บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะและปัญหาการประกอบการขนส่งสินค้า

การขนส่งสินค้าเป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้า หรือบริการที่ทำให้เกิดอรรถประโยชน์ ทั้งเวลา สถานที่ และส่งผลดีต่อเศรษฐกิจโดยทำให้สินค้ามีมูลค่าเพิ่มขึ้น รวมทั้งการคงคุณภาพสินค้า เนื่องจากสินค้าถูกจัดส่งทันเวลา สถานที่ถูกต้อง ทันการใช้งาน แต่เนื่องจากการขนส่งสินค้าประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ จำนวนมาก เช่น การเก็บสินค้า การเคลื่อนย้ายสินค้า การจัดส่งสินค้า เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณา และการวางแผนจึงแบ่งการจัดการออกเป็น 3 ระดับดังนี้ (Crainic, T.G.; Laporte, G., 1997)

- ระดับยุทธศาสตร์ (Strategic) เป็นการตัดสินใจวางแผนที่มีผลต่อธุรกิจและต่อการดำเนินงานในระยะยาว
- ระดับยุทธวิธี (Tactical) เป็นการบริหาร และจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ สูงสุด
- ระดับปฏิบัติการ (Operational) เป็นการบริหารควบคุมงานในแต่ละวันให้เป็นไปตามยุทธวิธี

2.2 การจัดตาราง (Scheduling)

2.2.1 ความหมายของการจัดตาราง (Scheduling)

การจัดตาราง หมายถึง การจัดสรรทรัพยากร (Resource) ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับภารกิจ (Task) จำนวนหนึ่งภายใต้ระยะเวลาที่กำหนดให้เพื่อที่จะทำให้องค์กรสามารถบรรลุถึงเป้าหมาย (Goal) หรือ วัตถุประสงค์ (Objective) ที่องค์กรกำหนดไว้ คำว่า “ทรัพยากร” อาจหมายถึง คน หรือ สิ่งของที่มีอยู่เป็นจำนวนจำกัด ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการทำให้เกิดผลผลิตที่ต้องการขึ้นได้ เนื่องจากความจำกัดของทรัพยากรนี้เอง ทำให้เกิดการแย่งชิงทรัพยากรขึ้น ดังนั้นทรัพยากรจึงต้องถูกจัดสรรให้กับกิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการใช้ทรัพยากรดังกล่าวในเวลาเดียวกัน ในขณะที่ “งาน (Job)” อาจจะประกอบด้วยภารกิจพื้นฐาน ที่ไม่มีการกำหนดเวลาดำเนินงานเป็นจำนวนมาก ซึ่งในบางครั้งเราจะเรียกภารกิจพื้นฐานเหล่านี้ว่า “การดำเนินงาน (Operation)” โดยตัวอย่างของการดำเนินงานอาจจะ

หมายถึง การปฏิบัติงานในโรงงาน การนำเครื่องบินขึ้นหรือลงจอดบนลานบิน เป็นต้น ทั้งนี้ปัญหาการจัดตารางอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- การตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากร (Allocation)
- การตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดลำดับงาน (Sequencing)

2.2.2 การแบ่งประเภทของการจัดตารางตามคุณลักษณะของปัญหา

โดยทั่วไปแล้วลักษณะและความซับซ้อนของปัญหาการจัดตาราง อาจแบ่งตามลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น 5 ประเภท คือ

1. ลักษณะของคำสั่งซื้อจากลูกค้า ระบบผลิตสามารถแบ่งได้เป็นระบบเปิด (Opened Shop) หรือ ระบบปิด (Closed Shop) ในระบบเปิดคำสั่งซื้อทั้งหมดจะสั่งโดยตรงจากลูกค้า และไม่มีการเก็บสต็อกของสินค้าสำเร็จรูป ในขณะที่ระบบปิดคำสั่งซื้อทั้งหมดของลูกค้าจะสนองตอบโดยใช้สินค้าในคลังสินค้า และการผลิตจะทำขึ้นเพื่อป้อนสินค้าเข้าสู่คลังสินค้า

2. ความซับซ้อนของกระบวนการผลิต จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับจำนวนขั้นตอนในการปฏิบัติงานของแต่ละงาน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทคือ (1) ขั้นงานเดียว หนึ่งเครื่องจักร (2) ขั้นงานเดียวเครื่องจักรที่ปฏิบัติงานในลักษณะคู่ขนาน (3) หลายขั้นงาน ระบบผลิตแบบไหลเลื่อน และ (4) หลายขั้นงาน ระบบผลิตแบบตามงาน

3. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผลของวิธีจัดตาราง โดยเกณฑ์อาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ (1) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น เช่น ค่าใช้จ่ายด้านการปรับตั้งเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายด้านการจัดเก็บพัสดุคงคลัง เป็นต้น ซึ่งเกณฑ์เหล่านี้ส่วนมากจะใช้กับระบบปิด และ (2) สมรรถนะของตารางเช่น ค่าเฉลี่ยของเวลาในการดำเนินงาน ค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าของงาน เป็นต้น ซึ่งเกณฑ์ประเภทหลังนี้ส่วนมากจะใช้กับระบบเปิด

4. ธรรมชาติของรายละเอียดเกี่ยวกับงาน ถ้าทราบรายละเอียดทั้งหมดเกี่ยวกับงานเป็นตัวเลขที่แน่นอน เช่น เวลาปฏิบัติงาน เวลาปรับตั้งเครื่อง เป็นต้น เราเรียกปัญหาประเภทนี้ว่า ปัญหาเชิงกำหนด (Deterministic Problem) แต่ถ้าไม่ใช่ เราจะเรียกว่า ปัญหาเชิงเฟ้นสุ่ม (Stochastic Problem)

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. สภาพแวดล้อมในการจัดตาราง ปัญหาเชิงสถิต (Static Problem) ถ้าอุปสงค์ (งานที่จะนำมาจัดตาราง) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเปลี่ยนไป นั่นคือ งานทั้งหมดจะพร้อมให้จัดตารางได้ตั้งแต่ตอนต้นของคาบการจัดตาราง และจะต้องทำงานในระบบที่ได้จัดตารางไว้ในตอนต้นให้เสร็จเสียก่อนที่จะนำงานชุดใหม่ป้อนเข้าสู่ระบบผลิตได้ ในทางตรงกันข้าม ปัญหาเชิงพลวัต (Dynamic Problem) ถ้ายอมให้มีการนำเอาอุปสงค์เพิ่มเติมเข้ามาร่วมในการพิจารณาจัดตารางได้ตลอดเวลา กล่าวคือ งานจะสามารถเข้ามาสู่ระบบได้เรื่อย ๆ ในระหว่างคาบการจัดตาราง และงานที่เข้ามาใหม่นี้สามารถพิจารณานำมาจัดตารางได้เลย

นอกจากลักษณะทั้ง 5 ประการที่กล่าวมาแล้ว เรายังสามารถแบ่งประเภทของการจัดตารางออกตามลักษณะการทำงานและความถี่ของการตัดสินใจได้เป็น 3 ประเภทคือ

1) การจัดตารางแบบไม่เชื่อมตรง (Off-Line Scheduling): เป็นการสร้างตารางให้กับงานทั้งหมดภายในช่วงระยะเวลาการวางแผนที่กำหนดให้ ข้อเสียของวิธีการจัดตารางแบบนี้ก็คือ ตารางที่จัดขึ้นในตอนแรกอาจจะล้าสมัยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระบบ

2) การจัดตารางแบบเชื่อมตรง (On-Line Scheduling): เป็นการจัดตารางให้กับการดำเนินงานครั้งละหนึ่งการดำเนินงาน และทำเมื่อจำเป็นเท่านั้น ถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะสามารถแก้ไขข้อจำกัดในด้านความล้าสมัยของตารางดังเช่นในกรณีของการจัดตารางแบบไม่เชื่อมตรงได้ แต่ทว่าในบางครั้งความซับซ้อนของข้อมูลและระบบติดตามชิ้นงานอาจจะก่อให้เกิดปัญหาในทางปฏิบัติขึ้นได้

3) การจัดตารางแบบทันที (Real-Time Scheduling): เป็นการสร้างและปรับปรุงตารางให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ตารางที่จัดขึ้นจะสะท้อนให้เห็นถึงสถานะและความต้องการในปัจจุบันของระบบ การตัดสินใจจะทำทันทีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระบบ การตัดสินใจในประเภทนี้จะรวมถึงการจัดการกับความไม่แน่นอนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบอีกด้วย ดังนั้นจึงมีขอบเขตที่กว้างกว่าการจัดตารางแบบไม่เชื่อมตรงและการจัดตารางแบบเชื่อมตรง

ในทางปฏิบัติแล้ว ทั้งการจัดตารางแบบเชื่อมตรงและไม่เชื่อมตรงสามารถที่จะนำเอารูปแบบของการจัดตารางแบบทันทีเข้ามาใช้เป็นนโยบายในการดำเนินงานได้ ถ้าการ

จัดตารางแบบไม่เชื่อมตรงมีการนำเอารูปแบบของการจัดตารางแบบทันทีเข้ามาใช้ร่วมด้วยแล้ว แนวทางการจัดตารางเช่นนี้เรียกว่า การจัดตาราง/การจัดตารางใหม่ (Scheduling/Rescheduling) อย่างไรก็ตามความยากของวิธีการนี้นอกจากจะขึ้นกับการจัดสร้างตารางแบบไม่เชื่อมตรงแล้ว ยังขึ้นกับความถี่ของการจัดตารางใหม่เพื่อที่จะปรับปรุงตารางให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปอีกด้วย ยิ่งกว่านั้นตารางที่สร้างขึ้นมาใหม่นี้ อาจจะยังไม่ได้สะท้อนให้เห็นถึงสภาวะการทำงานปัจจุบันของระบบ เนื่องจากว่าในขณะที่กำลังสร้างตารางใหม่อยู่นั้น ได้เกิดมีเหตุการณ์อื่นที่ไม่คาดคิดขึ้นมาอีก ซึ่งทำให้สภาวะการทำงานของระบบเปลี่ยนไปอีกจากที่ได้เปลี่ยนไปแล้วในตอนต้น

2.2.3 วัตถุประสงค์และตัววัดสมรรถนะของตารางการดำเนินงาน

เราสามารถประเมินประสิทธิภาพของตารางที่จัดขึ้นได้ โดยการพิจารณาจากผลรวมของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานทั้งหมด ซึ่งผลรวมนี้จะเป็นข้อมูลแบบมิติเดียว เรียกว่า "ตัววัดสมรรถนะ (Measure of Performance)" ส่วนคำว่า "วัตถุประสงค์ (Objective)" ของการจัดตารางจะหมายถึง เป้าหมายของตัววัดสมรรถภาพที่ผู้จัดตารางต้องการที่จะให้เกิดขึ้น เช่น การหาค่าที่มากที่สุด (Maximize) หรือ การหาค่าที่น้อยที่สุด (Minimize) ของตัววัดสมรรถภาพนั่นเอง ในทางปฏิบัติมีวัตถุประสงค์เป็นจำนวนมากที่มีความสำคัญต่อการจัดตาราง ดังนี้

1) วัตถุประสงค์ด้านปริมาณผลผลิต (Throughput Related Objective) บริษัทจำนวนมากให้ความสำคัญกับปริมาณผลผลิตเป็นอย่างมาก และผู้บริหารของบริษัทส่วนมากจะวัดว่าบริษัทมีผลของการดำเนินงานในด้านนี้ดีมากน้อยเพียงใด

2) วัตถุประสงค์ด้านกำหนดส่งมอบ (Due-Date Related Objectives) มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญเป็นจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับกำหนดส่งมอบ เช่น เวลาสาย (Lateness) เวลาสายสูงสุด (Maximum Lateness) เวลาล่าช้า (Tardiness) จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) เป็นต้น

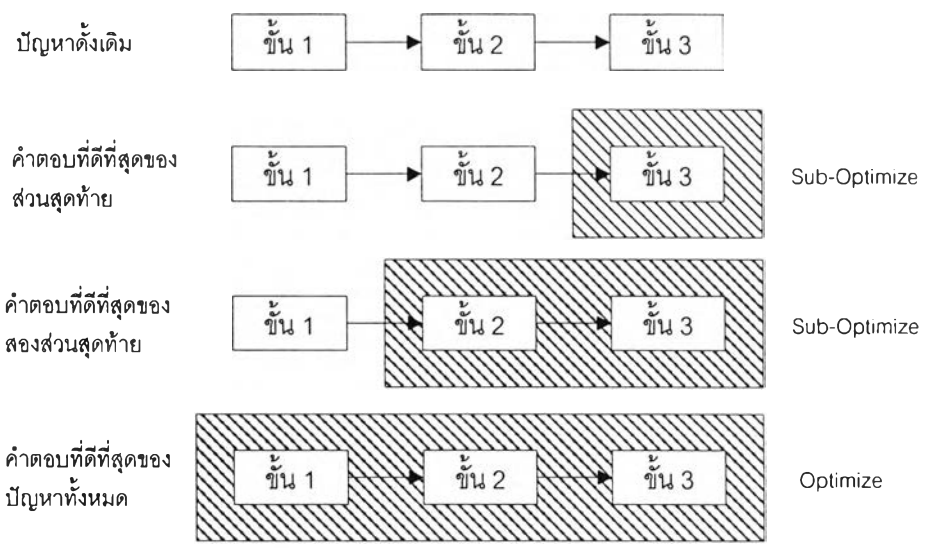
3) วัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย (Cost Related Objectives) มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญเป็นจำนวนมากเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นหลังจากที่งานถูกจัดตารางแล้ว

2.3 เทคนิคในการหาคำตอบ

เทคนิคในการหาคำตอบการจัดตารางมีหลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน วิธีการหนึ่งซึ่งเป็นพื้นฐานที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดก็คือวิธีการแจกแจงนับโดยสมบรูณ์ เป็นการเรียงสับเปลี่ยนทุกกรณีที่มีความเป็นไปได้ สำหรับปัญหาที่มีขนาดเล็กก็อาจจะทำได้ แต่สำหรับปัญหาขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมากขึ้นวิธีการนี้ไม่มีความเหมาะสม ทำให้เสียเวลาและความพยายามมากเพื่อที่จะให้ได้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด จึงได้มีการพัฒนาวิธีการค้นหาเพื่อช่วยลดเวลาในการหาคำตอบเพื่อให้ได้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด เช่น วิธีการแตกกิ่งและจำกัดเขต เป็นต้น แต่ก็มีวิธีการบางวิธีอาจจะไม่ต้องการคำตอบที่ดีที่สุด แต่ต้องการคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ ซึ่งค่าของคำตอบสามารถยอมรับได้ภายใต้เวลาที่เหมาะสม ก็เป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งในการหาคำตอบ ตัวอย่างของวิธีการเหล่านี้ได้แก่

2.3.1 ไดนามิกโปรแกรมมิง (Dynamic Programming)

การแก้ปัญหาการจัดตารางด้วยวิธีนี้ ทำได้โดยการพิจารณาแบ่งปัญหาจริงออกเป็นชุดของปัญหาย่อยตั้งแต่ปัญหาขนาดเล็กที่สุดแล้วค่อยขยายขนาดของปัญหาย่อยให้ใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงตัวปัญหาจริง โดยในแต่ละรอบของการพิจารณาจะหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาย่อยนั้นโดยใช้ประโยชน์จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับจากการแก้ปัญหาย่อยที่มีขนาดเล็กกว่าก่อนหน้า จากนั้นก็ทำการเพิ่มขนาดของปัญหาให้ใหญ่ขึ้นไปเรื่อย ๆ (Pinedo, 1995) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีไดนามิกโปรแกรมมิง

จากรูปที่ 2.1 ปัญหาจริงประกอบไปด้วยการปฏิบัติงาน 3 ขั้นตอน ในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการนี้ จะทำการแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อย ๆ แล้วทำการพิจารณาหาคำตอบของปัญหาย่อย โดยทำการพิจารณาปัญหาย่อยที่ประกอบไปด้วยขั้น 3 ก่อนเมื่อได้คำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยนี้แล้วก็จะทำการขยายขนาดของปัญหาเป็นปัญหาย่อยที่ประกอบไปด้วยขั้น 2 และขั้น 3 แล้วทำการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้ข้อมูลการแก้ปัญหาย่อยในระดับก่อนหน้าที่เคยแก้ปัญหามาแล้ว ทำการขยายขนาดของปัญหาย่อยเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ จนกลายเป็นปัญหาจริง

2.3.2 วิธีการทางฮิวริสติก (Heuristic)

แบบจำลองฮิวริสติก คือ แบบจำลองที่ใช้แก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อน กล่าวคือ ปัญหาที่ไม่มีโครงสร้างและปัญหากึ่งโครงสร้าง ซึ่งมีตัวแปรที่มีค่าไม่แน่นอน เนื่องจากการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกโดยแท้จริงแล้วก็คือ การแก้ปัญหาโดยอาศัยกฎเกณฑ์ง่าย ๆ ซึ่งเกิดจากประสบการณ์ในการแก้ปัญหาลักษณะเดียวกันในอดีต จึงทำให้การแก้ปัญหามีความรวดเร็วมากขึ้นนั่นเอง (กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล, 2546)

แนวคิดของฮิวริสติกมีความเกี่ยวข้องกับ การค้นหา เรียนรู้ ประเมิน และพิจาณาตัดสินใจ จากนั้นจะวนกลับมาทำซ้ำการปฏิบัติเหล่านี้อีกครั้ง เพื่อให้เกิดความมั่นใจ ตัวอย่างเช่น การสำรวจ หรือการทดสอบสิ่งที่เกิดขึ้นมาอีกครั้ง โดยที่องค์ความรู้ที่ได้รับนั้นอาจได้มาจากการสนองกลับในขั้นตอนการทำซ้ำและการปรับปรุงกระบวนการค้นหานี้ ซึ่งอาจจะประสบความสำเร็จ หรือล้มเหลวในการปฏิบัติก็ย่อมได้ แต่ขบวนการฮิวริสติกจำเป็นที่จะต้องย้อนกลับมาให้คำนิยามของปัญหา หรือคำนิยามของวัตถุประสงค์ใหม่นั้นเกิดขึ้นไม่บ่อยครั้งนัก

ข้อจำกัดของการโปรแกรมฮิวริสติก

- แนวทางแก้ไขปัญหาไม่สามารถรับประกันได้ว่าเป็นแนวทางดีที่สุด บางครั้งอาจจะเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาที่ไม่ดีนัก
- กฎต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับแก้ไขปัญหาแบบฮิวริสติก อาจมีข้อยกเว้นมากมาย ทำให้ไม่สามารถใช้กฎสำหรับแก้ไขปัญหาได้อย่างเต็มที่
- อาจไม่สามารถทำนายผลลัพธ์ ที่ได้จากการเลือกแนวทางแก้ไขปัญหาแต่ละแนวทาง

- ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบ อาจส่งผลกระทบต่อระบบโดยรวมได้ ดังนั้น ความผิดพลาดหรือการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบจึงส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจโดยรวมของระบบตามไปด้วย

ข้อดีของการโปรแกรมฮิวริสติก

- ช่วยให้สามารถเข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้น ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้

- ช่วยประหยัดพื้นที่หน่วยความจำในเครื่องคอมพิวเตอร์ และยังช่วยประหยัดเวลาในการเขียนโปรแกรมสำหรับแก้ปัญหาที่ไม่มีโครงสร้าง ซึ่งมีความซับซ้อน

- ช่วยประหยัดเวลาในการประมวลผลและเวลาในการตัดสินใจ เนื่องจากปัญหาที่มีความซับซ้อนมากๆ จะสามารถแก้ไขได้เฉพาะวิธีการฮิวริสติกเท่านั้น

- การโปรแกรมฮิวริสติกช่วยสร้างทางเลือกหลาย ๆ ทางซึ่งล้วนเป็นทางเลือกที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถได้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ได้มีการประยุกต์นำการทำงานแบบฮิวริสติกมาสร้างแบบจำลองโดยอาศัยการเขียนโปรแกรมทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้แก้ไขปัญหาไม่มีโครงสร้างและปัญหาที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อัลกอริทึมแบบฮิวริสติกมีหน้าที่การทำงานคล้ายอัลกอริทึมทั่ว ๆ ไป โดยอัลกอริทึมแบบฮิวริสติกสามารถใช้ในการสร้างแบบจำลองสำหรับแก้ปัญหาได้หลายลักษณะ ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของอัลกอริทึมแบบฮิวริสติกได้ 5 ประเภท คือ

- Construction Heuristics คือวิธีการสร้างแนวทางแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ โดยทำการเพิ่มส่วนประกอบของระบบขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งสามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาได้จริง

- Improvement Heuristics คือ วิธีการพัฒนาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ จนกระทั่งสามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- Mathematical Programming คือการนำโปรแกรมทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ เพื่อลดข้อจำกัดของแบบจำลองลงให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อให้ได้แนวทางแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุด โดยเทคนิคนี้มักใช้ในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดโดยวิธีจำนวนเต็ม (Integer Optimization)

- Decomposition คือแนวทางที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาเป็นขั้นตอน โดยจะแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนย่อย ๆ และทำการแก้ปัญหาแต่ละส่วนย่อย

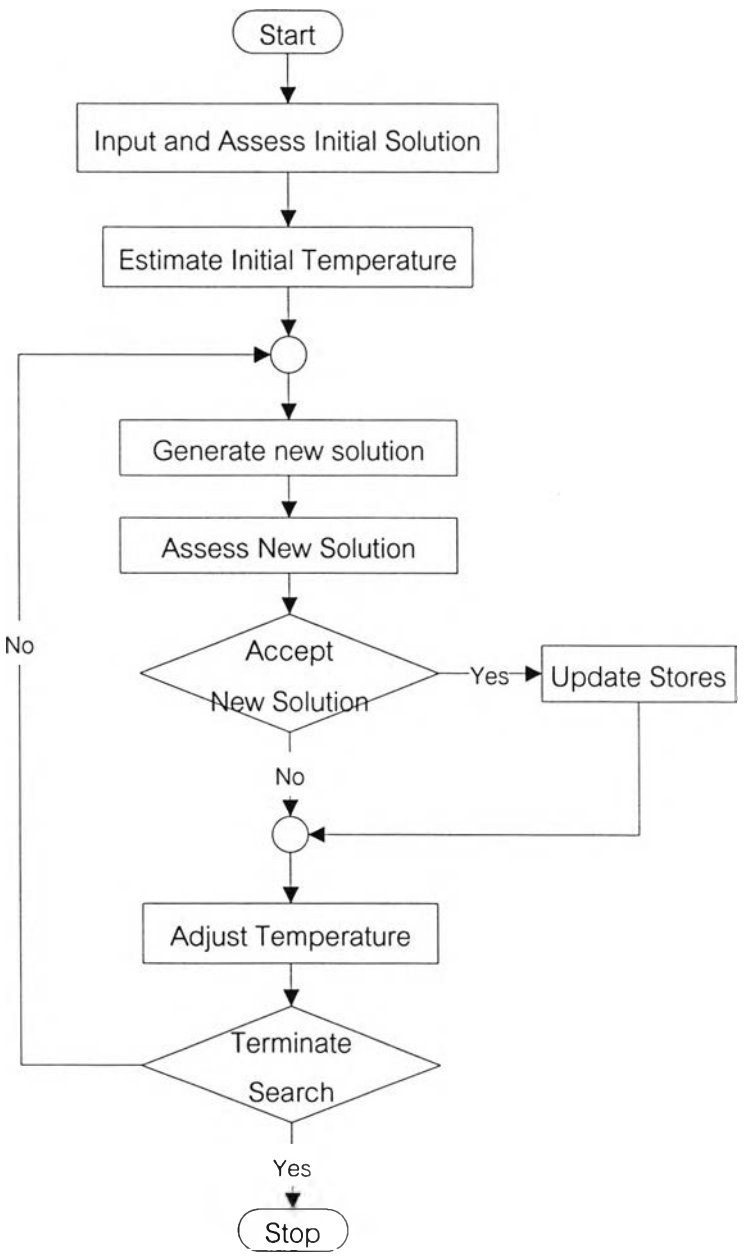
- Partitioning คือแนวทางแก้ไขปัญหาที่นำปัญหามาแบ่งเป็นส่วนย่อย แล้วทำการแก้ไขปัญหาแต่ละส่วนจากนั้นจึงนำแนวทางแก้ไขปัญหาแต่ละส่วนมารวมกันเพื่อใช้แก้ไขปัญหาลักษณะนั้น ๆ ต่อไป เช่น ในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับยอดขายของบริษัทที่มีสาขาอยู่ทั่วประเทศ อาจทำการแบ่งส่วนการขายออกเป็น 4 ภาค แล้วทำการแก้ไขปัญหาของแต่ละภาค จากนั้นจึงนำแนวทางแก้ไขปัญหาของแต่ละภาคมารวมกันเพื่อใช้แก้ไขปัญหายอดขายของบริษัทต่อไป

การค้นหางานข้างเคียง (Neighborhood Search Technique) เป็นวิธีการทางฮิวริสติก (Heuristic) องค์ประกอบสำคัญในการค้นหางานข้างเคียงคือแนวคิดเกี่ยวกับลำดับงานข้างเคียงและกลไกในการสร้างลำดับงานข้างเคียง กลไกในการสร้างลำดับงานข้างเคียงจะเริ่มต้นจากการเลือกลำดับงานหนึ่งขึ้นมาเป็นลำดับงานเริ่มต้น หลังจากนั้นก็จะสร้างกลุ่มของลำดับงานที่เกี่ยวข้องขึ้นมา ตัวอย่างเช่น เราอาจจะใช้วิธีการสับเปลี่ยนคู่ที่อยู่ติดกันเป็นกลไกในการสร้างลำดับงานข้างเคียง หรือการนำเอางานสุดท้ายของลำดับงานไปแทรกไว้ในตำแหน่งต่าง ๆ เป็นต้น กลไกของการค้นหางานข้างเคียงนี้จะหยุดลงเมื่อพบ 1 ลำดับงานที่มีค่าตัววัดสมรรถนะที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimum)

การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) ไม่ได้รับประกันว่า คำตอบที่ได้จะต้องเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเสมอไป แต่ในการค้นหาจะพยายามหาคำตอบที่ดีขึ้นกว่าเดิมโดยพิจารณาจากงานที่อยู่ข้างเคียง กำหนดให้ว่า 2 ตารางใด ๆ จะเป็น ตารางข้างเคียง (Neighbor) ซึ่งกันละกันก็ต่อเมื่อ เราสามารถเปลี่ยนตารางหนึ่งไปสู่อีกตารางหนึ่ง (ในทางกลับกัน) ได้โดยใช้วิธีการแบบหนึ่งที่กำหนดให้ ในการวนซ้ำแต่ละครั้ง ขั้นตอนการค้นหาแบบเฉพาะที่จะทำการค้นหาคำตอบจากตารางข้างเคียง หลังจากนั้นก็จะประเมินผลของคำตอบที่ได้จากตารางข้างเคียงเหล่านี้ แล้วเลือกบางคำตอบขึ้นมาโดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่กำหนดให้ เพื่อนำมาใช้เป็นตารางเริ่มต้นตัวถัดไปที่จะใช้ในการเคลื่อนที่ต่อไป

2.3.3 การค้นหาแบบจำลองการอ่อนตัว (Simulated Annealing)

การค้นหาแบบจำลองการอ่อนตัว (Simulated Annealing: SA) ถูกพัฒนาขึ้นมาในอุตสาหกรรมหล่อเย็นเพื่อให้มีการใช้พลังงานในขั้นตอนการตกผลึกน้อยที่สุด วิธีการนี้เป็นการค้นหาเฉพาะที่แต่มีข้อดีที่สามารถหลีกเลี่ยงคำตอบที่วนติดอยู่ในค่าดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimal) วิธีการนี้จะทำการค้นหาแบบสุ่ม และจะทำการยอมรับการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ดีขึ้นโดยการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทั้งที่เพิ่มขึ้นและลดลง โดยใช้กระบวนการเชิงความน่าจะเป็น ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนี้แสดงในรูปที่ 2.2



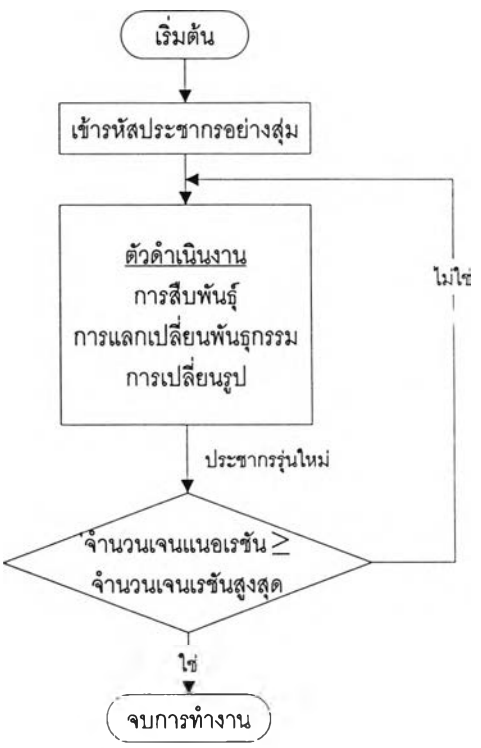
รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการค้นหาแบบจำลองการอ่อนตัว (Simulated annealing)

ที่มา : Girsch และ Skele (1994)

2.3.4 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

วิธีการค้นหาคำตอบแบบขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ถูกนำเสนอครั้งแรก โดย Holland (1975) เป็นวิธีการที่มีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ โดยจะคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่ม หลังจากที่ผ่านกรรมวิธีในการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมแล้ว จะทำให้ได้สตริงคำตอบที่มีค่าดีที่สุด หรืออย่างน้อยก็จะใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมไม่ได้ใช้การสุ่มแบบง่าย ๆ แต่เป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพิจารณาถึงจุดที่จะต้องทำการค้นหา โดยคาดหวังว่าค่าตัววัดสมรรถนะของคำตอบจะถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น

การดำเนินงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจะประกอบไปด้วย 3 ตัวดำเนินการ คือ 1) การสืบพันธุ์ (Reproduction) เป็นกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ 2) การแลกเปลี่ยนพันธุกรรม (Crossover) 3) การเปลี่ยนรูป (Mutation)



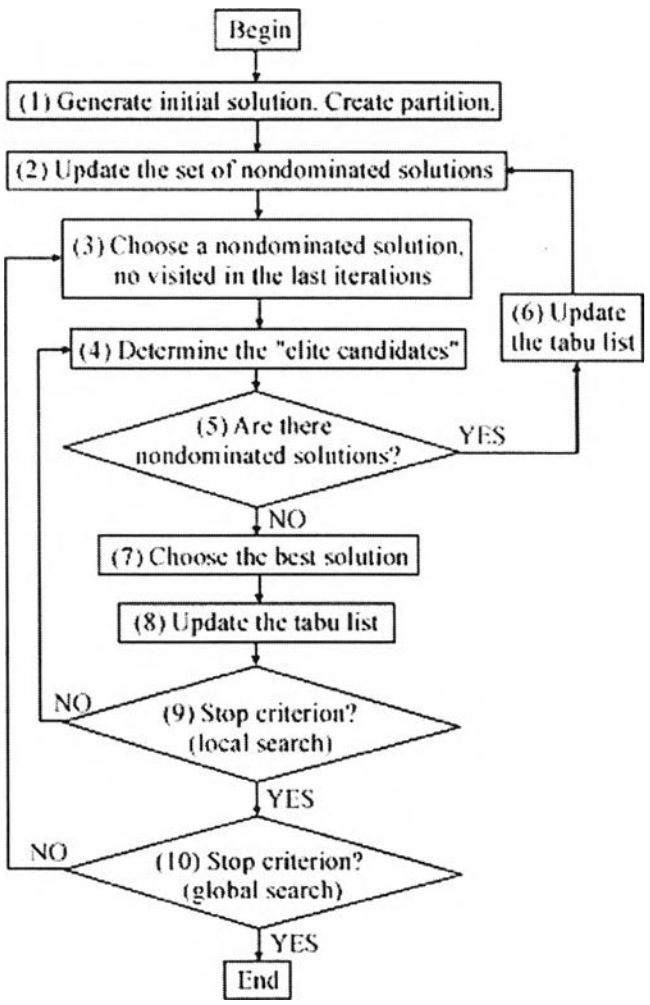
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

2.2.5 การค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search)

Tabu Search Heuristic (Glover and Languan [1993] and Sun et al. [1997]) เป็นขบวนการหนึ่งที่กล่าวอ้างถึงกลยุทธ์การหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่มีคุณภาพสูงได้อย่าง

ชาญฉลาด เนื่องจากการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search) จะช่วยลดขั้นตอนในขบวนการค้นหาวิธีแก้ปัญหาในทางคอมพิวเตอร์ลงได้ และที่สำคัญคือการค้นหาแบบข้อห้ามมีความสามารถในการแยกแยะคุณภาพของการแก้ปัญหาได้ว่า แนวทางใดเป็นวิธีที่มีคุณภาพสูง หรือแนวทางใดเป็นวิธีที่มีคุณภาพต่ำ การค้นหาแบบข้อห้ามจึงเป็นที่ยอมรับและได้รับการพิสูจน์แล้วว่า สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในระดับใหญ่ ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการนี้จะทำการค้นหาตารางข้างเคียงจากกลุ่มของตารางข้างเคียงที่เป็นไปได้ทั้งหมด เพื่อใช้เป็นตารางที่จะเสนอตัวขึ้นมาเพื่อให้มีการย้ายเข้า ในแต่ละขั้นของกระบวนการค้นหา จะมีการเก็บรายการข้อห้าม (Tabu List) ของการเปลี่ยนรูป (Mutation) ของตารางเอาไว้ด้วย ซึ่งรายการข้อห้ามนี้มีไว้เพื่อหลีกเลี่ยงการที่คำตอบจะกลับไปสู่คำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่เดิมซึ่งได้เคยผ่านมาแล้วก่อนหน้านี้นั่นเอง



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการค้นหาแบบข้อห้าม

ที่มา : Ramirez-Rosado และ Dominguez-Navarro (2004)

2.4 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS)

การจัดตารางเวลาการเดินรถ เป็นการวางแผนการใช้ทรัพยากรทางด้านการขนส่ง (รถ พนักงานขับรถ) เพื่อตอบสนองต่อความต้องการทางการขนส่ง ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดต่าง ๆ มากมายซึ่งส่งผลให้การวางแผนมีความยุ่งยากและซับซ้อนมาก เพื่อให้การวางแผนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในฐานะที่เป็น "ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ" ซึ่งทำให้การใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

Keen และ Morton (1978) ได้ให้คำจำกัดความว่า "ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS) เป็นระบบที่ถูกเชื่อมโยงกันระหว่างทรัพยากรสมองของมนุษย์ให้ทำงานร่วมกับความสามารถของคอมพิวเตอร์ เพื่อต้องการปรับปรุงคุณภาพของการตัดสินใจให้ดีที่สุด กล่าวคือระบบ DSS เป็นระบบๆ หนึ่งที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์คอยช่วยเหลือ และให้การสนับสนุน เพื่อให้บุคคลผู้ทำหน้าที่ตัดสินใจสามารถจัดการกับปัญหากึ่งโครงสร้าง (Semi structured) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ" (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2546)

องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ มี 4 ส่วน ดังนี้

- ส่วนการจัดการข้อมูล (Data Management) จะจัดการกับข้อมูลที่เข้าสู่ฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ด้วยส่วนการทำงานที่เรียกว่า "ระบบจัดการฐานข้อมูล" เพื่อใช้ผู้ตัดสินใจสามารถจัดการกับข้อมูลต่าง ๆ ได้
- ส่วนการจัดการแบบจำลอง (Model Management) เป็นส่วนที่ช่วยควบคุมการทำงานของแบบจำลอง และช่วยคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจแก้ไขปัญหาลักษณะต่าง ๆ เช่น แบบจำลองทางด้านการเงิน ทางด้านสถิติ วิทยาการจัดการ แบบจำลองเชิงปริมาณ เป็นต้น
- ส่วนการจัดการสื่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface Management) บางครั้งอาจเรียกว่า "ส่วนการจัดการบทโต้ตอบกับผู้ใช้" ทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่ช่วยให้ผู้ตัดสินใจ สามารถติดต่อสื่อสารกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจได้ทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ และยังช่วยควบคุมการจัดการด้านต่าง ๆ ด้วยระบบจัดการส่วนประสานกับผู้ใช้ ทำให้ผู้ตัดสินใจสามารถใช้งานระบบ

สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

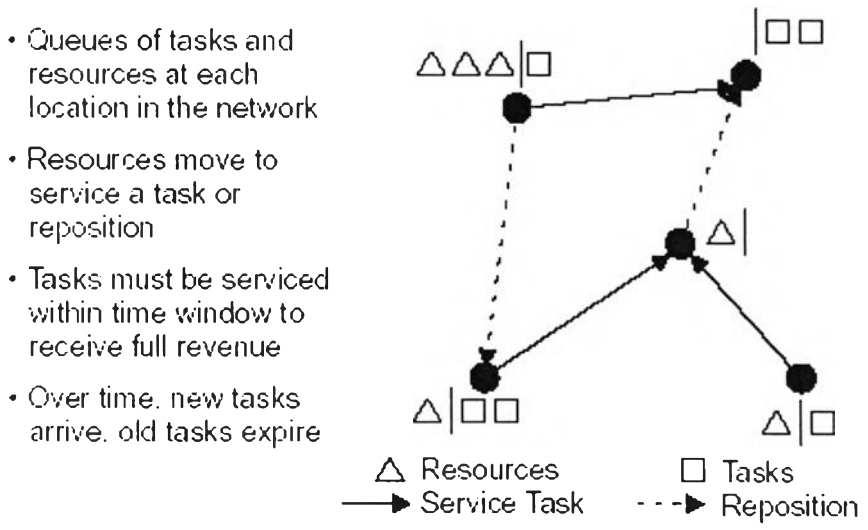
สนับสนุนการตัดสินใจได้ง่ายยิ่งขึ้น แม้ผู้ใช้ที่ไม่มีความเชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ก็สามารถใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจได้เป็นอย่างดี

- ส่วนการจัดการองค์ความรู้ (Knowledge Management) องค์ความรู้ที่ผู้ตัดสินใจจะสามารถค้นหาได้จากระบบสนับสนุนการตัดสินใจนั้น จะถูกจัดเก็บไว้ในฐานองค์ความรู้ (Knowledge Base) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่จัดเก็บองค์ความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจแก้ปัญหาไว้มากมายหลายสาขา องค์ประกอบนี้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจบางระบบที่มีขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องมีส่วนประกอบนี้ก็ได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Psarras, Stefanitsis และ Christodoulou (1997) ได้ทำการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาของรถขนส่งสินค้า ในการแก้ปัญหานี้ได้ใช้วิธีการ Constraint Logic Programming (CLP) ร่วมกับ การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) โดย CLP ถูกใช้ในการสร้างคำตอบที่เป็นไปได้เบื้องต้น โดยใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ (เช่น Simplex Method) และใช้ในการตรวจสอบคำตอบที่ได้จากวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ในแต่ละรอบของการค้นหา เพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขข้อกำหนดต่าง ๆ ของปัญหา ในขณะที่การค้นหาเฉพาะที่ ใช้ปรับปรุงคุณภาพของคำตอบเพื่อหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการเรียงสับเปลี่ยนที่แตกต่างกัน 5 วิธีในส่วนของการค้นหาเฉพาะที่ คือ Re-insertion, Nodes-2-exchange, Sections-2-exchange, Section-3-exchange และ Partial-sections-3-exchange สำหรับการกำหนดปัญหาถูกสร้างขึ้นมาโดยการสุ่มค่าระยะทางของลูกค้าและค่าความต้องการของลูกค้าในรูปแบบการกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยมีจำนวนลูกค้า 20-100 ราย นำผลลัพธ์ที่ได้ไปประเมินเพื่อที่จะตัดสินใจว่าวิธีการไหนเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละชนิดของปัญหาที่กำหนดขึ้น สามารถสรุปดังนี้คือ วิธีการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) โดยการเรียงสับเปลี่ยนวิธีการต่าง ๆ ไม่มีวิธีการใดเลยที่จะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับทุก ๆ ปัญหาได้ แต่อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาในแง่ของคุณภาพของคำตอบแล้ว วิธีการ เรียงสับเปลี่ยนแบบ Sections-3-exchange ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด

Godfrey และ Powell (2002) ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดสรรทรัพยากรรถ ให้กับความต้องการของลูกค้า (งาน) ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ปัญหาในลักษณะนี้เป็นปัญหาเดียวกับการจัดตารางเวลาให้กับเครื่องจักรขนาน (เครื่องจักรชนิดเดียวกันทำงานเหมือนกัน) ที่ต้องอาศัยการปรับแต่งในการเปลี่ยนจากงานหนึ่งไปเป็นอีกงานหนึ่ง



รูปที่ 2.5 ลักษณะของปัญหาที่ศึกษาโดย Godfrey และ Powell (2002)

จากรูปที่ 2.5 แสดงตำแหน่งที่อยู่ของทรัพยากร (รถ) และจุดรับงานที่รอการเคลื่อนย้าย ปัญหาที่ศึกษาคือจะมอบหมายงานให้กับรถอย่างไร โดยในการมอบหมายต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่อยู่ของรถและจุดที่จะรับงานขณะนั้นด้วย

ปัญหานี้มีประเด็นสำคัญที่จะต้องพิจารณา 3 ประเด็น คือ 1) การปรับเปลี่ยนสถานะของทรัพยากรเพื่อให้พร้อมกับการปฏิบัติงาน (เช่น การเปลี่ยนตำแหน่ง เป็นต้น) จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ 2) การปฏิบัติงานล่าช้าเกินกว่าเวลาทำการปกติจะต้องถูกปรับส่งผลให้รายได้ลดลง 3) การกำหนดทรัพยากรและงานให้เกิดขึ้นใหม่ตลอดเวลาโดยกระบวนการสุ่ม เพื่อให้ปัญหานี้สอดคล้องกับกระบวนการที่เกิดขึ้นจริงที่ลูกค้าโทรเข้ามาสั่งให้ทำการรับส่งสินค้าโดยที่ไม่ทราบล่วงหน้า โดยกระบวนการสุ่มจะทำการสุ่มตามความน่าจะเป็นโดยใช้ข้อมูลในอดีต

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงได้สร้างแบบจำลองแบบ Discrete Time โดยมีสมมุติฐานที่สำคัญคือ การกำหนดให้เวลาการเคลื่อนย้ายระหว่างตำแหน่งใด ๆ เป็นช่วงเวลาที่เท่ากันทั้งหมด สมการวัตถุประสงค์ กำหนดให้เป็นกำไรที่ได้จากการตัดสินใจที่เวลา t ดังสมการ

$$g_t(x_t, y_t) = \sum_{i \in I} \sum_{l \in L_{it}^*} r_{lt} x_{lt} - \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} c_{ij} y_{ijt} \qquad (2.1)$$

โดย r_{lt} คือ รายได้ที่ได้รับจากการให้บริการงาน l เริ่มต้นทำงาน ณ เวลา t

c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตำแหน่งของรถจากตำแหน่ง i ไปยัง j

ตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ

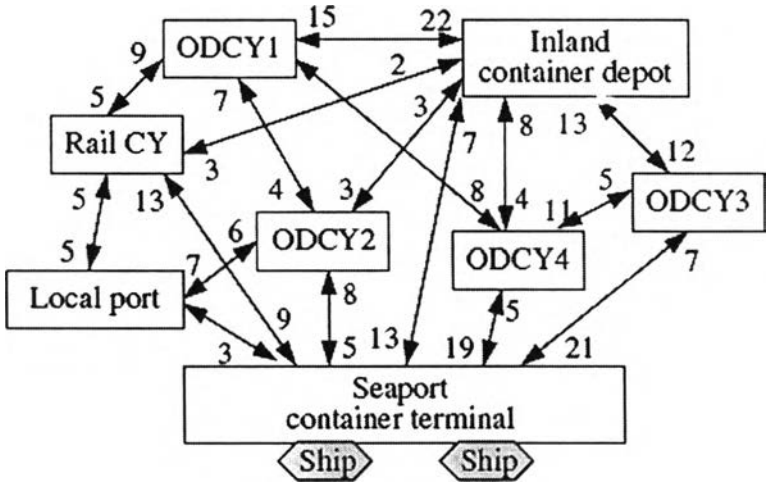
x_{lt} = 1 ถ้ารถถูกมอบหมายให้ทำงาน l ที่เวลา t

= 0 อื่น ๆ

y_{ijt} = จำนวนรถที่ต้องเปลี่ยนตำแหน่งจาก i ไปยัง j โดยเริ่มต้นที่เวลา t

จากแบบจำลองดังกล่าว ได้ทำการแก้ปัญหาโดยใช้ Dynamic Programming แบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อยตามเวลาที่ข้อมูลใหม่เข้ามา แล้วทำการประเมินปัญหาหาย่อย ๆ แต่ละขั้นโดยวิธีการ Fitting Concave Functional Approximations

Koo, Lee และ Jang (2004) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางการทำงานของรถกึ่งพ่วงที่ทำหน้าที่ในการขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ โดยใช้กรณีศึกษาของท่าเรือปูซาน ประเทศเกาหลีใต้ ลักษณะการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ในท่าเรือนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ 1) การขนตู้ขาเข้า เริ่มจากการขนถ่ายตู้ลงจากเรือแล้วก็ทำการเคลื่อนย้ายตู้ไปยัง On-Dock Container Yards (ODCYs), Rail Container Yards, Inland Container Depots และ Local Coastal Port Yards 2) การขนตู้ขาออก เป็นกระบวนการทำงานย้อนกลับกับการขนตู้ขาเข้า จากลักษณะการขนย้ายตู้ดังกล่าวทำให้รถต้องทำการวิ่งรับและส่งตู้ตามจุดรับส่งตู้ทั้งภายในและภายนอกท่าเรือ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

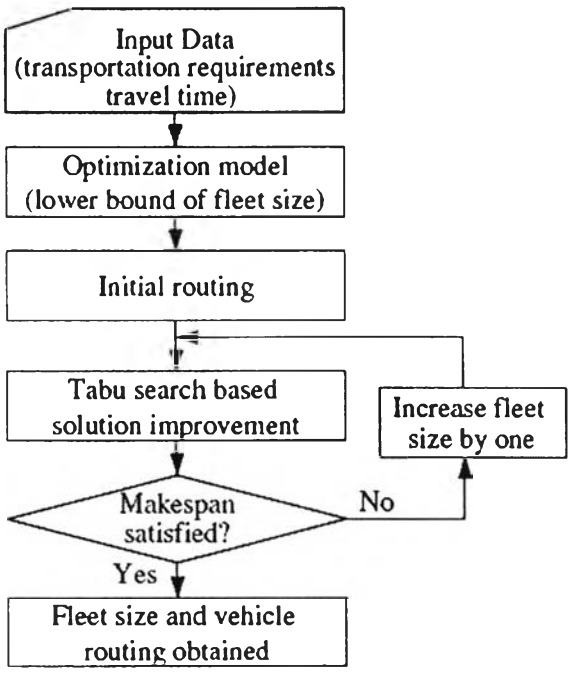


รูปที่ 2.6 ลักษณะของปัญหาที่ศึกษาโดย Koo, Lee และ Jang (2004)

ลักษณะของปัญหานี้ เป็นปัญหาการขนส่งแบบสถิตย์ กล่าวคือ ข้อมูลที่จำเป็นต่อการวางแผน อันได้แก่ จำนวนตู้ที่ต้องการเคลื่อนย้ายระหว่างสองจุดใด ๆ เวลาการเดินทาง เวลาการรับตู้และเวลาการส่งตู้ ณ จุดรับ-ส่งตู้ใด ๆ นั้นทราบล่วงหน้าทั้งหมดก่อนการวางแผนการจัดตาราง

การทำงาน ทรัพยากรรถที่ใช้เป็นรถประเภทเดียวกันทั้งหมดคือ รถกึ่งพ่วง (หัวลากและหางลาก) ที่มีความสามารถในการบรรทุกครั้งละหนึ่งตู้เหมือนกัน

การปฏิบัติงานของรถหัวลากนี้จะประกอบไปด้วย 4 ส่วนการปฏิบัติงาน คือ เวลาวิ่งเที่ยวเปล่า (Empty Travel Time) เวลารับตู้ (Loading Time) เวลาวิ่งเที่ยวบรรทุก (Loaded Travel Time) และเวลาส่งตู้ (Unloading Time)



รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ศึกษาโดย Koo, Lee และ Jang (2004)

แนวทางแก้ปัญหาได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การหาค่าจำนวนรถต่ำที่สุด (Lower Bound of Fleet Size) สามารถหาจำนวนรถที่ใช้ได้จากการประเมินช่วงเวลาการทำงานทั้งหมด (ประกอบไปด้วย เวลาวิ่งเที่ยวเปล่า เวลารับตู้ เวลาวิ่งเที่ยวบรรทุก และเวลาส่งตู้) หารด้วยช่วงเวลาปฏิบัติงานของรถ 1 คัน ต่อวัน และเพื่อให้ได้ค่าจำนวนรถต่ำที่สุดนั้นจะต้องพยายามทำให้เกิดการเวลาวิ่งเที่ยวเปล่าน้อยที่สุด การแก้ปัญหาในส่วนนี้ได้สร้างแบบจำลองเพื่อประเมินเวลาการวิ่งเที่ยวเปล่าให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดตามปริมาณตู้ที่ต้องขนระหว่างจุดรับส่งตู้ทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึงการมอบหมายให้กับรถแต่ละคัน

ขั้นตอนที่ 2 การค้นหาแบบข้อหา (Tabu Search Based Fleet Sizing and Vehicle Routing) ทำการค้นหาตารางการทำงานที่ดีที่สุดด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม เริ่มต้นจากการทำการกำหนดตารางการทำงานเริ่มต้น แล้วพยายามปรับปรุงตารางเริ่มต้นให้มีค่าเวลาปิดงานเร็วที่สุด โดยทำการเรียงสับเปลี่ยนในสองลักษณะคือการเรียงสับเปลี่ยนงานภายในรถคันเดียวกัน และการเรียง

สับเปลี่ยนงานระหว่างรถแต่ละคัน โดยกำหนดค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาให้เป็นเวลาปิดงานประจำวันของรถทุกคันเร็วที่สุด อย่างไรก็ตามถ้าเวลาปิดงานประจำวันดังกล่าวเกินกว่าเวลาปฏิบัติที่กำหนดก็ให้เพิ่มจำนวนรถเข้าไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งทำให้เวลาปิดงานประจำวันของรถทุกคันอยู่ในช่วงเวลาปฏิบัติงานที่กำหนด

กรณีศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบ วิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้กับวิธีการแก้ปัญหาในอีกสองรูปแบบ คือ Insertion Algorithm Based Heuristic และ Greedy Procedure โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาปิดงานเร็วที่สุดกับจำนวนรถที่ใช้ในแต่ละรูปแบบของการแก้ปัญหา พบว่าวิธีการในกรณีศึกษานี้ให้ตารางการทำงานที่ดีกว่า และยังใช้เวลาในการประมวลผลต่ำกว่าอีกด้วย และได้สรุปว่าวิธีการนี้ให้คำตอบที่มีคุณภาพดีกว่าในแง่ของช่วงเวลาทำการ (Makespan) และเวลาการทำงานรวมทั้งหมด

2.6 สรุป

จากการทบทวนแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปแนวทางที่จะใช้ในการศึกษานี้ได้ดังนี้

- การจัดตารางการเดินรถของกรณีศึกษานี้ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากทำให้ลักษณะของปัญหามีความซับซ้อน ดังนั้นจึงควรแก้ปัญหาแบบนี้ด้วยวิธีการทางฮิวริสติก ถึงแม้ว่าวิธีการนี้ไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่เป็นวิธีการที่สามารถให้คำตอบที่ดีสามารถยอมรับคุณภาพคำตอบได้ ภายในเวลาการประมวลผลที่เหมาะสม
- จากงานทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าวิธีการทางฮิวริสติกที่ใช้ในการจัดตารางการทำงาน ได้แก่ การค้นหาแบบจำลองการอ่อนตัว การค้นหาแบบข้อห้าม และ ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยแต่ละวิธีก็จะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป การศึกษานี้จะใช้การค้นหาแบบข้อห้ามในการวิเคราะห์หาคำตอบ