การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจการจัดเส้นทางเดินรถแบบต่อเนื่องที่มีการเปลี่ยนถ่ายและพักสินค้า

นางสาวญาณิภา ชินสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

Design of Decision Support System for Continuous Move Routing with Transshipments and Stopovers

Miss Yanipa Chinsuwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจการจัดเส้นทางเดินรถแบบต่อเนื่องที่มีการเปลี่ยนถ่ายและพักสินค้า
โดย	นางสาวญาณิภา ชินสุวรรณ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร. นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหรียญ บุญดีสกุล

ญาณิภา ชินสุวรรณ : การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจการจัดเส้นทางเดินรถแบบต่อเนื่องที่มีการเปลี่ยนถ่ายและพักสินค้า. (DESIGN OF DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CONTINUOUS MOVE ROUTING WITH TRANSSHIPMENTS AND STOPOVERS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี, 203 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจจัดเส้นทางการเดินรถแบบต่อเนื่องสำหรับการขนส่งแบบต่อเนื่องที่มีสถานที่สำหรับการเปลี่ยนถ่ายสินค้าและสามารถพักสินค้าโดยใช้หลักการฮิวริสติก (Heuristic) ที่พัฒนาขึ้นมาประยุกต์ในการสร้างตรรกะของการจัดเส้นทางเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำ ลักษณะการขนส่งของระบบที่ออกแบบนั้น เป็นการเดินรถได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องการกลับมาที่สถานที่เริ่มต้นเมื่อครบรอบเวลา ตลอดเส้นทางมีการรับ-ส่งสินค้า และมีความสามารถในการเปลี่ยนถ่ายสินค้าจากยานพาหนะหนึ่งไปสู่ยานพาหนะหนึ่งได้ตามสถานที่ที่อนุญาตให้มีการพักสินค้า ซึ่งประโยชน์ของการนำสินค้าจากหลายแหล่งมาพัก ณ สถานที่พักสินค้า เป็นการเปิดโอกาสให้สามารถรวบรวมสินค้าที่มีความต้องการการขนส่งไปยังบริเวณและช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันเข้าด้วยกัน ช่วยเพิ่มความสามารถในการจัดเส้นทางให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากการลดระยะทางรวมของยานพาหนะในระบบลง นอกจากนี้ยังออกแบบฐานข้อมูลของระบบและหน้าจอการทำงานสำหรับผู้ใช้ (User Interface) เพื่อช่วยในการทำงานสำหรับระบบที่พัฒนาขึ้น

ฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นนี้ เป็นการนำเส้นทางที่มีการเดินรถอย่างต่อเนื่องมาเป็นเส้นทางเริ่มต้นแล้วหาวิธีการปรับปรุงเส้นทางจากเส้นทางเดิม โดยการเปลี่ยนถ่ายสินค้า แบบพักสินค้าได้ กระบวนการตัดสินใจประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ (1) กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง (2) กระบวนการพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (3) กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง และขั้นตอนสุดท้าย คือ (4) กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน เพื่อช่วยในการหาเส้นทางใหม่ ผลลัพธ์ของกระบวนการ คือ เส้นทางใหม่ที่มีการถ่ายโอนและพักสินค้าที่มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่ำ จากการทดสอบฮิวริสติกนี้ด้วยตัวอย่างที่กำหนดพบว่าสามารถช่วยลดระยะทางจากการจัดเส้นทางปกติที่ไม่มีการถ่ายโอนได้เฉลี่ย 12.36%

ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต ญาณิภา ชินสุวรรณ

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2555

5370228021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : VEHICLE ROUTING AND SCHEDULING/TRANSSHIPMENTS/STOPOVERS

YANIPA CHINSUWAN : DESIGN OF DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CONTINUOUS MOVE ROUTING WITH TRANSSHIPMENTS AND STOPOVERS. ADVISOR : NARAGAIN PHUMCHUSRI, Ph.D., 203 pp.

The goal of this research is to design a decision support system for continuous move routing with transshipments and stopovers. The heuristic developed in this research proposes a searching method to reduce transportation cost. This continuous-move system allows waiting of vehicles without having to return back to their home bases at the end of the cycle time. It allows transshipments and stopovers at the allowable nodes. Having transshipments and stopovers ability, which consolidates products in the same time periods to nearby areas, can increase efficiency of routing by reducing the total travelling distance in the system. In addition, this research proposes designs of the system database and user interfaces for effective application of this developed vehicle routing system.

The developed heuristic proposes searching methods to improve the initial routing by identifying transshipments and stopovers opportunity. Decision methods consist of four main processes: (1) searching jobs that allow transshipment opportunity, (2) searching paths that allow transshipment opportunity, (3) matching paths, and (4) selecting jobs to create new paths with transshipments. The output of this decision is an improved continuous routing that allows transshipments and stopovers with lower transportation cost. From computational experiments, the proposed method can decrease the system's total distance up to 12.36 percent as compared to the original routing without transshipments and stopovers.

Department : Engineering Student's Signature ยานิภา ชินสุวรรณ

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature

Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยและการจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีผู้วิจัยกราบขอบพระคุณต่อ ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่กรุณาให้คำปรึกษา แนวคิด คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง และผู้วิจัยขอกราบขอบคุณกรรมการสอบทุกท่านซึ่งประกอบด้วย ผศ. ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ ผศ. ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์และ ผศ. ดร.เหรียญ บุญดีสกุลโชคที่ช่วยชี้แนะและให้คำแนะนำต่องานวิจัย

นอกจากนี้ผู้ทำการวิจัยขอกราบขอบพระคุณ นายอนวัช อริยสัจจากร ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบของงานวิจัย ตลอดจนพี่ๆ ในหน่วยวิจัย Resources and Operations Management ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ห้อง ROM) ที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนข้อมูลต่างๆ สำหรับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ นายวินัย ชินสุวรรณ และนางอารีย์ ชินสุวรรณ ผู้เป็นบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาและให้กำลังใจตลอดมา และบุคคลอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้แต่มีส่วนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี ผู้วิจัยของกราบขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ประโยชน์อันใดที่เกิดขึ้นจากการทำงานวิจัยนี้ ย่อมเป็นผลจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงไว้ในโอกาสนี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฐ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 6
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ 8
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ 9
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
2.1 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 14
2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 22
2.2.1 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย 24
2.2.2 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายหลายคน 27
2.2.3 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 28
2.3 การหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางและตารางการเดินรถ 33
2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34

หน้า

2.5 สรุป....43
3 หลักการและแนวคิด....44
3.1 หลักการและแนวคิดของกระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง....52
3.1.1 การลดระยะทางจากการไม่แวะสถานที่....52
3.1.2 การลดลงของค่าใช้จ่ายจากการสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะ....54
3.2 หลักการและแนวคิดของกระบวนการพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง....55
3.2.1 การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยใช้เส้นทางที่มีอยู่ในระบบเท่านั้น....55
3.2.2 การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางและใช้เส้นทางที่มีอยู่ในระบบ....56
3.2.3 เส้นทางที่เพิ่มขึ้นเพื่อการเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่ง....59
3.3 หลักการและแนวคิดของกระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง....62
3.4 กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน....64
3.5 สรุป....64
4 การดำเนินงานและรายละเอียดระบบ....65
4.1 ข้อมูลนำเข้าระบบ....65
4.1.1 ข้อมูลความต้องการการขนส่ง....65
4.1.2 ข้อมูลระยะเวลาของแผนการขนส่งสินค้าและการทำงานต่อรอบ....68
4.1.3 ข้อมูลยานพาหนะ....69
4.1.4 ข้อมูลระยะระหว่างสถานที่....71
4.2 เส้นทางการขนส่งสินค้า....72
4.3 กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจของกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง....75

หน้า

4.3.1 กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง... 83
4.3.2 กระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง 92
4.3.3 กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง..... 98
4.3.4 กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน..... 105
4.4 การทดสอบระบบและผลการทดสอบ..... 111
4.4.1 การทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนรหัสการขนส่ง 111
4.4.2 การทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานที่ในระบบ..... 114
4.4.3 การทดสอบเมื่อมีลักษณะการกระจายตัวของสถานที่เป็นเกณฑ์..... 116
4.4.4 การทดสอบเมื่อค่าความจุของแต่ละรหัสการขนส่งเป็นเกณฑ์..... 120
4.4.5 การทดสอบเมื่อแบ่งตามวิธีการจัดเส้นทาง 123
4.4.6 สรุปผลจากการการทดสอบ 127
5 การออกแบบระบบสารสนเทศ.....129
5.1 ฐานข้อมูลของระบบ 131
5.1.1 ระยะทางระหว่างสถานที่..... 131
5.1.2 ระยะเวลาระหว่างสถานที่..... 131
5.1.3 สถานที่ 132
5.1.4 ยานพาหนะที่มีอยู่ในระบบ..... 132
5.1.5 แผนการซ่อมบำรุง 133
5.1.6 ความต้องการการขนส่ง..... 133
5.1.7 เส้นทางการขนส่ง 134

หน้า

5.1.8 ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลและข้อมูลในระบบ 134
5.2 หน้าจอการทำงาน 138
5.2.1 การตั้งค่าของกระบวนการ 138
5.2.2 การนำเข้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง 150
5.2.3 การแสดงผลการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง 156
5.2.4 รายงาน 160
6 สรุปและข้อเสนอแนะ 167
6.1 สรุปผลงานวิจัย 168
6.2 ข้อเสนอแนะ 169
เอกสารอ้างอิง 171
ภาคผนวก 176
ภาคผนวก ก 177
ภาคผนวก ข 194
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 203

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในแต่ละบท 10
ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพกระแสข้อมูล 19
ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์การเขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการทางธุรกรรม..... 20
ตารางที่ 2.3 การจำแนกประเภทของปัญหาการจัดเส้นและตารางทางการเดินทาง 23
ตารางที่ 2.4 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่ง 36
ตารางที่ 2.5 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่ง (ต่อ) 37
ตารางที่ 2.6 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่ง (ต่อ) 38
ตารางที่ 2.7 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่ง (ต่อ) 39
ตารางที่ 2.8 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่ง (ต่อ) 40
ตารางที่ 2.9 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีการถ่ายโอนสินค้า (ต่อ)..... 40
ตารางที่ 2.10 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีการถ่ายโอนสินค้า (ต่อ)..... 41
ตารางที่ 2.11 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีการถ่ายโอนสินค้า (ต่อ)..... 42
ตารางที่ 3.1 แนวคิดของแต่ละกระบวนการและเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา..... 46
ตารางที่ 3.2 สมมติฐานของระบบ..... 49
ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการการขนส่ง..... 66
ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างข้อมูลยานพาหนะในแต่ละรอบการทำงาน..... 69
ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างของข้อมูลแผนการซ่อมบำรุง..... 71
ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างระยะทางเฉลี่ยการขนส่งระหว่างสถานที่เพื่อใช้ประมวลผลในระบบ..... 71
ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างระยะเวลาเฉลี่ยการขนส่งระหว่างสถานที่เพื่อใช้ประมวลผลในระบบ 72
ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างของเส้นทางการขนส่งสินค้า..... 74
ตารางที่ 4.7 เซตและความหมาย..... 77
ตารางที่ 4.8 พารามิเตอร์และความหมาย 78
ตารางที่ 4.9 ตัวแปรและความหมาย..... 78
ตารางที่ 4.10 รายละเอียดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนรหัสการขนส่ง 112

หน้า

ตารางที่ 4.11 รายละเอียดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานที่ในระบบ 114
ตารางที่ 4.12 รายละเอียดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบตามลักษณะการกระจายตัวของสถานที่..... 118
ตารางที่ 4.13 รายละเอียดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบตามค่าความจุของแต่ละรหัสการขนส่ง 120
ตารางที่ 4.14 รายละเอียดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเมื่อแบ่งตามวิธีการจัดเส้นทาง 124

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 มูลค่าต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทย ปี 2554-2553..... 2
ภาพที่ 1.2 มูลค่าการส่งออกของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย 2
ภาพที่ 1.3 การขนส่งวัตถุดิบจากผู้จัดหาวัตถุดิบไปสู่โรงงานผู้ผลิต..... 3
ภาพที่ 1.4 การขนส่งวัตถุดิบ หรือ สินค้าที่อยู่ระหว่างผลิต หรือ สินค้าสำเร็จรูป ระหว่างโรงงาน
ผู้ผลิตหลักไปสู่โรงงานผู้ผลิตย่อยหรือผู้รับจ้างผลิตภายนอก หรือลูกค้า..... 3
ภาพที่ 1.5 การขนส่งแบบรวมศูนย์ที่ต้องกลับสถานที่เริ่มต้นเมื่อหมดรอบเวลา 4
ภาพที่ 1.6 การขนส่งแบบรวมศูนย์แบบต่อเนื่อง 5
ภาพที่ 1.7 การขนส่งแบบรวมศูนย์แบบต่อเนื่องที่สามารถเปลี่ยนถ่ายสินค้าจากยานพาหนะหนึ่ง
ไปสู่ยานพาหนะหนึ่งโดยสามารถมีการพักสินค้าไว้ ณ สถานที่ที่ทำการกำหนด..... 5
ภาพที่ 3.1 ภาพรวมแนวคิดกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้า..... 45
ภาพที่ 3.2 แผนภาพการไหลภาพรวมแนวคิดกระบวนการปรับปรุงแผนเส้นทางการขนส่งสินค้า 51
ภาพที่ 3.3 การลดระยะทางเนื่องจากการไม่แวะสถานที่..... 53
ภาพที่ 3.4 การสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะ..... 54
ภาพที่ 3.5 กรณีที่ 1 ใช้เส้นทางที่มีอยู่ในระบบเดิมเพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง 56
ภาพที่ 3.6 กรณีที่ 2 (รูปแบบ 1) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางเพื่อ
ไปรับสินค้าและเดินทางไปสถานที่ถัดไปของเส้นทางเบื้องต้น 57
ภาพที่ 3.7 กรณีที่ 2 (รูปแบบ 2) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางเพื่อ
ไปรับสินค้าและเดินทางกลับมาสถานที่เดิมของเส้นทางเบื้องต้น 58
ภาพที่ 3.8 กรณีที่ 2 (รูปแบบ 1) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางเพื่อ
ไปฝากสินค้า ณ สถานที่พักและเดินทางไปสถานที่ถัดมาของเส้นทางเบื้องต้น..... 59
ภาพที่ 3.9 กรณีที่ 2 (รูปแบบ 2) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางเพื่อ
ไปฝากสินค้า ณ สถานที่พักเดินทางกลับมาสถานที่เดิมของเส้นทางเบื้องต้น..... 59
ภาพที่ 3.10 กรณีที่ 3 (รูปแบบที่ 1) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางไปสถานที่
ที่ต้องการและเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ถัดมาของเส้นทางเบื้องต้นทั้ง 2 ฝั่ง 60

หน้า

ภาพที่ 3.11 กรณีที่ 3 (รูปแบบที่ 2) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ที่ต้องการและเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ถัดมาของเส้นทางเบื้องต้นเพียงฝั่งเดียว 61
ภาพที่ 3.12 กรณีที่ 3 (รูปแบบที่ 3) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ที่ต้องการและเพิ่มเส้นทางกลับมาสถานที่เดิมของเส้นทางเบื้องต้นทั้ง 2 ฝั่ง 62
ภาพที่ 3.13 สถานที่พักสินค้าร่วม (IM_s) เป็นสถานที่พักสินค้า..... 63
ภาพที่ 3.14 สถานที่พักสินค้าร่วม (IM_s) เป็นเส้นทาง..... 63
ภาพที่ 4.1 กระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง..... 76
ภาพที่ 4.2 กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง..... 84
ภาพที่ 4.3 กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง (ต่อ)85
ภาพที่ 4.4 กระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง 93
ภาพที่ 4.5 กระบวนการพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (ต่อ)..... 94
ภาพที่ 4.6 กระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (ต่อ) 95
ภาพที่ 4.7 กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง..... 99
ภาพที่ 4.8 กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (ต่อ)..... 100
ภาพที่ 4.9 กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (ต่อ)..... 101
ภาพที่ 4.10 กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน..... 106
ภาพที่ 4.11 กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน (ต่อ)..... 107
ภาพที่ 4.12 กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน (ต่อ)..... 108
ภาพที่ 4.13 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางเมื่อแบ่งตามจำนวนรหัสการขนส่ง..... 113
ภาพที่ 4.14 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานที่ในระบบ..... 115
ภาพที่ 4.15 ลักษณะการกระจายตัวของสถานที่ชุดข้อมูลที่ 1..... 117
ภาพที่ 4.16 ลักษณะการกระจายตัวของสถานที่ชุดข้อมูลที่ 2..... 117
ภาพที่ 4.17 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางตามลักษณะการกระจายตัวของสถานที่..... 119
ภาพที่ 4.18 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางตามค่าความจุของแต่ละรหัสการขนส่ง 122
ภาพที่ 4.19 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางเมื่อแบ่งตามวิธีการจัดเส้นทาง 125

หน้า

ภาพที่ 4.20 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลระหว่างวิธีการจัดเส้นทาง..... 127
ภาพที่ 5.1 กระบวนการทางธุรกิจของกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง..... 130
ภาพที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างฐานข้อมูลในระบบ (การจัดเส้นทางเท่านั้น) 136
ภาพที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างฐานข้อมูลในระบบ (การวางแผนการขนส่ง)..... 136
ภาพที่ 5.4 แผนภาพการไหลของข้อมูลในระบบ..... 137
ภาพที่ 5.5 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการเข้าสู่โปรแกรมการใช้งาน ... 138
ภาพที่ 5.6 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้น..... 139
ภาพที่ 5.7 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้น
ของการกรอกข้อมูลสถานที่..... 141
ภาพที่ 5.8 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้น
ของการกรอกข้อมูลระยะทางระหว่างสถานที่..... 142
ภาพที่ 5.9 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้น
ของการกรอกข้อมูลระยะเวลาระหว่างสถานที่..... 143
ภาพที่ 5.10 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้น
ของการกรอกข้อมูลประเภทของยานพาหนะ 144
ภาพที่ 5.11 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้น
ของการกรอกข้อมูลยานพาหนะ 145
ภาพที่ 5.12 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้น
ของการกรอกข้อมูลความต้องการการขนส่ง 146
ภาพที่ 5.13 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้น
ของการกรอกข้อมูลพนักงานขับรถ..... 147
ภาพที่ 5.14 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้น
ของการกรอกข้อมูลสถานที่เปลี่ยนคนสำรอง 148
ภาพที่ 5.15 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้น
ของการกรอกข้อมูลการซ่อมบำรุง..... 149

หน้า

ภาพที่ 5.16 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
การกรอกข้อมูลแผนการซ่อมบำรุง 150
ภาพที่ 5.17 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
การกรอกข้อมูลแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถ 152
ภาพที่ 5.18 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
การกรอกข้อมูลแผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า 154
ภาพที่ 5.19 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
การแสดงผลการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง 157
ภาพที่ 5.20 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงผลเส้นทางการขนส่ง160
ภาพที่ 5.21 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงผลสรุป..... 162
ภาพที่ 5.22 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงกราฟผลสรุป 164
ภาพที่ 5.23 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
การแสดงกราฟผลสรุปเปรียบเทียบเส้นทางการขนส่ง..... 165

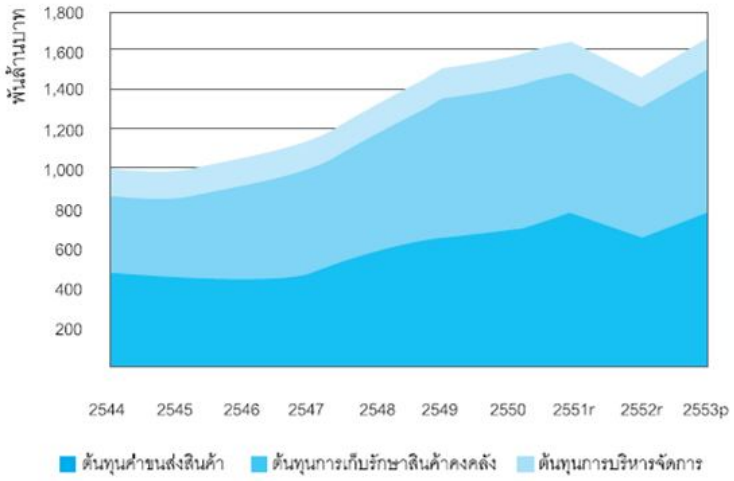
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

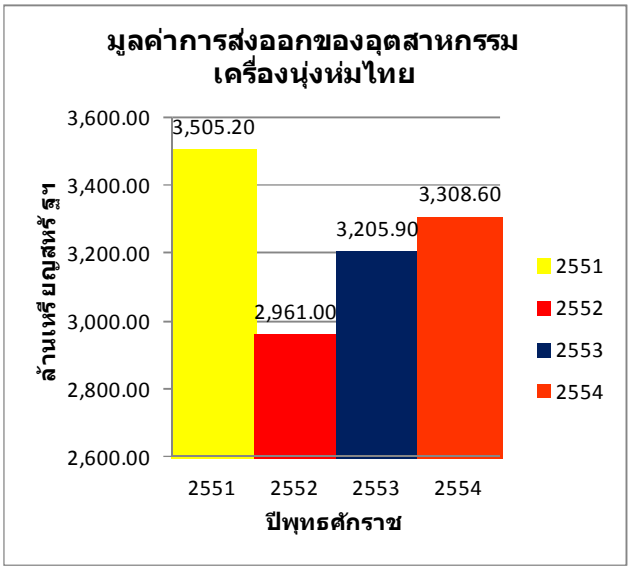
อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มนับเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นจำนวนมากและนับได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมหลักที่สำคัญของประเทศ แต่เนื่องจากภาวการณ์แข่งขันที่สูงและค่าแรงที่ปรับตัวสูงขึ้น ส่งผลให้ในภาคธุรกิจของอุตสาหกรรมเริ่มมีความตื่นตัวในการหาวิธีการในการปรับลดต้นทุนที่เกิดความสูญเปล่าลง ซึ่งส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นในกระบวนการผลิต แต่อาจมองข้ามต้นทุนที่สำคัญอย่างหนึ่งของอุตสาหกรรมนี้ คือ ต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์ซึ่งมีประมาณ 15% (มนัญญา อะทาโส, 2551) ของต้นทุนโดยรวมของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับในปี 2553 ต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทยมีมูลค่ารวมประมาณ 1.64 ล้านล้านบาท หรือคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ ร้อยละ 15.2 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ณ ราคาประจำปี (GDP) ประกอบด้วย ต้นทุนค่าขนส่งสินค้ามีมูลค่า 776.4 พันล้านบาท (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ [สศช.], 2555: 3-4) โดยแนวโน้มของต้นทุนโลจิสติกส์ปรับตัวสูงขึ้นในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาแสดงดังภาพที่ 1.1 เห็นได้ว่าต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์เป็นต้นทุนที่มีความสำคัญและควรปรับปรุงดังนั้นหากมีการบริหารจัดการทางด้านโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนการขนส่ง แล้วย่อมช่วยลดต้นทุนโดยรวมลง

จากรายงานสรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2554 และแนวโน้มปี 2555 ของกระทรวงอุตสาหกรรมได้บ่งชี้ภาพรวมการส่งออกปี 2554 อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มมีมูลค่าการส่งออกรวม 8,450.4 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.8 เมื่อเทียบกับปี 2553 ซึ่งมีมูลค่าการส่งออก 7,676.2 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (กระทรวงอุตสาหกรรม, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม [สศอ.], 2555: 83) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มของไทยยังคงมีแนวโน้มที่ดีและมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องดังนั้นหากสามารถลดต้นทุนของอุตสาหกรรมนี้ลง ก็จะเป็นการสร้างรากฐานการเติบโตที่ดี และช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับตลาดโลกที่เน้นด้านต้นทุนมากขึ้น ประกอบกับประเทศไทยได้มีนโยบายผลักดันให้เป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ในอาเซียน (กรมส่งเสริมการส่งออก, สำนักประชาสัมพันธ์, 2555) ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการนำหลักการของการเปลี่ยนถ่ายสินค้า (Transshipment) มาพัฒนาแนวคิด ให้สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายใน

การขนส่งและยกระดับประสิทธิภาพในโซ่อุปทาน โดยนำเส้นทางที่เป็นไปได้มาเป็นเส้นทางเริ่มต้น แล้วหาวิธีการปรับปรุงเส้นทางจากเส้นทางเดิมให้มีความยืดหยุ่นและช่วยลดค่าใช้จ่ายรวมของระบบ

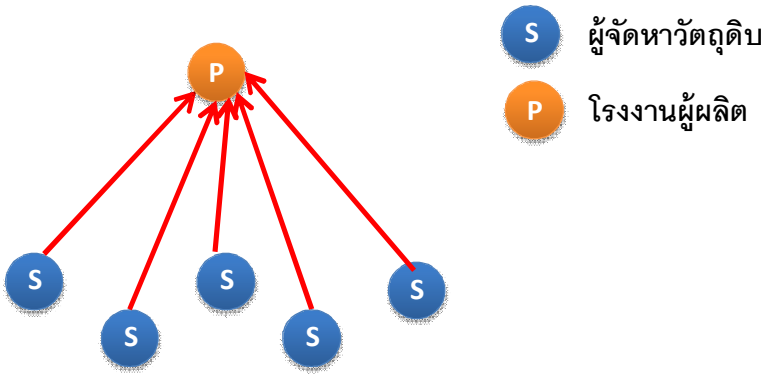


ภาพที่ 1.1 มูลค่าต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทย ปี 2554-2553 (สศช., 2555: 3)

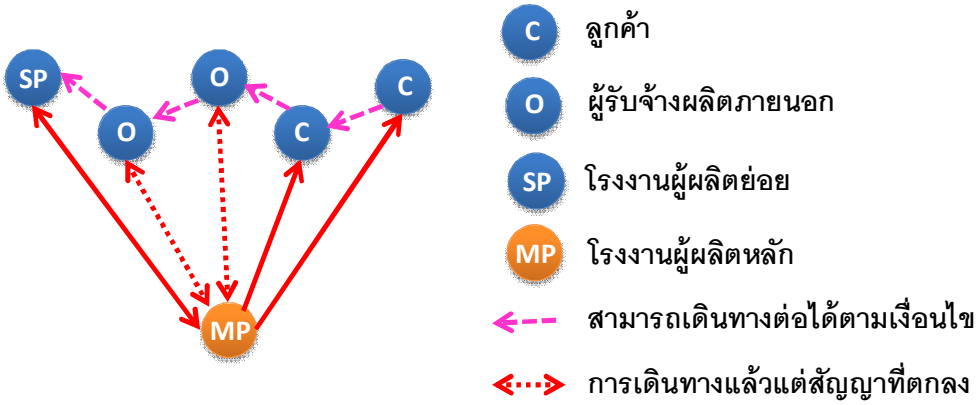


ภาพที่ 1.2 มูลค่าการส่งออกของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย (สศอ., 2555: 83)

สภาพปัจจุบันของการขนส่งในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มนั้น เป็นการเคลื่อนย้ายสินค้าที่มีอยู่จากผู้ผลิต (Manufacturer) ไปยังลูกค้าหรือผู้ที่ต้องการสินค้าภายใต้เงื่อนไขทางเวลาตามที่กำหนด โดยแยกกันบริหารจัดการการขนส่ง ทำให้ขาดการเชื่อมโยงข้อมูลกัน การวางแผนในการขนส่งขาดประสิทธิภาพและมีต้นทุนที่สูงซึ่งมีลักษณะดังภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 การขนส่งวัตถุดิบจากผู้จัดหาวัตถุดิบไปสู่โรงงานผู้ผลิต

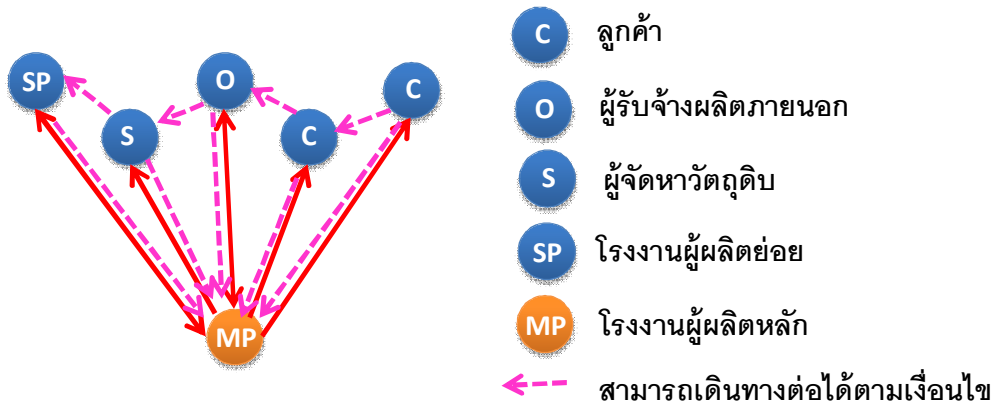


ภาพที่ 1.4 การขนส่งวัตถุดิบ หรือ สินค้าที่อยู่ระหว่างผลิต หรือ สินค้าสำเร็จรูป ระหว่างโรงงานผู้ผลิตหลักไปสู่โรงงานผู้ผลิตย่อยหรือผู้รับจ้างผลิตภายนอกหรือลูกค้า

จากภาพที่ 1.4 เมื่อวัตถุดิบถูกส่งไปยังโรงงานผู้ผลิตหลัก โรงงานผู้ผลิตหลักจะทำหน้าที่เก็บและกระจายวัตถุดิบสำหรับส่งต่อให้ทางโรงงานผู้ผลิตย่อยหรือผู้รับจ้างผลิตภายนอก หลังจากที่ทำการผลิตเสร็จเรียบร้อยแล้วผู้รับจ้างผลิตภายนอกส่งสินค้ากลับให้ทางโรงงานผู้ผลิตหลักหรือโรงงานผู้ผลิตหลักเป็นผู้ไปรับเองแล้วแต่ข้อตกลงระหว่างกัน ในขณะที่โรงงานผู้ผลิตย่อยอาจส่ง

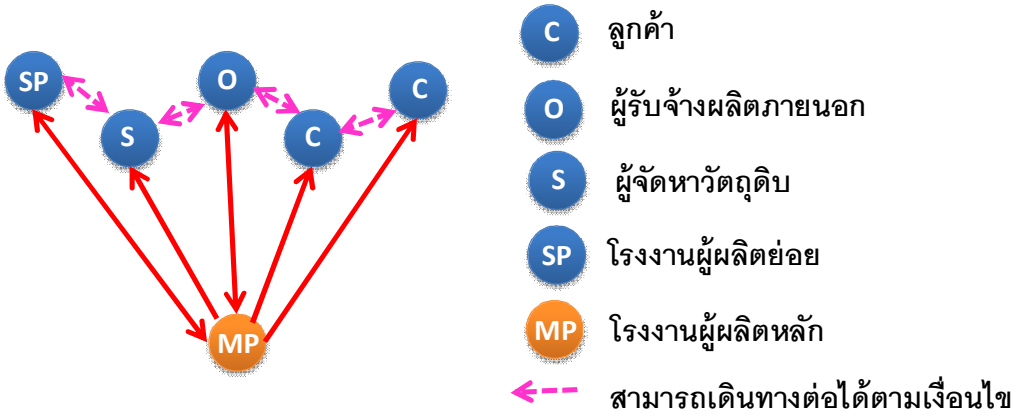
สินค้ากลับสู่โรงงานผู้ผลิตหลักเพื่อรอส่งขนส่งต่อไปยังสถานที่หมายปลายทาง เช่น ลูกค้า ท่าเรือเพื่อการส่งออก คลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้า หรือส่งตรงไปยังสถานที่หมายปลายทางเลย โดยการขนส่งนี้เป็นแบบรวบรวมและแบบรวมกระจายสินค้า (Milk run) สามารถทั้งรับและส่งสินค้าได้ในเที่ยวขนส่งเดียวกันแต่เป็นการขนส่งเฉพาะส่วนของโรงงานเอง ซึ่งอาจทำให้เกิดการวิ่งยานพาหนะเที่ยวเปล่า และการวิ่งทับซ้อนเส้นทางกัน เกิดต้นทุนของความสูญเปล่าขึ้นในระบบการขนส่ง

เมื่อมีการจัดการการขนส่งแบบรวมศูนย์ที่มีการกำหนดความต้องการการขนส่งแบบเป็นช่วงเวลาซึ่งสร้างความยืดหยุ่นในการบริหารการจัดการขนส่ง โดยที่สร้างระบบการจัดเส้นทางการขนส่งแบบรวบรวมและแบบรวมกระจายสินค้า (Milk run) ทำให้สามารถทั้งรับและส่งสินค้าได้ในเที่ยวขนส่งเดียวกันของทั้งระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ช่วยลดจำนวนเที่ยวขนส่งและจำนวนยานพาหนะขนส่งได้ที่เป็นต้นทุนหนึ่งของการขนส่ง แต่การขนส่งดังกล่าวเป็นการเดินรถแบบต้องกลับสถานที่เริ่มต้นเสมอเมื่อหมดรอบระยะเวลาที่กำหนด แสดงดังภาพที่ 1.5 ในบางกรณีอาจไม่สามารถทำการขนส่งได้เนื่องมาจากระยะทางที่ไกลเกินรอบเวลา นอกจากนี้ยังอาจทำให้เกิดความสูญเปล่าในกรณีที่มีสถานที่ที่จะไปส่งในระยะที่ใกล้เคียงกันแต่รอบระยะเวลาไม่เพียงพอทำให้ต้องกลับไปยังสถานที่เริ่มต้นใหม่แล้วกลับมาอีกครั้ง หรือการมีสถานที่ที่จะไปในรอบเวลาถัดมาอยู่ใกล้สถานที่สิ้นสุดในรอบเวลาเดิมและสถานที่ดังกล่าวสามารถทำการจอดพักยานพาหนะได้ เป็นต้นส่งผลก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการวิ่งยานพาหนะซ้อนทับเส้นทางเดิม

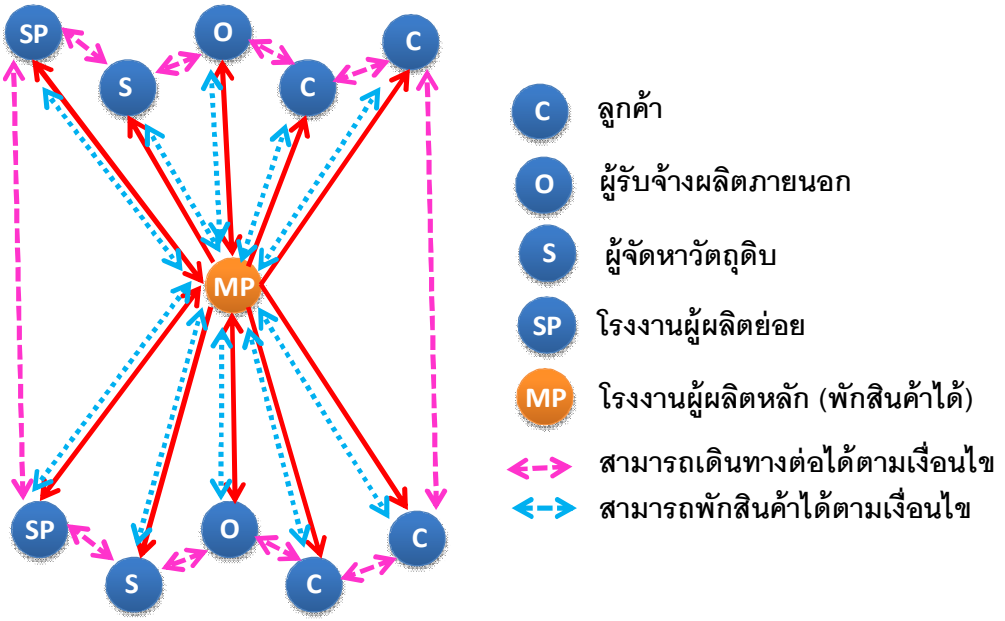


ภาพที่ 1.5 การขนส่งแบบรวมศูนย์ที่ต้องกลับสถานที่เริ่มต้นเมื่อหมดรอบเวลา

จากปัญหาดังกล่าวทั้งหมดข้างต้นทำให้เกิดแนวคิดในการจัดเส้นทางการเดินรถอย่างต่อเนื่อง (Continuous shipment) ที่สามารถเปลี่ยนถ่ายสินค้าจากยานพาหนะหนึ่งไปสู่ยานพาหนะหนึ่งโดยสามารถมีการพักสินค้าไว้ ณ สถานที่ที่ทำการกำหนดไว้ให้ได้และยานพาหนะที่ทำการรับเพื่อส่งต่อไปนั้นอาจเป็นได้ทั้งยานพาหนะคันเดิมหรือเป็นยานพาหนะคันอื่นก็ได้เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการจัดเส้นทางให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และช่วยลดปัญหาที่เกิดจากข้อจำกัดที่เกิดขึ้นภายใต้สภาวการณ์จริง เนื่องจากข้อจำกัดที่มีเป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 1.6 การขนส่งแบบรวมศูนย์แบบต่อเนื่อง



ภาพที่ 1.7 การขนส่งแบบรวมศูนย์แบบต่อเนื่องที่สามารถเปลี่ยนถ่ายสินค้าจากยานพาหนะหนึ่งไปสู่ยานพาหนะหนึ่งโดยสามารถมีการพักสินค้าไว้ ณ สถานที่ที่ทำการกำหนด

ภาพที่ 1.6 แสดงการขนส่งแบบรวมศูนย์แบบต่อเนื่อง (Continuous shipment) ที่ไม่สามารถมีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าหรือการพักสินค้าไว้ ณ สถานที่ต่างๆ ได้ทำให้ในบางกรณีแม้ว่ามีสถานที่ที่ต้องการไปที่เดียวกันแต่ไม่สามารถรวมไปส่งในยานพาหนะเที่ยวเดียวกันได้เนื่องจากข้อจำกัดบางอย่าง เช่น เงื่อนไขของเวลา การนำสินค้าจากแหล่งที่มีข้อจำกัดด้านเวลามาพัก ณ สถานที่พักสินค้าก่อน เพื่อทำการรวบรวมสินค้าที่มีความต้องการการขนส่งในช่วงเวลาเดียวกันก่อนนำส่งไป ณ บริเวณที่จะไปส่งของเดียวกันหรือใกล้กัน และในบางสถานการณ์มีความจำเป็นที่ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าจากยานพาหนะคันหนึ่งไปสู่อีกคันหนึ่งแต่ไม่สามารถให้ยานพาหนะคันใดคันหนึ่งหรือทั้งสองคันรอคอยด้วยระยะเวลาใดๆ หรือมีจำนวนยานพาหนะ ณ ช่วงเวลานั้นมีจำนวนไม่เพียงพอทำให้ไม่สามารถใช้การเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะแบบคันต่อคันโดยไม่มีการพักสินค้าได้จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนถ่ายแบบมีการพักสินค้าเกิดขึ้น การเปลี่ยนถ่ายสินค้าหรือการพักสินค้าในการขนส่งรวมศูนย์แบบต่อเนื่องแสดงดังภาพที่ 1.7 นอกจากจะช่วยในการลดระยะทางแล้ว ยังสามารถช่วยลดข้อกำจัดบางประการลงได้ เช่น การที่สามารถพักสินค้าทำให้ยานพาหนะไม่มีความจำเป็นต้องรอในการแลกเปลี่ยนสินค้าให้กับยานพาหนะอีกคันหนึ่ง ซึ่งทำให้สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจการวางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถแบบต่อเนื่องในการขนส่งสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มที่มีลักษณะทั้งการรับและส่งสินค้าที่สามารถมีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าหรือสามารถพักสินค้าได้ระหว่างการขนส่งตามสถานที่ที่กำหนด ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมต่ำ โดยการประยุกต์ใช้ฮิวริสติก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจการวางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถ แต่ไม่รวมการเขียนโปรแกรม (Coding) และการนำไปติดตั้งเพื่อประยุกต์ใช้งานจริง (Implementation) โดยประกอบด้วย 3 ส่วนงานหลัก ได้แก่

1.1) ส่วนตรรกะของกระบวนการตัดสินใจการวางแผนของระบบครอบคลุมขั้นตอนของฮิวริสติกในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งจากแผนเริ่มต้นที่ได้รับเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำและผลการทดสอบฮิวริสติกครอบคลุมการทดสอบคุณภาพของคำตอบที่ได้จากการประมวลผล และผลกระทบของคำตอบจากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2) ฐานข้อมูลที่จำเป็นของระบบประกอบด้วย รายละเอียดข้อมูลนำเข้าได้แก่

- ระยะทางระหว่างสถานที่
- ระยะเวลาระหว่างสถานที่
- สถานที่
- ยานพาหนะที่มีอยู่ในระบบ
- แผนการซ่อมบำรุง
- ความต้องการการขนส่ง (รหัสการขนส่ง)
- เส้นทางการขนส่ง
- พนักงานขับรถ
- แผนมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ

และแผนภาพการไหลของข้อมูลในระบบซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกัน

1.3) ส่วนหน้าจอการทำงาน (User interface) ของระบบซึ่งเป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างระบบและผู้ใช้งานแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดการนำเข้าข้อมูล รายละเอียดการทำงาน การแสดงผลลัพธ์ที่ได้และรายงานสรุปข้อมูลต่างๆ

2) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระบบสำหรับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเปลี่ยนถ่ายสินค้าและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนส่ง

3) งานวิจัยพิจารณาเฉพาะส่วนการขนส่งระหว่างสถานที่ที่ถูกกำหนดในการขนส่งเท่านั้น ไม่นับรวมถึงการจัดการขนส่งในส่วนภายในของสถานที่ที่กำหนด เช่น

การขนย้ายสินค้าระหว่างยานพาหนะจากส่วนรับสินค้าไปส่วนส่งสินค้า หรือการขนย้ายสินค้าจากที่เก็บไปสู่ยานพาหนะ

4) งานวิจัยมีรูปแบบการขนส่งเป็นลักษณะรวมศูนย์แบบต่อเนื่อง ที่ไม่จำเป็นต้องกลับมาที่สถานที่เริ่มต้นเสมอ หากมีการกลับมาที่สถานที่เริ่มต้นจะเป็นการแวะเพื่อทำกิจกรรมที่จำเป็น

5) งานวิจัยพิจารณาเฉพาะสถานที่การขนส่งที่ประกอบด้วยโรงงานผู้ผลิต ผู้จัดหาวัตถุดิบ ผู้รับจ้างผลิตภายนอก คลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้า สถานที่พักยานพาหนะ ท่าส่งสินค้าออกต่างประเทศ และสถานที่ที่ลูกค้ากำหนดให้ส่งมอบสินค้า ซึ่งเป็นสถานที่ที่ถูกกำหนดในการขนส่ง

6) งานวิจัยพิจารณายานพาหนะและสินค้าที่ทำการขนส่ง เฉพาะมิติของน้ำหนักและปริมาตรเท่านั้น โดยไม่พิจารณาเรื่องรูปร่าง

7) งานวิจัยพิจารณาเฉพาะตัวยานพาหนะที่อยู่ในระบบเท่านั้นไม่นับรวมถึงส่วนประกอบอื่น เช่น พนักงานขับรถซึ่งหากกรณีที่ยานพาหนะขนส่งไม่เพียงพอระบบจะทำการแจ้งกลับให้กับผู้ใช้งาน

8) ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะอยู่บนพื้นฐานของการคำนวณด้วยวิธีการฮิวริสติก

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1) แผนการจัดเส้นทางการเดินรถแบบต่อเนื่องที่สามารถมีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าหรือสามารถพักสินค้าได้ระหว่างการขนส่งตามสถานที่ที่กำหนดจะช่วยลดต้นทุนรวมของการขนส่งสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม
2) ระบบสนับสนุนการตัดสินใจนี้ลดความยุ่งยากและซับซ้อนในการวางแผนเส้นทางการขนส่ง โดยเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการทำงานของผู้ใช้งานและลด

การพึ่งพาประสบการณ์ส่วนบุคคล ทำให้การวางแผนเส้นทางมีมาตรฐาน เพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ

1) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการการขนส่งของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทย
   1.1) สภาพทั่วไปของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทย
   1.2) รูปแบบของการติดต่อและการขนย้ายสินค้าระหว่างโรงงานผู้ผลิต ผู้จัดหาวัตถุดิบ ผู้รับจ้างผลิตภายนอก และลูกค้า

2) ระบุขอบเขตของปัญหาในงานที่ทำการศึกษา
   2.1) พิจารณาข้อมูลที่ได้ศึกษาเบื้องต้น และบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง
   2.2) ระบุวัตถุประสงค์ และขอบเขตของงาน

3) ขั้นตอนรายละเอียดในส่วนงานที่ทำการศึกษา
   3.1) ศึกษาบทความที่เกี่ยวข้องกับ
      – การวางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถ
      – การวางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถแบบต่อเนื่อง
      – การวางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถมีลักษณะสามารถเปลี่ยนถ่ายสินค้าหรือสามารถพักสินค้า

      เพื่อพิจารณาแบบจำลอง (Model) ต่างๆ จากเงื่อนไขและลักษณะเฉพาะของแต่ละแบบจำลอง (Model) แล้วนำแบบจำลอง (Model) ต่างๆ ที่ศึกษามาประยุกต์และปรับปรุงให้เข้ากับลักษณะของปัญหาในงานวิจัย และเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในงานวิจัย
   3.2) ตั้งเงื่อนไข ขอบเขต และสมมติฐานของแบบจำลอง (Model) สำหรับงานวิจัย

3.3) สร้างหลักการและแนวคิดของแบบจำลอง (Model) สำหรับงานวิจัย

3.4) กำหนดข้อมูลที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง (Model) และฐานข้อมูลของระบบ (Database)

3.5) กำหนดเซต ตัวแปรและพารามิเตอร์ของระบบ

3.6) สร้างฮิวริสติก (Heuristic) สำหรับแบบจำลอง (Model)

3.7) ทดลองประมวลผลจากแบบจำลอง (Model) ที่สร้าง

4) ออกแบบฐานข้อมูล กระบวนการไหลทางธุรกิจและรูปแบบหน้าจอการทำงาน (User interface)

5) ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขระบบ

6) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์และนำเสนอ

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในแต่ละบท

บทที่	**รายละเอียด**	**ผลลัพธ์**
1.บทนำ	● ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการการขนส่งของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทย - ติดต่อโรงงานตัวอย่าง - เข้าศึกษาและสัมภาษณ์ฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง - สรุปผลการเก็บข้อมูล	- ภาพรวมของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม - กระบวนการทำงานด้านการขนส่งโดยรวมตั้งแต่การรับคำสั่งการขนส่งมาจนถึงการมอบหมายงาน - ช่องว่างเพื่อการพัฒนาระบบเพิ่มเติมจากระบบการขนส่งที่ศึกษา

บทที่	รายละเอียด	ผลลัพธ์
	● ศึกษาบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง	- ระบุขอบเขตของปัญหาในงานที่จะทำการศึกษา - ระบุวัตถุประสงค์ของปัญหาในงานที่จะทำการศึกษา
	● พิจารณาช่องว่างที่สามารถพัฒนาระบบเพิ่มเติมจากการขนส่งรูปแบบปัจจุบันที่ได้ศึกษา	
2.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	● ศึกษาผลงานวิชาการ เอกสารวิชาการและบทความวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถลักษณะต่างๆ - ค้นหาผลงานวิชาการ เอกสารวิชาการและบทความทางวิชาการ - รวบรวมและคัดเลือกผลงานที่เกี่ยวข้อง	- แนวทางในการพัฒนาแบบจำลอง (Model) ที่จะนำมาใช้ในปรับปรุงเส้นทางการเดินรถ
3. หลักการและแนวคิด	● ประมวลผลจากข้อมูลโรงงานตัวอย่างและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง - วิเคราะห์หาโครงสร้างของปัญหา - ระบุรูปแบบและโครงสร้างของปัญหา - ออกแบบแนวคิดการประมวลผล เพื่อหาวิธีการ	- โครงสร้างของปัญหาที่พบเฉพาะที่อยู่ในขอบเขตที่สนใจ - ภาพรวมของแนวคิด - องค์ประกอบเบื้องต้นของระบบ - ขอบเขต และสมมติฐานของแบบจำลอง (Model)

บทที่	รายละเอียด	ผลลัพธ์
	ปรับปรุงเส้นทางเดินรถในระบบ	
4.การดำเนินงานและรายละเอียดระบบ	● สรุปรวมมาจากข้อมูลที่ได้ทั้งหมด ● ออกแบบรายละเอียดของระบบและแบบจำลอง (Model) ที่จะพัฒนาขึ้นมา - สร้างตัวอย่างข้อมูลนำเข้าของระบบและเส้นทางเบื้องต้นที่ต้องใช้ - สร้างฮิวริสติก (Heuristic) สำหรับแบบจำลอง (Model)	- องค์ประกอบและขั้นตอนของแบบจำลอง (Model) - รายละเอียดองค์ประกอบและของระบบที่พัฒนาขึ้นมา - รายละเอียดของส่วนที่จะนำไปสร้างระบบประมวลผลของแบบจำลอง (Model)
	● ทำการทดสอบ - สร้างตัวอย่างข้อมูลรับเข้าของระบบ - ทดสอบระบบจากตัวอย่าง ● ปรับแก้และทดสอบระบบขั้นสุดท้าย - ปรับแก้ระบบให้มีความเหมาะสม - ทดสอบระบบเพื่อการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ	- ระบบที่ผ่านการปรับแก้ขั้นสุดท้ายแล้ว - ผลการทดสอบระบบตามปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่ามีผลต่อระบบ - ผลการทดสอบเพื่อการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ

บทที่	รายละเอียด	ผลลัพธ์
5.การออกแบบระบบสารสนเทศ	● ออกแบบฐานข้อมูล กระบวนการไหลทางธุรกิจ และรูปแบบหน้าจอการทำงาน (User interface) - รายละเอียดฐานข้อมูลของระบบ - รายละเอียดความสัมพันธ์ของข้อมูลและการไหลของข้อมูล - รายละเอียดหน้าจอการทำงาน (User interface) ในแต่ละฟังก์ชันการทำงาน	- ฐานข้อมูลของระบบในแต่ละส่วน - ความสัมพันธ์ของข้อมูลและการไหลของข้อมูล - หน้าจอการทำงาน (User interface) ในแต่ละฟังก์ชันการทำงาน
6.สรุปและข้อเสนอแนะ	● สรุปรวมมาจากข้อมูลที่ได้ทั้งหมด - วิเคราะห์เพื่อการสรุปจากข้อมูล - วิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการทำงานวิจัยนี้ต่อในอนาคต	- ผลสรุปที่ได้จากงานวิจัยนี้ - ข้อเสนอแนะการทำวิจัยต่อในอนาคต

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้เป็นการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการ แนวคิด และวิธีการหาคำตอบในการออกแบบระบบวางแผนการจัดเส้นทางเดินรถ เพื่อนำไปวิเคราะห์เป็นแนวทางในการพัฒนาแนวคิดและฮิวริสติกของการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจต่อไป ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1) ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
2) ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ
3) การหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางและตารางเดินรถ

2.1 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเป็นระบบสารสนเทศที่สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งาน ซึ่งระบบจะนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์ พร้อมกับพิจารณาถึงทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดเพื่อช่วยตัดสินปัญหาสำหรับการขนส่งเป็นระบบที่มีความซับซ้อนเกี่ยวข้องกับทรัพยากรมนุษย์และวัสดุ โดยมีความสัมพันธ์และการตัดสินใจเป็นจำนวนมาก Lapotea และ Crainic (1997) และ Crainic (1999) ได้จำแนกระดับหรือปัญหาการวางแผนการจัดการขนส่งสินค้าออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1) การวางแผนเชิงกลยุทธ์ (Strategic planning) เป็นการวางแผนในระยะยาว การตัดสินใจระดับนี้มักจะเกี่ยวข้องกับการกำหนดทิศทาง เป้าหมาย นโยบายในการบริหารและการพัฒนาองค์กรและปรับกลยุทธ์การดำเนินงานขององค์กร

2) การวางแผนเชิงยุทธวิธี (Tactical planning) เป็นการวางแผนระยะกลาง การตัดสินใจระดับนี้มักจะเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ตามแผนเชิงกลยุทธ์

3) การวางแผนเชิงปฏิบัติการ (Operational planning) เป็นการวางแผนระยะสั้น การตัดสินใจระดับนี้มักซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรหน้างานให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ อาจวางแผนเป็นประจำหรือทุกวันเพื่อให้แผนเชิงยุทธวิธีสามารถประสบความสำเร็จได้ โดยการวางแผนในระดับนี้มักจะมีความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมในการตัดสินใจสูง มีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ บทบาทในการดำเนินงานที่สำคัญและรายละเอียดจำนวนมาก

ซึ่งเป็นกรอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Framework for Decision Support) ในงานวิจัยนี้เป็นการวางแผนเชิงปฏิบัติการ เนื่องจากเป็นการวางแผนจัดตารางการขนส่งที่จะตัดสินใจทุกวันและเป็นประจำที่มีรายละเอียดและความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่จะตัดสินใจของระบบเป็นจำนวนมาก โดยระบบการตัดสินใจสามารถจำแนกตามคุณสมบัติตามแนวคิดของ (Alter, 1980) ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) ระบบการตัดสินใจแบบให้ความสำคัญกับข้อมูล (Data-Oriented DSS) ระบบนี้ให้ความสำคัญกับข้อมูล โดยใช้การจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ

2) ระบบการตัดสินใจแบบให้ความสำคัญกับแบบจำลอง (Model-Based DSS) ระบบนี้ให้ความสำคัญกับแบบจำลองการประมวลของปัญหา โดยใช้แบบจำลองต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ปัญหา เพื่อพิจารณาเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นระบบการตัดสินใจแบบให้ความสำคัญกับแบบจำลอง เนื่องจากมีการพัฒนาฮิวริสติกสำหรับการช่วยตัดสินใจการวางแผนขนส่งส่วนการปรับปรุงเส้นทางที่เป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบในระบบที่ได้ออกแบบ โดยส่วนประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจมี 3 ส่วน (หัทยา สุทธิจรัสโรจน์, 2552) ดังนี้

1) ระบบฐานข้อมูล (Data subsystem) เป็นระบบที่ใช้รวบรวมข้อมูลพื้นฐานต่างๆ โดยจัดให้เป็นระเบียบ สามารถแก้ไขเพิ่มเติม เรียกใช้ได้สะดวกและรวดเร็วแหล่งข้อมูลสำคัญสำหรับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ แบ่งออกเป็น
   1.1) ข้อมูลพื้นฐานภายในองค์กร (Internal data) หมายถึง ข้อมูลทั่วไปที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการบริหารงานภายในองค์กร เช่น กำลังการผลิตของเครื่องจักร จำนวนคนงาน เวลาการทำงาน เป็นต้น
   1.2) ข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง (Transaction data) หมายถึง ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากการทำงานเป็นประจำอาจมีลักษณะประจำวัน ประจำคาบหรือประจำสัปดาห์ เช่น ปริมาณการผลิตประจำวัน ปริมาณวัตถุดิบที่เบิกใช้ประจำวัน เป็นต้น
   1.3) ข้อมูลภายนอก (External data) หมายถึง ข้อมูลอื่นๆ ภายนอกองค์กรที่มีอิทธิพลต่อระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ข้อมูลทุกประเภทดังกล่าวมาข้างต้นนั้น จะต้องมีการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นระบบ กล่าวคือมีระบบการจัดการฐานข้อมูล (Database management system) ที่ดี ทั้งนี้เพื่ออำนวยความสะดวกในการนำข้อมูลต่างๆ เหล่านั้นมาใช้งาน

2) ระบบแบบจำลอง (Model subsystem) ระบบนี้ประกอบด้วยแบบจำลองการตัดสินใจ ช่วยในการให้ความคิด หาผลลัพธ์ และหาทางเลือกที่เหมาะสม โดยอาศัยข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลและฐานความรู้ที่ถูกสร้างขึ้น โดยแบบจำลองการตัดสินใจมีหลายชนิดขึ้นกับ จุดประสงค์ ความน่าจะเป็น และการใช้งานแบบจำลองที่แบ่งตามจุดประสงค์

3) ระบบประสานกับผู้ใช้ (User system interface) เป็นระบบที่ผู้ใช้งานติดต่อกับระบบการตัดสินใจ เช่นการนำเข้าข้อมูล การแก้ไขข้อมูล การแสดงผลในลักษะต่างๆ เป็นต้น ซึ่งต้องพิจารณาถึงประเภทของผู้ใช้ ลักษณะของงาน และรูปแบบของการตัดสินใจเป็นหลักซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย ดังนี้

   3.1) The action language เป็นส่วนที่ระบุวิธีการที่ผู้ใช้งานหรือติดต่อกับระบบ

3.2) The display or Presentation language เป็นส่วนแสดงผลจากการทำงานของระบบ

3.3) The knowledge base เป็นส่วนที่ผู้ใช้ควรทราบ ทั้งนี้เพื่อใช้ในการติดต่อกับระบบอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนนี้จะอยู่ในรูปลักษณะคู่มือการใช้ หรือการเรียกคำสั่งช่วยเหลือในระหว่างการติดต่อกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ดีนั้นจะต้องอาศัยพื้นฐานของวิธีการวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยชนกพร เกษรา (2552) ดลพร รักถิ่น (2552) และสุภีจรรย์ หุ่นธานี (2552) ได้กล่าวว่าขั้นตอนในการวิเคราะห์และออกแบบระบบแบ่งออกได้ 7 ส่วนประกอบด้วย การกำหนดความต้องการของระบบ แบบจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบ คำอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบ แบบจำลองข้อมูล การออกแบบ แบบฟอร์ม และรายงาน การออกแบบหน้าจอการทำงาน และการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การกำหนดความต้องการของระบบ (System Requirements Determination)

การกำหนดความต้องการของระบบ คือ การวิเคราะห์การทำงานของระบบเดิมเพื่อหาปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เพื่อนำไปสู่แนวทางในการแก้ไขปัญหาต่อไป โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและข้อเท็จจริงของระบบจากผู้ที่ใช้ภายในองค์กรเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ข้อมูลที่ได้รวบรวมอาจจะมีรายละเอียดค่อนข้างมากและซับซ้อน ยากแก่การเข้าใจ รวมถึงการมองเห็นภาพรวมของระบบ ดังนั้นจึงต้องมีการจำลองความต้องการต่างๆ ด้วยแผนภาพข้อมูลด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้เข้าใจภาพรวมของการทำงานระบบได้ชัดเจน และ รวดเร็วขึ้น ซึ่งกระบวนการในการเก็บรวบรวมข้อเท็จจริงทั้งหมดของระบบที่ต้องการพัฒนา (Fact- Finding) สามารถใช้วิธีการต่างๆ ได้ดังนี้

1.1) ตัวอย่างเอกสาร แบบฟอร์ม และฐานข้อมูลที่ใช้งานในปัจจุบัน

1.2) การค้นคว้าข้อมูลของหน่วยงานหรือองค์กรอื่นที่ประสบปัญหาการเช่นเดียวกัน

1.3) การสังเกตการณ์

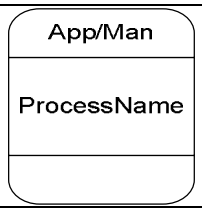
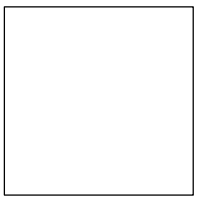
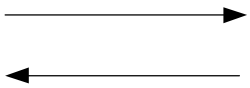
1.4) การจัดทำแบบสอบถาม

1.5) การสัมภาษณ์

2) แบบจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบ (Process Modeling) แบบจำลองข้อมูล (Data Modeling) และการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล (Database Design)

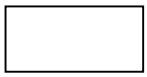
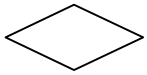
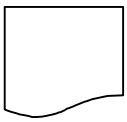
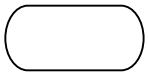
เมื่อเก็บรวมรวมข้อเท็จจริงและสารสนเทศที่จำเป็นต่อความต้องการของระบบแล้ว สิ่งที่ได้คือข้อเท็จจริงและสารสนเทศของระบบเดิม และความต้องการของระบบใหม่ (เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากระบบเดิม) ซึ่งข้อมูลต่างๆ ของระบบใหม่ส่วนใหญ่มีจำนวนมาก ทำให้ยากต่อการวิเคราะห์ระบบ จึงต้องใช้การจำลองข้อเท็จจริงให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย โดยการใช้แผนภาพชนิดต่างๆ ในการจำลอง เช่น ฐานข้อมูลอาจต้องมีการสร้างแบบจำลองโครงสร้างฐานข้อมูลและแบบจำลองข้อมูลที่แสดงถึงรายละเอียดและความสัมพันธ์ของแบบจำลองข้อมูลแต่ละแบบจำลองที่มีต่อโครงสร้างรวมของฐานข้อมูลทั้งหมดในระบบ เพื่อใช้สำหรับเป็นโครงสร้างพื้นฐานในระบบ เป็นต้น นอกจากนั้นเพื่อให้เจ้าของระบบสามารถทำความเข้าใจต่อระบบได้ง่ายขึ้น อาจใช้เครื่องมือที่เรียกว่า แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) ที่แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ ข้อมูลที่เข้า และออกจากระบบ โดยที่มีรายละเอียดแสดงถึง ฐานข้อมูลต่างๆ แต่ไม่ได้แสดงถึงรายละเอียดของฐานข้อมูลดังกล่าว โดยต้องมีแบบจำลองข้อมูลและโครงสร้างฐานข้อมูลนั้นๆ ด้วย ซึ่งในแผนภาพกระแสข้อมูลจะรวมถึงข้อมูลที่ไหลอยู่ภายในระบบจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอน

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพกระแสข้อมูล (ชนกพร เกษรา, 2552 อ้างถึงใน Gane and Sarson, 1979)

สัญลักษณ์	ความหมายและรายละเอียด
	เป็นสัญลักษณ์แสดงถึงขั้นตอนการทำงานในระบบ (Process)
	เป็นสัญลักษณ์แสดงถึงแหล่งข้อมูล (Data Store) ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งไฟล์ข้อมูลและฐานข้อมูล
	เป็นสัญลักษณ์แสดงถึงปัจจัยหรือสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีผลกระทบต่อระบบ (External Agent)
	เป็นสัญลักษณ์แสดงถึงเส้นทางการไหลของข้อมูล (Data Flows) แสดงทิศทางของข้อมูลจากทิศทางการทำงานจากขั้นตอนการทำงานหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง โดยหัวลูกศรตรงปลายบอกทิศทางการเดินทางหรือการไหลของข้อมูล

การจำลองข้อเท็จจริงโดยใช้แผนภาพนั้น อาจแสดงด้วยแผนภูมิการไหลของกระบวนการแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ กระบวนการทางธุรกรรม (Transactional process) และกระบวนการผลิต (Manufacturing process) โดยกระบวนการทางธุรกรรมอาจจะประกอบด้วยกระบวนการบริการแก่ลูกค้า ตลอดจนกระบวนการจัดการและการบริหาร ซึ่งจะอาศัยข้อมูลและข่าวสารเป็นหลักในการดำเนินกระบวนการ ในขณะที่กระบวนการผลิตจะเน้นที่กิจกรรมการเปลี่ยนรูปของวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์การเขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการทางธุรกรรม (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2548:250)

ชื่อกิจกรรม	ความหมาย	สัญลักษณ์	อธิบายเพิ่มเติม
1. กิจกรรมที่กระทำ (activity)	การกระทำใดๆที่มีการเพิ่มมูลค่า		ใช้สี่เหลี่ยมผืนผ้าและควรเขียนกิจกรรมสั้น ๆ ในสี่เหลี่ยม
2. การตัดสินใจ (decision)	การตัดสินใจเพื่อให้เกิดการยอมรับหรือปฏิเสธภายใต้กฎเกณฑ์ที่ระบุ		ใช้สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนและให้เขียนกฎเกณฑ์การตัดสินใจในรูปคำถามให้ตอบรับ/ปฏิเสธ
3. เอกสาร (document)	เอกสารที่แสดงถึงสารสนเทศสำหรับการตัดสินใจ ทั้งในHardware และ Software		ให้เขียนชื่อเอกสารลงในสัญลักษณ์เอกสาร และอาจจะใช้สัญลักษณ์ซ้อนกันเพื่ออธิบายเอกสารสำเนาได้
4.เส้นทางการไหล (flow line)	การไหลของสารสนเทศจากกิจกรรมหนึ่งสู่อีกกิจกรรมหนึ่ง		หัวลูกศรแสดงทิศทางการไหลของสารสนเทศ และอาจใช้เส้นประในกรณีไหลย้อนกลับ
5. จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด (terminal)	แสดงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกิจกรรม		ใช้สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมปลายมนแสดงจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของกระบวนการ
6. การเชื่อมต่อ (connector)	แสดงความต่อเนื่องของแผนภาพการไหล		ใช้ตัวเลขหรืออักษรเพื่อชี้บ่งภายในสัญลักษณ์วงกลมได้

3) คำอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบ (Logic of Process/Logic Modeling)

การแสดงให้เห็นถึงโครงสร้าง หน้าที่ และลักษณะการทำงานของ Process ที่ปรากฏในแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram หรือ DFD) เพราะว่าถึงแม้แผนภาพกระแส

ข้อมูล จะสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของระบบ รวมถึงการไหลข้อมูลที่อยู่ภายในระบบและทำให้ทราบถึงแหล่งที่จัดเก็บข้อมูล แต่ DFD ยังไม่สามารถอธิบายการทำงานของขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล และวิธีการตรวจสอบข้อมูลที่รับเข้ามา โดยสำหรับงานวิจัยนี้ได้มีการนำแผนภูมิการไหลของกระบวนการทางธุรกรรมมาช่วยอธิบายในส่วนนี้เพิ่มเติมให้เข้าใจขั้นตอนการทำงานของระบบส่วนตรรกะ (Logic)

4) การออกแบบ แบบฟอร์ม และรายงาน (Form/Report Design)

แบบฟอร์มและรายงาน (Form/Report Design) ถือเป็นแหล่งเอกสาร (Source Document) ที่สำคัญของบริษัทซึ่งไว้ใช้ในการที่จะนำข้อมูลกลับเข้าสู่ระบบอีกครั้งหนึ่ง หรือรวมทั้งเป็นข้อมูลที่พิมพ์ออกมาเพื่อช่วยให้ผู้บริหารได้เห็นข้อมูลและทำการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นการนำเสนอข้อมูลสารสนเทศนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเหมาะสมกับบุคคลที่ต้องการใช้งานด้วยรูปแบบที่ใช้งานง่าย และเวลาในการทำงานที่รวดเร็วจากการวิเคราะห์แผนภาพกระแสข้อมูล (DFD) ที่แสดงถึงข้อมูลที่ไหลเข้าและออกในแต่ละขั้นตอนการทำงานทำให้ผู้ออกแบบทราบว่ารายงานที่ตนกำลังออกแบบนั้นควรจะมีข้อมูลอะไรแสดงบ้าง โดยกระบวนการออกแบบแบบฟอร์มและรายงานมีขั้นตอนเป็นระบบ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้นั้นครบถ้วนและมีความน่าเชื่อถือ นอกจากนั้นการจัดรูปแบบของฟอร์มและรายงานยังเป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งเนื่องจากเป็นส่วนที่ส่งผลต่อการกรอกข้อมูลและส่วนข้อมูลออกจากระบบ หากผู้ใช้งานกรอกแบบฟอร์มเข้าใจผิดจะก่อให้เกิดความเสียหาย ในลักษณะเดียวกันรายงานที่ถูกออกแบบมาโดยไม่คำนึงถึงผู้ใช้งานย่อมทำให้ผู้ใช้งานสับสนและอ่านลำบาก ซึ่งอาจส่งผลกระทบไปยังการตัดสินใจที่ผิดพลาดอีกด้วย

5) การออกแบบหน้าจอการทำงาน (User Interface Design)

หน้าจอการทำงานเป็นส่วนติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ เสมือนการโต้ตอบระหว่างคนกับคอมพิวเตอร์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การออกแบบจอภาพ (Screen Design) รายละเอียดของขั้นตอนการออกแบบดังนี้

- การออกแบบ Layouts ของหน้าจอซึ่งมีรูปแบบเดียวกันกับที่ปรากฏอยู่บนเอกสารใช้งานจริง โครงสร้างของการป้อนข้อมูล (Structure Data Entry)
- การออกแบบโครงสร้างของการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบ การออกแบบเพื่อกำหนดรูปแบบ หรือลักษณะของช่องที่จะใช้ในการป้อนข้อมูล
- การควบคุมความถูกต้องในระหว่างป้อนข้อมูล (Controlling Data Input) เป็นการลดข้อผิดพลาดอันอาจจะเกิดขึ้นได้ เนื่องจากผู้ใช้ระบบในระหว่างการป้อนข้อมูล
- การตอบสนองระบบ (Providing Feedback) มี 3 ชนิด คือแจ้งสถานะการทำงาน (Status Information) แสดงความพร้อมในการรับคำสั่ง (Prompting Cues) แจ้งสถานะในความพร้อมเพื่อรอรับคำสั่ง และข้อความแจ้งหรือเตือนเมื่อมีข้อผิดพลาด (Error/Warning Messages) แสดงข้อความเพื่อแจ้งหรือเตือนผู้ใช้งานเมื่อมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น
- ออกแบบการควบคุมการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งาน เป็นการป้องกันการเข้าถึงข้อมูลหรือการเข้าถึงแบบฟอร์มซึ่งเป็นแหล่งเอกสารของสารสนเทศที่เกิดจากการประมวลผลของระบบ จากผู้ใช้งานที่ไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ข้อมูลเหล่านั้น

2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ

ปัญหาการจัดเส้นทางและตารางการเดินทางมีอยู่อย่างมากมาย โดยการแบ่งปัญหาดังกล่าวนั้นจะขึ้นอยู่กับรายละเอียดของระบบในปัญหานั้นเช่น วัตถุประสงค์ของการจัดเส้นทางและตารางดังแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.3 การจำแนกประเภทของปัญหาการจัดเส้นและตารางทางการเดินทาง (Murdick และคณะ, 1990, Savelsbergh , 1995 และ Lin, 2008)

Characteristics	Options
Availability of transportation requests	Static-deterministic Dynamic Stochastic
Housing of the vehicle	Single depot Multiple depot
Vehicle fleet size	Single Multiple (identical/non-identical)
Vehicle capacity	All the same Different Unlimited
Vehicle operations	Independent Cooperative
Types of operations	Pickups only Deliveries only Pickups and deliveries —Pickup before delivery —Delivery-first, pickup-second —Simultaneous pickups and deliveries —Mixed pickups and deliveries
Maximum route time	Same for all vehicles Different for all vehicles Not present
Objectives	Minimize duration Minimize completion time

Characteristics	Options
	Minimize travel time Minimize route length Minimize client inconvenience Minimize number of vehicles Minimize cost (or Maximize profit)

2.2.1 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem : TSP)

ปัญหาระดับง่ายที่สุดเป็นการจัดเส้นทางการเดินรถ ซึ่งให้มียานพาหนะเพียง 1 คัน สามารถผ่านสถานที่ที่ต้องการได้เพียงครั้งเดียวและสุดท้ายจะย้อนกลับมาสถานที่เริ่มต้น โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา ความจุของยานพาหนะและความสัมพันธ์ของสถานที่ที่จะไป เรียกปัญหาแบบนี้ว่าปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP)

สุทธิพงษ์ มีใย (2549) ได้กล่าวไว้เช่นเดียวกันว่า ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 1 ทางเป็นปัญหาในระดับพื้นฐานที่สุดเนื่องจากเป็นการจัดลำดับการส่งสินค้าที่ใช้เส้นทางเดียว ให้กับลูกค้าต่างๆโดยออกจากศูนย์กระจายสินค้าเดียวและไม่มีข้อจำกัดของเวลาและความจุของยานพาหนะโดยผลลัพธ์ของเส้นทางที่จัดได้จะเริ่มและสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้าและผ่านลูกค้าแต่ละรายเพียงครั้งเดียว

สมมติให้โครงข่ายการขนส่ง (Network) G = [N, A, C] โดยที่ N แทนเซตของสถานที่ส่ง (Nodes) ต่างๆAแทนเซตของเส้นทางต่างๆ (Arcs) และ C = [c_{ij}] แทนเมตริกซ์ของ c_{ij} ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากตำแหน่ง i ไปตำแหน่ง j โดยให้เส้นทางเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้าซึ่งแทนด้วยสถานที่ส่งที่ 1 (Node 1) สามารถจำลองปัญหา (Model Formulation) ได้ดังนี้

กำหนดให้ x_{ij} = 1 ถ้า Arc(i, j) อยู่ในเส้นทางและx_{ij} = 0 ถ้า Arc(i, j) ไม่อยู่ในเส้นทาง โดยให้ X= เมตริกซ์ของ x_{ij} ดังนั้นจะเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ได้เป็น

หาค่าต่ำสุดของ $$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij}$$ สมการที่ 2.1

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = b_j = 1 \qquad (j = 1,\ldots n)$$ สมการที่ 2.2

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = a_j = 1 \qquad (i = 1,\ldots n)$$ สมการที่ 2.3

$$X = (x_{ij}) \in S$$ สมการที่ 2.4

$$x_{ij} = 0 \text{ or } 1 \qquad (i,j = 1,\ldots n)$$ สมการที่ 2.5

โดยSเป็นเซตที่ใช้ในการขจัดการเกิดเส้นทางย่อย (Sub tour) ซึ่งไม่ใช่ผลลัพธ์ของเส้นทางเดินรถที่ต้องการเนื่องจากเส้นทางย่อยที่ได้เป็นเส้นทางที่ไม่ได้เริ่มต้นและสิ้นสุดที่สถานที่เริ่มต้นแต่อาจสอดคล้องกับเงื่อนไขสมการที่ 2.2 สมการที่ 2.3 และสมการที่ 2.5 ซึ่งการขจัดการเกิดเส้นทางย่อยดังกล่าวเรียกว่า Sub tour-breaking Constraint โดย S ที่เป็นไปได้ประกอบด้วย

1. $$S=\left\{(x_{ij}):\sum_{i\in Q}\sum_{j\in Q} x_{ij} \geq 1\right\}$$ สมการที่ 2.6

ทุกสับเซตของ Q∈ N แทนการขจัดการเกิดเส้นทางย่อย (sub tour) อยู่ภายในเส้นทางเดินรถ

2. $$S=\left\{(x_{ij}):\sum_{i\in R}\sum_{j\in R} x_{ij} \leq |R|-1\right\}$$ สมการที่ 2.7

สำหรับ R ∈ {2,3,..n } แทนเส้นทางที่เลือกจะต้องไม่มีเส้นทางที่เป็นวงซ้อนอยู่

3. $$S = \left\{ (x_{ij}) : y_i - y_j + nx_{ij} \le n - 1 \right\}$$ สมการที่ 2.8

สำหรับ $2 \le i \ne j \le n$ โดยสมมติให้ $y_i = t$ หากลูกค้า i อยู่ในลำดับที่ t ในเส้นทาง และ $y_i = 0$ หากเป็นกรณีอื่น

สุทธิพงษ์ มีใย (2549) ได้อ้างถึง Gavish และ Graves (1978) เรื่องวิธีในการจำลองปัญหาแบบอื่นซึ่งโดยสมมติค่าตัวแปรที่เรียกว่า Flow Variables (y_{ij}) ซึ่งเป็นตัวแปรแทนปริมาณสินค้าที่จะต้องถูกส่งจากสถานที่ i ไป j และสมมติว่ามีลูกค้าจำนวน (n -1) รายโดยการขนส่งจะเริ่มต้นจากสถานที่ส่งที่ 1 (Node 1) และลูกค้าแต่ละรายต้องการลงสินค้าเพียง 1 หน่วยเท่านั้นดังนั้นเมื่อมีการส่งไปยังสถานที่ส่งถัดไปค่า y_{ij} ก็จะมีค่าลดลงแบบจำลองปัญหาดังกล่าวจะสามารถเขียนได้เป็น

หาค่าต่ำสุดของ $$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij}$$ สมการที่ 2.9

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad (j = 1,\ldots n)$$ สมการที่ 2.10

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad (i = 1,\ldots n)$$ สมการที่ 2.11

$$\sum_{j=1}^{n} y_{ij} - \sum_{j=1}^{n} y_{ji} = -1 \qquad (i = 2,\ldots n)$$ สมการที่ 2.12

$$y_{ij} \le U x_{ij} \qquad (i = 2,\ldots n)$$ สมการที่ 2.13

$$x_{ij} = 0 \text{ or } 1 \text{ , } y_{ij} \ge 0 \qquad (i,j = 1,\ldots n)$$ สมการที่ 2.14

โดยที่ U $\geq$ n - 1 และสมการที่ 2.10 และสมการที่ 2.11 หมายความว่าแต่ละสถานที่ส่ง (Node) จะมีเส้นทางเดินรถผ่านได้เพียงเส้นทางเดียวในขณะที่ข้อจำกัดสมการที่ 2.13 จะแทนข้อจำกัดบังคับ (Forcing Constraint) เพื่อให้ค่า Flow ของ y_{ij} ที่อยู่บน Arc (i, j) มีค่าเป็นศูนย์ถ้าเส้นทาง (Arc) ดังกล่าวไม่ได้อยู่ตามเส้นทางที่ต้องการซึ่งสะท้อนว่าถ้า x_{ij} มีค่าเท่ากับศูนย์ก็จะทำให้ y_{ij} เท่ากับศูนย์

2.2.2 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายหลายคน (Multiple Traveling Salesman Problem : MTSP)

ปัญหานี้เป็นส่วนต่อขยายเพิ่มเติมของ TPS ที่มีการเพิ่มความซับซ้อนของปัญหาโดยการเพิ่มจำนวนยานพาหนะให้มีมากกว่า 1 คันแต่ละคันจะต้องได้รับการจัดไปในแต่ละเส้นทาง และแต่ละสถานที่ได้สามารถผ่านได้เพียงครั้งเดียว โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา ความจุของยานพาหนะและความสัมพันธ์ของสถานที่ที่จะไป สำหรับปัญหาที่ให้ความสนใจด้านความจุและมีความต้องการที่หลากหลายในแต่ละสถานที่จะเป็นปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle RoutingProblem : VRP)

สุทธิพงษ์ มีใย (2549) ได้กล่าวว่า ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบหลายเส้นทางเป็นปัญหาในการจัดลำดับการส่งสินค้าโดยใช้เส้นทางหลายเส้นทางให้กับลูกค้าต่างๆ โดยออกจากศูนย์กระจายสินค้าเดียวโดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและความจุของยานพาหนะ

สมมติให้ M เป็นจำนวนยานพาหนะหรือเส้นทางซึ่งจะส่งสินค้าไปยังลูกค้าต่างๆ จำนวน n-1 แห่งโดยทำให้ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการขนส่งของเส้นทางจำนวน M เส้นทางมีค่าน้อยที่สุดซึ่งสามารถจำลองแบบปัญหาด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

หาค่าต่ำสุดของ $$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij}$$ สมการที่ 2.15

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = b_j = \begin{cases} M & \text{if } j = 1 \\ 1 & \text{if } j = 2, 3, \ldots, n \end{cases} \qquad \text{สมการที่ 2.16}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = b_i = \begin{cases} M & \text{if } i = 1 \\ 1 & \text{if } i = 2, 3, \ldots, n \end{cases} \qquad \text{สมการที่ 2.17}$$

$$X = (x_{ij}) \in S \qquad \text{สมการที่ 2.18}$$

$$x_{ij} = 0 \text{ or } 1 \qquad (i,j = 1,\ldots n) \qquad \text{สมการที่ 2.19}$$

โดยS เป็นเซตที่ใช้ในการขจัดการเกิดเส้นทางย่อย (Sub tour) เช่นเดียวกับที่ใช้ในปัญหาประเภท TSP

2.2.3 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ(Vehicle Routing Problem : VRP)

ปัญหานี้ได้รับความสนใจอย่างมากในช่วง 3-4 ทศวรรษที่ผ่านมา โดยมักจะมีบทบาทสำคัญในการออกแบบระบบการกระจาย โดยทั่วไป VRP ประกอบด้วยเส้นทางของการออกแบบสำหรับยานพาหนะที่มีการให้บริการของลูกค้าที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ตั้งกระจายให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ในชีวิตจริงมีข้อจำกัดต่างๆ เช่น กรอบเวลาข้อจำกัดต่างๆ ของลูกค้าจะต้องทราบล่วงหน้าเพื่อใช้ในขั้นตอนการวางแผน นอกจากนี้ข้อมูลอื่นๆ ทั้งหมดเช่นเวลาเดินทางระหว่างลูกค้าและเวลาให้บริการที่ลูกค้าทราบก่อนที่จะมีการวางแผน แต่การประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงข้อมูลมักมีแนวโน้มที่มีความไม่แน่นอนหรือไม่ทราบแม้กระทั่งในเวลาที่วางแผน VRP แบบดั้งเดิมสามารถกล่าวว่าเป็นแบบคงที่ตรงกันข้ามกับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบไดนามิก (DVRP) พิจารณาหลังจากวันของการดำเนินการได้เริ่มขึ้นแล้วซึ่งปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถรู้จักกันอย่างแพร่หลายในหลายชื่อ เช่น VehicleScheduling, Vehicle dispatching, Delivery problem เป็นต้น ปัญหานี้เกิดจากในการทำงานที่มีความซับซ้อนและมีเงื่อนไขเป็นจำนวนมาก วิธีการแก้ไขโดยอาศัยทักษะและประสบการณ์ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่

เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้ VRP มีบทบาทที่สำคัญในการกระจายสินค้าและโลจิสติกส์ซึ่งสามารถนิยามปัญหานี้ได้ว่าเป็นปัญหาที่หาเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับการขนส่งหรือการเลือกสถานที่หรือหลายสถานที่ที่ไปพบ (depot) โดยที่สามารถทำตามข้อจำกัดที่กำหนดไว้ได้ปัญหา VRP อยู่มากมายหลายรูปแบบ เช่น

- The classical VRP ปัญหาที่ทราบปริมาณความต้องการของลูกค้าล่วงหน้าก่อน นอกจากนี้ยังทราบเวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างสถานที่และเวลาในการให้บริการ ณ สถานที่ด้วย โดยมากแล้วปัญหาประเภทนี้เป็นการออกแบบชุดค่าใช้จ่ายให้ต่ำที่สุดของเส้นทางยานพาหนะ ซึ่งมีเงื่อนไขทั่วไปในการเดินทาง คือ เมืองหรือสถานที่ไปสามารถไปพบได้เพียงครั้งเดียว ยานพาหนะทุกคันเริ่มต้นและสิ้นสุดที่สถานี (depot) และเป็นไปตามข้อจำกัด

- The Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) เป็นปัญหา VRP ที่ได้เพิ่มข้อจำกัดเรื่องความจุของ ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งโดยที่ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งมีความจุเท่ากัน และความต้องการของการขนส่งทั้งหมดของสถานที่ที่เข้าไปรับไม่เกินความจุของยานพาหนะเพื่อให้เกิดค่าใช่จ่ายที่ต่ำที่สุด

- Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) เป็นปัญหา VRP ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายมาก โดยปัญหานี้เป็นการผสมผสานระหว่างปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถและปัญหาการจัดตารางซึ่งมักเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้งานจริงหลายๆ กรณีเพื่อทำให้การจัดการจำนวนยานพาหนะเหมาะที่สุดต่อการให้บริการได้ และยานพาหนะคันไหนควรไปที่สถานที่ใดเพื่อให้เกิดค่าใช่จ่ายที่ต่ำที่สุดโดยยังรักษาข้อจำกัดด้านความจุและเวลาไว้ได้

- VRP with Backhauls (VRPB) ปัญหาที่จำเป็นจะมีการแก้ไขในสถานการณ์จริงซึ่งมักมีความซับซ้อนมากขึ้นกว่า เช่น เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติสินค้าไม่ได้มีเพียงการนำจาก depot ไปยังลูกค้าเท่านั้นแต่มีการนำสินค้า

จากลูกค้าที่ส่งคืนกลับมาที่ depot ด้วยปัญหาสามารถแบ่ง 2 ส่วนที่เป็นอิสระต่อกันหนึ่งสำหรับการส่งมอบ (line haul) ลูกค้าและหนึ่งสำหรับการบรรทุกกลับ (backhaul)

- Vehicle Routing Problem with Pick-Up and Delivery (VRPPD) ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้นกว่า classical VRP ซึ่งปัญหาดังกล่าวตลอดเส้นทางยานพาหนะสามารถรับและส่งสินค้าได้โดยไม่ให้เกินความจุของยานพาหนะที่กำหนดไว้

นอกจากการแบ่งปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่แบ่งโดยลักษณะปัญหาที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้วนั้นยังมีการแบ่งปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถจากลักษณะของระบบ ซึ่งแบ่งออกเป็นสองระบบ คือ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบสถิต (The Static Vehicle Routing Problem) และ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบพลวัต (The Dynamic Vehicle Routing Problem)

- ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบสถิตนั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนเส้นทางการเดินรถทั้งหมดได้รับก่อนที่การวางแผนจะเริ่มต้นกระบวนการการกำหนดเส้นทาง และ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนเส้นทางจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปหลังจากที่กำหนดเส้นทางแล้ว

- ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบพลวัตนั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนเส้นทางการเดินรถทั้งหมดไม่จำเป็นต้องได้รับก่อนที่การวางแผนจะเริ่มต้นกระบวนการการกำหนดเส้นทาง และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนเส้นทางสามารถมีการเปลี่ยนแปลงไปหลังจากที่กำหนดเส้นทางแล้ว หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการรับข้อมูลและประมวลผลเพื่อการแก้ปัญหาแบบเวลาจริง (Real-Time)

สุทธิพงษ์ มีใย (2549) ได้กล่าวว่า ปัญหาแบบ VRP เป็นการหาจำนวนเส้นทางเดินรถและลำดับของการส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังสถานที่ต่างๆ โดยทำให้ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการขนส่งของยานพาหนะทุกคันมีค่าน้อยที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของการจัดส่ง เช่น ความจุหรือระยะเวลาในการขับขี่ เป็นต้น

การจำลองแบบปัญหา VRP สามารถทำได้ด้วยการสร้างสมการเชิงคณิตศาสตร์ตามลักษณะของปัญหาเช่นฟังก์ชันวัตถุประสงค์เงื่อนไขของเวลาและความจุของยานพาหนะได้ดังนี้

หาค่าต่ำสุดของ $$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{v=1}^{NV} c_{ij} x_{ij}^{v}$$ สมการที่ 2.20

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{v=1}^{NV} x_{ij}^{v} = 1 \qquad (j = 2,\ldots n)$$ สมการที่ 2.21

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{v=1}^{NV} x_{ij}^{v} = 1 \qquad (i = 2,\ldots n)$$ สมการที่ 2.22

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ip}^{v} - \sum_{j=1}^{n} x_{pj}^{v} = 0 \qquad \begin{cases} (v = 1,\ldots, NV) \\ (p = 1,\ldots, n) \end{cases}$$ สมการที่ 2.23

$$\sum_{i=1}^{n} d_{i}\left(\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{v}\right) \le K_{v} \qquad (v = 1,\ldots, NV)$$ สมการที่ 2.23

$$\sum_{i=1}^{n} t_{i}^{v}\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{v} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} t_{ij}^{v} x_{ij} \le T_{v} \qquad (v = 1,\ldots, NV)$$ สมการที่ 2.24

$$\sum_{j=2}^{n} x_{1j}^{v} \le 1 \qquad (v = 1,\ldots, NV)$$ สมการที่ 2.25

$$\sum_{i=2}^{n} x_{i1}^{v} \le 1 \qquad (v = 1,\ldots, NV)$$ สมการที่ 2.26

$$X \in S \qquad \text{สมการที่ 2.27}$$

$$x_{ij}^{v} = 0 \text{ or } 1 \qquad \text{for all i, j, v} \qquad \text{สมการที่ 2.28}$$

โดยที่

n	=	จำนวนสถานที่ส่ง
NV	=	จำนวนยานพาหนะ
K_v	=	ความจุของยานพาหนะคันที่ v
T_v	=	ข้อกำหนดเวลาในการเดินรถของยานพาหนะคันที่ v
d_i	=	ความต้องการสินค้าของสถานที่ส่งที่ i
t_i^v	=	เวลาที่ยานพาหนะคันที่ v ใช้ในการส่งหรือบรรทุกสินค้าที่สถานที่ส่ง i
t_{ij}^v	=	เวลาที่ใช้ในการเดินรถของยานพาหนะคันที่ v จากสถานที่ส่ง i ไปสถานที่ส่ง j
c_{ij}	=	ค่าใช้จ่ายในการเดินรถของยานพาหนะคันที่ v จากสถานที่ส่ง i ไปสถานที่ส่ง j

โดยที่ $x_{ij}^v = 1$ ถ้า Arc(i, j) อยู่ในเส้นทางและ $x_{ij}^v = 0$ ถ้า Arc(i, j) ไม่อยู่ในเส้นทาง และ X = เมตริกซ์ของ $x_{ij}^{v} = \sum_{v=1}^{NV} x_{ij}^{v}$

สำหรับการจำแนกความแตกต่างระหว่างปัญหาการจัดเส้นทางและปัญหาการจัดตารางนั้น หากไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและความสัมพันธ์ของการมีลำดับก็จะเป็นปัญหาการจัดเส้นทางอย่างเดียวเท่านั้น แต่ถ้าระบุเวลาในการไปแต่ละสถานที่เป็นปัญหาการจัดตาราง (Murdickและคณะ 1990) แต่ส่วนใหญ่แล้วปัญหาที่เกิดขึ้นและทำการพิจารณาในงานวิจัยนี้เป็นปัญหาแบบผสมกันระหว่างปัญหาการจัดเส้นทางและปัญหาการจัดตาราง

ลักษณะของปัญหาไม่ได้มีแต่เพียงที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเท่านั้น ยังมีความหลากหลายมากกว่าขึ้นอยู่กับสภาพของระบบในปัญหาหรือข้อจำกัดที่กำหนดขึ้นก็สามารถสร้างความแตกต่างให้กับปัญหาได้ ซึ่งลักษณะปัญหาในงานวิจัยนี้ คือ การจัดเส้นทางการเดินรถแบบต่อเนื่องที่สามารถมีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าหรือสามารถพักสินค้าได้ กล่าวคือ มีการเดินรถ

แบบต่อเนื่อง (Continuous move) ที่ปรับปรุงเส้นทางโดยการเปลี่ยนถ่ายสินค้าหรือพักสินค้า (Transshipment)

2.3 การหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางและตารางการเดินรถ

การหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นการเดินรถแบ่งออกเป็น 2 แนวทาง คือ การหาคำตอบด้วยการหาทางเลือกที่ดีที่สุด (Optimization) และการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติก (Heuristic) สำหรับการหาคำตอบด้วยการหาทางเลือกที่ดีที่สุดมักอาศัยเวลาในการประมวลผลที่นานและบางกรณีก็ไม่สามารถให้คำตอบได้

- การหาคำตอบด้วยการหาทางเลือกที่ดีที่สุด สามารถแบ่งได้ 3 วิธี (Laporte , 1992)
  - วิธีไดเรกทรีเสิร์ช (Direct tree search methods)
  - โปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic programming)
  - โปรแกรมจำนวนเต็มเชิงเส้น (Integer linear programming)

- การหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกสามารถแบ่งได้ 2 วิธี (Cordeau และคณะ 2002, Laporte และคณะ, 2000)
  - คลาสสิกฮิวริสติก(Classical heuristics)
  - เมตาฮิวริสติก (Metaheuristics)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถด้วยฮิวริสติกเนื่องจากในระบบมีเงื่อนไขและข้อจำกัดเป็นจำนวนมาก เช่น สถานที่ความต้องการการขนส่ง ซึ่งการใช้ฮิวริสติกใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าเทคนิคในการหาคำตอบด้วยการหาทางเลือกที่ดีที่สุด และใช้กับโจทย์ที่มีขนาดใหญ่ได้ซึ่งการวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบสำหรับวิธีฮิวริสติกสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสามารถแบ่งได้ 3 วิธี (ยุทธชาติ บรรพปกรณ์, 2546) คือ

1) วิธีการสร้างเส้นทาง (Tour Construction Procedure) เป็นวิธีการในการค้นหาเส้นทางในการเดินทางรถที่เป็นไปได้ โดยแต่ละเทคนิคจะกำหนดวิธีการและกฎเกณฑ์การสำรวจเพื่อหาเส้นทางที่เป็นไปได้ที่แตกต่างกัน
2) วิธีการปรับปรุงเส้นทาง (Tour Improvement Procedure) เป็นการนำเส้นทางเดินรถที่มีอยู่แล้วซึ่งอาจไม่ใช่คำตอบที่ดีสุดมาปรับปรุงเส้นทาง โดยการสลับหรือแลกเปลี่ยนเส้นทางเพื่อให้เส้นทางใหม่ที่พัฒนาขึ้นเป็นคำตอบที่ดีกว่าเดิม
3) วิธีผสมผสาน (Composite Procedure) เป็นวิธีการที่รวมทั้งสองวิธีเข้าด้วยกันเพื่อลดระยะเวลาในการแก้ปัญหา โดยเริ่มต้นกำหนดเส้นทางเดินรถด้วยวิธีการสร้างเส้นทางและปรับปรุงเส้นทางที่ได้จากขั้นต้นด้วยวิธีการปรับปรุงเส้นทาง

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการนำเส้นทางเดินรถแบบต่อเนื่องที่เป็นไปได้มาทำการปรับปรุงเส้นทาง (Tour Improvement Procedure) ด้วยฮิวริสติกที่สร้างขึ้นเพื่อสร้างเส้นทางใหม่

2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดเส้นทางเดินรถเป็นปัญหาที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย จึงได้มีการแก้ปัญหานี้สำหรับอุตสาหกรรมจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่าย หรือระยะทางในการขนส่งที่ต่ำ มีการใช้วิธีการที่หลากหลายและมีเป็นจำนวนมาก ทางผู้วิจัยจึงขอนำเสนองานวิจัยเพียงบางงาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่ง แสดงดังตารางที่ 2.2-2.4
2) งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าแสดงดังตารางที่ 2.5-2.7

เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงคำตอบที่ได้รับจากเส้นทางเบื้องต้นแล้วปรับเส้นทางให้มีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าซึ่งสำหรับบางงานวิจัยเป็นการนำสินค้าไปส่งที่ศูนย์กระจายสินค้าแล้วส่งต่อถึงลูกค้าหรืออาจเรียกว่า การกระจายสินค้า

โดยมีนิยามของการเปลี่ยนถ่ายสินค้า (Transshipment) ลักษณะที่มีความเกี่ยวข้องกับคงคลังและการบริการลูกค้า Özdemir และคณะ (2006) ได้กล่าวว่า Transshipment คือ การเคลื่อนที่ของสินค้าระหว่างสถานที่ในระดับเดียวกันให้มีประสิทธิภาพโดยการสังเกตระหว่างความต้องการสินค้าในสถานที่ต่างๆ ที่มีความต้องการและระดับสินค้าคงคลังที่มีอยู่ ทำให้ลดต้นทุนและให้บริการได้ดีขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มสินค้าคงคลังทั้งระบบ

หากมีความเกี่ยวข้องกับห่วงโซ่อุปทานของการขนส่ง Dondo และคณะ (2009) ได้กล่าวว่า Transshipment เป็นการถ่ายสินค้าจากยานพาหนะหนึ่งไปยังอีกยานพาหนะหนึ่ง ซึ่งบางครั้งการขนสินค้าแต่ละที่จะขนส่งโดยตรงจากแหล่งที่มาของสินค้าไปยังปลายทางโดยใช้ยานพาหนะเดียวแต่มีความยุ่งยาก การถ่ายโอนสินค้าจากยานพาหนะหนึ่งไปยังอีกยานพาหนะหนึ่งจะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการดำเนินการโดยการใช้ประโยชน์ร่วมกันระหว่างยานพาหนะที่ทำการถ่ายโอน

ขณะที่ Surhoneและคณะ (2010) ได้กล่าวว่า Transshipment เป็นการจัดส่งสินค้าหรือตู้คอนเทเนอร์ (Container) ไปยังสถานที่ที่เป็นสื่อกลาง แล้วจากนั้นจึงไปยังปลายทางที่กำหนด เหตุผลหนึ่งที่ทำการเปลี่ยนถ่าย คือ การเปลี่ยนวิธีการขนส่งในระหว่างการเดินทาง (เช่น จากเรือเปลี่ยนเป็นการขนส่งทางถนน) อีกเหตุผล คือ การรวมการจัดส่งขนาดเล็กเป็นขนส่งขนาดใหญ่หรือการแบ่งขนส่งขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อการส่งต่อ การถ่ายโอนมักเกิดขึ้นในฮับ (Hub) การขนส่ง ซึ่งสำหรับในงานวิจัยนี้ การเปลี่ยนถ่ายสินค้า (Transshipment) หมายถึง การถ่ายโอน (Transshipment) และการพักสินค้า (Stop over) โดยจัดส่งสินค้าจากสถานที่รับไปยังสถานที่พักสินค้าที่อนุญาต แล้วจึงส่งต่อไปยังสถานที่ส่ง

ซึ่งสำหรับในงานวิจัยนี้ การเปลี่ยนถ่ายสินค้า (Transshipment) หมายถึง การถ่ายโอน (Transshipment) และการพักสินค้า (Stop over) โดยจัดส่งสินค้าจากสถานที่รับไปยังสถานที่พักสินค้าที่อนุญาต แล้วจึงส่งต่อไปยังสถานที่ส่ง

ตารางที่ 2.4 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่ง

ผู้ดำเนินการวิจัย	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
กฤศณภัทร สวาสดิ์ (2549)	เสนอการจัดเส้นทางแบบพลวัตที่มีจำกัดด้านเวลาและความจุของยานพาหนะ โดยข้อมูลความต้องการการขนส่งจะทยอยเข้ามาในระบบ	ใช้วิธีฮิวริสติกInsertion และ GRASPในการหาคำตอบสำหรับการจัดเส้นทาง โดยระบบจะทำงานวนซ้ำ 3 กระบวนการ คือ 1) กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล 2) กระบวนการจัดเส้นทาง 3) กระบวนการกำหนดเวลาออกของยานพาหนะ
ยศศิริ อดุลยศักดิ์ (2549)	เสนอปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบต่อเนื่อง (Continuous Move) ที่มีข้อจำกัดด้านเวลาเป็นช่วง (Time window) เข้ามาเกี่ยวข้องโดยพยายามรวมเที่ยวการส่งสินค้าหลายๆ เที่ยวเข้าด้วยกันเพื่อสามารถบรรทุกได้เต็มคันยานพาหนะ ซึ่งการเดินรถมีหลายสถานที่เริ่มต้นและไปหลายสถานที่ปลายทาง และพิจารณาความต้องการการขนส่งเป็นรอบการขนส่ง	ใช้เทคนิคการก่อกำเนิดสดมภ์เข้าช่วยในการแก้ปัญหา (Exact Column Generation BasedBranch-and-bound Algorithm) และวิธีฮิวริสติก (Heuristic) เพื่อสร้างแบบจำลองลดขนาด (Reduced Size Problem) สำหรับแก้ปัญหา ถ้าผลที่ได้ไม่ใช่ผลเฉลยที่ดีที่สุดก็จะเพิ่มตัวแปรที่สามารถให้ผลเฉลยที่ดีขึ้นได้ และแก้ปัญหาใหม่จนกระทั่งได้ผลเฉลยที่ดีที่สุด

ตารางที่ 2.5 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่ง (ต่อ)

ผู้ดำเนินการวิจัย	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
บุริม นิลแป้น และพงษ์ชัย จิตตะมัย (2550)	เสนอแนวทางการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลที่มีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง โดยการจัดลำดับเส้นทางการรับสินค้าที่มีเงื่อนไขของเขตการรับสินค้าจากการพยายามรวมเที่ยวการรับสินค้าให้มากที่สุดเพื่อสามารถบรรทุกได้เต็มคันยานพาหนะและหาระยะทางรวมที่สั้น	ใช้ Saving Algorithm ในการหาคำตอบสำหรับการจัดลำดับเส้นทาง โดยระบบจะทำงาน 4 ขั้นตอน คือ 1) คำนวณค่า saving values 2) เรียงลำดับค่า saving values จากมากไปน้อย 3) จัดเรียงลำดับของเส้นทางตามค่าของ saving values 4) คำนวณหาจำนวนรอบและระยะทางที่ใช้ในการเดินทางทั้งหมด
นิศาชล วิจารณ์วงศ์ และ วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ (2551)	เสนอแนวทางการปรับปรุงการขนส่งนมพาสเจอร์ไรส์ของสหกรณ์โคนมในจังหวัดราชบุรี โดยการจัดเส้นทางที่เหมาะและปลอดภัย เนื่องจากสินค้าเป็นสินค้าบริโภคและเสียง่าย มีข้อกำหนดคือ ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ	ใช้วิธีฮิวริสติก Saving Algorithm และ Tabu Search ในการหาคำตอบสำหรับการจัดเส้นทางโดยนำวิธีหาคำตอบของ Tabu Search มาประยุกต์ใช้กับหลักการ Saving Algorithm ได้เป็น Tabu- Saving$_{best}$

ตารางที่ 2.6 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่ง (ต่อ)

ผู้ดำเนินการวิจัย	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
ฐิตินนท์ ศรีสุวรรณดีและ ระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2554)	เสนอแนวทางการขนส่งน้ำดื่ม โดยมีเงื่อนไขของความต้องการการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายที่ไม่แน่นอนและความจุของยานพาหนะที่มีจำนวนจำกัด	ใช้วิธีอาณานิคมมด (Ant colony optimization) มาประยุกต์ร่วมกับการปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธี Crossover Move และใช้เทคนิค 2-opt โดยระบบจะทำงาน 4 ขั้นตอน คือ 1) กำหนดพารามิเตอร์ ACO ทั้งหมด 2) สร้างคำตอบเริ่มต้นจากพารามิเตอร์ที่กำหนด 3) ปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธี Crossover Moveและใช้เทคนิค 2-opt 4) ปรับค่าฟีโรโมน
ปภัสสร สุขาบูรณ์และ สมชาย ปฐมศิริ (2554)	เสนอแนวทางการกระจายถุงโลหิตจากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติไปยังโรงพยาบาลต่างๆ โดยมีข้อจำกัดด้านระยะทางและความจุของยานพาหนะที่มีจำนวนจำกัด	ใช้วิธีฮิวริสติก Saving Algorithm โดยระบบจะทำงาน โดยมีการทำงานเพิ่มขึ้นมา 1 ขั้นตอน คือ การเลือกจุด (node) ที่เป็นศูนย์กลางกระจายโลหิต แล้วกำหนดเป็นจุดที่ 1

ตารางที่ 2.7 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่ง (ต่อ)

ผู้ดำเนินการวิจัย	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
Nagและคณะ (1988)	เสนอการจัดเส้นทางโดยมีการใช้ยานพาหนะหลายขนาดและมีเงื่อนไขของเขตการส่งที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ประเภทยานพาหนะ	ใช้ First-cut algorithm เป็นวิธีการเลือกยานพาหนะที่เหมาะสมก่อนและใช้เทคนิค Sweep เป็นวิธีการในการจัดเส้นทางแบบและใช้เทคนิค 2-opt เป็นวิธีการในการปรับปรุงเส้นทาง
Martin (1998)	เสนอแนวทางของการปรับปรุงประสิทธิภาพของการกระจายสินค้าประเภทเบเกอรี่โดยมีข้อกำหนดคือช่วงเวลาในการส่งสินค้ามีข้อกำหนดคือ ช่วงเวลาในการส่งสินค้า	ใช้ Nearest-neighbor heuristics เป็นวิธีการสร้างเส้นทางในการเดินรถโดยใช้ระยะเวลาเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และหาระยะเวลาในการเดินทางระหว่างลูกค้าจากข้อมูลระยะทางในการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยด้วยการสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเดินทางและเวลาเดินทางยานพาหนะ และหาเวลาในการนำสินค้าลงด้วยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ของจำนวนสินค้าและเวลาที่ใช้ในการนำสินค้าลงจากยานพาหนะ

ตารางที่ 2.8 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่ง (ต่อ)

ผู้ดำเนินการวิจัย	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
Christophidesและ Eilon (1969)	เสนอวิธีปรับปรุงภายในเส้นทาง ภายหลังจากได้เส้นทางเบื้องต้น	เสนอการปรับปรุงเส้นทางด้วยการแลกเปลี่ยนเส้นทางเพื่อให้ได้ระยะทางใหม่ที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่าเดิม เริ่มต้นจากการสมมติเส้นทางเริ่มต้นขึ้นมาแล้วปรับปรุงจนกระทั่งได้เส้นทางที่ดีที่สุด

ตารางที่ 2.9 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีการถ่ายโอนสินค้า (ต่อ)

ผู้ดำเนินการวิจัย	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
ธเนศ ทักษิณวราจาร (2543)	เสนอการปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดเส้นทางเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการกระจายสินค้า และเพิ่มความยืดหยุ่นให้ผู้ใช้สามารถมีส่วนร่วมและแก้ไขเส้นทางได้	ใช้เทคนิคการหาค่าการประหยัด (Saving Method) ในการกำหนดเส้นทางเบื้องต้น และการปรับปรุงเส้นทางด้วยเทคนิคฮิวริสติกด้วยการเปลี่ยนเส้นทางการส่ง 2 เส้นทาง (2-opt) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะทางในการขนส่งต่ำสุด

ตารางที่ 2.10 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีการถ่ายโอนสินค้า (ต่อ)

ผู้ดำเนินการวิจัย	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
โสภา คู่สมรัตน์ และ ปวีณา เชาวลิตวงศ์ (2555)	เสนอการปรับปรุงการจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธีการถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะระหว่างการเดินทางและไม่อนุญาตให้ทำการวางสินค้าไว้ ณ สถานที่ จากเส้นทางเบื้องต้นที่ถูกจัดไว้แล้ว	ใช้วิธีฮิวริสติมาแก้ปัญหานี้ โดยเริ่มหาการขนส่งที่มีโอกาสในการถ่ายโอนจากค่าประหยัดสูงสุดของการขนส่งนั้นแล้วหาเส้นทางสามารถถ่ายโอนสินค้าได้เมื่อยานพาหนะทั้ง 2 คัน มาพบกันในสถานที่ที่อนุญาต
Savelbergh (1985)	เสนอวิธีการกระจายสินค้าโดยพิจารณาทั้งข้อจำกัดของระยะทางในการขนส่งและข้อจำกัดด้านเวลาในการเดินทาง	แก้ปัญหาการจัดเส้นทางของการเดินรถโดยพิจารณากรอบของเวลาไปพร้อมกัน โดยในเบื้องต้นจะสร้างเส้นทางขึ้นมาก่อน หลังจากนั้นจากนั้นจึงปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธี k-interchange
Dondo และคณะ (2009)	เสนอให้มีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าจากยานพาหนะหนึ่งไปอีกยานพาหนะหนึ่งเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นต่อการบริหารห่วงโซ่อุปทาน	ใช้ MILP-based strategy ใหม่ในการหาเซตของการตัดสินใจ ซึ่งรูปแบบของปัญหาแบบ the pickup anddelivery problem (PDP) และเพิ่มส่วนขยายในการเปลี่ยนถ่ายสินค้าซึ่งทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งลงได้ขณะที่ยกระดับประสิทธิภาพในห่วงโซ่อุปทาน

ตารางที่ 2.11 งานวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีการถ่ายโอนสินค้า (ต่อ)

ผู้ดำเนินการวิจัย	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
Mitrovic-Minicand Laporte (2006)	เสนอให้มีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าจากยานพาหนะหนึ่งไปอีกยานพาหนะหนึ่ง โดยเพิ่มความยืดหยุ่นมากขึ้น จากกรอบเวลาความต้องการเป็นช่วง (Time window)	ใช้วิธีฮิวริสติกในการหาคำตอบโดยทำการแยกการขนส่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนสถานที่รับถึงสถานที่เปลี่ยน และสถานที่เปลี่ยนถึงสถานที่ส่ง ในการประมวลผลลัพธ์แยกเป็นสองส่วนคือส่วนโครงสร้างพื้นฐานและส่วนการปรับปรุงซึ่งจะหยุดเมื่อผลลัพธ์ที่ได้ดีกว่าผลลัพธ์เดิม
Dondo และคณะ (2011)	เสนอให้มีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าจากยานพาหนะหนึ่งไปอีกยานพาหนะหนึ่งโดยกำหนดให้สามารถเปลี่ยนถ่ายสินค้าได้ที่คลังสินค้าแบบ cross docking ซึ่งจะต้องส่งสินค้าออกจากคลังภายใน 24 ชั่วโมง หากมีการพักสินค้าเกินกว่าเวลาที่กำหนดจะเสียค่าปรับ	ใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ MILP ในการหาคำตอบซึ่งจะสร้างเงื่อนไขของการจัดเส้นทางและคลังสินค้าให้อยู่ในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด

2.5 สรุป

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (VRP) นับเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจและนิยมทำการศึกษาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน โดยแต่ละงานวิจัยจะมีลักษณะเฉพาะที่มีความซับซ้อนและแตกต่างกันออกไป สำหรับในงานวิจัยนี้เป็นปัญหาการเดินรถอย่างต่อเนื่องที่มีรูปแบบการขนส่งทั้งการรับและส่ง มีความสามารถในการเปลี่ยนถ่ายสินค้า และมีความสามารถในการพักสินค้า เพื่อสร้างความยืดหยุ่นให้กับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโดยคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายใต้สภาวการณ์การเดินรถจริงเข้ามาเป็นแนวความคิดร่วมด้วย เช่น การรับ - ส่งสินค้าเป็นช่วง (Time window) การจำกัดความจุของยานพาหนะ ความหลากหลายของความจุของยานพาหนะ เนื่องจากปัญหาของงานวิจัยนี้เป็นปัญหาระดับ NP-hard (Xiaodong, 2012 และYeun และคณะ , 2008) เมื่อนำระบบไปประยุกต์ใช้งานจริงจะต้องมีความสามารถในการคำนวณภายใต้เวลาที่จำกัด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการหาคำตอบด้วยการหาทางเลือกที่ดีที่สุดจะอาศัยเวลาในคำนวณผลลัพธ์ที่นานนอกจากนั้นยังแก้ได้เฉพาะกับปัญหาที่มีขนาดเล็ก (Xiaodong, 2012 และYeun และคณะ , 2008) มีความซับซ้อนและมีเงื่อนไขที่น้อย (Cordea และคณะ, 2002) หากปัญหามีความซับซ้อนและมีเงื่อนไขที่มากก็จะทำให้การหาคำตอบแทบเป็นไปไม่ได้ ทำให้การแก้ปัญหา VRP ส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีฮิวริสติก (Xiaodong, 2012 และ Yeun และคณะ, 2008) ดังนั้นปัญหาในงานวิจัยนี้จึงเลือกการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกที่ให้คำตอบที่ยอมรับได้และอาศัยเวลาในคำนวณผลลัพธ์ที่เหมาะสม

บทที่ 3
หลักการและแนวคิด

การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถในงานวิจัยนี้ หมายถึง การปรับเปลี่ยนเส้นทางของยานพาหนะที่ได้รับการวางแผนให้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลดลงจากแผนการขนส่งแบบต่อเนื่องที่ได้รับมาเบื้องต้น โดยอาศัยการเปลี่ยนถ่ายและพักสินค้า อยู่ในรูปแบบของฮิวริสติกช่วยในการแก้ปัญหาเพื่อหาเส้นทางใหม่ของยานพาหนะและสถานที่ในการพักสินค้า ข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงเส้นทางนั้น มาจากข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนการขนส่งทั่วไป ได้แก่ ข้อมูลระยะทางระหว่างสถานที่ ข้อมูลระยะเวลาระหว่างสถานที่ ข้อมูลความต้องการการขนส่ง (ชื่อสถานที่รับ-ส่ง ช่วงเวลาในการขนส่ง ความจุของสินค้า และหมายเลขรหัสการขนส่ง) โดยข้อมูลนี้จะกล่าวแทนด้วย "รหัสการขนส่ง" ข้อมูลรายละเอียดของสถานที่ (อนุญาตให้พักสินค้าหรือไม่) และข้อมูลยานพาหนะ ผนวกกับข้อมูลของเส้นทางการเดินรถแบบต่อเนื่องที่ได้รับการจัดแล้วเบื้องต้น โดยกระบวนการคิดของการปรับเส้นทางในงานวิจัยนี้มีการตัดสินใจของยานพาหนะในการขนส่ง ซึ่งจะพิจารณาจากเส้นทางขนส่งเดิมว่าสามารถแทรกการเปลี่ยนถ่ายหรือพักสินค้าได้หรือไม่ ภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขของระบบ คือ

1) เงื่อนไขด้านความจุของยานพาหนะ (Vehicle capacity constraints)
2) เงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ของยานพาหนะ (Vehicle-related constraints)
3) เงื่อนไขด้านเวลา (Time constraints)

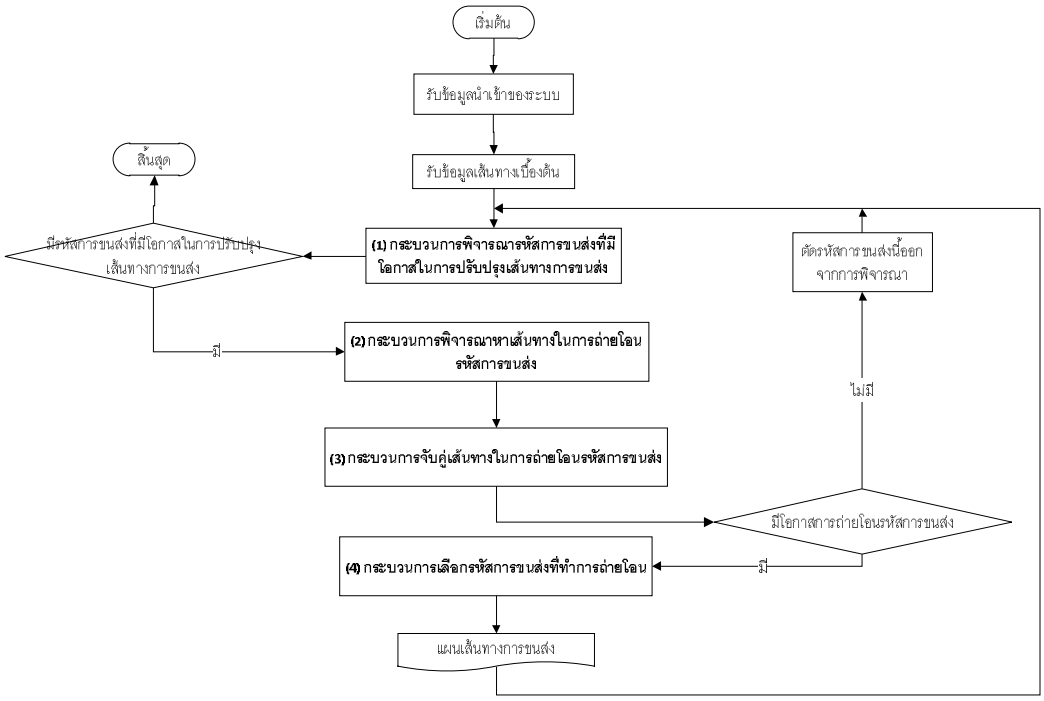
ดังนั้นแนวคิดในการออกแบบระบบสำหรับปรับปรุงแผนเส้นทางการขนส่งสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มนี้อาศัยเส้นทางการขนส่งเบื้องต้นที่มีการเดินรถแบบต่อเนื่องเป็นหลัก จากนั้นทำการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งให้สามารถมีการพักสินค้าภายใต้สถานที่ที่พักสินค้าได้ตามที่กำหนดซึ่งมีอยู่ในระบบโดยมีกระบวนการตัดสินใจการวางแผนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งเป็นส่วนสำหรับการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลผ่านฮิวริสติก (Heuristic) ช่วยในการหาผลลัพธ์ แล้วให้คำตอบออกมาเป็นกระบวนการขนส่งช่วยในการตัดสินใจวางแผนการขนส่งซึ่งมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน โดย 3 ขั้นตอนแรกเรียกว่ากระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้าแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง
2) กระบวนการพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง
3) กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการทั้ง 3 คือ แผนเส้นทางที่สามารถถ่ายโอนสินค้าได้ของรหัสการขนส่งหนึ่งๆ ที่สนใจ แต่เนื่องจากไม่สามารถรู้ได้ว่าแผนเส้นทางและรหัสการขนส่งใดที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายเมื่อพิจารณาซ้ำจนไม่สามารถถ่ายโอนได้อีกทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดจึงมีขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนที่ใช้สำหรับการเลือกรหัสการขนส่ง คือ

4) กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน

กระบวนการปรับปรุงแผนเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้ง 4 ส่วนนี้ จะมีกระบวนการตัดสินใจที่แตกต่างกันไปโดยมีภาพรวมแนวคิดกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้าแสดงดังภาพที่ 3.1 และแนวคิดของแต่ละกระบวนการและเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา แสดงดังตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ภาพรวมแนวคิดกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้า

ตารางที่ 3.1 แนวคิดของแต่ละกระบวนการและเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา

กระบวนการ	รายละเอียด	เกณฑ์ที่ใช้
(1) พิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง	หางานที่หากมีการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งแล้วมีโอกาสทำให้ค่าใช้จ่ายของระบบลดลง ซึ่งทำให้รหัสการขนส่งนั้นมีโอกาสนำมาพิจารณาต่อในกระบวนการถัดไปได้โดยทำการดึงรหัสการขนส่งออกจากระบบ	ค่าใช้จ่ายโดยรวมลดลงจากแผนขนส่งแบบต่อเนื่องเริ่มต้น
(2) พิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง	หาเส้นทางที่จะนำไปใช้ในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งโดยนำรหัสการขนส่งที่ถูกดึงออกจากกระบวนการแรกนำไปใส่ตามเส้นทางต่างๆของยานพาหนะแต่ละคัน	ไม่เกินข้อจำกัดต่างๆตามเงื่อนไขที่ถูกระบุไว้และไม่เกินกว่าค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้จากกระบวนการแรก
(3) จับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งนั้น	หาคู่ของเส้นทางที่เป็นเส้นทางรับและเส้นทางส่งสำหรับการถ่ายโอนรหัสการขนส่งโดยอาจมีเส้นทางการถ่ายโอนระหว่างเส้นทางรับและเส้นทางส่งหากมีการถ่ายโอน2ครั้งและเรียงลำดับเส้นทางตามเวลาและสถานที่	ไม่เกินข้อจำกัดต่างๆตามเงื่อนไขด้านเวลาและไม่เกินเวลาพักสูงสุดที่กำหนดไว้ นอกจากนั้นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มจากการถ่ายโอนต้องไม่เกินกว่าค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้จากกระบวนการแรก
(4) เลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน	เลือกแผนเส้นทางของรหัสการขนส่งและทำการพิจารณาซ้ำจนกว่าจะไม่สามารถทำการถ่ายโอนรหัสการขนส่งได้อีก	ค่าใช้จ่ายที่ลดได้จริงสูงสุดในแต่ละรอบ

การตัดสินใจปรับแผนการขนส่งสินค้าโดยการถ่ายโอนสินค้าจะใช้กระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้าประกอบกับการเลือกรหัสการขนส่ง ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการตัดสินใจสำหรับฮิวริสติกดังนี้

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) คือ การทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมในระบบน้อยที่สุด ซึ่งประกอบด้วยค่าเก็บสินค้าในระหว่างการขนส่งและค่าขนส่งจากการเดินรถที่ทำให้เกิดการขนส่ง

1) ต้นทุนการรอพักของสินค้า (Waiting cost) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการรอพักสินค้าระหว่างทำการขนส่ง(ไม่รวมถึงค่ารอพักสินค้าก่อนหรือหลังการขนส่ง)ประกอบด้วยต้นทุนการพักสินค้าและต้นทุนการดำเนินการของสถานที่พักสินค้าระหว่างการขนส่งดังนี้

   - ต้นทุนการพักสินค้า คือ ต้นทุนการรอของสินค้าขณะพักอยู่ที่สถานที่พักสินค้าที่ได้มีการฝากไว้ระหว่างทำการขนส่งสินค้าโดยแปรผันตามหน่วยสินค้าและเวลาที่รอ
   - ต้นทุนการดำเนินการของสถานที่พักสินค้าระหว่างการขนส่ง คือ ต้นทุนการดำเนินการรวมของสถานที่พักสินค้าเมื่อมีสินค้าเข้าสู่สถานที่พักสินค้าจนสินค้าออกจากสถานที่พักสินค้าโดยแปรผันตามจำนวนครั้งที่มีการฝากสินค้า

2) ต้นทุนการขนส่ง (Transportation cost) เป็นค่าใช้จ่ายของการเดินรถในการขนส่งสินค้าไปตามสถานที่ที่กำหนดให้เกิดการขนส่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน ดังนี้

   - ต้นทุนคงที่ คือ ต้นทุนที่จะจ่ายเมื่อมีการใช้ยานพาหนะโดยมิได้แปรผันตามการใช้งาน
   - ต้นทุนแปรผัน คือ ต้นทุนที่แปรผันตามระยะทางในการเดินทางของยานพาหนะ

ขอบเขตของระบบมีดังต่อไปนี้

- ข้อมูลนำเข้าของกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้าประกอบด้วย ความต้องการการรับและส่งสินค้า รายละเอียดแผนเส้นทางขนส่งเบื้องต้น ระยะเวลาระหว่างสถานที่ 2 สถานที่ของยานพาหนะระยะทางระหว่างสถานที่ 2 สถานที่ และรายละเอียดของยานพาหนะ
- กระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้า เป็นกระบวนการเลือกเส้นทางเบื้องต้น ลำดับในการรับ-ส่งของรหัสการขนส่งสินค้าและสถานที่ในการพักสินค้าที่เหมาะสม
- ผลลัพธ์ของกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้า คือ แผนเส้นทางการขนส่งที่มีการถ่ายโอนสินค้าโดยการพักสินค้า
- กระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้าที่ออกแบบขึ้น ไม่ครอบคลุมถึงเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นบนท้องถนน เช่น อุบัติเหตุ ยานพาหนะเสีย เป็นต้น นอกจากนี้เมื่อยานพาหนะอยู่ในช่วงเวลาที่กำหนดให้เป็นเวลาที่ไม่สามารถแก้ไขแผนได้จะไม่มีการปรับเปลี่ยนแผนการขนส่งสินค้า และถือว่ายานพาหนะสามารถดำเนินงานได้
- ผลลัพธ์ของระบบสารสนเทศนี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมได้
- การออกแบบกระบวนการตัดสินใจการวางแผนการขนส่งสินค้า และระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
- การจัดเส้นทางการขนส่งจะศึกษาเฉพาะทางบก
- คำตอบที่ได้จากวิธีการแก้ปัญหา อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่เป็นคำตอบที่เหมาะสมและเป็นไปได้ในการปฏิบัติ ซึ่งได้จากวิธีกำหนดเงื่อนไขความเป็นไปได้ของตัวแปรต่างๆ
- ทรัพยากรที่พิจารณาในการขนส่งของระบบนี้ คือ ยานพาหนะเท่านั้น ไม่รวมถึงทรัพยากรอื่นๆ เช่น คนขับยานพาหนะคนติดยานพาหนะ และอุปกรณ์พ่วงอื่นๆ ที่จำเป็นจะนำไปพร้อมกับการขนส่ง เป็นต้น
- สถานที่ในระบบนี้ประกอบด้วย แหล่งจัดหาวัตถุดิบ (supplier) หน่วยงานภายนอก (outsource) โรงงาน (plant) ศูนย์กระจายสินค้า (distribution center) ร้านค้าส่ง (wholesaler) ร้านค้าปลีก (retailer) และ ท่า (port) เช่น ท่าเรือ สถานีรถไฟและท่าอากาศยานยนต์ เป็นต้น ซึ่งสถานที่แต่ละแห่งมีจำนวนมากอยู่ในระบบ แต่ละสถานที่ในระบบจะ

มีประเภทของสินค้าที่แตกต่างกัน แต่ทุกสถานที่ในระบบมีคุณสมบัติที่เหมือนกัน คือ เป็นทั้งสถานที่รับและส่งสินค้าได้ในเวลาเดียวกัน

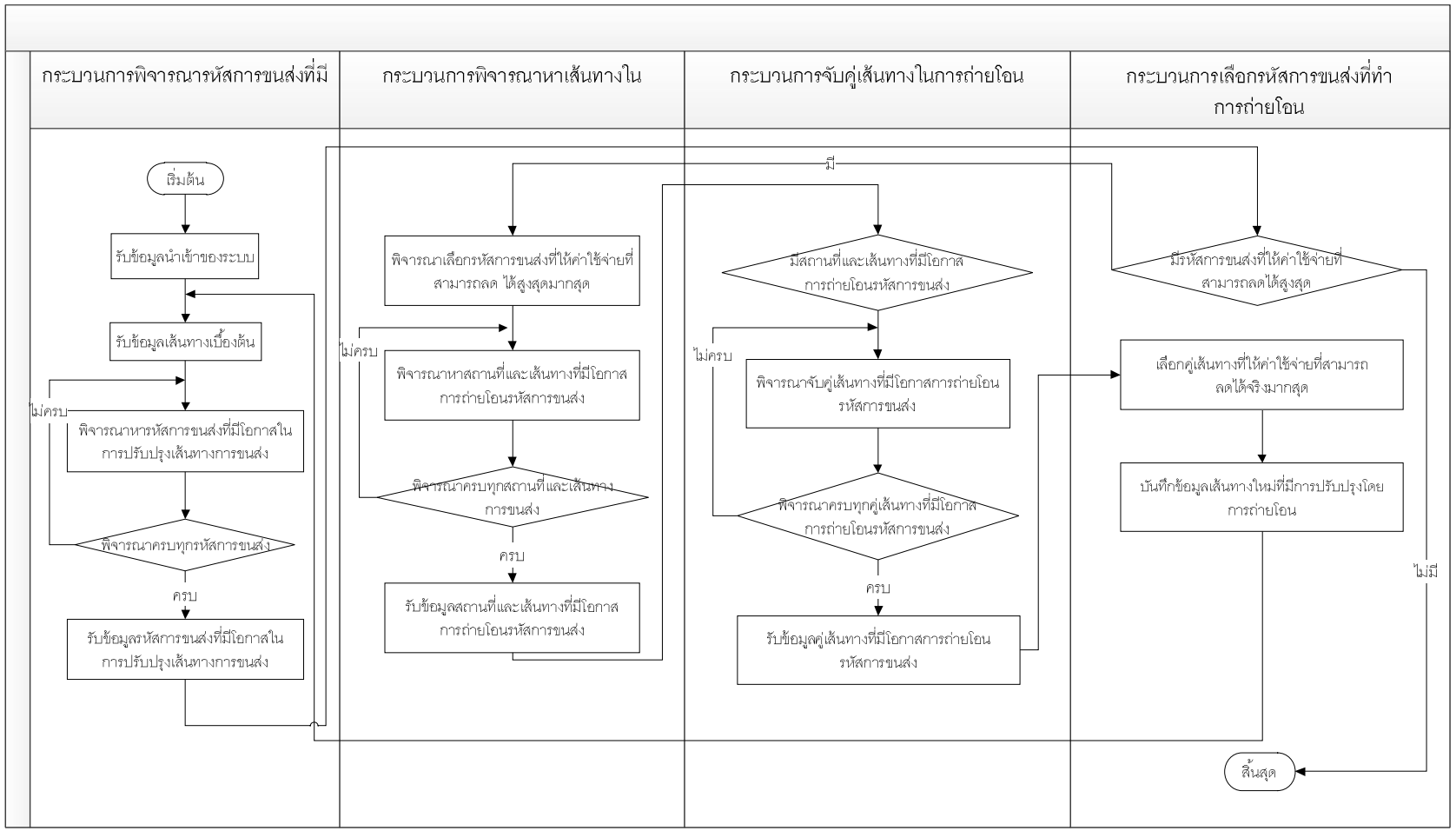
- ยานพาหนะและสินค้าที่ทำการขนส่ง พิจารณาเฉพาะมิติของน้ำหนักและปริมาตรเท่านั้น โดยไม่พิจารณาเรื่องรูปร่าง
- สมมติฐานของระบบดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สมมติฐานของระบบ

หัวข้อ	รายละเอียด
ปั๊มน้ำมัน	— ระบบมีปั๊มน้ำมันจำนวนมาก ทำให้ไม่เกิดปัญหาของการขาดแคลนน้ำมัน
สถานที่	— สถานที่ในระบบมีเวลาการดำเนินงานเหมือนกัน โดยมีการดำเนินงานตลอด 24 ชั่วโมง
ความต้องการการขนส่ง	— ผู้ใช้จะระบุระยะเวลาของแผนการขนส่งสินค้า — ความต้องการการรับและส่งสินค้าไม่สามารถแยกกันได้ กรณีที่ยานพาหนะคันที่ใหญ่ที่สุดไม่สามารถดำเนินการได้ รหัสการขนส่งนั้นจะไม่ถูกนำมาพิจารณาในระบบ
เงื่อนไขในการดำเนินงาน	— ทุกๆ ยานพาหนะไม่จำเป็นจะมีสถานที่เริ่มต้นและสถานที่สุดท้ายเป็นสถานที่เดียวกัน — ยานพาหนะทุกคันไม่จำเป็นจะกลับมาที่สถานที่ศูนย์กลางภายในเวลาที่กำหนด — การขนส่งสินค้าอนุญาตให้มีการขนถ่ายระหว่างโรงงาน
ยานพาหนะ	— ยานพาหนะของบริษัทมีจำนวนจำกัด ไม่มีการพิจารณายานพาหนะของหน่วยงานภายนอก — การซ่อมบำรุงยานพาหนะของบริษัททุกคันมีแผนการซ่อมบำรุงแตกต่างกัน เมื่อถึงเวลาซ่อมบำรุงยานพาหนะจะถูกนำไปซ่อมบำรุง โดยเวลานั้นยานพาหนะจะไม่อนุญาตให้ทำงานได้

หัวข้อ	รายละเอียด
เวลา	— ระยะเวลาระหว่างสถานที่ 2 สถานที่มีค่าคงที่ และถูกระบุโดยผู้ใช้ หรือ ถูกระบุจากความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะที่กำหนดโดยผู้ใช้เทียบกับระยะห่างระหว่างสถานที่
ต้นทุนการขนส่ง	— ต้นทุนการขนส่งของยานพาหนะของบริษัทประกอบด้วยต้นทุนแปรผันซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทางอย่างเดียว
แผนการซ่อมบำรุง	— ช่วงเวลาของการซ่อมบำรุงจะระบุอยู่ในหน่วยของชั่วโมงซึ่งจะถูกกำหนดไม่ให้ยานพาหนะ ณ ช่วงเวลานั้นสามารถใช้งานได้
เส้นทางการขนส่ง	— เส้นทางที่ใช้ในการขนส่งจากสถานที่หนึ่งไปอีกสถานที่หนึ่งกำหนดให้มีเพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น เช่น จากสถานที่ A ไป B มี 1 เส้นทาง เป็นต้น — ระยะทางจากสถานที่ A ไป B ไม่จำเป็นต้องเท่ากับระยะทางจากสถานที่ B ไป A

กระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้าเป็นกระบวนการที่ให้ผลลัพธ์ คือ แผนเส้นทางที่สามารถถ่ายโอนสินค้าแล้ว แต่ยังไม่สามารถให้คำตอบที่ได้ออกมาเป็นแผนขนส่งที่สมบูรณ์ เนื่องจากยังไม่มีการเลือกรหัสการขนส่งและเส้นทางที่มีการเปลี่ยนถ่ายสินค้า ดังนั้น แนวคิดของกระบวนการทั้ง 4 จะถูกอธิบายโดยภาพที่ 3.2 ซึ่งแสดงแผนภาพการไหลภาพรวมแนวคิดกระบวนการปรับปรุงแผนเส้นทางการขนส่งสินค้าจากการถ่ายโอน โดยส่วนที่ 1 จะพิจารณารหัสการขนส่งในระบบที่สามารถปรับปรุงได้ แล้วส่งข้อมูลรหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางไปยังส่วนที่ 2 เพื่อหาสถานที่และเส้นทางที่มีโอกาสการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง จากนั้นส่งต่อข้อมูลไปส่วนที่ 3 เพื่อจับคู่เส้นทางการถ่ายโอนของรหัสการขนส่งและเลือกเส้นทางที่ใช้ในการปรับปรุงแผนและส่วนสุดท้าย คือ ส่วนที่ทำการเลือกรหัสการขนส่งและเส้นทางที่นำไปทำการถ่ายโอนสินค้าและทำซ้ำจนได้แผนที่สมบูรณ์ ซึ่งอาจมีรหัสการขนส่งที่ได้รับการถ่ายโอนมากกว่า 1 รหัส



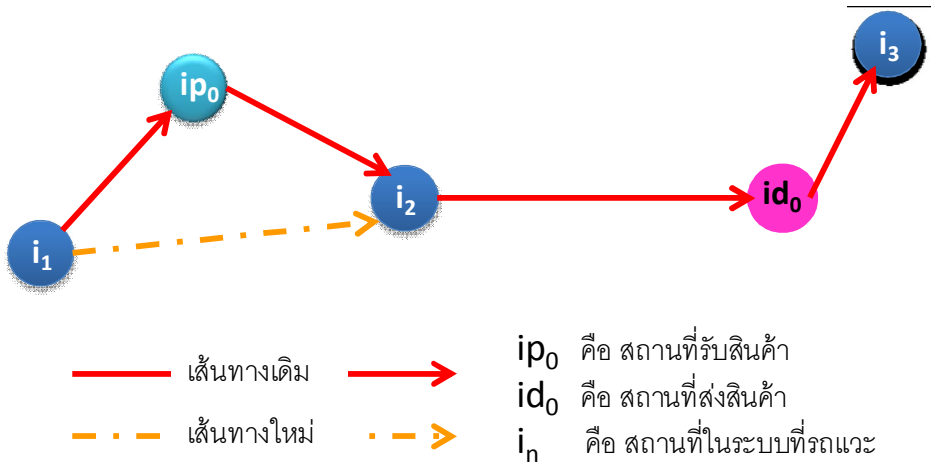
ภาพที่ 3.2 แผนภาพการไหลภาพรวมแนวคิดกระบวนการปรับปรุงแผนเส้นทางการขนส่งสินค้า

3.1 หลักการและแนวคิดของกระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง

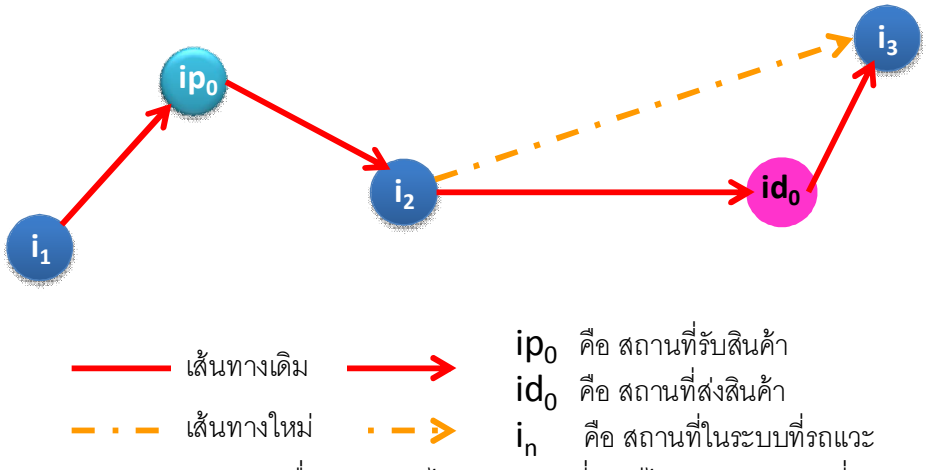
กระบวนการนี้เป็นกระบวนการหารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทาง ซึ่งจะนำรหัสการขนส่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระบบทั้งหมดมาทำการพิจารณาเมื่อรหัสการขนส่งใดได้รับการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งแล้วจะไม่มีการนำรหัสการขนส่งดังกล่าวมาทำการพิจารณาซ้ำอีก ซึ่งรหัสการขนส่งที่ได้จากกระบวนการนี้ เป็นรหัสการขนส่งที่สามารถช่วยลดระยะทางและค่าใช้จ่ายจากการเดินรถลงได้ เมื่อทำการตัดรหัสการขนส่งนั้นแล้วเท่านั้น โดยค่าใช้จ่ายที่ลดลงมาจากการลดลงของระยะทาง 2 กรณี คือ การลดลงจากการไม่แวะสถานที่และการลดลงจากการสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะ

3.1.1 การลดระยะทางจากการไม่แวะสถานที่แบ่งออกเป็น 3 เหตุการณ์ คือ

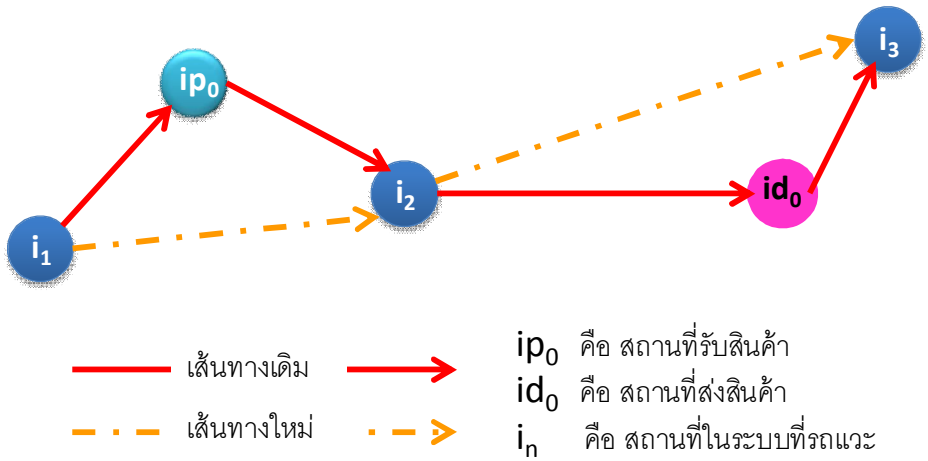
1) การไม่แวะ ณ สถานที่รับและสถานที่ส่ง
2) การไม่แวะ ณ สถานที่รับ
3) การไม่แวะ ณ สถานที่ส่ง



(a) การลดระยะทางเนื่องจากการไม่แวะสถานที่กรณีไม่แวะ ณ สถานที่รับ



(b) การลดระยะทางเนื่องจากการไม่แวะสถานที่กรณีไม่แวะ ณ สถานที่ส่ง



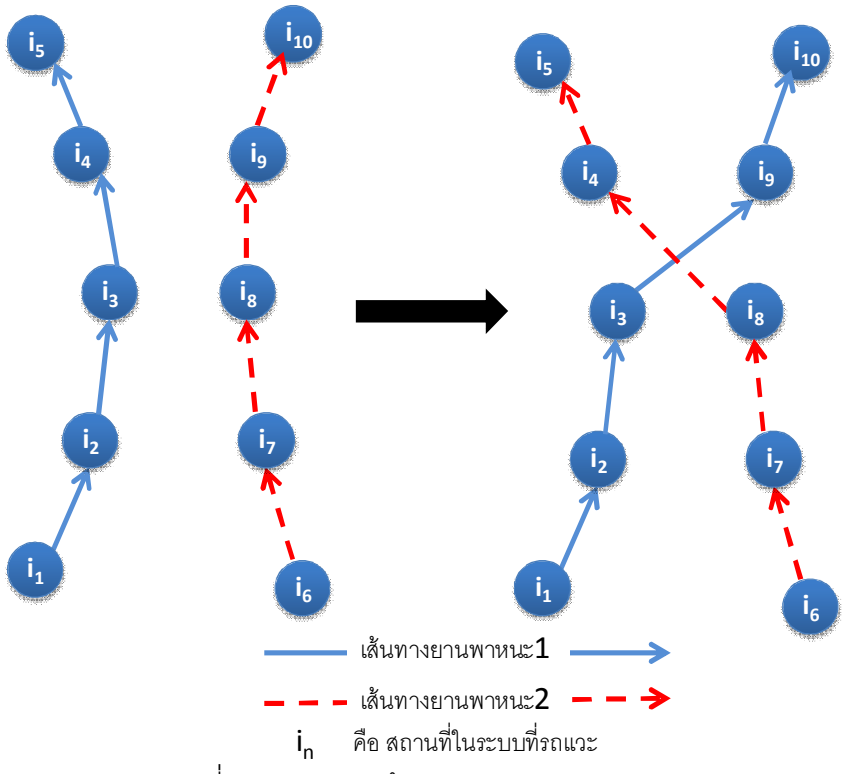
(c) การลดระยะทางเนื่องจากการไม่แวะสถานที่กรณีไม่แวะ ณ สถานที่รับและสถานที่ส่ง

ภาพที่ 3.3 (a)-(c) การลดระยะทางเนื่องจากการไม่แวะสถานที่

ภาพที่ 3.3 (a)-(c) แสดงการลดระยะทางเนื่องจากการไม่แวะสถานที่ โดยแต่ละรหัสการขนส่งสามารถเกิดได้เพียงเหตุการณ์เดียวไม่สามารถเกิดเหตุการณ์พร้อมกันได้ และอาจไม่เกิดเหตุการณ์ใดเลยก็ได้ ซึ่งจะพิจารณาค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากระยะทางอีกกรณี คือ การสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะด้วย

3.1.2 การลดลงของค่าใช้จ่ายจากการสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะ

การสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะเป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกับค่าใช้จ่ายของการลดลงจากการไม่แวะสถานที่และเลือกกรณีทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงมากที่สุด สำหรับการสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะนั้นจะพิจารณาตั้งแต่สถานที่รับรหัสการขนส่งนั้นถึงสถานที่ส่งโดยพิจารณาเฉพาะยานพาหนะคันที่ทำรหัสการขนส่งที่พิจารณาเท่านั้น



ภาพที่ 3.4 การสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะ

ภาพที่ 3.4 แสดงการสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะจะใช้ยานพาหนะที่สามารถรับสินค้าทุกรหัสการขนส่งแทนยานพาหนะอีกคันหนึ่งได้ตลอดเส้นทางที่ได้รับการวางแผนการขนส่งแล้ว โดยยานพาหนะแต่ละคันอาจมีค่าใช้จ่ายไม่เท่ากันได้ อย่างไรก็ดีเมื่อการสลับเส้นทางจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงเท่านั้น

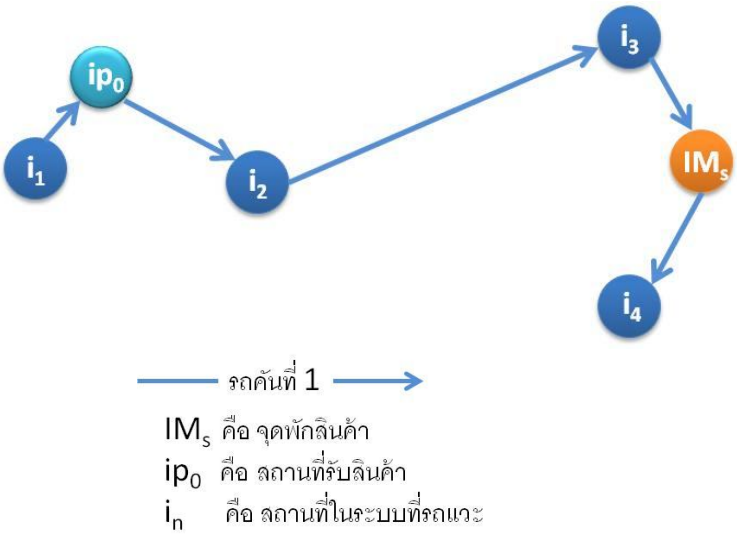
หากทำการคำนวณค่าใช้จ่ายจากระยะทางที่ลดลงของทั้ง 2 กรณีที่กล่าวข้างต้นแล้วทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากเส้นทางเบื้องต้นของระบบ จะเก็บข้อมูลเส้นทางที่ได้รับการปรับเปลี่ยนเพื่อใช้ในการพิจารณาการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง โดยข้อมูลเส้นทางที่ปรับเปลี่ยนแล้วเป็นข้อมูลเฉพาะสำหรับรหัสการขนส่งแต่ละรหัสเท่านั้นไม่เกี่ยวข้องกับรหัสการขนส่งอื่น การพิจารณารหัสการขนส่งอื่นนั้นจะต้องพิจารณาเส้นทางเบื้องต้นของแต่ละรหัสการขนส่งเป็นการเฉพาะเท่านั้นทำเช่นเดียวกันกับทุกรหัสการขนส่งที่เหลือ

3.2 หลักการและแนวคิดของกระบวนการพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

กระบวนการพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งเป็นกระบวนการหาเส้นทางและสถานที่ซึ่งมีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทาง สำหรับทำการเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยลักษณะเส้นทางในการเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งสามารถแบ่งออกได้ 3 กรณี คือ

3.2.1 การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยใช้เส้นทางที่มีอยู่ในระบบเท่านั้น

การพิจารณาเส้นทางที่มีอยู่ในแผนเส้นทางขนส่งเบื้องต้นของระบบจะเกิดขึ้นหลังทำการปรับเปลี่ยนเส้นทางจากกระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งแล้วเท่านั้น โดยการหาสถานที่รับ สถานที่ส่ง และสถานที่ในการถ่ายโอนและพักสินค้าสำหรับรหัสการขนส่งที่ถูกเลือก จากการพิจารณาสถานที่แวะของยานพาหนะแต่ละคันที่ดำเนินการอยู่ในระบบเท่านั้นและไม่มีการพิจารณายานพาหนะที่ไม่มีการแวะสถานที่รับหรือสถานที่ส่งของรหัสการขนส่งเนื่องจากถ้าไม่มีสถานที่รับหรือสถานที่ส่งอยู่ในเส้นทางการดำเนินการของยานพาหนะแสดงว่าหากมีการนำเส้นทางของยานพาหนะนั้นมาทำการถ่ายโอนรหัสการขนส่งจำเป็นต้องมีการเพิ่มเส้นทางเพื่อให้สามารถทำการถ่ายโอนรหัสการขนส่งได้



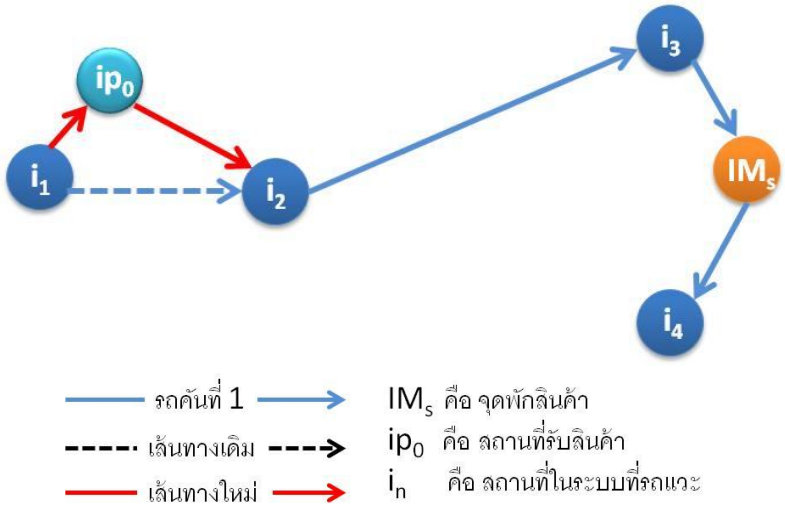
ภาพที่ 3.5 กรณีที่ 1 ใช้เส้นทางที่มีอยู่ในระบบเดิมเพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

3.2.2 การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางและใช้เส้นทางที่มีอยู่ในระบบ

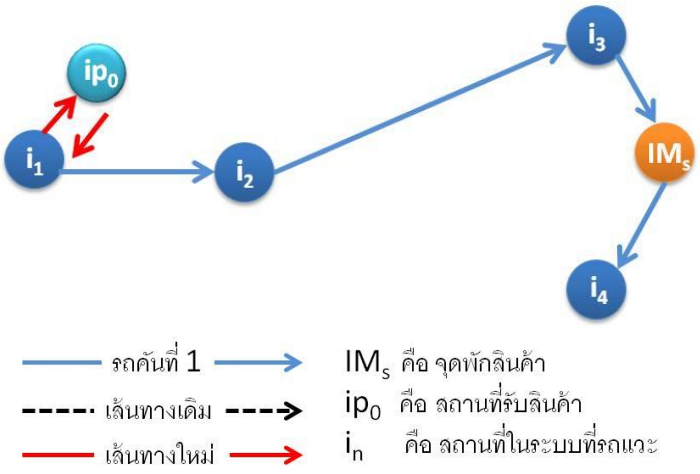
การพิจารณาเส้นทางกรณีนี้จะเกิดหลังทำการปรับเปลี่ยนเส้นทางจากกระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งแล้วเท่านั้น โดยทำการหาสถานที่รับ สถานที่ส่งและสถานที่ในการถ่ายโอนและพักสินค้าสำหรับรหัสการขนส่งที่นำมาพิจารณาจากเส้นทางการแวะสถานที่ของยานพาหนะแต่ละคันที่ดำเนินการอยู่ในระบบเท่านั้น โดยเริ่มหาเส้นทางที่มีการแวะที่สถานที่รับหรือสถานที่ส่งของรหัสการขนส่งหรือสถานที่พักสินค้าของระบบแล้วทำการพิจารณาความสามารถของยานพาหนะที่อยู่ในเส้นทางจากนั้นหาโอกาสในการเพิ่มเส้นทางเพื่อแวะสถานที่ต่างๆ เช่น สถานที่รับหรือสถานที่ส่งของรหัสการขนส่ง หรือสถานที่พักสินค้า เนื่องจากหากไม่มีสถานที่รับหรือสถานที่ส่งอยู่ในเส้นทางการดำเนินการของยานพาหนะจะไม่สามารถทำการถ่ายโอนรหัสการขนส่งได้ ซึ่งรูปแบบของการเพิ่มเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งเพื่อการเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งแบ่งได้ 2 รูปแบบ คือ

1) การเพิ่มเส้นทางเพื่อไปรับสินค้าหรือส่งสินค้าแสดงดังภาพที่ 3.6-3.7
2) การเพิ่มเส้นทางเพื่อไปฝากหรือรับสินค้า ณ สถานที่พักแสดงดังภาพที่ 3.8- 3.9

การเพิ่มเส้นทางเพื่อไปรับหรือส่งสินค้าจะทำการพิจารณาจากเส้นทางที่มีอยู่ในเส้นทางขนส่งเบื้องต้น จากนั้นหาสถานที่รับหรือส่งสินค้าซึ่งอาจไม่อยู่ในเส้นทางขนส่งเบื้องต้นหรือไม่มีความสามารถในการรับหรือส่งสินค้าของรหัสการขนส่งทำการเพิ่มเส้นทางสำหรับการหาสถานที่รับหรือส่งสินค้าที่เป็นไปได้โดยเส้นทางที่เพิ่มขึ้นจะประกอบด้วย 2 เส้นทาง คือ (1) เส้นทางจากสถานที่ใดๆ ในระบบไปยังสถานที่รับ/ส่งของรหัสการขนส่งที่พิจารณา และ (2) เส้นทางจากสถานที่รับ/ส่งของรหัสการขนส่งไปยังสถานที่ถัดไปของเส้นทางในระบบ (ภาพที่ 3.6) หรือเส้นทางจากสถานที่รับ/ส่งของรหัสการขนส่งที่พิจารณากลับมาสถานที่เดิมของเส้นทางในระบบ (ภาพที่ 3.7)

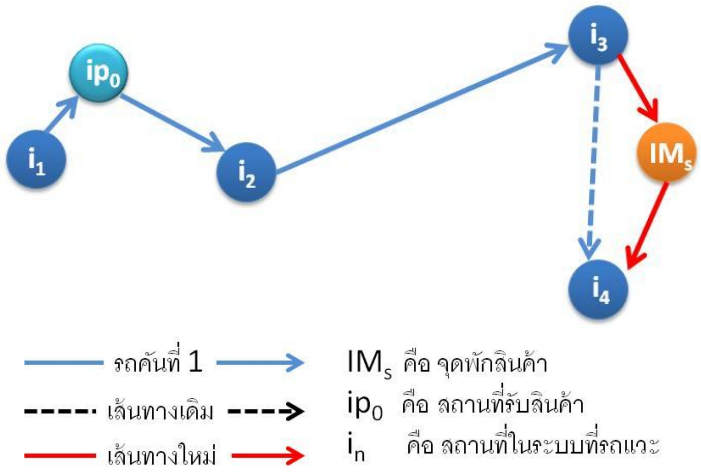


ภาพที่ 3.6 กรณีที่ 2 (รูปแบบ 1) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางเพื่อไปรับสินค้าและเดินทางไปสถานที่ถัดไปของเส้นทางเบื้องต้น

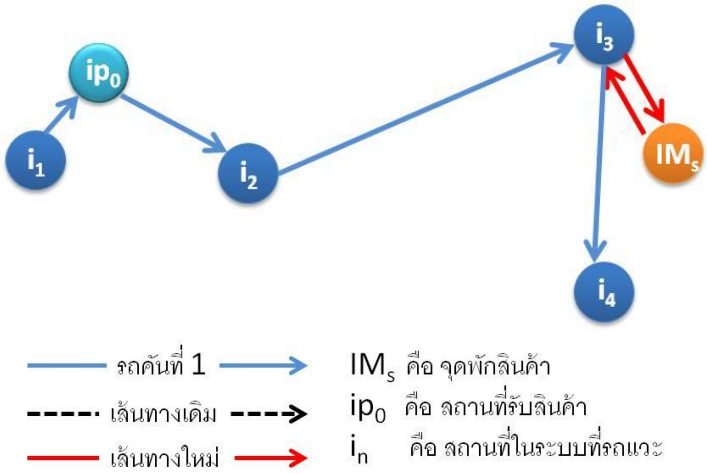


ภาพที่ 3.7 กรณีที่ 2 (รูปแบบ 2) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางเพื่อไปรับสินค้าและเดินทางกลับมาสถานที่เดิมของเส้นทางเบื้องต้น

การเพิ่มเส้นทางเพื่อไปฝากหรือรับสินค้า ณ สถานที่พักจากเส้นทางที่มีอยู่ในเส้นทางขนส่งเบื้องต้นสำหรับการหาสถานที่พักสินค้าซึ่งอาจมิได้อยู่ในเส้นทางขนส่งเบื้องต้นหรือไม่มีความสามารถในการรับสินค้าของรหัสการขนส่งที่ถูกเลือก ทำการเพิ่มเส้นทางสำหรับการหาสถานที่พักสินค้าที่เป็นไปได้ โดยพิจารณาเป็นการเฉพาะแต่ละเส้นทาง ซึ่งเส้นทางที่เพิ่มขึ้นจะประกอบด้วย 2 เส้นทาง คือ (1) เส้นทางจากสถานที่ใดๆ ในระบบไปสถานที่พักสินค้าของระบบ และ (2) เส้นทางจากสถานที่พักสินค้าที่เลือกไปสถานที่ถัดไปในระบบ (ภาพที่ 3.8) หรือเส้นทางจากสถานที่พักสินค้าที่เลือกกลับมาสถานที่เดิมในระบบ (ภาพที่ 3.9)



ภาพที่ 3.8 กรณีที่ 2 (รูปแบบ 1) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางเพื่อไปฝากสินค้า ณ สถานที่พักและเดินทางไปสถานที่ถัดมาของเส้นทางเบื้องต้น



ภาพที่ 3.9 กรณีที่ 2 (รูปแบบ 2) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางเพื่อไปฝากสินค้า ณ สถานที่พักเดินทางกลับมาสถานที่เดิมของเส้นทางเบื้องต้น

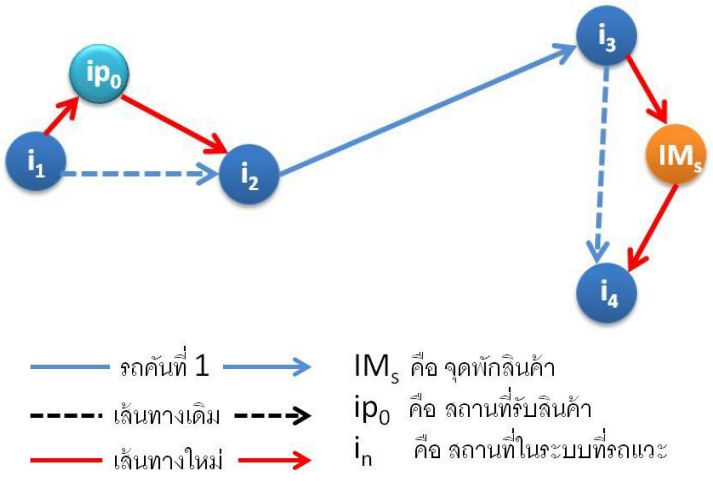
3.2.3 เส้นทางที่เพิ่มขึ้นเพื่อการเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่ง

การเพิ่มเส้นทางกรณีนี้จะเกิดหลังทำการปรับเปลี่ยนเส้นทางจากกระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งแล้วเท่านั้น โดยทำการหาสถานที่รับ สถานที่ส่งและสถานที่ในการถ่ายโอนและพักสินค้าสำหรับรหัสการขนส่งที่ถูกเลือก

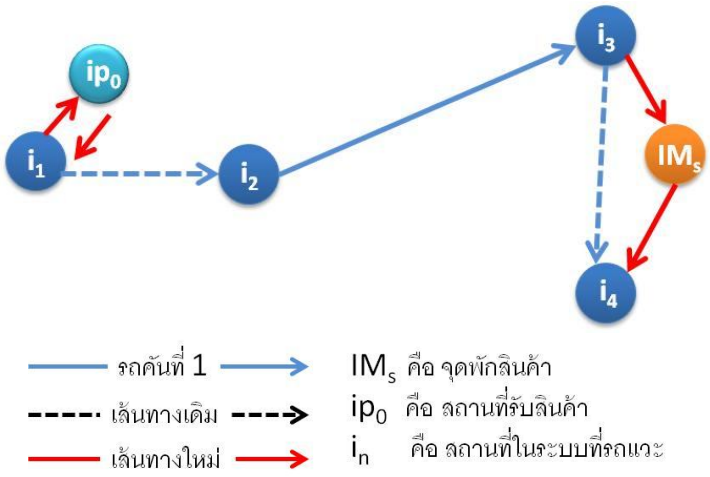
จากยานพาหนะแต่ละคันในระบบเท่านั้นและหาเส้นทางที่สามารถมีการแวะ ณ สถานที่รับหรือสถานที่ส่งของรหัสการขนส่งหรือสถานที่พักสินค้าแล้วทำการพิจารณาหาสถานที่ที่ยังไม่ได้อยู่ในเส้นทาง

เนื่องจากหากไม่มีสถานที่รับหรือสถานที่ส่งอยู่ในเส้นทางการดำเนินการของยานพาหนะจะไม่สามารถทำการถ่ายโอนรหัสการขนส่งได้โดยรูปแบบของการเพิ่มเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งที่เพิ่มเส้นทางเพื่อไปรับสินค้าหรือส่งสินค้าและเพิ่มเส้นทางเพื่อไปฝากหรือรับสินค้า ณ สถานที่พักสินค้าเป็นการเพิ่มเส้นทางจากการที่ไม่มีสถานที่ที่ใช้ในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งอยู่ในเส้นทางเดิมที่กำลังพิจารณาเลยสามารถแบ่งได้ 3 รูปแบบ คือ

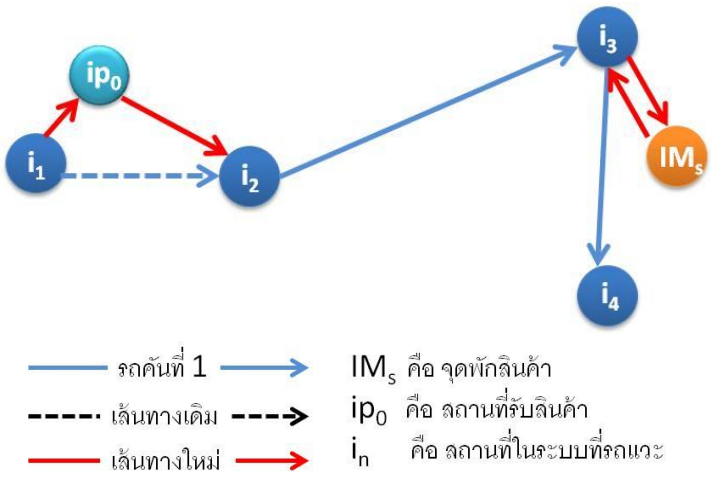
1) การเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ที่ต้องการ (เช่น สถานที่รับ) และเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ถัดมาของเส้นทางเบื้องต้นทั้ง 2 ฝั่ง (ภาพที่ 3.10)
2) การเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ที่ต้องการและเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ถัดมาของเส้นทางเบื้องต้นเพียงฝั่งเดียว (ภาพที่ 3.11)
3) การเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ที่ต้องการและเพิ่มเส้นทางกลับมาสถานที่เดิมของเส้นทางเบื้องต้นทั้ง 2 ฝั่ง (ภาพที่ 3.12)



ภาพที่ 3.10 กรณีที่ 3 (รูปแบบที่ 1) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ที่ต้องการ (เช่น สถานที่รับ) และเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ถัดมาของเส้นทางเบื้องต้นทั้ง 2 ฝั่ง

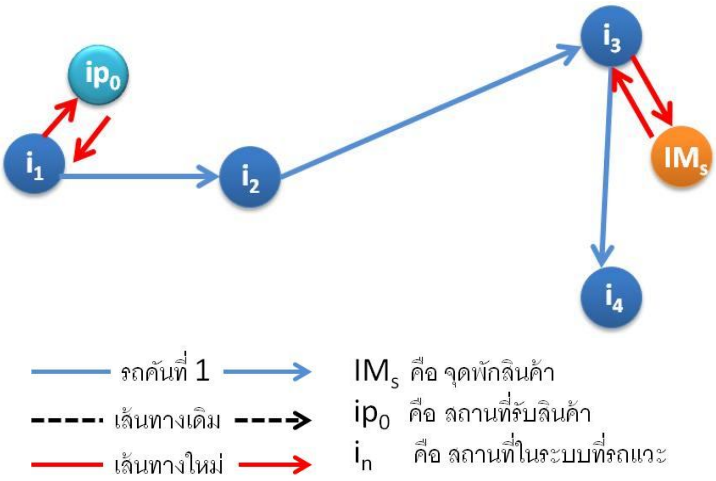


(a) เพิ่มเส้นทางกลับมาสถานที่เดิมของเส้นทางเบื้องต้นทางฝั่งรับรหัสการขนส่งที่ถ่ายโอน



(b) เพิ่มเส้นทางกลับมาสถานที่เดิมของเส้นทางเบื้องต้นทางฝั่งถ่ายโอนรหัสการขนส่งที่ถ่ายโอน

ภาพที่ 3.11 (a)-(b) กรณีที่ 3 (รูปแบบที่ 2) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ที่ต้องการและเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ถัดมาของเส้นทางเบื้องต้นเพียงฝั่งเดียว



ภาพที่ 3.12 กรณีที่ 3 (รูปแบบที่ 3) : การเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งโดยเพิ่มเส้นทางไปสถานที่ที่ต้องการและเพิ่มเส้นทางกลับมาสถานที่เดิมของเส้นทางเบื้องต้นทั้ง 2 ฝั่ง

3.3 หลักการและแนวคิดของกระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

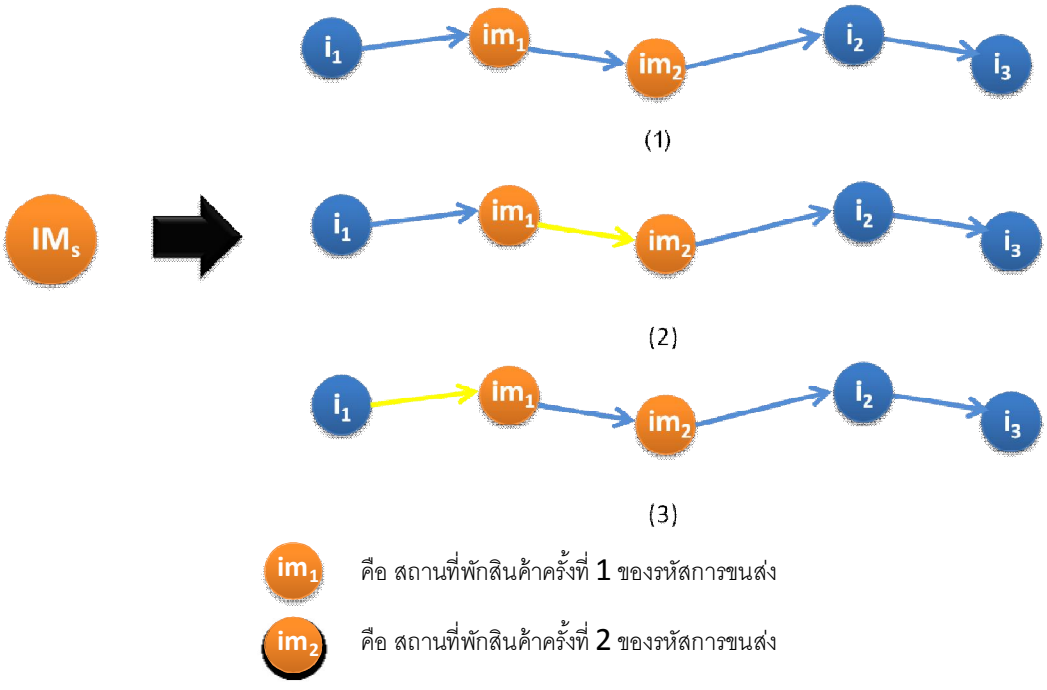
กระบวนการนี้เกิดขึ้นเมื่อได้เส้นทางในการเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่ง โดยนำเส้นทางที่ได้มาพิจารณาในการจับคู่ระหว่างเส้นทางที่เกิดขึ้นเพื่อพิจารณาหาคู่เส้นทางที่ให้ค่าที่สามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับคู่เส้นทางในการเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งคู่อื่น

การหาคู่เส้นทางในการเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งเป็นการจับคู่ของเส้นทางที่ได้รับหลังจากผ่านกระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งทั้ง 3 กรณีโดยรูปแบบของการจับคู่จาก 3 กรณีข้างต้นแสดงในภาคผนวก ก

การหาคู่เส้นทางในการเปลี่ยนถ่ายรหัสการขนส่งทั้ง 16 รูปแบบเป็นการจับคู่กันระหว่างเส้นทางที่มีการแวะไปสถานที่รับสินค้าของรหัสการขนส่งกับเส้นทางที่มีการแวะไปสถานที่ส่งสินค้าของรหัสการขนส่งและให้เส้นทางทั้งสองมีสถานที่พักสินค้าร่วมกันโดยสามารถแบ่งสถานที่พักสินค้าร่วมกันระหว่างเส้นทางทั้งสองออกเป็น 2 รูปแบบคือ

1) สถานที่พักสินค้าร่วม (IM_s) เป็นสถานที่พักสินค้า (ภาพที่ 3.13)
2) สถานที่พักสินค้าร่วม (IM_s) เป็นเส้นทาง (ภาพที่ 3.14)

ภาพที่ 3.13 สถานที่พักสินค้าร่วม (IM_s) เป็นสถานที่พักสินค้า



ภาพที่ 3.14 สถานที่พักสินค้าร่วม (IM_s) เป็นเส้นทาง

สำหรับกรณีที่สถานที่พักสินค้าร่วม (IM_S) เป็นเส้นทางพิจารณาเฉพาะเส้นทางที่มีอยู่ในระบบเท่านั้น (ภาพที่ 3.14(1)) และเพิ่มเส้นทางโดยเป็นการแวะไปเพื่อรับสินค้า ณ สถานที่พักสินค้า (ภาพที่ 3.14(2)) หรือเพิ่มเส้นทางโดยเป็นการแวะไปเพื่อส่งสินค้า ณ สถานที่พักสินค้า (ภาพที่ 3.14(3)) ซึ่งเส้นทางที่เพิ่มเพื่อรับสินค้า ณ สถานที่พักสินค้าและเพิ่มเส้นทางโดยเป็นการแวะไปเพื่อส่งสินค้า ณ สถานที่พักสินค้าจะไม่พิจารณาเนื่องจากการเพิ่มเส้นทางหากมีการเพิ่มขึ้นทั้งสองเส้นจะเหมือนการสร้างเส้นทางใหม่เพื่อใช้สำหรับการถ่ายโอนเพียงอย่างเดียวจึงไม่นำมาพิจารณาในกระบวนการ

3.4 กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน

กระบวนการนี้เป็นการเลือกรหัสการขนส่งหรือความต้องการการขนส่ง จากการนำรหัสการขนส่งที่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้า ทั้ง 3 กระบวนการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น มาทำการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับการปรับปรุงแผนเส้นทางการขนส่งในแต่ละรอบการพิจารณา เมื่อทำการพิจารณาแต่ละรอบเสร็จแล้วจะได้แผนเส้นทางการขนส่งใหม่ที่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งที่ถูกเลือกไว้ และแผนนี้จะถูกนำกลับไปพิจารณาตั้งแต่กระบวนการแรกใหม่ทำซ้ำเช่นนี้จนกว่าจะไม่สามารถทำการถ่ายโอนรหัสการขนส่งใดในระบบได้อีก

3.5 สรุป

กระบวนการปรับปรุงแผนเส้นทางการขนส่งสินค้าประกอบด้วย 4 กระบวนการ คือ กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งกระบวนการพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง และกระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน โดยทำต่อเนื่องกันตามลำดับเพื่อสร้างเส้นทางที่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งได้ รูปแบบเส้นทางที่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งโดยในแต่ละรูปแบบสามารถแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบย่อย จากสถานที่พักสินค้าร่วมที่สามารถเป็นได้ทั้งสถานที่หรือเส้นทาง รายละเอียดการดำเนินงานของระบบอธิบายถัดไปในบทที่ 4

บทที่ 4
การดำเนินงานและรายละเอียดระบบ

หลังจากได้ออกแบบแนวคิดหลักของการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีการเปลี่ยนถ่ายและพักสินค้าได้ ในบทนี้เป็นการนำหลักการดังกล่าวมาออกแบบรายละเอียดของขั้นตอนการประมวลผล ซึ่งการดำเนินงานและรายละเอียดของระบบนั้นประกอบด้วยข้อมูลที่ใช้ในระบบและขั้นตอนประมวลผล ซึ่งในบทนี้กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานอย่างละเอียดของกระบวนการปรับปรุงเส้นทางตั้งแต่การรับเข้าข้อมูลจนถึงการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากระบบประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

1) ข้อมูลนำเข้าระบบ
2) ข้อมูลเส้นทางการขนส่ง
3) กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจของกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง
4) การทดสอบระบบ

4.1 ข้อมูลนำเข้าระบบ

โครงสร้างของข้อมูลนำเข้าระบบของกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้าแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 ข้อมูลความต้องการการขนส่ง

ความต้องการการขนส่ง คือ ความต้องการการรับและส่งสินค้าที่แต่ละหน่วยงานในระบบส่งเข้ามาที่หน่วยความต้องการการขนส่งเพื่อใช้สำหรับการวางแผนการจัดเส้นทาง ซึ่งเกิดจากการรับและส่งสินค้าระหว่างโรงงาน (Plant) ผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) โรงงานในเครือ (Sub-Plant) หน่วยงานผลิตภายนอก (Outsource) ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) ร้านค้าส่ง (Wholesaler) ร้านค้าปลีก (Retailer) และท่าเรือ สนามบิน สถานีรถไฟ (Port) โดยผู้ใช้เป็นผู้กรอกข้อมูลการรับเข้า รายละเอียดของข้อมูลความต้องการการขนส่งแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการการขนส่ง

รหัสการขนส่ง	สถานที่รับ	สถานที่ส่ง	ปริมาตร ($ม^3$)	น้ำหนัก (กก.)	เวลาเร็วสุดที่เริ่มขนส่ง	เวลาสุดท้ายที่ขนส่ง	สถานะการขนส่ง	เวลา load(นาที)	วันที่แจ้ง
1	3	5	6	300	31/10/55	3/11/55	2	30	20/10/55
2	4	5	6	300	30/10/55	4/11/55	1	50	20/10/55
3	1	4	2	100	31/10/55	4/11/55	1	20	19/10/55
4	2	3	10	500	29/10/55	2/11/55	2	40	18/10/55
5	3	1	4	200	28/10/55	1/11/55	1	20	22/10/55

รายละเอียดของข้อมูลประกอบด้วย

- รหัสการขนส่ง
- ชื่อสถานที่รับและชื่อสถานที่ส่งสินค้า (ชื่อสถานที่แทนด้วยรหัส)
- ปริมาณสินค้า ระบุอยู่ใน 2 มิติ คือ มิติของน้ำหนัก และปริมาตร มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และลูกบาศก์เมตร
- ช่วงระยะเวลาที่สามารถรับและส่งสินค้า มีหน่วยเป็นวันและเวลา เช่น สามารถรับสินค้าได้เร็วสุด 31/10/55 และส่งสินค้าได้ไม่เกิน 3/11/55 เป็นต้น

- สถานะการขนส่ง แบ่งเป็น 3 สถานะ คือ “1” หมายถึง อยู่ระหว่างดำเนินการ(สินค้าอยู่บนยานพาหนะ) “2” หมายถึง รอการดำเนินการและ “0” หมายถึงดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว (สำหรับงานวิจัยนี้จะไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถแก้ไขได้)
- วันที่แจ้ง คือ วันที่หน่วยความต้องการการขนส่งได้รับความต้องการการรับและส่งสินค้าจากหน่วยอื่น
- เวลาในการขนสินค้าขึ้นยานพาหนะ (loading) และ เวลาในการนำสินค้าลงจากยานพาหนะ (unloading)

<u>สมมติฐานเรื่องเวลาในการขนสินค้าขึ้นยานพาหนะ (loading) และ เวลาในการนำสินค้าลงจากยานพาหนะ (unloading)</u>

เวลาในการขนสินค้าขึ้นยานพาหนะ (loading) และ เวลาในการนำสินค้าลงจากยานพาหนะ (unloading) จะเท่ากันในรหัสการขนส่งเดียวกัน ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่สามารถกรอกเวลาในการขนสินค้าขึ้นยานพาหนะ (loading) และ เวลาในการนำสินค้าลงจากยานพาหนะ (unloading) ได้ หรือหน่วยความต้องการการรับและส่งสินค้ามีข้อมูลเวลาในการขนสินค้าขึ้นยานพาหนะ (loading) และ เวลาในการนำสินค้าลงจากยานพาหนะ (unloading) ไม่ครบ ระบบจะคำนวณเวลาดังนี้

หาเวลาที่มากที่สุดระหว่างเวลาที่ใช้ในการ load/unload ด้านปริมาตรและน้ำหนัก อธิบายได้ตามสมการ

$$vt_s = \mathrm{Max}(vlt_s, wlt_s) \qquad \text{สมการที่ 4.1}$$

$$s \in S$$

vt_s คือ เวลาที่ใช้ในการ load/unload ของรหัสการขนส่ง s (หน่วย : นาที)

vlt_s คือ เวลาที่ใช้ในการ load/unload ด้านปริมาตรรหัสการขนส่ง s (หน่วย : นาที)

wlt_s คือ เวลาที่ใช้ในการ load/unload ด้านน้ำหนักรหัสการขนส่ง s (หน่วย : นาที)

$$vlt_s = lt \times VL_{ni,sv} \qquad \text{สมการที่ 4.2}$$

$$\forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall s \in S, \forall v \in V$$

$$wlt_s = lt \times WL_{ni,sv} \quad \text{สมการที่ 4.3}$$

$$\forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall s \in S, \forall v \in V$$

$WL_{ni,sv}$ คือ น้ำหนักที่รับขึ้นของรหัสการขนส่ง s ที่สถานที่รับ i โดยยานพาหนะ v ณ เหตุการณ์ที่ n

$VL_{ni,sv}$ คือ ปริมาณที่รับขึ้นของรหัสการขนส่ง s ที่สถานที่รับ i โดยยานพาหนะ v ณ เหตุการณ์ที่ n

lt คือ เวลาที่ใช้ในการ load/unload ของสินค้าต่อหนึ่งหน่วย (หน่วย : นาที)

4.1.2 ข้อมูลระยะเวลาของแผนการขนส่งสินค้าและการทำงานต่อรอบ

ระยะเวลาของแผนการขนส่งสินค้า คือ ช่วงระยะเวลาในการวางแผนการขนส่งสินค้าล่วงหน้า มีหน่วยเป็นวัน เช่น วันนี้เป็นวันที่ 1/10/2012 และ ระยะเวลาของแผนการขนส่งสินค้า คือ 10 วัน แปลว่าระบบจะวางแผนการขนส่งตั้งแต่ 1/10/2012 ถึง 10/10/2012 และถ้าวันนี้เป็นวันที่ 2/10/2012 ระบบจะวางแผนการขนส่งสินค้าตั้งแต่ 2/10/2012 ถึง 11/10/2012 เป็นต้น ข้อมูลนี้ได้รับมาจากผู้ใช้ ซึ่งกรอกเพียงครั้งเดียวเมื่อมีการใช้ระบบครั้งแรก เป็นค่าเริ่มต้นและถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการจัดตารางการขนส่งสินค้า

ระยะเวลาการทำงานต่อรอบ คือ ช่วงระยะเวลาการทำงานของยานพาหนะขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการปรับเปลี่ยนแผนการจนถึงเวลาสุดท้ายที่กำหนดต่อหนึ่งรอบ ระยะเวลานี้เริ่มนับตั้งแต่เวลาสุดท้ายที่กำหนดของรอบที่แล้วถึงเวลาที่แวะสถานที่สุดท้ายหลังบวกรอบเวลาที่กำหนด มีหน่วยเป็นชั่วโมงข้อมูลนี้ได้รับมาจากผู้ใช้ ซึ่งกรอกเพียงครั้งเดียวเมื่อมีการใช้ระบบครั้งแรก เป็นค่าเริ่มต้นและถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการจัดตารางการขนส่งสินค้า ซึ่งเป็นข้อจำกัดด้านเวลาของระบบที่ไม่อนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงแผนเส้นทางการขนส่ง

4.1.3 ข้อมูลยานพาหนะ

<u>ข้อมูลยานพาหนะของแต่ละรอบการทำงาน</u>

ข้อมูลของยานพาหนะในระบบ ณ ช่วงระยะเวลาการทำงานต่อรอบรายละเอียดของตัวอย่างข้อมูลความต้องการการขนส่งแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างข้อมูลยานพาหนะในแต่ละรอบการทำงาน

รหัสยานพาหนะ	สถานะ	ความจุยานพาหนะ (กก.)	ความจุยานพาหนะ ($ม^3$)	วัน-เวลาพร้อมใช้งาน	สถานที่พร้อมใช้งาน	อัตราการใช้น้ำมัน	ประเภทยานพาหนะ
1	1	1,500	6	31/10/12	5	30	1
2	1	15,000	21	31/10/12	5	50	2
3	1	1,500	6	31/10/12	4	25	1
4	1	15,000	21	31/10/12	6	60	2

ข้อมูลยานพาหนะในแต่ละรอบ มีรายละเอียดดังนี้

- รหัสยานพาหนะ (เลขทะเบียนของยานพาหนะแทนด้วยรหัส)
- สถานะของยานพาหนะแบ่งเป็น 2 สถานะ คือ “1” หมายถึง ใช้งาน และ “0” หมายถึง เลิกใช้งาน
- ความจุยานพาหนะ ซึ่งระบุอยู่ใน 2 มิติ คือ มิติของน้ำหนัก และปริมาตร มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และลูกบาศก์เมตรตามลำดับ
- สถานที่เริ่มต้นของยานพาหนะพร้อมใช้งานที่สามารถเปลี่ยนแปลงเส้นทางได้
- เวลาพร้อมใช้งานที่สามารถเปลี่ยนแปลงเส้นทางได้ ซึ่งประกอบด้วย วัน เดือน ปี และเวลา

- ประเภทยานพาหนะ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งยานพาหนะคือความจุยานพาหนะ (ชื่อประเภทยานพาหนะแทนด้วยรหัส)
- ต้นทุนแปรผัน (Variable cost) เกิดจากค่าน้ำมัน ที่แปรผันตามระยะทางการขนส่ง
- จำนวนยานพาหนะที่มีอยู่และสามารถใช้งานได้

<u>สมมติฐานเรื่องยานพาหนะ</u>

- ความจุยานพาหนะ ซึ่งระบุอยู่ใน 2 มิติ คือ มิติของน้ำหนัก และปริมาตร มีหน่วยเป็นกิโลกรัมและลูกบาศก์เมตรตามลำดับ
- ต้นทุนแปรผัน (Variable cost) เกิดจากค่าน้ำมัน ซึ่งแปรผันตามระยะทางการขนส่ง
- ยานพาหนะที่มีในแต่ละรอบสามารถใช้งานได้ตามแผนที่วางไว้

<u>แผนการซ่อมบำรุง</u>

ข้อมูลนี้ได้ถูกดึงมาจากหน่วยซ่อมบำรุงยานพาหนะ โดยแผนการซ่อมบำรุงของยานพาหนะแต่ละคันจะทราบล่วงหน้าทุกรอบการจัดตาราง รายละเอียดของข้อมูลดังนี้

- เลขทะเบียนยานพาหนะ
- รหัสประเภทยานพาหนะ
- วันและเวลาที่เริ่มซ่อม
- วันและเวลาที่ซ่อมเสร็จ

<u>สมมติฐานเรื่องยานพาหนะที่ถูกซ่อม</u>

การซ่อมยานพาหนะมีหน่วยเป็นชั่วโมง กล่าวคือ เมื่อยานพาหนะถูกนำไปซ่อม ยานพาหนะจะไม่สามารถดำเนินการขนส่งได้ภายใต้ระยะเวลาที่ซ่อมอยู่รายละเอียดของตัวอย่างข้อมูลแผนการซ่อมบำรุงแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างของข้อมูลแผนการซ่อมบำรุง

รหัสแผนการซ่อมบำรุง	รหัสยานพาหนะ	ทะเบียนยานพาหนะ	รหัสประเภทยานพาหนะ	วันที่เริ่มซ่อม	วันที่ซ่อมเสร็จ
1	1	65-1234	1	6/6/2012	8/6/2012
2	2	วฮ-3456	2	7/6/2012	10/6/2012

4.1.4 ข้อมูลระยะระหว่างสถานที่

ข้อมูลระยะระหว่างสถานที่เป็นข้อมูลได้รับมาจากหน่วยติดตามยานพาหนะ ซึ่งเป็นระยะทางจริงที่เกิดจากการเก็บข้อมูลของระบบติดตามยานพาหนะ โดยที่ระยะทางจาก A ไป B ไม่จำเป็นต้องเท่ากับ B ไป A เสมอนอกจากนี้อาจให้ผู้ใช้งานเป็นผู้กรอกข้อมูลโดยรายละเอียดของข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างระยะทางเฉลี่ยการขนส่งระหว่างสถานที่เพื่อใช้ประมวลผลในระบบ

ระยะทางจาก/ไป (กิโลเมตร)	1	2	3	4	5
1	-	424	424	424	424
2	424	-	600	849	600
3	424	600	-	600	321
4	424	849	600	-	600
5	424	600	849	600	-

ข้อมูลระยะเวลาระหว่างสถานที่ได้รับมาจากหน่วยติดตามยานพาหนะ ซึ่งเป็นระยะเวลาจริงที่เกิดจากการเก็บข้อมูลของระบบติดตามยานพาหนะ โดยที่ระยะเวลาจาก A ไป B ไม่จำเป็นต้องเท่ากับ B ไป A เสมอกรณีหากไม่มีข้อมูลระยะเวลาการเดินทางระหว่างสถานที่สามารถคำนวณจากระยะทางและความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะได้

ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างระยะเวลาเฉลี่ยการขนส่งระหว่างสถานที่เพื่อใช้ประมวลผลในระบบ

ระยะเวลาจาก/ไป (ชั่วโมง)	1	2	3	4	5
1	-	7	7	7	7
2	7	-	10	14	10
3	7	10	-	7	14
4	7	14	7	-	7
5	7	10	14	7	-

ข้อมูลนี้อาจมีการปรับเปลี่ยนได้ เพื่อให้เกิดความแม่นยำและสมจริงมากขึ้น และส่งข้อมูลให้หน่วยจัดตารางสินค้านำไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการจัดตารางการขนส่งสินค้า

4.2 เส้นทางการขนส่งสินค้า

ข้อมูลนำเข้าเพื่อการตัดสินใจการวางแผนเส้นทางการขนส่งประกอบด้วย ข้อมูลระยะเวลาของแผนการขนส่งสินค้า ระยะเวลาการทำงานต่อรอบ ข้อมูลความต้องการการขนส่ง ข้อมูลยานพาหนะ ข้อมูลเส้นทางการขนส่ง ข้อมูลระยะเวลาระหว่างสถานที่ และข้อมูลการซ่อมบำรุงของยานพาหนะแต่ละรอบโดยรายละเอียดของข้อมูลเส้นทางการขนส่งมีดังนี้

- รหัสเส้นทาง
- รหัสยานพาหนะ
- เลขทะเบียนยานพาหนะ
- วัน-เวลาเริ่มทำงาน (ช่วงเวลา)
- วัน-เวลาสิ้นสุดการทำงาน (ช่วงเวลา)
- รายละเอียดงานในแต่ละช่วงเวลาแบ่งเป็น 3 สถานะ คือ “1” หมายถึง รับสินค้าขึ้น “0” หมายถึง นำสินค้าลง และ “3” หมายถึง การเดินทางระหว่างสถานที่
- สถานที่ที่ยานพาหนะดำเนินการอยู่

- สถานที่สิ้นสุด (เฉพาะการเดินทางระหว่างสถานที่)
- รหัสการขนส่ง
- ความจุสินค้าที่รับและส่ง (มี 2 มิติ คือ ปริมาตรและน้ำหนัก)
- ระยะทางสะสม
- ต้นทุนการขนส่ง

ลักษณะและรายละเอียดของเส้นทางการขนส่งสินค้า แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างของเส้นทางการขนส่งสินค้า

รหัสเส้นทาง	รหัสยานพาหนะ	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด	รายละเอียด	สถานที่	สถานที่สิ้นสุด	รหัสการขนส่ง	น้ำหนักสินค้า (กก.)	ปริมาตรสินค้า ($ม^3$)	ระยะทางสะสม
1	2	31/10/2012		1	2		4	500	10	
2	2	31/10/2012	31/10/2012 10:00	3	2	3				600
2	2	31/10/2012 10:00		0	3		4	500	10	
3	3	31/10/2012		1	3		5	200	4	
3	3	31/10/2012		1	3		1	300	6	
4	3	31/10/2012	31/10/2012 10:00	3	3	4				1200

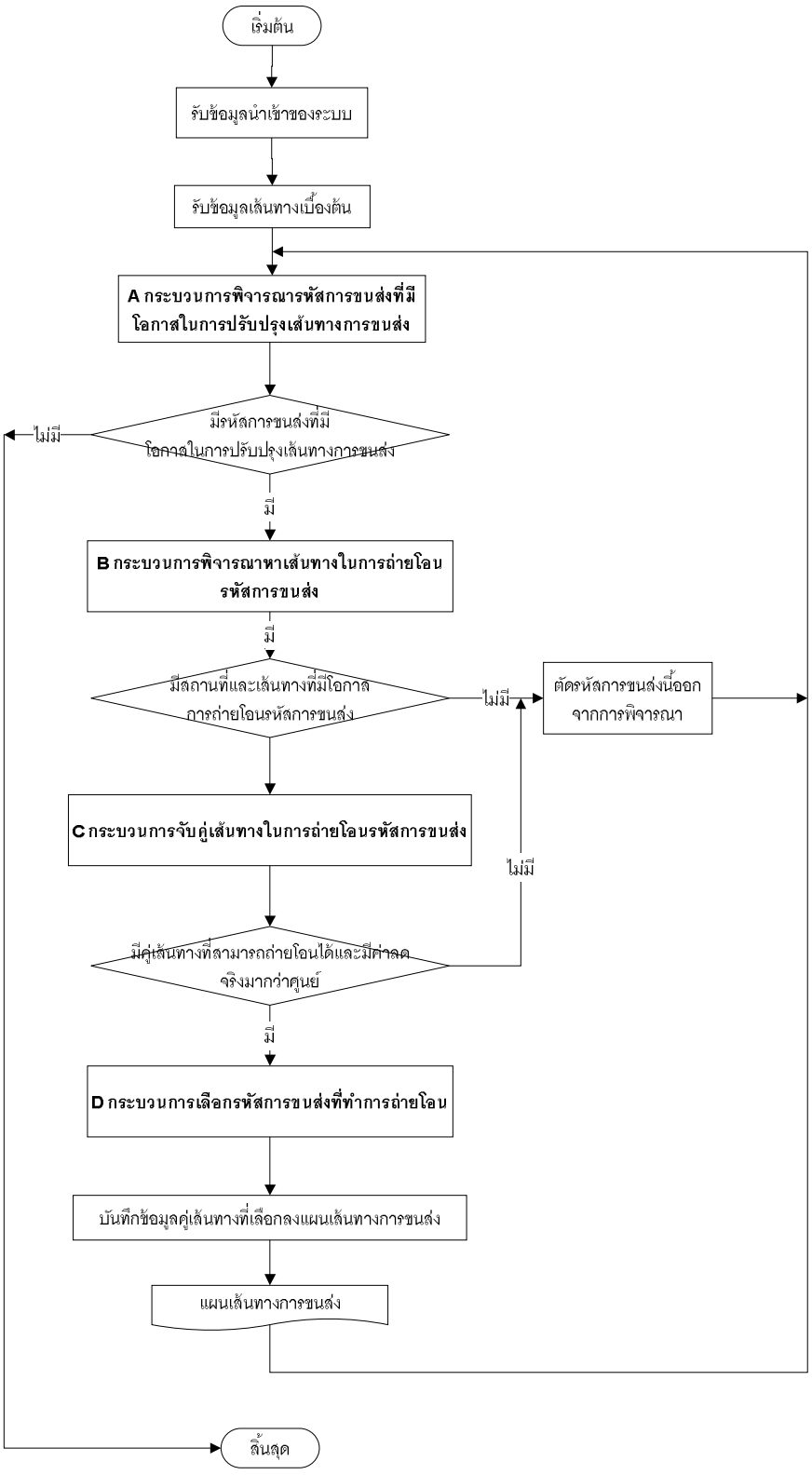
4.3 กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจของกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง

กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจของกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งเป็นกระบวนการที่ทำการพิจารณารหัสการขนส่งทีละรหัสการขนเพื่อหาเส้นทางในการถ่ายโอนสินค้าโดยใช้สถานที่พักสินค้าในระบบเป็นสถานที่เปลี่ยนถ่ายสินค้าของรหัสการขนส่งที่เลือก ซึ่งการพิจารณาหาเส้นทางที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางนั้นสามารถเริ่มได้จากเส้นทางที่มีการวางแผนเส้นทางเอาไว้แล้วเท่านั้นไม่สามารถสร้างเส้นทางเพื่อดำเนินการขนส่งรหัสการขนส่งที่ยังไม่อยู่ในเส้นทางของระบบได้

กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจของการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งที่พิจารณาผ่าน 4 กระบวนการ คือ

1) กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มี โอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง
2) กระบวนการพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง
3) กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง
4) กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน

ขั้นตอนและลำดับของการส่งผ่านข้อมูลแต่ละกระบวนการแสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 กระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง

กระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งจะทำการพิจารณาตามขั้นตอนในแต่ละกระบวนการดังภาพที่ 4.1 โดย A. คือ กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มี โอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง B. คือ กระบวนการพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง C. คือกระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งและ D. คือ กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอนอธิบายรายละเอียดที่หัวข้อ 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, และ 4.3.4 ตามลำดับ การตัดสินใจของกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งถูกอธิบายบางส่วนในรูปแบบของสมการวัตถุประสงค์และสมการเงื่อนไขต่างๆ โดยขั้นตอนของกระบวนการทั้งหมดคำนึงถึงเงื่อนไขของระบบดังนี้

ตารางที่ 4.7 เซตและความหมาย

เซต (Sets)	ความหมาย
I	สถานที่ในระบบ (โรงงาน, คลังสินค้า , ศูนย์กระจายสินค้า, ลูกค้า)
N	เหตุการณ์
S	รหัสการขนส่ง
V	ยานพาหนะที่สามารถใช้งานได้ของระบบ
I_v	สถานที่ของรหัสยานพาหนะขนส่งคันที่ v จะแวะ
IM	สถานที่พักสินค้าใด ๆ ของระบบ ($IM \subset I$)
ID	สถานที่ส่งสินค้าใด ๆ ของระบบ ($ID \subset I$)
IP	สถานที่รับสินค้าใด ๆ ของระบบ ($IP \subset I$)
N_i	เซตของเหตุการณ์ที่เกิด ณ สถานที่ i
V_i	เซตของยานพาหนะที่แวะสถานที่ i
IM_s	เซตของสถานที่พักสินค้าของรหัสการขนส่ง s
ID_s	เซตของสถานที่ส่งสินค้าของรหัสการขนส่ง s
IP_s	เซตของสถานที่รับสินค้าของรหัสการขนส่ง s

ตารางที่ 4.8 พารามิเตอร์และความหมาย

พารามิเตอร์ (Parameters)	ความหมาย
d_{ij}	ระยะทางจากสถานที่ i ไปสถานที่ j (หน่วย:กิโลเมตร)
c_v	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของรหัสยานพาหนะขนส่งคันที่ v (หน่วย:บาทต่อกิโลเมตร)
w_i	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นการพักสินค้า ณ สถานที่ i (หน่วย:บาทต่อลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)
o_i	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นการดำเนินการ ณ สถานที่ i (หน่วย:บาทต่อครั้ง)
t_{ij}	ระยะเวลาที่ใช้เดินทางจากสถานที่ i ไปสถานที่ j (หน่วย:ชั่วโมง)
vt_s	เวลาที่ใช้ในการขนสินค้าขึ้น-ลงยานพาหนะ (load/unload) ของรหัสการขนส่ง s
qw_v	น้ำหนักสูงสุดที่สามารถบรรทุกได้ของรหัสยานพาหนะขนส่งคันที่ v
qv_v	ปริมาตรสูงสุดที่สามารถบรรทุกได้ของรหัสยานพาหนะขนส่งคันที่ v
a_s	เวลาเร็วสุดที่สามารถรับรหัสการขนส่ง s
b_s	เวลาช้าสุดที่สามารถส่งรหัสการขนส่ง s
uw_s	หน่วย-น้ำหนักของรหัสการขนส่ง s
uv_s	หน่วย-ปริมาณของรหัสการขนส่ง s
TWT_s	เวลาที่อนุญาตให้สินค้าพักได้สูงสุดของรหัสการขนส่ง s (หน่วย:ชั่วโมง)
WT_i	เวลาที่อนุญาตให้สินค้าสามารถพักได้สูงสุด ณ สถานที่ i (หน่วย:ชั่วโมง)

ตารางที่ 4.9 ตัวแปรและความหมาย

ตัวแปร (Variable)	ความหมาย
CV_v	ค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งที่เกิดขึ้นของรหัสยานพาหนะขนส่ง v
CW_i	ค่าใช้จ่ายรวมในการรอพักของสินค้าระหว่างทำการขนส่ง ณ สถานที่ i
$AWL_{ni,sv}$	น้ำหนักทั้งหมดของรหัสการขนส่ง s ที่รับขึ้นบนยานพาหนะ v จากสถานที่เริ่มถึงสถานที่หยุด (i) ณ เหตุการณ์ที่ n

ตัวแปร (Variable)	ความหมาย
$AWU_{ni,sv}$	น้ำหนักทั้งหมดของรหัสการขนส่ง s ที่ส่งจากยานพาหนะ v จากสถานที่เริ่มถึงสถานที่หยุด (i) ณ เหตุการณ์ที่ n
$AVL_{ni,sv}$	ปริมาณทั้งหมดของรหัสการขนส่ง s ที่รับขึ้นบนยานพาหนะ v จากสถานที่เริ่มถึงสถานที่หยุด (i) ณ เหตุการณ์ที่ n
$AVU_{ni,sv}$	ปริมาณทั้งหมดของรหัสการขนส่ง s ที่ส่งจากยานพาหนะ v จากสถานที่เริ่มถึงสถานที่หยุด (i) ณ เหตุการณ์ที่ n
$WL_{ni,sv}$	น้ำหนักที่รับขึ้นของรหัสการขนส่ง s ที่สถานที่รับ i โดยยานพาหนะ v ณ เหตุการณ์ที่ n
$WU_{ni,sv}$	น้ำหนักที่ส่งลงของรหัสการขนส่ง s ที่สถานที่ส่ง i โดยยานพาหนะ v ณ เหตุการณ์ที่ n
$VL_{ni,sv}$	ปริมาณที่รับขึ้นของรหัสการขนส่ง s ที่สถานที่รับ i โดยยานพาหนะ v ณ เหตุการณ์ที่ n
$VU_{ni,sv}$	ปริมาณที่ส่งลงของรหัสการขนส่ง s ที่สถานที่ส่ง i โดยยานพาหนะ v ณ เหตุการณ์ที่ n
$saving1_{max}$	ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดจากกรณีที่ 1
$saving2_{max}$	ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดจากกรณีที่ 2
$saving1_{i}$	ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดโดยการไม่แวะไปสถานที่ i
$saving2_{ni,vv'}$	ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดจากการสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะ v และยานพาหนะ v' ที่สถานที่ iณ เหตุการณ์ที่ n
$saving_{ni,n'i'}$	ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้จริงเมื่อทำการจับคู่เส้นทางแล้วของเหตุการณ์ที่ n ณ สถานที่ i และเหตุการณ์ที่ n' ณสถานที่ i'
$saving^{s}$	ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้จริงของรหัสการขนส่ง s
$saving^{s}_{max}$	ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดหากไม่มีการเดินทางเพื่อรับรหัสการขนส่ง s
$saving_{max}$	ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดที่พิจารณาสำหรับรอบนี้
saving	ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้จริงสำหรับรอบการพิจารณานี้
$wating_{i,s}$	เวลาที่ใช้ในการรอ ณ สถานที่พักสินค้า i เพื่อรับรหัสการขนส่งที่ถูกถ่ายโอนจากคู่

ตัวแปร (Variable)	ความหมาย
	เส้นทางของรหัสการขนส่ง s
tw_i	เวลาช้าสุดที่สิ้นสุดการทำงานได้ ณ สถานที่ i
ST_{sv}^{i}	เวลาเริ่มต้นทำงาน ณ สถานที่ i ของยานพาหนะคัน v เพื่อทำกิจกรรมของรหัสการขนส่งs
ET_{sv}^{i}	เวลาสิ้นสุดการทำงาน ณ สถานที่ i ของยานพาหนะคัน v เพื่อทำกิจกรรมของรหัสการขนส่งs
$od_{ni,sv}$	ระยะทางที่เพิ่มจากการแวะไปสถานที่ i โดยยานพาหนะ v เพื่อทำกิจกรรมของรหัสการขนส่งรณ เหตุการณ์ที่ n
$oc_{ni,sv}$	ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มจากการแวะไปสถานที่ i โดยยานพาหนะ vเพื่อทำกิจกรรมของรหัสการขนส่งรณ เหตุการณ์ที่ n
OC_s	ค่าใช้จ่ายสุทธิที่เพิ่มของคู่เส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนของรหัสการขนส่ง s
$dv_{n,v}^{i}$	ระยะทางทั้งหมดที่เกิดจากการดำเนินการโดยยานพาหนะ v ตั้งแต่สถานที่ i จนสิ้นสุดเส้นทางณ เหตุการณ์ที่ n
$cv_{ni,v}$	ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดจากการดำเนินการโดยยานพาหนะ v ตั้งแต่สถานที่ i จนสิ้นสุดเส้นทางณ เหตุการณ์ที่ n

- สมการวัตถุประสงค์ (Objective function)

สมการวัตถุประสงค์เป็นผลรวมของค่าใช้จ่ายจากการเดินทางของยานพาหนะกับค่าใช้จ่ายในการพักสินค้าอธิบายได้ตามสมการ

$$\text{Min}\left(\sum_{v\in V} CV_v + \sum_{i\in IM} CW_i\right) \qquad \text{สมการที่ 4.4}$$

โดยที่

$$CW_i = \sum_{s\in S}((\text{wating}_{i,s} \times w_i) + o_i) \qquad \text{สมการที่ 4.5}$$

$$\forall i \in IM_s$$

และ

$$CV_v = \left(\sum_{i \cup j \in I_v} d_{ij} \times c_v \right) + \sum_{i \in I_v \cap IP} o_i + \sum_{j \in I_v \cap ID} o_j \quad \text{สมการที่ 4.6}$$
$$\forall v \in V$$

- สมการเงื่อนไขด้านความจุของยานพาหนะ (Vehicle capacity constraints)

ผลรวมของน้ำหนักบนยานพาหนะ v ไม่เกินค่าความจุด้านน้ำหนักสูงสุดที่ยานพาหนะรับได้อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s \in S} uw_s \ \left(AWL_{ni,sv} - \ AWU_{ni,sv} \right) \leq \ qw_v \quad \text{สมการที่ 4.7}$$
$$\forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall v \in V$$

ผลรวมของปริมาตรบนยานพาหนะ v ไม่เกินค่าความจุด้านปริมาตรสูงสุดที่ยานพาหนะรับได้อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s \in S} uv_s \ \left(AVL_{ni,sv} - \ AVU_{ni,sv} \right) \leq \ qv_v \quad \text{สมการที่ 4.8}$$
$$\forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall v \in V$$

ผลต่างของน้ำหนักที่รับขึ้นบนยานพาหนะ v กับน้ำหนักที่ส่งลงของยานพาหนะจะมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ อธิบายได้ตามสมการ

$$AWL_{ni,sv} - \ AWU_{ni,sv} \geq \ 0 \quad \text{สมการที่ 4.9}$$
$$\forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall s \in S, \forall v \in V$$

ผลต่างของปริมาตรที่รับขึ้นบนยานพาหนะ v กับปริมาตรที่ส่งลงของยานพาหนะจะมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์อธิบายได้ตามสมการ

$$AVL_{ni,sv} - \ AVU_{ni,sv} \geq \ 0 \quad \text{สมการที่ 4.10}$$
$$\forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall s \in S, \forall v \in V$$

- สมการเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ของยานพาหนะ (Vehicle-related constraints)

น้ำหนักที่รับขึ้นบนยานพาหนะมีค่าเท่ากับน้ำหนักที่ส่งออกจากยานพาหนะอธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{i\in(IP\cup IM)}\sum_{n\in N_i} WL_{ni,sv} = \sum_{i\in(ID\cup IM)}\sum_{n\in N_i} WU_{ni,sv} \qquad \text{สมการที่ 4.11}$$
$$\forall s \in S, \forall v \in V$$

ปริมาตรที่รับขึ้นบนยานพาหนะมีค่าเท่ากับปริมาตรที่ส่งออกจากยานพาหนะอธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{i\in(IP\cup IM)}\sum_{n\in N_i} VL_{ni,sv} = \sum_{i\in(ID\cup IM)}\sum_{n\in N_i} VU_{ni,sv} \qquad \text{สมการที่ 4.12}$$
$$\forall s \in S, \forall v \in V$$

- สมการเงื่อนไขด้านเวลา (Time constraints)

รหัสการขนส่งสามารถรับได้ตั้งแต่เวลาเร็วสุดที่สามารถรับรหัสการขนส่งนั้นอธิบายได้ตามสมการ

$$a_s \geq ST_{sv}^i \qquad \text{สมการที่ 4.13}$$
$$\forall i \in I_v, \forall s \in S, \forall v \in V$$

รหัสการขนส่งสามารถส่งได้ช้าสุดไม่เกินเวลาช้าสุดที่สามารถส่งรหัสการขนส่งอธิบายได้ตามสมการ

$$b_s \leq ET_{sv}^i \qquad \text{สมการที่ 4.14}$$
$$\forall i \in I_v, \forall s \in S, \forall v \in V$$

รหัสการขนส่งสามารถดำเนินการได้ช้าสุดไม่เกินเวลาช้าสุดที่สิ้นสุดการทำงานได้ ณ สถานที่ i อธิบายได้ตามสมการ

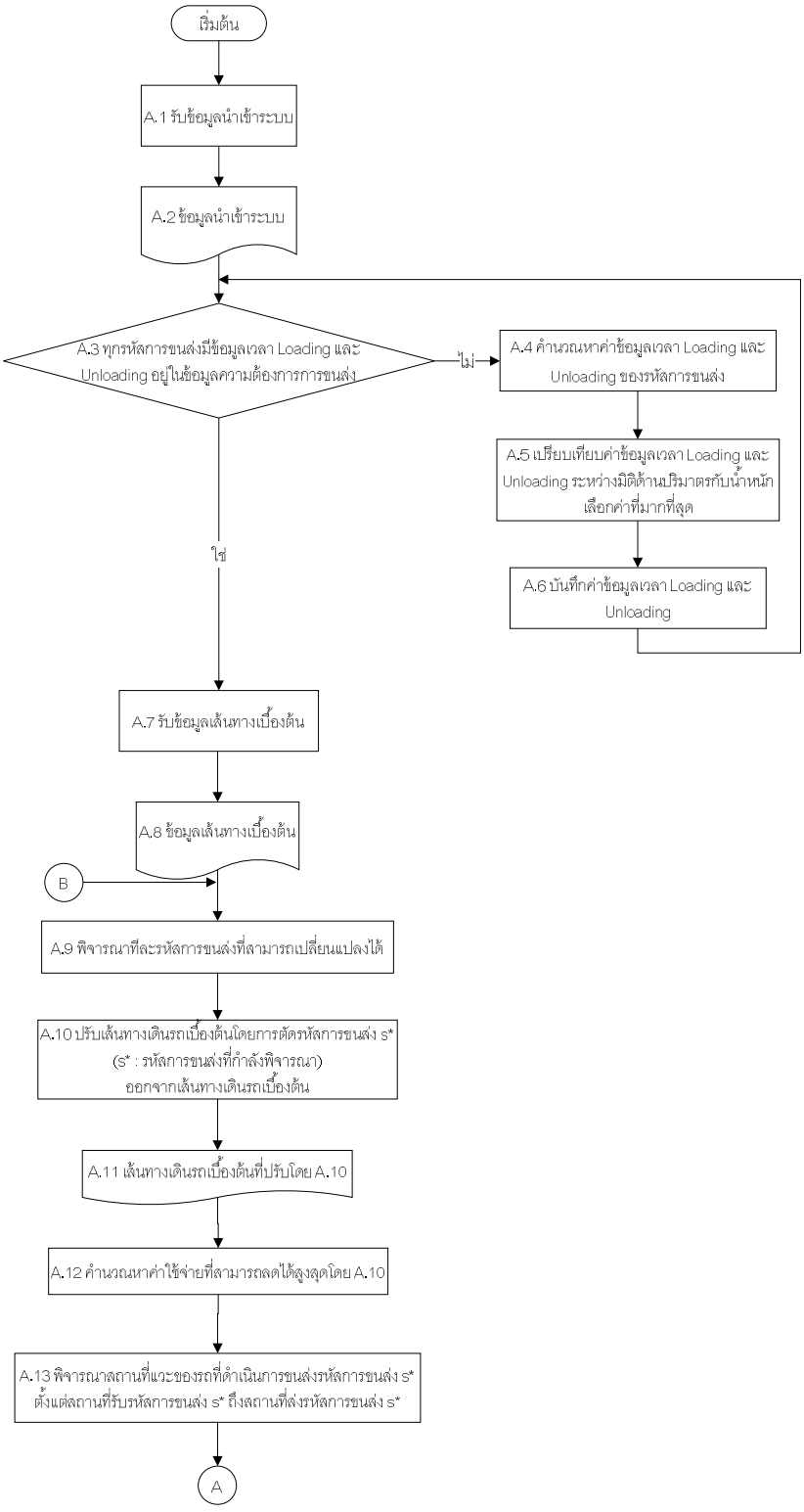
$$ET_{sv}^{i} \leq tw_{i} \quad \text{สมการที่ 4.15}$$
$$\forall i \in I_{v}, \forall s \in S, \forall v \in V$$

เวลาสิ้นสุดการทำงานของรหัสการขนส่งเป็นเวลาที่ได้จากเวลาเริ่มต้นการทำงานบวกกับเวลาในการ load/unload ของรหัสการขนส่งอธิบายได้ตามสมการ

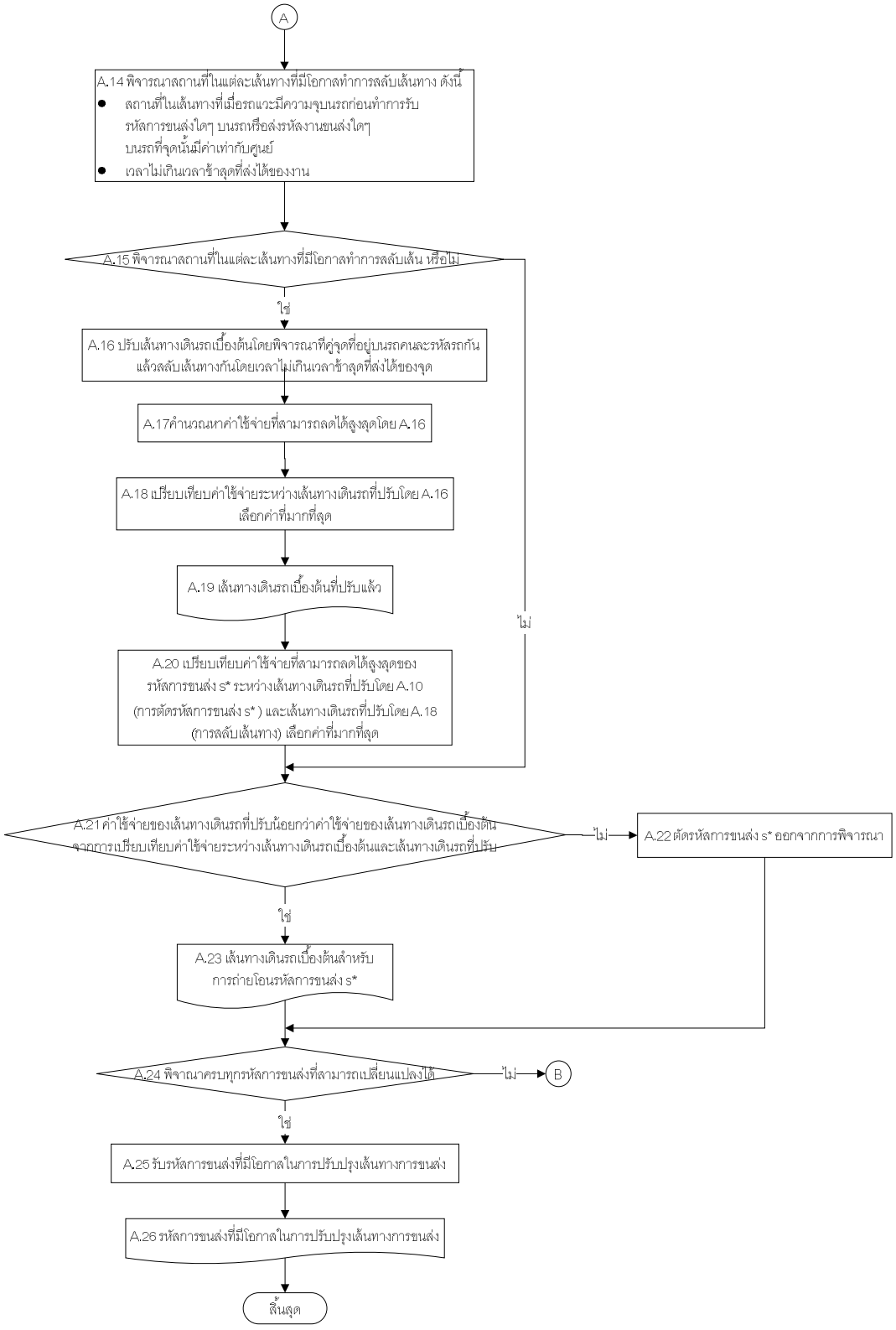
$$ST_{sv}^{i} + vt_{s} = ET_{sv}^{i} \quad \text{สมการที่ 4.16}$$
$$\forall i \in I_{v}, \forall s \in S, \forall v \in V$$

4.3.1 กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง

ในส่วนนี้อธิบายสมมติฐานและขั้นตอนในกระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งอย่างละเอียดแสดงดังภาพที่ 4.2-4.3



ภาพที่ 4.2 กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง



ภาพที่ 4.3 กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง (ต่อ)

กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

4.3.1.1 การรับข้อมูล (ภาพที่ 4.1: A.1-A.8)

ข้อมูลที่ใช้สำหรับกระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งประกอบด้วยข้อมูลนำเข้าของระบบและข้อมูลเส้นทางเบื้องต้น โดยรายละเอียดของข้อมูลนำเข้าของระบบและข้อมูลเส้นทางเบื้องต้น (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อ 4.1 - 4.2)

4.3.1.2 การหาโอกาสในการถ่ายโอนของรหัสการขนส่งจากการไม่แวะสถานที่ (ภาพที่ 4.1: A.9-A.12)

ในขั้นตอนนี้เป็นการหาโอกาสในการถ่ายโอนจากการไม่แวะสถานที่ซึ่งจะพิจารณาทีละรหัสการขนส่งเพื่อหาค่าใช้จ่ายที่สามารถลดลงได้สูงสุดหากไม่มีการเดินทางไปรับและส่งรหัสการขนส่งนั้นๆ โดยแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะเส้นทาง คือ

1) เส้นทางใหม่ไปสถานที่รับหรือสถานที่ส่ง (สถานที่ใดสถานที่หนึ่ง)
2) เส้นทางใหม่ไม่ไปทั้งสถานที่รับและสถานที่ส่ง
3) เส้นทางใหม่ไปทั้งสถานที่รับและสถานที่ส่ง

โดยการหาค่าใช้จ่ายที่สามารถลดลงของแต่ละรหัสการขนส่งจะพิจารณาจากระยะทางที่ลดได้จากการไม่แวะสถานที่ (สถานที่แวะเป็นสถานที่รับสินค้าหรือสถานที่ส่งสินค้าของรหัสการขนส่ง: ลักษณะเส้นทางที่ 1 และ 2) ในเส้นทางที่ดำเนินการขนส่งรหัสการขนส่ง s* (s* หมายถึง รหัสการขนส่งที่กำลังพิจารณา) และเส้นทางนั้นต้องไม่มีการรับสินค้าหรือส่งสินค้าอื่นนอกจากรหัสการขนส่ง s* จากนั้นจึงหาค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดซึ่งเกิดจากลักษณะเส้นทางที่ 1 หรือลักษณะเส้นทางที่ 2 สามารถคำนวณได้ดังสมการ (ภาพที่ 4.1: A.12)

- ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดจากการไม่แวะสถานที่เมื่อตัดรหัสการขนส่ง s* ออก (ดึงรหัสการขนส่ง s* ออกจากระบบ) อธิบายได้ตามสมการ

$$\text{saving1}_{\max} = \text{saving1}_{\text{ip}_s} + \text{saving1}_{\text{id}_s} \qquad \text{สมการที่ 4.17}$$

- ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดจากการไม่แวะสถานที่รับของรหัสการขนส่ง s* พิจารณาได้ตามสมการดังนี้

  - ไม่มีน้ำหนักที่รับขึ้นของรหัสการขนส่งใด ณ สถานที่รับสินค้าของรหัสการขนส่ง s* อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s \in S} \sum_{n \in N_i} \text{WL}_{n(\text{ip}_s),sv} = 0 \qquad \text{สมการที่ 4.18}$$
$$\forall \text{ip}_s \in \text{IP}_s, \forall v \in V$$

  - ไม่มีปริมาตรที่รับขึ้นของรหัสการขนส่งใด ณ สถานที่รับสินค้าของรหัสการขนส่ง s* อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s \in S} \sum_{n \in N_i} \text{VL}_{n(\text{ip}_s),sv} = 0 \qquad \text{สมการที่ 4.19}$$
$$\forall \text{ip}_s \in \text{IP}_s, \forall v \in V$$

  - ไม่มีน้ำหนักที่ส่งลงของรหัสการขนส่งใด ณ สถานที่รับสินค้าของรหัสการขนส่ง s* อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s \in S} \sum_{n \in N_i} \text{WU}_{n(\text{ip}_s),sv} = 0 \qquad \text{สมการที่ 4.20}$$
$$\forall \text{ip}_s \in \text{IP}_s, \forall v \in V$$

- ไม่มีปริมาตรที่ส่งลงของรหัสการขนส่งใด ณ สถานที่รับสินค้าของรหัสการขนส่ง s* อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s\in S}\sum_{n\in N_i} VU_{n(ip_s),sv} = 0 \qquad \text{สมการที่ 4.21}$$
$$\forall ip_s \in IP_s, \forall v \in V$$

- ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดจากการไม่แวะสถานที่รับอธิบายได้ตามสมการ

$$saving1_{ip_s} = \left(d_{i(ip_s)} - d_{i(j+1)}\right) \times c_v \qquad \text{สมการที่ 4.22}$$
$$\forall ip_s \in IP_s, \forall i,j \in I_v, \forall v \in V$$

- ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดจากการไม่แวะสถานที่ส่งของรหัสการขนส่ง s* พิจารณาตามสมการดังนี้

- ไม่มีน้ำหนักที่รับขึ้นของรหัสการขนส่งใด ณ สถานที่ส่งสินค้าของรหัสการขนส่ง s* อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s\in S}\sum_{n\in N_i} WL_{n(id_s),sv} = 0 \qquad \text{สมการที่ 4.23}$$
$$\forall id_s \in ID_s, \forall v \in V$$

- ไม่มีปริมาตรที่รับขึ้นของรหัสการขนส่งใด ณ สถานที่ส่งสินค้าของรหัสการขนส่ง s* อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s\in S}\sum_{n\in N_i} VL_{n(id_s),sv} = 0 \qquad \text{สมการที่ 4.24}$$
$$\forall id_s \in ID_s, \forall v \in V$$

- ไม่มีน้ำหนักที่ส่งลงของรหัสการขนส่งใด ณ สถานที่ส่งสินค้าของรหัสการขนส่ง s* อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s\in S}\sum_{n\in N_i} WU_{n(id_s),sv} = 0 \qquad \text{สมการที่ 4.25}$$
$$\forall id_s \in ID_s, \forall v \in V$$

- ไม่มีปริมาตรที่ส่งลงของรหัสการขนส่งใด ณ สถานที่ส่งสินค้าของรหัสการขนส่ง s* อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s\in S}\sum_{n\in N_i} VU_{n(id_s),sv} = 0 \qquad \text{สมการที่ 4.26}$$
$$\forall id_s \in ID_s, \forall v \in V$$

- ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดจากการไม่แวะสถานที่ส่งอธิบายได้ตามสมการ

$$saving1_{id_s} = (d_{i(id_s)} - d_{i(j+1)}) \times c_v \qquad \text{สมการที่ 4.27}$$
$$\forall id_s \in ID_s, \forall i,j \in I_v, \forall v \in V$$

4.3.1.3 การหาโอกาสในการถ่ายโอนของรหัสการขนส่งจากการสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะ (ภาพที่ 4.1-4.2: A.13-A.19)

ขั้นตอนนี้เป็นการนำลักษณะเส้นทางที่ 3 (เส้นทางใหม่ไปทั้งสถานที่รับและสถานที่ส่ง) มาหาโอกาสในการถ่ายโอนของรหัสการขนส่ง ได้จากการพิจารณาการสลับเส้นทางที่เกิดขึ้นระหว่างยานพาหนะโดย

1) หากสถานที่ในเส้นทางที่พิจารณามีการส่งสินค้าให้พิจารณาหลังทำการส่งสินค้าทั้งหมดที่ทำ
2) สถานที่ในเส้นทางที่พิจารณาไม่มีการส่งสินค้าแต่มีการรับสินค้าให้พิจารณาก่อนทำการรับสินค้าทั้งหมดที่ทำ

การหาสถานที่ในแต่ละเส้นทางที่มีโอกาสทำการสลับเส้นพิจารณาตามเงื่อนไขดังนี้ (ภาพที่ 4.2: A.14)

- สถานที่ในเส้นทางที่เมื่อแวะมีความจุบนยานพาหนะก่อนทำการรับรหัสการขนส่งใดๆ ขึ้นหรือส่งรหัสการขนส่งใดๆ ออกจากยานพาหนะ ที่เหตุการณ์นั้นมีค่าเท่ากับศูนย์ สามารถอธิบายได้ดังสมการต่อไปนี้

  - มีน้ำหนักรวมบนยานพาหนะที่เหตุการณ์นั้น (n) มีค่าเท่ากับศูนย์อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s \in S} uw_s \left(AWL_{ni,sv} - AWU_{ni,sv}\right) = 0 \qquad \text{สมการที่ 4.28}$$
$$\forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall v \in V$$

  - มีปริมาตรรวมบนยานพาหนะที่เหตุการณ์นั้น (n) มีค่าเท่ากับศูนย์อธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s \in S} uv_s \left(AVL_{ni,sv} - AVU_{ni,sv}\right) = 0 \qquad \text{สมการที่ 4.29}$$
$$\forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall v \in V$$

- เวลาไม่เกินเวลาช้าสุดที่ส่งได้ของรหัสการขนส่งตามสมการเงื่อนไขด้านเวลา

การปรับเส้นทางเดินรถเบื้องต้นจากการสลับเส้นทาง จะพิจารณาทีละคู่เหตุการณ์ที่อยู่บนยานพาหนะคนละคัน แล้วสลับเส้นทางระหว่างคู่นั้น พิจารณาตามเงื่อนไขดังนี้ (ภาพที่ 4.2: A.16)

- เวลาไม่เกินเวลาช้าสุดที่ส่งได้ของรหัสการขนส่งตามสมการเงื่อนไขด้านเวลา

การหาโอกาสในการถ่ายโอนของรหัสการขนส่งลักษณะเส้นทางที่ 3 ได้จากการนำคู่เส้นทางที่ผ่านการพิจารณาข้างต้นทีละคู่ มาคำนวณค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุด โดยค่าที่มากที่สุดของผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นก่อนทำการสลับเส้นทางและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นหลังทำการสลับเส้นทาง อธิบายได้ดังสมการ (ภาพที่ 4.2: A.17) ต่อไปนี้

- ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดจากการสลับเส้นทางอธิบายได้ตามสมการ

$$\text{saving2}_{\text{max}} = \text{Max}(\text{saving2}_{\text{ni,vv}'}) \qquad \text{สมการที่ 4.30}$$
$$\forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall v \in V, \forall v' \in V'$$

  - ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้จากการสลับเส้นทางอธิบายได้ตามสมการ

$$\begin{aligned}\text{saving2}_{\text{ni,vv}'} = {} & \left(\text{cv}_{\text{ni,v}} + \text{cv}_{\text{ni,v}'}\right) - \left(\left(\text{dv}^{i}_{\text{n,v}} \times \text{c}_{\text{v}'}\right)\right. \\ & + \left(\text{dv}^{i}_{\text{n,v}} \times \text{c}_{\text{v}}\right) + \left(\text{d}_{\text{ij}'} \times \text{c}_{\text{v}}\right) \\ & + \left(\text{d}_{\text{i}'\text{j}} \times \text{c}_{\text{v}'}\right) - \left(\text{d}_{\text{ij}} \times \text{c}_{\text{v}}\right) \\ & \left. - \left(\text{d}_{\text{i}'\text{j}'} \times \text{c}_{\text{v}'}\right)\right)\end{aligned} \qquad \text{สมการที่ 4.31}$$
$$\forall n \in N_i, \forall i \cup j \in I_v, \forall i' \cup j' \in I_{v'}, \forall v \epsilon V, \forall v \epsilon V'$$

และ

$$\text{saving2}_{\text{ni,vv}'} > 0 \qquad \text{สมการที่ 4.32}$$
$$\forall n \in N_i, \forall i \cup j \in I_v, \forall i' \cup j' \in I_{v'}, \forall v \epsilon V, \forall v \epsilon V'$$

  - ค่าใช้จ่ายของเส้นทางจากสถานที่ i จนสิ้นสุดเส้นทางโดยยานพาหนะ v อธิบายได้ตามสมการ

$$\text{cv}_{\text{ni,v}} = \left(\text{dv}^{i}_{\text{n,v}} \times \text{c}_{\text{v}}\right) \qquad \text{สมการที่ 4.33}$$
$$\forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall v \in V$$

  - เวลาของเส้นทางที่ได้รับการปรับเปลี่ยนสำหรับยานพาหนะที่มีการปรับเส้นทางคำนวณจากสมการเงื่อนไขของเวลา

4.3.1.4 การพิจารณาเลือกเส้นทางเบื้องต้นสำหรับการถ่ายโอนแต่ละรหัสการขนส่ง (ภาพที่ 4.2: A.20-A.23)

การเลือกเส้นทางเบื้องต้นสำหรับการถ่ายโอนแต่ละรหัสการขนส่งสามารถพิจารณาจากการหาค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดของรหัสการขนส่งโดยเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดจากการไม่แวะสถานที่กับค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดจากการสลับเส้นทาง อธิบายได้ดังนี้

- ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดของรหัสการขนส่งอธิบายได้ตามสมการ

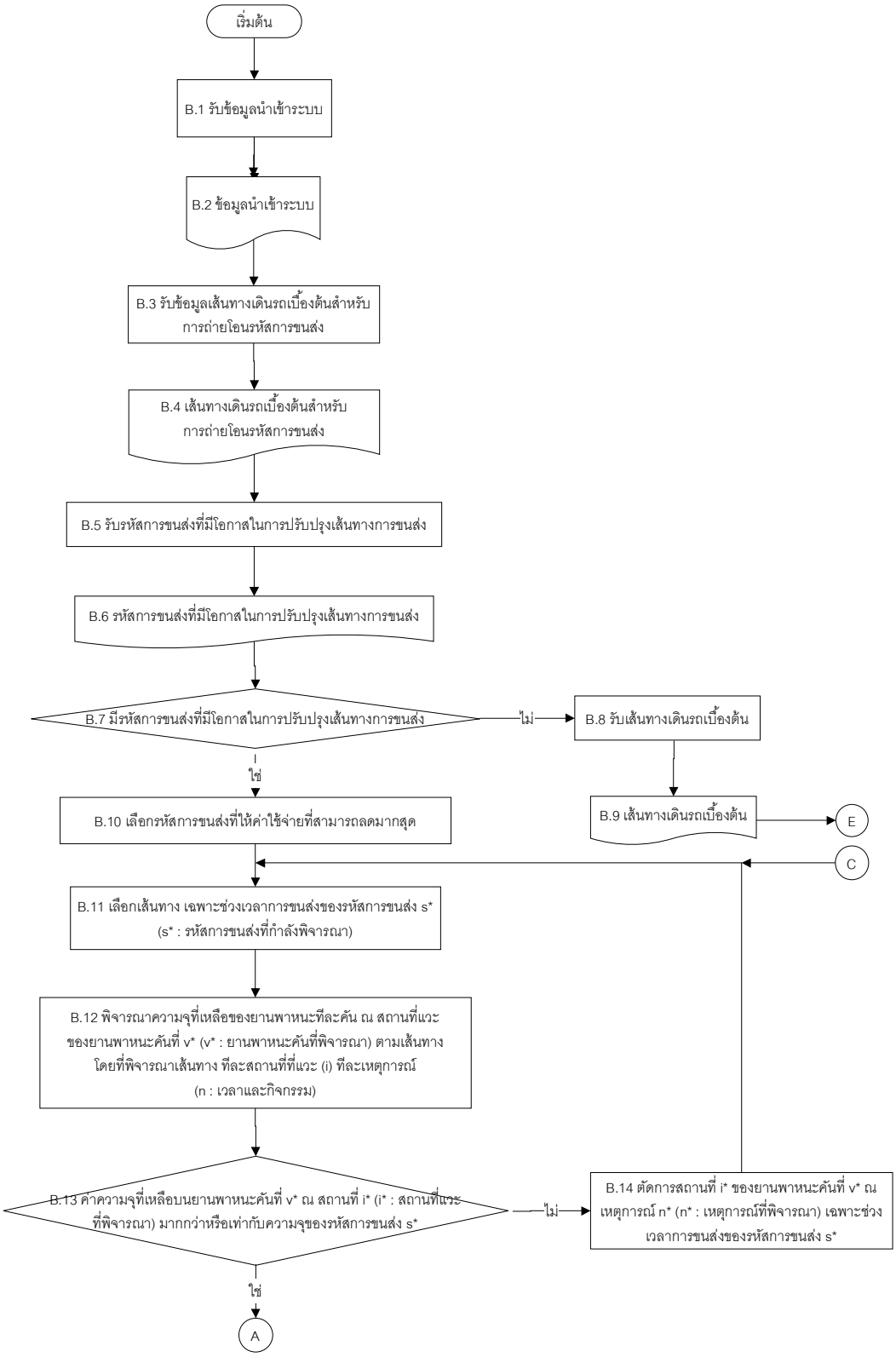
$$\text{saving}^{s}_{\max} = \text{Max}(\text{saving1}_{\max}, \text{saving2}_{\max}) \qquad \text{สมการที่ 4.34}$$

4.3.1.5 การพิจารณารหัสการขนส่งจนครบทุกรหัส(ภาพที่ 4.2: A.20-A.23)

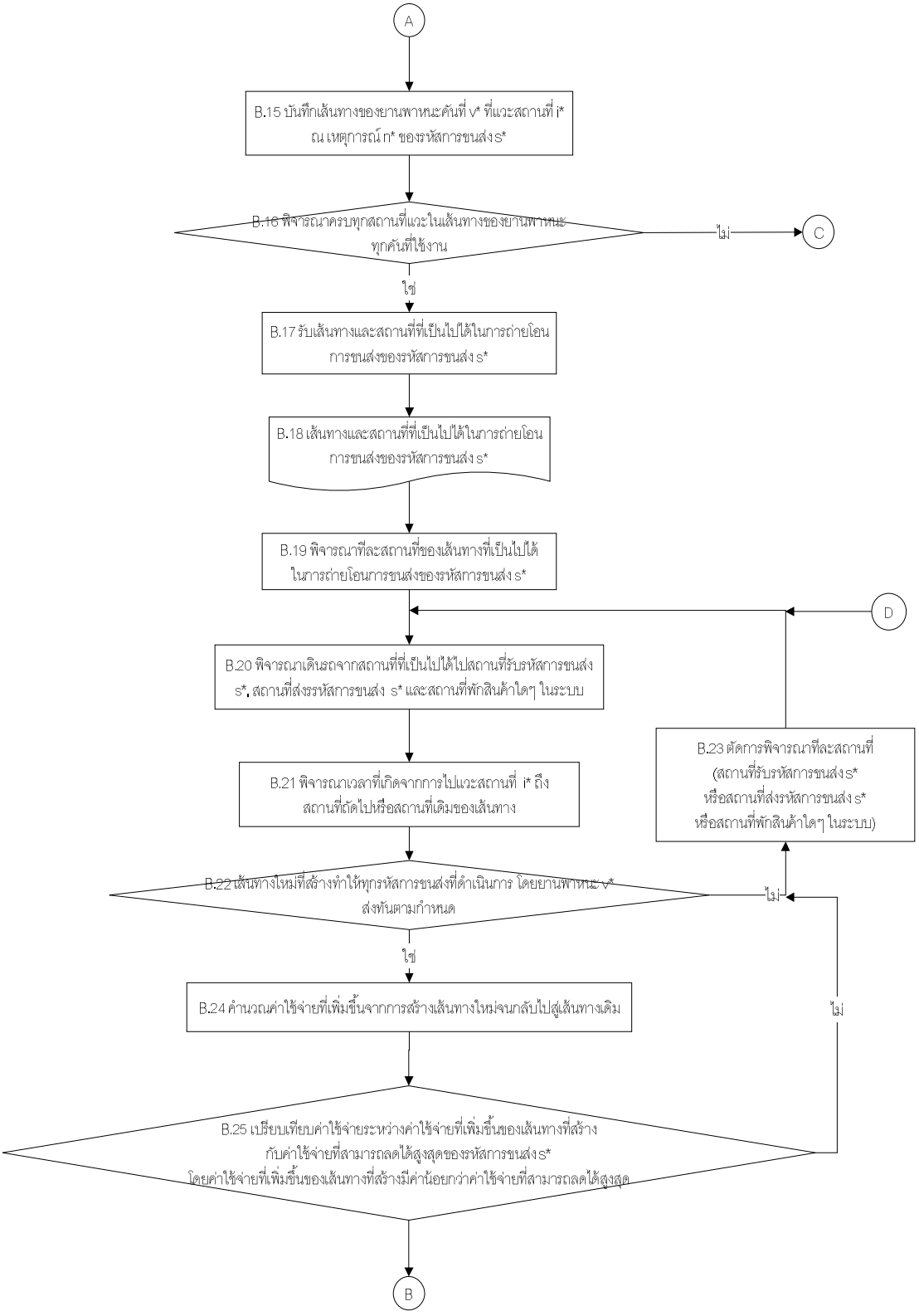
กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งจะพิจารณาทีละรหัสการขนส่ง โดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นที่เหมือนกันในแต่ละรอบการคำนวณและดำเนินการตามขั้นตอนดังอธิบายในหัวข้อที่ 4.3.1.1-4.3.1.4 ตามลำดับจนครบทุกรหัสการขนส่ง

4.3.2 กระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

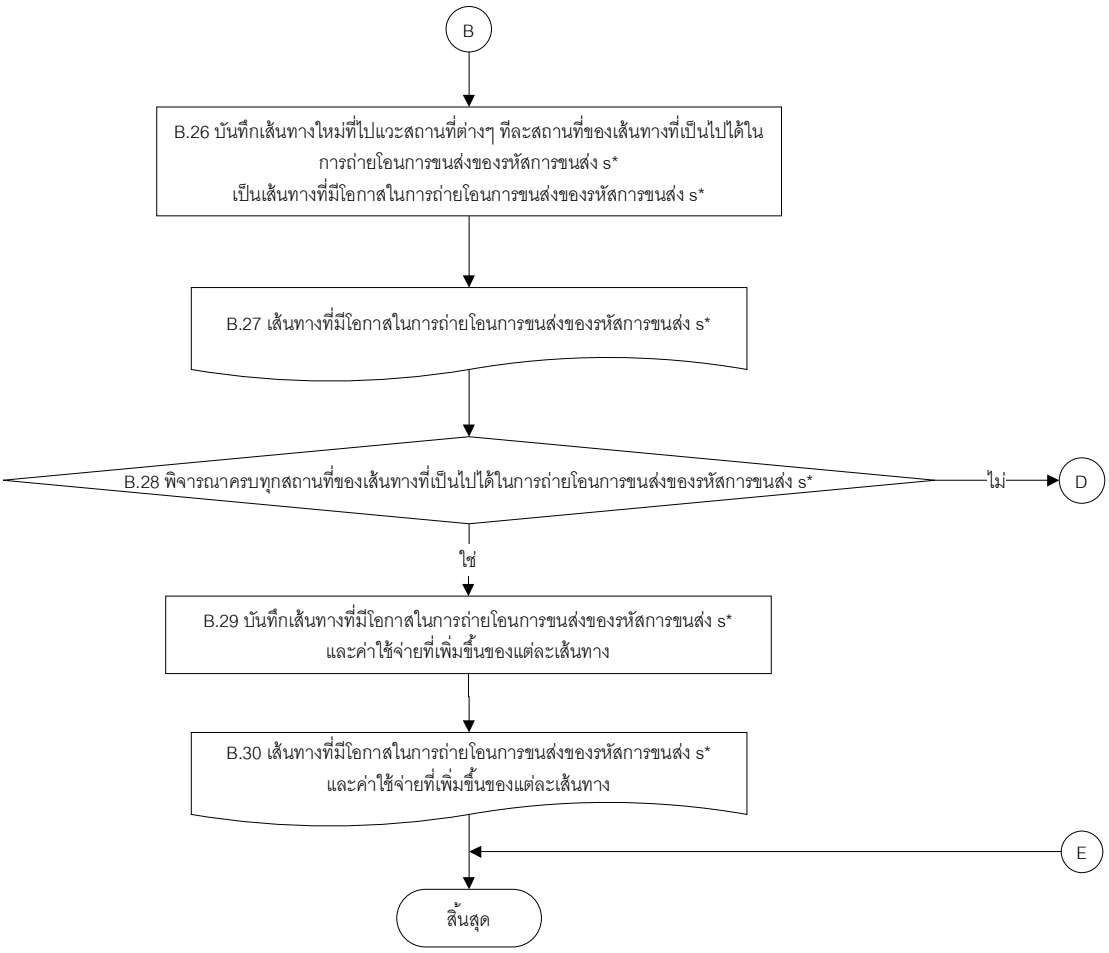
ในส่วนนี้อธิบายสมมติฐานและขั้นตอนในกระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งอย่างละเอียด แสดงดังภาพที่ 4.4-4.6



ภาพที่ 4.4 กระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง



ภาพที่ 4.5 กระบวนการพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (ต่อ)



ภาพที่ 4.6 กระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (ต่อ)

กระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

4.3.2.1 การรับข้อมูล (ภาพที่ 4.4: B.1-B.6)

ข้อมูลที่ใช้สำหรับกระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งประกอบด้วยข้อมูลนำเข้าของระบบข้อมูลรหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งและข้อมูลเส้นทางเบื้องต้นสำหรับการถ่ายโอนรหัสการขนส่งที่พิจารณา (รายละเอียดของข้อมูลนำเข้าของระบบดังได้กล่าวในหัวข้อ 4.1 และข้อมูลรหัสการขนส่งที่มีโอกาสใน

การปรับปรุงเส้นทางการขนส่งและข้อมูลเส้นทางเบื้องต้นสำหรับการถ่ายโอนรหัสการขนส่งที่พิจารณาเป็นข้อมูลที่ได้รับจากการประมวลผลโดยหัวข้อที่ 4.3.1)

4.3.2.2 การพิจารณาเลือกรหัสการขนส่ง (ภาพที่ 4.4: B.7-B.10)

รหัสการขนส่งที่นำมาพิจารณา (s*) ในกระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง มาจากค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้สูงสุดของแต่ละรหัสการขนส่งเปรียบเทียบกันเพื่อหาค่าที่มากที่สุด

- เลือกรหัสการขนส่งที่มีค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้มากสุดโดยได้ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้มากสุดอธิบายได้ตามสมการ

$$\text{saving}_{\max} = \text{Max}(\text{saving}^{s}_{\max}) \quad \forall s \in S$$ สมการที่ 4.35

4.3.2.3 การหาสถานที่และเส้นทางที่เป็นไปได้ในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (ภาพที่ 4.4-4.5: B.11-B.18)

สถานที่และเส้นทางที่นำมาพิจารณาความเป็นไปได้ในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งต้องมีความจุของยานพาหนะที่สามารถรับรหัสการขนส่ง s* ได้อธิบายได้ดังนี้

- สถานที่ในเส้นทางเมื่อรับรหัสการขนส่ง s* (ใส่รหัสการขนส่ง s* เข้าไปตามเส้นทาง) ความจุไม่เกินความจุของยานพาหนะ
  - รับรหัสการขนส่ง s* น้ำหนักไม่เกินน้ำหนักสูงสุดที่สามารถบรรทุกได้ของยานพาหนะอธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s \in S} \left(\text{AWL}_{ni,sv} - \text{AWU}_{ni,sv}\right) + \text{WL}_{ni,sv} \leq \text{qw}_{v} \quad \forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall v \in V$$ สมการที่ 4.36

- รับรหัสการขนส่ง s* ปริมาตรไม่เกินปริมาตรสูงสุดที่สามารถบรรทุกได้ของยานพาหนะอธิบายได้ตามสมการ

$$\sum_{s\in S}\left(\mathrm{AVL_{ni,sv}} - \mathrm{AVU_{ni,sv}}\right) + \mathrm{VL_{ni,sv}} \leq \mathrm{qv_v} \qquad \text{สมการที่ 4.37}$$

$$\forall n \in N_i, \forall i \in I_v, \forall v \in V$$

4.3.2.4 การหาสถานที่และเส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (ภาพที่ 4.5-4.6: B.19-B.27)

นำทุกเส้นทางและสถานที่ที่เป็นไปได้ในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งมาพิจารณาทีละสถานที่แวะของเส้นทางนั้นแล้วหาหรือเพิ่มเส้นทางให้แวะไปสถานที่รับรหัสการขนส่ง s* สถานที่ส่งรหัสการขนส่ง s* และสถานที่พักสินค้าใดๆ ในระบบ

- สถานที่ในเส้นทางเมื่อแวะไปสถานที่รับรหัสการขนส่ง, สถานที่ส่งรหัสการขนส่งและสถานที่พักสินค้าใดๆ ในระบบอธิบายได้ดังนี้

  - รับรหัสการขนส่ง s* ไม่ทำให้เกินเวลาช้าสุดที่ส่งได้ของสถานที่อธิบายได้ตามสมการ

$$\mathrm{ET_{sv}^{j}} \leq \mathrm{tw_j} - \mathrm{t_{ij}} - \mathrm{vt_s} \qquad \text{สมการที่ 4.38}$$

$$\forall s \in S, \forall i \cup j \in I_v, \forall v \in V$$

- คำนวณระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากการแวะไปสถานที่รับรหัสการขนส่ง, สถานที่ส่งรหัสการขนส่ง และสถานที่พักสินค้าใดๆ ในระบบอธิบายได้ดังนี้

  - แวะไปสถานที่ที่ต้องการแล้วไปสถานที่ถัดไปของเส้นทางอธิบายได้ตามสมการ

$$\mathrm{od_{n(is),sv}} = \mathrm{d_{ij}} - \mathrm{d_{i(is)}} - \mathrm{d_{(is)j}} \qquad \text{สมการที่ 4.39}$$

$$\forall s \in S, \forall i \cup j \in I_v, \forall is \in (IP_s \cup IM_s \cup ID_s), \forall v \in V$$

- แวะไปสถานที่ที่ต้องการแล้วกลับมาสถานที่เดิมของเส้นทางอธิบายได้ตามสมการ

$$od_{n(is),sv} = d_{i(is)} - d_{(is)i} \quad \text{สมการที่ 4.40}$$
$$\forall s \in S, \forall i \cup j \in I_v, \forall is \in (IP_s \cup IM_s \cup ID_s), \forall v \in V$$

- คำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการแวะไปสถานที่รับรหัสการขนส่ง, สถานที่ส่งรหัสการขนส่ง และสถานที่พักสินค้าใดๆ ในระบบอธิบายได้ตามสมการ

$$oc_{ni,sv} = od_{ni,sv} \times c_v \quad \text{สมการที่ 4.41}$$
$$\forall i \epsilon I_v \ , \forall n \epsilon N_i, \forall s \epsilon S, \forall v \epsilon V$$

โดยที่

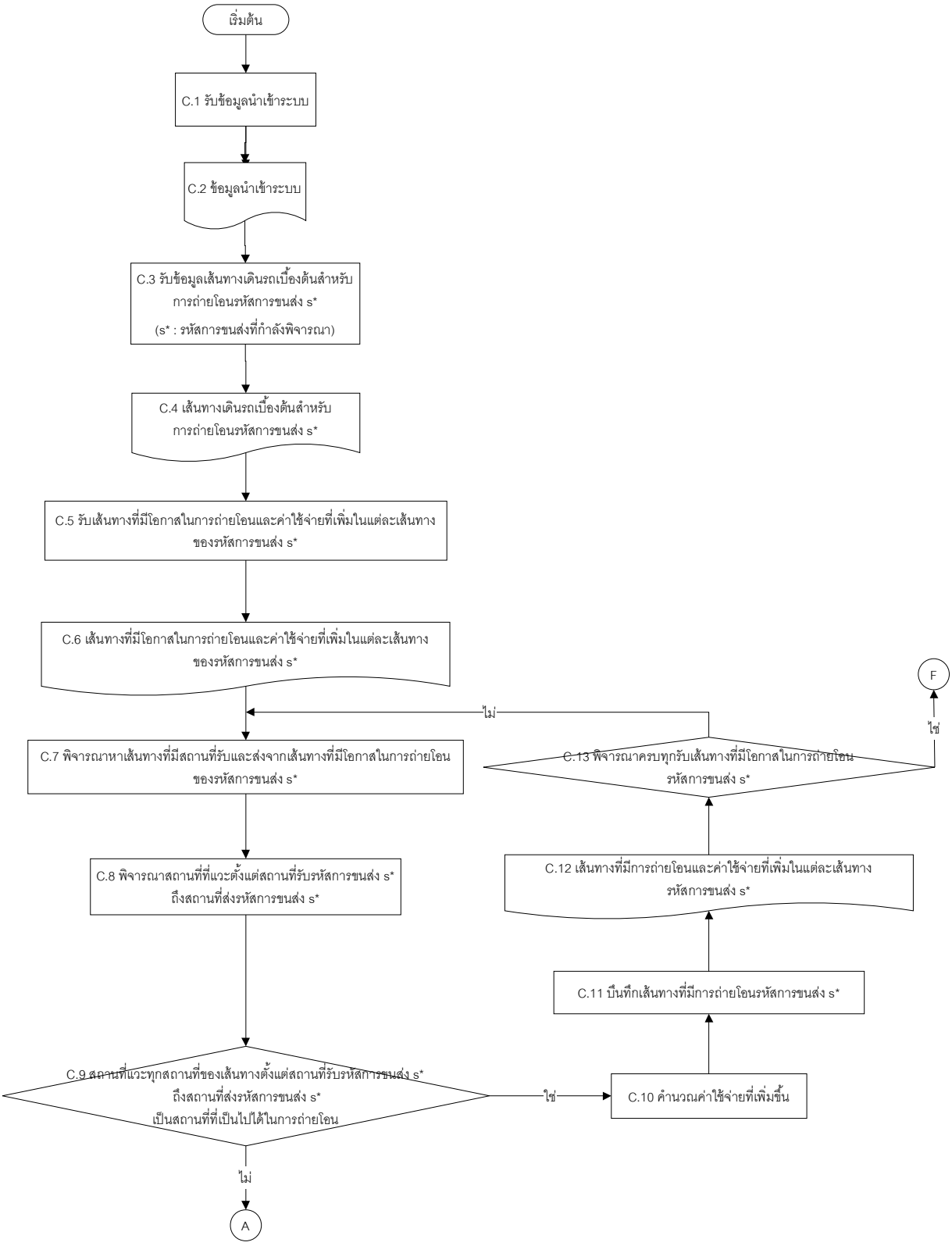
$$oc_{ni,sv} < saving_{max} \quad \text{สมการที่ 4.42}$$
$$\forall i \epsilon I_v \ , \forall n \epsilon N_i, \forall s \epsilon S, \forall v \epsilon V$$

4.3.2.5 การพิจารณาสถานที่และเส้นทางจนครบทุกสถานที่และเส้นทาง (ภาพที่ 4.6: B.28-B.30)

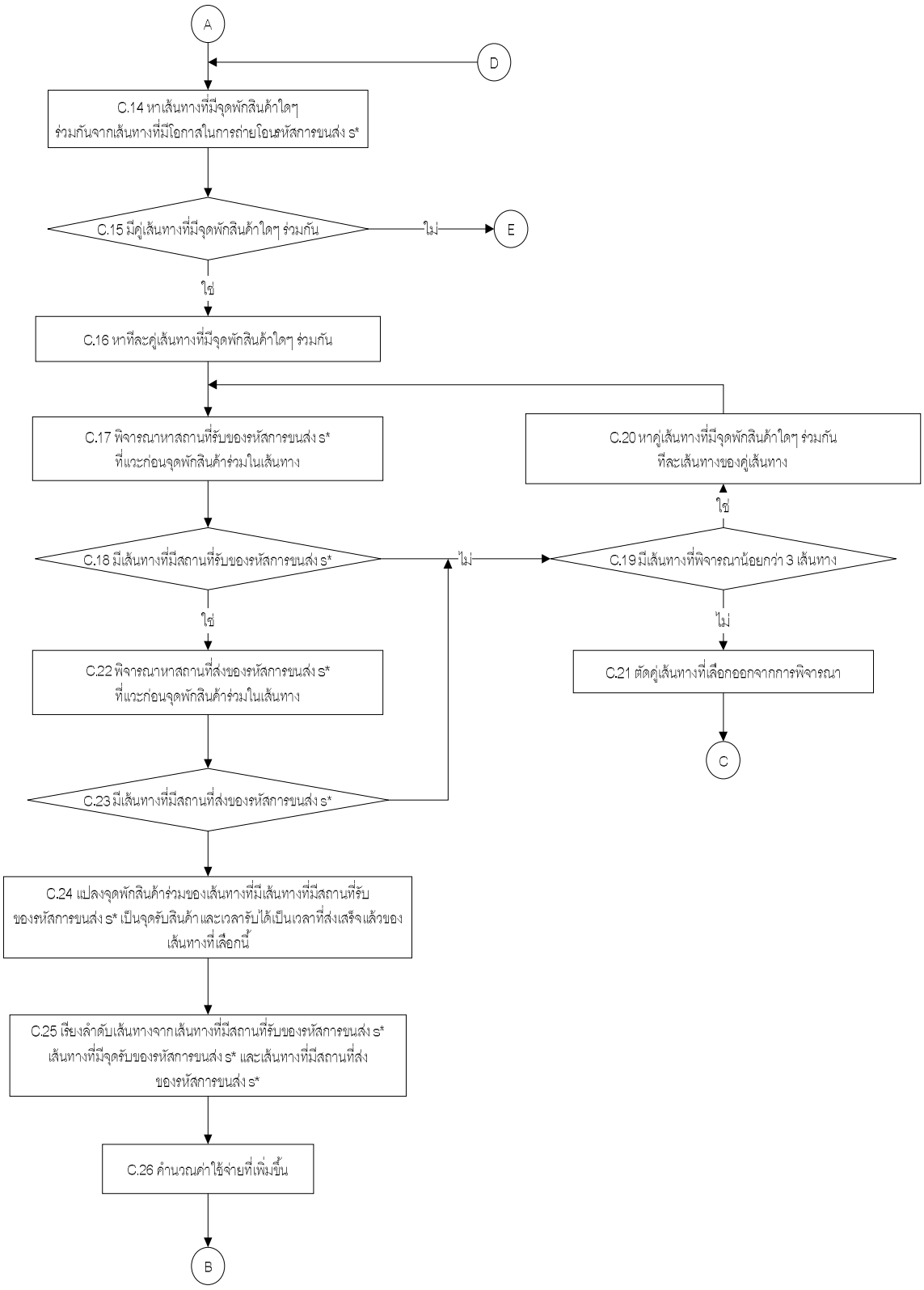
กระบวนการหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งจะเลือกรหัสการขนส่งแล้วพิจารณาทีละสถานที่และเส้นทาง โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังอธิบายในหัวข้อที่ 4.3.2.2-4.3.2.4 ตามลำดับจนครบทุกสถานที่และเส้นทางที่ใช้ในการจับคู่การถ่ายโอนของรหัสการขนส่ง และหากมีการเลือกรหัสการขนส่งใหม่จะดำเนินการตามขั้นตอนตั้งแต่หัวข้อที่ 4.3.2.2-4.3.2.5 ใหม่ เพื่อหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งสำหรับรหัสการขนส่งนั้นๆ

4.3.3 กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

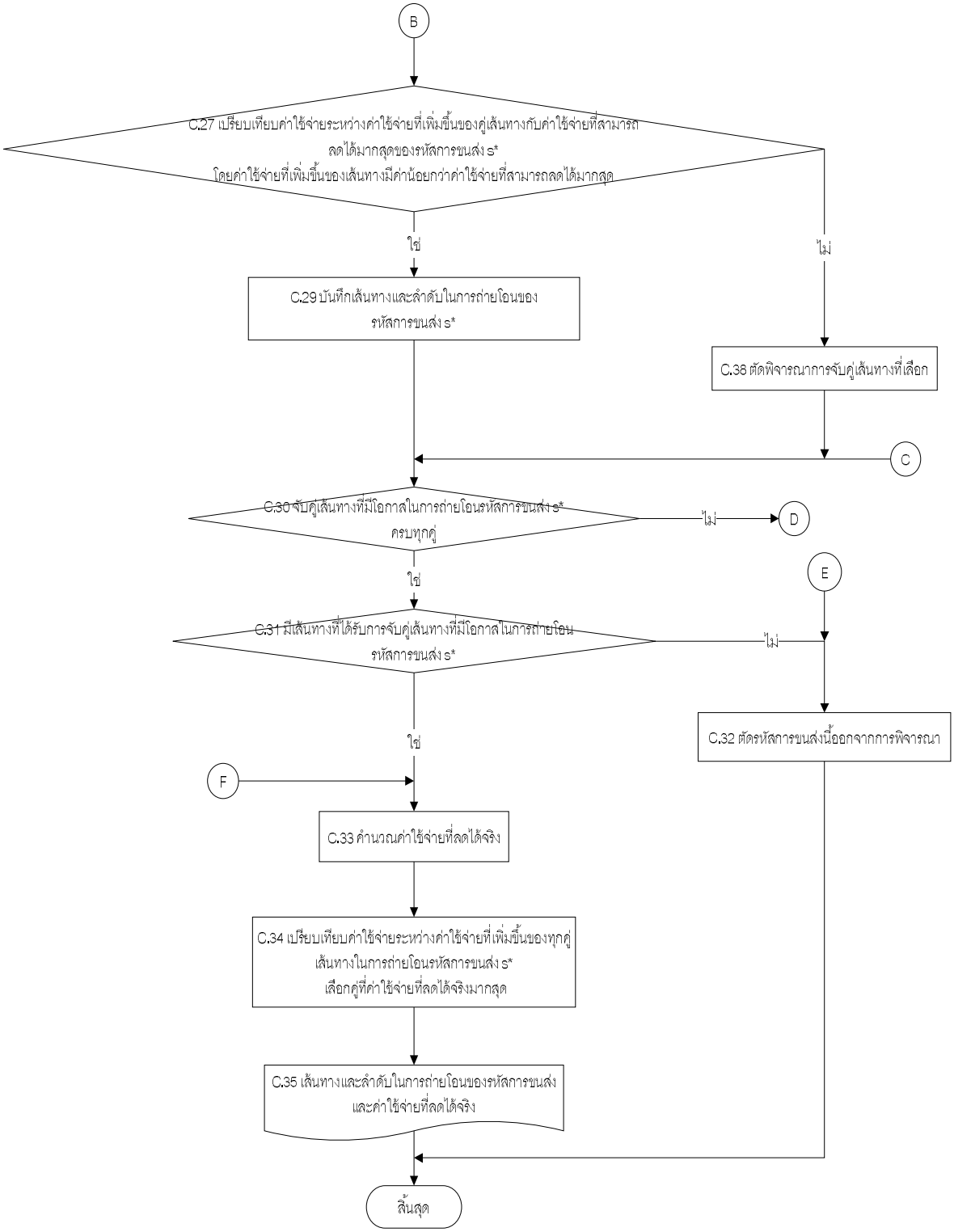
ในส่วนนี้อธิบายสมมติฐานและขั้นตอนในกระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งอย่างละเอียด แสดงดังภาพที่ 4.7-4.9



ภาพที่ 4.7 กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง



ภาพที่ 4.8 กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (ต่อ)



ภาพที่ 4.9 กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (ต่อ)

กระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

4.3.3.1 การรับข้อมูล (ภาพที่ 4.7: C.1-C.6)

ข้อมูลที่ใช้สำหรับกระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งประกอบด้วย

1) ข้อมูลนำเข้าของระบบ
2) ข้อมูลเส้นทางเบื้องต้นสำหรับการถ่ายโอนของรหัสการขนส่ง s*
3) ข้อมูลเส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มในแต่ละเส้นทางของรหัสการขนส่ง s*

โดยรายละเอียดของข้อมูลนำเข้าของระบบดังได้กล่าวในหัวข้อ 4.1 และข้อมูลเส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มในแต่ละเส้นทาง (เป็นข้อมูลที่ได้รับจากการประมวลผลโดยหัวข้อที่ 4.3.2)

4.3.3.2 การหาคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง (ภาพที่ 4.7-4.9: C.7-C.29)

จับคู่เส้นทางจากเส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอน และเลือกเส้นทางที่ละคู่เส้นทาง เพื่อหาสถานที่พักสินค้าร่วมกันระหว่างคู่เส้นทางที่เลือก โดยเส้นทางที่จับคู่กันประกอบด้วยสถานที่รับ สถานที่ส่งสินค้าของรหัสการขนส่งเงื่อนไขของการจับคู่เส้นทางอธิบายได้ดังนี้

- สินค้าต้องมีการส่งที่สถานที่พักสินค้าร่วมก่อนจึงสามารถรับสินค้าของรหัสการขนส่งที่เลือกได้ (ต้องมีสินค้าก่อนจึงสามารถรับสินค้าได้) โดยเมื่อสินค้า

มีการส่งที่สถานที่พักสินค้าแล้วสถานที่พักสินค้านั้นจะกลายเป็นสถานที่รับสินค้าของรหัสการขนส่ง

- สินค้าต้องมีการส่งที่สถานที่พักสินค้าร่วมก่อนจึงสามารถรับสินค้าได้ อธิบายได้ดังสมการ

$$ET^{i}_{sv} \geq ST^{i}_{sv'} \qquad \text{สมการที่ 4.43}$$
$$\forall i \in I_v, \forall s \in S, \forall v \in V, \forall v \in V'$$

- คู่เส้นทางที่พิจารณาสามารถทำการถ่ายโอนได้ต้องทำการขนส่งเสร็จไม่เกิดเวลาช้าสุดที่ทำได้ของเส้นทาง ณ สถานที่ที่แวะอธิบายได้ดังสมการ

$$ET^{i}_{sv} \leq tw_i \qquad \text{สมการที่ 4.44}$$
$$\forall i \in I_v, \forall s \in S, \forall v \in V$$

- เวลารอสูงสุด ณ สถานที่พักสินค้าที่แวะร่วมกันระหว่างคู่เส้นทางโดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือ

- เส้นทางที่แวะสถานที่รับรหัสการขนส่งมาถึงสถานที่พักสินค้าร่วมก่อนเส้นเส้นทางที่แวะสถานที่ส่งรหัสการขนส่งอธิบายได้ดังสมการ

$$wating_{i,s} = ET^{i}_{sv} - ST^{i}_{sv'} \qquad \text{สมการที่ 4.45}$$
$$\forall i \in I_v, \forall s \in S, \forall v \in V, \forall v \in V'$$

- เส้นทางที่แวะสถานที่รับรหัสการขนส่งมาถึงสถานที่พักสินค้าร่วมหลังเส้นเส้นทางที่แวะสถานที่ส่งรหัสการขนส่งให้พิจารณาค่าใช้จ่ายที่เพิ่มรวมของชุดรหัสเส้นทางที่จับคู่กันได้เลยอธิบายได้ดังสมการ

$$wating_{i,s} = 0 \qquad \text{สมการที่ 4.46}$$
$$\forall i \in I_v, \forall s \in S$$

- เวลาของการจับคู่เส้นทางพิจารณาเวลารอเวลาของสินค้า ณ สถานที่พักสินค้าที่แวะร่วมกันต้องไม่เกินเงื่อนไขเวลาที่อนุญาตให้สามารถพักสินค้าได้

- เวลาพักสินค้ารวม อธิบายได้ดังสมการ

$$\sum_{i \in IM_s} \text{wating}_{i,s} \leq TWT_s \qquad \text{สมการที่ 4.47}$$
$$\forall s \in S$$

- เวลาพักสินค้าแต่ละสถานที่ อธิบายได้ดังสมการ

$$\text{wating}_{i,s} \leq WT_i \qquad \text{สมการที่ 4.48}$$
$$\forall i \in I_v, \forall s \in S$$

4.3.3.3 การพิจารณาคู่เส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนจนครบทุกเส้นทางและเลือกเส้นทางที่ให้ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้จริงมากสุด (ภาพที่ 4.7-4.9: C.7-C.35)

พิจารณาทีละคู่เส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง s* หากคู่เส้นทางใดไม่มีสถานที่รับหรือสถานที่ส่งสินค้าของรหัสการขนส่ง ให้เพิ่มเส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง s* และเริ่มพิจารณาหัวข้อ 4.3.3.2 ซ้ำอีกครั้งสำหรับคู่เส้นทางที่มีสถานที่รับหรือสถานที่ส่งสินค้าแล้วทำการเรียงลำดับเส้นทาง ทำเช่นนี้จนครบทุกคู่เส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง s*

- คำนวณค่าใช้จ่ายสุทธิที่เพิ่มของคู่เส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนของรหัสการขนส่ง s* อธิบายได้ดังสมการ

$$OC_s = \sum_{i \in IP_s \cup IM_s \cup ID_s} \sum_{n \in N_i} \sum_{v \in V} oc_{ni,sv} \qquad \text{สมการที่ 4.49}$$
$$\forall s \in S$$

- คำนวณค่าใช้จ่ายที่ลดได้จริงของคู่เส้นทางของรหัสการขนส่ง s* อธิบายได้ดังสมการ

$$\text{saving}_{\text{ni,n'i'}} = \text{saving}^{\text{s}}_{\text{max}} - (\text{OC}_{\text{s}} + \sum_{\text{i}\in\text{IM}_{\text{s}}} \sum_{\text{s}\in\text{S}} (\text{wating}_{\text{i,s}} \times \text{w}_{\text{i}}) + \sum_{\text{i}\in\text{IM}_{\text{s}}} \text{o}_{\text{i}}) \quad \text{สมการที่ 4.50}$$

$$\forall \text{n} \in \text{N}_{\text{i}}, \forall \text{n}' \in \text{N}_{\text{i}'}$$

เลือกเส้นทางการถ่ายโอนสินค้าสำหรับรหัสการขนส่ง s* จากทุกคู่เส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนของรหัสการขนส่ง s* โดยหาคู่เส้นทางที่สามารถลดค่าใช้จ่ายได้มากที่สุด

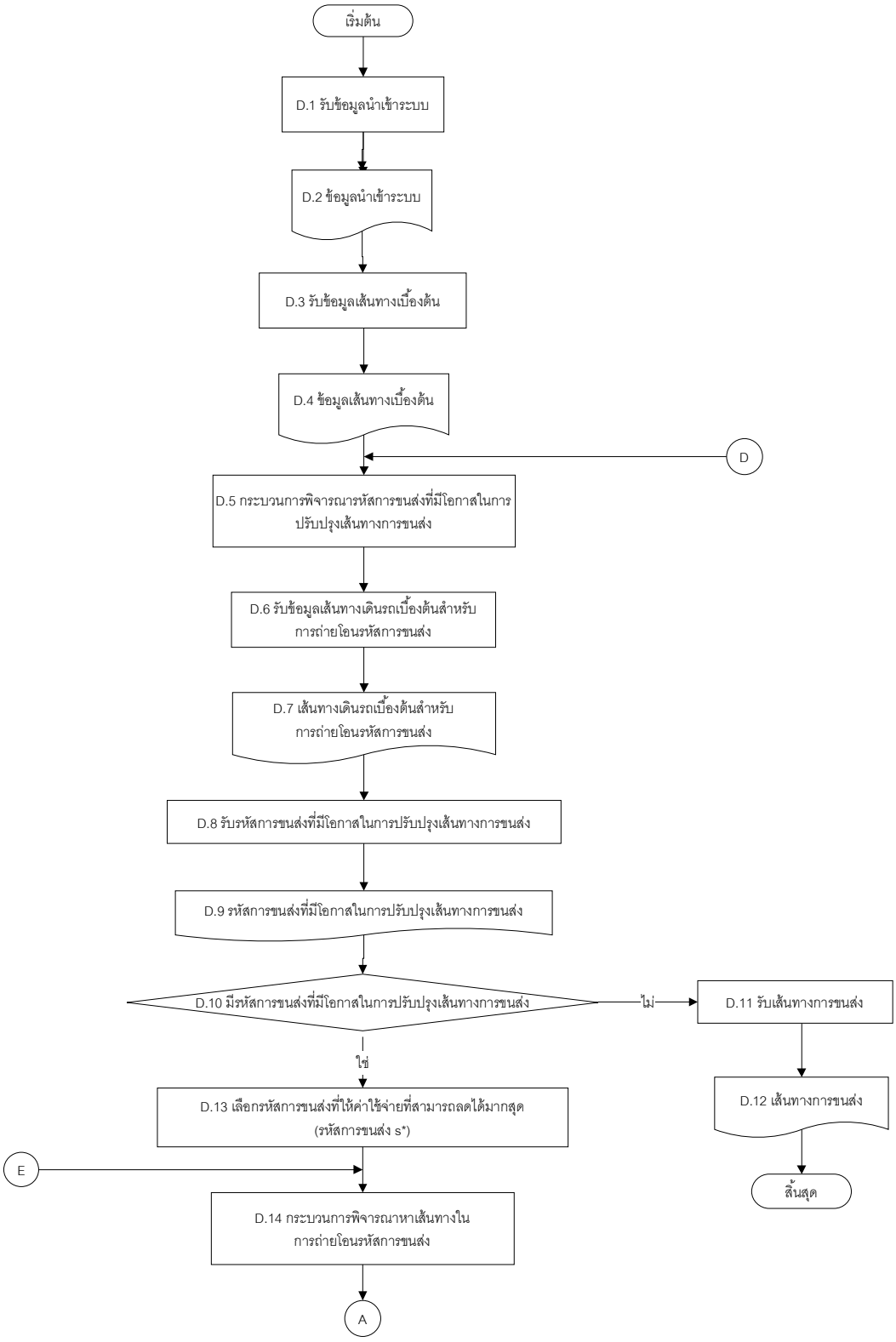
- ค่าใช้จ่ายที่ลดได้จริงของรหัสการขนส่ง อธิบายได้ดังสมการ

$$\text{saving}^{\text{s}} = \text{Max}(\text{saving}_{\text{ni,n'i'}}) \quad \text{สมการที่ 4.51}$$

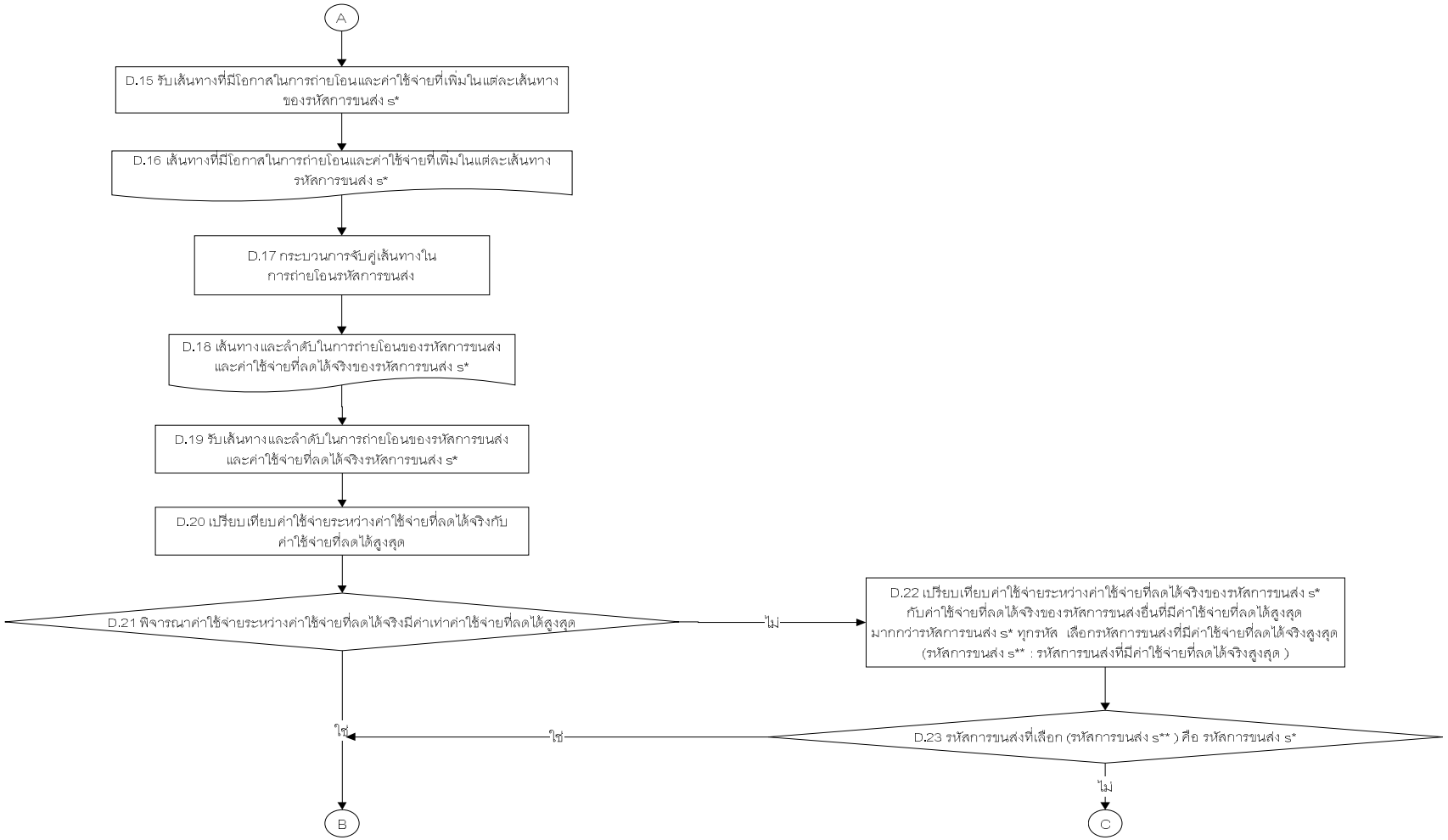
$$\forall \text{n} \in \text{N}_{\text{i}}, \forall \text{n}' \in \text{N}_{\text{i}'}, \forall \text{i} \in \text{IM}_{\text{s}}, \forall \text{s} \in \text{S}$$

4.3.4 กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน

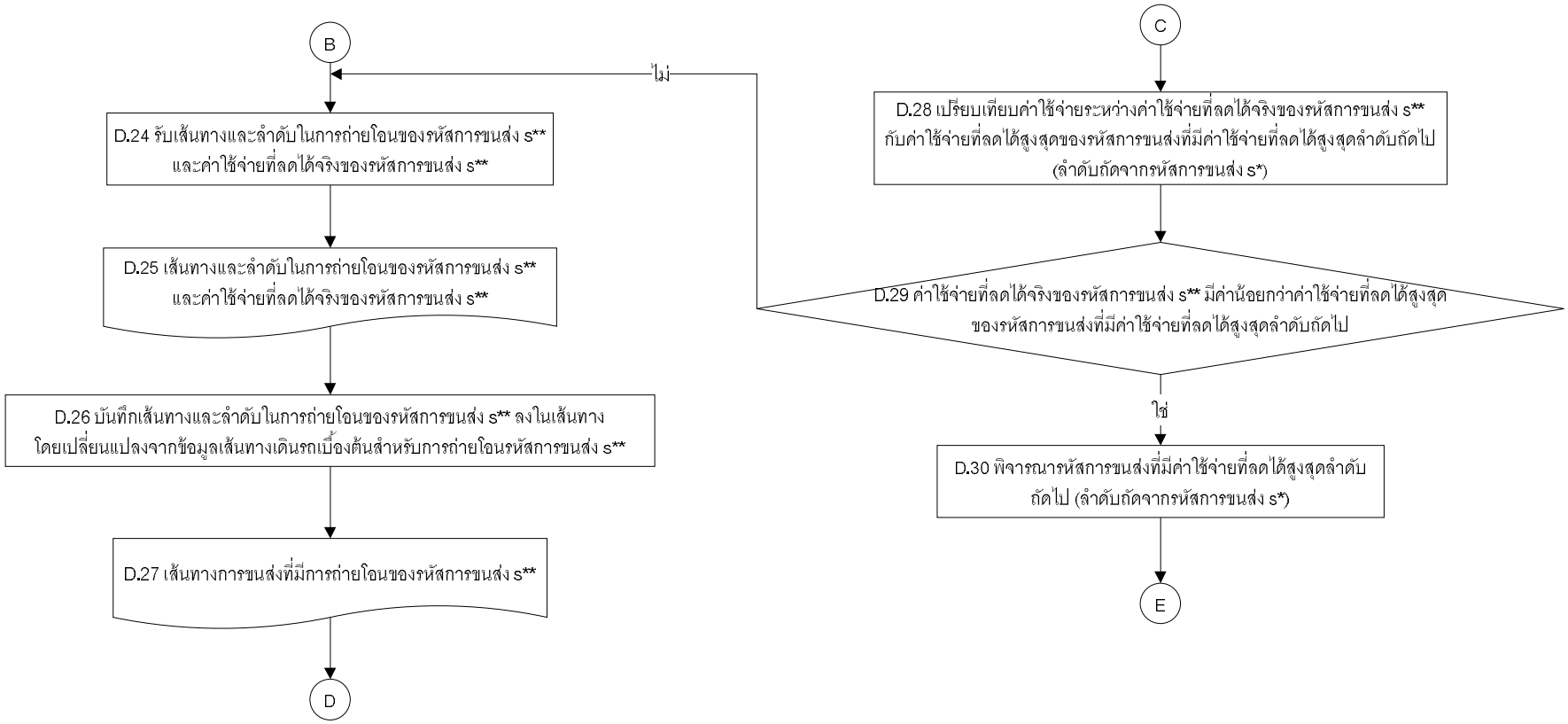
ในส่วนนี้อธิบายสมมติฐานและขั้นตอนในกระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอนอย่างละเอียด แสดงดังภาพที่ 4.10-4.12



ภาพที่ 4.10 กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน



ภาพที่ 4.11 กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน (ต่อ)



ภาพที่ 4.12 กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอน (ต่อ)

กระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอนมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

4.3.4.1 การรับข้อมูล (ภาพที่ 4.7: D.1-D.18)

ข้อมูลที่ใช้สำหรับกระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอนประกอบด้วย

1) ข้อมูลนำเข้าของระบบ
2) ข้อมูลเส้นทางเบื้องต้นสำหรับการถ่ายโอนของรหัสการขนส่ง s*
3) ข้อมูลรหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง
4) ข้อมูลเส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มในแต่ละเส้นทางของรหัสการขนส่ง s*
5) ข้อมูลเส้นทางและลำดับในการถ่ายโอนของรหัสการขนส่งและค่าใช้จ่ายที่ลดได้จริงของรหัสการขนส่ง s*

โดยรายละเอียดของข้อมูลนำเข้าของระบบดังได้กล่าวในหัวข้อ 4.1 ข้อมูลรหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งและข้อมูลเส้นทางเบื้องต้นสำหรับการถ่ายโอนรหัสการขนส่งที่พิจารณาดังได้กล่าวในหัวข้อ 4.3.1 (เป็นข้อมูลที่ได้รับจากการประมวลผลโดยหัวข้อ 4.3.1) ข้อมูลเส้นทางที่มีโอกาสในการถ่ายโอนและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มในแต่ละเส้นทางดังได้กล่าวในหัวข้อ 4.3.2 (เป็นข้อมูลที่ได้รับจากการประมวลผลโดยหัวข้อ 4.3.2) และข้อมูลเส้นทางและลำดับในการถ่ายโอนของรหัสการขนส่งและค่าใช้จ่ายที่ลดได้จริงดังได้กล่าวในหัวข้อ 4.3.3 (เป็นข้อมูลที่ได้รับจากการประมวลผลโดยหัวข้อ 4.3.3)

4.3.4.2 การหารหัสการขนส่งและเส้นทางในการถ่ายโอน (ภาพที่ 4.7-4.9: D.18-D.30)

เลือกเส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายลดจริงสูงสุด โดยพิจารณาเปรียบเทียบทุกรหัสการขนส่ง เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งในแต่ละรอบการพิจารณา

จากเส้นทางการถ่ายโอนรหัสการขนส่งที่มีค่าใช้จ่ายลดจริงสูงสุดของแต่ละรหัสการขนส่ง อธิบายได้ดังนี้

- เส้นทางการถ่ายโอนของรหัสการขนส่งและรหัสการขนส่งที่เลือกมีค่าสูงสุดสำหรับการพิจารณาในรอบนั้นๆ

  - การหาค่ารหัสการขนส่งที่ให้ค่าสูงสุด

$$\text{saving} = \text{Max}(\text{saving}^{s}) \quad \forall s \in S \qquad \text{สมการที่ 4.52}$$

4.3.4.3 การพิจารณาทุกรหัสการขนส่งที่เป็นไปได้

นำเส้นทางการขนส่งจากการประมวลผลผ่านหัวข้อที่ 4.3.4.2 มาเป็นเส้นทางเบื้องต้นสำหรับการปรับปรุงเส้นทางในรอบถัดไป แล้วทำหัวข้อที่ 4.3.4.2 ซ้ำ จนไม่สามารถหาเส้นทางที่ทำการปรับปรุงได้หรือไม่มีรหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทาง โดยรหัสการขนส่งที่มีการถ่ายโอนสามารถใช้ยานพาหนะที่แตกต่างกันได้ไม่เกิน 3 คัน เนื่องจากงานวิจัยนี้อนุญาตให้การถ่ายโอนมากที่สุดไม่เกิน 2 ครั้งนอกจากนี้การถ่ายโอนแต่ละครั้งสามารถใช้ยานพาหนะคันเดิมได้

การพิจารณาเพื่อหาโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งหลังจากได้ทำการปรับปรุงการขนส่งแล้วจะต้องมีการพิจารณาเส้นทางในการถ่ายโอนเป็นกรณีเฉพาะของเส้นทางที่ทำการถ่ายโอนไปแล้วโดยให้เส้นทางดังกล่าวตั้งแต่รับสินค้าจากสถานที่พักสินค้าร่วมถึงสถานที่ส่งสินค้า มีความสามารถในการรับสินค้าที่สถานที่รับรหัสการขนส่งเท่านั้น คือ การไม่อนุญาตให้ทำการรับสินค้าที่สถานที่พักสินค้าของการถ่ายโอนใดในการหาเส้นทางที่มีความเป็นไปได้ในการถ่ายโอนของรหัสการขนส่งใหม่

4.4 การทดสอบระบบและผลการทดสอบ

การทดสอบเป็นการทำการทดลองเพื่อหาค่าปัจจัยที่ส่งผลต่อคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกที่มีการพัฒนาขึ้นมา จากการเปรียบเทียบคำตอบกับเส้นทางเริ่มต้นของระบบ ซึ่งหากตัวอย่างที่มีปัจจัยต่างๆ ที่แตกต่างกันก็อาจมีผลกระทบต่อคำตอบที่ได้ โดยการทดลองจะปรับค่าปัจจัยต่างๆ และทำซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดข้อมูลมาสร้างกราฟ เพื่อหาแนวโน้มที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่พิจารณา

การทดสอบระบบในแง่คุณภาพของคำตอบที่ได้จากการคำนวณประมวลผลของระบบการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยทำการเทียบคำตอบที่ได้ระหว่างแผนการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งกับแผนที่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งที่ได้รับจากระบบการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยทดสอบผ่านโปรแกรม Microsoft Visual Basic 2010 Express ที่เชื่อมโยงฐานข้อมูลกับโปรแกรม Microsoft Office Access 2007 โดยคำนวณผ่านเครื่อง Intel Core i3 ทำงานที่ 2.2 GHz มีหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) 4Gbytes ข้อมูลเส้นทางเบื้องต้นถูกสร้างจาก Insertion Algorithms โดยมีปัจจัยการทดสอบที่แตกต่างกันดังนี้

การทดสอบระบบแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ

1) การทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนรหัสการขนส่ง
2) การทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานที่ในระบบ
3) การทดสอบเมื่อมีลักษณะการกระจายตัวของสถานที่เป็นเกณฑ์
4) การทดสอบเมื่อค่าความจุของแต่ละรหัสการขนส่งเป็นเกณฑ์
5) การทดสอบเมื่อแบ่งตามวิธีการจัดเส้นทาง

4.4.1 การทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนรหัสการขนส่ง

ส่วนนี้ใช้จำนวนรหัสการขนส่งเป็นเกณฑ์ เพื่อสร้างตัวอย่างทดสอบโดยคำถามในการทดสอบ คือ จำนวนรหัสการขนส่งที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลอย่างไรต่อคุณภาพของคำตอบ (ระยะทางที่สามารถลดลงจากเส้นทางเริ่มต้นของระบบ) ซึ่งการเปรียบเทียบคำตอบนั้นอาศัยชุด

ข้อมูลทั้งหมด 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยข้อมูล 50 ตัวอย่าง โดยที่ชุดข้อมูลที่ 2 จะเป็นชุดข้อมูลที่ได้จากการนำชุดข้อมูลที่ 1 มาทำการขยายข้อมูลความต้องการการขนส่งเป็น 2 เท่า และชุดข้อมูลที่ 3 จะเป็นชุดข้อมูลที่ได้จากการนำชุดข้อมูลที่ 1 มาขยายเพิ่มในส่วนของข้อมูลความต้องการการขนส่งเป็น 3 เท่า โดยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลความต้องการการขนส่งจะทำการจัดเส้นทางใหม่รายละเอียดของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 รายละเอียดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนรหัสการขนส่ง

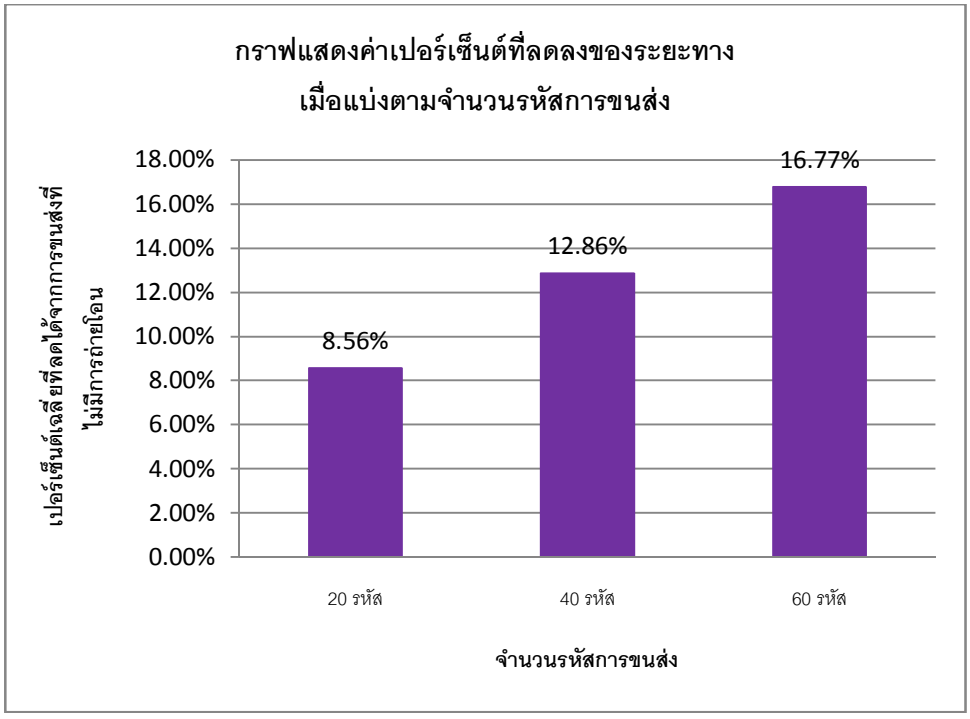
รายละเอียด	ชุดข้อมูลที่ 1	ชุดข้อมูลที่ 2	ชุดข้อมูลที่ 3
จำนวนข้อมูลความต้องการการขนส่ง(หน่วย : รหัสการขนส่ง)	20 (แบบสุ่ม)	40 (แบบสุ่ม)	60 (แบบสุ่ม)
จำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ (หน่วย : ตัวอย่าง)	50	50	50
จำนวนสถานที่ในระบบ (หน่วย : สถานที่)	5, 10, 15, 20, 25	5, 10, 15, 20, 25	5, 10, 15, 20, 25
จำนวนยานพาหนะในระบบ (หน่วย : คัน)	6	6	6
ค่าความจุของรหัสการขนส่ง	น้อยกว่าหรือเท่ากับความจุสูงสุดของยานพาหนะ (แบบสุ่ม)		

การหาคำตอบจากการทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนรหัสการขนส่ง เป็นการเปรียบเทียบคำตอบโดยวิธีการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งและวิธีการขนส่งที่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งจากฮิวริสติก (รายละเอียดของผลลัพธ์แสดงในภาคผนวก ข) โดยผู้วิจัยได้หาเปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาคำตอบจาก

- เปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาคำตอบสำหรับการทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนรหัสการขนส่ง

$$= \frac{\text{คำตอบจากการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอน} - \text{คำตอบจากการขนส่งมีการถ่ายโอน}}{\text{คำตอบจากการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอน}} \times 100$$

ผลการคำนวณของโปรแกรมตามขั้นตอนฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแผนการขนส่งปกติที่ไม่มีการถ่ายโอน โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดที่มีจำนวนข้อมูลความต้องการการขนส่งที่แตกต่างกันแสดงดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางเมื่อแบ่งตามจำนวนรหัสการขนส่ง

จากภาพแสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ระยะทางที่ลดลงจากวิธีฮิวริสติกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเทียบกับการขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการถ่ายโอนแบ่งตามจำนวนรหัสการขนส่ง สังเกตได้ว่าเมื่อมีจำนวนรหัสการขนส่งเพิ่มมากขึ้นระยะทางที่ลดได้จะสูงขึ้นด้วยเหตุผลหนึ่งเนื่องจากวิธีฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นมานี้ใช้ข้อมูลเส้นทางการขนส่งที่มีอยู่แล้ว มาทำการปรับปรุง เมื่อมีรหัสการขนส่งที่มากส่งผลให้มีเส้นทางเดินรถที่มากและมีความหลากหลาย เป็นการเปิดโอกาสสำหรับการปรับปรุงเส้นทางให้มีมากขึ้นตามไปด้วยดังนั้นรหัสการขนส่งที่เพิ่มมากมีผลต่อระยะทางที่สามารถลดลงได้ โดยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางที่มีการถ่ายโอนจากวิธีการฮิวริสติกที่พัฒนาเท่ากับ 12.73% เมื่อเทียบกับการขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการถ่ายโอน

4.4.2 การทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานที่ในระบบ

ส่วนนี้ใช้เกณฑ์จำนวนสถานที่เพื่อสร้างตัวอย่าง โดยคำถามการทดสอบ คือ จำนวนสถานที่ที่มีความเหมาะสมต่อฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นควรมีขนาดเท่าไร ซึ่งการทดสอบเป็นการเปรียบเทียบคำตอบโดยมีข้อมูลทั้งหมด 5 ชุด ซึ่งแต่ละชุดประกอบด้วยข้อมูล 30 ตัวอย่าง โดยชุดข้อมูลที่ 2 จะเป็นชุดข้อมูลที่มีจำนวนสถานที่ในระบบมากกว่าชุดข้อมูลที่ 1 (ชุดข้อมูลที่ 1 มีจำนวนสถานที่ในระบบ 5 สถานที่) 2 เท่า (ชุดข้อมูลที่ 2 มีจำนวนสถานที่ในระบบ 10 สถานที่) ซึ่งข้อมูลสถานที่สำหรับชุดข้อมูลใหม่ แตกต่างจากชุดข้อมูลเดิมและเปลี่ยนแปลงข้อมูลความต้องการการขนส่งให้สอดคล้องกับจำนวนสถานที่ในระบบทำวิธีการดังกล่าวกับชุดข้อมูลที่เหลืออีก 3 ชุด ได้แก่ ชุดข้อมูลที่ 3, 4 และ 5 มีสถานที่ในระบบ 15, 20 และ 25 ตามลำดับ แต่ละชุดข้อมูลประกอบด้วยจำนวนรหัสการขนส่งที่ 20, 40, 60 รหัสการขนส่ง โดยแต่ละจำนวนรหัสการขนส่ง มี 10 ตัวอย่างโดยแต่ละข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจำนวนสถานที่หรือความต้องการการขนส่งจะทำการจัดเส้นทางใหม่ รายละเอียดของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 รายละเอียดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานที่ในระบบ

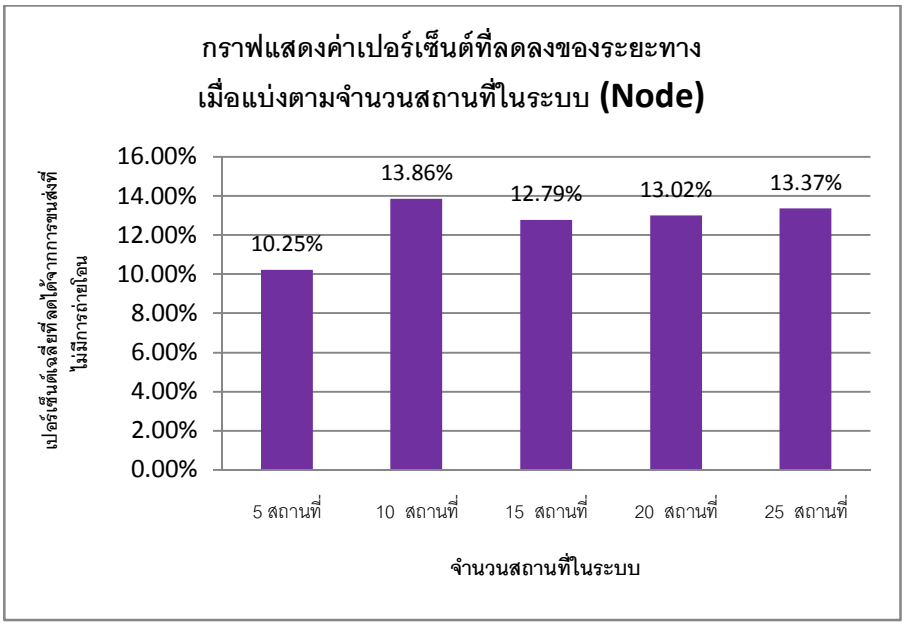
รายละเอียด	ชุดข้อมูลที่ 1	ชุดข้อมูลที่ 2	ชุดข้อมูลที่ 3	ชุดข้อมูลที่ 4	ชุดข้อมูลที่ 5
จำนวนข้อมูลความต้องการการขนส่ง (หน่วย :รหัสการขนส่ง)	20, 40, 60 (แบบสุ่ม)	20, 40, 60 (แบบสุ่ม)	20, 40, 60 (แบบสุ่ม)	20, 40, 60 (แบบสุ่ม)	20, 40, 60 (แบบสุ่ม)
จำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ (หน่วย : ตัวอย่าง)	30	30	30	30	30
จำนวนสถานที่ในระบบ (หน่วย : สถานที่)	5 (แบบสุ่ม)	10 (แบบสุ่ม)	15 (แบบสุ่ม)	20 (แบบสุ่ม)	25 (แบบสุ่ม)
จำนวนยานพาหนะในระบบ(หน่วย : คัน)	6	6	6	6	6
ค่าความจุของรหัสการขนส่ง	น้อยกว่าหรือเท่ากับความจุสูงสุดของยานพาหนะ (แบบสุ่ม)				

การหาคำตอบจากการทดสอบเมื่อตามจำนวนสถานที่ในระบบ เป็นการเปรียบเทียบคำตอบโดยวิธีการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งและวิธีการขนส่งที่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งจากฮิวริสติก (รายละเอียดของผลลัพธ์แสดงใน ภาคผนวก ข) โดยผู้วิจัยได้หาเปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาคำตอบจาก

- เปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาคำตอบสำหรับการทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานที่ในระบบ

$$= \frac{\text{คำตอบจากการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอน} - \text{คำตอบจากการขนส่งมีการถ่ายโอน}}{\text{คำตอบจากการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอน}} \times 100$$

ผลการคำนวณของโปรแกรมตามขั้นตอนฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแผนการขนส่งปกติที่ไม่มีการถ่ายโอน โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดที่มีจำนวนข้อมูลสถานที่ในระบบที่แตกต่างกันแสดงดังภาพที่ 4.14



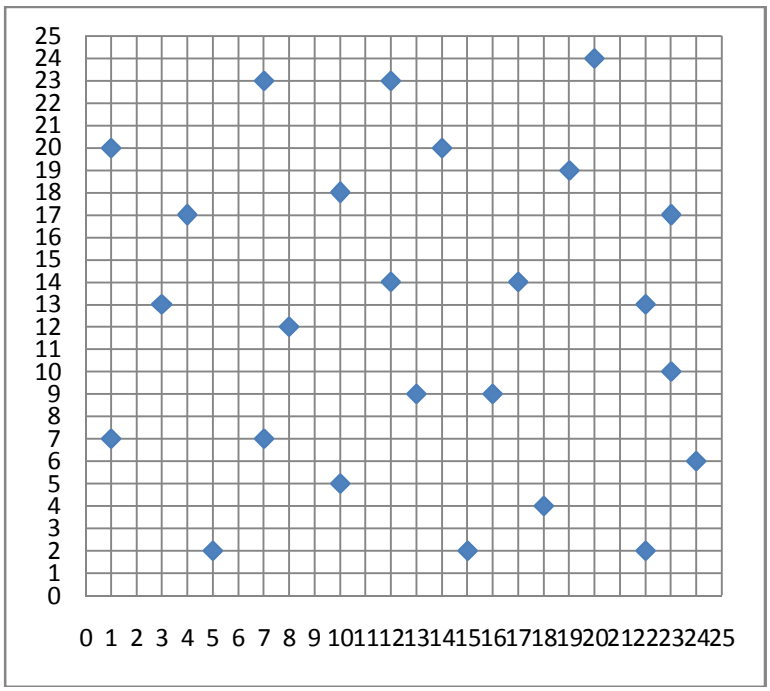
ภาพที่ 4.14 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานที่ในระบบ

จากภาพแสดงถึงผลลัพธ์ของค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางจากการทดสอบพบว่าเมื่อจำนวนสถานที่ในระบบเพิ่มมากขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางมีการ

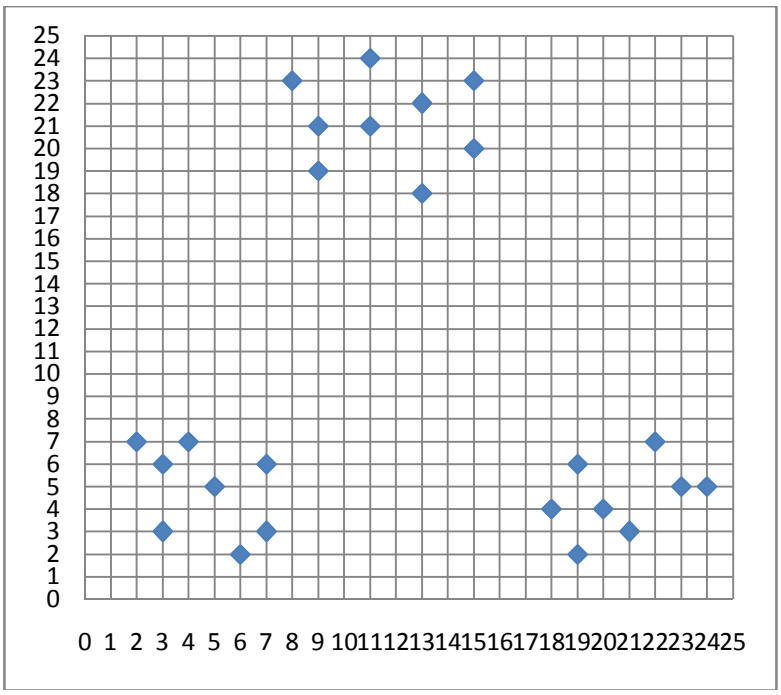
เปลี่ยนแปลงแบบไม่มีแนวโน้ม หรือการเพิ่มขึ้นของจำนวนสถานที่ในระบบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการลดลงของระยะทางโดยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางที่มีการถ่ายโอนจากวิธีการฮิวริสติกที่พัฒนาเท่ากับ 12.66% เมื่อเทียบกับการขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการถ่ายโอน ดังนั้นฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสมต่อจำนวนสถานที่ทั้ง 5 รูปแบบที่ใช้ในการทดสอบ

4.4.3 การทดสอบเมื่อมีลักษณะการกระจายตัวของสถานที่เป็นเกณฑ์

ส่วนนี้ใช้เกณฑ์ลักษณะการกระจายตัวของสถานที่เพื่อสร้างตัวอย่าง โดยคำถามการทดสอบ คือ ลักษณะการกระจายตัวแบบสุ่มไม่มีทิศทางหรือแบบจับกลุ่มที่มีความเหมาะสมต่อฮิวริสติก การเปรียบเทียบคำตอบอาศัยชุดข้อมูลทั้งหมด 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยข้อมูล 30 ตัวอย่าง แต่ละชุดข้อมูลมีจำนวนสถานที่ในระบบเท่ากันและมีค่าเฉลี่ยของเวลาเดินทางระหว่างสถานที่เท่ากันแต่มีการกระจายตัวของสถานที่แตกต่างกัน ลักษณะการกระจายตัวของสถานที่ชุดข้อมูลที่ 1 เป็นแบบสุ่มไม่มีทิศทาง แสดงดังภาพที่ 4.15 และลักษณะการกระจายตัวของสถานที่ชุดข้อมูลที่ 2 เป็นแบบรวมกลุ่ม แสดงดังภาพที่ 4.16 ซึ่งแต่ละชุดข้อมูลประกอบด้วยจำนวน 20, 40, 60 รหัสการขนส่ง แต่ละจำนวนรหัสการขนส่งมี 10 ตัวอย่างโดยแต่ละข้อมูล เมื่อมีเปลี่ยนแปลงข้อมูลสถานที่หรือความต้องการการขนส่งจะทำการจัดเส้นทางใหม่ รายละเอียดของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.12



ภาพที่ 4.15 ลักษณะการกระจายตัวของสถานที่ชุดข้อมูลที่ 1



ภาพที่ 4.16 ลักษณะการกระจายตัวของสถานที่ชุดข้อมูลที่ 2

ตารางที่ 4.12 รายละเอียดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบตามลักษณะการกระจายตัวของสถานที่

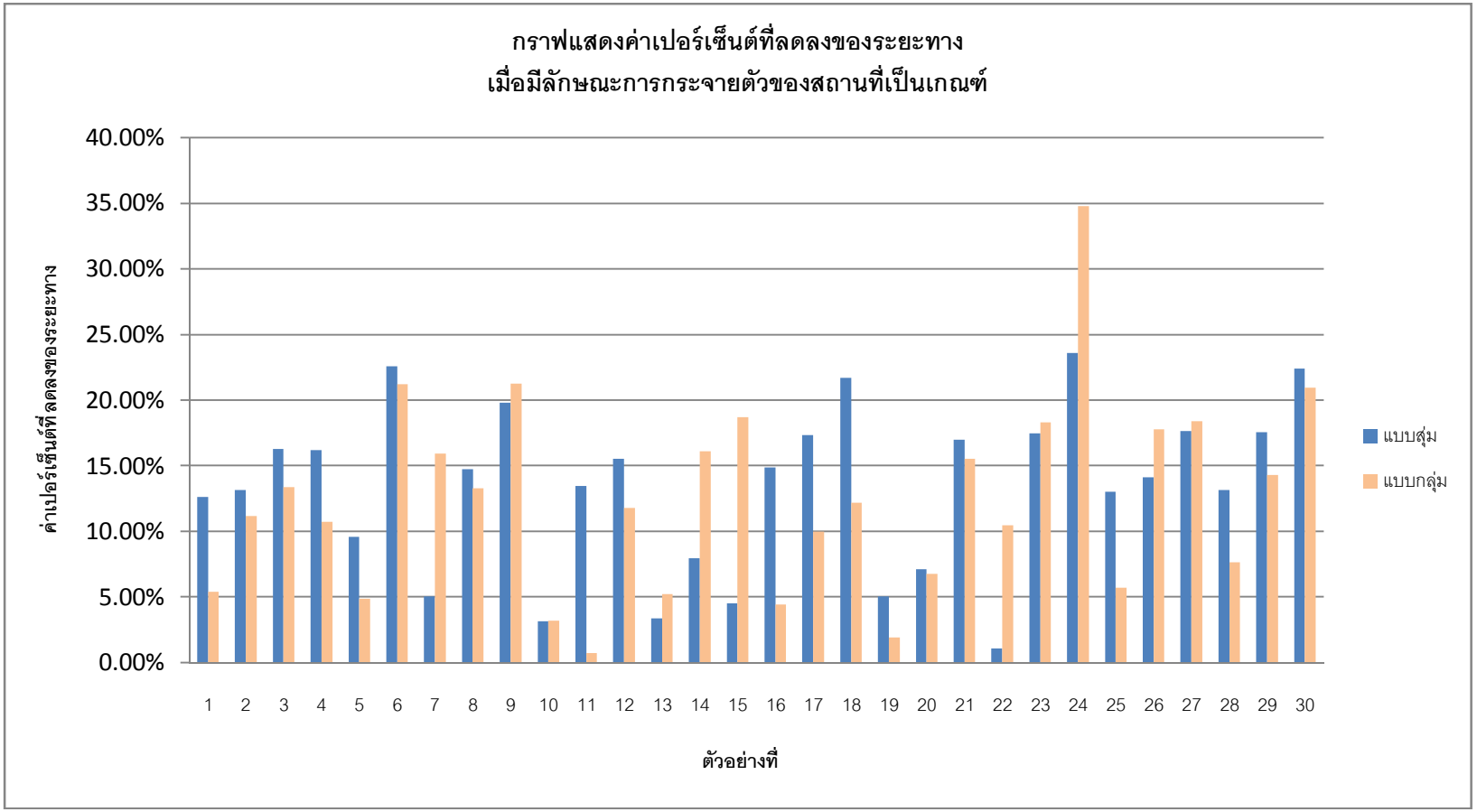
รายละเอียด	ชุดข้อมูลที่ 1 (random)	ชุดข้อมูลที่ 2 (group)
จำนวนข้อมูลความต้องการการขนส่ง (หน่วย : รหัสการขนส่ง)	20, 40, 60 (แบบสุ่ม)	20, 40, 60 (แบบสุ่ม)
จำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ(หน่วย : ตัวอย่าง)	30	30
จำนวนสถานที่ในระบบ(หน่วย : สถานที่)	25 (แบบสุ่ม)	25 (แบบกลุ่ม)
จำนวนยานพาหนะในระบบ(หน่วย : คัน)	6	6
ค่าความจุของรหัสการขนส่ง	น้อยกว่าหรือเท่ากับความจุสูงสุดของยานพาหนะ(แบบสุ่ม)	

การหาคำตอบจากการทดสอบเมื่อลักษณะการกระจายตัวของสถานที่แตกต่างกันเป็นการเปรียบเทียบคำตอบโดยวิธีการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งและวิธีการขนส่งที่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งจากฮิวริสติก (รายละเอียดของผลลัพธ์แสดงใน ภาคผนวก ข) โดยผู้วิจัยได้หาเปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาคำตอบจาก

- เปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาคำตอบสำหรับการทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานที่ในระบบ

$$= \frac{\text{คำตอบจากการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอน} - \text{คำตอบจากการขนส่งมีการถ่ายโอน}}{\text{คำตอบจากการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอน}} \times 100$$

ผลการคำนวณของโปรแกรมตามขั้นตอนฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแผนการขนส่งปกติที่ไม่มีการถ่ายโอน โดยค่าของข้อมูลแต่ละชุดมีลักษณะการกระจายตัวของสถานที่แตกต่างกันแสดงดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางตามลักษณะการกระจายตัวของสถานที่

จากภาพแสดงถึงผลลัพธ์ของค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางเมื่อมีลักษณะการกระจายตัวของสถานที่แตกต่างกัน ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่มีแนวโน้ม หรือลักษณะการกระจายตัวของสถานที่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการลดลงของระยะทางโดยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางที่มีการถ่ายโอนเมื่อมีลักษณะการกระจายตัวของสถานที่แบบสุ่มไม่มีทิศทางและแบบรวมกลุ่ม เท่ากับ 13.37% และ 12.41% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการถ่ายโอน ดังนั้นฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสมต่อลักษณะการกระจายตัวทั้ง 2 รูปแบบที่ใช้ในการทดสอบ

4.4.4 การทดสอบเมื่อค่าความจุของแต่ละรหัสการขนส่งเป็นเกณฑ์

ส่วนนี้ใช้เกณฑ์ความจุของรหัสการขนส่งเพื่อสร้างตัวอย่าง โดยคำถามการทดสอบ คือ ความจุของรหัสการขนส่งที่มีความเหมาะสมในการใช้ฮิวริสติกเป็นแบบใด ผู้วิจัยจึงเปรียบเทียบคำตอบโดยอาศัยชุดข้อมูลทั้งหมด 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยข้อมูล 10 ตัวอย่าง จากค่าความจุของรหัสการขนส่งน้อยกว่าหรือเท่ากับครึ่งของความจุสูงสุดของยานพาหนะและ 10 ตัวอย่างจากค่าความจุของรหัสการขนส่งมากกว่าครึ่งของความจุสูงสุดของยานพาหนะ โดยที่ชุดข้อมูลที่ 2 และ 3 เป็นชุดข้อมูลที่มีสถานที่รับและสถานที่ส่งรหัสการขนส่งแตกต่างจากชุดข้อมูลที่ 1 แต่ค่าความจุของความต้องการการขนส่งในแต่ละรหัสมีค่าเท่ากัน แต่ละข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของรหัสการขนส่งหรือความต้องการการขนส่ง (สถานที่รับและสถานที่ส่งรหัสการขนส่งเปลี่ยนแปลง) จะทำการจัดเส้นทางใหม่ รายละเอียดของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 รายละเอียดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบตามค่าความจุของแต่ละรหัสการขนส่ง

รายละเอียด	ชุดข้อมูลที่ 1	ชุดข้อมูลที่ 2	ชุดข้อมูลที่ 3
จำนวนข้อมูลความต้องการการขนส่ง	40 (แบบสุ่ม)	40 (แบบสุ่ม)	40 (แบบสุ่ม)
จำนวนตัวอย่างที่ทดสอบต่อเกณฑ์ความจุ (หน่วย : ตัวอย่าง)	10	10	10

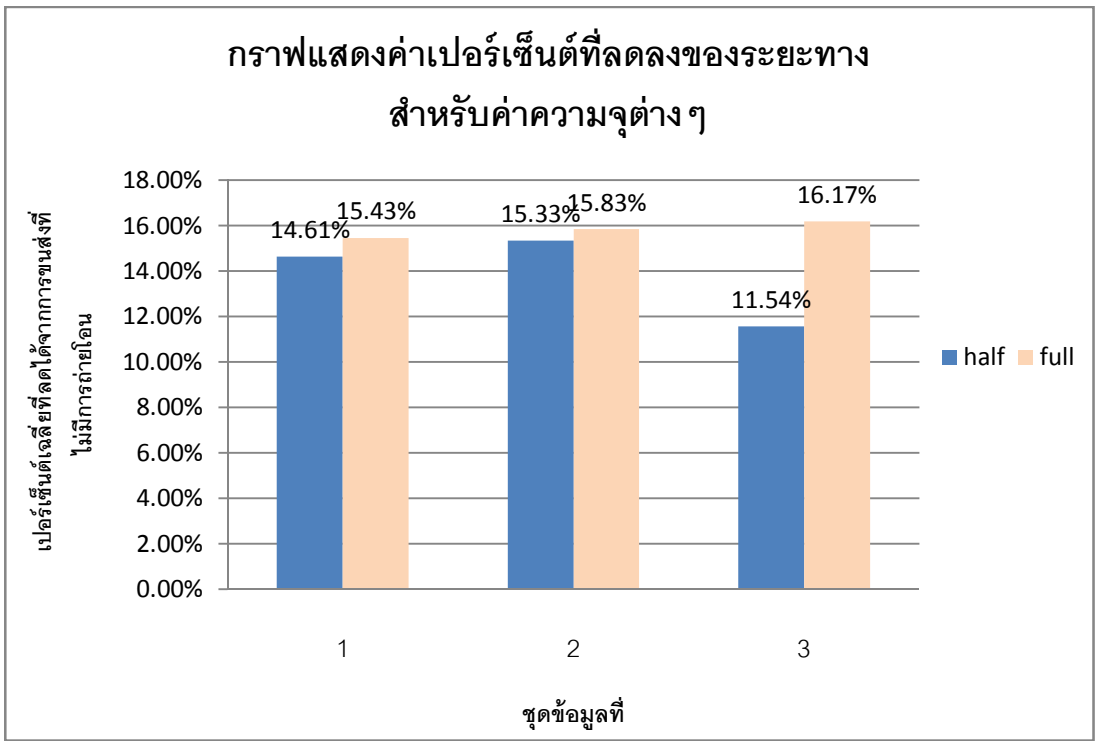
รายละเอียด	ชุดข้อมูลที่ 1	ชุดข้อมูลที่ 2	ชุดข้อมูลที่ 3
จำนวนสถานที่ในระบบ (หน่วย : สถานที่)	10	10	10
จำนวนยานพาหนะในระบบ (หน่วย : คัน)	6	6	6
ค่าความจุของรหัสการขนส่ง	น้อยกว่าหรือเท่ากับครึ่งของความจุสูงสุดของยานพาหนะ(half, แบบสุ่ม)		
	มากกว่าความจุสูงสุดของยานพาหนะ(full, แบบสุ่ม)		

การหาคำตอบจากการทดสอบเมื่อค่าความจุของแต่ละรหัสการขนส่งแตกต่างกัน เป็นการเปรียบเทียบคำตอบโดยวิธีการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งและวิธีการขนส่งที่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งจากฮิวริสติก (รายละเอียดของผลลัพธ์แสดงใน ภาคผนวก ข) โดยผู้วิจัยได้หาเปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาคำตอบจาก

- เปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาคำตอบสำหรับการทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานที่ในระบบ

$$= \frac{\text{คำตอบจากการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอน} - \text{คำตอบจากการขนส่งมีการถ่ายโอน}}{\text{คำตอบจากการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอน}} \times 100$$

ผลการคำนวณของโปรแกรมตามขั้นตอนฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแผนการขนส่งปกติที่ไม่มีการถ่ายโอน โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดที่มีค่าความจุของแต่ละรหัสการขนส่งแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางตามค่าความจุของแต่ละรหัสการขนส่ง

จากภาพแสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ระยะทางที่ลดลงจากวิธีฮิวริสติกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเทียบกับการขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการถ่ายโอน โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างค่าความจุที่แตกต่างกัน พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของระยะทางที่ลดลงของชุดข้อมูลที่มีค่าความจุของรหัสการขนส่งมากกว่าครึ่งของความจุสูงสุดของยานพาหนะ (ความจุ>0.5ของยานพาหนะ) มีแนวโน้มสูงกว่าชุดข้อมูลที่มีค่าความจุของรหัสการขนส่งน้อยกว่าหรือเท่ากับครึ่งของความจุสูงสุดของยานพาหนะ (ความจุ≤0.5ของยานพาหนะ)เหตุผลหนึ่งเนื่องจากรหัสการขนส่งที่มีค่าความจุมากกว่าครึ่งของความจุสูงสุดของยานพาหนะมีโอกาสในการดำเนินการขนส่งได้น้อยกว่าเพียงครั้งละรหัสเท่านั้นเสมอและส่วนใหญ่ไม่สามารถดำเนินการขนส่งพร้อมกันหลายรหัสได้ ดังนั้นค่าความจุของรหัสการขนส่งมีผลต่อระยะทางที่สามารถลดลงได้ โดยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางของข้อมูลที่มีค่าความจุของรหัสการขนส่งมากกว่าครึ่งของความจุสูงสุดและข้อมูลที่ค่าความจุของรหัสการขนส่งน้อยกว่าหรือเท่ากับครึ่งของความจุสูงสุดของยานพาหนะเท่ากับ 15.81% และ13.83% เมื่อเทียบกับการขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการถ่ายโอนตามลำดับ

4.4.5 การทดสอบเมื่อแบ่งตามวิธีการจัดเส้นทาง

ส่วนนี้ใช้เกณฑ์วิธีการจัดเส้นทางเพื่อสร้างตัวอย่าง โดยคำถามการทดสอบ คือ วิธีการจัดเส้นทางแบบใดที่ให้ค่าของคุณภาพคำตอบที่ดี ซึ่งการเปรียบเทียบคำตอบจะอาศัยชุดข้อมูลทั้งหมด 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยข้อมูล 30 ตัวอย่าง โดยแต่ละชุดข้อมูลมีจำนวนสถานที่ในระบบแตกต่างกัน และทำการทดสอบแต่ละชุดข้อมูลด้วย 3 วิธีการที่แตกต่างกัน คือ

1) วิธีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าโดยการถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะ หมายถึง วิธีการถ่ายโอนสินค้าที่ไม่มีการอนุญาตให้ทำการพักสินค้าไว้ในสถานที่ใดเลยระหว่างการขนส่ง แต่อนุญาตให้สามารถถ่ายโอนสินค้าได้เมื่อยานพาหนะทั้ง 2 คัน มาพบกันในสถานที่ที่อนุญาตให้สามารถทำการถ่ายโอนได้ กล่าวคือ ไม่มีการนำสินค้ามาพักไว้ในสถานที่แต่อาจมีการพักสินค้าไว้บนยานพาหนะระหว่างรอยานพาหนะอีกคันหนึ่งมาเพื่อการถ่ายโอนโดยได้นำฮิวริสติกของโสภา คู่สมรัตน์และ ปวีณา เชาวลิตวงศ์ (2555) มาเพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบนี้
2) วิธีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าโดยฮิวริสติกจากงานวิจัยแต่อนุญาตให้มีการถ่ายโอนสินค้าเพียงครั้งเดียวต่อรหัสการขนส่งหนึ่งหมายถึง วิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอฮิวริสติกในการหาคำตอบจากงานวิจัยนี้ โดยเป็นวิธีการถ่ายโอนสินค้าที่มีการอนุญาตให้ทำการพักสินค้าไว้ในสถานที่พักสินค้าระหว่างการขนส่งได้แต่ทำการถ่ายโอนสินค้าได้เพียงครั้งเดียวต่อรหัสการขนส่งหนึ่ง
3) วิธีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าโดยฮิวริสติกจากงานวิจัย หมายถึง วิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอฮิวริสติกในการหาคำตอบจากงานวิจัยนี้ โดยเป็นวิธีการถ่ายโอนสินค้าที่มีการอนุญาตให้ทำการพักสินค้าไว้ในสถานที่พักสินค้าระหว่างการขนส่งได้ (สามารถทำการถ่ายโอนได้สูงสุด 2 ครั้งต่อรหัสการขนส่งหนึ่ง)

แต่ละชุดข้อมูลประกอบด้วยจำนวนรหัสการขนส่ง 20, 40, 60 รหัสการขนส่ง โดยแต่ละจำนวนรหัสประกอบด้วย 10 ตัวอย่าง รายละเอียดของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 รายละเอียดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเมื่อแบ่งตามวิธีการจัดเส้นทาง

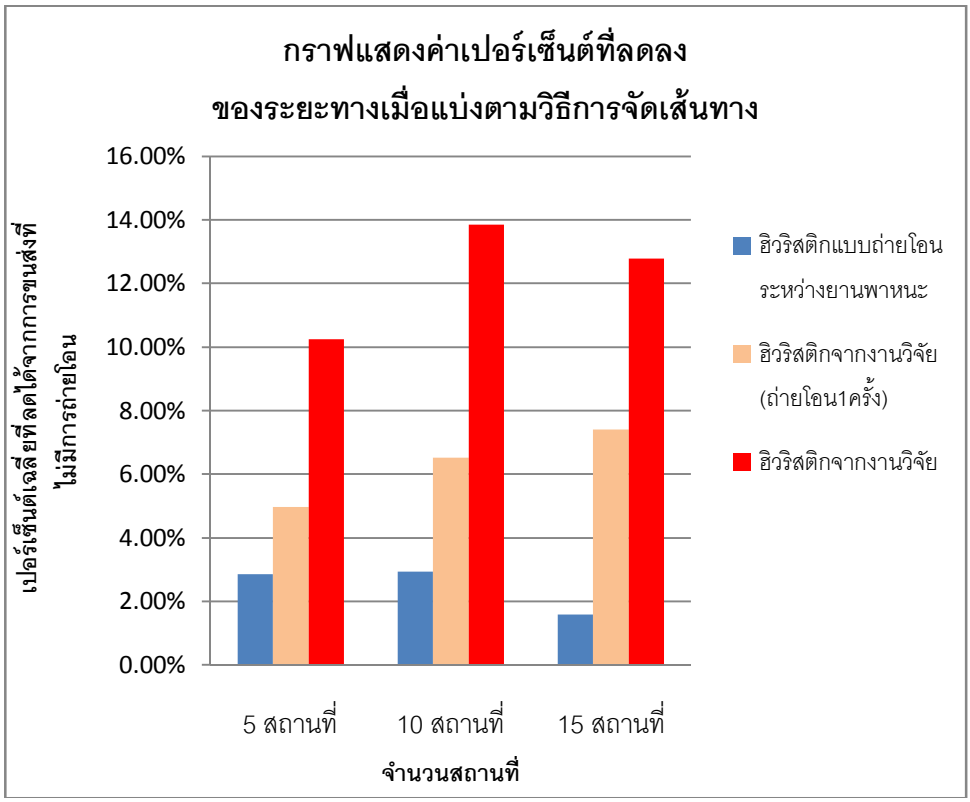
รายละเอียด	ชุดข้อมูลที่ 1	ชุดข้อมูลที่ 2	ชุดข้อมูลที่ 3
จำนวนข้อมูลความต้องการการขนส่ง (หน่วย : รหัสการขนส่ง)	20, 40, 60 (แบบสุ่ม)	20, 40, 60 (แบบสุ่ม)	20, 40, 60 (แบบสุ่ม)
จำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ (หน่วย : ตัวอย่าง)	30	30	30
จำนวนสถานที่ในระบบ (หน่วย : สถานที่)	5	10	15
จำนวนยานพาหนะในระบบ (หน่วย : คัน)	6	6	6
ค่าความจุของรหัสการขนส่ง	น้อยกว่าหรือเท่ากับความจุสูงสุดของยานพาหนะ (แบบสุ่ม)		

การหาคำตอบจากการทดสอบเมื่อวิธีการจัดเส้นทางแตกต่างกันเป็นการเปรียบเทียบคำตอบโดยการหาผลต่างของระยะทางการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่งและวิธีการขนส่งที่มีการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง และนำค่าผลต่างแปลงเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงจากการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอน (รายละเอียดของผลลัพธ์แสดงใน ภาคผนวก ข)โดยผู้วิจัยได้หาเปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาคำตอบจาก

- เปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาคำตอบสำหรับการทดสอบเมื่อแบ่งตามวิธีการจัดเส้นทาง

$$= \frac{\text{คำตอบจากการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอน–คำตอบจากการขนส่งมีการถ่ายโอน}}{\text{คำตอบจากการขนส่งที่ไม่มีการถ่ายโอน}} \times 100$$

ผลการคำนวณของโปรแกรมตามขั้นตอนฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแผนการขนส่งที่ใช้วิธีการถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะและแผนการขนส่งที่ใช้วิธีฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นแต่มีการถ่ายโอนเพียงครั้งเดียว โดยค่าของข้อมูลแต่ละชุดที่มีเปอร์เซ็นต์ผลต่างแสดงดังภาพที่ 4.19



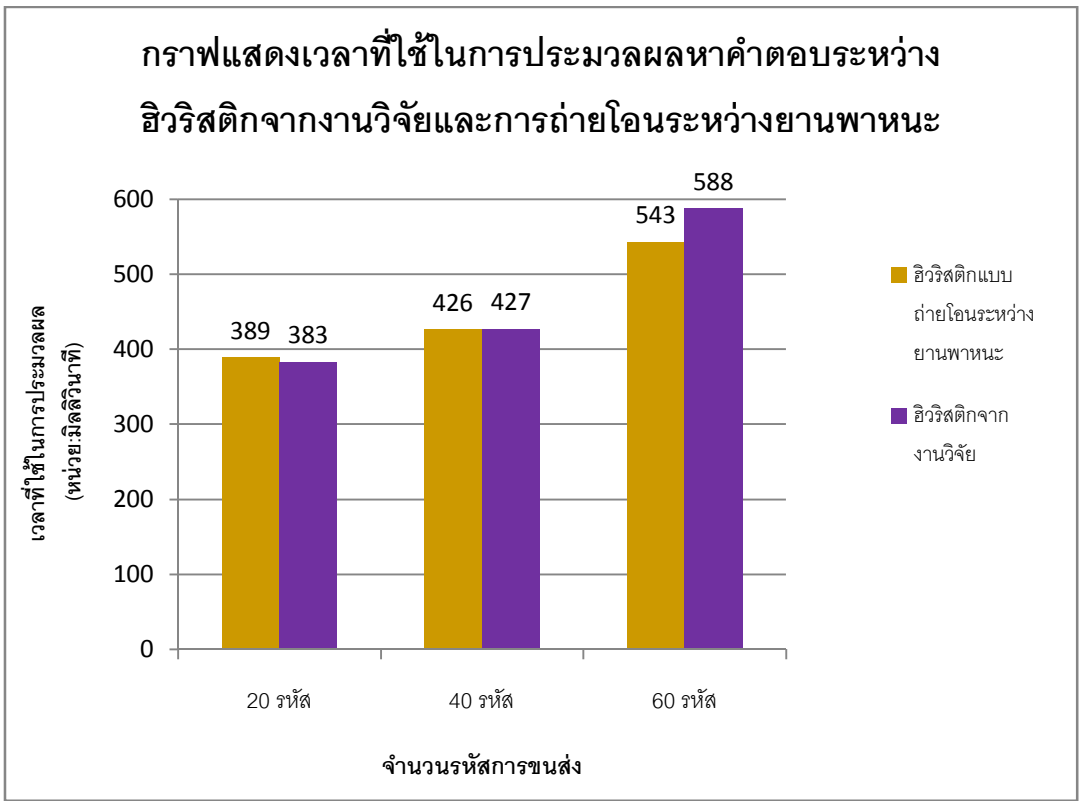
ภาพที่ 4.19 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางเมื่อแบ่งตามวิธีการจัดเส้นทาง

จากภาพแสดงถึงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ระยะทางที่ลดลงจากวิธีฮิวริสติกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเทียบกับการขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการถ่ายโอน โดยการถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะเทียบกับเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางจากวิธีการฮิวริสติกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทั้ง 2 รูปแบบ พบว่าฮิวริสติกที่ผู้วิจัยพัฒนาสามารถลดระยะทางได้สูงกว่าการถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะ เนื่องจากการถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะจำเป็นต้องใช้ยานพาหนะอย่างน้อย 2 คัน จึงสามารถถ่ายโอนได้และยานพาหนะทั้ง 2 นั้นจำเป็นต้องรอซึ่งกันและกัน ทำให้สูญเสียโอกาสในการถ่ายโอนบางส่วนไปขณะที่การถ่ายโอนด้วยฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นใช้การพักสินค้า จึงไม่มี

ความจำเป็นที่ต้องรอยานพาหนะที่จะมารับสินค้าต่อ โดยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของระยะทางของข้อมูลที่มีการถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะและการถ่ายโอนด้วยฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นแบบถ่ายโอนเพียงครั้งเดียว และการถ่ายโอนด้วยฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นแบบถ่ายโอนได้ 2 ครั้ง เท่ากับ 2.47% 6.30% และ 12.30% เมื่อเทียบกับการขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการถ่ายโอนตามลำดับ

นอกจากนี้การถ่ายโอนด้วยฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นแบบถ่ายโอนเพียงครั้งเดียวมีแนวโน้มค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ระยะทางที่ลดลงจากวิธีฮิวริสติกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเทียบกับการขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการถ่ายโอนสูงขึ้นตามจำนวนสถานที่ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการอนุญาตให้มีการถ่ายโอนเพียงครั้งเดียวต่อรหัสการขนส่งหนึ่งจะสามารถพักสินค้าได้เพียงหนึ่งครั้ง การลดลงของระยะทางจึงขึ้นอยู่กับการเลือกสถานที่พักสินค้า เมื่อมีจำนวนสถานที่มากทำให้มีโอกาสในการถ่ายโอนมาก ในขณะที่การถ่ายโอนด้วยฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นแบบถ่ายโอนได้ 2 ครั้ง สามารถพักสินค้าได้ 2 ครั้ง การลดลงของระยะทางจึงไม่ขึ้นอยู่กับการเลือกสถานที่พักสินค้า แต่เป็นการเลือกเส้นทางให้มีความเหมาะสม ดังนั้นสำหรับการถ่ายโอนสินค้าเพียงครั้งเดียวจำนวนสถานที่ในระบบจึงมีผลต่อการลดลงของระยะทาง

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลระหว่างวิธีการทั้ง 2 (ฮิวริสติกจากงานวิจัยและฮิวริสติกของโสภา คู่สมรัตน์และ ปวีณา เชาวลิตวงศ์ (2555): การถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะ) ดังแสดงในภาพที่ 4.20 พบว่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผล โดยฮิวริสติกของโสภา คู่สมรัตน์และ ปวีณา เชาวลิตวงศ์ (2555)และฮิวริสติกจากงานวิจัยนี้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 452 และ 465 มิลลิวินาที ตามลำดับ ซึ่งฮิวริสติกที่มีการถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะนั้นใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่าวิธีการฮิวริสติกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เฉลี่ย 13 มิลลิวินาที หรือ 0.013 วินาที นอกจากนั้นเมื่อมีจำนวนรหัสการขนส่งเพิ่มมากขึ้นเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของทั้ง 2 วิธีการ มีแนวโน้มสูงขึ้น



ภาพที่ 4.20 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลระหว่างวิธีการจัดเส้นทาง

4.4.6 สรุปผลจากการการทดสอบ

จากการทดสอบทั้ง 5 ที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าฮิวริสติกพัฒนาขึ้นซึ่งเป็นการถ่ายโอนรหัสการขนส่งที่มีการพักสินค้า สามารถช่วยลดระยะทางจากการจัดเส้นทางปกติที่ไม่มีการถ่ายโอนได้ โดยเปอร์เซ็นต์การลดของระยะทางนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

1) เส้นทางเบื้องต้นที่ได้รับ
2) จำนวนของความต้องการการขนส่ง
3) ค่าความจุของแต่ละรหัสการขนส่งที่ถูกนำมาจัดในระบบ
4) จำนวนครั้งที่อนุญาตให้สามารถถ่ายโอนได้

นอกจากนี้ฮิวริสติกพัฒนาขึ้นมีเปอร์เซ็นต์การลดของระยะทางสูงกว่าการถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะหรือการถ่ายโอนที่ไม่มีการพักสินค้าเฉลี่ย 9.83% และสูงกว่าการถ่ายโอนอนุญาตให้พักสินค้าได้เพียงครั้งเดียว 6.00% และมีเปอร์เซ็นต์การลดของระยะทางเมื่อเทียบกับเส้นทางปกติเฉลี่ย 12.36% จาก 510 ตัวอย่าง

บทที่ 5
การออกแบบระบบสารสนเทศ

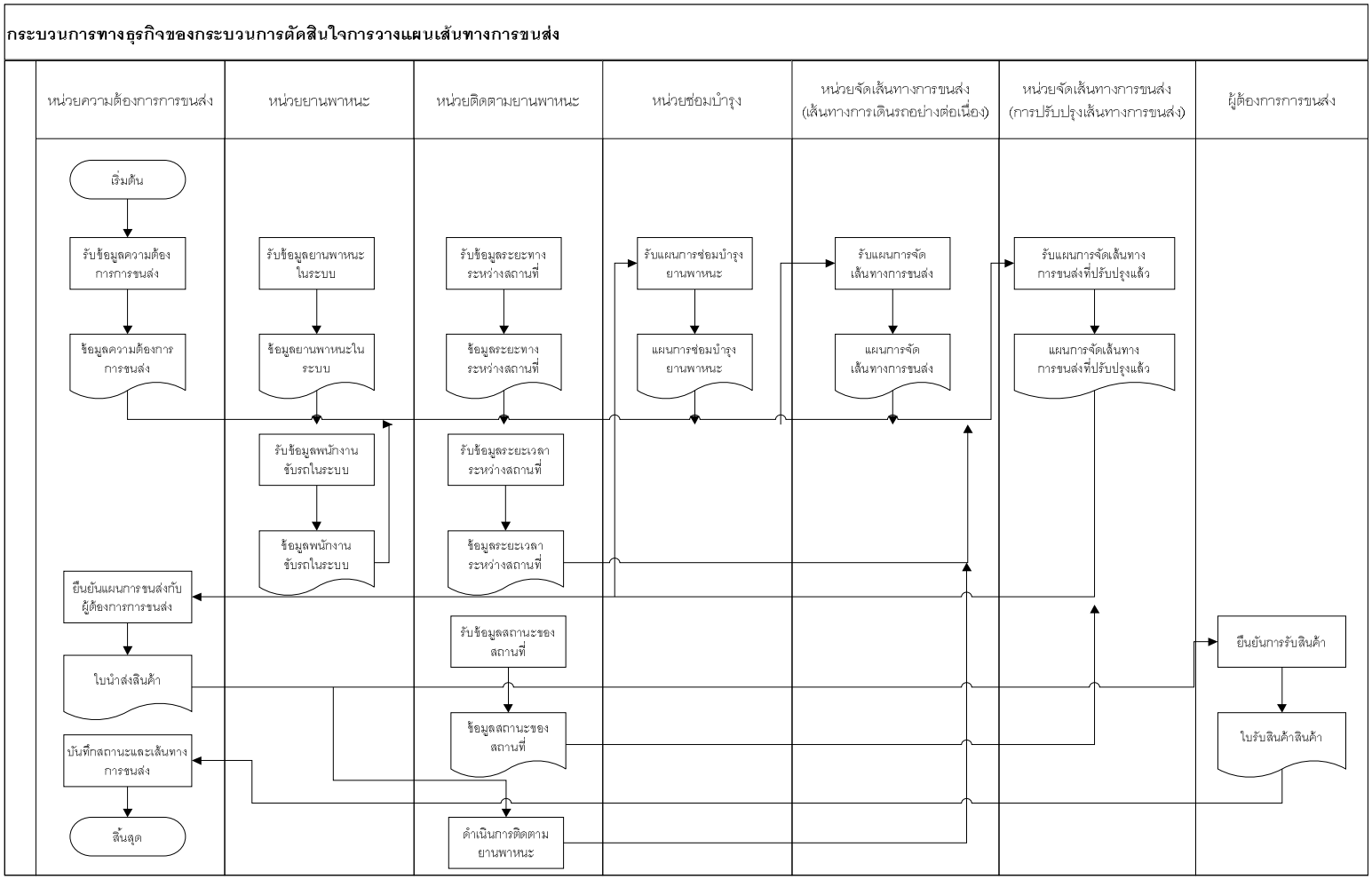
ระบบสารสนเทศสำหรับปรับปรุงแผนเส้นทางการขนส่งสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มเป็นระบบที่ต้องการการเชื่อมโยงกันของข้อมูลทั้งข้อมูลของการจัดเส้นทางการขนส่งและข้อมูลของผู้ต้องการการขนส่ง เช่น ข้อมูลของลูกค้า ข้อมูลของโรงงาน ข้อมูลของผู้รับจ้างผลิต เป็นต้น เพื่อให้ผู้ที่ใช้งานสามารถเข้าใจและดำเนินงานได้อย่างเป็นระบบไม่ก่อให้เกิดข้อผิดพลาด ข้อมูลที่รับเข้ามาของระบบนั้นเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความจำเป็นในการปฏิบัติงานของระดับปฏิบัติการในระบบ ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นนอกจากเป็นข้อมูลที่หน่วยแผนเส้นทางการขนส่งสินค้ายังจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่ได้รับจากหน่วยงานการซ่อมบำรุง และหน่วยงานยานพาหนะ เป็นต้นโดยการส่งต่อข้อมูลระหว่างหน่วยงานอธิบายแสดงดังแสดงในภาพที่ 5.1

ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการออกแบบระบบสารสนเทศสำหรับปรับปรุงแผนเส้นทางการขนส่งสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม เพื่อช่วยต่อการดำเนินงานของกระบวนการตัดสินใจการปรับปรุงแผนเส้นทางการขนส่งสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาและช่วยให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานโดยผู้ปฏิบัติงานจริงในอุตสาหกรรมหากมีการนำกระบวนการตัดสินใจการปรับปรุงแผนเส้นทางการขนส่งสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาไปใช้งาน

การออกแบบระบบสารสนเทศแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) ฐานข้อมูลของระบบ
2) หน้าจอการทำงานของผู้ใช้งาน

ระบบสารสนเทศแบ่งออกเป็น 2 ส่วนนี้เป็นระบบที่มีความเชื่อมโยงกันโดยหน้าจอการทำงานของผู้ใช้งานจะมีการดึงข้อมูลบ้างส่วนฐานข้อมูลของระบบไปใช้ในการแสดงผลเพื่อสร้างความเข้าใจและง่ายต่อการปฏิบัติงานของผู้ใช้งานซึ่งแสดงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป



ภาพที่ 5.1 กระบวนการทางธุรกิจของกระบวนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง

5.1 ฐานข้อมูลของระบบ

ฐานข้อมูลในระบบมีทั้งหมด 7 ฐานข้อมูลดังนี้

5.1.1 ระยะทางระหว่างสถานที่

ฐานข้อมูลของระยะทางระหว่างสถานที่ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รหัสระยะทางระหว่างสถานที่
- รหัสสถานที่เริ่มต้น
- รหัสสถานที่สุดท้าย
- ชื่อสถานที่เริ่มต้น
- ชื่อสถานที่สุดท้าย
- ระยะทางระหว่างสถานที่

5.1.2 ระยะเวลาระหว่างสถานที่

ฐานข้อมูลของระยะเวลาระหว่างสถานที่ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รหัสระยะเวลาระหว่างสถานที่
- รหัสสถานที่เริ่มต้น
- รหัสสถานที่สุดท้าย
- ชื่อสถานที่เริ่มต้น
- ชื่อสถานที่สุดท้าย
- เวลาที่ใช้เดินทางระหว่างสถานที่

5.1.3 สถานที่

ฐานข้อมูลของสถานที่ รับมาจากหน่วยรับความต้องการการขนส่ง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รหัสสถานที่
- ชื่อสถานที่
- รายละเอียด
- ที่อยู่
- เบอร์โทรศัพท์บริษัท
- ชื่อผู้ติดต่อ
- เบอร์ผู้ติดต่อ
- ละติจูด
- ลองจิจูด

5.1.4 ยานพาหนะที่มีอยู่ในระบบ

ฐานข้อมูลของยานพาหนะที่มีอยู่ในระบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รหัสยานพาหนะ
- ทะเบียนยานพาหนะ
- ประเภทยานพาหนะ
- ความจุในมิติของน้ำหนัก
- ความจุในมิติของปริมาตร
- วัน-เวลาที่เริ่มใช้งานได้
- สถานที่ที่เริ่มใช้งานได้
- สถานะ
- ต้นทุนแปรผัน

5.1.5 แผนการซ่อมบำรุง

ฐานข้อมูลของแผนการซ่อมบำรุง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รหัสแผนการซ่อมบำรุง
- รหัสยานพาหนะ
- ทะเบียนยานพาหนะ
- ประเภทยานพาหนะ
- วัน-เวลาที่เริ่มซ่อม
- วัน-เวลาที่ซ่อมเสร็จ
- สถานะการซ่อม
- สถานะข้อมูลระยะทางที่ใช้งานของยานพาหนะ
- สถานะข้อมูลระยะเวลาที่ใช้งานของยานพาหนะ
- สถานที่สุดท้ายที่ใช้งานได้
- สถานที่เริ่มทำงานได้

5.1.6 ความต้องการการขนส่ง

ฐานข้อมูลของความต้องการการขนส่ง รับมาจากหน่วยรับความต้องการการขนส่ง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รหัสการขนส่งสินค้า
- รหัสสถานที่รับสินค้า
- รหัสสถานที่ส่งสินค้า
- ชื่อสถานที่รับสินค้า
- ชื่อสถานที่ส่งสินค้า
- วัน-เวลาที่เริ่มดำเนินการ
- วัน-เวลาสุดท้ายของการดำเนินการ

- วันที่รับข้อมูลเข้าระบบ
- ผู้แจ้งการขนส่ง
- ปริมาณสินค้าในมิติของน้ำหนัก
- ปริมาณสินค้าในมิติของปริมาตร
- เวลาในการขนถ่ายสินค้า(loading)
- สถานะการทำงาน

5.1.7 เส้นทางการขนส่ง

ฐานข้อมูลของเส้นทางการขนส่ง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รหัสเส้นทางการขนส่ง
- รหัสสถานที่เริ่มต้น
- รหัสสถานที่สุดท้าย
- ชื่อสถานที่เริ่มต้น
- ชื่อสถานที่สุดท้าย
- วัน-เวลาที่เริ่มดำเนินการ
- วัน-เวลาสุดท้ายของการดำเนินการ
- รหัสการขนส่ง
- รหัสยานพาหนะ
- รายละเอียด

5.1.8 ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลและข้อมูลในระบบ

ฐานข้อมูลทั้ง 7 ที่กล่าวข้างต้น เป็นฐานข้อมูลที่ใช้สำหรับระบบการจัดเส้นทางเท่านั้น โดยความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลทั้ง 7 ฐานข้อมูล มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 5.2 สำหรับระบบวางแผนการขนส่งนั้น จะมีการเพิ่มฐานข้อมูลในส่วนของพนักงานขับรถและแผนมอบหมายงานให้พนักงานขับรถความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลทั้ง 9 ฐานข้อมูล มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 5.3

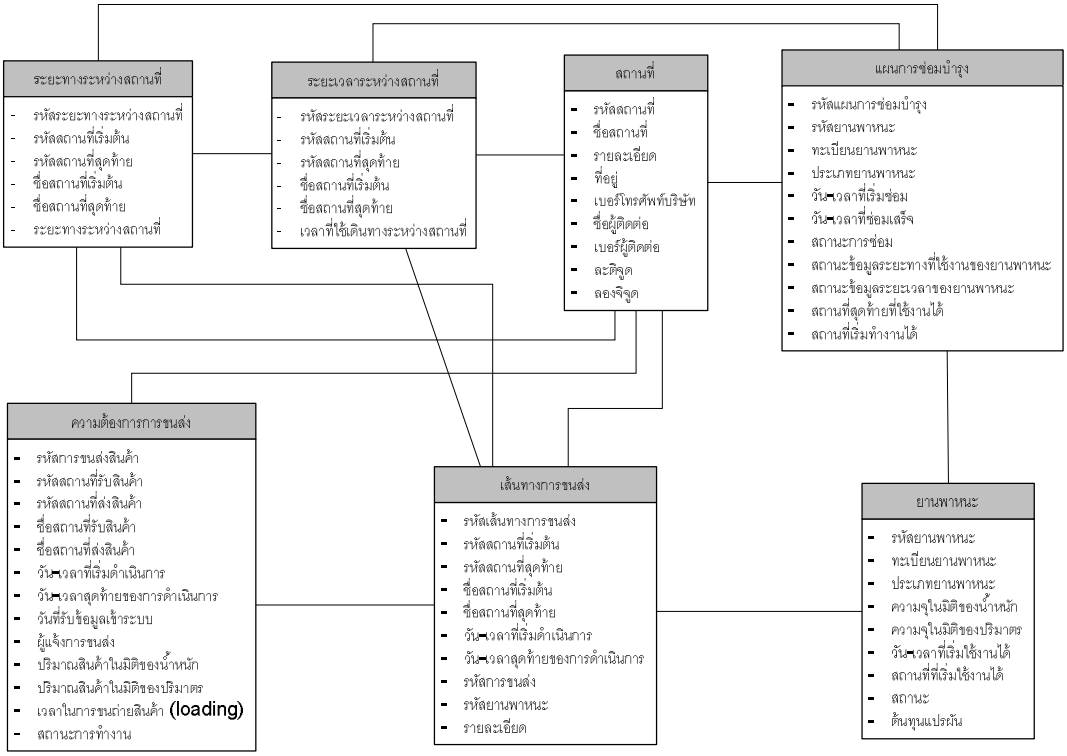
ฐานข้อมูลของพนักงานขับรถ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รหัสพนักงาน
- ชื่อพนักงาน
- นามสกุลพนักงาน
- เบอร์โทรศัพท์
- สถานะของพนักงาน
- วัน-เวลาที่เริ่มทำงานได้
- สถานที่ที่เริ่มทำงานได้

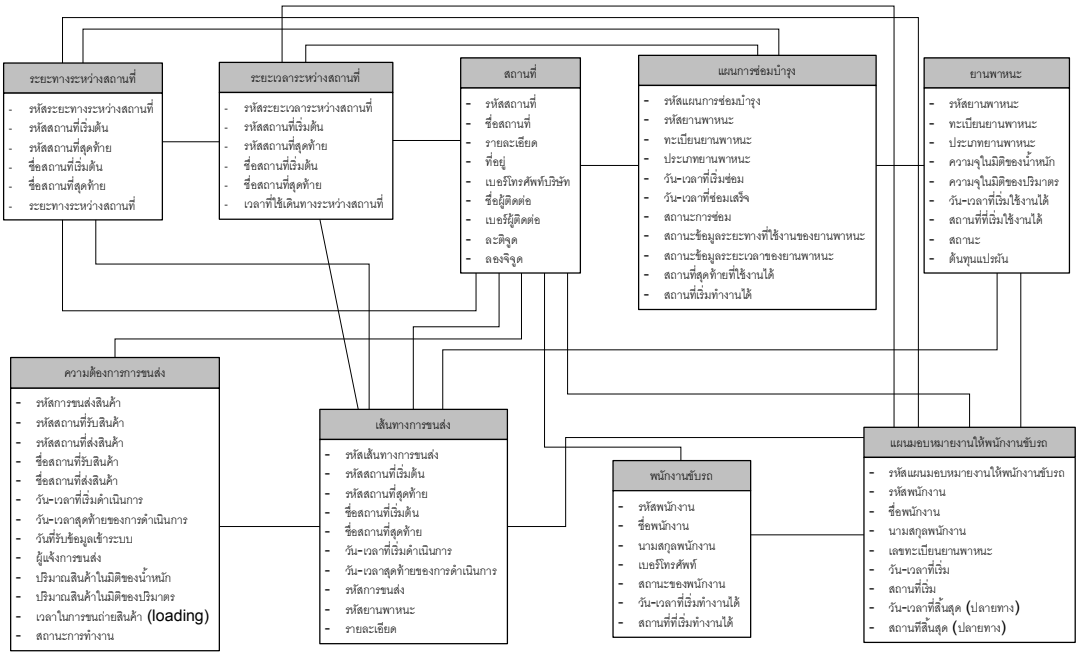
ฐานข้อมูลของแผนมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รหัสแผนมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ
- รหัสพนักงาน
- ชื่อพนักงาน
- นามสกุลพนักงาน
- เลขทะเบียนยานพาหนะ
- วัน-เวลาที่เริ่ม
- สถานที่เริ่ม
- วัน-เวลาที่สิ้นสุด (ปลายทาง)
- สถานที่สิ้นสุด (ปลายทาง)

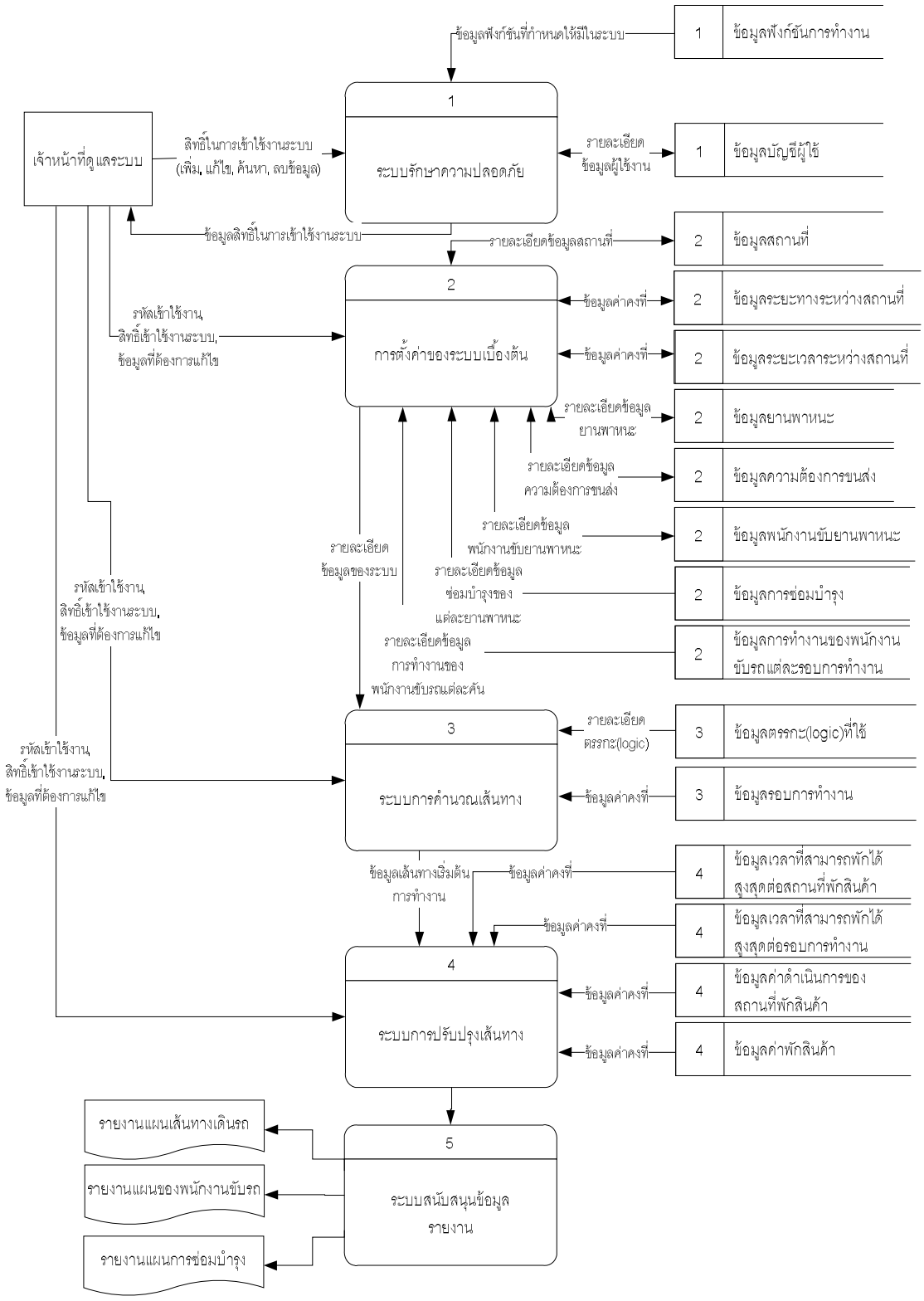
นอกจากนี้ความสัมพันธ์ของข้อมูลในระบบทั้งหมดผ่านฟังก์ชันการทำงานที่ออกแบบในงานวิจัยนี้ แสดงในภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างฐานข้อมูลในระบบ (การจัดเส้นทางเท่านั้น)



ภาพที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างฐานข้อมูลในระบบ (การวางแผนการขนส่ง)



ภาพที่ 5.4 แผนภาพการไหลของข้อมูลในระบบ

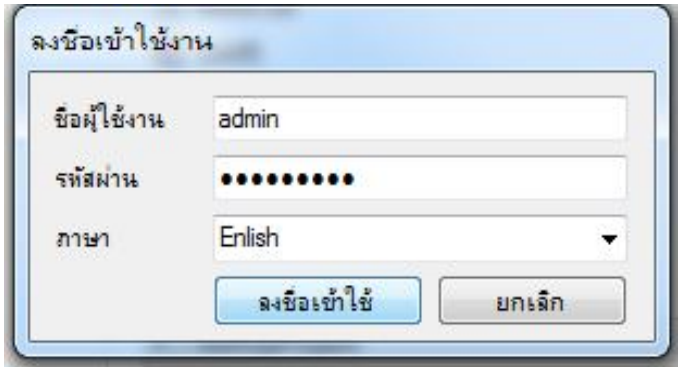
5.2 หน้าจอการทำงาน

รายละเอียดการทำงานของหน้าจอแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

5.2.1 การตั้งค่าของกระบวนการ

5.2.1.1 เข้าสู่ระบบ

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจเข้าสู่ระบบ แสดงดังภาพที่ 5.5



ภาพที่ 5.5 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการเข้าสู่โปรแกรมการใช้งาน

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

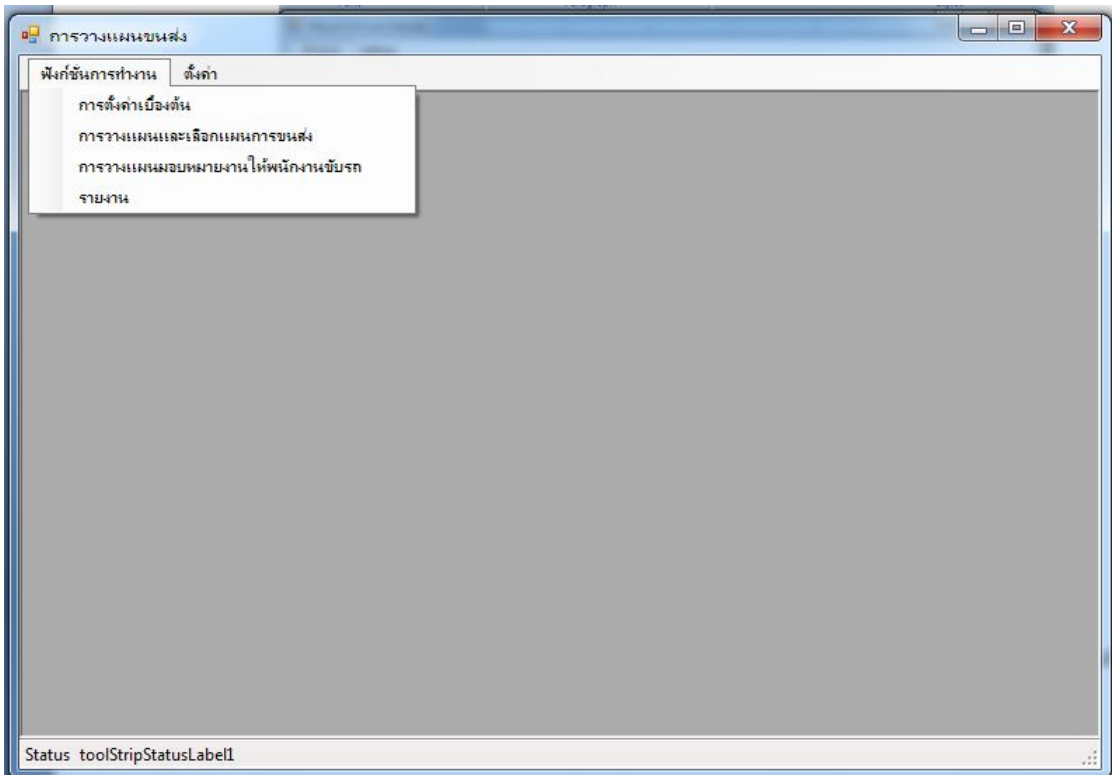
เพื่อจำกัดและตรวจสอบผู้ใช้งานของระบบ เพื่อไม่ให้บุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาตจากทางหน่วยงานหรือบริษัทเข้าใช้และเปลี่ยนแปลงข้อมูลของระบบ

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

บุคคลที่รับอนุญาตจากทางหน่วยงานหรือบริษัทหรือเจ้าหน้าที่การวางแผนการขนส่งเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้ โดยมีการกรอกชื่อผู้ใช้งานเพื่อการยืนยันตัวตนและกรอกรหัสให้ถูกเพื่อให้สามารถเข้าสู่หน้าจอถัดไปของระบบ

5.2.1.2 การตั้งค่าของระบบเบื้องต้น

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้นของระบบ แสดงดังภาพที่ 5.6-5.15



ภาพที่ 5.6 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้น

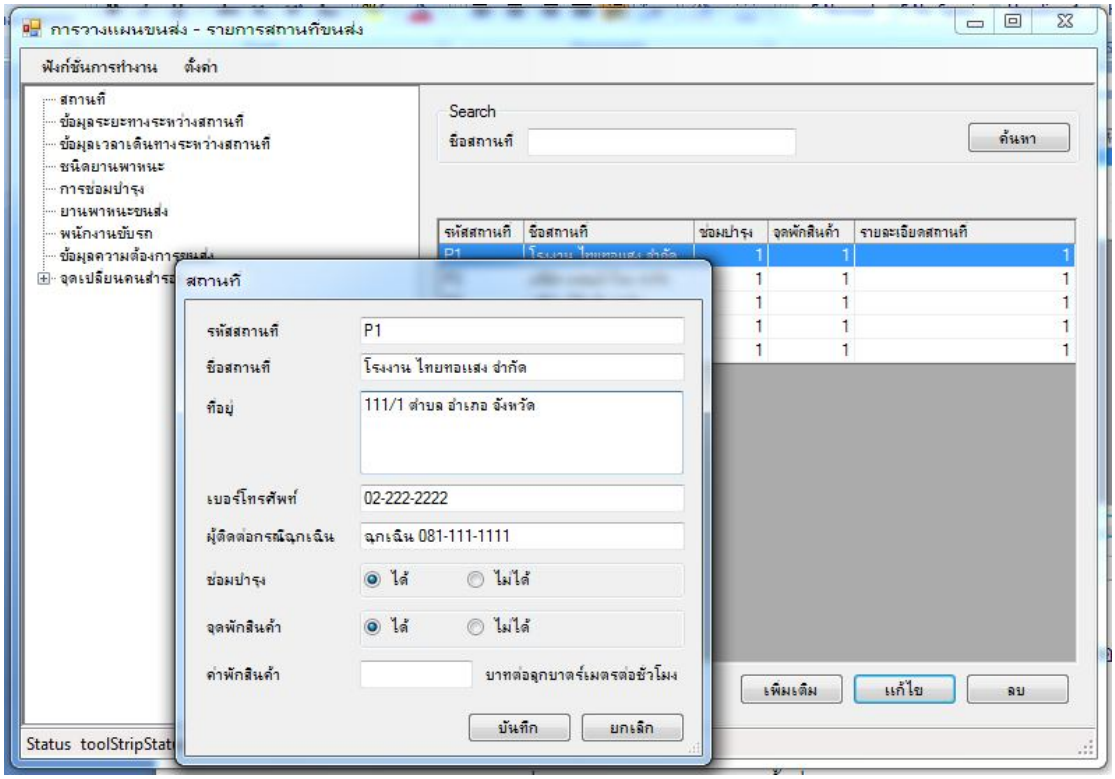
<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อตั้งค่าเบื้องต้นของระบบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของกระบวนการปรับแผนการขนส่งโดยการเปลี่ยนถ่ายสินค้าซึ่งค่าของระบบเบื้องต้นนั้นประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- ข้อมูลสถานที่
- ข้อมูลระยะทางระหว่างสถานที่
- ข้อมูลระยะเวลาระหว่างสถานที่
- ข้อมูลประเภทของยานพาหนะ
- ข้อมูลยานพาหนะ
- ข้อมูลความต้องการการขนส่ง

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

เจ้าหน้าที่การวางแผนการขนส่งเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้ โดยส่วนของข้อมูลนำเข้าทั้งหมดประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้



ภาพที่ 5.7 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้นของการกรอกข้อมูลสถานที่

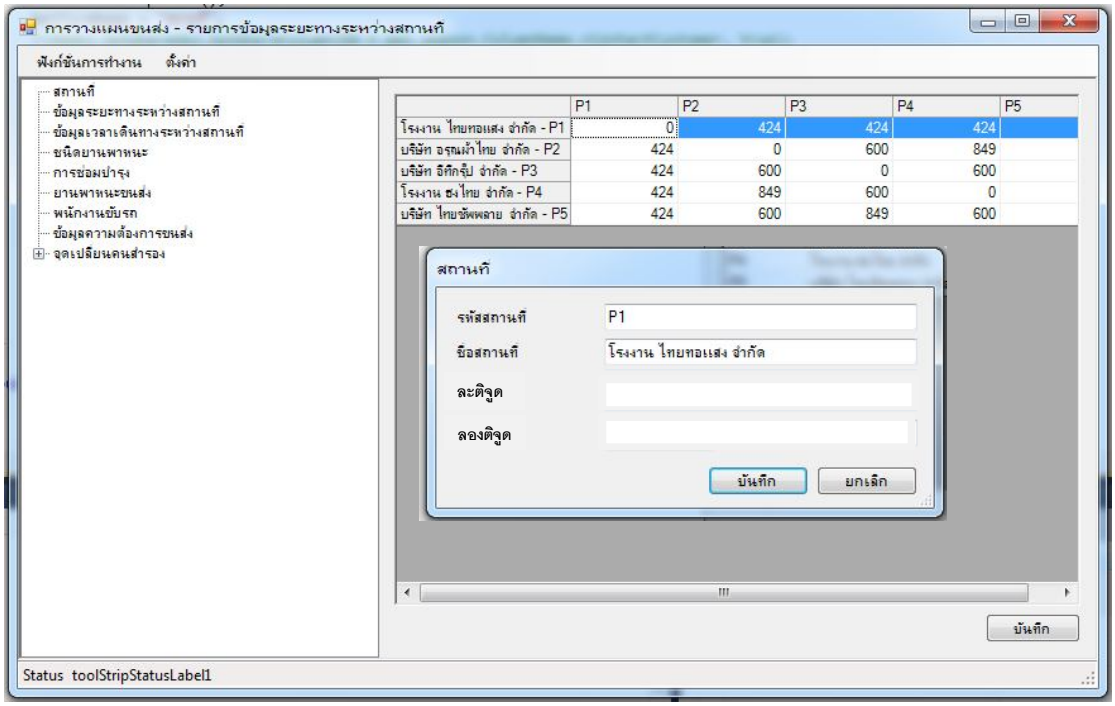
<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

เจ้าหน้าที่การวางแผนการขนส่งเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้ โดยส่วนของข้อมูลนำเข้าทั้งหมดประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- ข้อมูลสถานที่

ข้อมูลสถานที่เป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดของแต่ละสถานที่ ซึ่งประกอบด้วย รหัสสถานที่, ชื่อสถานที่, รายละเอียดของสถานที่, สถานะของสถานที่ในการซ่อมบำรุง หรือพักสินค้า โดยหากสามารถพักสินค้าได้จะสามารถกรอกข้อมูลค่าพักสินค้าของ

สถานที่ เมื่อมีการเพิ่มสถานที่ในระบบหรือแก้ไขข้อมูลสถานที่ให้กดปุ่ม **เพิ่ม**สำหรับการเพิ่มสถานที่และกดเลือก**สถานที่**ที่ต้องการแก้ไขข้อมูลและกดปุ่ม**แก้ไข**สำหรับการแก้ข้อมูลสถานที่เมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล

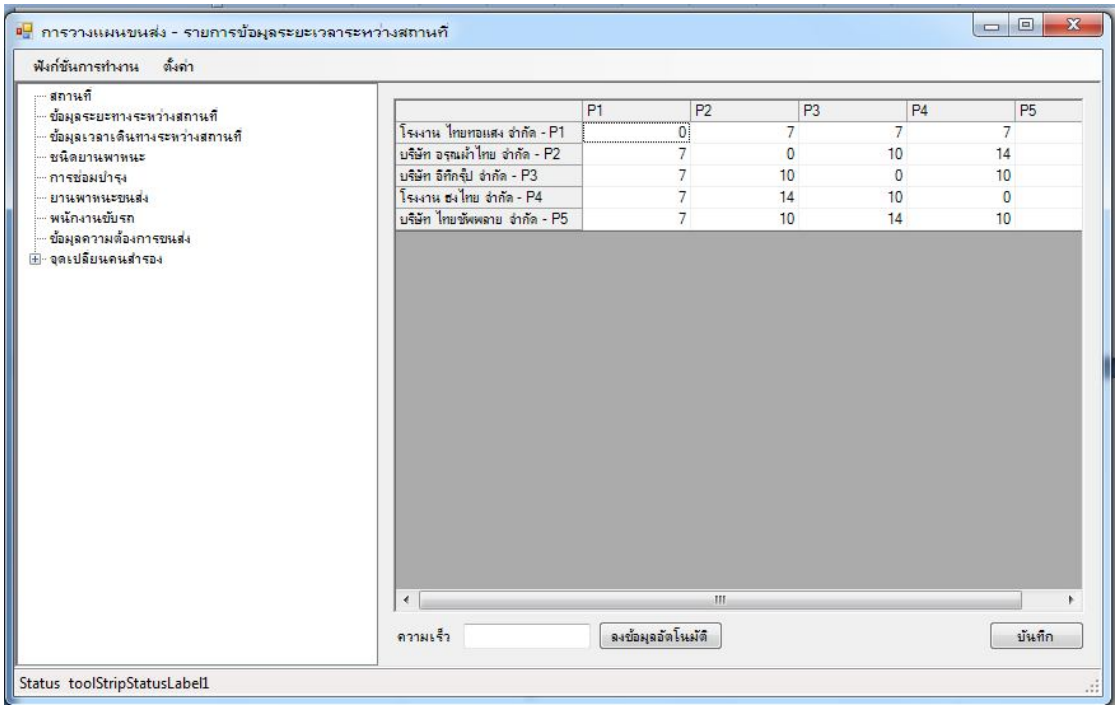


ภาพที่ 5.8 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้นของการกรอกข้อมูลระยะทางระหว่างสถานที่

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

- ข้อมูลระยะทางระหว่างสถานที่

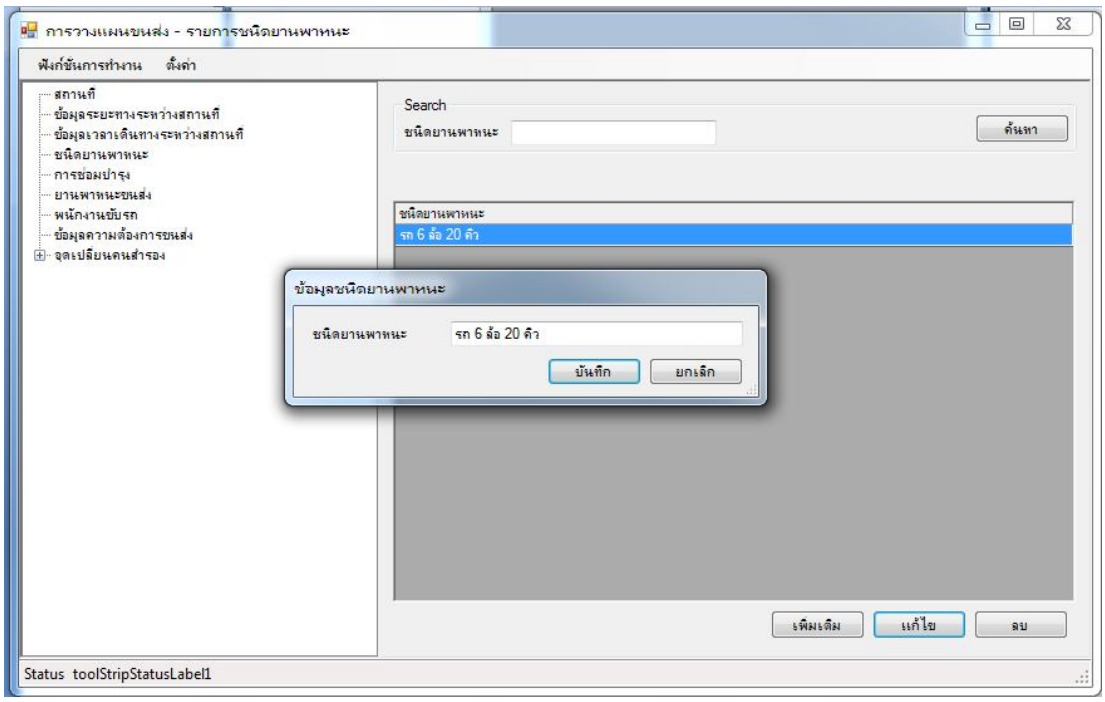
  ข้อมูลระยะทางระหว่างสถานที่เป็นข้อมูลที่แสดงระยะทางห่างระหว่างสถานที่แต่ละสถานที่ โดยสามารถกรอกข้อมูลระยะทางลงบนช่องว่างได้เลยหรือหากไม่ทราบระยะทางหรือต้องการระยะทางแบบแนวแกนระนาบสามารถกรอกข้อมูลละติจูดและลองจิจูดโดยการกดเลือก**สถานที่**ที่ต้องการกรอกข้อมูลเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล



ภาพที่ 5.9 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้นของการกรอกข้อมูลระยะเวลาระหว่างสถานที่

- ข้อมูลระยะเวลาระหว่างสถานที่

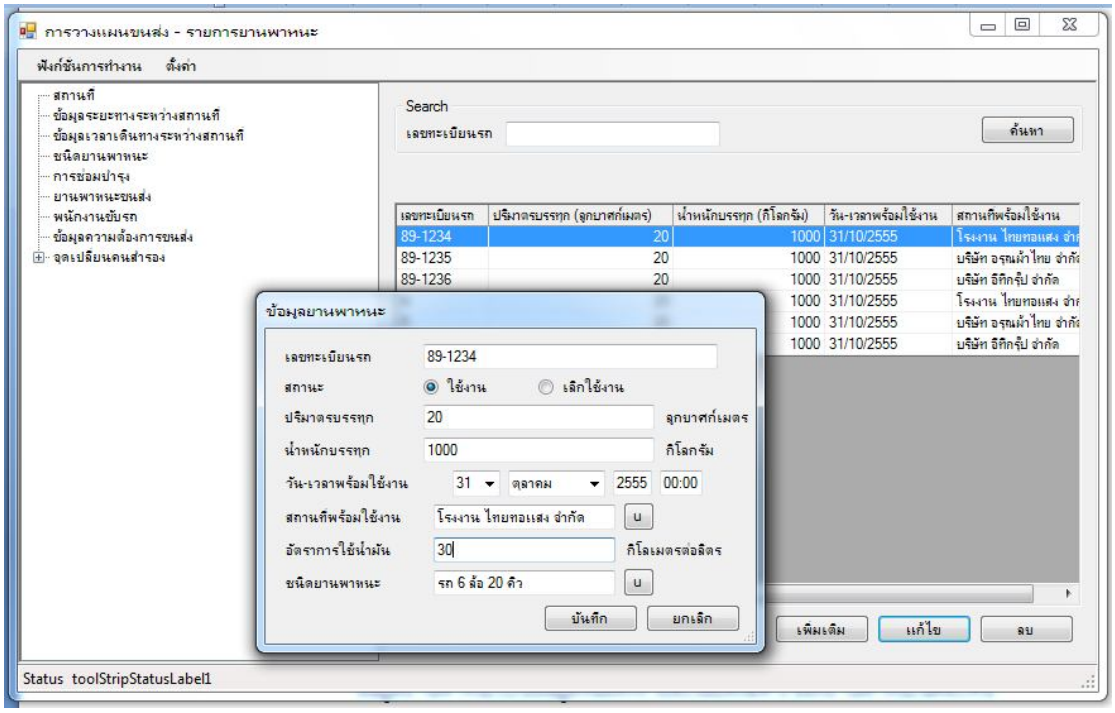
ข้อมูลระยะเวลาระหว่างสถานที่เป็นข้อมูลที่แสดงเวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างสถานที่ โดยสามารถกรอกข้อมูลเวลาลงบนช่องว่างได้เลยหรือหากไม่ทราบเวลาหรือต้องการเวลาที่มาจากระยะทางสามารถกรอกข้อมูลความเร็วลงบน **ช่องความเร็ว**ที่ว่างแล้วกดปุ่ม**ลงข้อมูลอัตโนมัติ**เพื่อใช้ในการหาระยะเวลาระหว่างสถานที่จากความเร็ว เมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล



ภาพที่ 5.10 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้นของการกรอกข้อมูลประเภทของยานพาหนะ

- ข้อมูลประเภทของยานพาหนะ

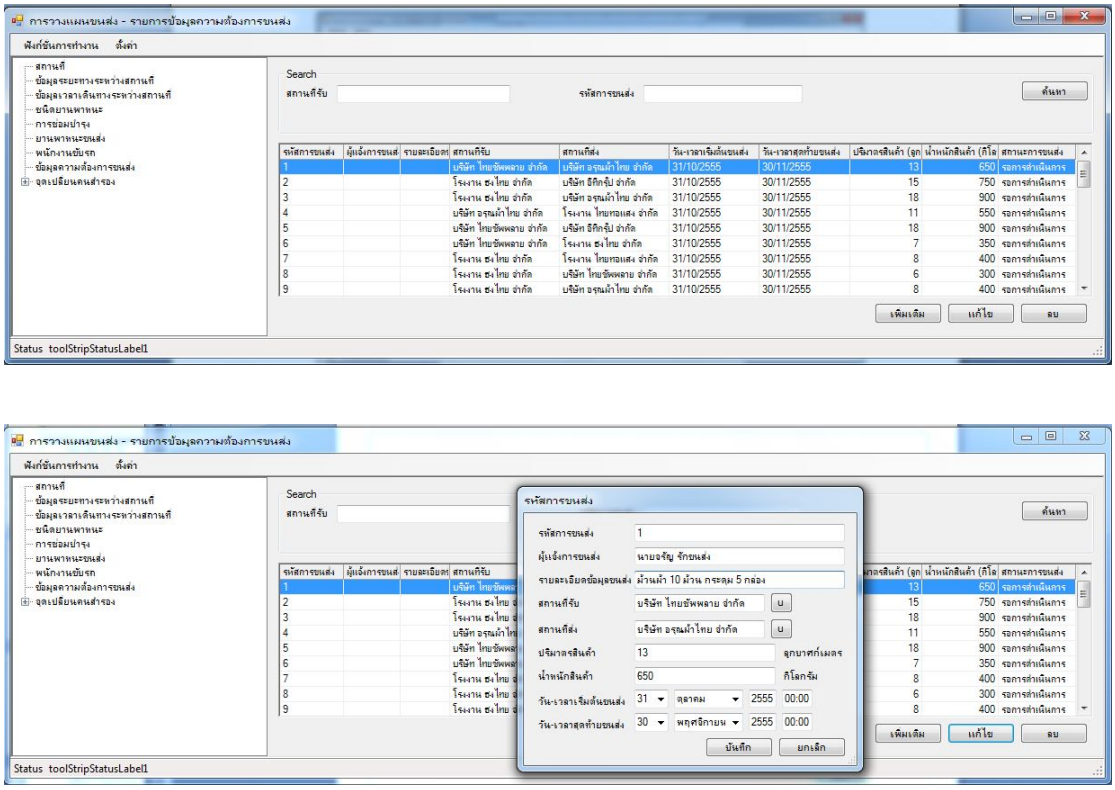
ข้อมูลประเภทของยานพาหนะเป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดของยานพาหนะเมื่อมีการประเภทของยานพาหนะในระบบหรือแก้ไขข้อมูลประเภทของยานพาหนะให้กดปุ่ม**เพิ่ม**สำหรับการเพิ่มประเภทของยานพาหนะและกดเลือกประเภทของยานพาหนะที่ต้องการแก้ไขข้อมูลและกดปุ่ม**แก้ไข**สำหรับการแก้ข้อมูลประเภทของยานพาหนะเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล



ภาพที่ 5.11 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้นของการกรอกข้อมูลยานพาหนะ

- ข้อมูลยานพาหนะ

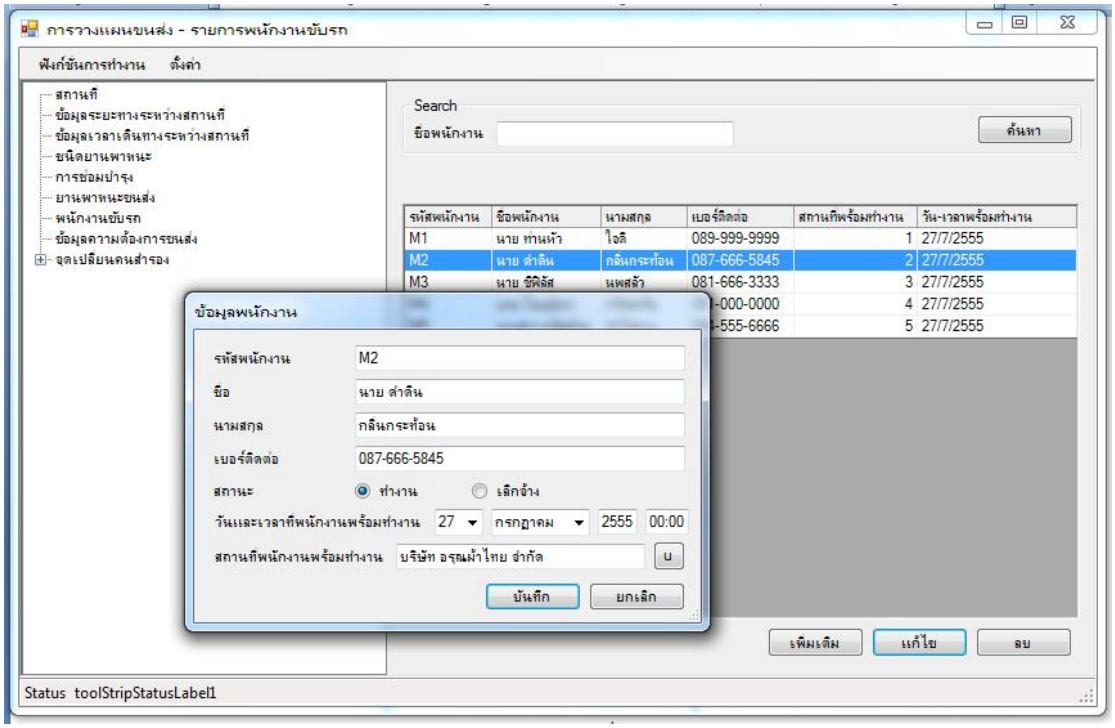
ข้อมูลยานพาหนะเป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดเฉพาะของยานพาหนะแต่ละคัน ประกอบด้วย เลขทะเบียนยานพาหนะประเภทยานพาหนะน้ำหนักบรรทุก ปริมาตรบรรทุกวัน-เวลาที่พร้อมใช้งานสถานที่ที่พร้อมใช้งานสถานะ อัตราการกินน้ำมัน เมื่อมียานพาหนะใหม่ในระบบหรือแก้ไขข้อมูลยานพาหนะให้กดปุ่ม **เพิ่ม**สำหรับการเพิ่มยานพาหนะและกดเลือกยานพาหนะที่ต้องการแก้ไขข้อมูลและกดปุ่ม**แก้ไข**สำหรับการแก้ข้อมูลยานพาหนะเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล



ภาพที่ 5.12 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้นของการกรอกข้อมูลความต้องการการขนส่ง

- ความต้องการการขนส่ง

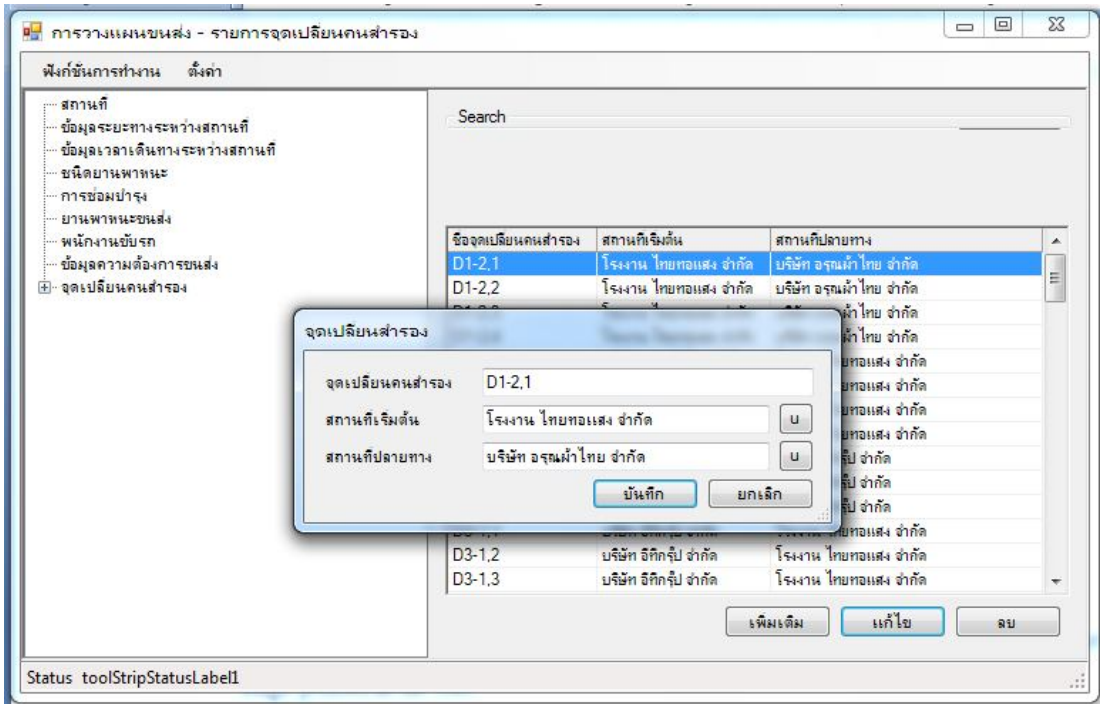
ข้อมูลความต้องการการขนส่งเป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดความต้องการการรับ-ส่งสินค้า ประกอบด้วยรหัสการขนส่งสินค้า สถานที่รับ-สินค้าสถานที่ส่งสินค้า วัน-เวลาที่เริ่มต้นการขนส่ง วัน-เวลาสุดท้ายของขนส่ง ผู้แจ้งการขนส่ง ปริมาตรสินค้า น้ำหนักสินค้า เวลาการขนถ่ายสินค้า(loading) รายละเอียดการขนส่ง เมื่อมีความต้องการการขนส่งในระบบหรือแก้ไขข้อมูลความต้องการการขนส่งให้กดปุ่ม **เพิ่ม**สำหรับการเพิ่มความต้องการการขนส่งและกดเลือกความต้องการการขนส่งที่ต้องการแก้ไขข้อมูลและกดปุ่ม**แก้ไข**สำหรับการแก้ข้อมูลความต้องการการขนส่งเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล



ภาพที่ 5.13 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้นของการกรอกข้อมูลพนักงานขับรถ

- พนักงานขับรถ

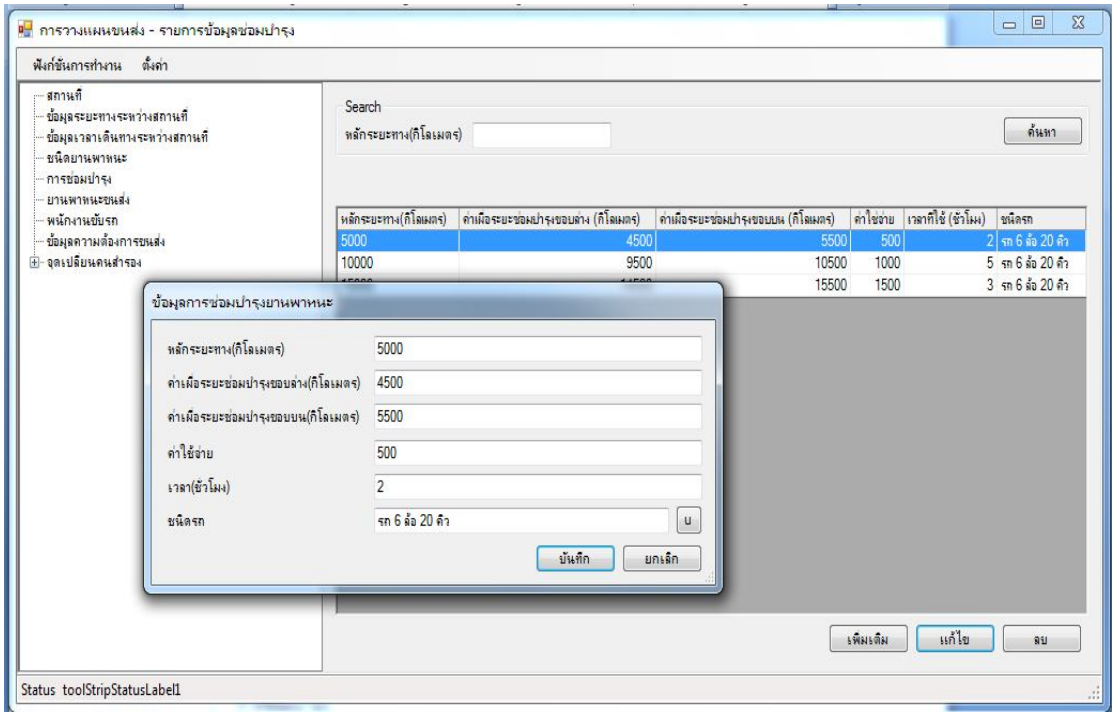
ข้อมูลพนักงานขับรถเป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดพนักงานขับรถประกอบด้วย รหัสพนักงาน ชื่อ-นามสกุลของพนักงาน เบอร์โทรศัพท์ติดต่อพนักงาน สถานะของพนักงาน วัน-เวลาที่พร้อมทำงาน สถานที่พร้อมทำงาน เมื่อมีพนักงานขับรถบรรจุใหม่ในระบบหรือแก้ไขข้อมูลพนักงานขับรถให้มีความเป็นปัจจุบัน ให้กดปุ่ม **เพิ่ม**สำหรับการเพิ่มพนักงานขับรถบรรจุใหม่และกดเลือกพนักงานขับรถที่ต้องการแก้ไขข้อมูลและกดปุ่ม **แก้ไข**สำหรับการแก้ข้อมูลพนักงานขับรถ เมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล



ภาพที่ 5.14 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้นของการกรอกข้อมูลสถานที่เปลี่ยนคนสำรอง

- สถานที่เปลี่ยนคนสำรอง

ข้อมูลสถานที่เปลี่ยนคนสำรองเป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดสถานที่เปลี่ยนพนักงานขับรถที่อยู่ระหว่างสถานที่ในระบบที่กำหนดเนื่องจากระบบเป็นระบบการเดินรถอย่างต่อเนื่องทำให้พนักงานไม่สามารถเปลี่ยนที่สถานที่เดิมเมื่อครบรอบเวลาการทำงานได้ ข้อมูลประกอบด้วยชื่อสถานที่เปลี่ยน สถานที่เริ่ม-ปลายทาง เมื่อมีสถานที่เปลี่ยนคนสำรองใหม่ในระบบหรือมีสถานที่เพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลสถานที่ให้มีความเป็นปัจจุบันให้กดปุ่ม**เพิ่ม**สำหรับการเพิ่มสถานที่เปลี่ยนและกดเลือกสถานที่เปลี่ยนที่ต้องการแก้ไขข้อมูลและปุ่ม**แก้ไข**สำหรับการแก้ข้อมูลสถานที่เปลี่ยนเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล



ภาพที่ 5.15 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการตั้งค่าเบื้องต้นของการกรอกข้อมูลการซ่อมบำรุง

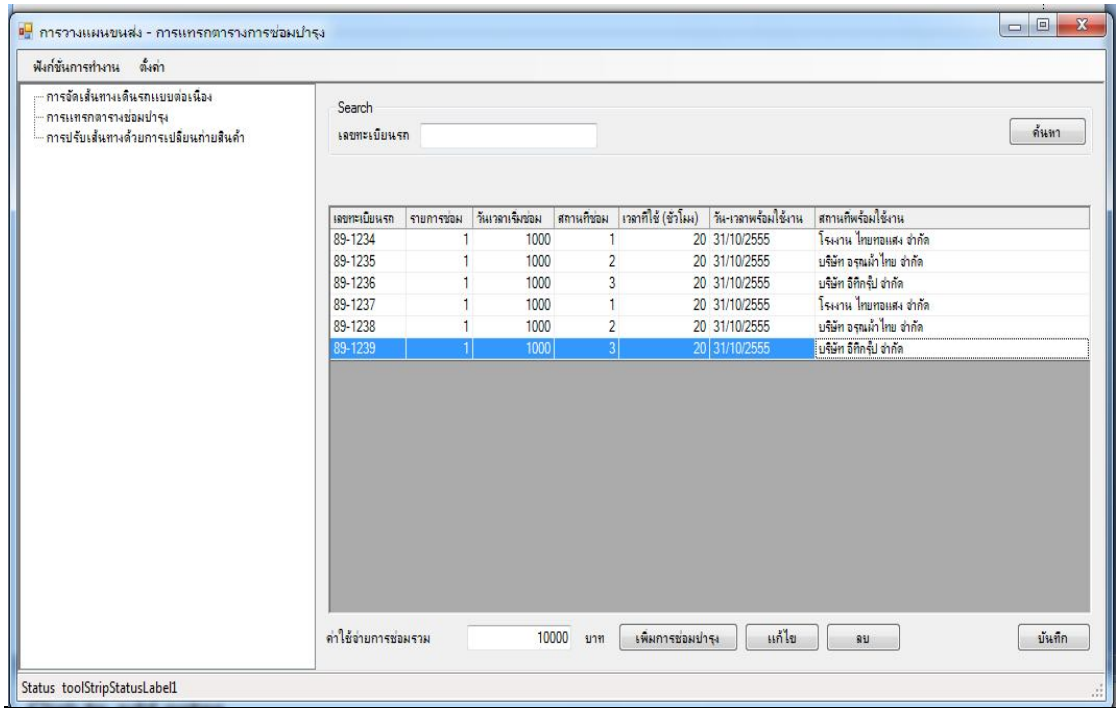
- การซ่อมบำรุง

ข้อมูลการซ่อมบำรุงเป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดรายการซ่อมบำรุงของยานพาหนะแต่ละประเภทตามระยะทางที่กำหนดประกอบด้วยระยะทาง ค่าเผื่อระยะซ่อมบำรุง ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซ่อม เวลาที่ใช้ในการซ่อม ประเภทของยานพาหนะ เมื่อมีรายการซ่อมบำรุงใหม่ในระบบหรือแก้ไขข้อมูลรายการซ่อมบำรุงให้มีความเป็นปัจจุบันให้กดปุ่ม **เพิ่ม**สำหรับการเพิ่มรายการซ่อมบำรุงใหม่และกดเลือกรายการซ่อมบำรุงที่ต้องการแก้ไขข้อมูลและกดปุ่ม**แก้ไข**สำหรับการแก้รายการซ่อมบำรุงเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล

5.2.2 การนำเข้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง

5.2.2.1 การนำเข้าของข้อมูลแผนการซ่อมบำรุง

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการกรอกข้อมูลแผนการซ่อมบำรุงมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 5.16



ภาพที่ 5.16 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการกรอกข้อมูลแผนการซ่อมบำรุง

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อดึงข้อมูลแผนการซ่อมบำรุง เพื่อนำไปพิจารณาประกอบการตัดสินใจการวางแผนการจัดเส้นทางในแต่รอบการทำงาน

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

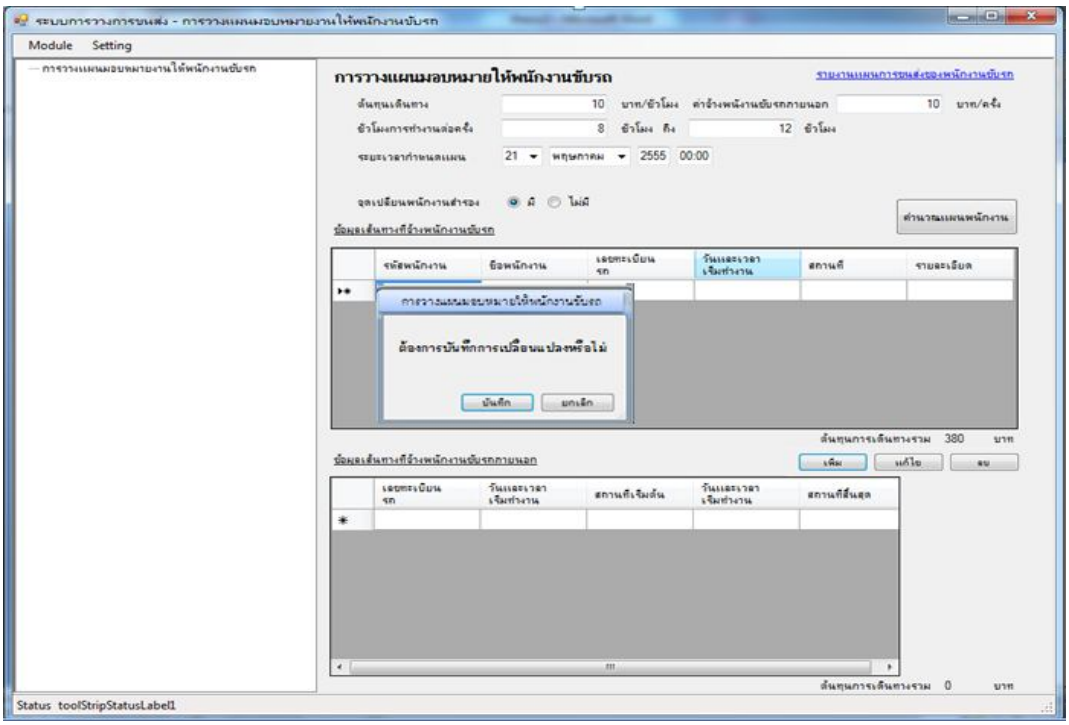
เจ้าหน้าที่แผนกการซ่อมบำรุงเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้ โดยส่วนของข้อมูลแผนการซ่อมบำรุงประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- เลขทะเบียนยานพาหนะ
- รายการซ่อม
- วัน-เวลาที่เริ่มซ่อม
- สถานที่ซ่อม
- วัน-เวลาที่เริ่มใช้งานได้
- สถานที่เริ่มใช้งานได้

ข้อมูลแผนการซ่อมบำรุงเป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดของรายการซ่อมบำรุงยานพาหนะ ซึ่งเจ้าหน้าที่แผนกการซ่อมบำรุงเป็นผู้กรอกข้อมูลทั้งหมด โดยสามารถกรอกข้อแผนการซ่อมบำรุงเมื่อมีการเพิ่มแผนการซ่อมบำรุงในระบบหรือแก้ไขข้อมูลแผนการซ่อมบำรุงให้กดปุ่ม **เพิ่มการซ่อมบำรุง** สำหรับการเพิ่มแผนการซ่อมบำรุงและกดเลือก**รายการซ่อม**ที่ต้องการแก้ไขข้อมูลและปุ่ม**แก้ไข**สำหรับการแก้ข้อมูลแผนการซ่อมบำรุงเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม **บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล

5.2.2.2 การนำเข้าของข้อมูลแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถ

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการกรอกข้อมูลแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 5.17



ภาพที่ 5.17 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการกรอกข้อมูลแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถ

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อดึงข้อมูลแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถเพื่อนำไปพิจารณาประกอบการตัดสินใจการวางแผนการจัดเส้นทางในแต่รอบการทำงานโดยพนักงานที่ถูกมอบหมายงานในช่วงรอบการทำงานที่กำลังดำเนินการอยู่แต่เสร็จงานในช่วงรอบการทำงานถัดไป การทำงานในรอบนั้นๆ จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแผนเส้นทางการขนส่งได้จนพนักงานทำงานเสร็จ

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

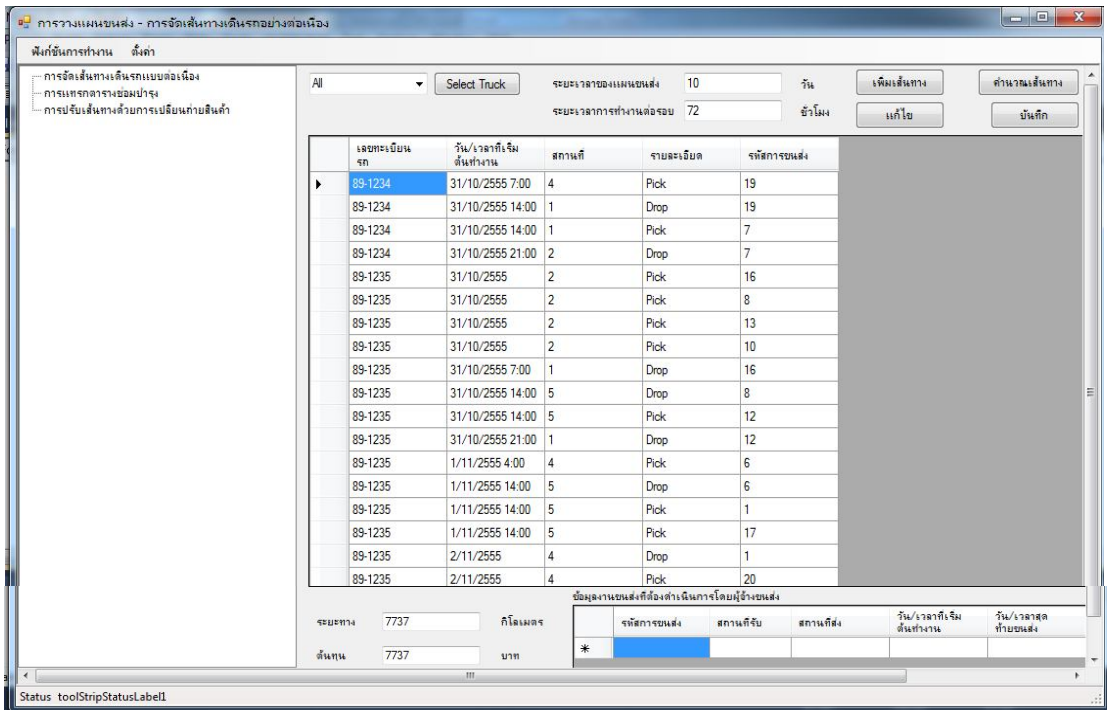
เจ้าหน้าที่การวางแผนการขนส่งเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้ โดยส่วนของข้อมูลแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- รหัสพนักงาน
- ชื่อพนักงาน
- เลขทะเบียนยานพาหนะ
- วัน-เวลาเริ่มทำงาน
- สถานที่
- รายละเอียด

ข้อมูลแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถเป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดของรายการทำงานของพนักงานขับรถ ซึ่งเจ้าหน้าที่แผนกการวางแผนการจัดเส้นทางเป็นผู้กรอกข้อมูลทั้งหมด โดยสามารถกรอกข้อมูลแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถเมื่อมีการเพิ่มแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถในระบบหรือแก้ไขข้อมูลแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถให้กดปุ่ม **เพิ่ม**สำหรับการเพิ่มแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถและกดเลือก**แถว**ที่ต้องการแก้ไขหรือข้อมูลและปุ่ม**แก้ไข**สำหรับการแก้ข้อมูลแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม **บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูลหรือหากต้องการให้ระบบคำนวณ ให้กดปุ่ม**คำนวณแผนพนักงาน**ซึ่งระบบเป็นผู้คำนวณให้อัตโนมัติจากข้อมูลเบื้องต้นที่ตั้งไว้โดยระบบจะสามารถคำนวณได้ก็ต่อเมื่อระบบมีโปรแกรมสำหรับคำนวณ ซึ่งงานวิจัยนี้มิได้ครอบคลุมหลักการและแนวคิดของแผนมอบหมายให้พนักงานขับรถ

5.2.2.3 แผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการกรอกข้อมูลแผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้ามีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 5.18



ภาพที่ 5.18 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการกรอกข้อมูลแผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อดึงข้อมูลแผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าเพื่อนำไปพิจารณาประกอบการตัดสินใจการวางแผนการปรับปรุงการจัดเส้นทางในแต่รอบการทำงาน

เพื่อตั้งค่าเริ่มต้นของระยะเวลาการวางแผนการขนส่ง และระยะเวลาการทำงานต่อรอบเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของการจัดเส้นทางการขนส่ง

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

เจ้าหน้าที่การวางแผนการขนส่งเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้โดยส่วนของข้อมูลนำเข้าทั้งหมดประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

— ระยะเวลาการวางแผนการขนส่ง

ข้อมูลระยะเวลาของแผนการขนส่งมีหน่วยเป็นวัน โดยแสดงว่าข้อมูลที่เส้นทางการขนส่งจะถูกพิจารณาล่วงหน้าไม่เกินกี่วัน เมื่อต้องการให้ข้อมูลแสดงผลมากกว่าหรือน้อยกว่า ให้กดที่**ช่องระยะเวลาของแผนการขนส่ง**แล้วกรอกจำนวนวันที่ต้องการให้แสดงผล เมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล

— ระยะเวลาการทำงานต่อรอบ

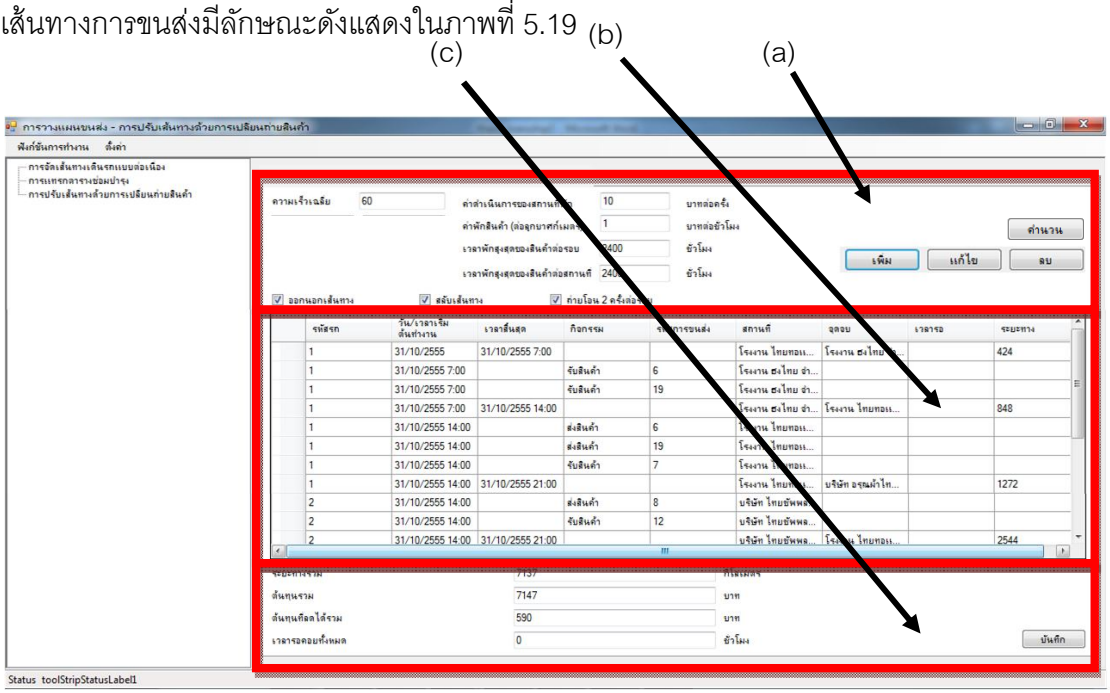
ข้อมูลระยะเวลาการทำงานต่อรอบมีหน่วยเป็นชั่วโมง โดยแสดงว่าข้อมูลที่เส้นทางการขนส่งเมื่อถูกพิจารณาแล้วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อต้องการให้ข้อมูลแสดงผลมากกว่าหรือน้อยกว่า ให้กดที่**ช่องระยะเวลาการทำงานต่อรอบ**แล้วกรอกจำนวนชั่วโมงที่ต้องการให้แสดงผล เมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล

— ข้อมูลเส้นทางการขนส่ง

ข้อมูลเส้นทางการขนส่ง เป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดของเส้นทางการขนส่งซึ่งเจ้าหน้าที่แผนกการวางแผนการจัดเส้นทางเป็นผู้กรอกข้อมูลทั้งหมด โดยสามารถกรอกข้อมูลเส้นทางการขนส่ง เมื่อมีการเพิ่มเส้นทางการขนส่งในระบบหรือแก้ไขข้อมูลเส้นทางการขนส่งให้กดปุ่ม **เพิ่ม**สำหรับการเพิ่มเส้นทางการขนส่งและกดเลือก**แถว**ที่ต้องการแก้ไขหรือข้อมูลและปุ่ม**แก้ไข**สำหรับการแก้ข้อมูลเส้นทางการขนส่งเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูลหรือหากต้องการให้ระบบคำนวณให้กดปุ่ม**คำนวณเส้นทาง** ซึ่งระบบเป็นผู้คำนวณให้อัตโนมัติจากข้อมูลเบื้องต้นที่ตั้งไว้ โดยระบบจะสามารถคำนวณได้ก็ต่อเมื่อระบบมีโปรแกรมสำหรับคำนวณซึ่งงานวิจัยนี้มิได้ครอบคลุมหลักการและแนวคิดของการจัดเส้นทางการเดินรถอย่างต่อเนื่อง

5.2.3 การแสดงผลการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงผลการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 5.19

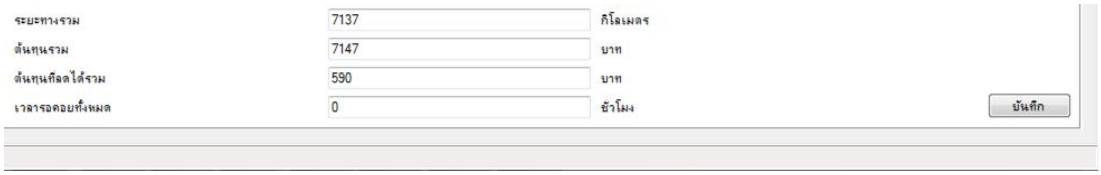


(a)

รหัสรถ	วัน/เวลาเริ่มต้นทำงาน	เวลาสิ้นสุด	กิจกรรม	รหัสการขนส่ง	สถานที่	จุดจบ	เวลารอ	ระยะทาง
1	31/10/2555	31/10/2555 7:00			โรงงาน ไทยทอแ...	โรงงาน ซงไทย จำ...		424
1	31/10/2555 7:00		รับสินค้า	6	โรงงาน ซงไทย จำ...			
1	31/10/2555 7:00		รับสินค้า	19	โรงงาน ซงไทย จำ...			
1	31/10/2555 7:00	31/10/2555 14:00			โรงงาน ซงไทย จำ...	โรงงาน ไทยทอแ...		848
1	31/10/2555 14:00		ส่งสินค้า	6	โรงงาน ไทยทอแ...			
1	31/10/2555 14:00		ส่งสินค้า	19	โรงงาน ไทยทอแ...			
1	31/10/2555 14:00		รับสินค้า	7	โรงงาน ไทยทอแ...			
1	31/10/2555 14:00	31/10/2555 21:00			โรงงาน ไทยทอแ...	บริษัท อรุณผ้าไท...		1272
2	31/10/2555 14:00		ส่งสินค้า	8	บริษัท ไทยชัพพล...			
2	31/10/2555 14:00		รับสินค้า	12	บริษัท ไทยชัพพล...			
2	31/10/2555 14:00	31/10/2555 21:00			บริษัท ไทยชัพพล...	โรงงาน ไทยทอแ...		2544

(b)

ภาพที่ 5.18 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงผลการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง



(c)

ภาพที่ 5.19 (ต่อ) หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงผลการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อตั้งค่าใช้จ่ายของการพักสินค้าจากค่าดำเนินการของสถานที่พัก และค่าพักสินค้าเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสำหรับสถานที่ที่ไม่ได้ระบุค่าพักสินค้าไว้

เพื่อตั้งค่าเวลารอสูงสุดของการพักสินค้าเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

เจ้าหน้าที่การวางแผนการขนส่งเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้โดยส่วนของข้อมูลนำเข้าทั้งหมดประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- ค่าดำเนินการของสถานที่พัก

  ข้อมูลค่าดำเนินการของสถานที่พักมีหน่วยเป็นบาทต่อครั้ง โดยข้อมูลค่าดำเนินการของสถานที่พักเป็นค่าที่แสดงว่าเมื่อเกิดการพักสินค้าแต่ละครั้งเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเท่าไร เมื่อต้องการให้ข้อมูลแสดงผลมากกว่าหรือน้อยกว่า ให้กดที่**ช่องค่าดำเนินการของสถานที่พัก**แล้วกรอกจำนวนที่ต้องการเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล

— ค่าพักสินค้า

ข้อมูลค่าพักสินค้ามีหน่วยเป็นบาทต่อลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยข้อมูลค่าพักสินค้าเป็นค่าที่แสดงว่าเมื่อเกิดการพักสินค้าที่สถานที่พักจะเสียค่าใช้จ่ายในการพักสินค้าเท่าไร เมื่อต้องการให้ข้อมูลแสดงผลมากกว่าหรือน้อยกว่า ให้กดที่**ช่องค่าพักสินค้า**แล้วกรอกจำนวนที่ต้องการเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล

— เวลารอสูงสุด (เวลาพักสินค้าสูงสุดต่อรอบและเวลาพักสินค้าสูงสุดต่อสถานที่)

ข้อมูลเวลารอสูงสุด กรณีเวลาพักสินค้าสูงสุดต่อรอบมีหน่วยเป็นชั่วโมง โดยข้อมูลเวลารอสูงสุดเป็นค่าที่แสดงว่าเมื่อเกิดการพักสินค้าที่สถานที่พักใดๆ ของรหัสการขนส่งที่ทำการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสามารถพักสินค้ารวมจากทุกสถานที่พักของรหัสการขนส่งนั้นรวมทั้งหมดได้ไม่เกินเวลารอสูงสุด เมื่อต้องการให้ข้อมูลแสดงผลมากกว่าหรือน้อยกว่า ให้กดที่**ช่องเวลาพักสินค้าสูงสุดต่อรอบ**แล้วกรอกจำนวนที่ต้องการเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล

ข้อมูลเวลารอสูงสุด กรณีเวลาพักสินค้าสูงสุดต่อสถานที่มีหน่วยเป็นชั่วโมง โดยข้อมูลเวลารอสูงสุดเป็นค่าที่แสดงว่าเมื่อเกิดการพักสินค้าที่สถานที่พักใดๆ ของรหัสการขนส่งที่ทำการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสามารถพักสินค้าแต่ละสถานที่ได้ไม่เกินเวลารอสูงสุด เมื่อต้องการให้ข้อมูลแสดงผลมากกว่าหรือน้อยกว่า ให้กดที่**ช่องเวลาพักสินค้าสูงสุดต่อสถานที่**แล้วกรอกจำนวนที่ต้องการเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูล

— ข้อมูลเส้นทางการขนส่งที่ปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง

ส่วนของข้อมูลที่แสดงผลทั้งหมดประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

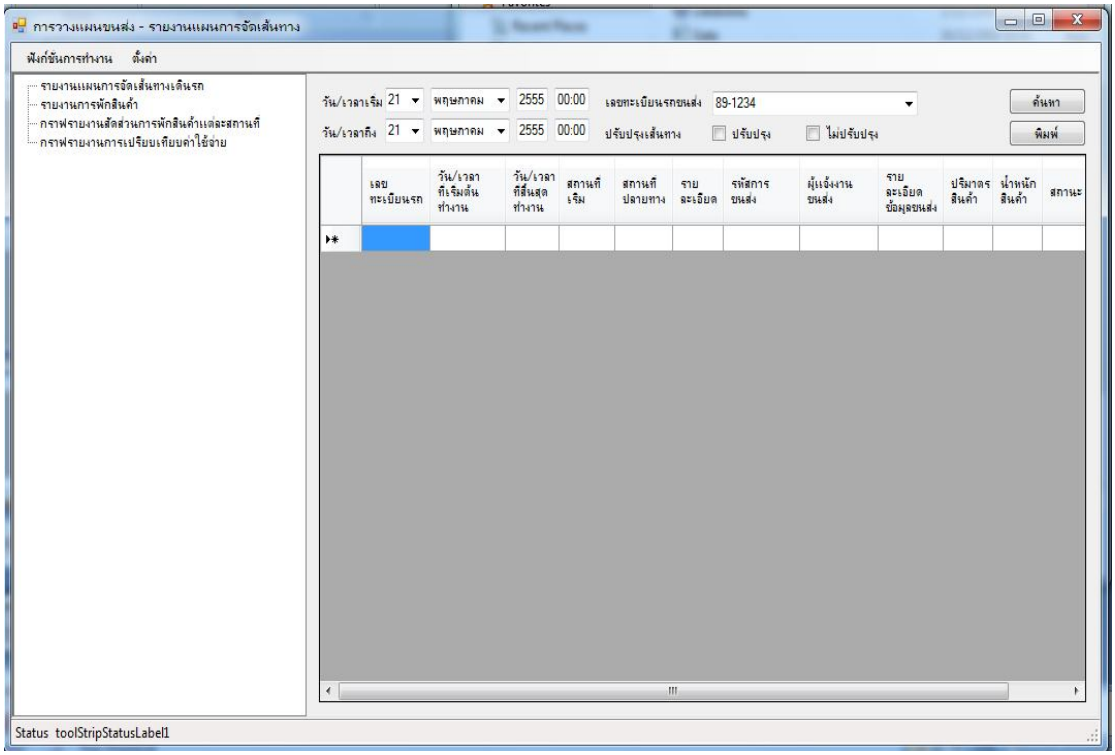
- รหัสยานพาหนะ
- วัน-เวลาเริ่มทำงาน
- วัน-เวลาสิ้นสุด
- กิจกรรม (รับหรือส่งสินค้า)
- รหัสการขนส่ง
- สถานที่ (ที่อยู่ ณ วัน-เวลาเริ่มทำงาน)
- สถานที่จบ (สถานที่อยู่ ณ วัน-เวลาสิ้นสุด)
- เวลารอ
- ระยะทางสะสม

ข้อมูลเส้นทางการขนส่งที่ปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง เป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดของเส้นทางการขนส่งที่ปรับปรุงเส้นทางการขนส่งซึ่งเจ้าหน้าที่แผนกการวางแผนการจัดเส้นทางเป็นผู้กรอกข้อมูลทั้งหมด โดยสามารถกรอกข้อมูลเส้นทางการขนส่งที่ปรับปรุงเส้นทางการขนส่งเมื่อมีการเพิ่มเส้นทางการขนส่งในระบบหรือแก้ไขข้อมูลเส้นทางการขนส่งให้กดปุ่ม **เพิ่ม**สำหรับการเพิ่มเส้นทางการขนส่งและกดเลือก**แถว**ที่ต้องการแก้ไขหรือข้อมูลและปุ่ม**แก้ไข**สำหรับการแก้ข้อมูลเส้นทางการขนส่งเมื่อตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องให้กดปุ่ม**บันทึก**เพื่อจัดเก็บข้อมูลหรือหากต้องการให้ระบบคำนวณ ให้กดปุ่ม**คำนวณ** ซึ่งระบบเป็นผู้คำนวณให้อัตโนมัติจากข้อมูลเบื้องต้นที่ตั้งไว้ โดยระบบจะสามารถคำนวณได้ก็ต่อเมื่อระบบมีโปรแกรมสำหรับคำนวณซึ่งหลักการและแนวคิดของการที่ปรับปรุงเส้นทางการขนส่งมีรายละเอียดอยู่ในบทที่ 3 และ 4

5.2.4 รายงาน

5.2.4.1 การแสดงผลเส้นทางการขนส่ง

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงผลเส้นทางการขนส่ง แสดงดังภาพที่ 5.20



ภาพที่ 5.20 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงผลเส้นทางการขนส่ง

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อแสดงผลการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า แบบมีการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งและแบบไม่มีการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง ตามวันที่ที่กำหนด

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

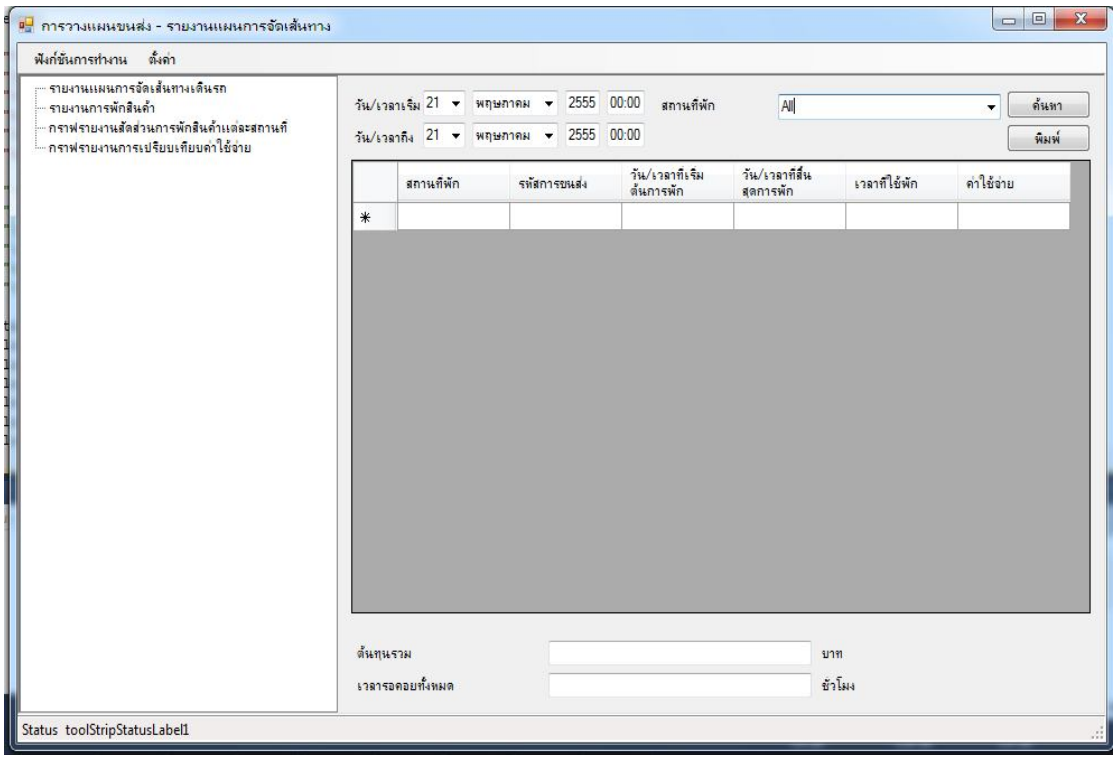
ส่วนของข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- เลขทะเบียนยานพาหนะ
- วัน-เวลาเริ่มทำงาน
- วัน-เวลาสิ้นสุด
- สถานที่เริ่มต้น
- สถานที่ปลายทาง
- รายละเอียด
- รหัสการขนส่ง
- ผู้แจ้งงานขนส่ง
- รายละเอียดข้อมูลการขนส่ง
- ปริมาตรสินค้า
- น้ำหนักสินค้า
- สถานะ

เจ้าหน้าที่การวางแผนการขนส่งเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้ผู้ใช้จะเลือกว่าต้องการเส้นทางการขนส่งสินค้าเป็นรูปแบบใด โดยทำเครื่องหมายที่ข้างหน้ารูปแบบที่เลือก ในกรณีที่เรียงตามเลขทะเบียน ผู้ใช้เลือกที่ช่องเลขทะเบียน แล้วให้กดปุ่ม**ค้นหา**เพื่อค้นหาเส้นทางการขนส่งที่จัดเรียบร้อยแล้วส่วนกรณีที่เรียงตามสถานที่ ผู้ใช้กดที่ช่องสถานที่ นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถพิมพ์เส้นทางการขนส่งที่เลือกได้ด้วยการกดปุ่ม**พิมพ์**

5.2.4.2 การแสดงผลการพักสินค้าสินค้า

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงผลการพักสินค้าสินค้าที่ได้รับการปรับปรุงเส้นทางแสดงดังภาพที่ 5.21



ภาพที่ 5.21 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงผลสรุปการพักสินค้าสินค้า

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อแสดงผลการพักสินค้าสินค้าที่ได้รับการปรับปรุงเส้นทาง โดยแสดงเวลาในการรอของสินค้าตามสถานที่พักสินค้าและค่าใช้จ่ายในการพักสินค้าแต่ละสถานที่ ตามวันที่ที่กำหนด

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

ส่วนของข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

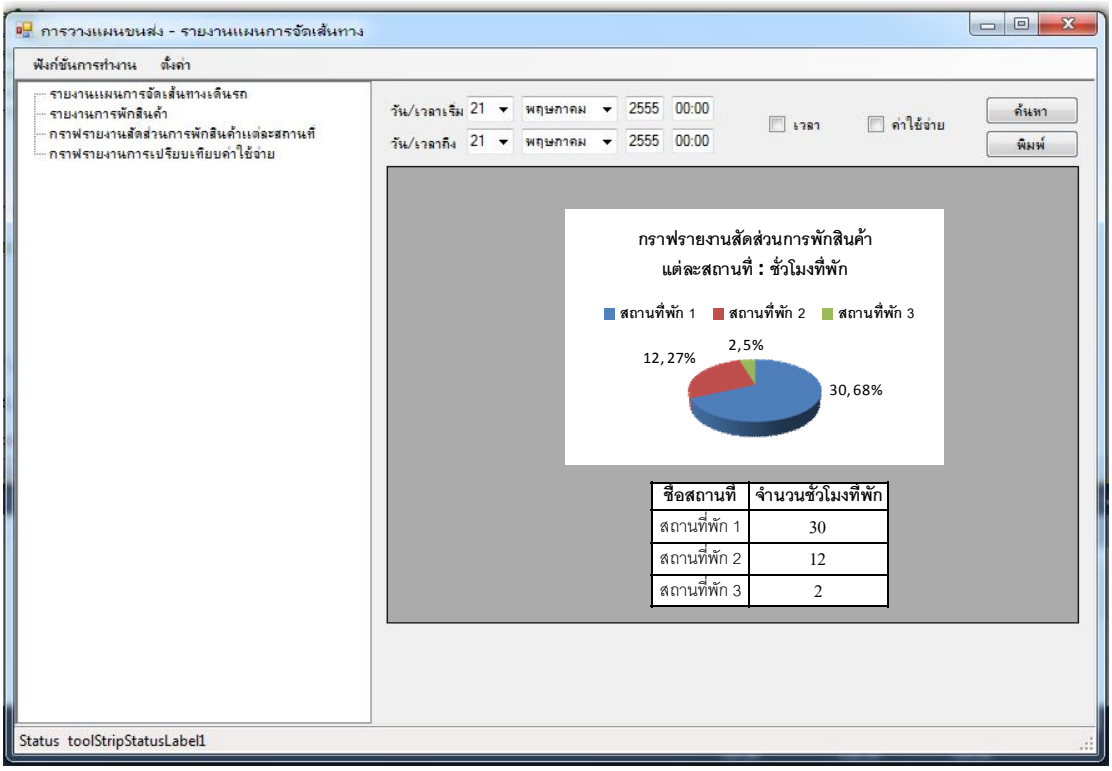
- วัน-เวลาเริ่ม
- วัน-เวลาถึง

- สถานที่พัก
- รหัสการขนส่ง
- วัน-เวลาเริ่ม
- วัน-เวลาสิ้นสุด
- เวลาที่พัก
- ค่าใช่จ่าย
- ต้นทุนรวม
- เวลารอทั้งหมด

เจ้าหน้าที่การวางแผนการขนส่งเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้ผู้ใช้จะเลือกว่าต้องการสถานที่พักสินค้าใดในระบบ โดยเลือกที่**ช่องที่พักสินค้า** แล้วให้กดปุ่ม**ค้นหา**เพื่อค้นหาสถานที่พัก นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถพิมพ์เส้นทางการขนส่งที่เลือกได้ด้วยการกดปุ่ม**พิมพ์**

5.2.4.3 การแสดงกราฟผลสรุปการพักสินค้าสินค้า

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงผลการพักสินค้าสินค้าที่ได้รับการปรับปรุงเส้นทาง แสดงดังภาพที่ 5.21



ภาพที่ 5.22 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงกราฟผลสรุปการพักสินค้าสินค้า

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อแสดงผลการพักสินค้าสินค้าที่ได้รับการปรับปรุงเส้นทาง แบบแสดงเวลาในการรอของสินค้าตามสถานที่พักสินค้าและแบบแสดงค่าใช้จ่ายในการพักสินค้าแต่ละสถานที่ ตามวันที่ที่กำหนด ในลักษณะกราฟวงกลมเพื่อการแบ่งสัดส่วน

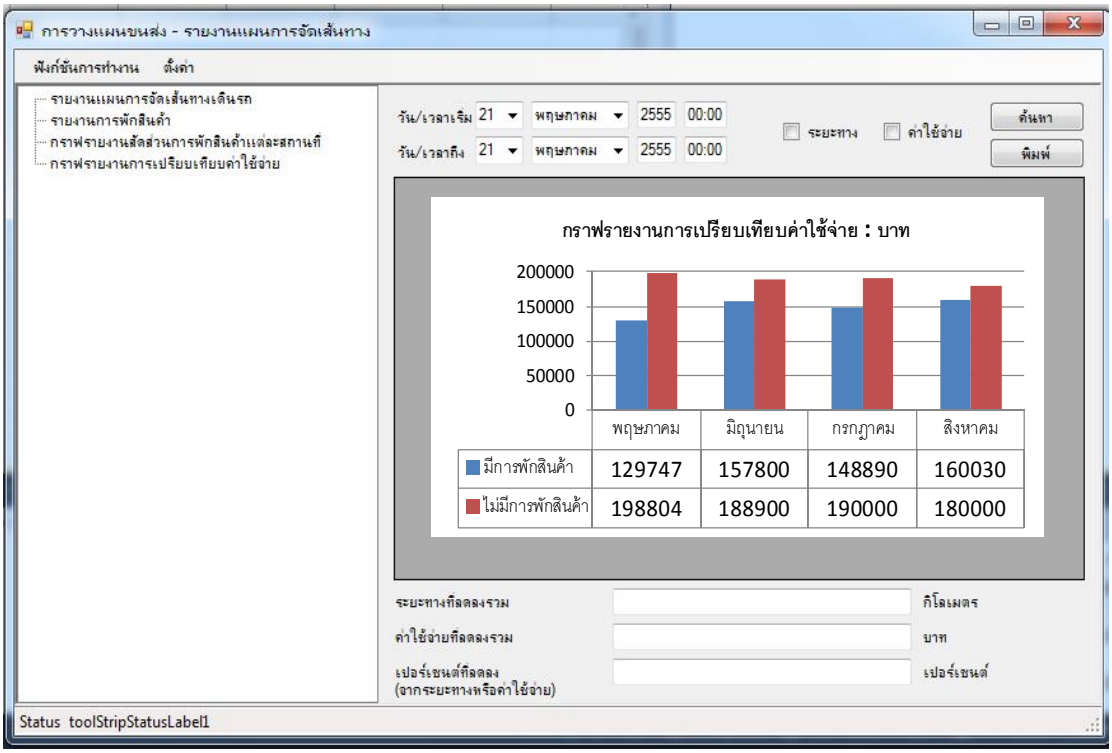
<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

เจ้าหน้าที่การวางแผนการขนส่งเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการเส้นทางการขนส่งสินค้าเป็นรูปแบบใด โดยทำเครื่องหมายที่ข้างหน้ารูปแบบที่

เลือกให้แสดงผลจากค่าใช้จ่ายหรือเวลารอ แล้วให้กดปุ่ม**ค้นหา**เพื่อแสดงผลของรูปแบบที่เลือกออกมาในลักษณะกราฟ นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถพิมพ์ผลลัพธ์ที่เลือกได้ด้วยการกดปุ่ม**พิมพ์**

5.2.4.4 การแสดงกราฟผลเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางที่ปรับปรุงและไม่ได้ปรับปรุง

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงผลการพักสินค้าสินค้าที่ได้รับการปรับปรุงเส้นทางแสดงดังภาพที่ 5.23



ภาพที่ 5.23 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการแสดงกราฟผลสรุปเปรียบเทียบเส้นทางการขนส่ง

วัตถุประสงค์การใช้งาน

เพื่อแสดงผลเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางที่ปรับปรุงและไม่ได้ปรับปรุงเส้นทาง แบบแสดงผลเปรียบเทียบจากค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นและแบบแสดงแสดงผลเปรียบเทียบจากระยะทางตามวันที่ที่กำหนด

รายละเอียดการทำงาน

เจ้าหน้าที่การวางแผนการขนส่งเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการผลเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางที่ปรับปรุงและไม่ได้ปรับปรุงเส้นทางเป็นรูปแบบใด โดยทำเครื่องหมายที่ข้างหน้ารูปแบบที่เลือกให้แสดงผลจากค่าใช้จ่ายหรือระยะทาง แล้วให้กดปุ่ม **ค้นหา**เพื่อแสดงผลของรูปแบบที่เลือกออกมาในลักษณะกราฟ นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถพิมพ์ผลลัพธ์ที่เลือกได้ด้วยการกดปุ่ม**พิมพ์**

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

การเดินรถแบบต่อเนื่องเป็นแนวคิดในการลดค่าใช้จ่ายการเดินทาง จากการไม่วนรถกลับมาที่สถานที่เริ่มต้นเมื่อครบรอบการทำงานเป็นการลดการสูญเสียค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น อย่างไรก็ดีการเดินรถแบบต่อเนื่องเพียงอย่างเดียว ยังไม่สามารถครอบคลุมการรับสินค้าที่อยู่ต่างสถานที่ที่มีความห่างกันมาก การนำยานพาหนะมากกว่า 1 คันมาช่วยรับสินค้าในระบบที่อยู่ห่างไกลกัน สามารถช่วยอำนวยความสะดวกให้นำสินค้าไปส่ง ณ สถานที่สถานที่หมายได้ทันต่อเงื่อนไขเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการนำการถ่ายโอนสินค้ามาช่วยในการขนส่งอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำเสนอแนวคิดการปรับปรุงการจัดเส้นทางให้มีต้นทุนการขนส่งที่ลดลง

การถ่ายโอนหรือการเปลี่ยนถ่ายสินค้ามีความหลากหลายในรูปแบบการทำงาน งานวิจัยนี้นำเอาแนวคิดการถ่ายโอนสินค้าแบบมีสถานที่พักสินค้า ซึ่งเป็นระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันสำหรับการเดินรถรูปแบบปกติที่มีการกลับมาที่สถานที่เริ่มต้นเมื่อครบรอบเวลาการทำงานทุกรอบ มาพัฒนาเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานสำหรับรูปแบบการเดินรถอย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นรูปแบบการขนส่งที่ยานพาหนะไม่จำเป็นต้องกลับมาสถานที่เริ่มต้นเมื่อครบรอบเวลาการทำงาน หากมีการกลับมาที่สถานที่เริ่มต้น ก็จะเป็นการแวะเพื่อทำกิจกรรมที่จำเป็น พร้อมกับอนุญาตให้สามารถพักสินค้าระหว่างการเดินทางได้ โดยไม่มีความจำเป็นต้องรอยานพาหนะอีกคันที่มารับทำให้ไม่เสียเวลาในการรอของยานพาหนะอีกคันหนึ่ง (การรอนั้นอาจทำให้งานอื่นส่งได้ไม่ทันภายใต้เงื่อนไขของเวลา) และยานพาหนะคันที่จะส่งไม่จำเป็นต้องเดินทางออกไปเพื่อรับสินค้า หากสินค้าอยู่ในสถานที่ห่างไกล เปรียบเสมือนการรับและส่งที่อาศัยการพึ่งพิงกันของยานพาหนะ

การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถที่อนุญาตให้มีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าจึงเป็นการปรับเปลี่ยนเส้นทางของยานพาหนะที่ได้รับการวางแผนให้มีค่าใช้จ่ายของระยะทางการเดินทางลดลงโดยอาศัยการเปลี่ยนถ่ายและพักสินค้าณ สถานที่พักสินค้าซึ่งหมายถึงการแลกเปลี่ยนหรือฝากสินค้าของรหัสการขนส่งระหว่างยานพาหนะหรือยานพาหนะเดิมจากช่วงเวลาที่สามารถทำขนส่งให้ทันต่อเงื่อนไขด้านเวลาโดยการหาคำตอบที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เป็นการใช้หลักการของฮิวริสติกเพื่อหาวิธีการขั้นตอนและสมการในการตัดสินใจโดยผลลัพธ์ที่ได้ คือ เส้นทางใหม่ของยานพาหนะและสถานที่ในการพักสินค้าที่มีระยะทางการขนส่งลดลง

6.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาฮิวริสติกเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง จากการนำเส้นทางที่มีการเดินรถอย่างต่อเนื่องมาเป็นเส้นทางเริ่มต้นแล้วหาวิธีการปรับปรุงเส้นทางจากเส้นทางเดิมโดยการเปลี่ยนถ่ายสินค้า (Transshipment) แบบพักสินค้าได้กระบวนการคิดประกอบด้วยสมการและขั้นตอน 4 ขั้นตอนได้แก่กระบวนการพิจารณารหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งกระบวนการพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งกระบวนการจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรหัสการขนส่งและขั้นตอนสุดท้ายคือกระบวนการเลือกรหัสการขนส่งที่ทำการถ่ายโอนโดยตลอดเส้นทางมีการรับ-ส่งสินค้าและการเปลี่ยนถ่ายสินค้าตามสถานที่ที่อนุญาตให้มีการพักสินค้า

ฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นนี้อาศัยข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนการขนส่งทั่วไป และข้อมูลเส้นทางเบื้องต้นจากข้อมูลของเส้นทางการเดินรถแบบต่อเนื่อง ผ่านขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นตอนแรกให้ได้ข้อมูลรหัสการขนส่งที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งข้อมูลเส้นทางเบื้องต้นสำหรับการถ่ายโอนรหัสการขนส่งที่พิจารณา และข้อมูลเส้นทางและลำดับในการถ่ายโอนของแต่ละรหัสการขนส่งและค่าใช้จ่ายที่ลดได้จริงของแต่ละรหัสการขนส่ง สำหรับเป็นข้อมูลในการตัดสินใจของขั้นตอนสุดท้าย เพื่อช่วยในการหาเส้นทางใหม่ซึ่งจะทำการพิจารณาทีละรหัสการขนส่งเมื่อรหัสการขนส่งใดได้รับการถ่ายโอนแล้วจะไม่มีการพิจารณาซ้ำและให้เส้นทางที่ได้รับการปรับปรุงเป็นเส้นทางในการเริ่มต้นใหม่สำหรับการพิจารณารอบถัดไป

การปรับปรุงเส้นทางด้วยการเปลี่ยนถ่ายสินค้าสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายจากระยะทางการเดินทางของยานพาหนะจากการเปรียบเทียบโดยใช้ฮิวริสติกของการวางแผนจัดเส้นทางเดินรถแบบต่อเนื่องเทียบกับผลที่ได้จากการใช้ฮิวริสติกของการปรับปรุงเส้นทางที่พัฒนาขึ้นโดยเริ่มจากเส้นทางที่ได้ของฮิวริสติกของการวางแผนจัดเส้นทางเดินรถแบบต่อเนื่องพบว่าสามารถลดระยะทางลงเฉลี่ย 12.36% ของเส้นทางเดินรถแบบต่อเนื่องปกติ ซึ่งหากพิจารณาถึงระยะทางที่ลดลงได้ โดยมีการกระทำอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา ค่าใช้จ่ายที่ลดลงก็จะถูกสะสมและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ด้วย

จากการทดสอบฮิวริสติกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ พบว่าเปอร์เซ็นต์การลดของระยะทางขึ้นอยู่กับเส้นทางเบื้องต้นที่ได้รับและความต้องการการขนส่งที่ถูกนำมาจัดในระบบ (ทั้งด้านของปริมาณความต้องการและความจุของรหัสการขนส่ง) โดยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ระยะทางที่ลดลงจากวิธีฮิวริสติกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเทียบกับการขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการถ่ายโอนแบ่งตามจำนวน (ปริมาณความต้องการ) รหัสการขนส่งที่ 20 40 และ 60 รหัส เท่ากับ 8.51% 12.76% และ 15.50% ตามลำดับและผลการลดลงของระยะทางเมื่อแบ่งตามความจุของรหัสการขนส่งที่มีค่าความจุมากกว่าครึ่งของความจุสูงสุดของยานพาหนะ (ความจุ >0.5ความจุของยานพาหนะ) และมีค่าความจุน้อยกว่าหรือเท่ากับครึ่งของความจุสูงสุดของยานพาหนะ (ความจุ ≤0.5ความจุของยานพาหนะ) เท่ากับ 15.81% และ13.83% เมื่อเทียบกับการขนส่งที่ไม่อนุญาตให้มีการถ่ายโอนตามลำดับนอกจากนี้พบว่าจำนวนครั้งที่อนุญาตให้ทำการถ่ายโอนมีผลต่อการลดลงของระยะทางโดยเปอร์เซ็นต์การลดของระยะทางเมื่ออนุญาตให้พักสินค้าได้ 2 ครั้ง สูงกว่าการถ่ายโอนที่อนุญาตให้พักสินค้าได้เพียงครั้งเดียว 6.00% เมื่อเทียบกับเส้นทางปกติดังนั้นการสลับเส้นทางระหว่างยานพาหนะก่อนการถ่ายโอนเป็นอีกวิธีการที่สามารถช่วยในการปรับปรุงให้ระยะทางลดลงได้มากขึ้น

6.2 ข้อเสนอแนะ

ปัจจุบันการขนส่งซึ่งเป็นต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์มีความสำคัญและได้รับการสนใจอย่างแพร่หลาย งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการขนส่งทางบกและมีรูปแบบที่ต่อเนื่อง โดยสามารถนำไปปรับและพัฒนาต่อให้มีความเหมาะสมกับสภาวการณ์ในแต่ละสถานที่ ได้ดังนี้

1) การพิจารณาการถ่ายโอนแบบพักสินค้าในกรณีที่อนุญาตให้มีการวนกลับสถานที่เริ่มต้นเมื่อครบรอบเวลาโดยกำหนดเงื่อนไขและเวลาการกลับมายังสถานที่เริ่มต้นที่เหมาะสม
2) การพิจารณาถ่ายโอนสินค้าให้สามารถเพิ่มจำนวนครั้งในพักสินค้าได้มากกว่า 2 ครั้ง
3) การพิจารณาถ่ายโอนสินค้าให้สามารถส่งสินค้าล่าช้าได้ โดยมีค่าปรับ
4) การพิจารณาถ่ายโอนสินค้าในแต่ละรอบมากกว่า 1 รหัสการขนส่ง

5) การพิจารณาการขนส่งให้ประกอบด้วยการขนส่งหลายประเภท โดยมีรูปแบบต่อเนื่องและอนุญาตให้มีการถ่ายโอนสินค้า ณ สถานที่พักสินค้า

สำหรับการขนส่งหลายประเภทที่หากมีการพัฒนาต่อจากงานวิจัยนี้ อาจเริ่มจากการกำหนดประเภทที่ใช้ในการขนส่ง เช่น การขนส่งระหว่างยานพาหนะขนส่งทางถนนกับการขนส่งระบบราง ซึ่ง Woodburn (2003) ได้อธิบายถึงประโยชน์ที่ได้รับและบทบาทในโซ่อุปทาน หรือการขนส่งระหว่างการขนส่งทางน้ำ (ท่าเรือ) กับการขนส่งทางบก (การขนส่งต่อจากท่าเรือ) ของ Mingjun และ Maoying (2010) ที่มีแบบจำลอง 2 ระดับ (bi-level model) คือ การขนส่งระหว่างท่าเรือ (port) และการขนส่งระหว่างท่าเรือ (port) กับการขนส่งต่อจากท่า (hinterland) หรือกำหนดประเภทการขนส่งทั้งทางถนน ทางระบบราง ทางอากาศ (เครื่องบิน) และทางน้ำ ทั้งนี้ไม่ว่าจะมีประเภทการขนส่งใดในระบบ จะต้องสร้างเงื่อนไขสำหรับแบบจำลองนั้นๆ เนื่องจากการขนส่งแต่ละประเภทมีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน เช่น เวลาที่อนุญาตให้มีการรับ-ส่งสินค้า สำหรับระบบรางนั้นจะมีตารางการเดินทางที่แน่นอนและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่มีข้อดีคือค่าใช้จ่ายที่ใช้จะไม่สูงมากนัก ขณะที่การขนส่งทางน้ำผ่านเรือขนส่งจะมีเวลาที่สินค้าอาจมาถึงเป็นช่วงกว้าง และไม่แน่นอน (เวลาของสินค้าที่มาถึงจะถูกกำหนดให้เป็นช่วงของเวลาที่กว้างแต่ไม่ระบุวันที่แน่นอนสำหรับวันจริงที่สามารถรับสินค้าได้และเมื่อสินค้ามาถึงจริงเวลาที่ถูกกำหนดให้รับสินค้าได้จะเป็นช่วงที่สั้น) เช่นเดียวกับเวลาที่สามารถส่งสินค้าได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเวลาที่เรือขนส่งมาถึงเป็นสำคัญ เมื่อสินค้ามาถึงมีความจำเป็นต้องรีบทำการขนส่งต่อ เพราะมีค่าปรับสำหรับการฝากสินค้าเกินกำหนดเวลาสูงมาก ขณะที่การส่งสินค้าจะไม่สามารถส่งเลยวันที่กำหนดได้ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการขนส่งนี้ยังเป็นวิธีขนส่งข้ามทวีปที่ถูกที่สุดขณะนี้

แนวทางการปรับปรุงและพัฒนางานวิจัยนี้ต่อในอนาคตที่กล่าวข้างต้นเป็นข้อเสนอแนะเบื้องต้น อย่างไรก็ดีความเหมาะสมในการเลือกประเด็นการพัฒนาต่อไปนั้นจะขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ลักษณะรูปแบบของการขนส่งให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานด้วย

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงอุตสาหกรรม. รายงานสรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2554 และแนวโน้มปี 2555 [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.industry.go.th/ops/pio/kanchanaburi/Lists/News/Attachments/155/2553-54.pdf[31สิงหาคม2554]

กฤศณภัทร สวาสดิ์. 2549. การกำหนดเส้นทางเดินรถแบบพลวัต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ2548.การแก้ไขปัญหาธุรกิจด้วยวิธีทางสถิติ Statistical problem solving (SPS).พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).

ชนกพร เกษรา. 2552. การออกแบบระบบที่ใช้สำหรับจัดตารางการผลิตในขั้นตอนการเย็บสำหรับโรงงานผลิตเครื่องนุ่งห่ม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดลพร รักถิ่น. 2552. การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการรับคำสั่งซื้อสำหรับโรงงานผลิตเครื่องนุ่งห่ม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภีจรรย์ หุ่นธานี. 2552. การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจ่ายงานให้พนักงานในงานเย็บผ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฐิตินนท์ ศรีสุวรรณดีและ ระพีพันธ์ ปิตาคะโส.การประยุกต์วิธีอาณานิคมมดสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะกรณีศึกษา บริษัทเจียรนัยน้ำดื่ม จำกัด.ใน การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำ,หน้า6-10.20-21 ตุลาคม 2554 ณ โรงแรมแอมบาสเดอร์ซิตี้ จอมเทียน จังหวัดชลบุรี, 2554.

นิศาชล วิจารณ์วงศ์และ วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์. การพัฒนาระบบจัดเส้นทางการขนส่งนมพาสเจอร์ไรส์ในโครงการอาหารเสริม(นม)ของสหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด(ในพระบรม

ราชูปถัมภ์). การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ, หน้า 192-200. 24-25 กรกฎาคม 2551. ณ โรงแรมเจ้าพระยาปาร์ค จังหวัดกรุงเทพมหานคร, 2551.

บุริม นิลแป้นและพงษ์ชัย จิตตะมัย.การวางแผนการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลอย่างมีประสิทธิภาพ. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ,หน้า 1063-1069. 24-26 ตุลาคม 2550.ณ โรงแรม Royal Phuket City จังหวัดภูเก็ต,2550.

ปภัสสร สุขาบูรณ์ และ สมชาย ปฐมศิริ.การจัดเส้นทางการกระจายโลหิตในเขตกรุงเทพและปริมณฑลกรณีศึกษา: ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย.ใน การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำ ปี 2554, หน้า 1543-1547. 20-21 ตุลาคม 2554 ณ โรงแรมแอมบาสเดอร์ซิตี้ จอมเทียน จังหวัดชลบุรี, 2554.

ปารเมศ ชุติมา. 2546. เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนัญญา อะทาโส. Apparel Logistics & Supply Chain Management [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.logisticsdigest.com/article/logistics-insight/item/989-apparel-logistics--supply-chain-management.html [31 สิงหาคม 2554].

ยุทธชาติ บรรพปกรณ์. 2546. โปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดเส้นทางเดินรถที่มีระยะทางสั้นที่สุดโดยใช้แบบจำลอง TSP. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยศศิริ อดุลยศักดิ์. 2549. แบบจำลองและขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบเต็มคันยานพาหนะอย่างต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธิพงษ์ มีใย. 2549. การจัดเส้นทางเดินรถเพื่อการกระจายสินค้าโดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ (สหสาขาวิชา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โสภา คู่สมรัตน์และ ปวีณา เชาวลิตวงศ์. 2555.การลดระยะทางขนส่งด้วยการถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะ.วารสารวิศวกรรมศาสตร์.ปีที่ 4. 1:49-66.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี 2554[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.nesdb.go.th/Portals/0/tasks/devlogis/report/ data_0247140111.pdf[2 ตุลาคม 2554].

หัทยา สุทธิจรัสโรจน์. 2552. การออกแบบระบบการวางแผนการผลิตตามคำสั่งซื้อสำหรับโรงงานเครื่องนุ่งห่ม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นายภูมิ สาระผล รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงพาณิชย์ เป็นประธานในพิธีเปิดการสัมมนาเผยแพร่ผลการศึกษาเส้นทางการขนส่งสินค้าจากจีนตอนใต้-ไทย-อินเดีย. [ออนไลน์].แหล่งที่มา: http://www2.moc.go.th/ewtadmin/ewt/moc_web/ewt_w3c/ewt_news.php?nid=5824 [1 ตุลาคม 2555].

ภาษาอังกฤษ

Christofides, N., Mingozzi, A. and Toth, P. 1979. The vehiclerouting problem. In: Christofides, N., Mingozzi, A., Toth, P. andSandi, C. (Eds). Combinatorial Optimization, pp 315-338. Wiley, Chichester.

Christofides, N. , Eilon, S. 1969. An algorithm for the vehicle dispatching problem. Computers and Operation Research 20(3):309.

Crainic, T., G.2000.Service network design in freight transportation.European Journal of Operational Research 122: 272-288.

Cordeau, J-F, Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J-Y, Semet, F. A. 2002. Guide to Vehicle Routing Heuristics. The Journal of the Operational Research Society 53: 512-522.

Doerner, K.F., Gronalt, M., Hartl, R.F., Kiechle, G., Reimann, M..2008. Exact and heuristic algorithms for the vehicle routing problem with multipleinterdependent time windows.Computers and Operations Research 35: 3034 – 3048

Dondo, R., Méndez, C.A., Cerdá, J. 2009.The supply-chain pick-up and delivery problem with transshipments. Computer Aided Chemical Engineering 26: 1009-1014.

Dondo, R., Méndez, C.A., Cerdá, J. 2011.The multi-echelon vehicle routing problem with crossdocking in supply chain management. Computers and Chemical Engineering 35: 3002–3024.

Laporte, G.1992. The Vehicle Routing Problem: An overview of exact and approximate algorithms. European Journal of Operational Research 59:345-358.

Laporte, G. and Crainic, T.1997. Planning model for freight transportation. European Journal of Operation Research 34: 409-438.

Laporte, G., Gendreau, M., Potvin, J., and Semet, F. 2000. Classical and modern heuristics forthe vehicle routing problem. International Transactions in Operational Research 7:285-300.

Liao, C-J., Lin,Y., Shih, S.C.2010. Vehicle routing with cross-docking in the supply chain. Expert Systems with Applications 37: 6868–6873.

Lin,C.K.Y. 2008. A cooperative strategy for a vehicle routing problem with pickup and delivery time windows. Computer and Industrial Engineering 55: 766-782.

Gendreau, M.,Laporte, G. and René, S.. 1996.Stochastic vehicle routing. European Journal of Operational Research 88: 3-12.

Madsen, B.G., Larsen, A., Solomon, M. M. 2007. Dynamic Vehicle Routing Systems – Survey and Classification, Proceeding of the Tristan IV Conference.

Martin, E. 1998. Centralized bakery reduces distribution costs using simulation. Interfaces 28(4): 38-46.

Mingjun,JI,Maoying, HE. 2010. Optimization of Two-Stage Port Logistics Networkof Dynamic Hinterland Based on Bi-levelProgramming Model. Journal of Transportation System Engineering and Information 10(6): 89-94.

Mitrovic-Minic, S., and Laporte, G. 2006. The pickup and delivery problem with time windows and transshipment. INFOR 44:217–227.

Murdick, R.G., Render, B., and Russell, R.S. 1990. Service operations management. (n.p.) Allyn and Bacon.

Nag, B., Golden, B.L., and Assad, A.A. 1988.Vehicle Routing with Site Dependencies. In Golden, B.L., and Assad, A.A., (Eds.), Vehicle Routing: Methods and Studies, pp. 149–159. Elsevier Science Publishers B.V.

Özdemir, D., Yücesan, E., and Herer, Y.T. 2006. Multi-Location Transshipment Problem with Capacitated Production and Lost Sales. Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference, pp.1470-1476.

Savelsbergh, M.W.P., Sol, M. 1995. The General Pickup and Delivery Problem. Transportation Science 29: 17-29.

Surhone, L.M., Timpledon, M.T., Marseken, S.F. 2010. Transshipment. Betascript Publishing.

Woodburn, A.G. 2003. A logistical perspective on the potential for modal shift of freight from road to rail in Great Britain. International Journal of Transport Management 1: 237–245.

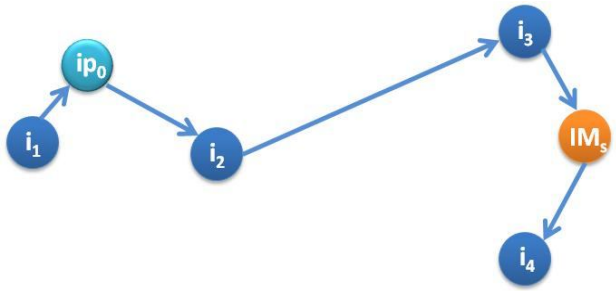
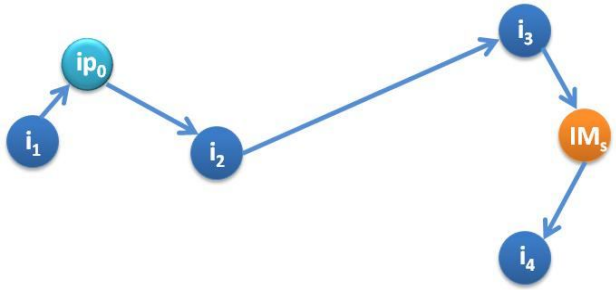
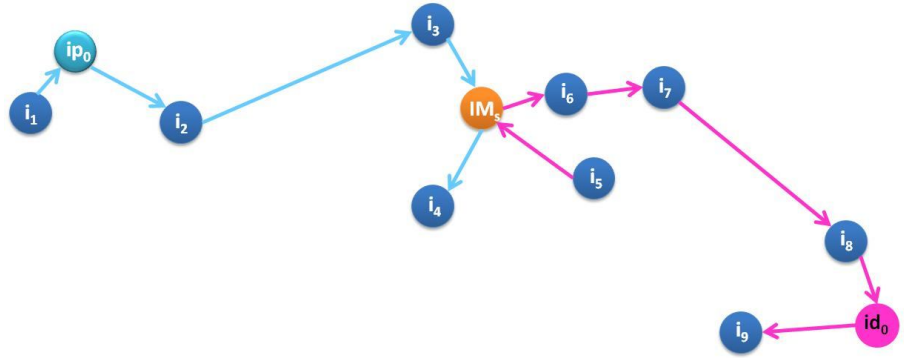
Xiaodong,L.2012. A Summarization of Algorithms for Vehicle Routing Problem with Time Windows. European Journal of Scientific Research 73: 296-309.

Yeun, L.C., Ismail, W.R., Omar, K. 2008. Vehicle Routing Problem: Models and Solutions. Journal of Quality Measurement and Analysis 4: 205-218.

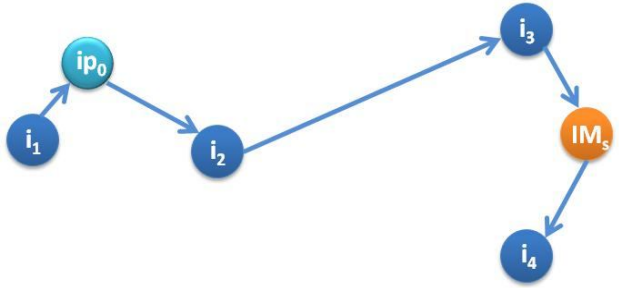
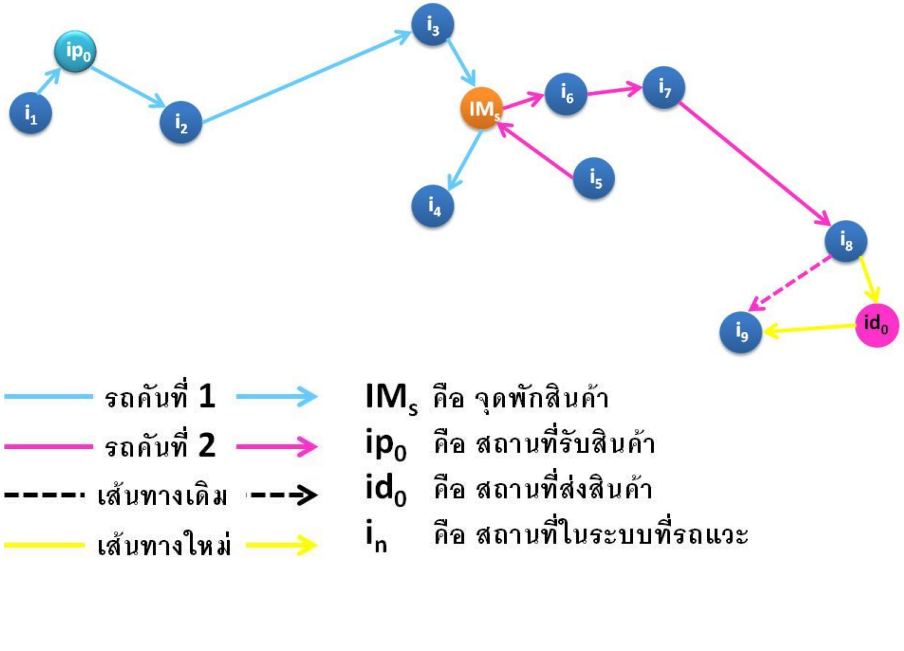
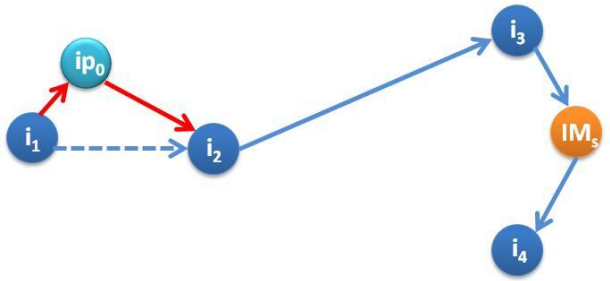
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

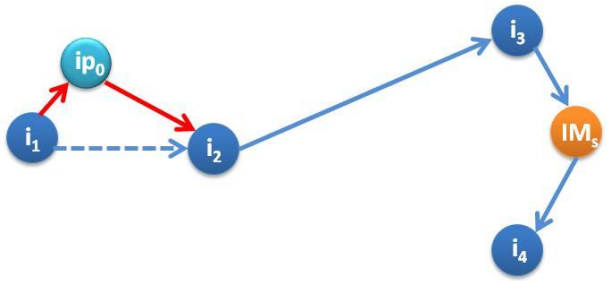
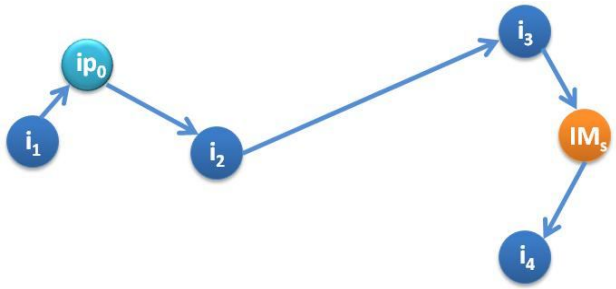
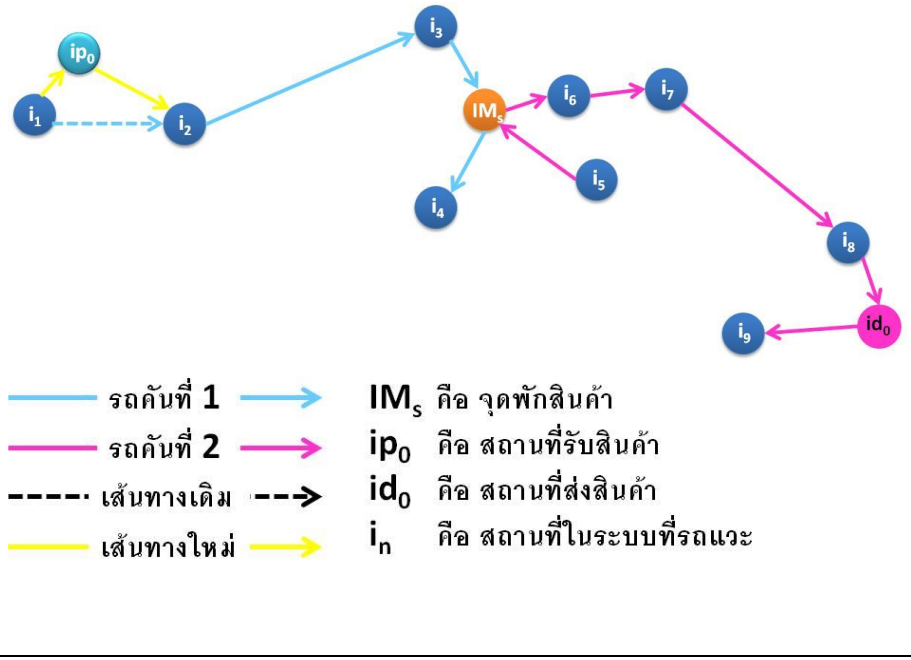
ตารางที่ ก.1 รูปแบบที่ 1 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
1	กรณี 1(3.2.1)  กรณี 1(3.2.1)  	

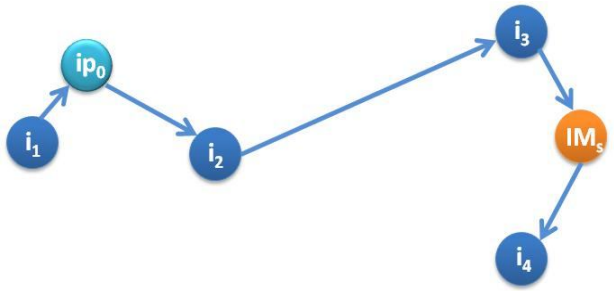
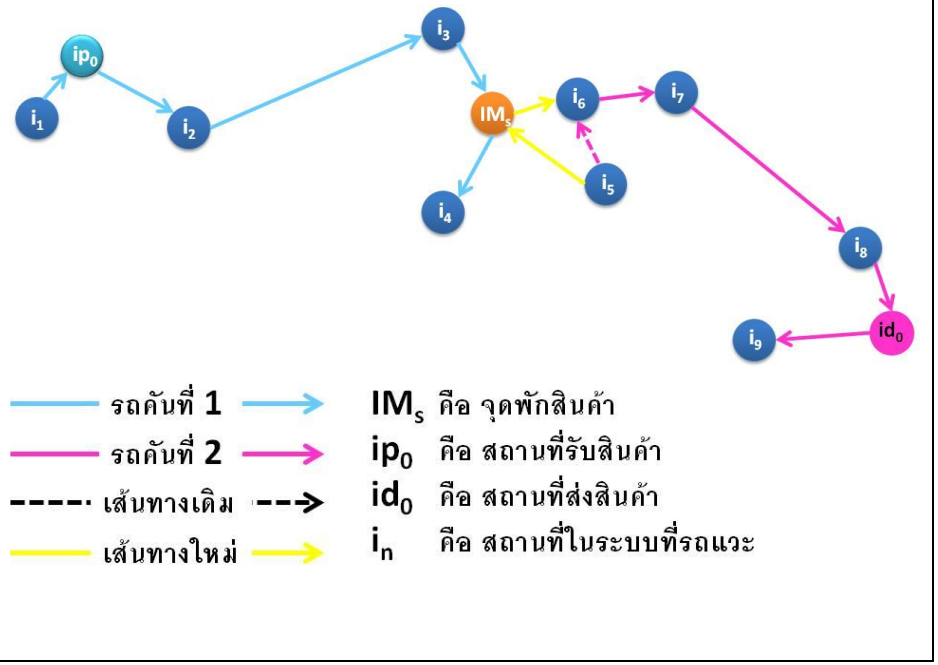
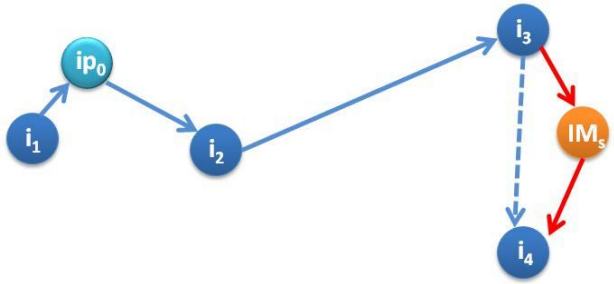
ตารางที่ ก.2 รูปแบบที่ 2 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

<table>
<tr><th>รูปแบบที่</th><th>กรณีการจับคู่</th><th>ลักษณะของรูปแบบ</th></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td>กรณี 1(3.2.1)
 
</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>กรณี 2 (3.2.2)รูปแบบ 1
 
</td></tr>
</table>

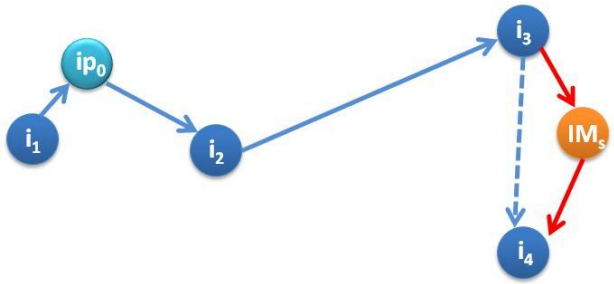
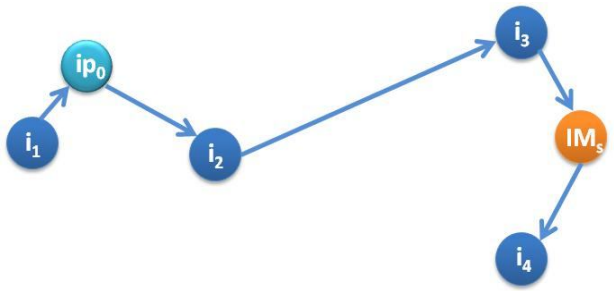
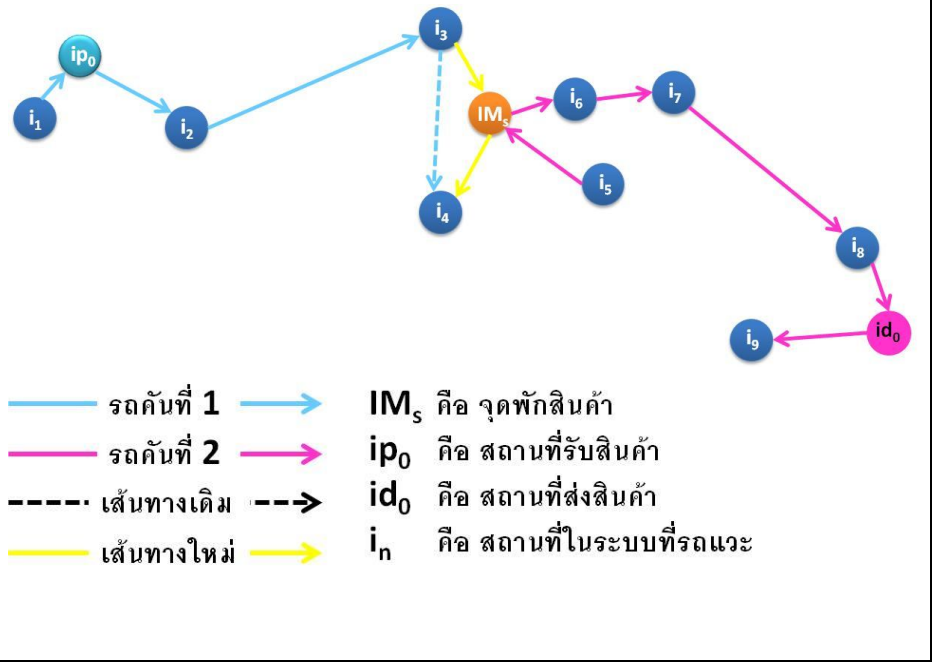
ตารางที่ ก.3 รูปแบบที่ 3 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
3	กรณี 2(3.2.2) รูปแบบ 1  กรณี 1(3.2.1)  	

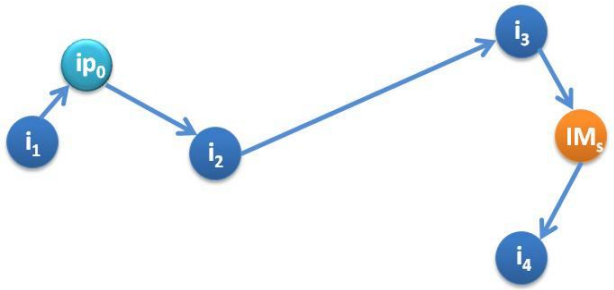
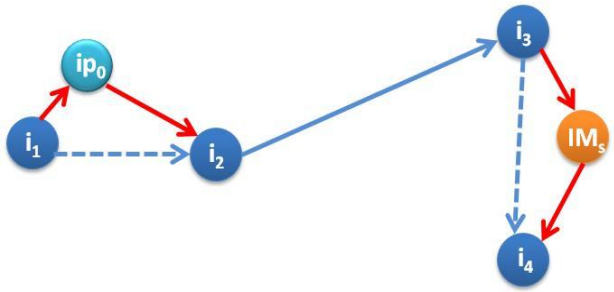
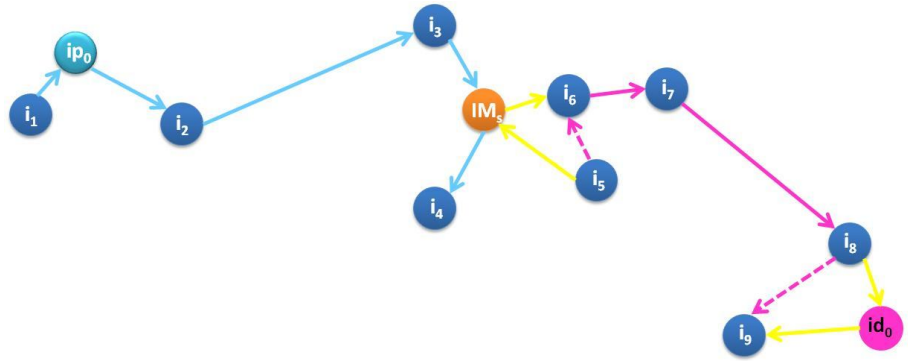
ตารางที่ ก.4 รูปแบบที่ 4 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

<table>
<tr><th>รูปแบบที่</th><th>กรณีการจับคู่</th><th>ลักษณะของรูปแบบ</th></tr>
<tr><td rowspan="2">4</td><td>กรณี 1(3.2.1)
 
</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>กรณี 2(3.2.2)รูปแบบ 2
 
</td></tr>
</table>

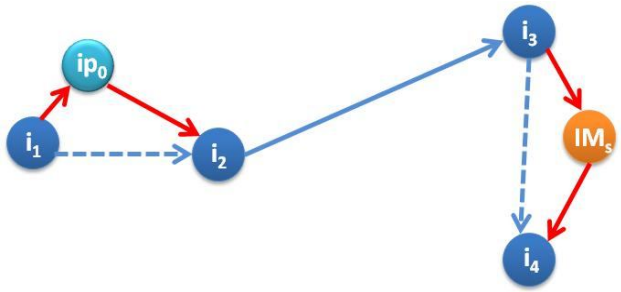
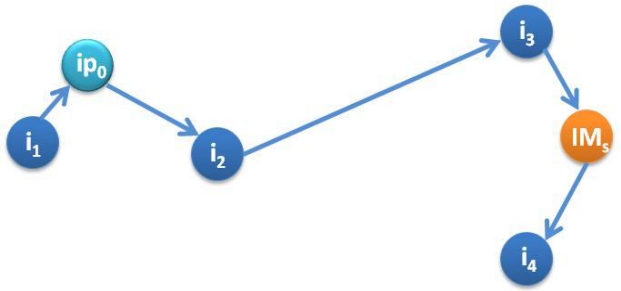
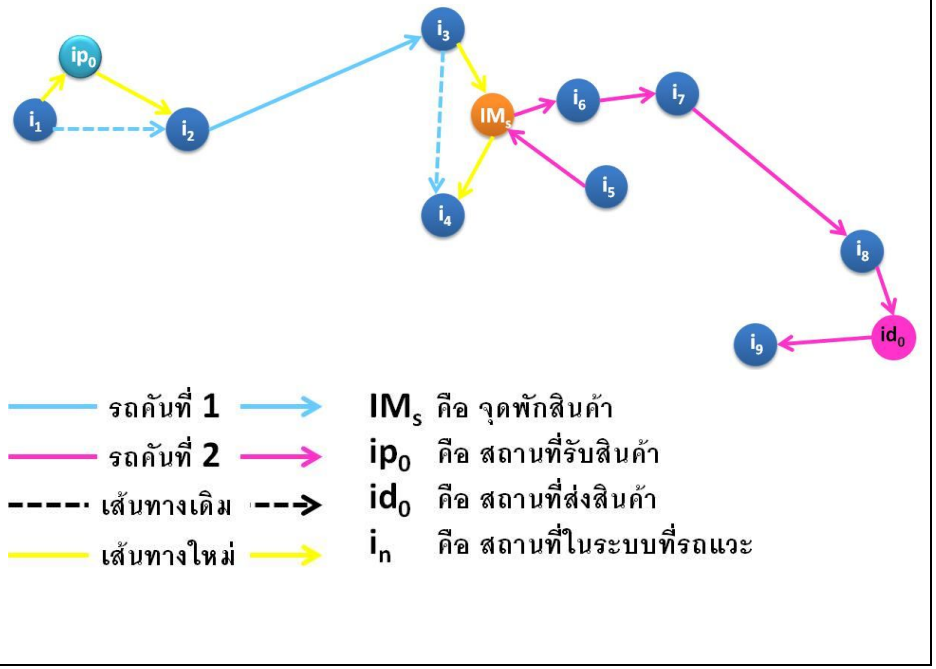
ตารางที่ ก.5 รูปแบบที่ 5 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
5	กรณี 2(3.2.2) รูปแบบ 2  กรณี 1(3.2.1)  	

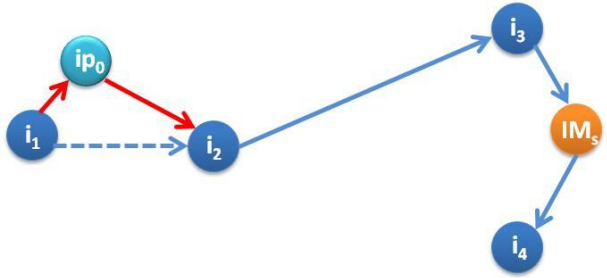
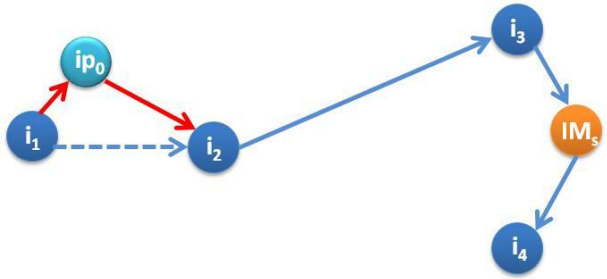
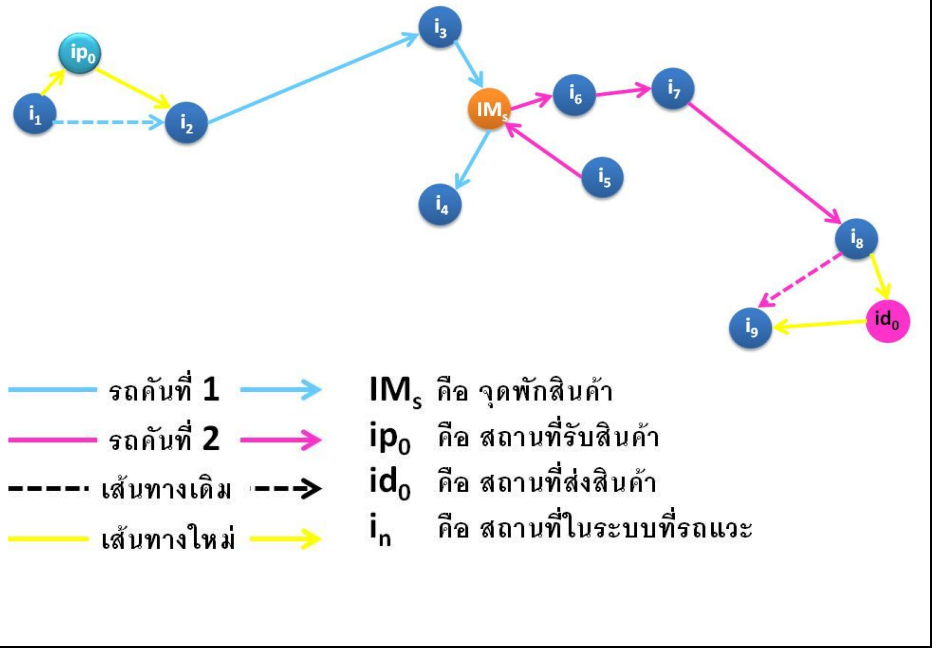
ตารางที่ ก.6 รูปแบบที่ 6 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
6	กรณี 1(3.2.1)  กรณี 3 (3.2.3)  	 รถคันที่ 1 → IMs คือ จุดพักสินค้า รถคันที่ 2 → ip0 คือ สถานที่รับสินค้า เส้นทางเดิม --> id0 คือ สถานที่ส่งสินค้า เส้นทางใหม่ → in คือ สถานที่ในระบบที่รถแวะ

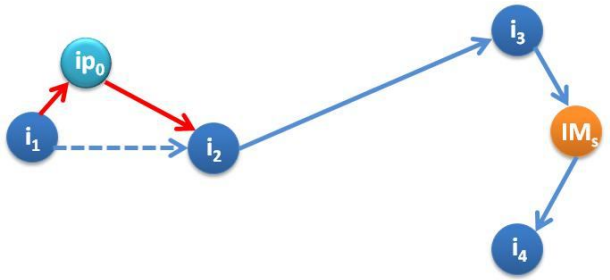
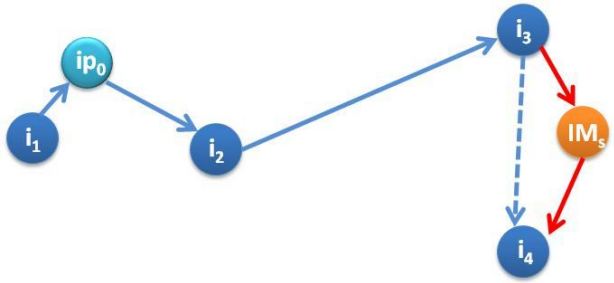
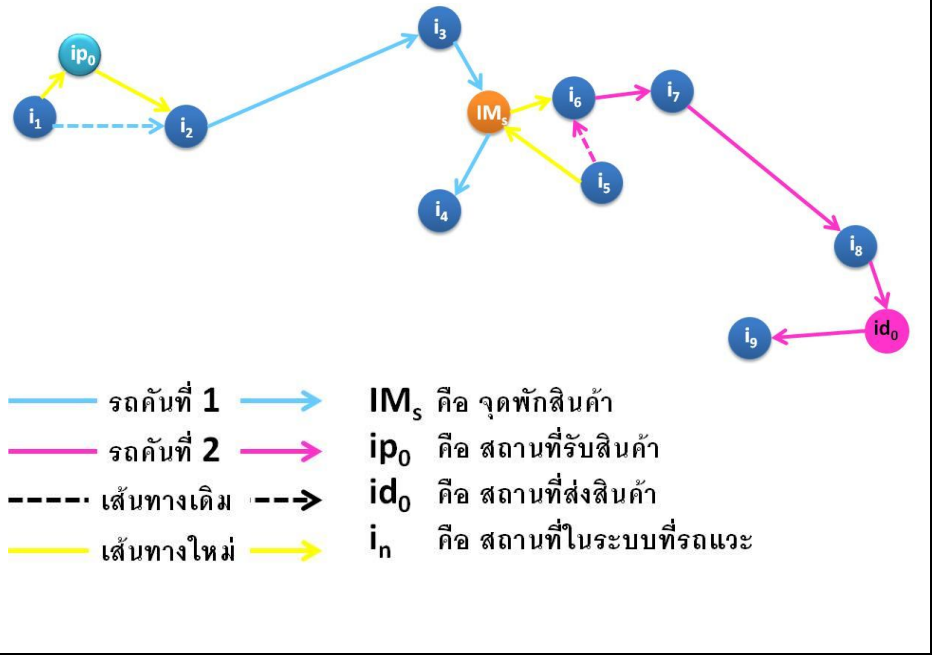
ตารางที่ ก.7 รูปแบบที่ 7 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
7	กรณี 3 (3.2.3)  กรณี 1(3.2.1)  	

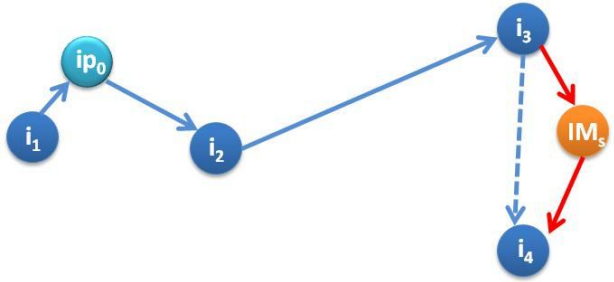
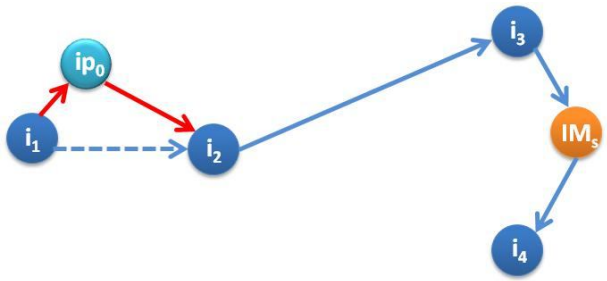
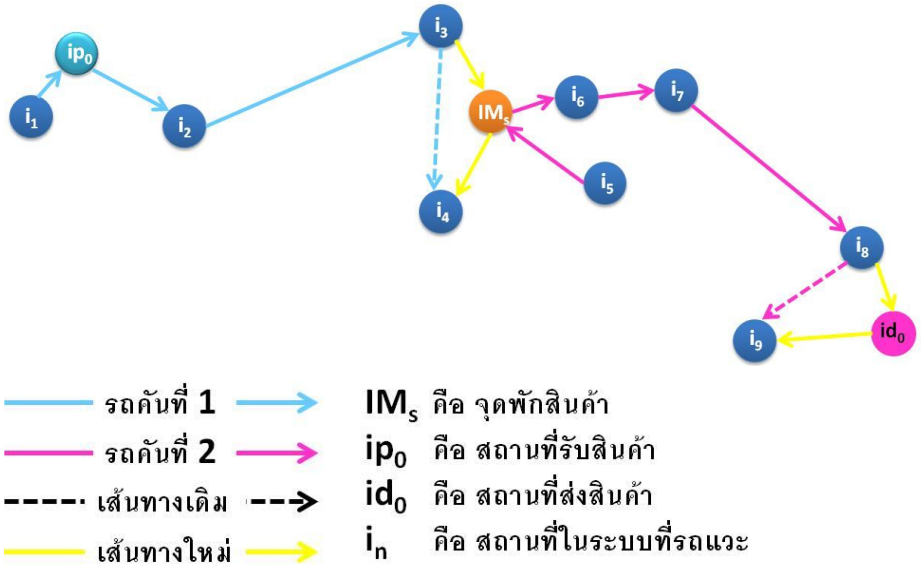
ตารางที่ ก.8 รูปแบบที่ 8 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
8	กรณี 2(3.2.2) รูปแบบ 1  กรณี 2(3.2.2) รูปแบบ 1  	

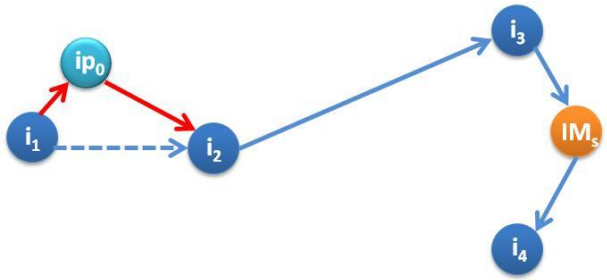
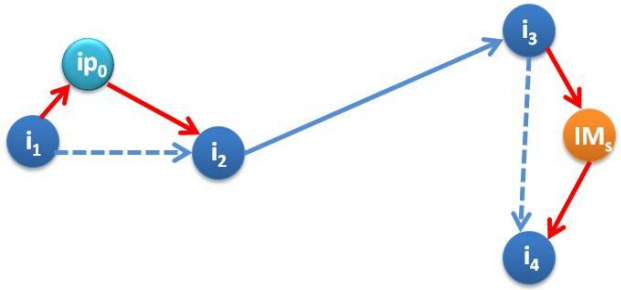
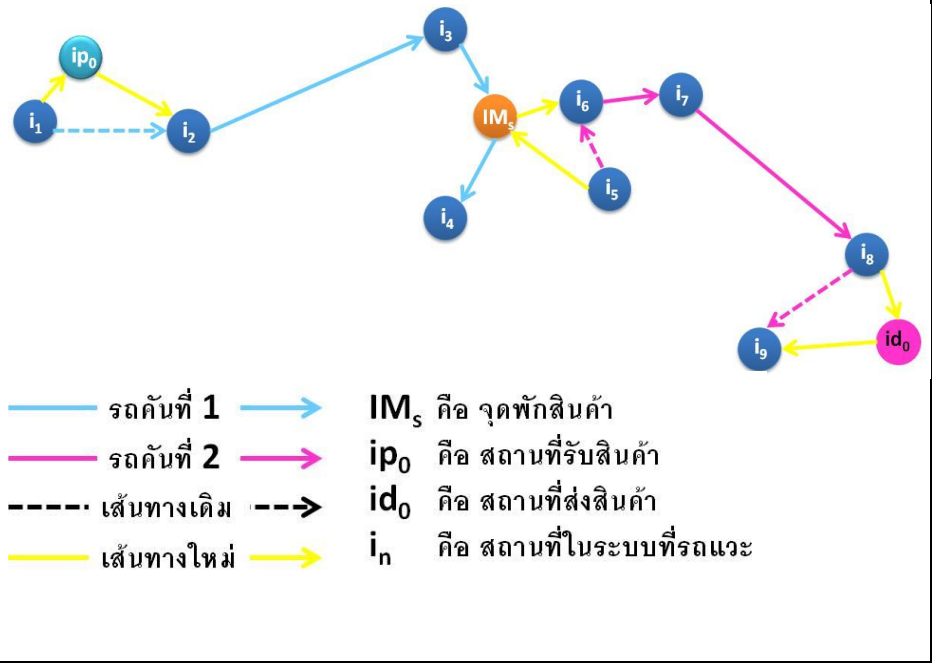
ตารางที่ ก.9 รูปแบบที่ 9 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
9	กรณี 2(3.2.2) รูปแบบ 1  กรณี 2(3.2.2)รูปแบบ 2  	

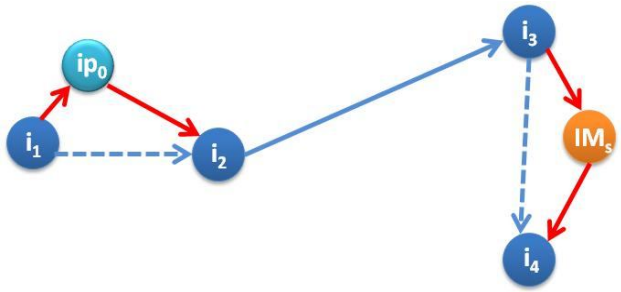
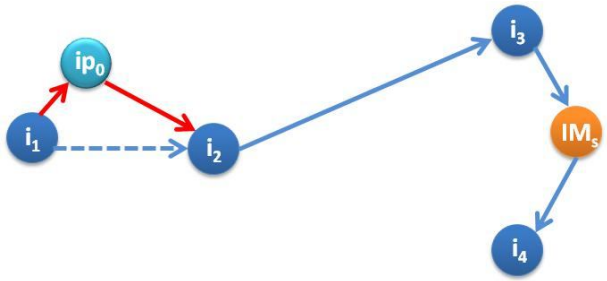
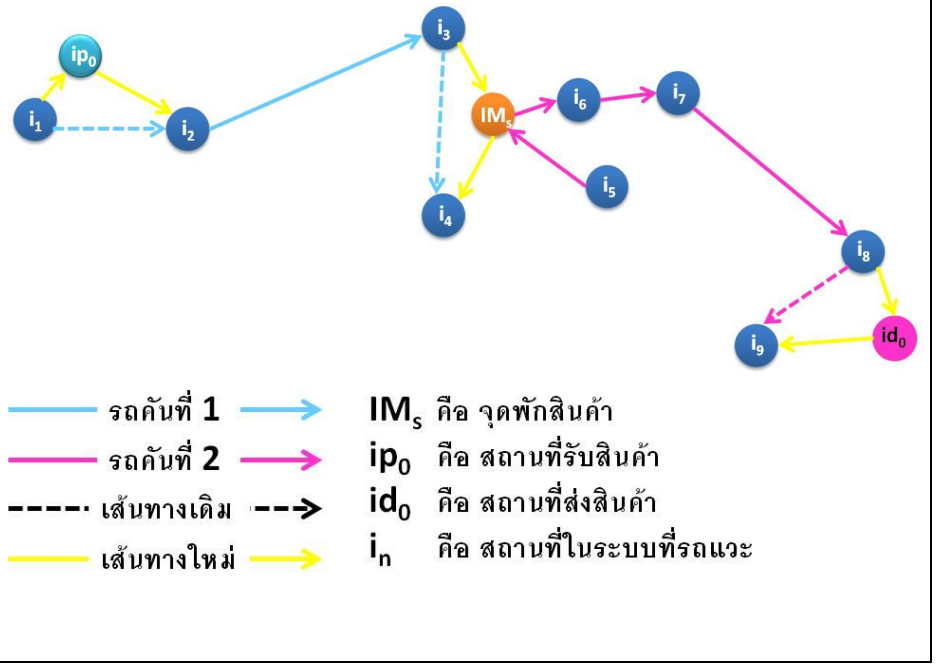
ตารางที่ ก.10 รูปแบบที่ 10 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
10	กรณี 2(3.2.2)รูปแบบ 2  กรณี 2(3.2.2) รูปแบบ 1  	

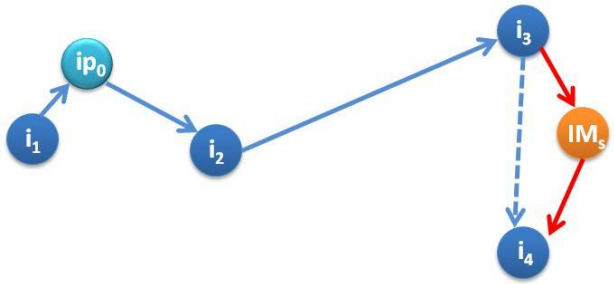
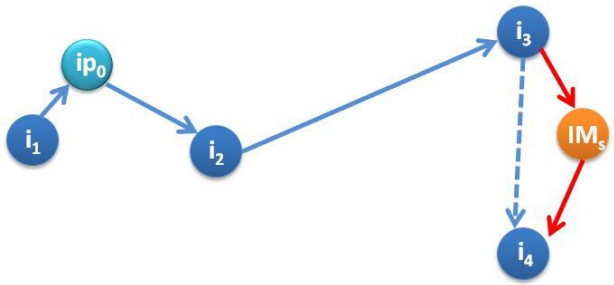
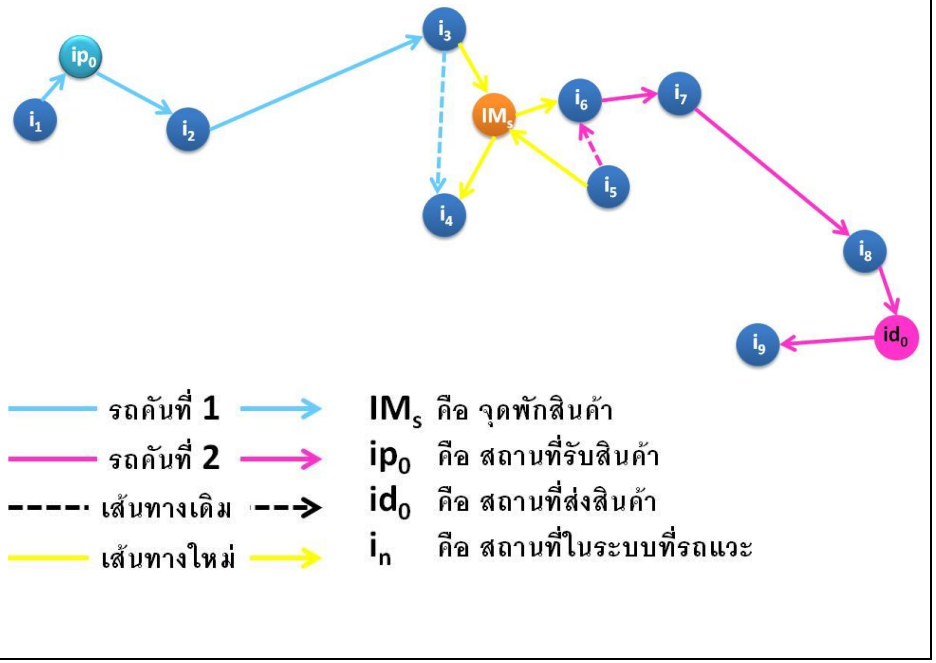
ตารางที่ ก.11 รูปแบบที่ 11 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
11	กรณี 2(3.2.2) รูปแบบ 1  กรณี 3 (3.2.3)  	

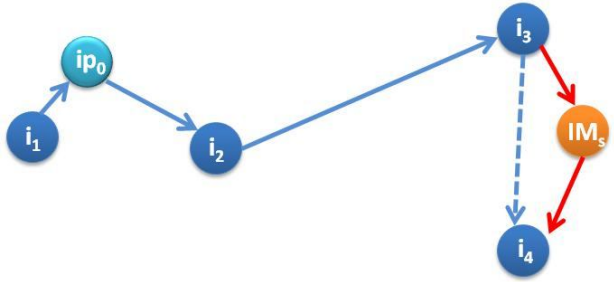
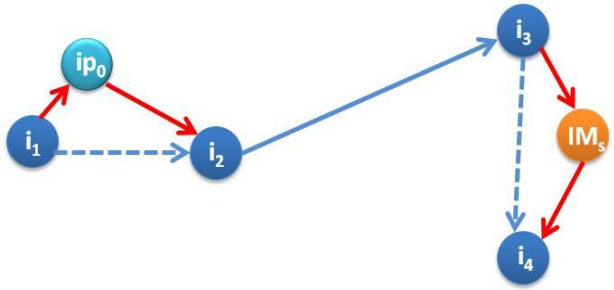
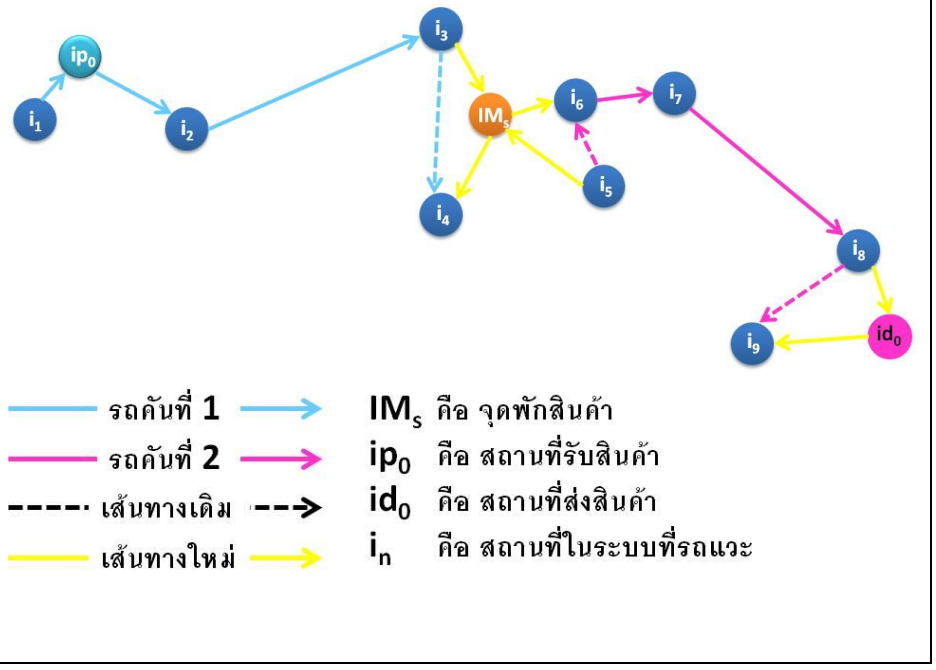
ตารางที่ ก.12 รูปแบบที่ 12 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
12	กรณี 3 (3.2.3)  กรณี 2(3.2.2) รูปแบบ 1  	

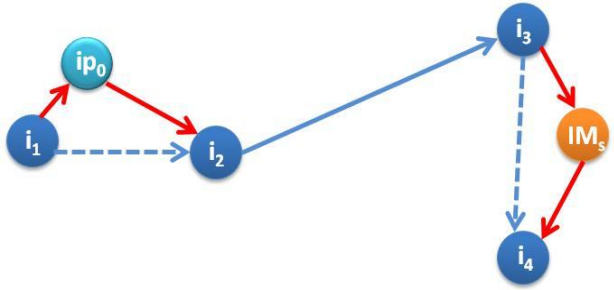
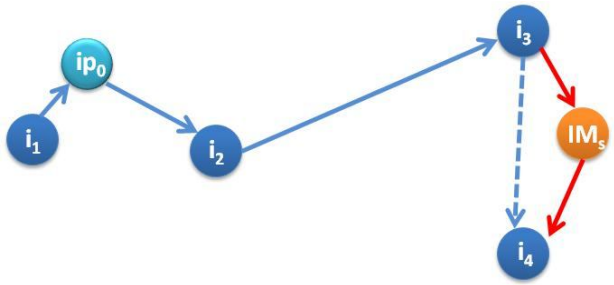
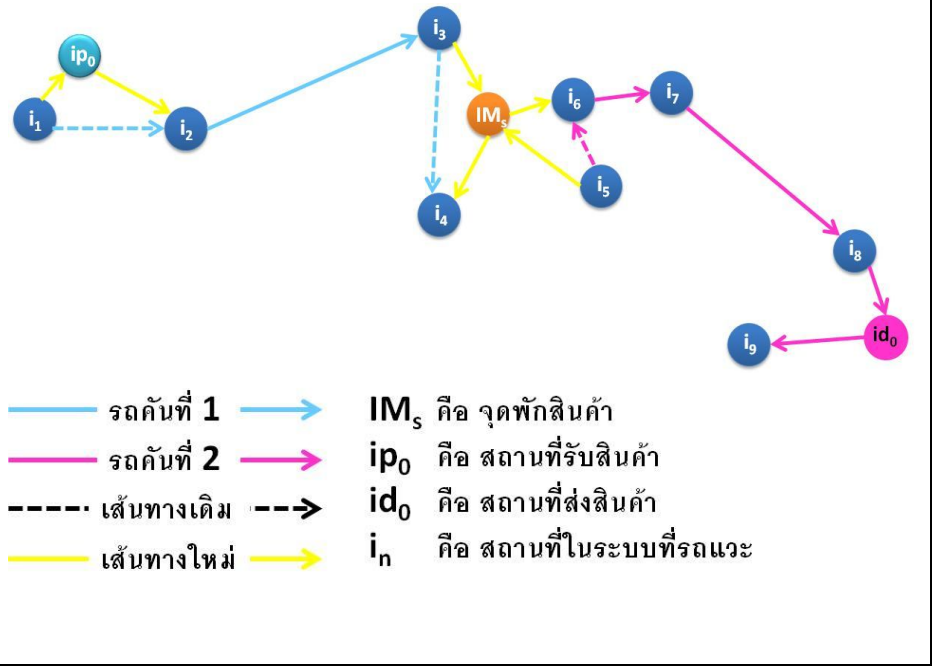
ตารางที่ ก.13 รูปแบบที่ 13 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
13	กรณี 2(3.2.2)รูปแบบ 2  กรณี 2(3.2.2)รูปแบบ 2 	

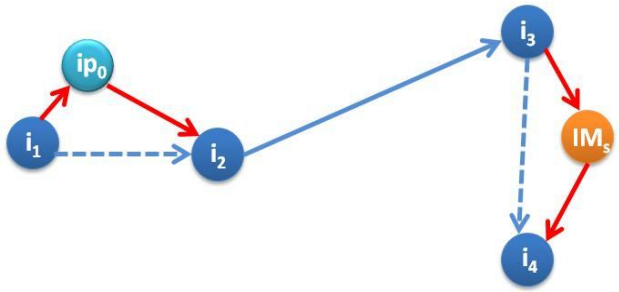
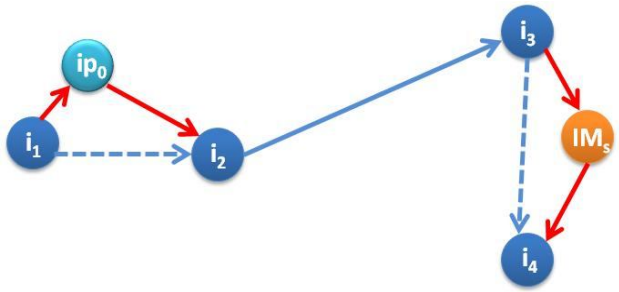
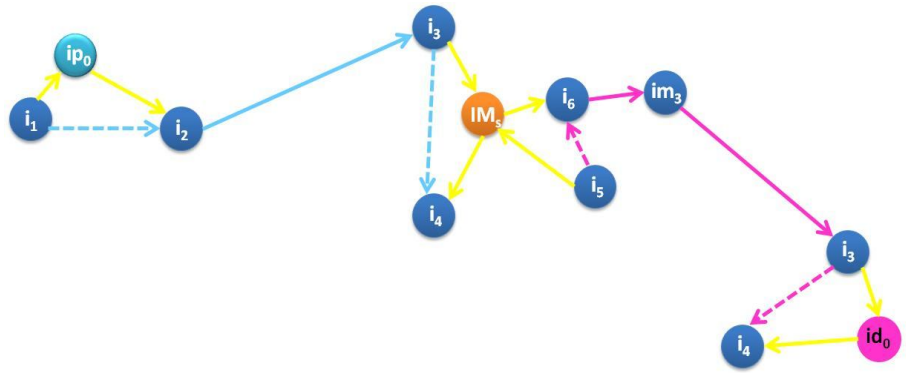
ตารางที่ ก.14 รูปแบบที่ 14 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
14	กรณี 2(3.2.2)รูปแบบ 2  กรณี 3 (3.2.3) 	

ตารางที่ ก.15 รูปแบบที่ 15 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
15	กรณี 3 (3.2.3)  กรณี 2(3.2.2)รูปแบบ 2  	

ตารางที่ ก.16 รูปแบบที่ 16 ของเส้นทางที่ได้รับการจับคู่เพื่อการถ่ายโอนรหัสการขนส่ง

รูปแบบที่	กรณีการจับคู่	ลักษณะของรูปแบบ
16	กรณี 3 (3.2.3)  กรณี 3 (3.2.3)  	 รถคันที่ 1 → IMs คือ จุดพักสินค้า รถคันที่ 2 → ip0 คือ สถานที่รับสินค้า เส้นทางเดิม --> id0 คือ สถานที่ส่งสินค้า เส้นทางใหม่ → in คือ สถานที่ในระบบที่รถแวะ

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 ผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนรหัสการขนส่ง

ตัวอย่างที่	20 รหัส	40 รหัส	60 รหัส
1	7.71%	15.32%	8.49%
2	7.75%	6.67%	15.51%
3	0.00%	12.78%	18.53%
4	5.07%	10.38%	17.01%
5	2.40%	27.93%	16.55%
6	9.49%	18.72%	10.70%
7	12.65%	7.82%	21.66%
8	4.71%	4.92%	8.94%
9	0.00%	9.05%	20.55%
10	6.94%	7.25%	15.21%
11	4.33%	10.43%	10.23%
12	11.18%	8.98%	12.31%
13	6.41%	23.10%	25.47%
14	5.55%	16.03%	12.21%
15	5.23%	18.26%	19.24%
16	11.33%	4.59%	20.12%
17	8.20%	13.89%	17.64%
18	11.16%	13.72%	19.16%
19	17.18%	20.15%	13.75%
20	20.04%	14.00%	10.98%
21	4.43%	13.12%	20.22%
22	6.02%	4.35%	12.51%
23	11.90%	12.21%	20.69%
24	6.73%	11.85%	18.01%

ตัวอย่างที่	20 รหัส	40 รหัส	60 รหัส
25	9.02%	26.96%	31.78%
26	8.53%	9.99%	11.43%
27	12.24%	9.12%	16.29%
28	0.00%	4.04%	17.98%
29	22.71%	13.03%	11.78%
30	15.83%	7.92%	11.70%
31	13.13%	13.66%	14.95%
32	8.68%	11.90%	15.52%
33	10.94%	21.16%	28.26%
34	7.99%	11.64%	18.01%
35	8.88%	9.61%	13.38%
36	11.19%	15.14%	17.71%
37	10.82%	22.25%	23.65%
38	7.35%	14.92%	15.98%
39	2.31%	6.86%	11.78%
40	4.49%	6.72%	11.70%
41	12.64%	13.16%	16.27%
42	16.20%	9.57%	22.57%
43	5.04%	14.75%	19.81%
44	3.17%	13.48%	15.51%
45	3.38%	7.98%	4.55%
46	14.87%	17.32%	21.68%
47	5.08%	7.11%	16.99%
48	1.09%	17.48%	23.58%
49	13.01%	14.12%	17.64%
50	13.15%	17.54%	22.41%

ตารางที่ ข.2 ผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานที่ในระบบ

ตัวอย่างที่	5 สถานที่	10 สถานที่	15 สถานที่	20 สถานที่	25 สถานที่
1	0.00%	4.33%	4.43%	13.13%	13.15%
2	12.78%	10.43%	13.12%	13.66%	17.54%
3	18.53%	10.23%	20.22%	14.95%	22.41%
4	5.07%	11.18%	6.02%	8.68%	12.64%
5	10.38%	8.98%	4.35%	11.90%	13.16%
6	17.01%	12.31%	12.51%	15.52%	16.27%
7	7.75%	6.41%	11.90%	10.94%	13.01%
8	6.67%	23.10%	12.21%	21.16%	14.12%
9	15.51%	25.47%	20.69%	28.26%	17.64%
10	2.40%	5.55%	6.73%	7.99%	3.17%
11	27.93%	16.03%	11.85%	11.64%	13.48%
12	16.55%	12.21%	18.01%	18.01%	15.51%
13	7.71%	5.23%	9.02%	8.88%	5.04%
14	15.32%	18.26%	26.96%	9.61%	14.75%
15	8.49%	19.24%	31.78%	13.38%	19.81%
16	4.71%	11.33%	8.53%	11.19%	5.08%
17	4.92%	4.59%	9.99%	15.14%	7.11%
18	8.94%	20.12%	11.43%	17.71%	16.99%
19	0.00%	8.20%	12.24%	10.82%	1.09%
20	9.05%	13.89%	9.12%	22.25%	17.48%
21	6.60%	17.64%	16.29%	23.65%	23.58%
22	9.49%	11.16%	0.00%	7.35%	3.38%
23	18.72%	13.72%	4.04%	14.92%	7.98%
24	10.70%	19.16%	17.98%	15.98%	4.55%

ตัวอย่างที่	5 สถานที่	10 สถานที่	15 สถานที่	20 สถานที่	25 สถานที่
25	12.65%	17.18%	22.71%	2.31%	14.87%
26	7.82%	20.15%	13.03%	6.86%	17.32%
27	21.66%	20.55%	13.75%	11.78%	21.68%
28	6.94%	20.04%	15.83%	4.49%	16.20%
29	7.25%	14.00%	7.92%	6.72%	9.57%
30	6.07%	15.21%	10.98%	11.70%	22.57%

ตารางที่ ข.3 ผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบตามลักษณะการกระจายตัวของสถานที่

ตัวอย่างที่	แบบสุ่ม	แบบกลุ่ม
1	12.64%	5.41%
2	13.16%	11.18%
3	16.27%	13.36%
4	16.20%	10.72%
5	9.57%	4.88%
6	22.57%	21.23%
7	5.04%	15.92%
8	14.75%	13.31%
9	19.81%	21.26%
10	3.17%	3.19%
11	13.48%	0.73%
12	15.51%	11.78%
13	3.38%	5.24%
14	7.98%	16.09%
15	4.55%	18.71%
16	14.87%	4.45%

ตัวอย่างที่	แบบสุ่ม	แบบกลุ่ม
17	17.32%	10.00%
18	21.68%	12.18%
19	5.08%	1.93%
20	7.11%	6.77%
21	16.99%	15.53%
22	1.09%	10.45%
23	17.48%	18.29%
24	23.58%	34.76%
25	13.01%	5.70%
26	14.12%	17.76%
27	17.64%	18.41%
28	13.15%	7.64%
29	17.54%	14.29%
30	22.41%	20.95%

ตารางที่ ข.4 ผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบตามค่าความจุของแต่ละรหัสการขนส่ง

ตัวอย่างที่	ความจุ≤0.5ความจุยานพาหนะ	ความจุ>0.5ความจุยานพาหนะ
1	11.41%	9.70%
2	13.18%	8.70%
3	4.78%	8.70%
4	20.77%	12.76%
5	16.22%	7.79%
6	16.15%	13.88%
7	12.05%	17.22%

ตัวอย่างที่	ความจุ≤0.5ความจุยานพาหนะ	ความจุ>0.5ความจุยานพาหนะ
8	14.32%	17.65%
9	14.80%	15.28%
10	10.45%	13.51%
11	7.81%	7.88%
12	12.98%	11.34%
13	22.61%	18.44%
14	24.51%	17.92%
15	9.55%	17.92%
16	12.90%	3.29%
17	14.68%	11.05%
18	11.86%	3.29%
19	10.27%	12.02%
20	12.29%	14.02%
21	21.60%	15.37%
22	13.62%	7.92%
23	7.52%	17.51%
24	9.77%	13.65%
25	15.09%	34.28%
26	10.21%	37.01%
27	10.75%	36.42%
28	16.94%	25.18%
29	30.29%	22.64%
30	3.19%	25.86%

ตารางที่ ข.5 ผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเมื่อแบ่งตามวิธีการจัดเส้นทาง

ตัวอย่างที่	ฮิวริสติกที่ถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะ	ฮิวริสติกจากงานวิจัย	ฮิวริสติกจากงานวิจัย (ถ่ายโอน1ครั้ง)
1	2.51%	4.43%	4.43%
2	0.62%	13.12%	5.38%
3	1.99%	20.22%	5.26%
4	3.29%	6.02%	6.02%
5	0.81%	4.35%	3.23%
6	3.02%	12.51%	4.22%
7	0.00%	11.90%	11.90%
8	2.45%	12.21%	7.66%
9	2.61%	20.69%	6.07%
10	2.24%	6.73%	7.74%
11	2.88%	11.85%	8.62%
12	1.88%	18.01%	5.90%
13	1.04%	9.02%	5.37%
14	0.00%	26.96%	11.47%
15	0.00%	31.78%	2.15%
16	7.46%	8.53%	8.53%
17	2.36%	9.99%	5.28%
18	4.42%	11.43%	7.94%
19	2.17%	12.24%	10.15%
20	0.00%	9.12%	7.89%
21	2.60%	16.29%	8.24%
22	0.00%	0.00%	0.00%
23	0.00%	4.04%	4.04%

ตัวอย่างที่	ฮิวริสติกที่ถ่ายโอนระหว่างยานพาหนะ	ฮิวริสติกจากงานวิจัย	ฮิวริสติกจากงานวิจัย (ถ่ายโอน1ครั้ง)
24	0.68%	17.98%	2.90%
25	0.00%	22.71%	22.71%
26	0.00%	13.03%	11.03%
27	0.00%	13.75%	8.59%
28	0.00%	15.83%	15.83%
29	0.00%	7.92%	7.92%
30	3.00%	10.98%	5.77%

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวญาณิภา ชินสุวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2531 สำเร็จการการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีเมื่อวันที่ 6เมษายน พ.ศ.2553 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553

ในระหว่างการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตได้รับหน้าที่เป็นผู้ช่วยวิจัยในศูนย์วิจัย ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (Resource and Operation Manament, ROM) ซึ่งเป็นหน่วยพัฒนาศักยภาพสมรรถนะการบริหารทรัพยากรและระบบงานเชิงบูรณาการสำหรับหน่วยงานภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการ และภาครัฐ