การพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

นางสาววิภาวรรณ พันธุ์สังข์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2554

THE DEVELOPMENT OF A TRANSPORTATION PLANNING SYSTEM FOR REDUCING EMPTY TRUCKS

Wiphawan Phansang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Information Science in Information Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2011

การพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(อาจารย์ ดร.ศุภกฤษฎิ์ นิวัฒนากูล)
ประธานกรรมการ

_____

(อาจารย์ ดร.ธรา อั่งสกุล)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

_____

(ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(อาจารย์ ดร.พีรศักดิ์ สิริโยธิน)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

วิภาวรรณ พันธุ์สังข์ : การพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า (THE DEVELOPMENT OF A TRANSPORTATION PLANNING SYSTEM FOR REDUCING EMPTY TRUCKS) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ธรา อั่งสกุล, 89 หน้า.

การขนส่งทางถนนนับเป็นกิจกรรมที่สำคัญในการดำเนินธุรกิจในยุคปัจจุบัน เนื่องจากข้อจำกัดของระบบขนส่งอื่นที่ไม่สามารถขนส่งให้ถึงที่หมายปลายทางแบบจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทางได้ ทำให้การขนส่งทางถนนเกิดข้อได้เปรียบ ซึ่งการดำเนินการขนส่งทางถนนที่มีอยู่ในปัจจุบันพบว่ายังมีปัญหาในเรื่องของการเดินรถเที่ยวเปล่าอยู่ สาเหตุหลักของปัญหานั้นเกิดจากการที่ผู้ประกอบการขนส่งสินค้าไม่สามารถหาสินค้าให้กับรถบรรทุกในเที่ยวกลับได้ ในการวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าขึ้นมา เพื่อเสนอการจัดแผนการเดินรถเที่ยวเปล่าที่เหมาะสม และลดปริมาณรถบรรทุกเที่ยวเปล่าของผู้ให้บริการขนส่งมากที่สุด ระบบดังกล่าวเป็นระบบที่คำนึงถึงต้นทุนในการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าเป็นหลัก ซึ่งระบบนี้สามารถระบุแผนการขนส่งด้วยเส้นทางที่มีค่าประสิทธิภาพในการใช้รถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่สูงที่สุด โดยใช้แนวคิดการประสานความร่วมมือด้านการขนส่งสินค้าในการพัฒนา

ผลการทดลองการประเมินประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีในการจับคู่ระหว่างงานกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่า พบว่า สามารถลดจำนวนงานว่างสูงสุดได้ 25% สามารถลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 24.53% สามารถลดต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 13.99% และสามารถลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดได้ 12.53% และการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบ พบว่า ความเห็นของผู้ใช้ในด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก ด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก ด้านประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับปานกลาง ด้านข้อผิดพลาดของระบบอยู่ในระดับปานกลาง ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก และการประเมินความคิดเห็นผู้ใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ ภาคการขนส่งที่มีการประสานความร่วมมือในการบริหารงานขนส่งสินค้าสามารถนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าให้ได้มากที่สุด

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

WIPHAWAN PHANSANG : THE DEVELOPMENT OF A TRANSPORTATION PLANNING SYSTEM FOR REDUCING EMPTY TRUCKS. THESIS ADVISOR : THARA ANGSKUN, Ph.D., 89 PP.

ROUTING ALGORITHM / EMPTY TRUCK / LOGISTICS

Currently, the road transportation is an important activity in businesses. Road transport has great advantage over other transport systems because the limitations of other transport systems that they cannot make door-to-door delivery. Unfortunately, road transport has a problem called empty-backhaul trucks. The problem is caused by a truck running on empty in the backhaul. This research designs and develops a transportation planning system for reducing the empty trucks by suggesting a proper truck schedule in order to reduce the empty trucks as much as possible. The system considers the cost of transportation and generates an efficient route that can reduce the empty trucks using the concept of cooperation among truck businesses.

The evaluation results of matching algorithm indicate that the system can reduce up to 25% of job requests, 24.53% of empty-backhaul trucks, 13.99% of transportation cost and 12.53% of Carbon Dioxide emission. The system usability evaluation reveals that user learning ability, user memorability and user satisfaction are in high level; while system efficiency and error of system is in medium level. The overall system usability is in high level. The transport sector can apply the developed system for reducing the empty-backhaul trucks as much as possible.

School of Information Technology Student's Signature _____

Academic Year 2011 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคล และคณะบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย ได้แก่

- อาจารย์ ดร.ธรา อั่งสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
- คณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ ดร.จิติมนต์ อั่งสกุล ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ
- โครงการจัดการเครือข่ายการบรรทุกสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการบรรทุกสินค้า (Thai Truck Alliance) ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการขนส่งทั้งหมดในงานวิจัยนี้
- ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ บัณฑิตศึกษาทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การเลี้ยงดูอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิต

วิภาวรรณ พันธุ์สังข์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
1.3 สมมติฐานการวิจัย 4
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น 4
1.5 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
1.7 คำอธิบายศัพท์ 5
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 แนวคิดการขนส่ง 6
2.2 แนวคิดด้านการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ 13
2.3 แนวคิดด้านกราฟ 16
2.4 แนวคิดด้านระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 19
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24
3 วิธีดำเนินการวิจัย 28
3.1 วิธีการวิจัย 28
3.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาในการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า 29
3.1.2 ออกแบบและพัฒนาระบบ 30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.3 ทดสอบการทำงานของระบบและประเมินผล 44
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 44
3.2.1 ประชากร 44
3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง 45
3.3 ตัวแปรที่ทำการวิจัย 45
3.3.1 ตัวแปรอิสระ 45
3.2.2 ตัวแปรตาม 45
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 46
3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ 46
3.4.2 เครื่องมือในการประเมิน 47
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล 47
3.5.1 ข้อมูลแบบปฐมภูมิ 47
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 48
3.6.1 วิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธี 48
3.6.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานระบบ 48
4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 51
4.1 ผลการพัฒนาระบบ 51
4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ 56
4.2.1 ผลการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธี 56
4.2.2 ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบ 63
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 69
5.1 สรุปผลการวิจัย 69
5.2 ข้อจำกัดของการวิจัย 71
5.3 การประยุกต์ผลการวิจัย 71
5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป 71
รายการอ้างอิง 72

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีการใช้งานระบบ 77

ภาคผนวก ข แบบสอบถามในการประเมินการใช้งาน 85

ประวัติผู้เขียน 89

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ความสามารถของเว็บไซต์ที่ช่วยแก้ปัญหาการเดินรถเที่ยวเปล่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน 2
2.1 เปรียบเทียบคุณลักษณะของรูปแบบการขนส่งต่าง ๆ 8
3.1 ปัจจัยที่ใช้ในระบบวางแผนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า 30
4.1 จำนวนของงานว่างที่ลดลง 57
4.2 จำนวนของรถเที่ยวเปล่าที่ลดลง 58
4.3 ต้นทุนของการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ลดลงได้ 60
4.4 ปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้แยกตามประเภทรถ 62
4.5 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับประเมินของระบบโดยรวม 63
4.6 ด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบ 65
4.7 การประเมินระบบด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบ 65
4.8 การประเมินระบบด้านประสิทธิภาพของระบบ 66
4.9 การประเมินระบบด้านข้อผิดพลาดของระบบ 67
4.10 ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ 67

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 เปรียบเทียบการขนส่งในรูปแบบขนส่งตรง และรูปแบบมิลค์รัน 10
2.2 ตัวอย่างกราฟระบุทิศทาง 16
2.3 ตัวอย่างกราฟไม่ระบุทิศทาง 17
2.4 ตัวอย่างกราฟวงจรปิด 17
2.5 ขั้นตอนวิธีค้นหาตามแนวลึกจากโหนด 1 ไป 6 18
2.6 ขั้นตอนวิธีค้นหาตามแนวกว้างจากโหนด 1 ไป 6 18
2.7 องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 22
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัยตามวงจรชีวิตของการพัฒนาระบบ 28
3.2 โครงสร้างของระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า 31
3.3 ตัวอย่างขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว 33
3.4 ตัวอย่างรายละเอียดขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว 34
3.5 ขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว 35
3.6 ตัวอย่างขั้นตอนวิธีแบบแบบเต็มคันรถ 36
3.7 ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ 38
3.8 ตัวอย่างขั้นตอนวิธีการขนส่งไม่เต็มคันรถ 39
3.9 ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ 40
3.10 ตัวอย่างการคำนวณระยะทางขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียวและขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ ... 42
3.11 ตัวอย่างการคำนวณระยะทางของขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ 43
4.1 หน้าจอหลักของระบบ 52
4.2 ส่วนการเข้าสู่ระบบ 52
4.3 ส่วนเมนูข้อมูลงานว่าง 53
4.4 ส่วนเมนูข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่า 54
4.5 หน้าวางแผนการขนส่ง 55
4.6 หน้ารายละเอียดงานว่าง และรถเที่ยวเปล่าที่จับคู่ได้ 55
4.7 หน้ารายละเอียดแผนการขนส่ง 56

[A1]สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.8 การเปรียบเทียบอัตราการลดลงของจำนวนงานว่าง 58
4.9 การเปรียบเทียบอัตราการลดลงของจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่า 59
4.10 การเปรียบเทียบอัตราการลดลงของต้นทุนการเดินรถบรรทุก 61
4.11 การเปรียบเทียบอัตราการลดลงของปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้ 63
ก.1 หน้าแรกของระบบ 78
ก.2 หน้าสมัครสมาชิก 79
ก.3 หน้าข้อมูลงานว่าง 80
ก.4 หน้ารายละเอียดงานว่าง 80
ก.5 หน้าเลือกข้อมูลงานว่าง 81
ก.6 หน้าแก้ไขข้อมูลงานว่าง 81
ก.7 หน้าวางแผนการขนส่ง 82
ก.8 รายละเอียดงานว่าง และรถเที่ยวเปล่าที่จับคู่ได้ 82
ก.9 หน้ารายละเอียดแผนการขนส่ง 83

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

การขนส่งนับเป็นกิจกรรมที่สำคัญในการดำเนินธุรกิจในยุคปัจจุบัน ซึ่งการขนส่งนี้มีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น การขนส่งทางถนน การขนส่งทางน้ำ การขนส่งทางราง และการขนส่งทางอากาศ เป็นต้น โดยที่รูปแบบการขนส่งที่มีสัดส่วนสูงที่สุดคือ การขนส่งทางถนนซึ่งคิดเป็น 82.47% ของปริมาณการขนส่งโดยรวมของประเทศ (กระทรวงคมนาคม, 2552: WWW) ถึงแม้ว่าการขนส่งทางถนนจะมีต้นทุนสูงกว่าการขนส่งในรูปแบบอื่น แต่ด้วยข้อจำกัดของการขนส่งรูปแบบอื่นที่ไม่สามารถขนส่งแบบจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง (จากประตูผู้ส่งถึงประตูผู้รับ) และไม่สามารถบริหารจัดการให้ทันตามความต้องการของผู้ใช้บริการได้ ในขณะที่การขนส่งด้วยรถบรรทุกสามารถตอบสนองให้กับผู้ใช้บริการได้ดีกว่า จึงทำให้เกิดข้อได้เปรียบและมีสัดส่วนการขนส่งสูงกว่ารูปแบบการขนส่งแบบอื่น ๆ (โกศล ดีศีลธรรม, 2552)

การขนส่งทางถนนโดยรถบรรทุกนั้น สามารถแบ่งตามความเป็นเจ้าของได้เป็นสองประเภท คือ บริษัทผู้ผลิตสินค้ามีรถในการขนส่งสินค้าเป็นของตัวเอง และการว่าจ้างบริษัทผู้ประกอบการขนส่งสินค้าซึ่งจะมีทั้งขาประจำและขาจร บริษัทผู้ผลิตสินค้าขนาดใหญ่ที่มีปริมาณการส่งสินค้ามาก นิยมว่าจ้างบริษัทผู้ประกอบการขนส่งสินค้าแทนการขนส่งสินค้าด้วยตัวเองเพื่อเป็นการลดขั้นตอน ลดต้นทุน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ดีกว่าการดำเนินการเอง โดยที่บริษัทผู้ผลิตสินค้าสามารถทุ่มเทเวลาเพื่อพัฒนาธุรกิจหลักของตนเองได้อย่างเต็มที่ (มนัญญา อะทาโส, 2551) นอกจากนั้นการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกยังสามารถแบ่งตามลักษณะการปฏิบัติการได้เป็นสองประเภท คือ การขนส่งแบบเต็มคัน และการขนส่งแบบไม่เต็มคัน ลักษณะการขนส่งแบบเต็มคันนั้นตามปกติ จะขนส่งสินค้าจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทางโดยไม่มีการควบรวมสินค้า และไม่มีการแวะรับหรือส่งสินค้าระหว่างเส้นทาง ส่วนลักษณะการขนส่งแบบไม่เต็มคันนั้น จะเริ่มการขนส่งจากหลายจุดเริ่มต้นไปยังหลายจุดปลายทาง อาจมีศูนย์การจัดเรียงสินค้า และอาจมีการแวะรับหรือส่งสินค้าระหว่างทางได้

จากการสำรวจเบื้องต้น (ชุมพล มณฑาทิพย์กุล และช่อทิพย์ ลือไชยวุฒิ, 2551) พบว่าบริษัทผู้ประกอบการรถบรรทุกขนส่งในประเทศไทยนิยมการขนส่งแบบเต็มคันเนื่องจากมีการจัดการและการวางแผนที่ง่ายกว่า ซึ่งจากลักษณะการขนส่งแบบเต็มคันดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าทิศทางของ

การขนส่งสินค้าเป็นแบบทิศทางเดียว จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เมื่อส่งสินค้าเสร็จแล้วรถบรรทุกสินค้าจะวิ่งกลับมายังจุดเดิม ทำให้เกิดรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ที่ทำให้ไม่เกิดรายได้แก่บริษัทผู้ประกอบการรถบรรทุกขนส่ง

ดังนั้นเพื่อการบริหารการขนส่งให้มีประสิทธิภาพและใช้รถบรรทุกในสองทิศทางเพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด จึงต้องมีการหาสินค้ามาเพิ่มในการเดินรถบรรทุกเที่ยวกลับด้วย สาเหตุของปัญหาการเดินรถเที่ยวเปล่าที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเกิดจากการที่ผู้ประกอบการขนส่งสินค้าไม่สามารถหาสินค้าให้กับรถบรรทุกในเที่ยวกลับได้ ซึ่งข้อจำกัดที่ส่งผลต่อความสามารถในการหาสินค้าเที่ยวกลับ ได้แก่ การขาดแหล่งข้อมูลและระบบการประสานงานที่มีประสิทธิภาพ (สุดารัตน์ อาจหาญ และ ณกร อินทร์พยุง, 2551) ด้วยเหตุนี้เองความร่วมมือในการแบ่งปันสารสนเทศและพาหนะในการขนส่งสินค้าระหว่างองค์กรจึงเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งในการทำให้เกิดการพัฒนาโครงข่ายความร่วมมือในการขนส่งเที่ยวเปล่า และเกิดเป็นเว็บไซต์ที่เป็นศูนย์กลางในการรวบรวมข้อมูลความต้องการว่าจ้างและรับจ้างขนส่งสินค้าของภาคธุรกิจขึ้น เพื่อแก้ปัญหาการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า (Kek, Cheu, Meng and Fung, 2009 ; Gaonkar and Viswanadham, 2001)

ในปัจจุบันมีเว็บไซต์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยแก้ปัญหาในการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ซึ่งมีความสามารถแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ความสามารถของเว็บไซต์ที่ช่วยแก้ปัญหาการเดินรถเที่ยวเปล่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน

	ลงประกาศงานว่าง/รถเที่ยวเปล่า	ระบุพื้นที่เหลือในรถบรรทุก	ราคาที่เสนอ	จำนวนประเมินจากลูกค้า	แสดงเส้นทาง	วางแผนการขนส่ง
www.thaitruckcenter.com	/	-	-	-	-	-
www.dxplace.com	/	-	/	-	/	-
www.transportbot.com	มีเฉพาะประกาศรถเที่ยวเปล่า	-	-	-	-	-
www.bid2load.com	/	-	-	-	-	-
www.emptytrucks.co.nz	/	/	-	/	-	-
www.findatruckload.co.nz	/	/	-	-	/	-

จากตารางที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่าเว็บไซต์เหล่านี้เป็นเพียงการนำเสนอข้อมูลให้แก่ผู้ใช้งานเท่านั้น ไม่ได้มีความสามารถในการช่วยตัดสินใจในการเลือกจุดหมาย หรือเลือกเส้นทางที่จะไปให้แก่ผู้ใช้ เช่น หากผู้ใช้ต้องการทราบว่ามีงานจ้างใดบ้างที่จุดหมายและวันที่ให้ส่งสินค้า เป็นจุดหมายเดียวกันและวันที่เดียวกันกับที่รถเที่ยวเปล่าจะเดินทางไป เว็บไซต์จะแสดงข้อมูลงานจ้างทั้งหมดที่ตรงกับเงื่อนไขออกมา โดยไม่มีการดำเนินการใด ๆ ในการช่วยให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจเลือกงานที่มีอยู่ได้ ซึ่งจากตัวอย่างของเว็บไซต์เหล่านี้ยังไม่สามารถตอบโจทย์ในการแก้ปัญหารถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้มากนัก

นอกจากนั้น การลดรถบรรทุกเที่ยวเปล่าในปัจจุบันยังไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากบริษัทผู้ประกอบการขนส่งสินค้านั้นไม่ทราบปริมาณความต้องการในการขนส่งสินค้าของลูกค้า และความต้องการในการใช้รถบรรทุก (Anderson, Browne and Allen, 1999) ซึ่งการประสานความร่วมมือในการบริหารงานขนส่งสินค้าจะช่วยให้บริษัทผู้ประกอบการขนส่งสินค้าได้ทราบข้อมูลความต้องการขนส่งสินค้าของลูกค้า และสามารถจัดการลดรถเที่ยวเปล่าได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากมีการแบ่งปันแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ การดำเนินงาน และทรัพยากรภายในเครือข่ายเดียวกัน ดังนั้นการประสานความร่วมมือในการบริหารงานขนส่งสินค้าจึงเป็นคำตอบสำคัญของปัญหาเหล่านี้ได้ ซึ่งจะช่วยขจัดกระบวนการทำงานที่ไร้ประสิทธิภาพจากระบบการให้บริการขนส่งสินค้า ทำให้การรับขนส่งสินค้าของรถบรรทุกในเครือข่ายขนส่งนั้น ทำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากขึ้น และจะช่วยลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้ โดยการลำดับงานและเส้นทางให้กับรถบรรทุกในเครือข่าย (โลจิสติกส์ไทยแลนด์, 2552) ซึ่งหากมีระบบการวางแผนการขนส่งที่ดีแล้ว ความสูญเสียโดยไม่จำเป็นจากการเดินรถเที่ยวเปล่าเช่นนี้คงไม่เกิดขึ้น การขาดระบบการวางแผนการขนส่งที่ดีดังกล่าว ส่งผลโดยตรงต่อการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น และก่อให้เกิดผลกระทบทางอ้อมต่อสิ่งแวดล้อมและอายุการใช้งานของถนน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าขึ้นมา ระบบดังกล่าวเป็นระบบที่คำนึงถึงต้นทุนในการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าเป็นหลัก โดยการออกแบบขั้นตอนวิธีในการวางแผนการขนส่ง และการเลือกแผนการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งระบบนี้สามารถระบุแผนการขนส่งด้วยเส้นทางที่มีค่าประสิทธิภาพในการใช้รถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่สูงที่สุด โดยคำนวณจากข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และงานว่างที่ผู้ใช้ได้ระบุในระบบ พร้อมทั้งเปรียบเทียบต้นทุนจากการเดินทางในเส้นทางการเดินรถเที่ยวเปล่าของผู้ใช้ กับต้นทุนจากการเดินทางในเส้นทางที่ระบบได้วางแผนให้

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างแบบจำลองและขั้นตอนวิธีในการวางแผนการขนส่งเพื่อลดจำนวนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

1.2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดจำนวนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

1.3. สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 แบบจำลองและขั้นตอนวิธีในการวางแผนการขนส่งสามารถลดจำนวนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้

1.3.2 ผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดจำนวนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

1.4. ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 ผู้ใช้ซึ่งเป็นผู้ว่าจ้างงาน ต้องระบุต้นทาง ปลายทาง วันที่ ประเภทและปริมาณสินค้า และ/หรือประเภทรถบรรทุกที่จะว่าจ้างให้ไปส่งสินค้า

1.4.2 ผู้ใช้ซึ่งเป็นผู้ให้บริการขนส่ง ต้องระบุประเภทรถบรรทุก ต้นทาง ปลายทาง วันที่ และเวลา รวมถึงเวลาสูงสุดที่ยอมให้รถบรรทุกสามารถเดินทางได้

1.4.3 ต้นทุนที่พิจารณาในการวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะต้นทุนในส่วนของระยะทางเท่านั้น

1.5. ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า เพื่อเสนอการจัดแผนการเดินรถเที่ยวเปล่าที่เหมาะสมและลดปริมาณรถบรรทุกเที่ยวเปล่า หรือระยะทางการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าของผู้ให้บริการขนส่งให้มากที่สุด โดยมุ่งเน้นการพัฒนาขั้นตอนวิธีในการวางแผนการขนส่งเพื่อการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าตามปัจจัยหลักที่กำหนดไว้คือ การวางแผนตามรถเที่ยวเปล่าและจุดหมายของงานที่มี รวมถึงเสนอรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าของผู้ให้บริการขนส่ง เช่น เวลาที่ใช้ในการเดินทาง จุดหมายของงานที่ควรไป เส้นทางการเดินรถเที่ยวเปล่าตามลำดับจุดหมายของงาน เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้แบบจำลองและขั้นตอนวิธีสำหรับวางแผนเส้นทางเพื่อการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

1.6.2 ได้ระบบวางแผนการขนส่งเพื่อการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่มีความถูกต้องและเหมาะสมที่สุด

1.7. คำอธิบายศัพท์

1.7.1 การขนส่งแบบเต็มคัน หมายถึง การบรรทุกสินค้าแบบเต็มความจุที่รถสามารถบรรทุกได้

1.7.2 การขนส่งแบบไม่เต็มคัน หมายถึง การบรรทุกสินค้าแบบไม่เต็มความจุที่รถสามารถบรรทุกได้

1.7.3 รถเที่ยวเปล่า หมายถึง รถบรรทุกที่เดินทางโดยไม่มีการบรรทุกสินค้า อาจเกิดจากรถบรรทุกที่ต้องเดินรถเที่ยวเปล่าไปรับสินค้าเพื่อไปส่งยังจุดหมายปลายทาง หรือรถ บรรทุกสินค้าไปส่งสินค้ายังจุดหมายปลายทาง แล้วต้องเดินรถเที่ยวเปล่ากลับมายังบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง

1.7.4 จุดหมายของงาน หมายถึง จุดต้นทางที่ต้องรับสินค้า หรือจุดปลายทางที่ต้องส่งสินค้า

1.7.5 ผู้ว่าจ้างงาน หมายถึง ผู้ว่าจ้างให้ผู้ให้บริการขนส่งขนส่งสินค้าให้

1.7.6 ผู้ให้บริการขนส่ง หมายถึง บริษัทรับจ้างขนส่งสินค้าโดยใช้รถบรรทุก

1.7.7 การประสานความร่วมมือในการบริหารงานขนส่งสินค้า หมายถึง การร่วมมือกันประกอบการขนส่งสินค้าระหว่างผู้ประกอบการขนส่ง โดยอาศัยหลักการของการรวมสินค้าที่จะไปในทางเดียวกัน หรือมีจุดหมายปลายทางเดียวกัน เพื่อให้มีสินค้ามากพอในการบรรทุกเต็มคันรถ หรือมีสินค้าเพื่อขนในเที่ยวกลับ

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ได้อาศัยแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดด้านการขนส่ง (Transportation)

2.2 แนวคิดด้านการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing)

2.3 แนวคิดด้านกราฟ (Graph)

2.4 แนวคิดด้านระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 แนวคิดด้านการขนส่ง

งานวิจัยนี้ เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาแนวคิดด้านการขนส่ง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปออกแบบและพัฒนาระบบให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ระบบมากที่สุด รวมถึงเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาปัจจัย การกำหนดปัจจัย และการประเมินผลที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกที่ส่งผลต่อผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1. ความหมายของการขนส่ง

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช [ม.ส.ธ.] (2544: 76) อธิบายว่า การขนส่ง เป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายบุคคลหรือสิ่งของด้วยอุปกรณ์การขนส่งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งและกระบวนการนั้นก่อให้เกิดอรรถประโยชน์ด้านสถานที่และเวลา

แลมเบิร์ต, สต็อค และเอลแรม (2546: 137) อธิบายว่า การขนส่ง หมายถึง การเคลื่อนย้ายสินค้าจากสถานที่ผลิตไปยังสถานที่บริโภคสินค้านั้น ซึ่งการเคลื่อนย้ายสินค้าระหว่างสถานที่ดังกล่าวก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่สินค้า ซึ่งมูลค่าเพิ่มนี้เรียกว่า อรรถประโยชน์ด้านสถานที่ (Place Utility) นอกจากนี้การขนส่งยังก่อให้เกิดอรรถประโยชน์ด้านเวลา (Time Utility) ซึ่งเกิดขึ้นจากการเก็บรักษาสินค้าไว้จนกระทั่งเกิดความต้องการในการบริโภคสินค้านั้น

วิโรจน์ พุทธวิถี (2547: 170) อธิบายว่า การขนส่งเป็นการเคลื่อนย้ายสินค้าและบริการ

จากแหล่งผู้ผลิตหรือผู้จัดเก็บ ไปยังลูกค้าในระดับต่าง ๆ การขนส่งจะเป็นตัวขับเคลื่อนสินค้าหรือบริการเข้าไปยังกลุ่มเป้าหมายทางการตลาดทำให้สินค้าและบริการถูกส่งมอบไปในที่ที่ต้องการบริโภค และสินค้าหรือบริการนั้นจะเป็นที่รู้จักมากขึ้น

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า การขนส่ง คือ การเคลื่อนย้ายบุคคลหรือสิ่งของจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง ซึ่งก่อให้เกิดอรรถประโยชน์ด้านสถานที่และเวลา และมีรูปแบบในการขนส่งที่หลากหลาย ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

2.1.2. รูปแบบของการขนส่งสินค้า ในด้านกายภาพ (Physical view) การขนส่งสินค้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 รูปแบบ (วิโรจน์ พุทธวิถี, 2547: 173-176) ได้แก่

1) การขนส่งสินค้าทางถนน (Road transportation) คือการขนส่งที่ใช้รถยนต์ในการบรรทุกสินค้า และขนส่งระหว่างตำแหน่งต่าง ๆ ที่มีแผ่นดินเชื่อมกัน การขนส่งเกือบทุกกรณีจะต้องอาศัยการขนส่งทางถนน เพราะเป็นการขนส่งที่สามารถเข้าถึงต้นทางและปลายทางได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

2) การขนส่งสินค้าทางราง (Rail transportation) เป็นการขนส่งผ่านระบบรางที่มีอุปกรณ์หลัก คือ ขบวนรถไฟ ระบบนี้มีข้อจำกัดในด้านสถานที่ตั้งของตำแหน่งสถานี ที่มีเฉพาะเท่าที่ภาครัฐของประเทศนั้น ๆ สร้างไว้เท่านั้น ซึ่งไม่ครอบคลุมทุกที่ แต่เป็นรูปแบบการขนส่งที่มีต้นทุนต่ำกว่าการขนส่งสินค้าทางถนน โดยเหมาะสำหรับการขนส่งสินค้าปริมาณมาก และในระยะทางไกล

3) การขนส่งสินค้าทางน้ำ (Water transportation) เป็นรูปแบบการขนส่งที่ประหยัดที่สุด โดยจะใช้เรือสินค้าที่มีขนาดใหญ่ในการขนส่งสินค้า ทำให้ขนส่งได้ครั้งละมาก ๆ แต่มีความเร็วต่ำ จึงเป็นระบบขนส่งหลักของการขนส่งระหว่างประเทศ

4) การขนส่งสินค้าทางอากาศ (Air transportation) เป็นรูปแบบการขนส่งที่ใช้เครื่องบินในการขนส่งสินค้า จึงมีความรวดเร็ว และค่าขนส่งที่สูง และสินค้ามีความปลอดภัยกว่าการขนส่งในรูปแบบอื่น

5) การขนส่งทางท่อ (Pipeline transportation) เป็นการขนส่งซึ่งใช้สำหรับการขนส่งของเหลว โดยมีการกำหนดที่ตั้งของสถานที่ส่งและรับแน่นอน และใช้ในการขนส่งที่สร้างขึ้นเฉพาะเท่านั้น เช่น ปิโตรเลียม น้ำประปา ก๊าซธรรมชาติ

จากรูปแบบการขนส่งสินค้าที่ได้กล่าวมีแล้วนั้น แต่ละรูปแบบการขนส่งมีความเหมาะสมกับประเภทสินค้าและลักษณะการขนส่งที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของการขนส่งสินค้าในแต่ละรูปแบบ ดังแสดงในตาราง 2.1 นี้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณลักษณะของรูปแบบการขนส่งต่าง ๆ

คุณลักษณะ	ทางถนน	ทางราง	ทางน้ำ	ทางอากาศ	ทางท่อ
ความเร็วการขนส่ง	2	3	4	1	5
ความมีพร้อมบริการ	1	2	4	3	5
ความเร็วของระเบียบขั้นตอน	2	3	4	5	1
ปริมาณที่ขนส่งได้	3	2	1	4	5
ความยืดหยุ่นตามความต้องการ	2	4	5	3	1
รวม	10	14	18	16	17

หมายเหตุ 1 = ดีมาก, 2 = ดี, 3 = ปานกลาง, 4 = พอใช้ และ 5 = ไม่ดี (วิโรจน์ พุทธวิถี, 2547: 178)

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า การขนส่งสินค้าทางถนนถือเป็นการขนส่งที่สะดวกที่สุด เนื่องจากสามารถเข้าถึงได้ทุกจุด ถึงแม้ว่าจะมีต้นทุนการขนส่งสูงกว่าการขนส่งในรูปแบบอื่น ๆ

2.1.3. ลักษณะของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก

ลักษณะของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกจำแนกตามลักษณะของการบรรทุกสินค้า สามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ

1) การขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถ (Full Truckload or FTL Freight)

ชารอน และ ซาน (Barker Sharon and San, 1981) ได้นิยามการขนส่งแบบเต็มคันรถว่า เป็นลักษณะหนึ่งของการขนส่งแบบว่าจ้าง ซึ่งต้องขนส่งสินค้าจากสถานที่หนึ่ง ไปยังอีกสถานที่หนึ่ง ที่มีจำนวนสินค้าของลูกค้าเท่ากับจำนวนสินค้าที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้

คมกฤช วลีวงศ์ (2547) ได้นิยามการขนส่งแบบเต็มคันรถว่า หมายถึง การขนส่งสินค้าที่ปริมาณสินค้าที่บรรทุกในรถแต่ละเที่ยวเต็มขีดจำกัดของความจุที่กำหนดไว้ และมักมีการขนส่งสินค้าทั้งหมดไปยังจุดหมายเพียงจุดเดียว

2) การขนส่งสินค้าแบบไม่เต็มคันรถ (Less-Than-Truckload or LTL Freight)

โพเวลล์ และ เซฟฟี (Powell and Sheffi, 1983) ได้นิยามการขนส่งแบบไม่เต็มคันรถว่า เป็นการขนส่งสินค้าที่จำนวนสินค้าของลูกค้าในที่ต่าง ๆ มีน้อยกว่าจำนวนสินค้าที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้ ดังนั้นจึงต้องมีการรวมสินค้าจากลูกค้าหลาย ๆ แหล่ง (Consolidation) เพื่อให้สินค้าเต็มคันรถทั้งนี้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า

คมกฤช วลีวงศ์ (2547) ได้นิยามการขนส่งแบบไม่เต็มคันรถว่า หมายถึง การขนส่งสินค้าที่มีการขนส่งในแต่ละเที่ยวรถไม่ถึงขีดจำกัดของรถที่กำหนดไว้ ทำให้อัตราค่าขนส่งสูงกว่ารูปแบบการขนส่งแบบเต็มคันรถ

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า การขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถเป็นการขนส่งสินค้าที่ปริมาณสินค้าของลูกค้าเท่ากับขีดจำกัดของปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกบรรทุกสินค้าได้ และการขนส่งสินค้าแบบไม่เต็มคันรถ คือ เป็นการขนส่งสินค้าที่ปริมาณสินค้าของลูกค้าน้อยกว่าขีดจำกัดของปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกบรรทุกสินค้าได้

2.1.4. การออกแบบการขนส่งด้วยรถบรรทุก

การออกแบบการขนส่งมีหลายทางเลือก ตามขนาดลูกค้า ตามความหนาแน่นและระยะทาง ตามอุปสงค์และมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) **การขนส่งตรง (Direct Shipment)**

การขนส่งตรง คือ การขนส่งสินค้าจากโรงงานเต็มคันรถ ตรงไปให้ลูกค้าแต่ละราย โดยสินค้าจะไม่ผ่านคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าและไม่มีการเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะระหว่างทาง ซึ่งข้อดีของการขนส่ง (ไชยยศ ไชยมั่นคง และ มยุขพันธุ์ ไชยมั่นคง, 2552: 107) คือ

- ไม่ต้องใช้คลังสินค้า หรือศูนย์กระจายสินค้าทำให้ไม่เสียเวลาและค่าใช้จ่าย
- รวดเร็ว การขนส่งยานพาหนะไม่จำเป็นต้องแวะส่งสินค้าจุดอื่นทำให้ใช้เวลาน้อย เอื้อต่อการใช้ระบบ ทันเวลา (Just in Time)
- ระยะทางขนส่งสั้น การขนส่งตรง สินค้าไม่ต้องผ่านศูนย์กระจายสินค้า ทำให้สามารถเลือกเส้นทางขนส่งที่สั้นได้

2) **การขนส่งแบบการขนส่งแบบรวบรวมและกระจายสินค้า หรือมิลค์รัน (Milk Run)**

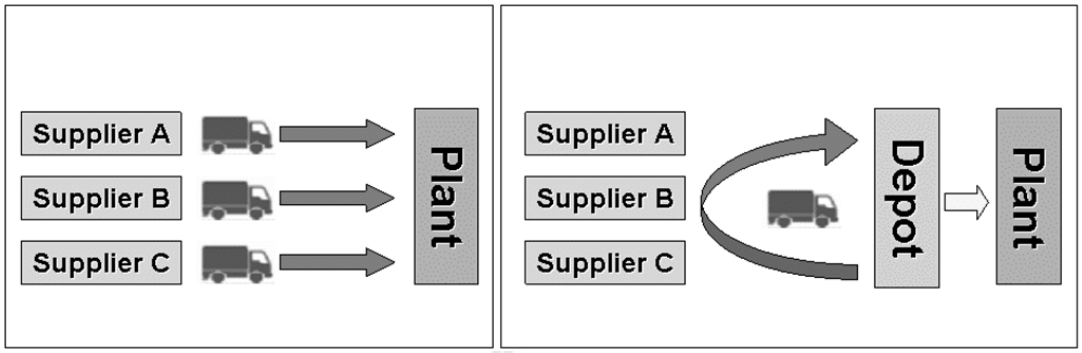
ภัคนาท ศรีมหาทรัพย์ (www, 2553) อธิบายว่า ระบบการขนส่งแบบมิลค์รัน หมายถึง การที่ผู้ผลิตออกไปรับสินค้าจากผู้ส่งมอบมากกว่าหนึ่งรายในหนึ่งรอบของการขนส่ง แทนที่จะให้ผู้ส่งมอบทุกรายนำสินค้ามาส่งที่โรงงานผู้ผลิต เพื่อประหยัดต้นทุนในการขนส่งและยังสามารถควบคุมให้มีการรับสินค้าที่ต้องการ (Right Product), ในปริมาณที่ต้องการ (Right Quantity) และในเวลาที่ต้องการ (Right Time) เพื่อลดต้นทุนในการจัดเก็บ ดูแลสินค้าคงคลัง และสามารถลดระยะเวลา (Lead Time, L/T) ระหว่างผู้ส่งมอบกับผู้ผลิตลงได้อีกด้วย

การขนส่งแบบมิลค์รันเป็นวิธีการขนส่งเพื่อใช้พาหนะให้ได้ประโยชน์สูงสุดหรือเต็มคันรถ (ไชยยศ ไชยมั่นคง และ มยุขพันธุ์ ไชยมั่นคง, 2552: 108-110) ซึ่งประกอบด้วย

- การขนส่งแบบรวบรวมสินค้าจากผู้ผลิตหลายรายไปให้ลูกค้ารายเดียว
- การขนส่งแบบจากโรงงาน ไปให้ลูกค้าหลายราย
- การขนส่งแบบรวบรวมสินค้าจากผู้ผลิตหลายรายไปให้ลูกค้าหลายราย

ในการขนส่งตรง หากต้องการให้ประหยัดหรือมีต้นทุนต่ำนั้นการขนส่งสินค้าจะต้องเต็มคันรถ ถ้าสินค้าไม่เต็มคันรถต้นทุนขนส่งก็จะสูง เพราะใช้ประสิทธิภาพของรถได้ไม่เต็มที่ ซึ่งการขนส่งแบบมิลค์รันสามารถช่วยลดต้นทุนขนส่งในกรณีที่สินค้าไม่เต็มคันรถได้ โดยการรวมการ

รับส่งสินค้าที่ไม่เต็มคันรถ และอยู่บริเวณเดียวกัน มาไว้เป็นเส้นทางเดียวกัน ใช้รถคันเดียวกัน โดย ความแตกต่างระหว่างรูปแบบการการขนส่งแบบตรงและแบบมิลค์รัน แสดงในรูป 2.1



รูปที่ 2.1 เปรียบเทียบการขนส่งในรูปแบบ ขนส่งตรง และรูปแบบมิลค์รัน (ภัคนาท ศรีมหาทรัพย์, www, 2553: 8-12)

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า การขนส่งตรง คือ การส่งสินค้าจากต้นทาง แล้วตรงไปส่งสินค้าให้ลูกค้าปลายทาง โดยที่สินค้าจะไม่ผ่านคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้า ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะระหว่างทาง และไม่มีการแวะรับสินค้าอื่นระหว่างเส้นทาง และการขนส่งแบบมิลค์รัน คือ การส่งสินค้ามากกว่าหนึ่งรายในหนึ่งรอบของการขนส่ง เพื่อประหยัดต้นทุนในการขนส่ง ลดต้นทุนในการจัดเก็บและดูแลสินค้าคงคลัง และลดระยะเวลาระหว่างผู้ส่งมอบกับลูกค้าอีกด้วย

2.1.5. ตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุก

1) ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของรถบรรทุก (Effectiveness of Vehicle Fleet) เป็นข้อมูลจากกิจกรรมในการเดินรถได้แก่ ระยะทางที่รถวิ่ง ข้อมูลรถขนส่ง เช่น อายุการใช้งาน, น้ำหนัก, ชนิดตัวถัง, ข้อมูลเพลาขับ, น้ำหนักที่บรรทุกได้, ข้อมูลด้านการซ่อมบำรุง, ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไป, ข้อมูลพนักงานขับรถ, ข้อมูลและการวิเคราะห์กราฟบันทึกระยะทาง และข้อมูลการส่งสินค้า ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปประมวลผลเป็นตัวชี้วัดความสามารถในการปฏิบัติงาน**ข**องรถขนส่งได้ (Rushton, Croucher and Baker,2006, pp. 465 - 481) เช่น

- อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง หรือ ระยะทางที่วิ่งได้ต่อน้ำมันเชื้อเพลิง
- อรรถประโยชน์ของรถขนส่ง (Vehicle utilization) ในด้านเวลาและการบรรทุก ได้แก่ ปริมาณขนส่ง ต่อหนึ่งหน่วยเวลา
- ระยะทางที่รถวิ่ง ต่อหนึ่งหน่วยเวลา
- ค่าใช้จ่ายต่อระยะทาง
- ค่าใช้จ่ายด้านซ่อมบำรุง
- ค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง

2) ประสิทธิภาพการเดินรถ

ประสิทธิภาพการเดินรถ เป็นดัชนีที่วัดประสิทธิภาพการจัดการเดินรถขนส่งในด้านระยะทางที่รถขนส่งวิ่ง, การบรรทุกสินค้า และเวลาในการขนส่ง คำนวณจากผลคูณของ 3 ตัวแปรได้แก่ อัตราการวิ่งขนส่ง อัตราการบรรทุกสินค้า และอัตราการทำงานของรถ (กรมการขนส่งทางบก, ม.ป.ป.) โดยมีการคำนวณได้ดังนี้

ประสิทธิภาพการเดินรถ (%) = อัตราวิ่งขนส่ง x อัตราการบรรทุก x อัตราการทำงาน

- อัตราวิ่งขนส่ง คือ ดัชนีบ่งชี้ความสามารถในการผสมผสานระหว่างการบริหารสินค้าของลูกค้ากับการบริหารบุคลากรประจำรถ หรือคืออัตราส่วนระหว่างระยะทางที่วิ่งขนส่งสินค้าที่ก่อให้เกิดรายได้ ต่อระยะทางของรถที่วิ่งขนส่งสินค้าทั้งหมด โดยรวมระยะทางที่วิ่งเปล่า ซึ่งอัตราการวิ่งขนส่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{อัตราการวิ่งขนส่ง}(\%) = \frac{\text{ระยะทาง}(\text{กม.})\text{ที่วิ่งขนส่งสินค้าที่นำมาซึ่งรายได้} \times 100}{\text{ระยะทาง}(\text{กม.})\text{ของรถที่วิ่งทั้งหมด}(\text{รวมกม. ที่วิ่งรถเปล่า})}$$

- อัตราการบรรทุก คือ ดัชนีบ่งชี้ความสามารถในการผสมผสานระหว่างการบริหารสินค้าของลูกค้ากับการบริหารรถขนส่ง หรือคืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักที่บรรทุกสินค้าได้จริง ต่อน้ำหนักสูงสุดที่รถสามารถบรรทุกได้ อัตราการบรรทุกนี้จะสูงขึ้นได้ ถ้าหากสามารถบรรทุกสินค้าให้ใกล้เคียงกับความสามารถในการบรรทุกของรถ ทั้งนี้จะต้องพิจารณาถึงสินค้าที่จะบรรทุกด้วย ซึ่งอัตราการบรรทุก สามรถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{อัตราการบรรทุก}(\%) = \frac{\text{น้ำหนัก(ตัน)ที่บรรทุกสินค้าจริง} \times 100}{\text{น้ำหนัก(ตัน)สูงสุดที่รถสามารถบรรทุกได้}}$$

- อัตราการทำงาน คือ ดัชนีบ่งชี้ความสามารถในการผสมผสานระหว่างการบริหารพนักงานประจำรถ กับการบริหารรถขนส่ง ถ้าสามารถทำให้ทั้งพนักงานขับรถ และรถขนส่งปฏิบัติงานได้โดยมีการหยุดหรือมีเวลาว่างน้อยที่สุด (ในวันทำงาน) หรือคือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนวันในการปฏิบัติงานจริง ต่อจำนวนวันทั้งหมดของรถที่สามารถเดินรถได้ โดยอัตราการทำงานสามารถคำนวณดังนี้

$$\text{อัตราการทำงาน}(\%) = \frac{\text{จำนวนของรถที่นำมาวิ่งขนส่งสินค้าจริง} \times 100}{\text{จำนวนวันทั้งหมดของรถที่สามารถเดินรถได้}}$$

จากข้อมูลข้า งต้นสรุปได้ว่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกนั้น มีการวัดประสิทธิภาพการเดินรถต่าง ๆ ได้แก่ อัตราวิ่งขนส่ง อัตราการบรรทุก และอัตราการทำงาน เพื่อวัดความคุ้มค่าในการใช้รถบรรทุก

2.1.6. การวางแผนการขนส่ง

บุญเลิศ จิตตั้งวัฒนา (2535) ได้กล่าวถึงการวางแผนเพื่อการขนส่งว่า เป็นการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานขนส่งขึ้นล่วงหน้า โดยใช้หลักวิชา เหตุผล และข้อมูลมาประกอบกัน เพื่อใช้ในการพยากรณ์ และวางแผนขนส่ง ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 3 ประการ (คำนาย อภิปรัชญาสกุล, 2551: 106) ดังนี้

1) ทำให้เกิดระบบที่ดีและมีประสิทธิภาพ

2) ทำให้อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเต็มความสามารถ

3) เพื่อลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ และลดต้นทุนในการดำเนินงานให้น้อยที่สุด

2.1.7. แนวคิดความร่วมมือการขนส่งสินค้า

ทานิกูชิ, ทอมซัน, ยามาดะ และ ดูอิน (Taniguchi, Thompson, Yamada, and Duin, 2001, pp. 1 – 15) ได้นิยามความร่วมมือการขนส่งสินค้า เป็นระบบที่เกิดจากความร่วมมือกันระหว่างผู้ขนส่งสินค้าหลายราย ซึ่งมีการดำเนินงานโดยใช้รถบรรทุกสินค้าร่วมกัน เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการรวบรวม และกระจายสินค้า อีกทั้งยังสามารถเพิ่มระดับการให้บริการแก่ลูกค้าและลดปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อมได้ โดยมีพื้นฐานมาจากหลักการรวมสินค้า เพื่อให้เกิดการประหยัดต่อขนาดในการขนส่ง

โดยหลักการของการรวมสินค้า คือ การนำสินค้าย่อย ๆ หลายชิ้นมารวมเข้าด้วยกัน เพื่อทำการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายสินค้าทั้งหมดไปจุดปลายทางในเวลาเดียวกัน ถูกนำมาใช้สำหรับการขนส่งสินค้าในปริมาณน้อย ๆ จำนวนบ่อยครั้ง หรือเรียกว่าการขนส่งสินค้าแบบไม่เต็มคันรถ (Ballou R.H., 1999)

2.1.8. ลักษณะการจัดการในรูปแบบความร่วมมือการขนส่งสินค้า

การจัดการขนส่งสินค้าในรูปแบบความร่วมมือการขนส่งสินค้าสามารถแบ่งลักษณะตามมุมมองของกิจกรรมการดำเนินงาน ได้เป็น 4 ลักษณะ (Bowersox and Closs, 1996, pp. 214 - 216) ดังนี้

1) การแบ่งพื้นที่ตลาดลูกค้า (Market Area) จะรวมการขนส่งเที่ยวที่มีปริมาณน้อย ซึ่ง

จะกระจายออกไปยังกลุ่มลูกค้าที่อยู่ในแต่ละพื้นที่ โดยความยากในการรองรับการรวมสินค้าแบบแบ่งพื้นที่ตลาด คือการจัดหาปริมาณสินค้าที่เหมาะสมเพียงพอในแต่ละวัน การดำเนินการที่ใช้กันอยู่ทั่วไป คือการรวมสินค้าสำหรับการขนส่งในระยะทางไกลเพื่อไปยังจุดกระจายย่อย แล้วทำการขนส่งกระจายไปยังจุดปลายทางของสินค้า จากนั้นทางผู้ขนส่งสามารถจะรวมสินค้าเพื่อทำการขนส่งตามตารางเวลาในแต่ละวัน เพื่อไปยังตลาดสินค้าปลายทางต่อไป

2)การใช้สิ่งอำนวยความสะดวกร่วมกัน (Facilities Consolidation) เกี่ยวข้องกับพื้นที่ในการขนถ่ายสินค้า หรือคลังเก็บสินค้า รวมถึงอาคารสำนักงานต่าง ๆ เพื่อรองรับการขนส่งสินค้าปริมาณมากในระยะไกล และการขนส่งสินค้าปริมาณน้อยในระยะทางสั้น ๆ สำหรับใช้เป็นจุดเปลี่ยนถ่ายสินค้า และกระจายสินค้าต่อไปยังลูกค้า

3)การใช้รถบรรทุกร่วมกัน (Pooled Delivery) ความร่วมมือการขนส่งสินค้าโดยใช้รถบรรทุกร่วมกัน เกี่ยวข้องกับผู้ให้บริการขนส่งระหว่างหลายบริษัท ที่รองรับพื้นที่ตลาดลูกค้ากลุ่มเดียวกัน มีการจัดการให้ใช้รถบรรทุกร่วมกันเพื่อทำการขนส่งแต่ละจุดหมายปลายทางในปริมาณมาก ซึ่งเกิดจากกรณีการบรรทุกสินค้าไม่เต็มคัน อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มระดับการให้บริการของผู้ขนส่ง โดยมีการประยุกต์ใช้เส้นทางการเดินรถบรรทุกและตารางเวลาการขนส่งสินค้าเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4)การจัดทำตารางการขนส่งร่วมกัน (Scheduled Delivery) ความร่วมมือการขนส่งสินค้าในลักษณะนี้มีข้อจำกัดการขนส่งในส่วนของตลาดลูกค้าเฉพาะบางกลุ่ม ที่เลือกทำการขนส่งเป็นวัน ๆ ในแต่ละสัปดาห์ โดยตารางการขนส่งจะติดต่อผ่านตลาดลูกค้าโดยตรงเพื่อให้เกิดความแน่นอน

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความร่วมมือการขนส่งสินค้า แสดงให้เห็นถึงการลดจำนวนรถบรรทุกและเวลาที่ใช้สำหรับการรวบรวมและขนส่งสินค้าประเภทเดียวกัน ทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อผู้ขนส่งสินค้ามีจำนวนลดลง

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำแนวคิดเกี่ยวกับการขนสินค้า มาใช้วิเคราะห์ลักษณะ และโครงสร้างการทำงานของการขนส่งสินค้า รวมไปถึงการประเมินประสิทธิภาพของการใช้ยานพาหนะ

2.2 แนวคิดด้านการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ

งานวิจัยนี้ เกี่ยวข้องกับการวางแผนการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้พัฒนาขั้นตอนวิธีในการวางแผนเส้นทางให้มีความถูกต้องและเหมาะสมมากที่สุด รวมถึงเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการขนส่งสินค้าที่ส่งผลต่อผลที่ได้จากการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1. การจัดเส้นทางการขนส่ง

การจัดเส้นทางในการเดินรถที่ดีและมีประสิทธิภาพนั้น จะส่งผลให้สามารถลดระยะทางในการขนส่งได้ และในบางครั้งยังสามารถลดจำนวนพยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งได้อีกด้วย เมื่อระยะทางและจำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งลดลง ส่งผลให้มลพิษที่เกิดขึ้นจากการขนส่งลดลงและยังทำให้ต้นทุนในการขนส่งของบริษัทลดลงอีกด้วย ซึ่งรูปแบบในการจัดเส้นทางการขนส่งสามารถแบ่งได้เป็น 12 รูปแบบ (ศิริวรรณ โพธิ์ทอง, www, 2553) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Path) เป็นการจัดเส้นทางการขนส่งโดยให้มีการขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้าทุกๆ รายให้มีระยะทางรวมในการขนส่งที่น้อยที่สุด โดยหาเส้นทางที่มีระยะทางสั้นสุดระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดหมาย (Thomas, Charles and Ronald, 1990)

2) ปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน (Traveling Salesman Problem: STP) เป็นการจัดเส้นทางการขนส่งโดยให้มีการขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้าทุกๆ รายให้มีระยะทางรวมในการขนส่งที่น้อยที่สุด โดยรวมระยะทางการเดินทางของพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้ากลับมายังบริษัทด้วย

3) ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นการจัดเส้นทางในการขนส่งสินค้าโดยหาจำนวนพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค่า ที่เหมาะสมกับปริมาณสินค้าพร้อมทั้งหาเส้นทางเส้นทางในการขนส่งสินค้าที่ เหมาะสม ภายใต้ข้ำกำหนดในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด

4) ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) เป็นการจัดเส้นทางในการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าหลายแห่งไปยังลูกค้าหลายราย โดยการปริมาณในการขนส่งสินค้าต้องเท่ากับปริมาณความต้องการของลูกค้าที่สั่ง ไว้และเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด

5) การไหลของค่าใช้จ่ายอย่างต่ำสุด (Minimum Cost Flow) เป็นการจัดเส้นทางในการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าแต่ละราย ตามปริมาณและจำนวนที่ลูกค้าต้องการและมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุด

6) ต้นไมแบบทอดขามเล็กสุด (Minimum Spanning Tree) เป็นการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยพิจารณาถึงความเชื่อมโยงของเส้นทางที่ ใช้ในการขนส่ง โดยระยะทางรวมในการขนส่งน้อยที่สุด โดยวิธีนี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยหลาย ๆ ด้าน

7) การเลือกทำเลที่ตั้ง (Facility Location) เป็นการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของจุดกระจายสินค้า เพื่อให้การขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้ามีระยะทางและค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด

8) การบรรจุสิ่งของลงกล่อง (Bin Packing) เป็นวิธีการจัดจำนวนพาหนะที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการขนส่งสินค้าให้เพียงพอกับปริมาณสินค้าที่ต้องส่งไปให้ลูกค้า

9) การจัดตารางเครื่องจักรโหลดบรรจุภัณฑ์ (Parallel Machine Scheduling) เป็นการจัดเส้นทางในการขนส่งสินค้าโดยคำนึงถึงลำดับขั้นตอนในการดำเนิน การโหลดสินค้าไปยังพาหนะที่ใช้ในการขนส่งเพื่อให้พาหนะที่เสร็จเป็นลำดับสุดท้ายใช้เวลาน้อยที่สุด

10) การจัดตารางงานของพนักงาน (Crew Scheduling) เป็นวิธีการจัดตารางทำงานของพนักงานที่ดำเนินงานเกี่ยวกับการขนส่ง เช่น พนักงานขับรถ พนักงานโหลดสินค้า

11) การวางแผนขนสินค้าบนเครื่องบิน (Aircraft Load Planning) เป็นวิธีการจัดแผนการวางสัมภาระในท้องเครื่องบินให้สมดุล เพื่อความปลอดภัยและประหยัดน้ำมัน

12) การจัดแผนการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ในท่าเรือ (Container Handling at Ports) การวางแผนการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ไปมาระหว่าง เรือกับท่าเรือ และ ท่าเรือกับรถบรรทุก

13) วิธีศึกษาสำนึก (Heuristics) เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้ในการค้นหาคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสมที่ สุด ซึ่งรูปแบบการแก้ปัญหาและการค้นหาคำตอบ จะเป็นวิธีการคิดอย่างมีเหตุผลซึ่งอาศัยการกำหนดกฎเกณฑ์บางประการขึ้นมา เพื่อหาคำตอบที่ดีและเหมาะสมในระดับหนึ่ง ถึงแม้อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดแต่จะได้คำตอบที่รวดเร็ว โดยคำตอบที่ได้นั้นจะต้องเป็นคำตอบที่ดีเพียงพอและยอมรับได้ และวิธีการแก้ปัญหาจะพัฒนาขึ้นตามระดับความยากง่ายของปัญหาซึ่งจะนำความคิด สามัญสำนึกของมนุษย์ผนวกเข้ากับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ ปัญหา โดยใช้วิธีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นกลุ่ม (Cluster First – Route Second) แล้วทำการจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Approach)

2.2.2. เทคนิคการหาคำตอบของการจัดเส้นทางยานพาหนะ

เทคนิคการหาคำตอบของปัญหาสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท (นลินี อุดมสมบัติมีชัย, 2548) ได้แก่

1) เทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) วิธีการหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดนี้ จะได้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด โดยมีพื้นฐานมากจาก Mathematical programming แต่วิธีมีความยุ่งยากซับซ้อนในการคำนวณมาก และใช้เวลาในการคำนวณนาน จึงจำเป็นต้องอาศัยคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณ

ลิตเติ้ล และคณะ (Little et al., 1963) ได้ทำการศึกษาปัญหาของพนักงานขาย โดยใช้วิธีการแตกกิ่งและการกำจัดขอบเขต (Branch and Bound Algorithm) โดยเริ่มต้นที่การแตกกิ่ง (Branching) คือหาเส้นทางการเดินทางหลักโดยการแตกเส้นทางออกเป็นเส้นทางย่อย และคำนวณหาค่าขอบเขตล่าง (Lower bound) ของแต่ละเส้นทางนั้นถ้าทางใดมีค่าใช้จ่ายหรือระยะทางน้อยที่สุด ก็ถือว่าเส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดด้วยแล้วทำการแตกเส้นทางย่อยไปเช่นนี้เรื่อย ๆ และในขณะที่ทำการแตกกิ่งออกไป ก็จะทำการตัดเส้นทางที่เป็นไปไม่ได้เนื่องมาจากค่าใช้จ่ายสูงกว่า ค่าขอบเขตล่างออกไปด้วย จนเหลือเส้นทางที่ดีที่สุดเพียงเส้นทางเดียว

2) เทคนิคการหาคำตอบที่ค่าใกล้เคียงกับค่าเหมาะสมมากที่สุด (Near Optimal Solution) การหาคำตอบประเภทนี้ มีวิธีที่สามารถหาคำตอบได้หลายวิธี โดยคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ใกล้เคียงกับค่าเหมาะสมที่สุดเท่านั้น

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำแนวคิดเกี่ยวกับการปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง มาใช้วิเคราะห์การวางแผนเส้นทางที่เป็นไปได้ และเหมาะสมที่สุด ในการวางแผนการขนส่ง

2.3 แนวคิดด้านกราฟ

2.3.1. ความหมายของกราฟ

ทรงลักษณ์ พิริยะไพโรจน์ และสุมนา เกษมสวัสดิ์ (2544: 209) อธิบายว่า กราฟ เป็นโครงสร้างข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (Object) โดยประกอบด้วยกลุ้มของโหนด (Vertex) ที่ใช้แทนออบเจ็คและกลุ่มของเส้นเชื่อม (Edge) ระหว่างโหนด กรณีที่ออบเจ็คตั้งแต่ 2 ออบเจ็คขึ้นไปมีความสัมพันธ์กัน

2.3.2. ส่วนประกอบของกราฟ

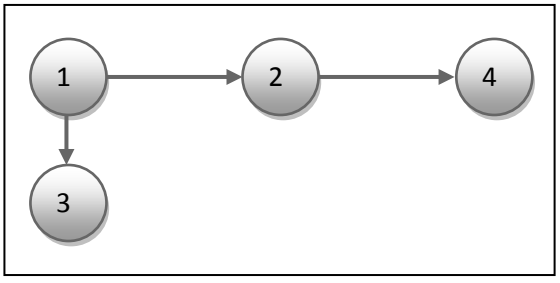
โครงสร้างข้อมูลแบบกราฟจะประกอบด้วยโหนด และเส้นเชื่อมระหว่างโหนด (กรณีที่โหนดเหล่านั้นมีความสีมพันธ์กัน) โดยสามารถเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ได้ (ทรงลักษณ์ พิริยะไพโรจน์ และสุมนา เกษมสวัสดิ์, 2544: 209) ดังนี้

G = (V, E) เมื่อ G คือกราฟ
V คือกลุ่มของโหนด
E คือเส้นเชื่อระหว่างโหนด

2.3.3. ประเภทของกราฟ

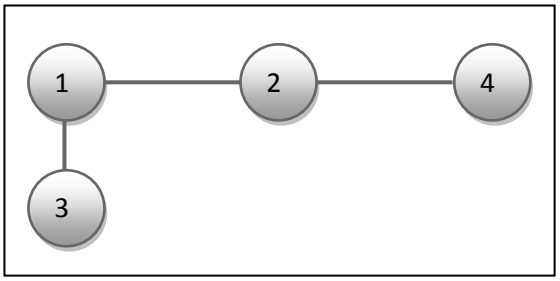
กราฟแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท (ทรงลักษณ์ พิริยะไพโรจน์ และสุมนา เกษมสวัสดิ์, 2544 : 210-211) ดังนี้

1) กราฟระบุทิศทาง (Direct Graph) เป็นกราฟที่มีเส้นเชื่อมระหว่างโหนดแสดงทิศทางของการเชื่อต่อ ดังแสดงตัวอย่างในรูป 2.2



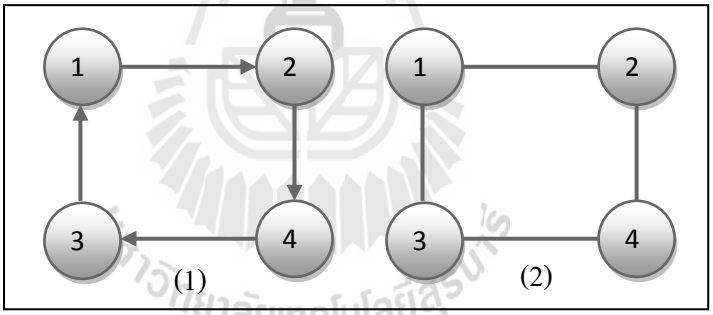
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างกราฟระบุทิศทาง

2) กราฟไม่ระบุทิศทาง (Undirected Graph) เป็นกราฟที่มีเส้นเชื่อมระหว่างโหนดแต่ไม่แสดงทิศทางของการเชื่อต่อ ดังแสดงตัวอย่างในรูป 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างกราฟไม่ระบุทิศทาง

3) กราฟวงจรปิด (Cyclic Graph) เป็นกราฟที่มีเส้นทาง (Path) เกิดจากเส้นทาเชื่อมระหว่างโหนดที่มีลักษณะเป็นวงจรปิด (Cycle) หมายถึงมีโหนดต้นทางและโหนดปลายทางเป็นโหนดเดียวกัน โดยที่กราฟวงจรปิดนี้ สามารถเป็นได้ทั้งกราฟระบุทิศทางและกราฟไม่ระบุทิศทาง ดังแสดงตัวอย่างในรูป 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างกราฟวงจรปิด

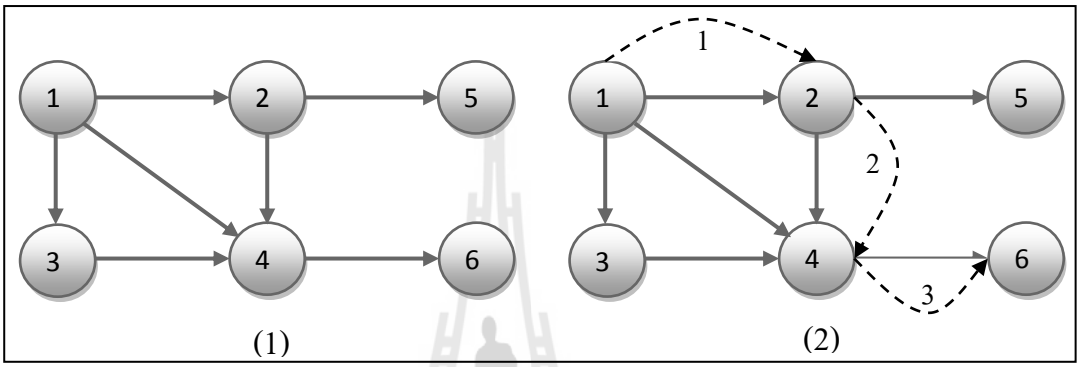
2.3.4. เส้นทาง (Path)

ทรงลักษณ์ พิริยะไพโรจน์ และสุมนา เกษมสวัสดิ์ (2544: 211) ได้อธิบายว่า เส้นทาง หมายถึง เส้นทางจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง ซึ่งต้องผ่านโหนดอื่น ๆ ที่อยู่ระหว่าง 2 โหนดนี้ ตัวอย่างเช่น จากรูป 2.4 (1) จะได้ว่าเส้นทางของโหนด 1 ไป 4 มี 1 เส้นทาง คือ 1 – 2 – 4 หรือเส้นทางของโหนด 1 ไป 3 มี 1 เส้นทาง คือ 1 – 2 – 4 – 3

2.3.5. การเดินทางเข้าไปในกราฟ (Graph Traversal)

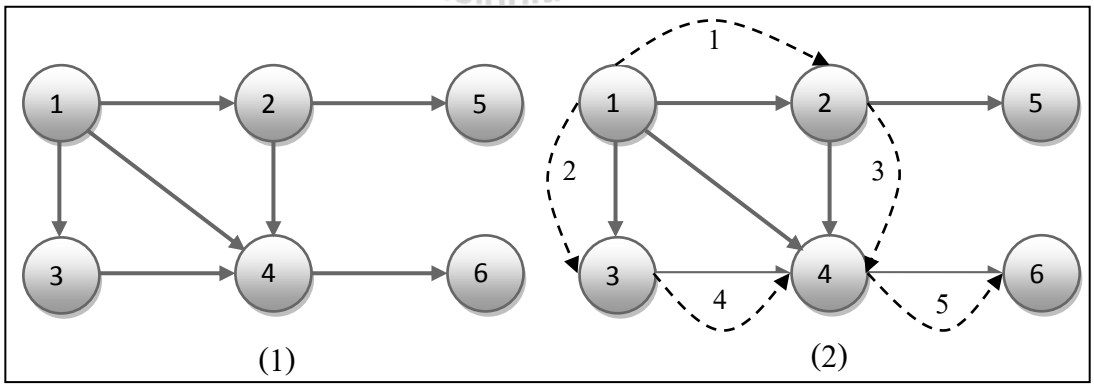
การเดินทางเข้าไปในกราฟจะใช้หลักการเดียวกับการเดินทางเข้าไปในทรี (Tree Traversal) คือ จะต้องมีการเดินทางไปยังโหนดต่าง ๆ (อาจเรียกว่า visit) บนกราฟอย่างมีระบบ โดยทรงลักษณ์ พิริยะไพโรจน์ และสุมนา เกษมสวัสดิ์ (2544: 217-211) ได้อธิบายไว้ 2 ขั้นตอนวิธี ดังนี้

1) ค้นหาตามแนวลึก (Depth First Search: DFS) เป็นขั้นตอนวิธีที่ทำการเดินทางไปยังโหนดต่าง ๆ ในกราฟตามแนวลึก โดยเริ่มต้นจากโหนดใดโหนดหนึ่งในกราฟ ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดที่อยู่ติดกับโหนดนั้น จากนั้นใช้โหนดใหม่นี้เป็นโหนดเริ่มต้นและทำวิธีการเช่นเดียวกัน จนกระทั่งไม่สามารถไปต่อได้แล้ว คือไม่มีโหนดที่อยู่ติดกับโหนดนั้น แล้วให้ย้อนกลับไปโหนดก่อนหน้าและเดินทางไปยังโหนดต่าง ๆ ที่เหลือด้วยวิธีการเช่นเดียวกันจนครบทุกโหนด ดังแสดงตัวอย่างในรูป 2.5



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนวิธีค้นหาตามแนวลึกจากโหนด 1 ไป 6

2) ค้นหาตามแนวกว้าง (Breadth First Search: BFS) เป็นขั้นตอนวิธีที่ทำการเดินทางไปยังโหนดต่าง ๆ ในกราฟตามแนวกว้าง โดยเริ่มต้นจากโหนดใดโหนดหนึ่งในกราฟ ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดที่อยู่ติดกับโหนดนั้นจนครบทุกโหนด เมื่อครบทุกโหนดก็ย้อนกลับมาเริ่มต้นใหม่ที่โหนดชุดแรกนั้นไปยังโหนดอื่นๆซึ่งยังไม่ได้ทำการเดินทางไปจนครบทุกโหนดในกราฟ ดังแสดงตัวอย่างในรูป 2.6



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนวิธีค้นหาตามแนวกว้างจากโหนด 1 ไป 6

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำแนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีกราฟ มาประยุกต์ใช้ในการสร้างเส้นทางที่เป็นไปได้ และเหมาะสมที่สุด ในการวางแผนการขนส่ง

2.4 แนวคิดด้านระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

งานวิจัยนี้ เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบวางแผนการขนส่ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนาระบบให้สอดคล้องกับความต้องการ และง่ายต่อการใช้งานของผู้ใช้ระบบมากที่สุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1. ความหมายของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

สก็อต มอร์ตัน (Scott Morton[A2], 1971, อ้างถึงใน กิตติ ภักดีวัฒนะกุล 2546) ได้อธิบายว่า ระบบช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ หมายถึง ระบบที่มีการทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งคอมพิวเตอร์นี้จะช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถนำข้อมูล และแบบจำลองต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์เพื่อการแก้ปัญหาที่ไม่มีโครงสร้างได้

คีน และสก็อต [A3] (Keen และ Scott, 1978, อ้างถึงใน กิตติ ภักดีวัฒนะกุล 2546) ได้อธิบายว่า ระบบช่วยสนันสนุนการตัดสินใจ หมายถึง ระบบที่ถูกเชื่อมโยงกันระหว่างทรัพยากรสมองของมนุษย์ให้ทำงานร่วมกับความสามารถของคอมพิวเตอร์ เพื่อต้องการปรับปรุงคุณภาพของการตัดสินใจให้ดีที่สุด

มาราคัส[A4] (Marakas, 1999: 38-46) ได้อธิบายว่า ระบบช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ เป็นระบบที่ช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องต่อการตัดสินใจ สามารถตัดสินใจปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วโดยระบบไม่ได้ทำหน้าที่ตัดสินใจแทนผู้เกี่ยวข้อง แต่ผู้เกี่ยวข้องจะทำการติดต่อและโต้ตอบผ่านส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) เพื่อเปลี่ยนแปลงปัจจัยหรือกำหนดสถานการณ์เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า ระบบช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ คือ ระบบที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์คอยช่วยเหลือ และให้การสนับสนุน เพื่อให้บุคคลผู้ที่ทำหน้าที่ตัดสินใจ สามารถจัดการกับปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.2. กระบวนการในการตัดสินใจ

กระบวนการในการตัดสินใจ (ณัฏฐพร พิมพายน, 2543) มีขั้นตอน ดังนี้

1) การรับรู้ปัญหา เป็นขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อเท็จจริง ข้อมูลและสารสนเทศต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องทำการตัดสินใจ

2) การวิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้อำนาจในการตัดสินใจทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จากข้อเท็จจริง ข้อมูล หรือสารสนเทศที่ได้จากขั้นตอนแรก

3) การกำหนดทางเลือก เป็นขั้นตอนที่ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจพยายามค้นหาวิธีการ

หรือทางเลือกที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหาตามสาเหตุของปัญหาและข้อเท็จจริง หรือข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาจากขั้นตอนที่สอง

4) การประเมินและเปรียบเทียบทางเลือก เป็นขั้นตอนที่ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ ทำการพิจารณาหาวิธีการหรือทางเลือกในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ด้วยวิธีการประเมินและเปรียบเทียบถึงผลลัพธ์ที่ได้ และข้อดีข้อเสียของแต่ทางเลือกในการแก้ปัญหาที่มีการกกำหนดไว้

5) การเลือกทางเลือกไปปฏิบัติ เป็นขั้นตอนที่ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจเลือกที่จะนำวิธีการหรือทางเลือกในการแก้ไขปัญหาที่คิดว่าเหมาะสมที่สุด ไปดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาที่มีอยู่ให้ประสบความสำเร็จ

2.4.3. ประเภทของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้งาน ซึ่งมีหลายประเภทแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย หรือตามลักษณะงานที่ต้องการได้รับการสนับสนุน จึงได้มีการจำแนกระบบสนับสนุนการตัดสินใจออกเป็นกลุ่มตามผลลัพธ์ที่ได้ (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2546: 24-25) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ระบบสอบถามข้อมูล (File Drawer System) เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ง่ายที่สุด โดยช่วยสืบค้นข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ

2) ระบบวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis System) คือ ระบบที่ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยมีการเพิ่มความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลให้กับระบบสอบถามข้อมูล ในการหาผลรวมและค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ทำการสืบค้น (สอบถาม) โดยอาศัยพื้นฐานของภาษา*ซีควล* (SQL) ในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

3) ระบบวิเคราะห์สารสนเทศ (Analysis Information System) คือ ระบบสารสนเทศที่ใช้งานด้านการวิเคราะห์และวางแผน โดยระบบจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากหลายฐาน ข้อมูล และวิเคราะห์แบบจำลองขนาดเล็กต่าง ๆ

4) แบบจำลองด้านการบัญชี (Accounting Model) คือ แบบจำลองที่ใช้สำหรับงานด้านการวางแผนและจัดทำงบประมาณ โดยจะทำการคำนวณข้อมูลเพื่อประเมินผลลัพธ์ โดยใช้ข้อกำหนดทางการบัญชี และจะทำการคำนวณเฉพาะข้อมูลในช่วงเวลาที่ทำการคำนวณเท่านั้น ซึ่งการคำนวณในลักษณะนี้ต้องได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง

5) แบบจำลองการนำเสนอ (Representational Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการทำนายผลลัพธ์จากการตัดสินใจและสะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรมที่ไม่มีความแน่นอนหรือพฤติกรรมที่มีความคลุมเครือของมนุษย์ หรือใช้ในการนำเสนอพฤติกรรมเชิงกลน์ของระบบในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยระบบจะอาศัยเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้เพื่อประกอบการตัดสินใจ

6) ระบบคัดเลือกแนวทางการตัดสินใจที่ดีที่สุด (Optimization Systems) เป็นระบบที่ทำการคัดเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดบนพื้นฐานการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และช่วยกำหนดแนวทางการดำเนินงานโดยสร้างแนวทางแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุด

7) ระบบให้คำแนะนำ (Suggestion Systems) เป็นขั้นตอนสั้น ๆ จากการพิจารณาแนวทางการตัดสินใจที่ดีที่สุด สู่การให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการที่ผู้ตัดสินใจควรดำเนินการในการตัดสินใจสำหรับปัญหาที่มีโครงสร้างสูง และอาจใช้ในการทดสอบระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการให้คำแนะนำ ส่วนระบบให้คำแนะนำประเภทอื่น ๆ ได้เรียบเรียงกระบวนการตัดสินใจไว้ในรูปของกฎ โดยกฎเหล่านี้จะเลียนแบบกระบวนการตัดสินใจของมนุษย์ผู้เชี่ยวชาญกำหนดแบบจำลองเชิงบรรยาย (Descriptive Models) ของกระบวนการตัดสินใจ ซึ่งจะอธิบายวิธีการตัดสินใจที่ถูกต้องและใช้แบบจำลองแบบ นอร์เมทีฟ (Normative) ช่วยในการเรียบเรียงเหตุผลต่าง ๆ เพื่อสร้างเป็นกฎ

2.4.4. องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนจัดการข้อมูล (Data Management) ส่วนจัดการแบบจำลอง (Model Management) ส่วนจัดการองค์ความรู้ (Knowledge Management) และส่วนจัดการสื่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface Management) (พีระศักดิ์ เสรีกุล, 2548) ซึ่งแสดงในรูป 2.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

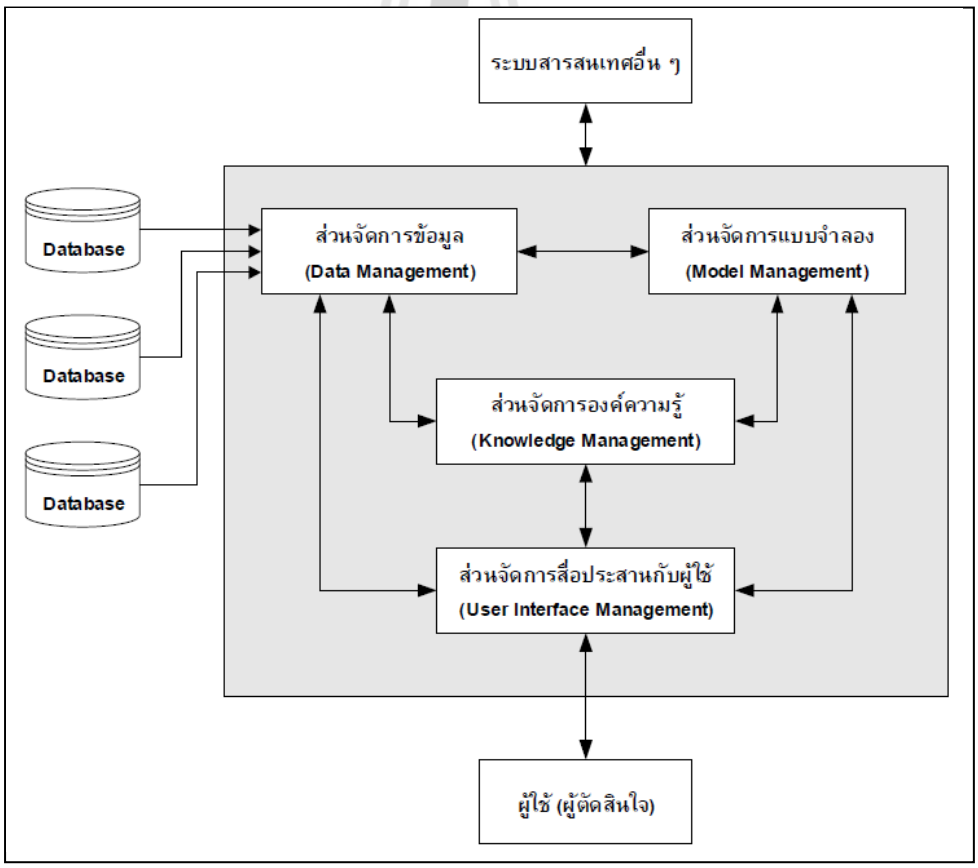
1) **ส่วนจัดการข้อมูล** เป็นส่วนของการจัดการในการเก็บข้อมูลทั้งหมดที่ใช้สำหรับกระบวนการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหา โดยในส่วนของการจัดการข้อมูลจะมีการจัดเก็บข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในลักษณะของระบบฐานข้อมูล และมีระบบจัดการฐานข้อมูลเป็นเครื่องมือในการจัดการ บำรุงรักษาข้อมูล และสืบค้นข้อมูลที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์

2) **ส่วนจัดการแบบจำลอง** เป็นส่วนของการจัดการแบบจำลองของวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในกระบวนการแก้ไขปัญหาในแต่ละทางเลือก โดยผู้ที่ทำการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ จะต้องทำการสร้างขั้นตอนและวิธีการในการแก้ไขปัญหาในแต่ละทางเลือกไว้ในลักษณะของแบบจำลองของวิธีการแก้ไขปัญหาเหล่านั้น ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองในลักษณะของแบบจำลองทางการเงิน แบบจำลองทางสถิติ หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยแบบจำลองทั้งหมดจะถูกจัดเก็บไว้ในฐานแบบจำลอง และมีระบบจัดการฐานแบบจำลอง เป็นเครื่องมือในการจัดการ ดูแลรักษา และสืบค้นแบบจำลองมาใช้ในการแก้ไขปัญหา ส่วนจัดการองค์ความรู้ เป็นส่วนของการจัดการองค์ความรู้ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการตัดสินใจแก้ไขปัญหา ซึ่งในบางครั้งระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่มีขนาดเล็ก และมีปัญหาไม่ยุ่งยากซับซ้อนก็อาจจะไม่ต้องมีส่วนจัดการองค์ความรู้ ซึ่งโดยมากมักจะใช้กับระบบการตัดสินใจในการแก้ปัญหาแบบไม่มีโครงสร้าง หรือแบบกึ่งโครงสร้าง ที่จำเป็นจะต้องใช้ประสบการณ์และองค์ความรู้ที่สั่งสมมาประกอบการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหา โดยองค์ความรู้จะถูกจัดเก็บไว้ในฐานองค์ความรู้ (Knowledge Base) และมี

ระบบจัดการฐานองค์ความรู้เป็นเครื่องมือในการจัดการดูแลรักษาและสืบค้นองค์ความรู้มาใช้ประกอบการแก้ไขปัญหา

3) **ส่วนจัดการองค์ความรู้** เป็นส่วนของการจัดการองค์ความรู้ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการตัดสินใจแก้ไขปัญหา ซึ่งในบางครั้งระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่มีขนาดเล็ก และมีปัญหาที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ก็อาจจะไม่ต้องมีส่วนจัดการองค์ความรู้ ซึ่งโดยมากมักจะใช้กับระบบการตัดสินใจในการแก้ปัญหาแบบไม่มีโครงสร้าง หรือแบบกึ่งโครงสร้าง ที่จำเป็นจะต้องใช้ประสบการณ์และองค์ความรู้ที่สั่งสมมาประกอบการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหา โดยองค์ความรู้จะถูกจัดเก็บไว้ในฐานองค์ความรู้ และมีระบบจัดการฐานองค์ความรู้ เป็นเครื่องมือในการจัดการดูแลรักษา และสืบค้นองค์ความรู้มาใช้ประกอบการแก้ไขปัญหา

4) **ส่วนจัดการสื่อประสานกับผู้ใช้** เป็นส่วนจัดการการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ โดยผู้ใช้สามารถสื่อสารและสั่งการผ่านส่วนประกอบนี้ เพื่อทำงานร่วมกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจได้



รูปที่ 2.7 องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ครรชิต มาลัยวงศ์, 2540: 122)

2.4.5. คุณลักษณะของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

คุณลักษณะของระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ดี และเหมาะสมกับการใช้งาน มีดังต่อไปนี้ (รุจิจันทร์ พิริยะสงวนพงษ์, 2549: 115)

1) เป็นระบบที่ไม่มีความซับซ้อน ง่ายต่อการเรียนรู้และการใช้งาน

2) เป็นระบบที่มีความสามารถเจาะลึกในรายละเอียดของแหล่งข้อมูลที่ต้องการได้

3) เป็นระบบที่สนับสนุนความต้องการของข้อมูลภายนอกองค์กร มีคุณค่าต่อการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ โดยทำการคัดเลือกประโยชน์ต่อการตัดสินใจออกมา

4) เป็นระบบที่ใช้กำหนดทิศทางในอนาคตให้กับองค์กรได้

5) เป็นระบบที่เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับธุรกิจคู่แข่งได้

2.4.6. ขอบเขตของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ขอบเขตการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่สำคัญคือ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจไม่สามารถตัดสินใจแทนมนุษย์ได้ทุกเรื่อง และระบบไม่สามารถตัดสินใจด้วยตัวของมันเองได้ มนุษย์ยังคงต้องอาศัยการตัดสินใจด้วยตนเองอยู่ โดยเฉพาะเรื่องที่ต้องอาศัยประสบการณ์ของมนุษย์เอง เช่น การออกแบบ การคิดสร้างสรรค์ หรือการตัดสินใจโดยอาศัยสัญชาตญาณ ยังคงต้องอาศัยการตัดสินใจจากมนุษย์อยู่เช่นเดิม (Marakas, 1999, pp.5-6)

2.4.7. ประโยชน์ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2546: 22-23) ดังนี้

1) พัฒนาประสิทธิภาพการทำงานส่วนบุคคล โดยเฉพาะงานที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ เนื่องจากระบบจะช่วยจัดเตรียมสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ

2) พัฒนาประสิทธิภาพการแก้ไขปัญหา โดยช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถแก้ปัญหาได้รวดเร็ว และถูกต้องมากยิ่งขึ้นและยังสามารถช่วยตัดสินปัญหากึ่งโครงสร้างและปัญหาที่ไม่มีโครงสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) ช่วยอำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสาร สำหรับระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่มีการทำงานในลักษณะกลุ่มที่เรียกว่า กรุ๊ปแวร์ (Groupware) ทำให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจปัญหาที่ต้องอาศัยการตัดสินใจร่วมกันของกลุ่มผู้ใช้ได้ ช่วยให้การติดต่องานระหว่างผู้ใช้ เป็นไปโดยสะดวกและช่วยให้การตัดสินใจมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4) ส่งเสริมการเรียนรู้หรือการฝึกหัด เนื่องจากระบบสนับสนุนการตัดสินใจมีกระบวนการทำงานคล้ายกระบวนการตัดสินใจของมนุษย์ ดังนั้นเมื่อมีระบบสนับสนุนการตัดสินใจซ้ำ ๆ จึงช่วยพัฒนาการเรียนรู้และช่วยฝึกหัดการใช้งานระบบให้กับผู้ใช้ โดยผู้ใช้สามารถศึกษากระบวนการให้เหตุผลของระบบสนับสนุนการตัดสินใจผ่านการสอบถามถึงลักษณะปัญหา ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา กระบวนการให้ข้อเสนอแนะและกระบวนการให้เหตุผล

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำแนวคิดเกี่ยวกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบวางแผนการขนส่ง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย เลือกศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาจากงานวิจัยที่มีรูปแบบการศึกษาและดำเนินงานวิจัยใกล้กับเคียงกับงานวิจัยนี้ โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ งานวิจัยที่เกี่ยวกับความร่วมมือร่วมมือในการขนส่งสินค้า งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดเส้นทาง และการวางแผนการขนส่ง และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาระบบ

2.5.1. งานวิจัยที่เกี่ยวกับความร่วมมือร่วมมือในการขนส่งสินค้า

พัชนพ ตันพิชัย และ วิโรจน์ ศรีสุรภานนท์ (2545) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าที่ใช้แนวคิดความร่วมมือประกอบการขนส่งเป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้นในการหารูปแบบการขนส่งที่ให้ค่าใช้จ่ายในการประกอบธุรกิจการขนส่งต่ำที่สุดในการวิเคราะห์ ซึ่งมีรูปแบบอยู่ 2 รูปแบบ คือ รูปแบบการรวมพื้นที่การขนส่ง และการบริหารกิจกรรมร่วมกัน พบว่ารูปแบบความร่วมมือประกอบการขนส่งสินค้าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งโดยลดค่าใช้จ่ายในการประกอบธุรกิจการขนส่งจากการลดระยะทางรวมในการขนส่งสินคาให้แก่ผู้ประกอบการได้[A5]

นาดาราจา และบุคบินเดอร์ (Nadarajah and Bookbinder, 2007) ได้ทำการศึกษาการจัดการความร่วมมือในการขนส่งแบบไม่เต็มคันรถ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง โดยการอธิบายถึงกรณีต่าง ๆ ที่มีความเป็นไปได้ในการขนส่งที่มีความร่วมมือในการขนส่ง ซึ่งพบว่าสามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าและเพิ่มการบริการลูกค้าได้อีกด้วย

ได และเชน (Dai and Chen, 2009) ได้ทำการศึกษาโลจิสติกส์ของทั้งผู้ขนส่งทางถนน และผู้ขนส่งทางเรือ ในการขนส่งแบบไม่เต็มคันรถ และได้พัฒนาความร่วมมือด้านโลจิสติกส์ในลักษณะของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาแก้ปัญหาจำนวนรถในกระบวนการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดในการเดินทางขนส่งที่ใช้แนวคิดความร่วมมือด้านโลจิสติกส์ โดยแบบจำลองนี้สามารถรองรับทั้งความร่วมมือของผู้ขนส่งทางถนน และผู้ขนส่งทางเรือ

2.5.2. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดเส้นทาง และการวางแผนการขนส่ง

คลาร์ก และไวต์ (Clark and Wright, 1964) ได้พัฒนาขั้นตอนวิธีของปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้ลูกค้าหลายแห่งที่สามารถลดระยะทางให้สั้นลงได้โดยการรวมเส้นทาง 2 เส้นทางเข้าด้วยกัน โดยมีหลักการคือ การรวมจุดส่งสินค้าเข้าในเส้นทางเดียวกันโดยการนำจุดส่งสินค้าของลูกค้ารายที่ 1 รวมเข้ากับจุดส่งสินค้าของลูกค้ารายที่ 2 เป็นเส้นทางหลักสายเดียวกัน ซึ่งดีกว่าการแยกเส้นทางการขนส่งสินค้า ทำให้ลดระยะทางให้สั้นลงได้มาก หลังจากนั้น โฮมส์ และ ปาร์คเกอร์

(Holmes and Parker, 1976) ได้พัฒนาขั้นตอนวิธีของ คลาร์ก และ ไวต์ ซึ่งปรับปรุงคำตอบโดยใช้วิธีการตัดเส้นทาง ต่อมา โกลเดน, แอสสาด, เลวี่ และ เกย์เซนส์ (Golden, Assad, Levy, and Gheysens, 1984) ได้ทำการวิจัยปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า โดยมีข้อจำกัดในด้านความจุของยานพาหนะ ต่อมา สุธี ศรีเพ็ชรดานนท์ (2535) ได้ศึกษาและทดลองจัดทำแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า จากคลังสินค้ากลางเพียงแห่งเดียว กระจายไปสู่จุดส่งสินค้าจำนวนมาก โดยรถขนส่งสินค้ามากกว่า 1 คัน โดยแบบจำลองใช้วิธีการของ วิธีศึกษาสำนึกของ คลาร์ก และ ไวต์ หลังจากนั้น ตันติกร พิชญ์พิบุล และ เรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย (2550) ได้ทำการศึกษาการจัดการขนส่งสินค้าจากคลังกลางไปยังหน่วยกระจายสินค้าหรือลูกค้าในแต่ละจังหวัดทั่วประเทศ ซึ่งจะพิจารณาจากปริมาณการขนส่งแต่ละครั้งเป็นหลัก รวมถึงเส้นทางที่รถบรรทุกเดินรถเพื่อนำสินค้าไปส่งในแต่ละจุด อีกทั้งยังครอบคลุมในส่งของการจัดการการขนส่งในขากลับด้วย เพื่อให้ต้นทุนต่ำที่สุด โดยใช้วิธีจัดเส้นทางยานพาหนะแบบฮิวริสติกส์ของ คลาร์ก และ ไวต์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิม (Nearest Neighbor)

เชิดบัณฑิต (Chetbundhit, 1990) เสนอการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันโดยเทคนิคการจับคู่ (Matching) ของค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นเวลาและระยะทาง ด้วยการหาค่าประหยัดจากศูนย์กระจายสินค้าเดียวไปยังสถานีบริการที่กระจายอยู่ในกรุงเทพฯ โดยมีขนาดของรถที่แตกต่างกัน โดยแบ่งขั้นตอนเป็น การประมาณเส้นทางที่สั้นที่สุด และการจัดกลุ่มลูกค้าที่สามารถส่งสินค้าได้

ทาน, ลี, ซู และ อู (Tan, Lee, Zhu, and Ou, 1999) นำเสนอปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งโดยมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows: VRPTW) โดยการกำหนดระยะเวลาที่รถสามารถวิ่งได้สูงสุดต่อหนึ่งเส้นทางทุก ๆ คัน โดยให้มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด และจะต้องไม่ละเมิดการบรรทุกได้สูงสุดของรถแต่ละคัน และต้องทันช่วงเวลารับสินค้าแต่ละลูกค้าด้วย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาขอบเวลาในการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำลง

เล็ง, วู และ ไล (Leung, Wu and Lai, 2002) ได้สร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหารูปแบบการจัดการขนส่งที่เหมาะสม โดยกำหนดสมการเป้าหมายให้ต้นทุนรวมต่ำสุด และใช้คอมพิวเตอร์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมในแต่ละกรณี

รีนาด และ บอคเตอร์ (Renaud and Boctor, 2002) ได้เสนอขั้นตอนวิธีสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธีฮิวริสติกส์แบบใหม่ที่เรียกว่า ขั้นตอนวิธีสวีป-เบส (Sweep-Based Algorithm) สำหรับแก้ปัญหาการเลือกจำนวน และชนิดของยานพาหนะ โดยมี 5 ขั้นตอนย่อยๆ ได้แก่ 1) ดูจุดที่ลูกค้าสั่งซื้อ 2) สร้างเส้นทาง 1 เส้นทาง ที่ใช้รถ 1 คัน 3) สร้างเส้นทาง 2 เส้นทาง ที่ใช้รถ 2 คัน 4) เลือกเส้นทาง 5) ปรับปรุงเส้นทาง ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม

ชู (Chu, 2005) ได้ศึกษาการจัดการการขนส่ง เพื่อแก้ปัญหาการขนส่งที่มีการกำหนดจำนวนรถและปริมาณสินค้าที่บรรทุกคลังสินค้าไปสู่ลูกค้า โดยพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

และขั้นตอนวิธีโดยใช้วิธีศึกษาสำนึก เพื่อสร้างเส้นทางและเลือกว่าลูกค้ารายใด ควรจะกำหนดให้ผู้ให้บริการขนส่งรายใดจึงจะเหมาะสม เมื่อพิจารณาจากความจุของพาหนะ ที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด พบว่างานวิจัยนี้สามารถให้ผลที่เหมาะสม หรือใกล้เคียงความเหมาะสมที่สุด

เตชินี บุญรัตน์, ระวิวรรณ จึงวัชกุล, สถาพร โอภาสานนท์ และ ประพันธ์ รุจิอาภา (2551) ได้วางแผนการจัดเส้นทางจากศูนย์กระจายสินค้าให้กับลูกค้าหลายจุด โดยใช้วิธีศึกษาสำนึก (Heuristic Method) ซึ่งหาทั้งเส้นทางเดินรถและลำดับเส้นทาง ภายใต้เงื่อนไขของความจุและระยะเวลาในการขับขี่ และพิจารณารถประเภทเดียว โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มลูกค้าก่อน แล้วค่อยทำการหาเส้นทางเดินรถ[A6] (Two – Phase Algorithm (Split + TSP)) ผลที่ได้พบว่าสามารถเพิ่มรายได้ และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้รถอย่างเต็มที่

2.5.3. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาระบบ

ธเนศ ทักษิณวราจาร (2543) พัฒนาระบบการจัดเส้นทางเดินรถของกลุ่มรถบรรทุกด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการกระจายสินค้าแห่งเดียวไปยังจุดส่งต่างๆ การวิจัยนี้ได้ดำเนินการจัดเส้นทางเดินรถด้วยวิธีศึกษาสำนึกภายใต้ข้อจำกัดด้านความจุของรถและเขตการส่งสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ระยะทางในการขนส่งต่ำสุด ผลการศึกษาพบว่าระบบการจัดเส้นทางที่พัฒนาขึ้นให้ผลลัพธ์ด้อยกว่าวิธีการที่ถูกพัฒนาโดยการศึกษาอื่นที่ผ่านมาเล็กน้อย แต่ให้ผลลัพธ์ในการจัดเส้นทางดีกว่าการจัดเส้นทางเดินรถด้วยพนักงาน

นำพาเจริญ (Namphacharoen, 2000) ได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถและจัดตารางเวลาเดินรถ โดยใช้หลักการการทำงานร่วมกันระหว่างระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์กับวิธีการแก้ปัญหาเส้นทางแบบวิธีศึกษาสำนึกแบบเซฟวิ่ง อินเซอร์ชั่น (Saving Insertion) และวิธี 2-โอปท์ (2-opt) โดยเป็นการจัดตารางเวลาการขนส่งแบบเวลาจริง (Real Time) พบว่าผลลัพธ์ทำให้การตัดสินใจมีคุณภาพและช่วยประหยัดเวลาในการวิเคราะห์มากขึ้น

สุธีระ และ คณะ (2551) ได้ทำการศึกษาระบบการจัดการขนส่งสินค้าในส่วนของการจัดเส้นทางการเดินรถ และพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจเพื่อคำนวณและจัดเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด หรือเอคแซคทแอพโพรช (Exact Approach) พบว่าทำให้สามารถจัดเสนทางการเดินรถได้ง่ายขึ้น และได้คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการจัดเสนทาง ทำให้ต้นทุนการขนส่งลดลง[A7][A8]

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาการวางแผนเส้นทางในการขนส่ง (Vehicle Routing Planning: VRP) ซึ่งก็คือ การจัดหาเส้นทางของรถเพื่อให้ไปส่งสินค้าให้กับทุกความต้องการหรือทุกงานที่กำหนด และโดยส่วนใหญ่จะเป็นการบริหารจัดงานภายในองค์กรเป็นหลัก ส่วนปัญหาที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ คือ การสร้างความร่วมมือในการขนส่ง

สินค้าระหว่างผู้ให้บริการขนส่งเป็นหลัก รวมทั้งผู้ใช้บริการขนส่งทั่วไป ก็สามารถใช้บริการเพื่อค้นหารถบรรทุกเพื่อขนส่งสินค้าได้ ดังนั้น โจทย์ปัญหานี้จึงต่างจากปัญหาการวางแผนเส้นทาง เพราะไม่ใช่การจัดหาเส้นทางของรถเพื่อไปยังงานทุกงาน แต่เป็นการจับคู่ระหว่างงานกับรถบรรทุกที่เป็นไปได้จากรถเที่ยวไปหรือรถเที่ยวกลับที่ยังไม่ได้ขนส่งสินค้าใด ๆ ไม่ต้องหารถบรรทุกใหม่เพื่อไปรับส่งสินค้านั้น

อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยหลายงานที่กล่าวถึงความร่วมมือในการขนส่ง และสร้างขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาการจับคู่รถและงานที่มีประสิทธิภาพ แต่งานวิจัยเหล่านั้น ทำแค่บางส่วนของปัญหาทั้งหมดในการจับคู่รถและงานเท่านั้น เช่น การคำนึงถึงรถเที่ยวกลับว่างเป็นหลัก การคำนึงถึงการขนส่งแบบไม่เต็มคันรถเป็นหลัก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเหล่านั้นมาใช้เพื่อประกอบในการกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ว่ามีปัจจัยใดที่ควรนำมาพิจารณาบ้าง เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาขั้นตอนวิธีและระบบการจัดการรถบรรทุกเพื่อธุรกิจขนส่งที่สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างครอบคลุมมากที่สุด

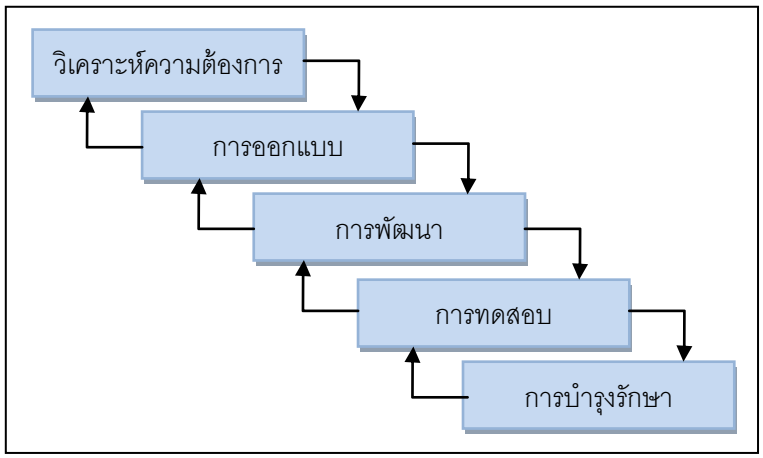
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งหมายในการสร้างขั้นตอนวิธีในการวางแผนเส้นทางการขนส่ง และพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า โดยในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงภาพรวมทั้งหมดของปัญหาในการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า เพื่อหาปัจจัยที่ใช้ในการวางแผนการขนส่ง โดยรายละเอียดในบทที่ 3 นี้จะเริ่มจากวิธีวิจัย ดังแสดงในหัวข้อที่ 3.1 ส่วนในหัวข้อที่ 3.2 จะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ถัดมาเป็นหัวข้อที่ 3.3 ตัวแปรที่ทำการวิจัยและในหัวข้อที่ 3.4 กล่าวถึงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ส่วนที่ห้า หัวข้อที่ 3.5 เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล และท้ายสุดหัวข้อที่ 3.6 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) โดยประยุกต์ใช้แนวทางของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle-SDLC) ซึ่งเป็นวิธีการในการพัฒนาระบบ โดยแบ่งกระบวนการทำงานออกเป็นขั้นตอน ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงเสร็จสิ้นการทำงาน ซึ่งแบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอน (สกาวรัตน์ จงพัฒนากร, 2550: 24-38) ได้แก่ การวิเคราะห์ความต้องการ, การออกแบบ, การพัฒนา, การทดสอบ และการบำรุงรักษา ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัยตามวงจรชีวิตของการพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบวางแผนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสำหรับงานวิจัยนี้ได้นำแนวทางของวงจรการพัฒนาระบบมาประยุกต์ใช้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาในการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าในรูปแบบของการประสานความร่วมมือ รวมถึงระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อนำมากำหนดปัจจัยที่ใช้ในระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ทั้งปัจจัยที่ผู้ใช้ต้องกำหนดเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบ และปัจจัยที่ระบบกำหนดขึ้นเพื่อประมวลผลให้ได้ผลลัพธ์หรือสารสนเทศตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมีรายละเอียดของปัจจัยดังนี้

- ปัจจัยชนิดและปริมาณของสินค้าที่ลูกค้าต้องการว่าจ้าง
- ปัจจัยวันที่ ของงานที่ลูกค้าว่าจ้าง
- ปัจจัยต้นทาง-ปลายทาง ของงานที่ลูกค้าว่าจ้าง
- ปัจจัยชนิดของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า
- ปัจจัยวันที่ของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า
- ปัจจัยต้นทาง-ปลายทาง ของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า
- ปัจจัยปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกแต่ละชนิดสามารถบรรทุกได้
- ปัจจัยระยะทางและเวลาระหว่างจุดหมาย
- ปัจจัยเวลาสูงสุดที่ยอมให้รถบรรทุกเดินทางได้

โดยที่ปัจจัยที่ 1-7 เป็นปัจจัยที่นำไปพิจารณาในการจับคู่รถบรรทุกเที่ยวเปล่ากับงานที่ลูกค้าว่าจ้าง และปัจจัยที่ 8-9 เป็นปัจจัยที่นำไปพิจารณาในการวางแผนเส้นทาง โดยนำปัจจัยระยะระยะทางและเวลาระหว่างจุดหมายมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพในการใช้รถเที่ยวเปล่า เพื่อไปวางแผนหาเส้นทางที่มีค่าประสิทธิภาพในการใช้รถเที่ยวเปล่าสูงที่สุด โดยเส้นทางที่วางแผนนั้นจะต้องไม่เกินเวลาสูงสุดที่ยอมให้รถบรรทุกเดินทางได้ ซึ่งปัจจัยระยะทางและเวลาระหว่างจุดหมาย ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าต่อกิโลเมตร และความสามารถของรถบรรทุกแต่ละชนิดในการบรรทุกสินค้าเป็นปัจจัยที่เป็นค่าคงที่ ที่ระบบสามารถที่จะระบุค่าตั้งต้นไว้ได้ ซึ่งสามารถแสดงปัจจัยสรุปได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยที่ใช้ในระบบวางแผนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ผลลัพธ์ที่ได้
<u>ปัจจัยที่ผู้ใช้ต้องกำหนด (user-defined variables)</u> - ชนิดและปริมาณของสินค้าที่ลูกค้าต้องการว่าจ้าง - วันที่ ของงานที่ลูกค้าว่าจ้าง - ต้นทาง-ปลายทาง ของงานที่ลูกค้าว่าจ้าง - เวลาสูงสุดที่ยอมให้รถบรรทุกเดินทางได้ - ชนิดของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า - วันที่ของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า - ต้นทาง-ปลายทาง ของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า <u>ปัจจัยที่ระบบกำหนดไว้แล้ว (pre-defined variables)</u> - ระยะทางและเวลาระหว่างจุดหมาย - ความสามารถของรถบรรทุกแต่ละชนิดในการบรรทุกสินค้า	- เส้นทางการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า - ต้นทุนรวมในการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

3.1.2 ออกแบบและพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

ปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาในข้อ 3.1.1 ได้ถูกนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาระบบ โดยระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ได้มุ่งเน้นที่ขั้นตอนวิธีในการวางแผนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่เหมาะสม ตามข้อมูลที่ผู้ใช้ระบุ และระบบวางแผนการขนส่งดังกล่าว สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นระบบต้นแบบและสามารถใช้กับฐานข้อมูลชนิดใดก็ได้ โดยผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลตามปัจจัยที่ผู้ใช้ต้องกำหนด จากนั้นระบบจะวางแผนการขนส่งตามสถาปัตยกรรมโครงสร้างของระบบ ที่แสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งนำขั้นตอนวิธีในการวางแผนการขนส่งที่ผ่านการปรับปรุงอย่างเหมาะสมมาประยุกต์ใช้งาน เพื่อเพิ่มความสามารถในการวางแผนการขนส่ง

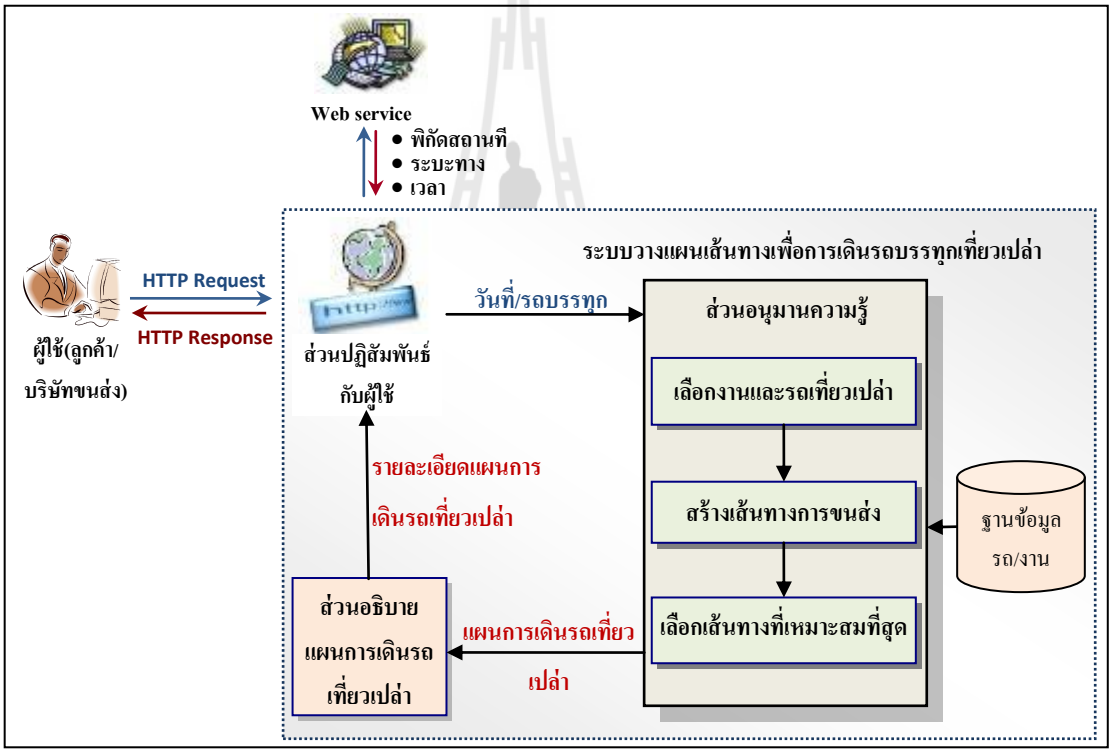
โครงสร้างการทำงานหลักของระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ (User Interface) ส่วนอนุมานความรู้ (Knowledge Inference Engine) และส่วนอธิบายแผนการเดินรถเที่ยวเปล่า (Routing Plan Explanation) โดยสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1) ส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้

ระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่านี้ จะติดต่อกับผู้ใช้ทั้ง 2 ประเภท คือ ผู้ใช้ประเภทลูกค้าที่มีงานต้องการจ้างขนส่ง และผู้ใช้ประเภทบริษัทขนส่งที่มีรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ผ่านทางส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนย่อย ได้แก่ ส่วนการบันทึกข้อมูล และส่วนการแสดงผล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- **ส่วนบันทึกข้อมูล**

ในส่วนนี้ผู้ใช้ทั้ง 2 ประเภทจะต้องระบุข้อมูลพื้นฐานเพื่อที่จะนำไปใช้ในส่วนอนุมานความรู้ต่อไป ซึ่งมีข้อมูลที่ต้องระบุมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

1. ผู้ใช้ประเภทลูกค้า ต้องระบุข้อมูลเกี่ยวกับงานว่าง ได้แก่ วันที่ให้ขนส่งสินค้า ปริมาณสินค้า ประเภทสินค้าและ/หรือประเภทรถบรรทุก และต้นทาง-ปลายทางของงานที่จะว่าจ้างให้ขนส่งสินค้า

2. ผู้ใช้ประเภทบริษัทขนส่ง ต้องระบุข้อมูลเกี่ยวกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ได้แก่ ปริมาณที่รถบรรทุกบรรทุกได้สูงสุด วันที่ ประเภทรถบรรทุก ต้นทาง-ปลายทางของรถเที่ยวเปล่า เวลาสูงสุดที่ยอมให้รถบรรทุกเดินทางได้ วันที่ที่ต้องการให้ระบบทำการวางแผนการขนส่ง (ในกรณีใช้

ขั้นตอนแบบเต็มคันรถ และไม่เต็มคันรถ) หรือรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ต้องการวางแผนการขนส่ง (ในกรณีใช้ขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว)

เมื่อผู้ใช้ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้แล้ว ระบบจะบันทึกข้อมูลนั้นเก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อให้ส่วนอนุมานความรู้นำไปใช้ในการประมวลผลต่อไป

- **ส่วนการแสดงผล**

ในส่วนนี้เป็นส่วนที่ใช้อธิบายรายละเอียดของแผนการเดินรถบรรทุกที่ได้มาจากการประมวลผลของระบบ โดยจะแสดงในรูปแบบของแผนที่ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่าย ซึ่งแผนที่ในระบบเป็นแผนที่ออนไลน์ซึ่งเชื่อมต่อกับเว็บเซอร์วิส (Web Service) โดยใช้กูเกิ้ลแมพเอพีไอ (Google Map API)

2) ส่วนอนุมานความรู้

ส่วนอนุมานความรู้ คือ ส่วนที่ค้นหาคำตอบจากความต้องการของผู้ใช้ (User Preferences) ซึ่งได้ระบุเข้ามาในระบบ โดยที่ส่วนอนุมานความรู้นี้ เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า เพื่อให้ได้มาซึ่งจุดมุ่งหมายสูงสุดในการสร้างแผนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าตามที่ระบบต้องการ โดยนำข้อมูลที่ผู้ใช้ระบุไว้ และข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลมาคำนวณเพื่อจัดแผนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า โดยใช้ขั้นตอนวิธีต่าง ๆ เพื่อนำเสนอแผนการขนส่งให้กับผู้ใช้ ซึ่งสามารถแบ่งกระบวนการในการทำงานออกเป็น 3 กระบวนการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- **กระบวนการที่ 1 เลือกจุดหมาย**

กระบวนการเลือกจุดหมายเป็นกระบวนการในการเลือกรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และงานว่างที่ผู้ใช้ได้บันทึกไว้ในฐานข้อมูล โดยพิจารณาจากเงื่อนไขที่ผู้ใช้ระบุ คือ ข้อมูลวันที่ที่ต้องการให้วางแผนการขนส่ง หรือรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ต้องการวางแผนการขนส่ง จากนั้นเมื่อได้รถบรรทุกเที่ยวเปล่า และงานว่างที่ตรงกับเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนดไว้แล้ว ระบบจะส่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และงานว่างที่ถูกเลือก ซึ่งได้แก่ ข้อมูลชนิดและปริมาณของสินค้า จุดต้นทาง-ปลายทางของงาน ชนิดของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า เวลาสูงสุดที่ยอมให้รถบรรทุกเดินทางได้ และจุดต้นทาง-ปลายทางของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ไปยังกระบวนการสร้างแผนการขนส่งต่อไป

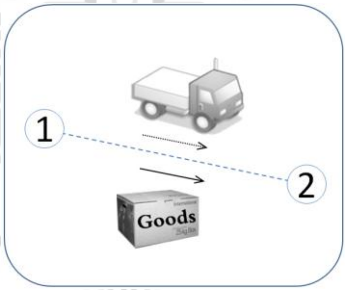
- **กระบวนการที่ 2 สร้างแผนการขนส่ง**

กระบวนการนี้จะสร้างแผนการขนส่ง โดยอาศัยขั้นตอนวิธีในการสร้างแผนการขนส่งที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา โดยขั้นตอนวิธีในการสร้างเส้นทาง ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา 3 แบบ ซึ่งรองรับการดำเนินการขนส่งที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนวิธีทั้ง 3 แบบ ดังนี้

- ขั้นตอนวิธีที่ 1 ขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว

ขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียวนี้ เป็นขั้นตอนวิธีในการสร้างแผนการขนส่งที่เป็นไปได้ในกรณีที่ต้องการวางแผนการขนส่งสำหรับรถบรรทุกเที่ยวเปล่าทีละคัน และเป็นการส่งสินค้าแบบเต็มคันรถ ซึ่งผู้ใช้จะต้องกำหนดว่าจะสร้างแผนการขนส่งให้กับรถบรรทุกเที่ยวเปล่าคันใด

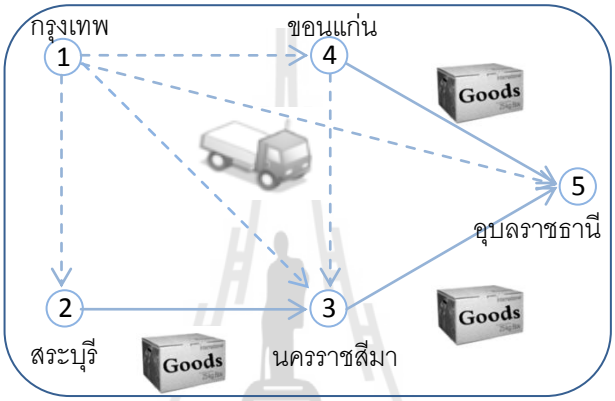
โดยระบบจะเริ่มจากกำหนดให้จุดต้นทาง และปลายทางของการสร้างเส้นทาง เป็นจุดต้นทาง และปลายทางของรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ผู้ใช้ต้องการวางแผน จากนั้นระบบจะหาจุดหมาย (งาน) ที่มีวันที่และประเภทรถบรรทุกที่ต้องการให้ขนส่งตรงกับวันที่และประเภทรถบรรทุกของรถเที่ยวเปล่า แล้วพิจารณาระยะทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมาย (จุดเริ่มต้นของงานว่าง) แต่ละจุดจนครบทุกจุด ซึ่งในขณะที่ระบบดำเนินการเลือกจุดหมายแต่ละจุดอยู่นั้น ระบบจะทำการตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการเดินทางด้วย หากระยะเวลาที่ใช้เกินจากที่ผู้ใช้กำหนดไว้ข้างต้นระบบจะทำการตัดเส้นทางนั้นออกจากการพิจารณา (วิภาวรรณ พันธุ์สังข์, จิติมนต์ อั่งสกุล และธรา อั่งสกุล, 2552) ซึ่งต้องดำเนินกระบวนการนี้ครั้งละคัน และผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น 1 เส้นทางต่อ 1 แผนการขนส่ง โดยแสดงในรูป 3.2



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว

รายละเอียดของขั้นตอนวิธีที่ 1 คือ เริ่มจากหาจุดหมาย(งาน)ที่มีวันที่และประเภทรถบรรทุกตรงกับวันที่และประเภทรถบรรทุกของรถเที่ยวเปล่า แล้วพิจารณาระยะทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมาย (จุดเริ่มต้นของงาน) แต่ละจุดจนครบทุกจุด แล้วเลือกไปจุดที่ระยะทางสั้นที่สุด และเก็บระยะทางที่ไปยังจุดหมาย (ของงาน) ที่ไม่ถูกเลือกไว้พิจารณาด้วย จุดถัดไปเลือกจุดหมาย (ของงาน) แล้วคำนวนระยะทางรวมตั้งแต่ต้นทางจนถึงจุดหมายนี้ และเปรียบเทียบกับระยะทางที่ไปยังจุดหมาย (ของงาน) ที่ไม่ถูกเลือกด้วย หากยังมีระยะทางสั้นที่สุดอยู่จะดำเนินการต่อ หากไม่ใช่ระยะทางสั้นที่สุด ระบบจะเปลี่ยนเส้นทางพิจารณาใหม่ และทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงจุดหมายที่ผู้ใช้ได้ระบุว่าเป็นจุดหมายของรถเที่ยวเปล่าในขั้นต้น ซึ่งในขณะที่ระบบดำเนินการเลือก

จุดหมายแต่ละจุดอยู่นั้น ระบบจะทำการตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการเดินทางด้วย หากระยะเวลาที่ใช้เกินจากที่ผู้ใช้กำหนดไว้ข้างต้นระบบจะทำการตัดเส้นทางนั้นออกจากการพิจารณา ยกตัวอย่างเช่น หากพิจารณารถเที่ยวเปล่าที่มีต้นทางจากกรุงเทพฯ ไปยังอุบลราชธานี ซึ่งมีงานที่ตรงกับเงื่อนไขของรถบรรทุกเที่ยวเปล่าอยู่ 3 งาน ได้แก่ งานที่ 1 ต้นทางจากขอนแก่น ไปอุบลราชธานี งานที่ 2 ต้นทางจากสระบุรี ไปนครราชสีมา และงานที่ 3 ต้นทางจากนครราชสีมา ไปอุบลราชธานี โดยสามารถสร้างเส้นทางที่เป็นไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยเส้นทึบ จะแสดงเส้นทางที่มีสินค้า ส่วนเส้นประแสดงเส้นทางที่ไม่มีสินค้า



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างรายละเอียดขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว

โดยรูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนวิธีในการในการสร้างเส้นทางที่เป็นไปได้

```
FindShortestPath
1 if type Truck [work] = type Truck[empty truck] and
2  date [work] = date [empty truck] do
3      for $i = 0 to numberOfNodes do
4          if $i = startnode then
5              visited[i] <- true
6              distance[i] <- 0
7          end if
8          else
9              visited[i] <- false
10             distance[i] <- distance [startnode[$i]]
11         end else
12         previous Node [i] <- startnode
14     maxTries <- numberOfNodes
15     tries <- 0
16     while visited = true and tries <= maxTries do
17         bestPath <- findBestPath [distance[visited]]
18         if(to ≠ null and bestPath = to)
19             break;
20         end if
21     updateDistanceAndPrevious <- bestPath
22     visited[bestPath] <- true;
23     end while
24 end if
```

รูปที่ 3.5 ขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว

- ขั้นตอนวิธีที่ 2 ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ (Full Load Algorithm)

ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถนั้น เป็นขั้นตอนวิธีที่กำหนดว่ารถบรรทุกมีการบรรทุกสินค้าแบบเต็มคันรถ เพื่อรองรับในกรณีที่ผู้ว่าจ้างต้องการให้ขนส่งสินค้าของผู้ว่าจ้างเพียงรายเดียว รถบรรทุกจึงไม่สามารถรับงานเพิ่มได้ถึงแม้ว่าจะมีการบรรทุกสินค้าไม่เต็มคันรถก็ตาม จะถือว่ารถบรรทุกเต็มคันรถแล้ว ซึ่งกำหนดมีลักษณะการสร้างเส้นทางคล้ายกับขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว แต่จะพิจารณารถเที่ยวเปล่ารวมทุกคันที่มีวันที่เดินทางตรงกับวันที่ผู้ใช้ (บริษัทขนส่ง) ได้กำหนดไว้ โดยการนำต้น

ทาง-ปลายทางของงานมาจับคู่กับต้นทาง-ปลายทางของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และจะกำหนดให้ปริมาณในการขนสินค้าของงานว่างเป็นปริมาณการขนสินค้าที่เต็มคันรถพอดี โดยแสดงในรูป 3.5 โดยที่จำนวนของแผนการขนส่งทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่ระบบสร้างขึ้นนั้น สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

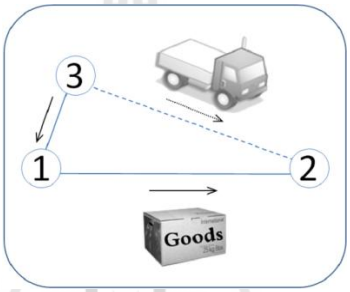
$$N = (T+1)^{R} \tag{3.1}$$

โดยกำหนดให้

N = จำนวนของเส้นทางทั้งหมดที่ระบบสร้างขึ้น

T = จำนวนรถเที่ยวเปล่า

R = จำนวนงานว่าง



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างขั้นตอนวิธีแบบแบบเต็มคันรถ

โดยที่รถ 1 คันสามารถรับงานว่างได้มากกว่า 1 งาน แต่เนื่องจากมีการกำหนดให้ปริมาณการขนสินค้าต่องานนั้นเต็มคันรถพอดี ดังนั้นในการสร้างแผนการขนส่งจึงต้องเป็นแบบรับ-ส่งงานว่างที่ 1 เสร็จแล้วจึงจะสามารถรับ-ส่งงานว่างที่ 2 ได้ ซึ่งในกรณีที่เส้นทางหนึ่งมีงานมากกว่า 1 งาน ระบบจะทำการสลับตำแหน่งก่อนหลังของงานว่าง (แต่ตำแหน่งรถเที่ยวเปล่าคงเดิม) ด้วย

ยกตัวอย่างการสร้างแผนการขนส่ง เช่น มีรถเที่ยวเปล่า 1 คัน (รถว่างคันที่ 1 แทนด้วย T1) และมีงานว่าง 2 งาน (งานว่างงานที่ 1 แทนด้วย R1 และงานว่างงานที่ 2 แทนด้วย R2) สามารถสร้างเส้นทางได้ทั้งหมดเท่ากับ

$$N = (T+1)^{R}$$

$$N = (1+1)^{2}$$

$$= 4$$

ซึ่งแผนการขนส่งทั้ง 4 แผน มีรายละเอียดดังนี้

1) Empty คือ ไม่สามารถหางานว่างที่เหมาะกับรถเที่ยวเปล่าได้
2) (R1,T1) มี 1 เส้นทาง คือ เริ่มต้นที่ ต้นทางของรถเที่ยวเปล่า T1 และไปยังต้นทางของงาน R1 ต่อไปยังปลายทางของงาน R1 แล้วสิ้นสุดที่ปลายทางของรถเที่ยวเปล่า T1
3) (R2,T1) มี 1 เส้นทาง คือ เริ่มต้นที่ ต้นทางของรถเที่ยวเปล่า T1 และไปยังต้นทางของงาน R2 ต่อไปยังปลายทางของงาน R2 แล้วสิ้นสุดที่ปลายทางของรถเที่ยวเปล่า T1
4) (R1,T1)(R2,T1) มี 1 เส้นทาง คือ เริ่มต้นที่ ต้นทางของรถเที่ยวเปล่า T1 และไปยังต้นทางของงาน R1 ต่อไปยังปลายทางของงาน R1 และไปยังต้นทางของงาน R2 ต่อไปยังปลายทางของงาน R2 แล้วสิ้นสุดที่ปลายทางของรถเที่ยวเปล่า T1

กรณีมีรถเที่ยวเปล่า 2 คัน (รถว่างคันที่ 1 แทนด้วย T1 และรถว่างคันที่ 2 แทนด้วยT2) และมีงานว่าง 2 งาน (งานว่างงานที่ 1 แทนด้วย R1 และงานว่างงานที่ 2 แทนด้วย R2) สามารถสร้างเส้นทางได้ทั้งหมดเท่ากับ

$$N = (T+1)^R$$

$$N = (2+1)^2$$

$$= 9$$

ซึ่งเส้นทางทั้ง 9 เส้นทาง มีรายละเอียดดังนี้

1) Empty
2) (R1,T1)
3) (R1,T2)
4) (R2,T1)
5) (R2,T2)
6) (R1,T1)(R2,T1)
7) (R1,T1)(R2,T2)
8) (R1,T2)(R2,T1)
9) (R1,T2)(R2,T2)

โดยรูปที่ 3.6 นี้เป็นขั้นตอนวิธีในการในการสร้างเส้นทางที่เป็นไปได้

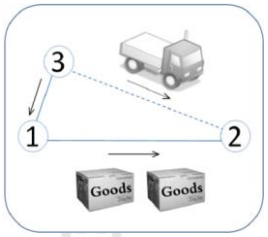
```
findShortestPath
1 if typeTruck[work] = typeTruck[empty truck] and
2  date[work] = date[empty truck] do
3       for $i = 0 to numberOfNodes do
4            if $i = startnode then
5                 visited[i] = true
6                 distance[i] = 0
7            end if
8            else
9                visited[i] = false
10                distance[i] = distance[startnode[$i]]
11           end else
12           previousNode[i] = startnode
13      end for
14      maxTries = numberOfNodes
15      tries = 0
16      while visited = true and tries <= maxTries do
17           bestPath = findBestPath[distance[visited]]
18           if(to ≠ null and bestPath = to)
19                break;
20           end if
21      updateDistanceAndPrevious <- bestPath
22      visited[bestPath] = true;
23      end while
24 end if
```

รูปที่ 3.7 ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ

- ขั้นตอนวิธีที่ 3 ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ (Partial Load Algorithm)

ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถนั้น เป็นขั้นตอนวิธีที่กำหนดปริมาณสินค้าที่บรรทุกตามปริมาณสินค้าที่บรรทุกจริง เพื่อรองรับในกรณีที่ผู้ว่าจ้างไม่ได้กำหนดให้ขนส่งสินค้าของผู้ว่าจ้างเพียงรายเดียว รถบรรทุกจึงสามารถรับงานเพิ่มได้ ในกรณีที่มีการบรรทุกสินค้าไม่เต็มคันรถ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถที่พิจารณารถบรรทุกเที่ยวเปล่ารวมทุกคัน ที่มีวันที่เดินทางตรงกับวันที่ผู้ใช้ (บริษัทขนส่ง) ได้กำหนดไว้ แต่จะให้กำหนดปริมาณในการขนสินค้าเป็นปริมาณการสินค้าของงานที่ว่างจริง

โดยที่รถ 1 คันสามารถรับงานว่างได้มากกว่า 1 งาน แต่ไม่เกิน 2 งาน และเนื่องจากมีการกำหนดให้ปริมาณการขนสินค้าเป็นไปตามปริมาณจริงของงานว่าง ดังนั้นการสร้างเส้นทางจึงไม่จำเป็นต้องเป็นแบบรับ-ส่งงานว่างที่ 1 เสร็จแล้วจึงจะสามารถรับ-ส่งงานว่างที่ 2 ได้ เช่นสามารถสร้างเส้นทางที่เริ่มจากรับงานที่ 1 แล้วไปรับงานที่ 2 ต่อ แล้วจึงค่อยไปส่งงานที่ 1 และ 2 โดยแสดงในรูป 3.7



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างขั้นตอนวิธีการขนส่งไม่เต็มคันรถ

โดยรูปที่ 3.8 แสดงขั้นตอนวิธีในการในการสร้างเส้นทางที่เป็นไปได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
findOptimalPath
1 if typeTruck[work] = typeTruck[empty truck] and
2  date[work] = date[empty truck] do
3  maxCapacity = Capacity[empty truck]
4     for $i = 0 to numberOfNodes do
5          if $i = startnode then
6               visited[i] = true
7               distance[i] = 0
8          end if
9          else
10              if capacity[sum] ≠ maxCapacity do
11                  visited[i] = false
12                  distance[i] = distance[startnode[$i]]
13                  capacity[sum] += capacity[i]
14              end else
15         end else
16         previousNode[i] = startnode
17    end for
18    maxTries = numberOfNodes
19    tries = 0
20    while visited = true and tries <= maxTries do
21         bestPath = findBestPath[distance[visited]]
22         if(to ≠ null and bestPath = to)
23              break;
24         end if
25    updateDistanceAndPrevious <- bestPath
26    visited[bestPath] = true;
27    end while
28 end if
```

รูปที่ 3.9 ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ

- **กระบวนการที่ 3 เลือกแผนการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด**

กระบวนการเลือกแผนการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดนั้น จะคำนวณหาแผนการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดซึ่งจะพิจารณาจากการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพในการใช้รถเที่ยวเปล่า โดยระบบจะนำแผนการขนส่งทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการสร้างแผนการขนส่งมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

ในการใช้รถเที่ยวเปล่า และระบบจะเลือกแผนการขนส่งที่มีค่าประสิทธิภาพในการใช้รถเที่ยวเปล่าสูงที่สุด ซึ่งในขณะที่กำลังทำการเปรียบเทียบอยู่นั้นระบบจะทำการตรวจสอบเวลารวมที่รถบรรทุกใช้เดินทางตามแผนการขนส่งด้วย หากเส้นทางใดใช้เวลารวมในการเดินทางตามแผนการขนส่งเกินจากที่ผู้ใช้ได้กำหนดไว้ ระบบจะทำการตัดแผนการขนส่งนั้นออกจากการพิจารณาแผนการขนส่งทันที โดยมีสมการในการคำนวณค่าประสิทธิภาพในการใช้รถเที่ยวเปล่าดังนี้

$$e = \frac{\alpha - (\beta)}{\alpha} \times \frac{(\gamma)}{\alpha + (\beta)} \qquad (3.2)$$

กำหนดให้

e = ค่าประสิทธิภาพในการใช้รถเที่ยวเปล่า

α = ระยะทางเดิมของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

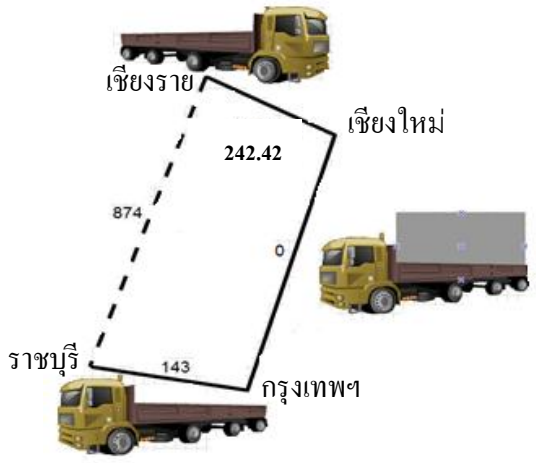
β = ระยะทางรวมที่ไม่มีสินค้าในรถบรรทุก

γ = ระยะทางรวมที่มีสินค้าในรถบรรทุก

ซึ่งค่าของ β และ γ ในแต่ละขั้นตอนวิธีมีการคำนวณที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดการคำนวณแยกตามขั้นตอนวิธีดังนี้

- ขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว และขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ จะคำนวณหาระยะทางเป็นช่วง ๆ หรือการเดินทางระหว่างจุดสองจุด แล้วนำระยะทางทุกช่วงต่อหนึ่งเส้นทางมารวมเป็นระยะทางรวมทั้งเส้นทาง ซึ่งแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 กรณี คือ 1)ในกรณีที่เป็นช่วงที่รถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าจะกำหนดให้ระยะทางมีค่าเท่ากับระยะทางจริงในการเดินทางระหว่างจุด 2 จุดที่เป็นไปได้ทั้งหมด และ 2)ในกรณีที่เป็นช่วงที่รถบรรทุกมีการบรรทุกสินค้า จะกำหนดให้ระยะทางมีค่าเท่ากับ 0 ในการเดินทางระหว่างจุดสองจุด ยกตัวอย่างเช่น บริษัทขนส่งสินค้าแห่งหนึ่งต้องเดินรถเที่ยวเปล่าจากเชียงรายไปยังราชบุรีที่มีระยะทาง 874 โดยระบบจะหางานที่เหมาะสมกับเส้นทางการเดินรถเที่ยวเปล่านี้ ซึ่งระบบพบว่ามีงาน (ที่มีผู้ใช้ได้ระบุความต้องการไว้ในระบบ) ขนส่งจากเชียงใหม่ไปกรุงเทพมหานคร ระบบจึงเลือกเส้นทางจากเชียงรายเพื่อไปรับของที่เชียงใหม่ ซึ่งระยะทางในส่วนนี้จะคำนวณระยะทางจากระยะทางจริงของการเดินทางเนื่องจากเส้นทางช่วงนี้มีการเดินรถเที่ยวเปล่า ขณะที่เมื่อรับของจากเชียงใหม่ไปส่งของที่กรุงเทพมหานคร ระยะทางในส่วนนี้จะคำนวณระยะทางเท่ากับ 0 เนื่องจากรถมีของบรรทุกมาด้วย และเมื่อส่งของลงที่กรุงเทพมหานครแล้ว ต้องเดินรถเที่ยวเปล่ากลับราชบุรี ระยะทางในส่วนนี้จะคำนวณระยะทางจากต้นทุนระยะทางจริงของการเดินทางเช่นเดียวกันกับระยะทางจากเชียงรายไป

เชียงใหม่ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.9 ซึ่งจากรูประยะทางที่คำนวณได้จากที่ระบบเลือกเส้นทางให้จะมีค่าเท่ากับ 385.42 ซึ่งจากเดิมต้องเดินรถเที่ยวเปล่าโดยตรงที่มีค่าเท่ากับ 874 ทำให้สามารถลดระยะทางลงได้เท่ากับ 488.58



จากสูตร $C_{total} = \sum_{i=0}^{n} [c \times s]$

จะได้ $C_{total} = 242.42 + 0 + 143$

$= 242.42 + 0 + 143$

$\therefore C_{total} = 385.42$

รูปที่ 3.10 ตัวอย่างการคำนวณระยะทางของขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียวและขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ

- ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ จะมีลักษณะการคำนวณหาระยะทางในกรณีที่ 1) กรณีที่เป็นช่วงที่รถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า เหมือนกับการคำนวณหาระยะทางของขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียวและขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ ส่วนในกรณีที่ 2) ในกรณีที่เป็นช่วงที่รถบรรทุกมีการบรรทุกสินค้า ในขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียวและขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถจะกำหนดให้ระยะทางมีค่าเท่ากับ 0 ในการเดินทางระหว่างจุด 2 จุด แต่ในขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถนี้จะคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$\sum_{i=0}^{n} [c \times s] \tag{3.3}$$

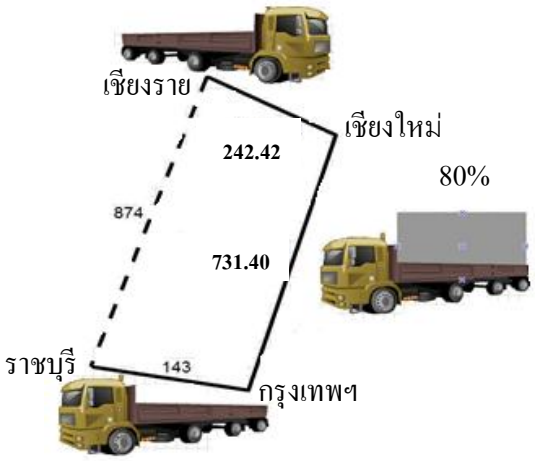
กำหนดให้

C = ระยะทางจริงระหว่างจุด

S = ร้อยละของพื้นที่ในรถบรรทุกที่เหลืออยู่หรือร้อยละของพื้นที่ที่รถบรรทุกสามารถรับได้อีก

ยกตัวอย่างเช่น บริษัทขนส่งสินค้าแห่งหนึ่งต้องเดินรถเที่ยวเปล่าจากเชียงรายไปยังราชบุรีที่มีระยะทาง 874 โดยระบบจะหางานที่เหมาะการเส้นทางการเดินรถเที่ยวเปล่านี้ ซึ่งระบบพบว่ามี

งาน (ที่มีผู้ใช้ได้ระบุความต้องการไว้ในระบบ) ขนส่งจากเชียงใหม่ไปกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีปริมาณสินค้าเป็นร้อยละ 80 ของปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้ ระบบจึงเลือกเส้นทางจากเชียงรายเพื่อไปรับของที่เชียงใหม่ ซึ่งระยะทางในส่วนนี้จะคำนวณระยะทางจากระยะทางจริงของการเดินทางเนื่องจากเส้นทางช่วงนี้มีการเดินรถเที่ยวเปล่า ขณะที่เมื่อรับของจากเชียงใหม่ไปส่งของที่กรุงเทพมหานคร ระยะทางในส่วนนี้จะคำนวณจากสมการ (3.3) เนื่องจากรถมีของบรรทุกมาด้วย และเมื่อส่งของลงที่กรุงเทพมหานครแล้ว ต้องเดินรถเที่ยวเปล่ากลับราชบุรี ระยะทางในส่วนนี้จะคำนวณระยะทางจากต้นทุนระยะทางจริงของการเดินทางเช่นเดียวกันกับระยะทางจากเชียงรายไปเชียงใหม่ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.10 ซึ่งจากรูป ระยะทางที่คำนวณได้จากที่ระบบเลือกเส้นทางให้จะมีค่าเท่ากับ 531.7 ซึ่งจากเดิมต้องเดินรถเที่ยวเปล่าโดยตรงที่มีค่าเท่ากับ 874 ทำให้สามารถลดระยะทางลงได้เท่ากับ 342.3



จากสูตร $C_{total} = \sum_{i=0}^{n} [c \times s]$

จะได้ $C_{total} = 242.42 + (731.40 \times (20/100)) + 143$

$= 242.42 + 146.28 + 143$

$\therefore C_{total} = 531.7$

รูปที่ 3.11 ตัวอย่างการคำนวณระยะทางของขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ

สาเหตุที่การคำนวณหาระยะทางของขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียวและขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถในกรณีที่ 2) ไม่ได้แสดงการคำนวณโดยใช้สมการ (3.3) ให้เห็นแต่กำหนดให้มีค่าเป็น 0 เพราะหากนำสมการมาใช้ในขั้นตอนวิธีนี้ก็จะได้ค่าระยะทางเท่ากับ 0 เช่นเดิม เนื่องจากสมการจะใช้ระยะทางจริงคูณกับร้อยละของปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้อีก ซึ่งขั้นตอนวิธีนี้มีการบรรทุกสินค้าเต็มคันรถ ค่าของร้อยละของปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้อีกจึงมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อ 0 คูณกับค่าใดก็จะได้ผลลัพธ์เป็น 0 เสมอ ดังนั้น ค่าของระยะทางในกรณีที่ 2) ของขั้นตอนวิธีนี้สามารถกำหนดให้มีค่าเป็น 0 เสมอ โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณ

3) ส่วนอธิบายแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถเที่ยวเปล่า

ส่วนอธิบายแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถเที่ยวเปล่าจะถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายรายละเอียดของแผนการเดินรถเที่ยวเปล่าที่ได้มาจากการวางแผนการขนส่งในส่วนอนุมานความรู้ โดยจะแสดงในรูปแบบที่ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่าย เช่น รถเที่ยวเปล่าที่ใช้ งานทั้งหมด และลำดับก่อนหลัง ที่ควรเดินรถไปรับ/ส่งสินค้า วันที่เริ่มต้นเดินรถ เวลาและระยะทางที่ใช้ในการเดินทางจากต้นทางไปยังปลายทาง วันที่สิ้นสุดการเดินรถ เป็นต้น ซึ่งส่วนอธิบายแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถเที่ยวเปล่านี้จะแสดงอยู่ในส่วนแสดงผลของส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ โดยจะแสดงรูปภาพของส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ในบทถัดไป

3.1.3 การทดสอบการทำงานของระบบและประเมินผล

ระบบวางแผนเส้นทางเพื่อการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ จะมีการทดสอบขั้นตอนวิธีต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในแง่ของความถูกต้องในการคำนวณ ของขั้นตอนวิธีหรือกระบวนการในการวางแผนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และมีการประเมินเชิงคุณภาพในแง่ของความเหมาะสมของการจัดแผนการเดินรถเที่ยวเปล่า โดยจะประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อนำผลการประเมินที่ได้รับไปวิเคราะห์และปรับปรุงระบบต่อไป นอกจากนี้ยังมีการประเมินการลดต้นทุนของระบบว่าสามารถลดต้นทุนของการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า โดยประเมินจากการนำต้นทุนของรถเที่ยวเปล่าต่อเที่ยวมาเปรียบเทียบกับต้นทุนที่ได้จากการวางแผนของระบบต่อเที่ยว ซึ่งแสดงผลออกมาในรูปแบบของร้อยละของการลดต้นทุน โดยการทดสอบและประเมินระบบกับ 10 บริษัทขนส่ง และ 2 สหกรณ์รถบรรทุกสินค้า ซึ่งเป็นสมาชิกของสมาคมผู้ประกอบการขนส่งสินค้าภาคอีสาน ที่เข้าร่วมโครงการจัดการเครือข่ายรถบรรทุกสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ผู้ให้บริการขนส่งสินค้าที่ดำเนินการในรูปแบบของการประสานความร่วมมือในการขนส่งสินค้า

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากผู้ให้บริการขนส่งสินค้า ซึ่งในการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างนั้น จาคอป เนลสัน (Jakob Nielsen , 2000) ได้นำเสนอว่าในการการทดสอบความสามารถในการใช้งานของระบบ (Usability Testing) จำนวนของผู้ทดสอบในการใช้งานเพียง 5 คน จะทดสอบประสิทธิภาพได้ 85% และถ้าผู้ทดสอบจำนวน 15 คน หรือมากกว่าจะเจอปัญหาทั้งหมดภายในระบบ แต่ปัญหาใหญ่ที่สุดจะถูกค้นพบได้ด้วยผู้ทดสอบเพียง 1-2 คน และผู้ทดสอบคนอื่นๆที่เหลือจะเห็นด้วยกับปัญหาเหล่านั้นและพยายามค้นหาปัญหาอื่นๆที่เล็กกว่านั้น โดยผู้ทดสอบ 2 คน จะเจอปัญหาครึ่งหนึ่งในระบบนั่นหมายความว่าการทดสอบไม่จำเป็นต้องแพร่กระจายกว้างขวางหรือว่าใช้ต้นทุนสูงถึงจะได้ผลลัพธ์ที่ดี วิธีที่สุดก็คือทดสอบด้วยผู้ทดสอบเพียง 0-1 คนดังนั้น ในงานวิจัยชิ้นนี้จึงใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่ง จำนวน 2 คน และใช้ผู้ใช้งานทั่วไปที่ทำธุรกิจด้านการขนส่ง จำนวน 11 คน รวมใช้ผู้ประเมินทั้งสิ้น จำนวน 13 คน เพื่อความมีประสิทธิภาพในการประเมินระบบและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3 ตัวแปรที่ทำการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการวิจัย ดังนี้

3.3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)

ตัวแปรอิสระ คือ ขั้นตอนวิธีที่นำมาใช้ในการวางแผนการขนส่ง ได้แก่ ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ และขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ

3.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

ตัวแปรตาม ประกอบด้วย 2 ตัวแปร ได้แก่

1) ประสิทธิภาพในการลดจำนวนการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

2) ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อความสามารถด้านปฏิสัมพันธ์ของระบบ วัดโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือเพื่อเก็บข้อมูลจากผู้ใช้ระบบ

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อทดสอบความถูกต้องในการวางแผนการขนส่งมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

1) เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และการจัดการฐานข้อมูลทั้งหมด โดยในที่นี้ได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้วิจัยเอง โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลางชนิดเซนตริโน โมบาย เทคโนโลยี อินเทล เพนเทียม-เอ็ม(Centrino Mobile Technology Intel Pentium M Processor) ความเร็วโปรเซสเซอร์ 1.73 กิกะเฮิร์ซ
- หน่วยความจำหลัก ขนาด 1 กิกะไบท์
- หน่วยความจำรอง ขนาด 80 กิกะไบท์
- อุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น เช่น เมาส์ แป้นพิมพ์ เครื่องพิมพ์

2) ระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้สำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ของระบบ โดยมีความโดดเด่นด้านการสร้างโปรแกรมประยุกต์บนอินเทอร์เน็ต และสามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลได้ ได้แก่

- ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์ ไมโครซอฟต์ วินโดวส์เอกซ์พี (Microsoft Windows XP)
- เว็บเซิร์ฟเวอร์ ของอะแพชีเว็บเซิร์ฟเวอร์(Apache Web Server) เวอร์ชั่น 2.2.8
- เว็บเบราว์เซอร์ ของ วินโดว์อินเตอร์เน็ตเอ็กซ์พลอเรอร์ (Windows Internet Explorer) เวอร์ชั่น 8
- เครื่องมือในการพัฒนาระบบ ได้แก่ เอดิตพลัส (EditPlus) เวอร์ชั่น 2 และ มาโครมีเดียดรีมวีฟเวอร์ (Macromedia Dreamweaver) เวอร์ชั่น ซีเอส3
- ฐานข้อมูล มายซีควอล (MySQL) เวอร์ชั่น 5.0.51บี
- ระบบจัดการฐานข้อมูล พีเอชพีมายแอดมิน (phpMyAdmin) เวอร์ชั่น 2.10.3

3.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน

แบบทดสอบ เพื่อวัดความสามารถในการใช้งานได้ของระบบ โดยใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลและทดสอบสมมุติฐาน โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ตามแนวคิดของ เนลเซน (1993, p.61-78 quoted in Folmer and Bosch, 2004, p.61-78) ได้แก่

- ส่วนที่ 1 แบบทดสอบด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบ (Learnability)
- ส่วนที่ 2 แบบทดสอบด้านประสิทธิภาพการใช้งานของระบบ (Efficiency)
- ส่วนที่ 3 แบบทดสอบด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบ (Memorability)
- ส่วนที่ 4 แบบทดสอบด้านความผิดพลาดของการใช้ระบบ (Error)
- ส่วนที่ 5 แบบทดสอบด้านความพึงพอใจในการใช้ระบบ (Satisfaction)

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบปฐมภูมิ (Primary Data) และข้อมูลแบบทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.5.1 ข้อมูลแบบปฐมภูมิ

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจ (Survey Research) แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.5.1.1 การเก็บข้อมูลความต้องการในการใช้รถบรรทุกของลูกค้าที่ต้องการจ้างขนส่งสินค้า และความต้องงานของผู้ประกอบการขนส่งสินค้า ที่ได้แจ้งความต้องการไว้ในเว็บไซต์ ดีเอ็กซ์เพลส (www.dxplace.com) โดยผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลตั้งแต่ เดือนมกราคม 2553 ถึงเดือนมิถุนายน 2553 เป็นเวลา 6 เดือน เพื่อนำไปใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

3.5.1.2 การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามวัดระดับความพึงพอใจในความสามารถด้านปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้ เกิดขึ้นภายหลังจากที่ได้ให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้ระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าแล้ว ข้อมูลในส่วนนี้รวบรวมจากกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้าน

การขนส่งสินค้า เพื่อนำไปประเมินความสามารถในการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลหมายถึง การวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ซึ่งมีการประเมินอยู่ 2 ส่วน ได้แก่

3.6.1 การวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีในการจับคู่ระหว่างงานกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

การวิเคราะห์ข้อมูลนั้นจะเป็นการเปรียบเทียบผลการทดสอบระบบซึ่งแยกเป็นแบบบรรทุกเต็มคันรถ และบรรทุกไม่เต็มคันรถ เปรียบเทียบกับการดำเนินการปัจจุบัน ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาผลความแตกต่าง โดยแยกการเปรียบเทียบออกเป็นกลุ่ม 3 กลุ่ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) จำนวนรถเที่ยวเปล่า และงานว่างรวมที่ลดลงได้
2) ระยะทางและต้นทุนของการเดินทางรวมที่ลดลงได้
3) ปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Footprint) ที่ลดลงได้ ซึ่งปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คำนวณได้จาก (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์, 2553: 24-25)

$$\zeta = (\tau \times \kappa) \times \varepsilon \qquad (3.4)$$

กำหนดให้

ζ = ปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

τ = ระยะทางที่รถบรรทุกเดินทาง

κ = ปริมาณสินค้าที่บรรทุกในรถบรรทุก

ε = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Emission Factor)

3.6.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

การวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถเที่ยวเปล่าเป็นการวิเคราะห์หลังจากที่ได้ทำการพัฒนาระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว และนำระบบที่ได้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลตามการประเมินความสามารถในการใช้

งานของระบบ ซึ่งการประเมินความสามารถในการใช้งานนั้น ได้แบ่งส่วนที่ใช้ในการประเมินออกเป็น 5 ด้านด้วยกัน คือ

1) ด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบ

2) ด้านประสิทธิภาพของระบบ

3) ด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบ

4) ด้านข้อผิดพลาดของระบบ

5) ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

ซึ่งการประเมินความสามารถในการใช้งานทั้ง 5 ด้านนี้ ได้จากการทดลองใช้งานจริงจากกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด และเก็บข้อมูลในการประเมินระบบจากแบบทดสอบ

โดยรูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่านั้น ได้มีการนำเครื่องมือการวัดเจตคติหรือเรียกว่ามาตรการวัดเจตคติ (Attitude Scale) โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert's Scale) (สิน พันธุ์พินิจ, 2547: 152-153) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ระดับความเห็น	คะแนน
- ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้ดีที่สุด	5
- ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้ดี	4
- ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้ปานกลาง	3
- ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้น้อย	2
- ระบบที่พัฒนาไม่มีความสามารถในการใช้งาน	1

และจำกัดเกณฑ์การให้คะแนนของการสรุปผลการประเมินระบบงาน โดยกำหนดเกณฑ์ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้ดีที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้ดี
- ค่าเฉลี่ย 2.50-3.45 หมายถึง ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้ปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้น้อย
- ค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 1.50 หมายถึง ระบบที่พัฒนาไม่มีความสามารถในการใช้งาน

ส่วนในการทดสอบสมมติฐานใช้สถิติวิเคราะห์ ได้แก่ สถิติไคสแควร์ Z- test (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2546: 145) ดังนี้

สูตร $$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma_{\bar{x}}}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทนค่าคงที่ค่าหนึ่ง

$\sigma_{\bar{x}}$ แทนค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (Standard error of mean)

ซึ่ง $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

เมื่อ σ แทนความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร

n แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในบทนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการพัฒนาระบบ และผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากขั้นตอนวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น โดยการทดลองขั้นตอนวิธีทั้งหมด 3 ขั้นตอนวิธีด้วยกัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิของขั้นตอนวิธีทั้ง 3 ขั้นตอนวิธี ได้แก่ ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ และขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีของโครงการจัดการเครือข่ายรถบรรทุกสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน รวมไปถึงการวิเคราะห์ผลจากการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

4.1 ผลการพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

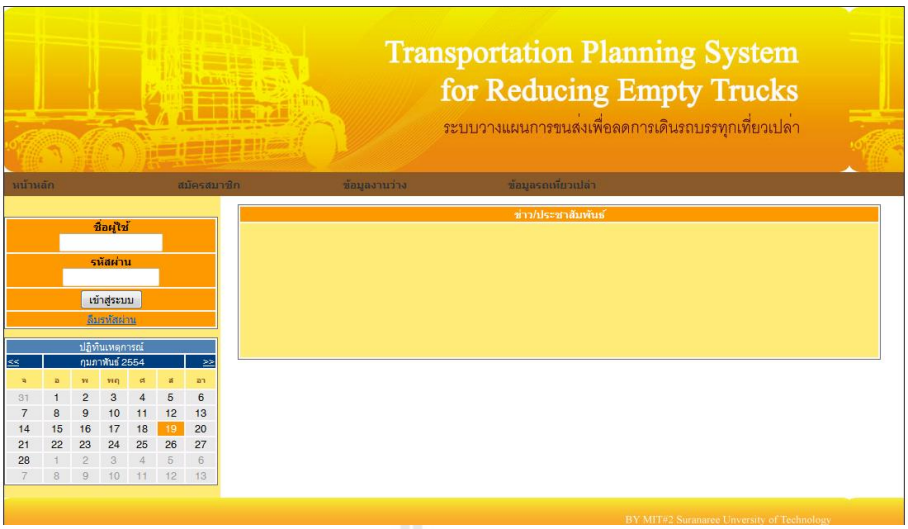
- ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีในการจับคู่ระหว่างงานกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่เป็นไปได้
- ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

มีรายละเอียด ดังนี้

4.1. ผลการพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

จากการใช้แนวทางของวงจรการพัฒนาระบบ ในการพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ในส่วนของการพัฒนาระบบ ซึ่งเป็นระยะการสร้างระบบงานใหม่ โดยการเขียนโปรแกรมและทดสอบระบบ เพื่อนำโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นไปใช้ในการวางแผนการขนส่ง ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานได้ทาง http://iri.sut.ac.th/~m5120277/ โดยผลที่ได้จากการพัฒนาโปรแกรม มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 4.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.1 หน้าจอหลักของระบบ

จากรูปที่ 4.1 หน้าหลักของระบบนี้ใช้สำหรับการลงทะเบียนและเข้าสู่ระบบของผู้ใช้ รวมถึงมีพื้นที่แสดงข่าวประกาศจากผู้ดูแลระบบ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ และเมนูหลักดังต่อไปนี้

4.1.1 ส่วนข่าวและประชาสัมพันธ์ ในส่วนนี้ผู้ใช้ทั่วไปทราบข้อมูลข่าวสารและประชาสัมพันธ์ได้

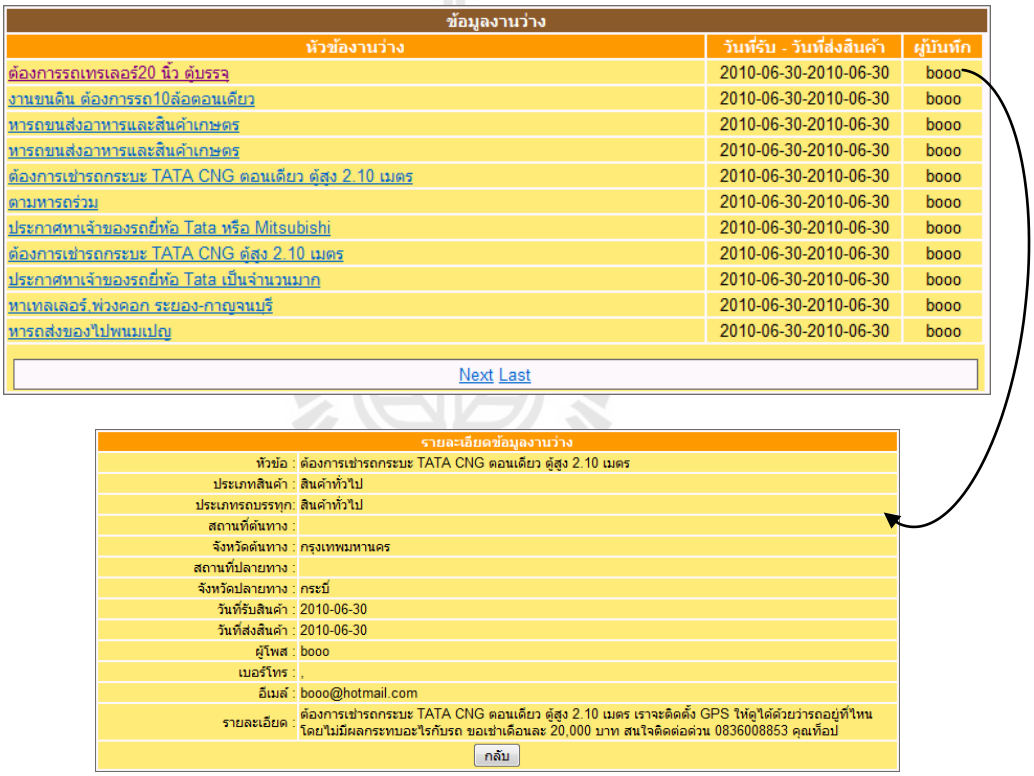
4.1.2 ส่วนการเข้าสู่ระบบ (Login) ในส่วนนี้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถสมัครสมาชิกเพื่อเขียนบทวิจารณ์ได้ แต่หากเป็นสมาชิกเรียบร้อยแล้วก็สามารถกรอกชื่อผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password) จากนั้นคลิกที่ปุ่มเข้าสู่ระบบเพื่อประมวลผล เมื่อเข้าสู่ระบบสำเร็จแล้ว ระบบจะตรวจสอบสิทธิของผู้ใช้งานว่าเป็นผู้ใช้ประเภทลูกค้า หรือผู้ใช้ประเภทบริษัทขนส่งแล้วจึงแสดงหน้าจอที่มีเมนูการใช้งานตามสิทธิของผู้ใช้งานดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 ส่วนการเข้าสู่ระบบ

สิทธิของผู้ใช้งานระบบแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ (1) ผู้ใช้งานทั่วไป หมายถึง ผู้ใช้งานที่ยังไม่ได้สมัครเป็นสมาชิกของระบบ ผู้ใช้ประเภทนี้จะสามารถค้นหาและเข้าดูข้อมูลงานว่าง และข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้ (2) ผู้ใช้ประเภทลูกค้า หมายถึง ผู้ใช้งานที่สมัครเป็นสมาชิกของ

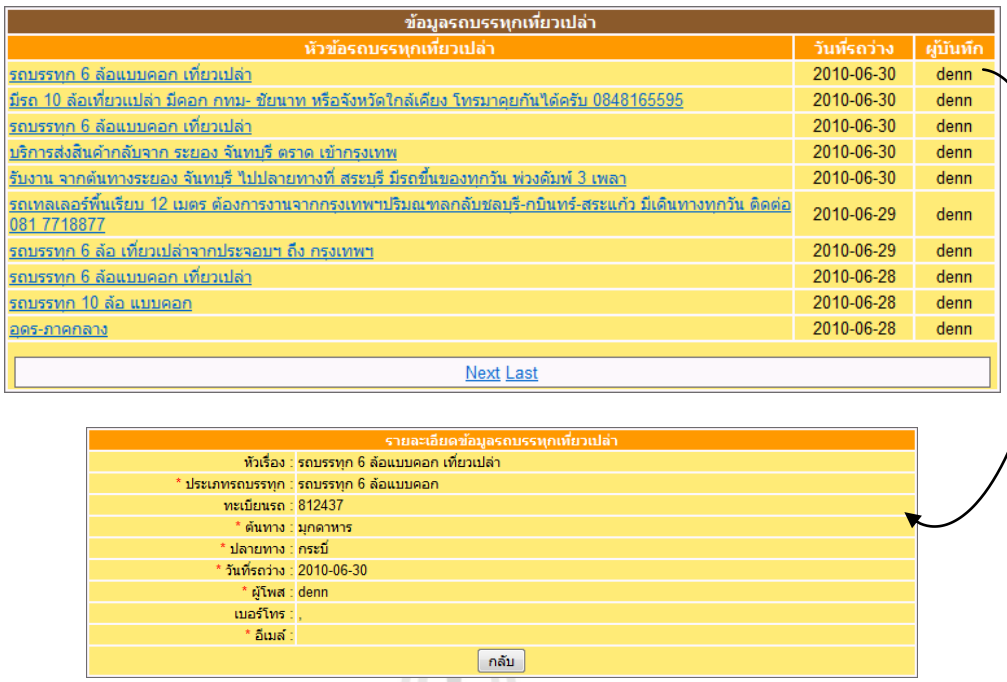
ระบบในประเภทลูกค้าแล้ว สามารถใช้งานระบบได้เช่นเดียวกับผู้ใช้งานทั่วไป แต่สามารถจัดการข้อมูลงานว่างของตัวเอง และแก้ไขประวัติส่วนตัวได้ และ (3) ผู้ใช้ประเภทบริษัทขนส่ง หมายถึง ผู้ใช้งานที่สมัครเป็นสมาชิกของระบบประเภทบริษัทขนส่งแล้ว สามารถใช้งานระบบได้เช่นเดียวกับผู้ใช้ประเภทลูกค้า แต่สามารถจัดการข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และสามารถวางแผนการขนส่งได้

4.1.3 ส่วนเมนูข้อมูลงานว่าง ในส่วนนี้ระบบจะแสดงรายละเอียดเบื้องต้นของงานว่าง ผู้ใช้งานที่สนใจ สามารถคลิกเพื่ออ่านรายละเอียดของงานว่างนั้น ๆ ได้ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ส่วนเมนูข้อมูลงานว่าง

4.1.4 ส่วนเมนูข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ในส่วนนี้ระบบจะแสดงรายละเอียดเบื้องต้นของงานว่าง ผู้ใช้งานที่สนใจ สามารถคลิกเพื่ออ่านรายละเอียดของงานว่างนั้น ๆ ได้ ดังรูปที่ 4.4



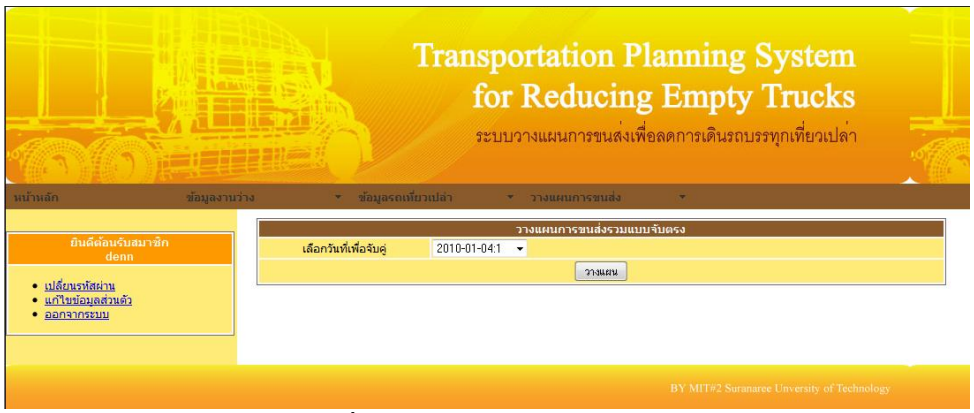
รูปที่ 4.4 ส่วนเมนูข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

เมื่อผู้ใช้ (บริษัทขนส่ง) ต้องการวางแผนการขนส่ง จะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการใช้งานดังนี้

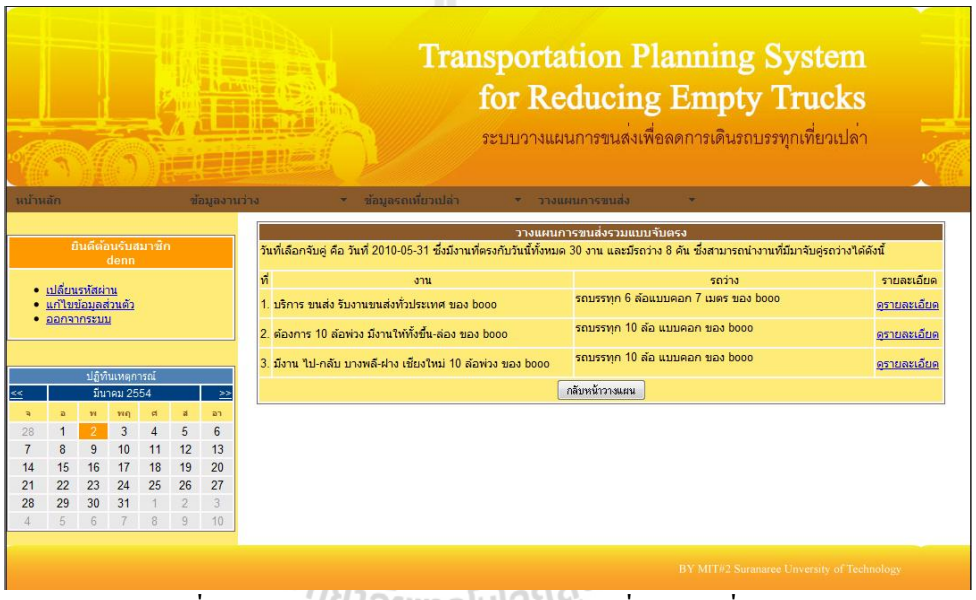
1. ผู้ใช้งานทำการเข้าสู่ระบบ ในส่วนของการเข้าสู่ระบบ

2. ผู้ใช้งานเลือกวิธีการวางแผนการขนส่ง ซึ่งระบบสามารถวางแผนการขนส่งได้ 3 แบบ ได้แก่ ขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ และขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ

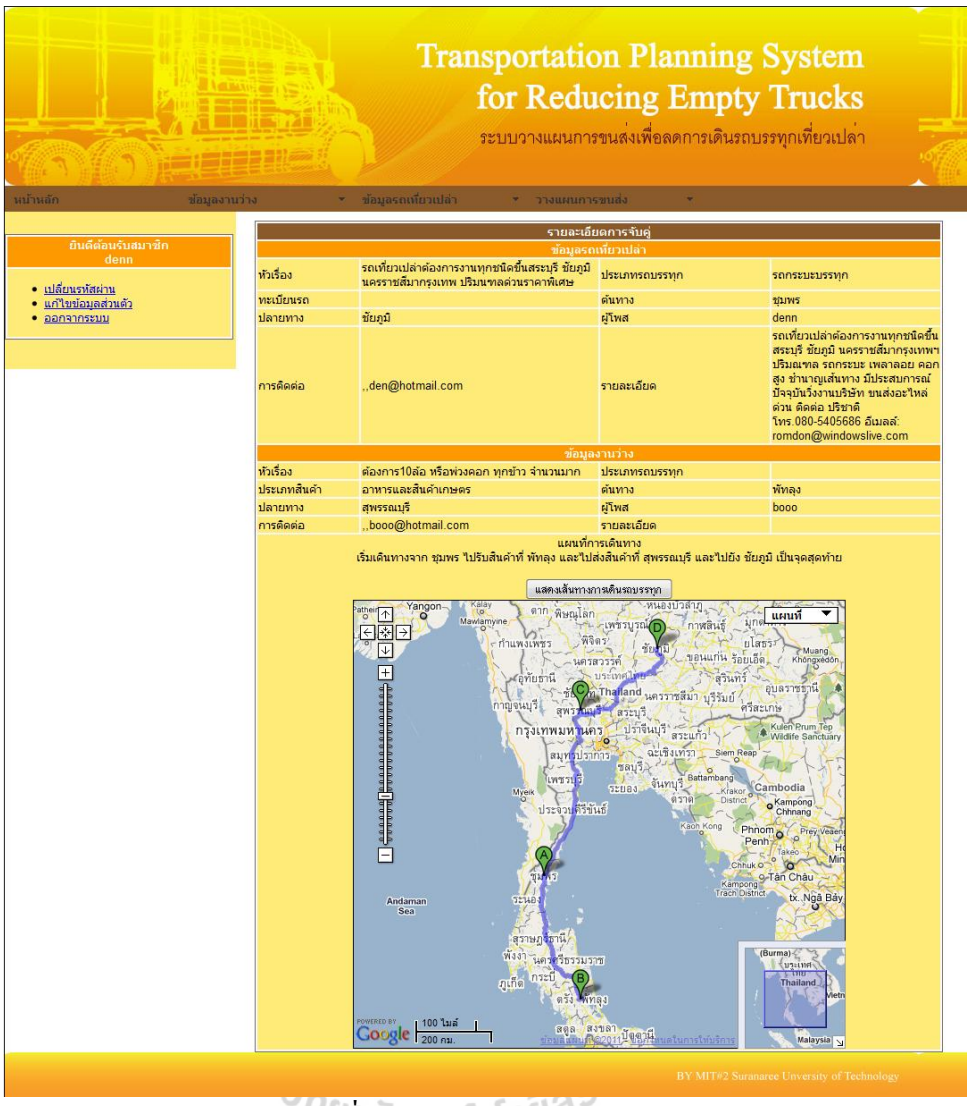
3. ผู้ใช้เลือกวันที่ต้องการวางแผน ดังรูปที่ 4.5 แล้วคลิกที่ปุ่ม “วางแผน” จากนั้นระบบจะแสดงแผนการขนส่งทั้งหมดที่ตรงกับวันที่ผู้ใช้เลือกมา ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งผู้ใช้สามารถดูรายละเอียดได้โดยการคลิกที่ข้อความ “รายละเอียด” จากนั้นระบบจะแสดงรายละเอียดของการวางแผนการขนส่งทั้งเป็นข้อความ และเป็นเส้นทางบนแผนที่ โดยผู้ใช้จะต้องคลิกที่ปุ่ม แสดงเส้นทางการเดินรถบรรทุก เพื่อให้ระบบแสดงเส้นทางการเดินรถบรรทุก ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.5 หน้าวางแผนการขนส่ง



รูปที่ 4.6 หน้ารายละเอียดงานว่าง และรถเที่ยวเปล่าที่จับคู่ได้



รูปที่ 4.7 หน้ารายละเอียดแผนการขนส่ง

4.2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่านี้ นำเสนอข้อมูล 3 ส่วน คือ ผลการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีในการจับคู่ระหว่างงานกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่เป็นไปได้ ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และการอภิปรายผล มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1. ผลการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีในการจับคู่ระหว่างงานกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่เป็นไปได้

การวิเคราะห์ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ และขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ เปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรง ซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีของโครงการจัดการเครือข่ายรถบรรทุกสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน ที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากหัวหน้าฝ่ายพัฒนาโปรแกรมของโครงการ โดยรายละเอียดของขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรง คือ การจับคู่รถบรรทุกเที่ยวเปล่า และงานว่าง ที่มีต้นทางและปลายทางตรงกันเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น มีรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่เดินรถจากกรุงเทพฯ ไปยังอุบลราชธานี ขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงนี้ จะจับคู่เฉพาะงานที่มีต้นทางจากกรุงเทพฯ ไปยังอุบลราชธานีเท่านั้น โดยการนำขั้นตอนวิธีทั้ง 3 นี้ มาใช้ในการจับคู่ระหว่างงานกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่เป็นไปได้ โดยใช้ข้อมูลจริงของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และงานว่าง ที่มีผู้ประกอบการขนส่งสินค้า และลูกค้า แจ้งความต้องการไว้ในเว็บไซต์ ดีเอ็กซ์เพลส (www.dxplace.com) โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่ เดือนมกราคม 2553 ถึงเดือนมิถุนายน 2553 เป็นเวลา 6 เดือน เพื่อโดยแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1) งานว่าง และรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ลดลงได้
2) ต้นทุนของการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ลดลงได้
3) ปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Footprint)

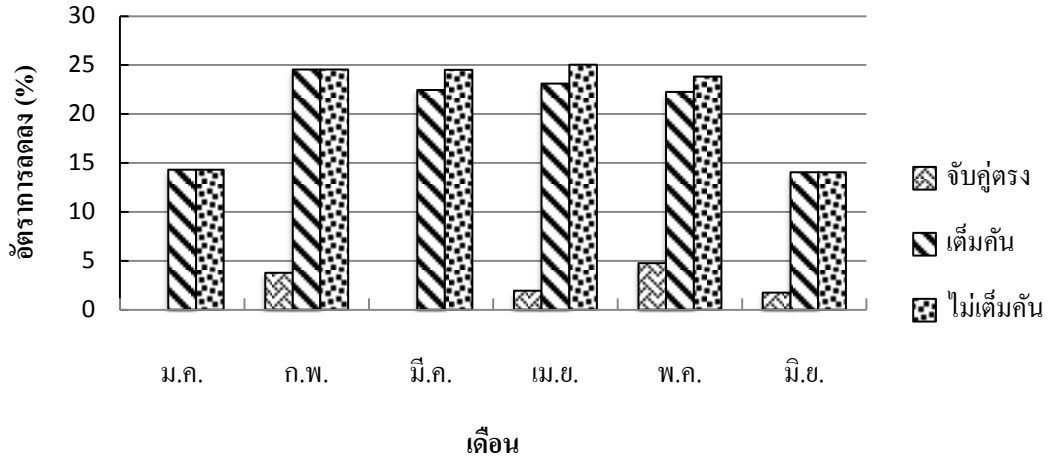
มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1.1. จำนวนงานว่าง และรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ลดลงได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 จำนวนของงานว่างที่ลดลง

เดือน	จำนวนงานว่างทั้งหมด	จำนวนงานว่างที่ลดลง		
		แบบจับคู่ตรง	แบบเต็มคันรถ	แบบไม่เต็มคันรถ
มกราคม	56	0	8	8
กุมภาพันธ์	53	2	13	13
มีนาคม	49	0	11	12
เมษายน	52	1	12	13
พฤษภาคม	63	3	14	15
มิถุนายน	57	1	8	8
รวม 6 เดือน	330	7	66	69

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดจำนวนงานว่างสูงสุดได้ 15 งาน เมื่อรวม 6 เดือนสามารถลดจำนวนงานว่างได้ 69 งาน ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันสามารถลดจำนวนงานว่างสูงสุดได้ 14 งาน เมื่อรวม 6 เดือนสามารถลดจำนวนงานว่างได้ 66 งาน และขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดจำนวนงานว่างสูงสุดได้เพียง 3 งาน เมื่อรวม 6 เดือนสามารถลดจำนวนงานว่างได้ 7 งาน ซึ่งสามารถแสดงในรูปแบบของอัตราการลดลงของงานว่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.8



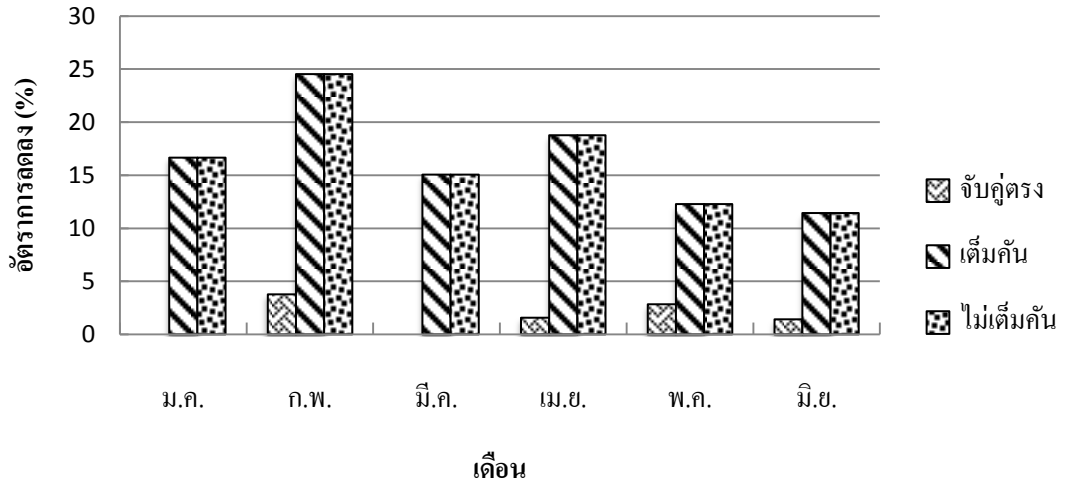
รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบอัตราการลดลงของจำนวนงานว่าง ระหว่างขั้นตอนวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งแบบจับคู่ตรง แบบเต็มคันและแบบไม่เต็มคัน

ซึ่งเมื่อพิจารณาตามอัตราการลดลงของงานว่าง พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดจำนวนงานว่างสูงสุดได้ 25% ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันสามารถลดจำนวนงานว่างสูงสุดได้ 24.53% และขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดจำนวนงานว่างสูงสุดได้เพียง 3.77%

ตารางที่ 4.2 จำนวนของรถเที่ยวเปล่าที่ลดลง

เดือน	จำนวนรถเที่ยวเปล่าทั้งหมด	จำนวนรถเที่ยวเปล่าที่ลดลง		
		แบบจับคู่ตรง	แบบเต็มคันรถ	แบบไม่เต็มคันรถ
มกราคม	48	0	8	8
กุมภาพันธ์	53	2	13	13
มีนาคม	73	0	11	11
เมษายน	64	1	12	12
พฤษภาคม	106	3	13	13
มิถุนายน	70	1	8	8
รวม 6 เดือน	414	7	65	65

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 13 คัน เมื่อรวม 6 เดือนสามารถลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้ 65 งาน ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันสามารถลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 13 คัน เมื่อรวม 6 เดือนสามารถลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้ 65 งาน ซึ่งเท่ากับขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคัน และขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้เพียง 3 คัน เมื่อรวม 6 เดือนสามารถลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้ 7 งาน ซึ่งสามารถแสดงในรูปแบบของอัตราการลดลงของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบอัตราการลดลงของจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ระหว่างขั้นตอนวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งแบบจับคู่ตรง แบบเต็มคันและแบบไม่เต็มคัน

ซึ่งเมื่อพิจารณาตามอัตราการลดลงของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 24.53% ซึ่งเท่ากับขั้นตอนวิธีแบบเต็มคัน ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้เพียง 3.77%

<u>การอภิปรายผล</u>

ประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีในการจับคู่ระหว่างงานกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่เป็นไปได้ในด้านจำนวนงานว่าง และรถเที่ยวเปล่าที่ลดลงนั้น ผลการศึกษาพบว่า ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถและแบบไม่เต็มคันรถนั้น สามารถลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้ในจำนวนที่เท่ากัน แต่ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถนั้นสามารถลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้มากกว่าขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงนั้นสามารถลดจำนวนงานว่าง และรถเที่ยวเปล่าได้ต่ำที่สุด เนื่องจากขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถจะรับงานได้เพียง 1 งาน ต่อรถ 1 คัน ไม่สามารถรับงานเพิ่ม

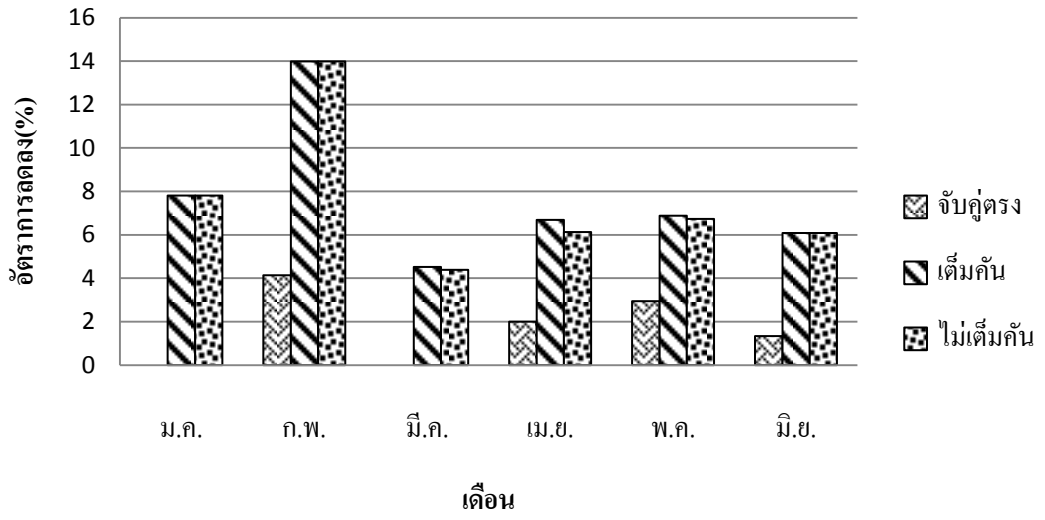
ในขณะที่มีงานอยู่บนรถบรรทุกได้ ไม่ว่าสินค้าจะเต็มคันรถหรือไม่ แต่ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถจะสามารถรับงานได้มากกว่า 1 งาน (ขึ้นอยู่กับปริมาณสินค้าในแต่ละงาน) ต่อรถ 1 คัน ทำให้ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถสามารถเพิ่มโอกาสในการรับงานได้เพิ่มขึ้นในขณะที่ใช้จำนวนรถเท่าเดิม ส่วนขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงจะจับคู่เฉพาะงานว่างและรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่มีต้นทางและปลายทางตรงกันเท่านั้น และจะจับคู่รถ 1 คัน ต่องาน 1 งานเท่านั้น ทำให้ตัดโอกาสของงานว่างที่อยู่ระหว่างทางของรถบรรทุกเที่ยวเปล่าออกไป

4.2.1.2. ต้นทุนของการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ลดลงได้ แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ต้นทุนของการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ลดลงได้

เดือน	ต้นทุน(ระยะทาง) เที่ยวเปล่าทั้งหมด	ต้นทุน(ระยะทาง)เที่ยวเปล่าที่ลดลง		
		แบบจับคู่ตรง	แบบเต็มคันรถ	แบบไม่เต็มคันรถ
มกราคม	23,296.22	0	1818.91	1818.91
กุมภาพันธ์	30,496.75	1262.59	4267.23	4267.23
มีนาคม	40,096.96	0	1813.36	1757.44
เมษายน	37127.67	740.64	2486.43	2275.06
พฤษภาคม	54,105.67	1595.59	3721.09	3641.35
มิถุนายน	40,682.71	542.01	2475.88	2475.88
รวม 6 เดือน	255,805.98	4,140.83	16,582.90	16,235.87

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 4267.23 ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันสามารถลดต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 4267.23 ซึ่งเท่ากับขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคัน แต่เมื่อรวม 6 เดือนขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้ 16,235.87 ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันสามารถลดได้ 16,582.90 และขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้เพียง 1595.59 เมื่อรวม 6 เดือน สามารถลดต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้ 4,140.83 ซึ่งสามารถแสดงในรูปแบบของอัตราการลดลงของต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบอัตราการลดลงของต้นทุนการเดินรถบรรทุก ระหว่างขั้นตอนวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งแบบจับคู่ตรง แบบเต็มคันและแบบไม่เต็มคัน

ซึ่งเมื่อพิจารณาตามอัตราการลดลงของต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่า พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 13.99% ซึ่งเท่ากับขั้นตอนวิธีแบบเต็มคัน ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้เพียง 4.14%

<u>การอภิปรายผล</u>

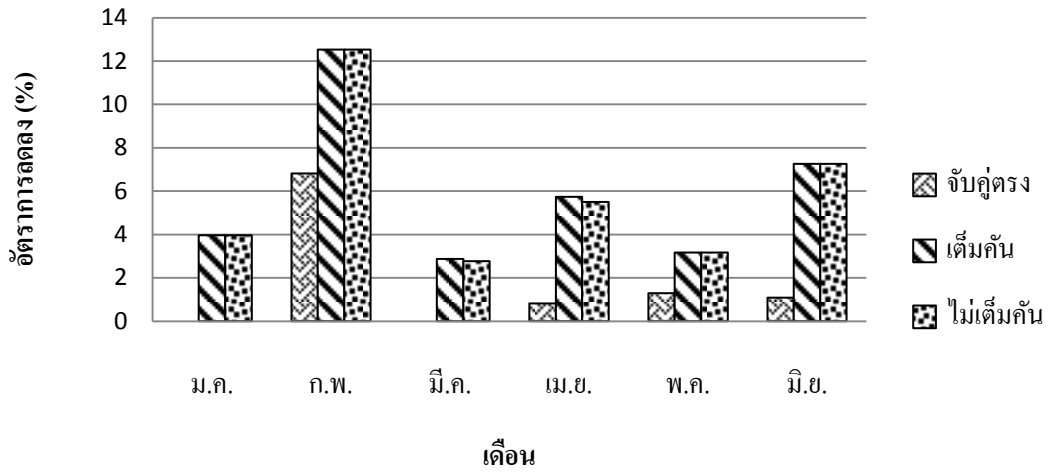
ประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีในด้านต้นทุนของการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ลดลง ผลการศึกษาพบว่า ในกรณีที่แต่ละงานมีสินค้าไม่เต็มคันรถนั้น ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ สามารถลดต้นทุนได้มากกว่าขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงนั้นสามารถลดต้นทุนรถเที่ยวเปล่าได้ต่ำที่สุด เนื่องจากขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถจะสามารถเพิ่มสินค้าเข้าไปได้ ทำให้ระยะทางเดินรถเพิ่มขึ้น เพราะต้องเพิ่มจุดต้นทาง และปลายทางของงานอีก แต่หากพิจารณาในด้านของจำนวณงานที่เพิ่มเข้ามา มาประกอบนั้น ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถสามารถรับงานได้มากกว่าขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ ในขณะที่ใช้รถบรรทุกในจำนวนเท่ากัน ส่วนขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรง ถึงแม้ว่าเมื่อมีการจับคู่รถได้ ต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าจะมีค่าเท่ากับ 0 ก็ตาม แต่ด้วยเงื่อนไขที่ต้นทางและปลายทางต้องตรงกันเท่าและจะจับคู่รถ 1 คัน ต่องาน 1 งานเท่านั้น ทำให้จับคู่ได้น้อย ต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าจึงมีค่าน้อยตามไปด้วย

4.2.1.3. ปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้ (Carbon Footprint) ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้แยกตามประเภทรถ

เดือน	ปริมาณการผลิตก๊าซคาร์-บอนไดออกไซด์ทั้งหมด (CO_2 e/เดือน)	ปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง(CO_2 e/เดือน)		
		แบบจับคู่ตรง	แบบเต็มคันรถ	แบบไม่เต็มคันรถ
มกราคม	283,296.40	0	11,253.71	11,253.71
กุมภาพันธ์	370,859.30	25,272.30	46,479.18	46,479.18
มีนาคม	487,603.80	0	14,007.36	13,521.66
เมษายน	451,495.40	3,719.12	25,927.88	24,866.50
พฤษภาคม	657,958.40	8,479.90	20,829.81	20,800.59
มิถุนายน	494,726.90	5,342.05	35,886.53	35,886.53
รวม 6 เดือน	2,745,940.20	42,813.37	154,384.47	152,808.17

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดได้ 46.48.18 ตัน ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันสามารถลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดได้ 46.48 ตัน ซึ่งเท่ากับขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคัน แต่เมื่อรวม 6 เดือน ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 152.81 ตัน และขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันสามารถลดได้ 154.38 ตัน และขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดได้เพียง 25.27 ตัน ซึ่งสามารถแสดงในรูปแบบของอัตราการลดลงของต้นทุนการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อรวม 6 เดือน สามารถลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 42.81 ซึ่งสามารถแสดงในรูปแบบของอัตราการลดลงของการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบอัตราการลดลงของปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้ระหว่างขั้นตอนวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งแบบจับคู่ตรง แบบเต็มคันและแบบไม่เต็มคัน

ซึ่งเมื่อพิจารณาตามอัตราการลดลงของการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 12.53% ซึ่งเท่ากับขั้นตอนวิธีแบบเต็มคัน ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้เพียง 6.81%

<u>การอภิปรายผล</u>

ประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีในด้านการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แปรผันกับต้นทุนของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า เนื่องจากทั้งค่าต้นทุนของรถบรรทุกเที่ยวเปล่าและค่าการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้น คำนวณจากระยะทางเช่นเดียวกัน

4.2.2. ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

การวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานได้ของระบบอาศัยแบบสอบถาม ประเด็นคำถามโดยภาพรวมของระบบจับคู่รถบรรทุก ดังปรากฏผลตาม ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับประเมินของระบบโดยรวม

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
1.	ท่านใช้เวลาไม่นานในการเริ่มต้นเรียนรู้ระบบใหม่	3.85	0.69	มาก

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
2.	ท่านสามารถใช้งานระบบได้เป็นอย่างดีด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้ผู้ชำนาญในการช่วยเหลือ	3.62	0.77	มาก
3.	ท่านสามารถจดจำรูปแบบและวิธีการใช้งานระบบได้โดยง่าย	3.69	0.76	มาก
4.	เมื่อท่านกลับมาใช้ระบบ ท่านสามารถใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่	3.46	0.78	ปานกลาง
5.	ระบบสามารถแสดงผลการวางแผนการขนส่งได้อย่างรวดเร็ว	3.31	0.95	ปานกลาง
6.	ระบบสามารถแสดงผลการวางแผนการขนส่งได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้	3.54	0.78	มาก
7.	ระบบสามารถช่วยลดระยะเวลาในการวางแผนการขนส่งของผู้ใช้ได้	3.77	0.83	มาก
8.	ท่านไม่พบข้อผิดพลาดในการใช้งานระบบ	2.77	0.73	ปานกลาง
9.	ระบบใช้ภาษาในการสื่อความหมายที่ชัดเจน	3.69	0.75	มาก
10.	ระบบใช้ภาพกราฟิกและโทนสีที่เหมาะสมในการแสดงผล	3.92	0.95	มาก
11.	การจัดวางองค์ประกอบ เช่น เมนู รูปภาพ มีความเหมาะสม	3.69	1.03	มาก
12.	โดยภาพรวมทั้งหมดท่านมีความพึงพอใจในระบบนี้อยู่ในระดับใด	3.77	0.60	มาก
	รวม	3.59	0.80	มาก

จากตารางที่ 4.5 พบว่า การประเมินความคิดเห็นผู้ใช้งานเห็นว่า ความสามารถในการใช้งานระบบโดยภาพรวม อยู่ในระดับ มาก ($\overline{X}$ =3.59, $S.D.$ = 0.80)

การวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานได้ของระบบ โดยแยกเป็นรายด้านทั้งหมด 5 ด้าน คือ 1.ด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบ (Learnability) 2.ด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบ (Memorability) 3.ด้านประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency) 4.ด้านข้อผิดพลาดของระบบ (Error) 5.ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ (Satisfaction) มีดังนี้

ตารางที่ 4.6 ด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบ

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
1.	ท่านใช้เวลาไม่นานในการเริ่มต้นเรียนรู้ระบบใหม่	3.85	0.69	มาก
2.	ท่านสามารถใช้งานระบบได้เป็นอย่างดีด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้ผู้ชำนาญในการช่วยเหลือ	3.62	0.77	มาก
	รวม	3.73	0.73	มาก

ผลการประเมินการใช้งานระบบในด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบ (Learnability) ดังแสดงในตาราง 4.6 พบว่า ผู้ใช้เห็นว่า ใช้เวลาไม่นานในการเริ่มต้นเรียนรู้ระบบใหม่ อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.85, $S.D.$ = 0.69) รองลงมาพบว่า ผู้ใช้เห็นว่า สามารถใช้งานระบบได้เป็นอย่างดีด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้ผู้ชำนาญในการช่วยเหลือ อยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ($\overline{X}$ =3.62, $S.D.$ = 0.77) ดังนั้นสรุปในภาพรวมทั้งหมด พบว่า การประเมินความสามารถในการใช้งานได้ด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบโดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.73, $S.D.$ = 0.73) ซึ่งถือได้ว่าเป็นระดับที่น่าพอใจ

ตารางที่ 4.7 การประเมินระบบด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบ

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
1.	ท่านสามารถจดจำรูปแบบและวิธีการใช้งานระบบได้โดยง่าย	3.69	0.75	มาก

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
2.	เมื่อท่านกลับมาใช้ระบบ ท่านสามารถใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่	3.46	0.78	ปานกลาง
	รวม	3.58	0.76	มาก

จากตารางที่ 4.7 แสดงผลการประเมินการใช้งานระบบในด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบ (Memorability) พบว่า ผู้ใช้สามารถจดจำรูปแบบและวิธีการใช้งานระบบได้โดยง่าย ซึ่งผลอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.69, $S.D.$ = 0.75) และรองลงมาพบว่า ผู้ใช้สามารถกลับมาใช้ระบบ ท่านสามารถใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่ ซึ่งผลอยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ =3.46, $S.D.$ = 0.78) ดังนั้นสรุปในภาพรวมทั้งหมด พบว่า ด้านประสิทธิภาพด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.58, $S.D.$ = 0.76) ซึ่งถือได้ว่าเป็นระดับที่น่าพอใจ

ตารางที่ 4.8 การประเมินระบบด้านประสิทธิภาพของระบบ

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
1.	ระบบสามารถแสดงผลการวางแผนการขนส่งได้อย่างรวดเร็ว	3.31	0.95	ปานกลาง
2.	ระบบสามารถแสดงผลการวางแผนการขนส่งได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้	3.54	0.78	มาก
3.	ระบบสามารถช่วยลดระยะเวลาในการวางแผนการขนส่งของผู้ใช้ได้	3.77	0.83	มาก
	รวม	3.54	0.85	มาก

จากตารางที่ 4.8 พบว่า การใช้งานระบบในด้านประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency) ระบบสามารถแสดงผลการวางแผนการขนส่งได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้ และสามารถช่วยลดระยะเวลาในการวางแผนการขนส่งของผู้ใช้ได้ อยู่ในระดับมาก โดยแยกเป็น ($\overline{X}$ =3.54, $S.D.$ = 0.78) และ($\overline{X}$ =3.77, $S.D.$ = 0.83) ตามลำดับ รองลงมาพบว่า ระบบสามารถแสดงผลการวาง

แผนการขนส่งได้อย่างรวดเร็ว อยู่ในระดับปานกลาง คือ ($\overline{X}$ =3.31, $S.D.$ = 0.95) ดังนั้นสรุปในภาพรวมทั้งหมด พบว่า การประเมินความสามารถในการใช้งานได้ด้านประสิทธิภาพของระบบในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.54, $S.D.$ = 0.85) ซึ่งถือได้ว่าเป็นระดับที่น่าพอใจ

ตารางที่ 4.9 การประเมินระบบด้านข้อผิดพลาดของระบบ

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
1.	ท่านไม่พบข้อผิดพลาดในการใช้งานระบบ	2.77	0.73	ปานกลาง
	รวม	2.77	0.73	ปานกลาง

จากตารางที่ 4.9 พบว่า การใช้งานระบบในด้านข้อผิดพลาดของระบบ (Error) ผู้ใช้ไม่พบข้อผิดพลาดในการใช้งานระบบ อยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ =2.77, $S.D.$ = 0.73) ดังนั้นสรุปในภาพรวมทั้งหมด พบว่า การประเมินความสามารถในการใช้งานด้านข้อผิดพลาดของระบบในภาพรวม อยู่ในระดับปานกลาง

ตารางที่ 4.10 ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
1.	ระบบใช้ภาษาในการสื่อความหมายที่ชัดเจน	3.69	0.75	มาก
2.	ระบบใช้ภาพกราฟิกและโทนสีที่เหมาะสมในการแสดงผล	3.92	0.95	มาก
3.	การจัดวางองค์ประกอบ เช่น เมนู รูปภาพ มีความเหมาะสม	3.69	1.03	มาก
4.	โดยภาพรวมทั้งหมดท่านมีความพึงพอใจในระบบนี้อยู่ในระดับใด	3.77	0.60	มาก
	รวม	3.77	0.83	มาก

จากตารางที่ 4.10 พบว่า การใช้งานระบบในด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ (Satisfaction) พบว่า ระบบใช้ภาษาในการสื่อความหมายที่ชัดเจน ระบบใช้ภาพกราฟิกและโทนสีที่เหมาะสมในการแสดงผล ความเหมาะสมของการจัดวางองค์ประกอบ และความพึงพอใจในระบบโดยภาพรวมทั้งหมด ผลอยู่ในระดับมาก โดยแยกเป็น ($\overline{X}$ =3.69, $S.D.$ = 0.75) ($\overline{X}$ =3.92, $S.D.$ = 0.95) ($\overline{X}$ =3.69, $S.D.$ = 1.03) และ($\overline{X}$ =3.77, $S.D.$ = 0.60) ตามลำดับ ดังนั้นสรุปในภาพรวมทั้งหมด พบว่า การประเมินความสามารถในด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ อยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ($\overline{X}$ =3.77, $S.D.$ = 0.83) ซึ่งถือได้ว่าเป็นระดับที่น่าพอใจ

<u>การอภิปรายผล</u>

จากการศึกษาความสามารถในการใช้งานได้ของระบบ แยกเป็นรายด้านทั้งหมด 5 ด้าน คือ 1.ด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบ 2.ด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบ 3.ด้านประสิทธิภาพของระบบ 4.ด้านข้อผิดพลาดของระบบ และ 5.ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ พบว่า ความเห็นของผู้ใช้ในด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก ด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก ด้านประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับปานกลาง ด้านข้อผิดพลาดของระบบอยู่ในระดับปานกลาง และด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก และการประเมินความคิดเห็นผู้ใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับ มาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้กล่าวถึง สรุปผลการวิจัย ข้อจำกัดของการวิจัย การประยุกต์ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป โดยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบวางแผนเส้นทางเพื่อการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า เพื่อเสนอการจัดแผนการเดินรถเที่ยวเปล่าที่เหมาะสม และลดปริมาณรถบรรทุกเที่ยวเปล่าของผู้ให้บริการขนส่งมากที่สุด โดยนำเอาแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ การขนส่ง และการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ มาผสมผสานกับขั้นตอนวิธีในการวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และเทคนิคการคำนวณหาค่าความคุ้มค่าที่ได้คิดค้นขึ้นมาใหม่

จากการศึกษาวิธีการวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าในปัจจุบัน ผลการศึกษาทำให้ได้แนวคิดของระบบที่จะพัฒนา คือ การประสานความร่วมมือด้านการขนส่งสินค้า นอกจากนี้ การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการวางแผนการขนส่ง ยังทำให้ได้ส่วนการแสดงผลความรู้ของระบบที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด

ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาระบบดังกล่าวผ่านทางเว็บไซต์ โดยใช้ภาษาทางโปรแกรม ได้แก่ พีเอชพี จัดการฐานข้อมูลด้วยโปรแกรมมายซีเควล และใช้ โปรแกรมเอดิตพลัส และมาโครมีเดียดรีมวีฟเวอร์ เป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า โดยภายหลังจากการพัฒนาระบบเสร็จสิ้น จึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทดลองใช้งาน

ในส่วนของการผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบใน 2 ส่วน ได้แก่ (1) ประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีในการจับคู่ระหว่างงานกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่เป็นไปได้ และ (2) ความสามารถในการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า โดยการวัดประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีนั้น วัดใน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านงานว่าง และรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ลดลง

ได้ ด้านต้นทุนของการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่ลดลงได้ และด้านปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1. ในการประเมินประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีในการจับคู่ระหว่างงานกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่เป็นไปได้นั้น ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลงานว่าง และรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ที่ผู้ใช้ได้แจ้งความต้องการไว้ในเว็บไซต์ ดีเอ็กซ์เพลส (www.dxplace.com) โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่ เดือนมกราคม 2553 ถึงเดือนมิถุนายน 2553 เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า

- หากพิจารณาอัตราการลดลงของงานว่าง พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดจำนวนงานว่างสูงสุดได้ 25% ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันสามารถลดจำนวนงานว่างสูงสุดได้ 24.53% และขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดจำนวนงานว่างสูงสุดได้เพียง 3.77%
- หากพิจารณาอัตราการลดลงของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 24.53% ซึ่งเท่ากับขั้นตอนวิธีแบบเต็มคัน ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้เพียง 3.77%
- หากพิจารณาอัตราการลดลงของต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่า พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 13.99% ซึ่งเท่ากับขั้นตอนวิธีแบบเต็มคัน ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้เพียง 4.14%
- หากพิจารณาอัตราการลดลงของการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันสามารถลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดได้ 12.53% ซึ่งเท่ากับขั้นตอนวิธีแบบเต็มคัน ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบจับคู่ตรงลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดได้เพียง 6.81%

5.1.2. ในการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า แยกเป็นรายด้านทั้งหมด 5 ด้าน คือ 1.ด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบ 2.ด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบ 3.ด้านประสิทธิภาพของระบบ 4. ด้านข้อผิดพลาดของระบบ และ 5.ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ พบว่า ความเห็นของผู้ใช้ในด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก ด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก ด้านประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับปานกลาง ด้านข้อผิดพลาดของระบบอยู่ในระดับปานกลางด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก และการประเมินความคิดเห็นผู้ใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับ มาก

5.2. ข้zอจำกัดของการวิจัย

ในการพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า มีข้อจำกัดในการวิจัยดังนี้

5.2.1. ปัจจัยด้านต้นทุนที่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะต้นทุนในส่วนของระยะทางเท่านั้น โดยไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนที่แท้จริงของการเดินรถบรรทุก

5.2.2. ในส่วนของปัจจัยด้านปริมาณของสินค้าที่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ จะพิจารณาปริมาณจำนวนสินค้ารวมเป็น ร้อยละ ของความจุของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า โดยไม่ได้คำนึงถึงตำแหน่งการจัดวาง และขนาดของสินค้า

5.3. การประยุกต์ผลการวิจัย

ในการพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่านี้ เหมาะสำหรับนำไปใช้ในภาคการขนส่งที่มีการประสานความร่วมมือในการบริหารงานขนส่งสินค้า เช่น สมาคม หรือสหกรณ์ เพื่อทำให้การรับขนส่งสินค้าของรถบรรทุกในเครือข่ายขนส่งนั้น ทำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากขึ้น และจะช่วยลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าได้ โดยการลำดับงานและเส้นทางให้กับรถบรรทุกทั้งหมดในเครือข่าย

5.4. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

ในการวางแผนการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดนั้น จำเป็นต้องใช้ข้อมูลอีกในหลายๆ ส่วนเพื่อนำมาประกอบการพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า อาทิเช่น ข้อมูลในแง่ของต้นทุนที่แท้จริงในการขนส่ง ที่ย่อมมีผลต่อการตัดสินใจในการวางแผนการขนส่งในการพิจารณาถึงความคุ้มทุนในการเดินทางไปรับของ รวมถึงการนำประเภท ขนาด และตำแหน่งการจัดวางของสินค้ามาพิจารณาด้วย หากสามารถนำปัจจัยเหล่านี้มาใช้ในระบบได้ จะทำให้ระบบมีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม หากระบบมีข้อมูลที่จำเป็นในการวางแผนการขนส่งทั้งหมดแล้ว สิ่งที่ควรพัฒนาต่อไปคือ การพัฒนาระบบให้สามารถตัดสินใจได้ในระดับเชิงลึก เช่น ระบบสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งานได้ตามข้อมูลที่ทำการระบุ หรือ สามารถวางแผนแบบเรียลไทม์จากจุดที่รถบรรทุกอยู่ ณ ขณะนั้นได้ เป็นต้น

รายการอ้างอิง

กระทรวงคมนาคม. กรมการขนส่งทางบก (ม.ป.ป.). **คู่มือพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการขนส่งด้วยรถบรรทุก.** (ม.ป.ท.).

กระทรวงคมนาคม. (2552). **ข้อมูลการขนส่งสินค้าและผู้โดยสารภายในประเทศ** [ออนไลน์]. ได้จาก : http://vigportal.mot.go.th/portal/site/PortalMOT/stat/total_product_passenger/

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล. (2546). **คัมภีร์ระบบสนับสนุนการตัดสินใจและระบบผู้เชี่ยวชาญ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เคทีพี.

โกศล ดีศีลธรรม. (2552). กลยุทธ์ลดต้นทุนด้วยการขนส่งแบบต่อเนื่อง. **โลจิสติกส์ไดเจสต์**. 46(4): 49-50.

คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์. (2553). **แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

คมกฤช วลีวงศ์. (2547). **ปัญหาการสร้างความร่วมมือในการประกอบการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ครรชิต มาลัยวงศ์. (2540). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ. **ส่งเสริมเทคโนโลยี.** 24 (134): 117-124.

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2551). **การจัดการขนส่ง.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : วิชั่นพรีเพรส.

ชุมพล มณฑาทิพย์กุล และช่อทิพย์ ลือไชยวุฒิ. (2551). การศึกษาศักยภาพของผู้ประกอบการขนส่งสินค้าไทยในการประสานความร่วมมือกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขัน. ใน **การประชุมเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที่ 8** (หน้า 896-907).

ไชยยศ ไชยมั่นคง และมยุขพันธุ์ ไชยมั่นคง. (2552). **กลยุทธ์การขนส่ง.** นนทบุรี: วิชั่น พรีเพรส.

ณัฏฐพร พิมพายน. (2543). **ระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางธุรกิจ.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เตชินี บุญรัตน์, ระวิวรรณ จึงวัชกุล, สถาพร โอภาสานนท์ และประพันธ์ รุจิอาภา. (2551). การปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่ง กรณีศึกษา ศูนย์กระจายสินค้าบริษัท ดีเอชแอล ซัพพลายเชน ประเทศไทย. **การประชุมเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ครั้งที่** 8 (หน้า 872-883).

ตันติกร พิชญ์พิบุล และเรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย. (2550). การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการขนส่งแบบไป-กลับของการขนส่งสินค้า. **การประชุมเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที่ 7** (หน้า 99-111).

ทรงลักษณ์ พิริยะไพโรจน์ และสุมนา เกษมสวัสดิ์. (2544). **เรียนลัด Data Structure ด้วย Visual Basic.** กรุงเทพ: โปรวิชั่น.

ธเนศ ทักษิณวราจาร. (2543). **การจัดเส้นทางเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการกระจายสินค้า.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นลินี อุดมสมบัติมีชัย. (2548). **การประยุกต์วิธีศึกษาสำนึกสำหรับการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญเลิศ จิตตั้งวัฒนา. (2535). **การวิเคราะห์และวางแผนการด้านการขนส่ง.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

พีระศักดิ์ เสรีกุล. (2548). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการเรียน. **วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ**. 1 (1): 1-10.

พัชนพ ตันพิชัย และวิโรจน์ ศรีสุรภานนท์. (2545). การพัฒนาประสิทธิภาพการขนส่งโดยใช้ความร่วมมือในการประกอบการ. ใน **การประชุมสัมมนาทางวิชาการ EAN/LAPS ครั้งที่ 2** (หน้า 95-102).

ภัคนาท ศรีมหาทรัพย์. (2553). **การป้องกันสินค้าในรถบรรทุกเสียหายและสูญหายในระหว่างขนส่งสินค้าด้วยระบบ MILK RUN** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.logisticscorner.com/index.php?

มนัญญา อะทาโส. (2551). เอาท์ซอร์สโลจิสติกส์กลยุทธุรกิจสมัยใหม่. **โลจิสติกส์ไดเจสต์**. 37(3) : 23-29.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. สาขาวิชาวิทยาการจัดการ. (2544). **การจัดการงานขนส่งสินค้า: Cargo Transportation Management** (เล่มที่ 1). ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

รุจิจันทร์ พิริยะสงวนพงวศ์. (2549). **สารสนเทศทางธุรกิจ**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

แลมเบิร์ต เอ็ม ดักลาส, สต็อค อาร์ เจมส์ และเอลแรม เอ็ม ลิซา. (2546). **การจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์: Supply Chain and Logistics Management**. แปลและเรียบเรียงโดยกมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิและคณะ. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิลล์.

โลจิสติกส์ไทยแลนด์. (2552). ธุรกิจขนส่งสินค้าไทยการร่วมมือเพิ่มอำนาจการแข่งขัน. **โลจิสติกส์ไทยแลนด์**. 77(7): 55-64.

วิภาวรรณ พันธุ์สังข์, จิติมนต์ อั่งสกุล, ธรา อั่งสกุล. (2552). ขั้นตอนวิธีในการเลือกเส้นทางเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า. ใน **การประชุมวิชาการขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 6** (หน้า 161-167).

วิโรจน์ พุทธวิถี. (2547). **การจัดการโลจิสติกส์ ขุมพลังของธุรกิจยุคใหม่.** กรุงเทพฯ: โอเอซิสปรินท์ติ้ง.

ศิริวรรณ โพธิ์ทอง. (2553). **วิธีการขนส่งที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://logisticscorner.com/index.php

สกาวรัตน์ จงพัฒนากร. (2550). **การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิน พันธุ์พินิจ. (2547). **เทคนิคการวิจัยทางสังคมศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

สุดารัตน์ อาจหาญ และณกร อินทร์พยุง. (2551) การศึกษาปัญหาและแนวทางการบริหารจัดการรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า. ใน **การประชุมเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที 8** (หน้า 896-907).

สุธี ศรีเพ็ชรดานนท์. (2535). **แบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุธีระ ตรังคิณีนาถ, สุทัศน์ รอดศรีสมุทร, ไกวัล สุภาพไพบูลย์ และตวงยศ สุภีกิตย์. โปรแกรมช่วยตัดสินใจการจัดรถขนส่งสินค้าในโรงงานผลิตอะไหล่รถยนต์. **การประชุมเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที่ 8** (หน้า 150-168).

Anderson, S., Brown, M. and Allen, J. (1999). Logistical implications of the UK packaging waste regulations. **International Journal of Logistics: Research and Application**. 2 (2) :129 – 45.

Ballou, R.H., 1999. Business Logistics Management, 4th ed., Prentice – Hall International, New Jerscy, pp. 214-216.

Barker, H.H., Sharon, E.M. and Sen, D.K. (1981). From freight flow and cost patterns to greater profitability and better service for a motor carrier. **Interfaces.** 11(6): 4-20.

Bowersox, D.J. and Closs D.J. (1996). **Logistical management: the integrated supply chain process** (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.

Chetbundhit, J. (1990). **Routing and scheduling problems: A case study of gasoline distribution in Greater Bangkok.** M.S. thesis, Asian Institute of technology.

Chu, C.W. (2005). A heuristic algorithm for the truckload and less-than truckload problem. **European journal of operational Research**. 165 : 657-667.

Clarke G., and Wright J.W. (1964). Scheduling of vehicles from a central deport to a number of delivery points. **Operations Research**. 12: 568-581.

Dai, B. and Chen, H. (2009). Mathematical Model and Solution Approach for Collaborative Logistics in Less Than Truckload (LTL) Transportation. **Computer & Industrial Engineering 2009** : 767-772.

Golden, B., Assad, A., Levy, L., and Gheysens, F**.** (1984). The fleet size and mix vehicle routing problem. **Computer & Operation Research**. 11(1): 49-66.

Holmes, R. A., and Parker, R.G. (1976). A Vehicle scheduling procedure based upon saving and a solution perturbation scheme. **Operations Research**. Quart. 27(1): 83-92.

Kek, A.G.H., Cheu, R.L., Meng, Q., and Fung, C.H. (2009). A decision support system for vehicle relocation operation in carsharing systems. **Transportation Research**. 45: 149-158.

Leung, S. C. H., Wu, Y. and Lai, K.K. (2002). An optimization model for a cross-border logistics problem : a case in Hong Kong. **Computer & Industrial Engineering**. 43: 393-405.

Little, J.D.C., Murty, K.G., Sweeney D.W., and Karel, C. An algorithm for the traveling salesman problem. **Operations Research**. , 11(6): 972-989.

Marakas, G.M. (1999). **Decision support systems in the 21st century**. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

Nielsen, J. (2000). **Why You Only Need to Test with 5 Users** [On-line]. Available: http://www.useit.com/alertbox/20000319.html

Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. Academic press, San Diego,CA. Quoted in Folmer, E. and Bosch, J. (2004). Architecting for Usability: A Survey. **Journal of Systems and Software**. 70(1-2): 61-78.

Powell, W.B. and Sheffi, Y. (1983). A Probabilistic Model of Bus Route Performance. **Transportation Science.** 17(4): 376-404

Renaud, J., and Boctor, F.F. (2002). A sweep-based algorithm for the fleet size and mix vehicle routing problem. **European Journal of Operational Research**. 140(3): 618-628.

Roshan, G. and viswanadham, N. (2001) .Collaboration and information sharing in global contract manufacturing networks. **ASME Transactions on mechatronics**. 6(4): 366-376.

Rushton, A., Croucher, P., Baker, P. (2006). **The Handbook of Logistics and Distribution Management.** 3rd Ed. London: Kogan.

Tan, K.C., Lee, L.H., Zhu, Q.L. and Ou, K. (1999). Heuristic Methods for Vehicle Routing with Time Windows. **Artificial Intelligence in Engineering**. 15: 281-295.

Taniguchi E., Thompson R.G., Yamada T. and Duin R.V. (2001), **City Logistic Network Modeling and Intelligent Transport Systems.** The Netherlands: Elsevier Science.

Thomas, H.C., Charies, E.L. and Ronald, L.R. (1990). **Introduction to Algorithms.** New York: McGraw-Hill.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

วิธีการใช้งานโปรแกรมระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

อธิบายก่อนการใช้งาน

ระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่านี้ เป็นระบบที่คำนึงถึงต้นทุนในการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าเป็นหลัก โดยการออกแบบขั้นตอนวิธีในการวางแผนการขนส่งและการเลือกแผนการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งระบบนี้สามารถระบุแผนการขนส่งด้วยเส้นทางที่มีค่าประสิทธิภาพในการใช้รถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่สูงที่สุด โดยคำนวณจากข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่าและงานว่างที่ผู้ใช้ได้ระบุในระบบ

ซึ่งในระบบนี้มีขั้นตอนวิธีในการวางแผนการขนส่ง 3 วิธี ได้แก่ ขั้นตอนวิธีแบบรถคันเดียว ขั้นตอนวิธีแบบเต็มคันรถ และขั้นตอนวิธีแบบไม่เต็มคันรถ ซึ่งวิธีการใช้งานจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

รายละเอียดสิทธิ์ในระบบ

สิทธิ์ของระบบนี้แบ่งเป็น 4 ประเภทได้แก่ ผู้ใช้ทั่วไป, ผู้ใช้ที่เป็นลูกค้า, ผู้ใช้ที่เป็นบริษัทขนส่ง และผู้ดูแลระบบ ซึ่งมีรายละเอียดการเข้าใช้งานดังนี้

1. ผู้ใช้ทั่วไป : ผู้ใช้ประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องสมัครสมาชิก และเข้าสู่ระบบ แต่จะเห็นเฉพาะข้อมูลงานว่าง และข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่าเท่านั้น ไม่สามารถเพิ่มข้อมูลงานว่าง ข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และวางแผนการขนส่งได้
2. ผู้ใช้ที่เป็นลูกค้า
3. ผู้ใช้ที่เป็นบริษัทขนส่ง
4. ผู้ดูแลระบบ

ขั้นตอนการเข้าใช้งาน

1. เข้าไปที่ website http://iri.sut.ac.th/~m5120277/
2. เลือก tps

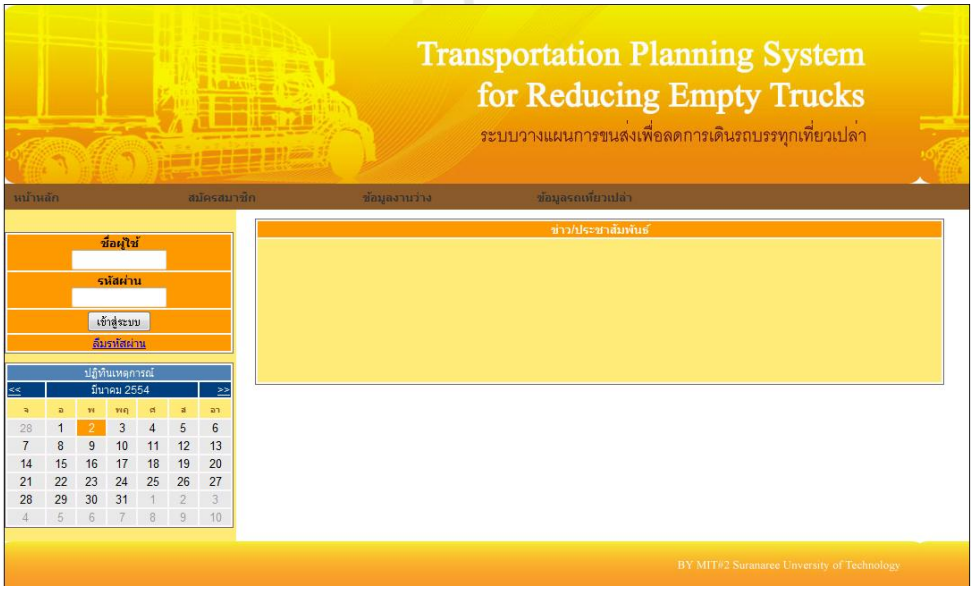
ส่วนประกอบของระบบ

1. ส่วนเข้าสู่ระบบ

2. ส่วนสมัครสมาชิก
3. ส่วนจัดการรถเที่ยวเปล่า
4. ส่วนจัดการงานว่าง
5. ส่วนวางแผนการขนส่ง

หน้าแรกของระบบ

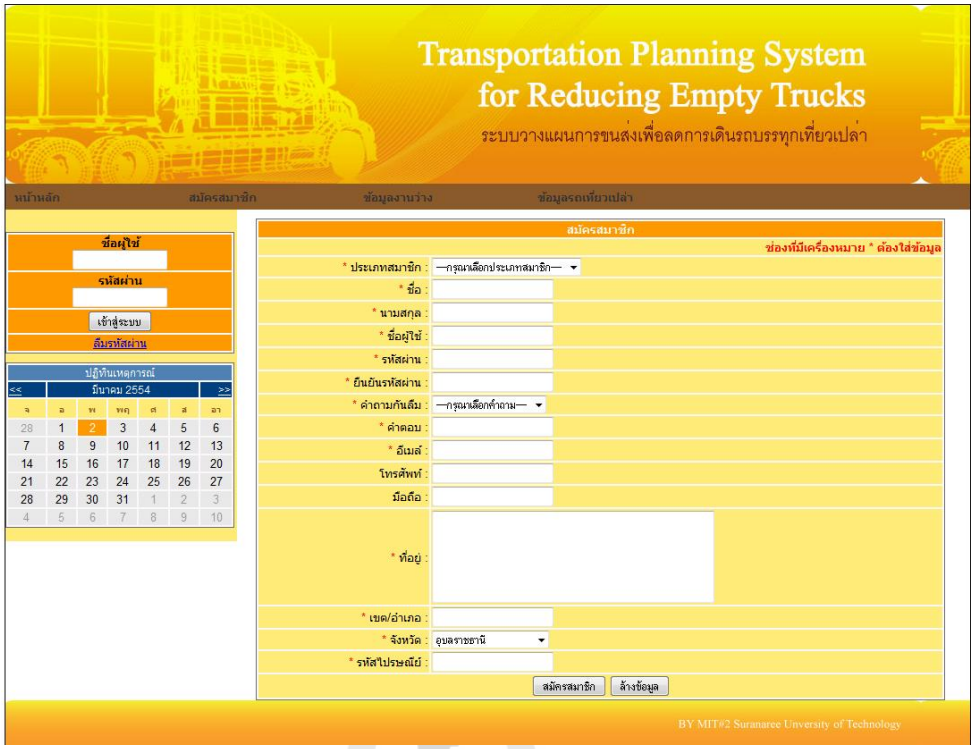
เมื่อผู้ใช้เข้าเว็บไซต์ http://iri.sut.ac.th/~m5120277/ และเลือก tps แล้ว จะปรากฏหน้าแรกของระบบ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนล็อกอินเข้าสู่ระบบ, ส่วนสมัครสมาชิก, ส่วนข้อมูลงานว่าง, ส่วนข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่า และหน้าข่าวประชาสัมพันธ์ ดังรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 หน้าแรกของระบบ

หน้าสมัครสมาชิก

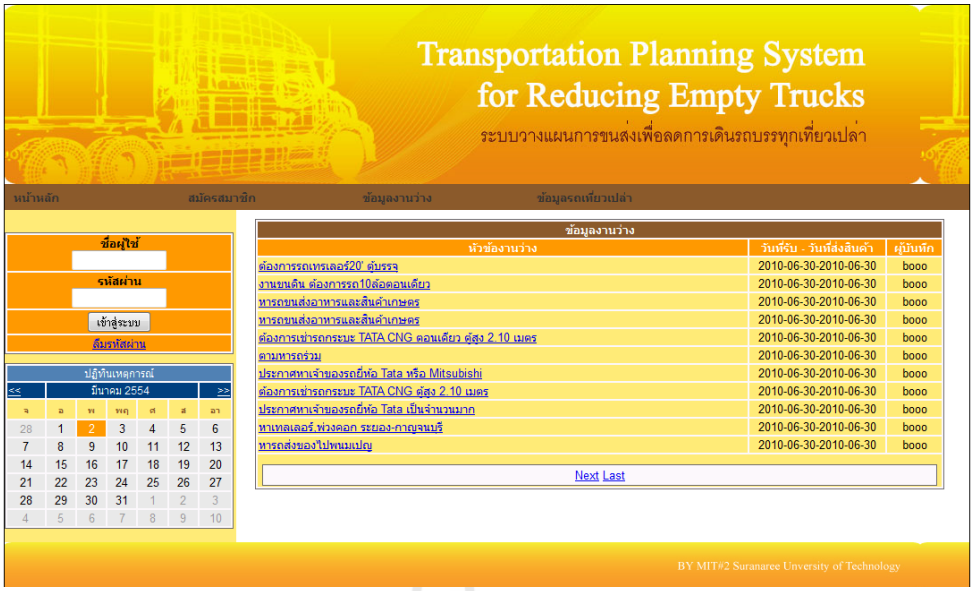
หน้าสมัครสมาชิกนี้ ประกอบด้วยส่วนกรอกข้อมูลการสมัคร และปุ่มสมัครสมาชิก เมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูลครบแล้วกดปุ่มสมัครสมาชิกระบบจะบันทึกข้อมูลสมาชิกไว้ในระบบ ดังรูปที่ ก.2



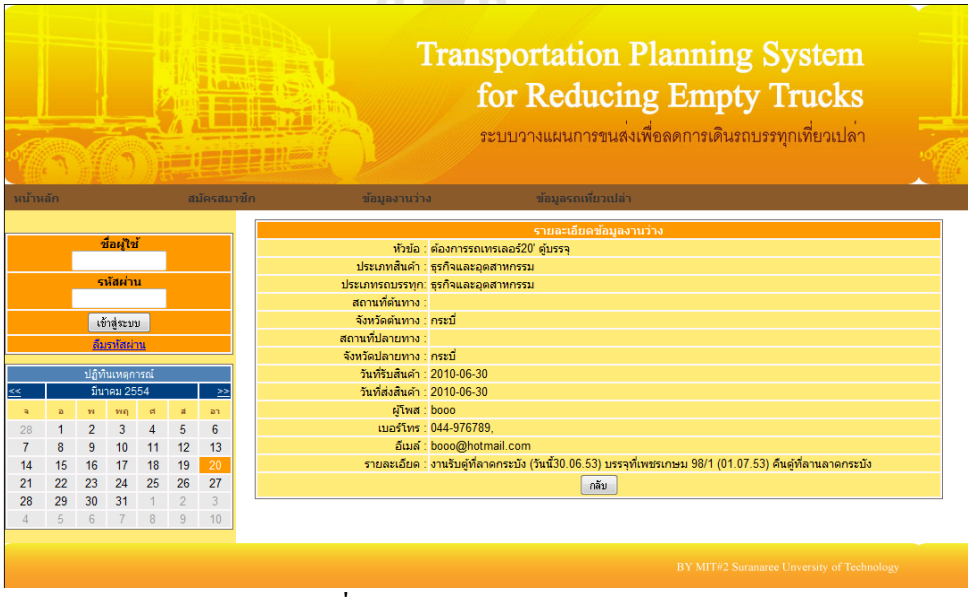
ดังรูปที่ ก.2 หน้าสมัครสมาชิก

หน้าข้อมูลงานว่าง และหน้าข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

หน้าข้อมูลงานว่าง ประกอบด้วยข้อมูลงานว่าง ที่มีรายละเอียดของหัวข้องานว่าง วันที่ และผู้บันทึกข้อมูลว่างนั้น ดังรูปที่ ก.3 หากผู้ใช้ต้องการทราบรายละเอียดของงานว่างแต่ละงาน สามารถคลิกที่หัวข้อของงานว่างนั้น ระบบก็จะแสดงรายละเอียดของงานว่างที่ผู้ใช้เลือก ดังรูปที่ ก.4 ซึ่งหน้าข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่าจะมีลักษณะการทำงานแบบเดียวกัน



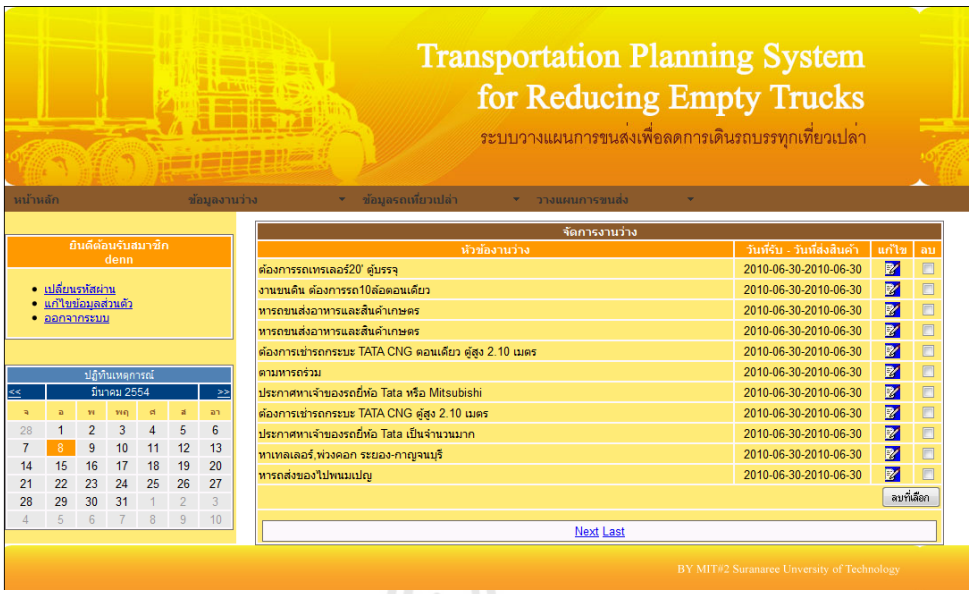
รูปที่ ก.3 หน้าข้อมูลงานว่าง



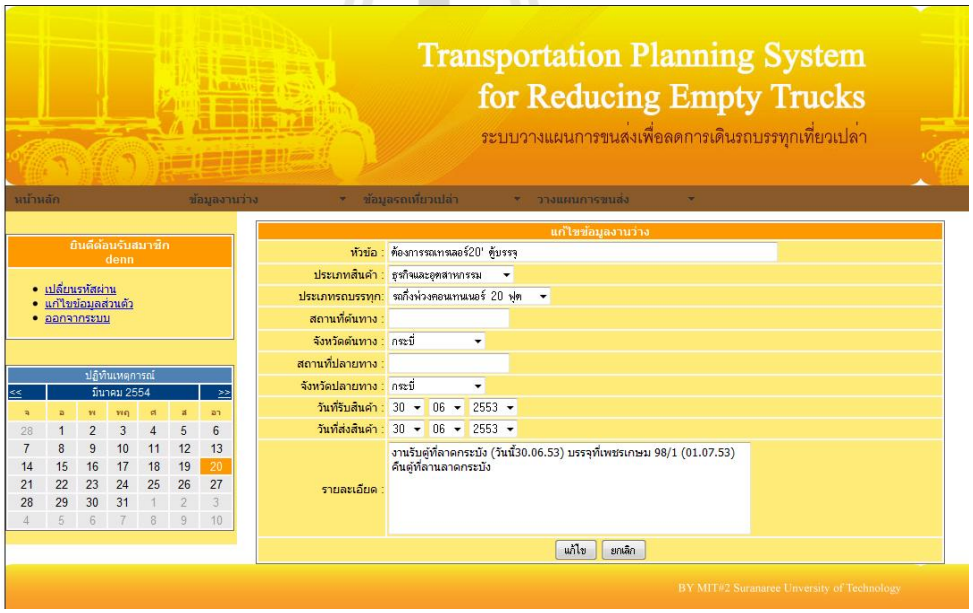
รูปที่ ก.4 หน้ารายละเอียดงานว่าง

หน้าแก้ไขข้อมูลงานว่าง และหน้าแก้ไขข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

หน้าแก้ไขข้อมูลงานว่างนี้ผู้ใช้จะเห็นเฉพาะงานว่างที่ผู้ใช้เป็นผู้บันทึกในระบบเท่านั้น ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลงานว่างที่ผู้อื่นเป็นผู้บันทึกได้ ดังรูปที่ ก.5 หากผู้ใช้ต้องการแก้ไขข้อมูลงานว่าง ให้ผู้ใช้คลิกที่ ระบบก็จะแสดงข้อมูลของงานว่างที่ผู้ใช้เลือกมาให้แก้ไข ดังรูปที่ ก.6 ซึ่งหน้าแก้ไขข้อมูลรถบรรทุกเที่ยวเปล่าจะมีลักษณะการทำงานแบบเดียวกัน



รูปที่ ก.5 หน้าเลือกข้อมูลงานว่าง

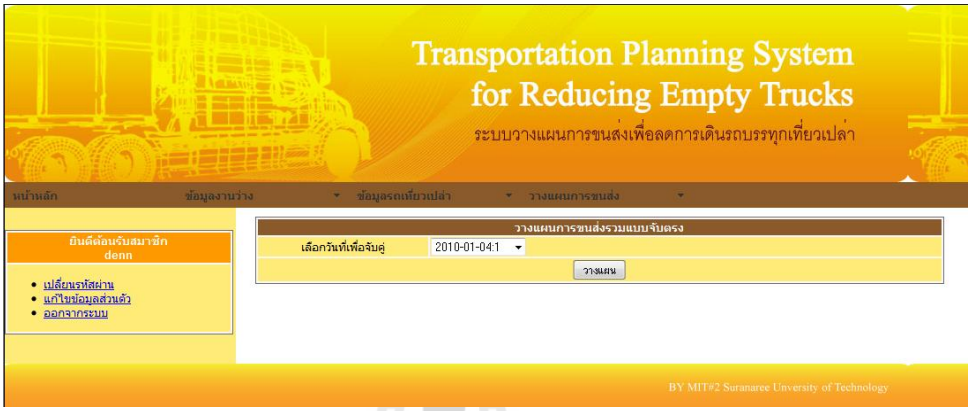


รูปที่ ก.6 หน้าแก้ไขข้อมูลงานว่าง

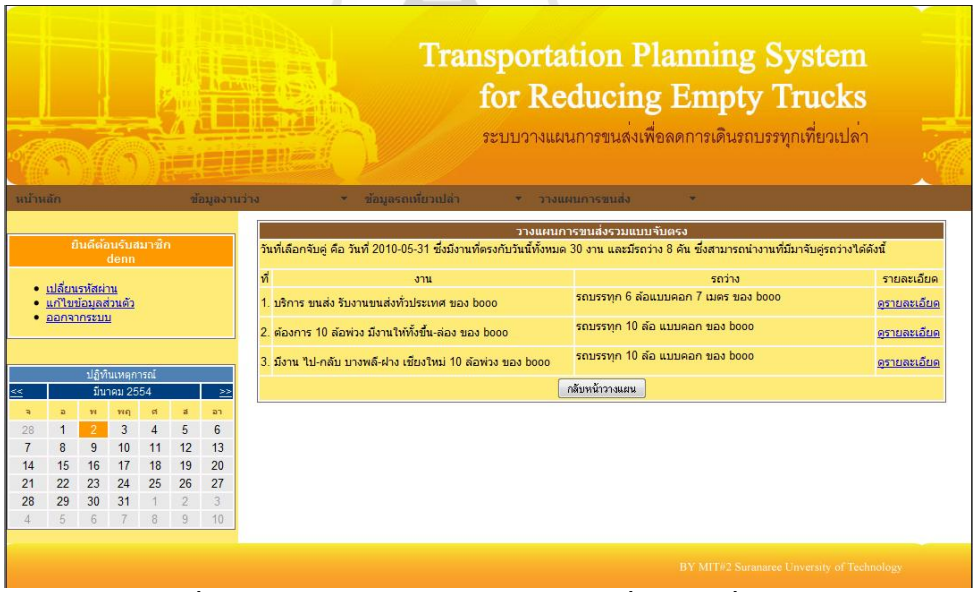
หน้าวางแผนรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

หน้าวางแผนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าจะมีทั้งหมด 3 วิธี ซึ่งได้อธิบายไปข้างต้นแล้ว ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้ มีลักษณะการใช้งานที่เหมือนกันจึงขออธิบายเพียงวิธีเดียว โดยเริ่มจากเลือกวิธีวางแผนการขนส่ง ระบบจะแสดงหน้าวางแผนพร้อมกับให้ผู้ใช้เลือกวันที่ต้องการวางแผน ดังรูปที่ ก.7 แล้วคลิกที่ปุ่ม

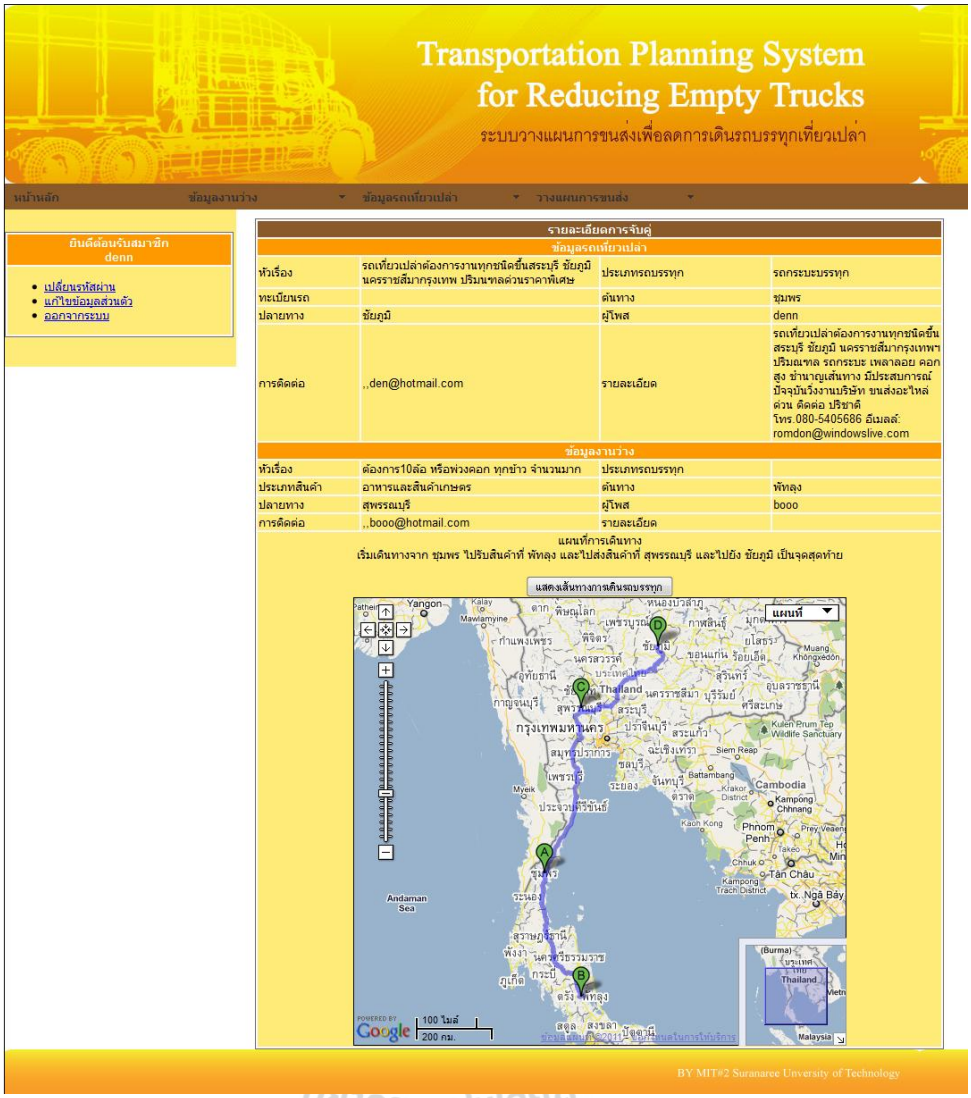
วางแผน จากนั้นระบบจะแสดงแผนขนส่งทั้งหมดที่ตรงกับวันที่ผู้ใช้เลือกมา ดังรูปที่ ก.8 ซึ่งผู้ใช้สามารถดูรายละเอียดได้โดยการคลิกที่ข้อความ “รายละเอียด” จากนั้นระบบจะแสดงรายละเอียดของการวางแผนการขนส่งทั้งเป็นข้อความ และเป็นเส้นทางบนแผนที่ โดยผู้ใช้จะต้องคลิกที่ปุ่มแสดงเส้นทางการเดินรถบรรทุก เพื่อให้ระบบแสดงแสดงทางการเดินรถให้ ดังรูปที่ ก.9



รูปที่ ก.7 หน้าวางแผนการขนส่ง



รูปที่ ก.8 หน้ารายละเอียดงานว่าง และรถเที่ยวเปล่าที่จับคู่ได้



รูปที่ ก.9 หน้ารายละเอียดแผนการขนส่ง

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามในการประเมินการใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง การพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามการวิจัยนี้ใช้เป็นเครื่องมือเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อความสามารถด้านการปฏิสัมพันธ์ของระบบ
2. ส่วนประกอบของแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ
   ส่วนที่ 1 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ทั้ง 5 ด้าน
   ส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะอื่นๆ เกี่ยวกับการปรับปรุงและพัฒนาระบบในอนาคต
3. ผู้ตอบแบบสอบถามต้องเป็นผู้ที่เคยเข้าใช้งานระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นแล้วเท่านั้น

ขอความกรุณาจากท่านตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อ และตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อให้ได้มาซึ่งผลจากการวิจัยที่เป็นประโยชน์ เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการวิจัยต่อไป ทั้งนี้ผู้วิจัยขอรับรองว่าข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในงานวิจัย และจะนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น

ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>ส่วนที่ 1</u> โปรดประเมินความพึงพอใจในระบบที่ท่านได้เข้าใช้งาน โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องวัดระดับความพึงพอใจที่ตรงกับความเป็นจริงของท่านเพียงข้อเดียว

ประเด็นคำถาม	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
ก. ด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบ					
1. ท่านใช้เวลาไม่นานในการเริ่มต้นเรียนรู้ระบบใหม่					
2. ท่านสามารถใช้งานระบบได้เป็นอย่างดีด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้ผู้ชำนาญในการช่วยเหลือ					
ข. ด้านสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบ					
1. ท่านสามารถจดจำรูปแบบและวิธีการใช้งานระบบได้โดยง่าย					
2. เมื่อท่านกลับมาใช้ระบบ ท่านสามารถใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่					
ค. ด้านประสิทธิภาพของระบบ					
1. ระบบสามารถแสดงผลการวางแผนการขนส่งได้อย่างรวดเร็ว					
2. ระบบสามารถแสดงผลการวางแผนการขนส่งได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้					
3. ระบบสามารถช่วยลดระยะเวลาในการวางแผนการขนส่งของผู้ใช้ได้					
ง. ด้านความผิดพลาดของระบบ					
1. ท่านไม่พบข้อผิดพลาดในการใช้งานระบบ					

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประเด็นคำถาม	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
จ. ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ					
1. ระบบใช้ภาษาในการสื่อความหมายที่ชัดเจน					
2. ระบบใช้ภาพกราฟิกและโทนสีที่เหมาะสมในการแสดงผล					
3. การจัดวางองค์ประกอบ เช่น เมนู รูปภาพ มีความเหมาะสม					
4. โดยภาพรวมทั้งหมดท่านมีความพึงพอใจในระบบนี้อยู่ในระดับใด					

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อเสนอแนะอื่นๆ เกี่ยวกับการปรับปรุงและพัฒนาระบบในอนาคต

.....

.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาววิภาวรรณ พันธุ์สังข์ เกิดเมื่อวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2528 เริ่มศึกษาในชั้นประถมศึกษาที่โรงเรียนสุขานารี จังหวัดนครราชสีมา ในชั้นมัธยมศึกษาที่โรงเรียนสุรนารีวิทยา จังหวัดนครราชสีมา และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2549 ภายหลังสำเร็จการศึกษาได้เริ่มทำงานในสำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ตำแหน่งนักวิชาการคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่ดูแลระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารของมหาวิทยาลัย ต่อมาในปี พ.ศ. 2551 ได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี