าสมัยของตารางดังเช่นในกรณีของการจัดตารางแบบไม่เชื่อมตรงได้ แต่ทว่าในบางครั้งความซับซ้อนของข้อมูลและระบบติดตามชิ้นงานอาจจะก่อให้เกิดปัญหาในทางปฏิบัติขึ้นได้

3. การจัดตารางแบบทันที (Real-Time Scheduling) เป็นการสร้างและปรับปรุงตารางให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ตารางที่จัดขึ้นจะสะท้อนให้เห็นถึงสถานะและความต้องการในปัจจุบันของระบบ การตัดสินใจจะทำทันทีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระบบ การตัดสินใจในโหมดนี้จะรวมถึงการจัดการกับความไม่แน่นอนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบอีกด้วย ดังนั้นจึงมีขอบเขตที่กว้างกว่าการจัดตารางแบบไม่เชื่อมตรงและการจัดตารางแบบเชื่อมตรง

การกำหนดวัตถุประสงค์และตัววัดสมรรถนะของตาราง

เราสามารถประเมินประสิทธิภาพของตารางที่จัดขึ้นได้ โดยการพิจารณาจากผลรวมของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานทั้งหมด ซึ่งผลรวมนี้จะเป็นข้อมูลแบบมิติเดียว เรียกว่า "ตัววัดสมรรถนะ (Measure of Performance)" ส่วนคำว่า "วัตถุประสงค์ (Objective)" ของการจัดตารางจะหมายถึงเป้าหมายของตัววัดสมรรถภาพที่ผู้จัดตารางต้องการที่จะให้เกิดขึ้น เช่น การหาค่าที่มากที่สุด (Maximization) หรือ การหาค่าที่น้อยที่สุด (Minimization) ของตัววัดสมรรถภาพนั่นเอง วัตถุประสงค์ในการจัดตาราง ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ด้านปริมาณผลผลิต (Throughput Related Objective)
2. วัตถุประสงค์ด้านกำหนดส่งมอบ (Due-Date Related Objectives) เช่น เวลาสาย (Lateness) เวลาสายสูงสุด (Maximum Lateness) เวลาล่าช้า (Tardiness) จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs)
3. วัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย (Cost Related Objectives)

2.2 เทคนิคในการหาคำตอบ

โดยทั่วไปเทคนิคในการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวลาการดำเนินงาน สามารถจำแนกเป็น 2 วิธี คือ วิธีหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization) และวิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics)

2.2.1 วิธีหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization)

การแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด นิยมใช้วิธี Mathematical Programming โดยจำลองปัญหาและข้อจำกัดต่าง ๆ ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยสมการวัตถุประสงค์ซึ่งเป็นสมการที่เป็นตัวแทนของปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ และสมการเงื่อนไขที่เป็นตัวแทนของข้อจำกัดของปัญหา ในปัญหาการจัดตารางเวลาการดำเนินงานเป็นปัญหาที่ซับซ้อน ยากที่จะกำหนดวิธีการที่แน่นอน ดังนั้น การวิเคราะห์เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization) จึงไม่เหมาะในการแก้ปัญหานี้

2.2.2 วิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics)

วิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาการดำเนินงาน โดยคำตอบที่ได้ ไม่ได้รับประกันว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่จะเป็นคำตอบที่ใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ดีที่สุด หรือคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่สามารถยอมรับได้ภายใต้เวลาที่เหมาะสม ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นตัวอย่างเทคนิคการหาคำตอบที่เป็นที่นิยม

2.2.2.1 Dispatching Rules

เป็นวิธีการจัดลำดับความสำคัญของงานขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน วัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา และทรัพยากรที่มี ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีเช่น

- Shortest Processing Time Rule (SPT) เป็นวิธีที่ให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาในการดำเนินการน้อยที่สุดก่อน โดยจัดลำดับของงานตามเวลาดำเนินการที่เพิ่มขึ้น วิธีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาเสร็จงานโดยเฉลี่ยเสร็จเร็วที่สุด หรือเวลาที่เสร็จงานช้ากว่ากำหนดเฉลี่ยน้อยที่สุด

- Longest Processing Time Rule (LPT) เป็นวิธีที่ให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาในการดำเนินงานมากที่สุดก่อน วิธีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้งานสุดท้ายเสร็จเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (Minimum Makespan)

- Earliest Due Date (EDD) เป็นวิธีที่ให้ความสำคัญกับงานที่ถึงกำหนดเวลาในการดำเนินการก่อน วิธีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาที่เสร็จช้ากว่ากำหนดมากที่สุดมีค่าน้อยที่สุด

2.2.2 การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search)

Local Search หรือ Neighborhood Search เป็นวิธีการหาผลลัพธ์โดยการค้นหาคำตอบข้างเคียงของคำตอบที่มีอยู่เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นกว่าเดิม องค์ประกอบสำคัญในการค้นหางานข้างเคียง (Neighborhood Search Technique) คือ แนวคิดเกี่ยวกับลำดับงานข้างเคียง และกลไกในการสร้างลำดับงานข้างเคียง กลไกในการสร้างลำดับงานข้างเคียงจะเริ่มต้นจากการเลือกลำดับงานหนึ่งขึ้นมาเป็นลำดับงานเริ่มต้น (Seed) หลังจากนั้นก็จะสร้างกลุ่มของลำดับงานที่เกี่ยวข้องขึ้นมา ตัวอย่างเช่น เราอาจจะใช้วิธีการสับเปลี่ยนคู่ที่อยู่ติดกันเป็นกลไกในการสร้างลำดับงานข้างเคียง หรือการนำเอางานสุดท้ายของลำดับงานไปแทรกไว้ในตำแหน่งต่าง ๆ เป็นต้น กลไกของการค้นหางานข้างเคียงนี้จะหยุดลงเมื่อพบ 1 ลำดับงานที่มีค่าตัววัดสมรรถนะที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimum)

การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) ไม่ได้รับประกันว่า คำตอบที่ได้จะต้องเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเสมอไป แต่ในการค้นหาจะพยายามหาคำตอบที่ดีขึ้นกว่าเดิมโดยพิจารณาจากงานที่อยู่ข้างเคียง กำหนดให้ว่า 2 ตารางใด ๆ จะเป็น ตารางข้างเคียง (Neighbor) ซึ่งกันและกันก็ต่อเมื่อ เราสามารถเปลี่ยนตารางหนึ่งไปสู่อีกตารางหนึ่งในทางกลับกันได้โดยใช้วิธีการแบบหนึ่งที่กำหนดให้ ในการวนซ้ำแต่ละครั้ง ขั้นตอนการค้นหาแบบเฉพาะที่จะทำการค้นหาคำตอบจากตารางข้างเคียง หลังจากนั้นก็จะประเมินผลของคำตอบที่ได้จากตารางข้างเคียงเหล่านี้ แล้วเลือกบางคำตอบขึ้นมาโดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่กำหนดให้ เพื่อนำมาใช้เป็นตารางเริ่มต้นตัวถัดไปที่จะใช้ในการเคลื่อนที่ต่อไป

ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบเฉพาะที่แต่ละแบบจะมีความแตกต่างกันโดยพิจารณาจาก

1. การแสดงรูปร่างของตาราง (Schedule Representation) ที่จำเป็นสำหรับขั้นตอนวิธีที่นำมาใช้ การเลือกรูปแบบการแสดงผลลัพธ์ที่ดีจะทำให้เกิดความสะดวกในการดำเนินงาน และจะมีความสำคัญมากขึ้นสำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนมาก

2. การกำหนดลักษณะของตารางข้างเคียง เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อกระบวนการค้นหาที่จะตามมา และเป็นขั้นตอนที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการค้นหาอีกด้วย

กล่าวคือ ถ้าขั้นตอนนี้สามารถกำหนดตารางข้างเคียงได้เป็นจำนวนมาก และออกแบบให้ย้ายไปหาคำตอบที่ดีกว่าหรือออกจากจุดดีที่สุดสัมพัทธ์ (Local Optima) ได้ง่ายกว่า โอกาสในการค้นหาคำตอบที่ดีก็จะมีมากขึ้น เทคนิคการสร้างตารางข้างเคียงมีรูปแบบที่ใช้อยู่ดังต่อไปนี้

- การสับเปลี่ยนระหว่างคู่ที่ติดกัน (Adjacent Pairwise Interchange) นั่นคือ งานหนึ่งจะถูกสับเปลี่ยนกับงานทางด้านซ้ายหรือขวาในตารางดำเนินการ
- การสับเปลี่ยนคู่งานที่ตำแหน่งใด ๆ (Swap) นั่นคืองาน 2 งานใด ๆ ในตารางเวลาดำเนินการจะถูกสับเปลี่ยน
- การแทรก (Insert) นั่นคือ งานหนึ่งจะถูกนำไปแทรกข้างหน้างานอื่นในตารางเวลาดำเนินการ

3. กระบวนการค้นหาตารางข้างเคียง (Neighborhood) กระบวนการนี้อาจจะทำได้หลายแบบ วิธีที่ง่ายที่สุดก็คือ การเลือกตารางข้างเคียงแบบสุ่มประเมินตารางเหล่านี้ และตัดสินใจเลือกบางตารางเอาไว้เพื่อดำเนินตามกระบวนการค้นหาในขั้นต่อไป อย่างไรก็ตาม ถ้าเราใช้การค้นหาแบบที่เป็นระบบ และเลือกตารางที่มีค่าสมรรถนะสูงอยู่ในลำดับแรก ๆ จากตารางข้างเคียงที่สร้างขึ้นมาแล้ว ก็จะทำให้การค้นหาคำตอบนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4. เกณฑ์ในการยอมรับหรือปฏิเสธตารางข้างเคียงที่สร้างขึ้นมา เป็นสิ่งที่สร้างความแตกต่างของขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบเฉพาะที่มากที่สุด เป็นขั้นตอนที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการค้นหาตารางข้างเคียง เช่น การค้นหาแบบจำลองการอ่อนตัว (Simulated Annealing) จะใช้กระบวนการเชิงความน่าจะเป็น เป็นเกณฑ์ในการยอมรับหรือปฏิเสธตารางข้างเคียง ในขณะที่การค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search) จะใช้กระบวนการเชิงกำหนดเป็นเกณฑ์ เป็นต้น

การค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search)

การค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search) เป็นหนึ่งในหลาย ๆ วิธีในการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) เนื่องจาก วิธี Local Search ส่วนใหญ่จะมีข้อเสียคือการทำซ้ำอาจจะวนกลับมาพิจารณาค่าที่ดีที่สุดสัมพัทธ์ จึงได้มีการพัฒนาวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search) ขึ้นมาเพื่อใช้แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนและประยุกต์ใช้ในงานด้านการจัดตารางเวลา โดยอาศัยการทำซ้ำ ๆ เพื่อให้ได้ตารางเวลาที่ใกล้เคียงตารางที่ดีที่สุด กระบวนการหาคำตอบของ Tabu Search จะมีลักษณะพิเศษที่ป้องกันการแก้ปัญหาที่วนซ้ำ (Cycling) ขั้นตอนของ Tabu Search เริ่มต้นจากการหาผลลัพธ์ขึ้นมาชุดหนึ่ง แล้วทำการค้นหาผลลัพธ์ข้างเคียง โดยการสับเปลี่ยนโครงสร้างของผลลัพธ์ และทำการเปรียบเทียบกับตารางเวลาที่ดีที่สุดที่มีอยู่ โดยจะมีการเก็บผลลัพธ์ที่เคยพิจารณาไว้ใน Tabu List เพื่อตรวจสอบและป้องกันการกลับมาพิจารณาผลลัพธ์นั้นได้อีก จนกระทั่งถึงจำนวนรอบวนซ้ำ (Iteration) ที่กำหนดไว้ จึงสิ้นสุดการดำเนินการ

2.3 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS)

กระบวนการจัดตารางเวลาการเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นกระบวนการวางแผนการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เช่น รถยนต์ พนักงานขับ ฯลฯ เพื่อใช้จัดลำดับการทำงานก่อนหลังให้มีประสิทธิภาพภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ โดยการใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย ทำให้ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย ถือว่าการจัดตารางเวลาการเดินรถ เป็นรูปแบบหนึ่งของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

Keen และ Scott Morton (1978) ได้ให้คำจำกัดความว่า "ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS) เป็นระบบที่ถูกเชื่อมโยงกันระหว่างทรัพยากรสมองของมนุษย์ให้ทำงานร่วมกับความสามารถของคอมพิวเตอร์ เพื่อต้องการปรับปรุงคุณภาพของการตัดสินใจให้ดีที่สุด กล่าวคือระบบ DSS เป็นระบบ ๆ หนึ่งที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์คอยช่วยเหลือ และให้การสนับสนุนเพื่อให้บุคคล ผู้ทำหน้าที่ตัดสินใจ สามารถจัดการกับปัญหากึ่งโครงสร้าง (Semi structured) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ"

องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ มี 4 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนการจัดการข้อมูล (Data Management) จะจัดการกับข้อมูลที่เข้าสู่ฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ด้วยส่วนการทำงานที่เรียกว่า "ระบบจัดการฐานข้อมูล" เพื่อใช้ผู้ตัดสินใจสามารถจัดการกับข้อมูลต่าง ๆ ได้

2. ส่วนการจัดการแบบจำลอง (Model Management) เป็นส่วนที่ช่วยควบคุมการทำงานของแบบจำลอง และช่วยคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจแก้ไขปัญหาลักษณะต่าง ๆ เช่น แบบจำลองทางด้านการเงิน ทางด้านสถิติ วิทยาการจัดการ แบบจำลองเชิงปริมาณ เป็นต้น

3. ส่วนการจัดการสื่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface Management) บางครั้งอาจเรียกว่า "ส่วนการจัดการบทโต้ตอบกับผู้ใช้" ทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่ช่วยให้ผู้ตัดสินใจ สามารถติดต่อสื่อสารกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจได้ทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ และยังช่วยควบคุมการจัดการด้านต่าง ๆ ด้วยระบบจัดการส่วนประสานกับผู้ใช้ ทำให้ผู้ตัดสินใจสามารถใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจได้ง่ายยิ่งขึ้น แม้ผู้ใช้ที่ไม่มีความเชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ก็สามารถใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจได้เป็นอย่างดี

4. ส่วนการจัดการองค์ความรู้ (Knowledge Management) องค์ความรู้ที่ผู้ตัดสินใจจะสามารถค้นหาได้จากระบบสนับสนุนการตัดสินใจนั้น จะถูกจัดเก็บไว้ในฐานองค์ความรู้ (Knowledge Base) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่จัดเก็บองค์ความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจแก้ปัญหาไว้มากมายหลายสาขา องค์ประกอบนี้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจบางระบบที่มีขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องมีส่วนประกอบนี้ก็ได้

2.4 การศึกษางานวิจัยในอดีต

Crainic, T.G. และคณะ (1993) ได้ทำการศึกษาการบริหารจัดการตู้สินค้าเพื่อแก้ปัญหาการขนส่งสินค้าภายในประเทศ ซึ่งขนส่งสินค้าจากท่าเรือไปยังลูกค้าและจากลูกค้าไปยังท่าเรือ เป็นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยแบ่งการออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. แบบ Deterministic Single Commodity คือ มีตู้สินค้าประเภทเดียวและรู้ข้อมูลล่วงหน้า
2. แบบ Deterministic Multi-commodity คือ มีตู้สินค้าในระบบหลายประเภทและรู้ข้อมูลล่วงหน้า
3. แบบ Stochastic Single Commodity คือ ตู้สินค้าประเภทเดียวแต่ไม่รู้ข้อมูลล่วงหน้า (มีความไม่แน่นอน)

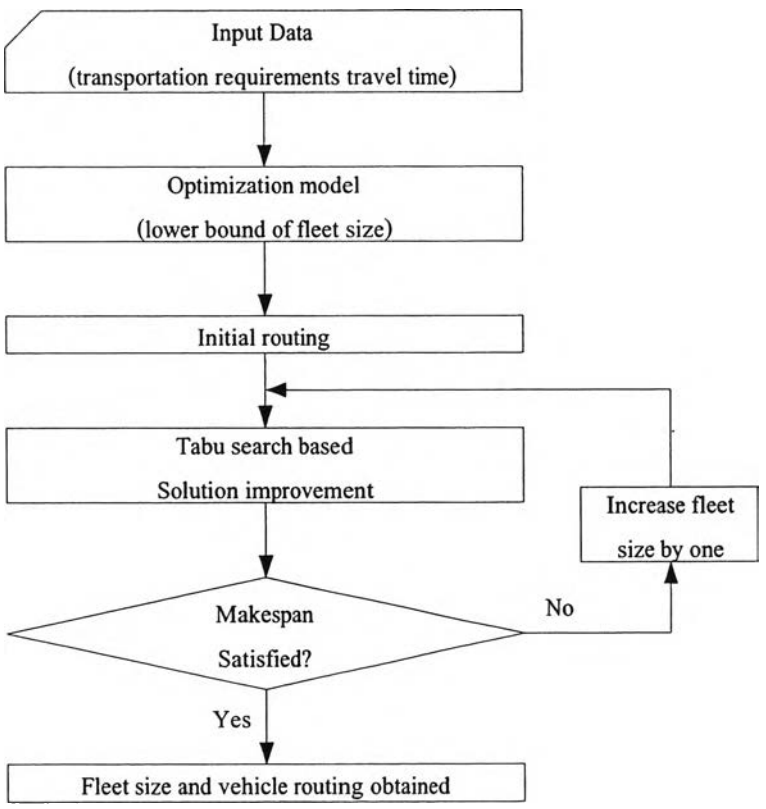
โดยระบบการขนส่ง ประกอบไปด้วย (1) Port เป็นจุดที่เป็นทางเข้าและทางออกของระบบ นอกจากนี้ยังเป็นที่เก็บตู้สินค้าเปล่าในช่วงเวลาหนึ่งอีกด้วย (2) Depot คือส่วนกลางของระบบ เป็นที่เก็บพักตู้สินค้า Demand Customer คือลูกค้าที่ต้องการตู้สินค้าเปล่า ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง (3) Supply Customer คือ ลูกค้าที่มีตู้สินค้าเปล่าหลังจากที่ขนถ่ายสินค้าเรียบร้อยแล้ว ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ลูกค้าแต่ละรายจะเปลี่ยนสถานะเป็นทั้ง Demand และ Supply ได้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลา ในการที่จะจัดการตู้สินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ครบถ้วน จะต้องตัดสินใจว่า (1) จะส่งตู้เท่าไหร่ (2) จาก Depot ไหน และ (3) จะเริ่มส่งเมื่อไหร่

ในการกำหนดปัญหา The Empty Container Allocation Problem กำหนดเป็นแบบ Dynamic Network Model โดยแบ่งเวลาเป็นช่วง ๆ (Period) โดยมองปัญหาออกเป็น 5 ด้าน คือ

1. ปัญหาของกิจกรรมที่ขึ้นกับช่วงเวลาต่าง ๆ ช่วงเวลา (การขนส่ง เวลาล่าช้า การจัดการของแต่ละแห่ง)
2. ความจำเป็นในการแทนที่ของตู้สินค้าเพื่อรองรับความต้องการ
3. Demand และ Supply ที่เกิดขึ้น ณ เวลาและสถานที่ที่หลากหลาย
4. ปัญหาที่เกิดจาก Delivery Window ของลูกค้าแต่ละราย

5. Stock ของตู้สินค้าที่ Depots เพื่อใช้เป็น Buffers ในการเปลี่ยนแปลงของ Demands และ Supplies

Pyung Hoi Koo และคณะ (2004) ได้ศึกษารูปแบบการขนส่งที่เป็นลักษณะปัญหาเชิงกำหนด (Deterministic Problem) และเชิงสถิต (Static Problem) กล่าวคือ มีข้อมูลจำนวนงานที่รู้ล่วงหน้าและไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการดำเนินงาน โดยเป็นการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ระหว่างท่าเรือและโรงงานหรือลานตู้คอนเทนเนอร์ รูปแบบในการแก้ปัญหาจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ทำการหาจำนวนรถที่น้อยที่สุด แล้วจึงจัดตารางเส้นทางการขนส่งด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search) ดังสามารถแสดงในรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 Two-phase fleet sizing and vehicle routing procedure

Guy Desaulniers และคณะ (1998) ทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางเวลาที่มีข้อจำกัดของช่วงเวลา (Time Window) โดยลักษณะปัญหาเป็นแบบหลายจุดกระจายสินค้า (Multi-depot) ในการส่ง

สินค้าให้ครบตามงานโดยมีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด งานแต่ละงานจะมีช่วงเวลาเริ่มงานที่กำหนดไว้แล้ว และรถขนส่งจะวิ่งออกจากจุดกระจายสินค้าที่แตกต่างกันไป การแก้ปัญหาจัดเป็นการแก้ปัญหาแบบ An Integer Nonlinear Multi-Commodity Network Flow Model With Time Variables โดยใช้วิธี Branch-and-Bound โดยในการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะเป็นการหาค่าใช้จ่ายหรือความสูญเสียที่เกิดจากเวลารอคอยที่น้อยที่สุดโดยตรงแทนที่จะเป็นการหาเวลารอคอยที่น้อยที่สุดเท่านั้น

ภราดร เหลืองวิทิตกูล (2545) ได้ศึกษาการจัดตารางเวลาเดินรถเพื่อขนส่งสินค้าแบบเต็มคันจากศูนย์กระจายสินค้าแห่งหนึ่งไปยังจุดส่งหลายจุด ด้วยวิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้จัดส่งสินค้าได้จำนวนเที่ยวมากที่สุด การออกแบบแบบจำลองแบ่งโครงสร้างออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) โครงสร้างหลักซึ่งเป็นการค้นหาคำตอบตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการด้วยวิธีวิวัฒนาการ (Evolutionary Algorithm) 2) ส่วนที่รับมือกับข้อจำกัดใช้วิธีการจัดการข้อจำกัด (Constraint-Handling Techniques) ซึ่งพิจารณาปริมาณการใช้ ทรัพยากรและข้อจำกัดด้านเวลาการเดินรถ และ 3) ส่วนใช้วิธีค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) เพื่อปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้น ผลการทดสอบแบบจำลองที่ได้ เมื่อนำไปจัดตารางเดินรถในสถานการณ์จริง และทำการเปรียบเทียบผลการจัดตารางการเดินรถด้วยแบบจำลองกับผลการจัดด้วยคน พบว่าโดยส่วนใหญ่แบบจำลองให้ตารางการเดินรถที่ดีกว่าการจัดด้วยพนักงาน

เอกภพ กองกาญจน์ (2545) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่งสินค้าประเภทเครื่องดื่มน้ำอัดลมจากโรงงานแห่งหนึ่งไปยังร้านค้าของผู้ค้าปลีกขนาดใหญ่ โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนย่อย ส่วนแรกเป็นการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าที่ต้องขนส่งจากคำสั่งซื้อของลูกค้า ส่วนที่สองเป็นการพิจารณาลดจำนวนเส้นทางเดินรถด้วยการพิจารณาความเหมาะสมในการควบการส่งสินค้า 2 คำสั่งซื้อให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน และส่วนที่สามเป็นการจัดตารางเวลาเดินรถ เพื่อลดจำนวนกระบะที่ค้างส่งและเวลาที่สูญเสียไประหว่างการดำเนินการภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากรและเวลาดำเนินงานด้วยวิธีหาคำตอบแบบ Genetic Algorithm และ Tabu Search ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับสภาพจริงและช่วยลดเวลาในการทำงานและข้อผิดพลาดได้เป็นอย่างดี