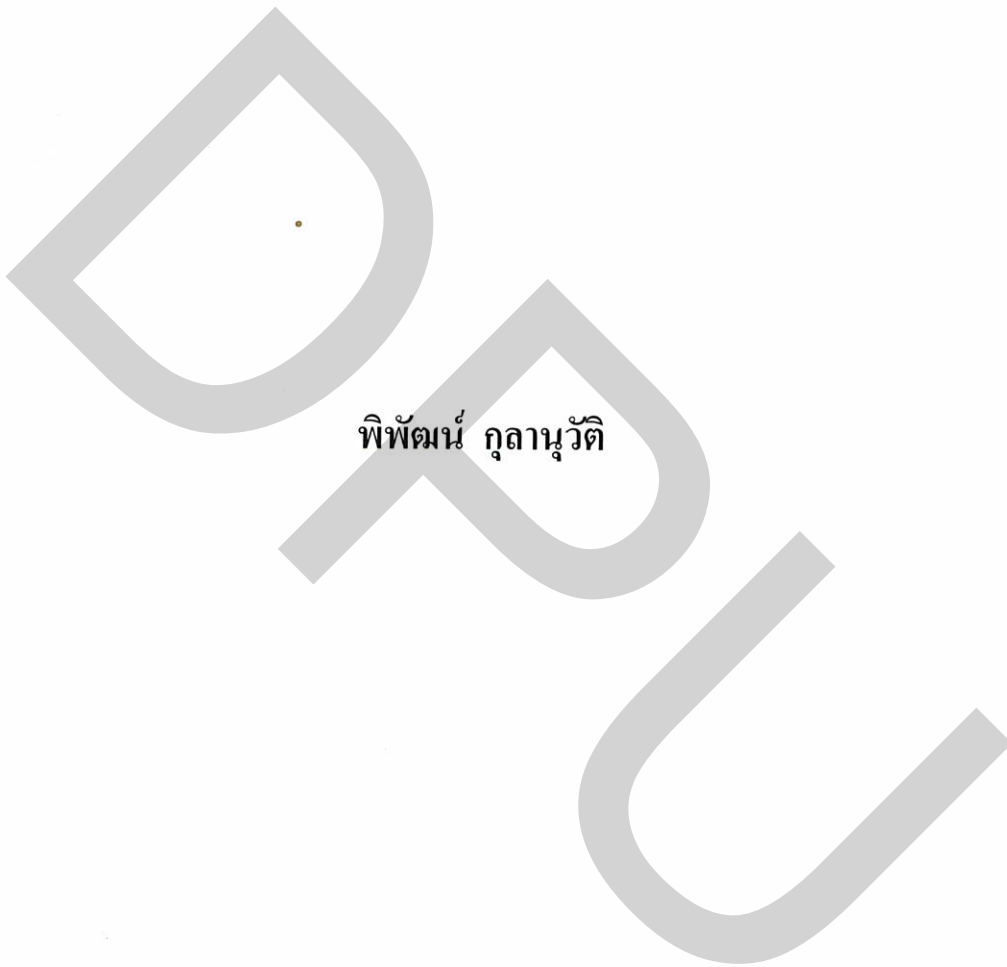




การจัดเส้นทาง การขนส่งสินค้าด้วยการโปรแกรมเชิงพลวัต  
กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมชาไข่มุก



พิพัฒน์ กุลานูวัต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2557

**The Vehicle Routing Problem of Dynamic Programming  
for Bubble Tea Industry's Case Study**

เลขทะเบียน.....	0242123
วันลงทะเบียน.....	- 4 ธ.ค. 2560
เลขเรียกหนังสือ.....	วท 659.7882 วท6997
	[2557]

**Phiphat Kulanuwat**

**A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Engineering Management  
Faculty of Engineering , Dhruakij Pundit University**



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยการโปรแกรมเชิงพลวัต กรณีศึกษา

โรงงานอุตสาหกรรมชาไข่มุก

เสนอโดย

นายพิพัฒน์ กุลานูวัตติ

สาขาวิชา


การจัดการทางวิศวกรรม


วิชาเอก

การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์  
ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์แล้ว


  
..... ประธานกรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ประสาสน์ จันทราทิพย์)

  
..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สิริโอพาร)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.สัทธ์ รัฐวิบูลย์)

คณะวิศวกรรมศาสตร์รับรองแล้ว

  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์)

วันที่ 8 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2557

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยการโปรแกรมเชิงพลวัต
ชื่อผู้เขียน	กรณิศศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมชาไข่มุก
อาจารย์ที่ปรึกษา	พิพัฒน์ กุลานูวัตติ
สาขาวิชา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์
ปีการศึกษา	การจัดการทางวิศวกรรม
	2557

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางการเดินทางขนส่งสินค้า ด้วยการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle routing problem) ซึ่งเป็นการปรับปรุงเส้นทางการเดินทาง โดยใช้การโปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic Programming) ในการคำนวณหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยเครื่องมือที่ใช้ได้แก่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Vehicles routing Manager) คู่กับการหาระยะทางจากโปรแกรม Google Earth มาใช้เป็นเครื่องมือ ซึ่งกรณีศึกษาในที่นี้ เป็นบริษัทที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ของจังหวัดนครปฐม ซึ่งประกอบธุรกิจโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตและจำหน่ายชาไข่มุก มีจุดจำหน่ายชาไข่มุกโดยรอบบริเวณจังหวัดนครปฐมจำนวน 120 จุดบริการ โดยใช้รถที่วิ่งขนส่งชาไข่มุกทั้งหมด 9 คัน แบ่งเป็น 9 เส้นทาง โดยรถแต่ละคันต้องมาขึ้นสินค้าที่โรงงานและวิ่งส่งชาไข่มุกตามจุดบริการจนทั้งหมด 120 จุดบริการ และกลับมายังจุดเริ่มต้นที่โรงงานทุกวันจำนวน 2 รอบ ต่อหนึ่งวัน ก่อนการปรับปรุงเส้นทางมีระยะทางการวิ่งรวมเท่ากับ 2,060 กิโลเมตรต่อวัน และหลังการปรับปรุงเส้นทางการเดินทาง มีระยะเวลาทางลดลงเหลือเท่ากับ 1,686 กิโลเมตรต่อวัน ลดลง 18 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ :** การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ต้นทุนค่าขนส่ง

Thesis                      The Vehicle Routing Problem of Dynamic Programming for  
Bubble Tea Industry's Case Study.

Author                      Phiphat Kylanuwat

Thesis Advisor              Assistant Professor Dr. Suparatchai Vorart

Department                Engineering Management

Academy Yeas              2013

### **ABSTRACT**

The objective of this research is to reduce the distance of the logistic transportation by using Dynamic Programming theory. The Vehicles Routing Manager (VRM) and Google Earth program was applied to solve the case study problem. The Tea company which located in Nakhon Pathom, is used to be a case study that runs business about the production and distribution around Nakhon Pathom with 120 branches. This company has 9 trucks with 9 routes which each truck needs to pick up the products at the factory and distribute them to 120 branches. All trucks need to return to the factory every day about 2 cycles per day. Before the improvement, the total running distance is about 2,060 kilometers per day but after studying the improving Routing Transportation, the distance is decreased to 1,686 kilometers per day. It can be down at 18% from the system originally.

**Keyword :** Vehicle Routing Problem ; Logistics Cost

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็เนื่องจากความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภรัชชัย วรรณรัตน์ ที่รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ แนวทางในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ช่วยแนะนำและช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือเหลืออันอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ทำให้กำลังใจและสนับสนุนด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยเสมอมา ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

พิพัฒน์ กุลานูวัตติ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๑
สารบัญตาราง.....	๙
สารบัญภาพ.....	๑๑
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	3
2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ความหมายของโลจิสติกส์.....	4
2.2 กิจกรรมโลจิสติกส์.....	5
2.3 ต้นทุนโลจิสติกส์.....	7
2.4 การขนส่ง.....	8
2.5 ต้นทุนการขนส่ง.....	9
2.6 การออกแบบการขนส่ง.....	10
2.7 รูปแบบเส้นทางการขนส่ง.....	13
2.8 ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง.....	15
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	25
3.1 การศึกษาข้อมูล.....	25
3.2 การจัดเส้นทางการขนส่งด้วย โปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	43
4. ผลการดำเนินงาน	
4.1 ผลการจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	51

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.2 ลำดับขั้นการขนส่งสินค้าที่จัดเส้นทางด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	56
4.3 เส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	65
4.4 สรุปผลการทดลอง.....	70
5. สรุปผลการวิจัย.....	73
5.1 เส้นทางที่ใช้ในการขนส่งสินค้า.....	73
5.2 ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งสินค้า.....	73
5.3 สรุปผลการวิจัย.....	73
5.5 ข้อเสนอแนะ.....	74
บรรณานุกรม.....	77
ภาคผนวก.....	78
ก. ตัวอย่างการคำนวณ.....	78
ข. ข้อมูลที่กีดตติจุดและตองจิจุด.....	83
ค. ข้อมูลระยะทาง.....	93
ประวัติผู้เขียน.....	103



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ระยะทางระหว่างจุดต่างๆ : หน่วย กิโลเมตร.....	20
3.1 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดสำหรับการเดินรถคันที่ 1 จำนวน 13 จุดบริการ.....	25
3.2 แสดงระยะทางแบบสมมาตรของยานพาหนะคันที่ 1 จำนวน 13 จุดบริการ.....	28
3.3 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 1.....	29
3.4 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 2.....	30
3.5 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 3.....	31
3.6 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 4.....	32
3.7 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 5.....	33
3.8 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 6.....	34
3.9 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 7.....	35
3.10 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 8.....	36
3.11 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 9.....	37
3.12 แสดงและระยะทางการจัดเส้นทางแบบดั้งเดิม.....	42
4.1 ลำดับขั้นการขนส่งของรถคันที่ 1 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager....	56
4.2 ลำดับขั้นการขนส่งของรถคันที่ 2 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager....	57
4.3 ลำดับขั้นการขนส่งของรถคันที่ 3 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager....	58
4.4 ลำดับขั้นการขนส่งของรถคันที่ 4 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager....	59
4.5 ลำดับขั้นการขนส่งของรถคันที่ 5 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager....	60
4.6 ลำดับขั้นการขนส่งของรถคันที่ 6 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager....	61
4.7 ลำดับขั้นการขนส่งของรถคันที่ 7 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager....	62
4.8 ลำดับขั้นการขนส่งของรถคันที่ 8 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager....	63
4.9 ลำดับขั้นการขนส่งของรถคันที่ 9 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager....	64
4.10 แสดงผลการจัดเส้นทางรถขนส่งด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager รวมทั้ง 9 คัน.....	70
4.11 แสดงผลการจัดเส้นทางแบบเดิมกับการจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Managerรวมทั้ง 9 คัน.....	71

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงต้นทุนการกระจายสินค้า.....	1
1.2 จุดจำหน่ายชาไข่มุก 120 จุดบริการ.....	2
2.1 การขนส่งแบบตรง.....	10
2.2 การขนส่งแบบตรงกับ Milk Runs สำหรับ Multiple Suppliers.....	11
2.3 การขนส่งตรงจาก Supplier ไปหา Customers หลายราย.....	12
2.4 การขนส่งแบบตรงรวบรวมสินค้าจากซัพพลายเออร์หลายรายและ ส่งลูกค้าหลายราย.....	12
2.5 การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบเส้นทางเดียว.....	13
2.6 การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบหลายเส้นทาง.....	14
2.7 การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบคลาสสิก.....	14
3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	24
3.2 โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ (Google Earth).....	26
3.3 โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ (Google Earth) แสดงตำแหน่งร้านชานม ไข่มุก 120 จุดบริการ.....	26
3.4 โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ (Google Earth) แสดงตำแหน่งระหว่างจุด A กับจุด B	27
3.5 เส้นทางขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 1.....	38
3.6 เส้นทางขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 2.....	38
3.7 เส้นทางขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 3.....	39
3.8 เส้นทางขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 4.....	39
3.9 เส้นทางขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 5.....	40
3.10 เส้นทางขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 6.....	40
3.11 เส้นทางขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 7.....	41
3.12 เส้นทางขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 8.....	41
3.13 เส้นทางขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 9.....	42
3.14 กราฟแท่งข้อมูลระยะทางปัจจุบันในการขนส่งแต่ละเส้นทาง.....	43
3.15 เข้าสู่โปรแกรมจัดเส้นทาง Vehicles Routing Manager.....	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.16 แสดงการป้อนข้อมูลสภาพการเดินรถ .....	44
3.17 ข้อมูลระยะทางจำนวน 13 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 1.....	45
3.18 ข้อมูลระยะทางจำนวน 12 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 2.....	46
3.19 ข้อมูลระยะทางจำนวน 18 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 3.....	46
3.20 ข้อมูลระยะทางจำนวน 16 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 4.....	57
3.21 ข้อมูลระยะทางจำนวน 11 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 5.....	57
3.22 ข้อมูลระยะทางจำนวน 15 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 6.....	48
3.23 ข้อมูลระยะทางจำนวน 13 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 7.....	48
3.24 ข้อมูลระยะทางจำนวน 16 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 8.....	49
3.25 ข้อมูลระยะทางจำนวน 15 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 9.....	49
4.1 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 1.....	51
4.2 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 2.....	52
4.3 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 3.....	52
4.4 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 4.....	53
4.5 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 5.....	53
4.6 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 6.....	54
4.7 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 7.....	54
4.8 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 8.....	55
4.9 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 9.....	55
4.10 เส้นทางการขนส่งสำหรับรถคันที่ 1 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	65
4.11 เส้นทางการขนส่งสำหรับรถคันที่ 2 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	66
4.12 เส้นทางการขนส่งสำหรับรถคันที่ 3 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	66

## สารบัญภาพ (ต่อ)

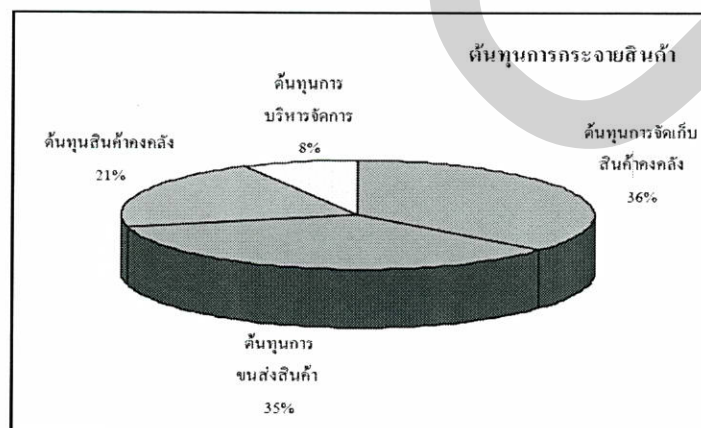
ภาพที่	หน้า
4.13 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 4 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	67
4.14 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 5 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	67
4.15 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 6 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	68
4.16 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 7 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	68
4.17 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 8 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	69
4.18 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 9 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	69
4.19 กราฟแท่งแสดงระยะทางหลังการจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager.....	70
4.20 กราฟแสดงระยะทางการจัดเส้นทางแบบเดิมกับการจัดเส้นทางด้วย Vehicles Routing Manager.....	72

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การดำเนินการทางธุรกิจและอุตสาหกรรม ต่างมีนโยบายการบริหารจัดการให้บริษัทมีผลกำไร เพื่อให้สามารถอยู่รอดได้ในท่ามกลางของการแข่งขันที่รุนแรง และสามารถขยายกิจการได้ โดยส่วนใหญ่มีเป้าหมายที่ชัดเจนคือ ต้องมีผลกำไรที่เพิ่มขึ้นเสมอ หลายกลยุทธ์ถูกคิดและสร้างขึ้น เพื่อมุ่งที่จะตอบโจทย์นั้น การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ การลดราคาสินค้า จัดโปรโมชั่น โฆษณาชวนเชื่อ แต่ในอีกมุมหนึ่งของแนวทางการบริหารจัดการให้มีผลกำไรที่เพิ่มขึ้น คือการแข่งขันกับต้นทุน การดำเนินงานของการดำเนินการทางธุรกิจและอุตสาหกรรม การบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์ ให้มีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำจะส่งผลโดยตรงกับผลกำไร เมื่อสามารถแข่งขันกับต้นทุนที่เกิดขึ้นได้ กิจกรรมด้าน การจัดซื้อ การจัดการสินค้าคงคลัง การจัดการคลังสินค้า การจัดเก็บ การขนย้าย การขนส่งและการกระจายสินค้า เป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่ส่งผลต่อต้นทุน โลจิสติกส์ และโรงงาน อุตสาหกรรมส่วนใหญ่ได้หันมาให้ความสำคัญในการลดต้นทุนการขนส่ง และการกระจายสินค้า เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้แล้วการขนส่ง และการกระจายสินค้ายังเป็นกิจกรรมด้าน โลจิสติกส์ ที่มีสัดส่วนต้นทุนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรม โลจิสติกส์ด้านอื่น

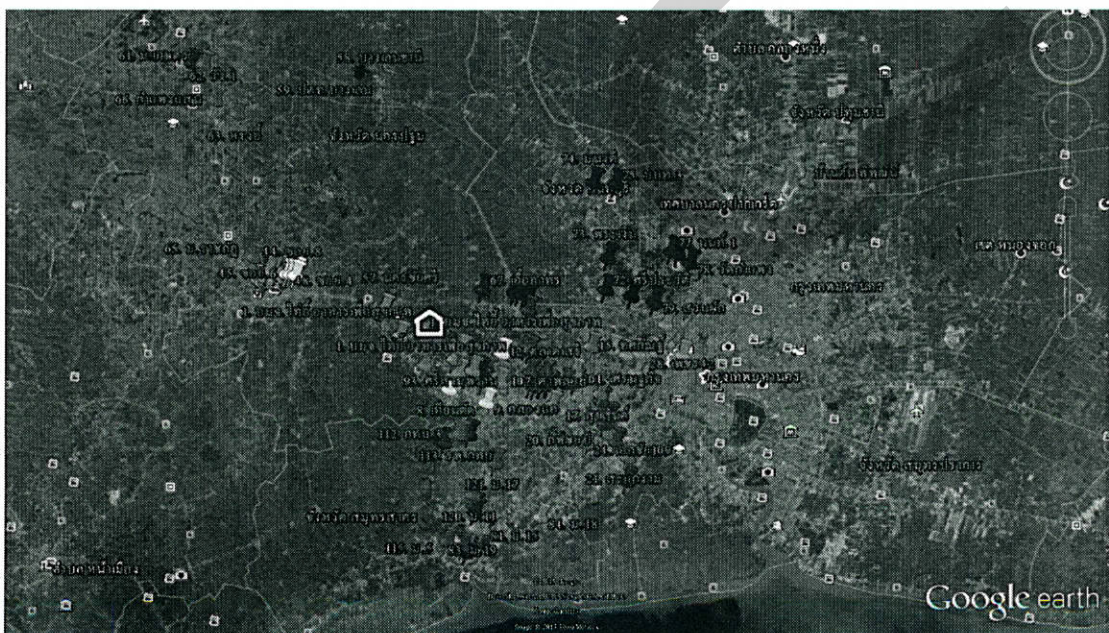


รูปที่ 1.1 แสดงต้นทุนการกระจายสินค้า

ที่มา : พรพิมล เอี่ยมสำอางค์ (2551)

การขนส่งสินค้าทางถนนเป็นรูปแบบขนส่งสินค้าที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากมีจุดเด่นเหนือกว่าการขนส่งรูปแบบอื่นในประเด็นแรก ความสามารถในการเข้าถึงจุดรับและส่งสินค้า ประเด็นที่ 2 การเตรียมตัวในการและการรับสินค้าทำได้ง่าย ดังนั้นจึงสามารถจัดส่งได้ด้วยความถี่ที่สูง ประเด็นสุดท้าย การขนส่งทางถนนเหมาะสำหรับการกระจายสินค้าให้กับผู้จำหน่ายสินค้ารายย่อย (อัครพล เนื่องฤทธิ์, มาโนช โลหเตปานนท์, : 2550)

บริษัทที่ผู้วิจัยใช้เป็นนักรถศึกษา ตั้งอยู่ที่ จ.นครปฐม ประกอบธุรกิจโรงอุตสาหกรรมผลิตและจำหน่ายอาหารแช่แข็ง อาหารเจพร้อมปรุง อาหารเจปรุงสำเร็จ ซาหมัไม่มูก ซึ่งมีจุดจำหน่ายซาไม่มูกโดยรอบบริเวณจำนวน 120 จุดบริการ มีรถที่วิ่งขนส่งไม่มูกทั้งหมด 9 คัน วิ่งส่ง 9 เส้นทาง โดยรถแต่ละคันต้องมาขึ้นสินค้าที่โรงงานและที่วิ่งส่งไม่มูกตามจุดจกดครบ และกลับมาถึงจุดเริ่มที่โรงงานทุกวันแบ่งออกเป็นช่วงเช้า 1 รอบ และช่วงบ่ายอีก 1 รอบ โดยไม่ข้อจำกัดใดๆ เช่น ข้อจำกัดด้านความจุ ข้อจำกัดด้านกรอบเวลา เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันทางผู้รับผิดชอบงานจัดส่งขนส่งใช้การจัดแบบสถานีที่ใกล้ส่งก่อน วิ่งส่งจนครบ 120 จุดบริการ โดยมีระยะทางการวิ่งส่งไม่มูกต่อวันรวมรถ 9 คัน 9 เส้นทาง เป็นระยะทาง 2,060 กิโลเมตรต่อวัน ผู้วิจัยต้องการที่จะลดระยะทางการขนส่งสินค้าลงซึ่งจะส่งผลให้หมีค่าใช้จ่ายในภาคขนส่งที่ลดลงตามไปด้วย คือ ค่าเชื้อเพลิงลดลง ค่าบำรุงรักษารถขนส่งสินค้าตามระยะทางลดลง นั่นคือทำให้บริษัทมีผลกำไรที่เพิ่มขึ้นเพราะสามารถแข่งขันกับต้นทุนนี้ได้



## รูปที่ 1.2 จุดจำหน่ายชาไข่มุก 120 จุดบริการ

โดยการเสนอแนวทางการคำนวณเส้นทางการเดินรถที่ประหยัดที่สุด ใช้การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) โดยการใช้โปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic Programming) คู่กับการหาระยะทางจากโปรแกรม Google Earth สำหรับการดำเนินธุรกิจที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าชาไข่มุกที่เหมาะสมและมีระยะทางลดลงต่ำสุด

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงรถขนส่งสินค้าที่เกิดขึ้น
2. เป็นแนวในการบริหารจัดการส่วนงานอื่นภายในองค์กร

### 1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. ใช้โปรแกรมเชิงพลวัต ในการคำนวณหาเส้นทางการขนส่งสินค้า
2. ให้ระยะทางระหว่างจุดบริการแต่ละจุดของยานพาหนะทั้ง 9 คัน จุดบริการเฉพาะคันนั้น

เป็นสมมาตรกัน

1. ใช้โปรแกรม Google Earth ในการหาพิกัดของลูกค้า
2. ไม่มีข้อจำกัดด้านความจุ ข้อจำกัดด้านกรอบเวลา
3. ใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการวิจัย

## บทที่ 2

### ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยหัวข้อ การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยการโปรแกรมเชิงพลวัต กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมชาไข่มุก ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลที่เป็นทฤษฎีทางการขนส่งและกระจายสินค้ารวมถึงต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์ ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยสามารถแบ่งหัวข้อได้ดังนี้

#### 2.1 โลจิสติกส์

โลจิสติกส์ หรือ ลอจิสติกส์ (logistics) เป็นระบบการจัดการการส่งสินค้า ข้อมูล และทรัพยากรอย่างอื่นจากจุดต้นทางไปยังจุดบริโภคตามความต้องการของลูกค้า โลจิสติกส์เกี่ยวข้องกับการผสมผสานของ ข้อมูล การขนส่ง การบริหารวัสดุคงคลัง การจัดการวัตถุดิบ การบรรจุหีบห่อ โลจิสติกส์เป็นช่องทางหนึ่งของห่วงโซ่อุปทาน (Logistics and Supply Chain) โดยมีจุดเริ่มต้นมาจากการขนส่งสินค้าทางการทหาร ในการส่งกำลังบำรุง ทั้งเสบียง อาวุธ กำลังพล เพื่อสนับสนุนการรบ หรือ กิจกรรมที่มีการเคลื่อนย้าย จัดเก็บ จากอีกที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง อาจมีการจัดเก็บระยะเวลาหรือระยะเวลาชั่วคราว เช่น เอกสาร สินค้าสำเร็จรูป วัตถุดิบ

The Council of Logistics Management (CLM) เป็นองค์กรทางวิชาชีพทางด้านโลจิสติกส์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำจำกัดความของการจัดการด้านโลจิสติกส์เอาไว้ว่า “กระบวนการในการวางแผน ดำเนินการ และควบคุมประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเคลื่อนย้าย การจัดเก็บสินค้า บริการ และสารสนเทศจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่มีการใช้งาน โดยมีเป้าหมายที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค” จากคำจำกัดความนี้ CLM ได้อธิบายความหมายของโลจิสติกส์รวมความถึง กระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าและบริการ ทั้งภาคการผลิตและภาคการบริการ ในส่วนภาคการบริการนั้นได้แก่ ส่วนงานภาครัฐ โรงพยาบาล ธนาคาร การค้าส่งและการค้าปลีก ตลอดจนการจัดการจัดการขั้นสุดท้าย(การขจัด) การแปลสภาพหรือการนำสินค้ามาใช้ใหม่ เช่น การขจัดหีบห่อวัตถุดิบเมื่อส่งสินค้าถึงจุดหมายปลายทางแล้ว และการกำจัดอุปกรณ์เก่าที่ไม่ใช้แล้ว



## 2.2 กิจกรรมหลักของโลจิสติกส์

คือ กิจกรรมหลักที่ต้องใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการย้ายสินค้าจากจุดกำหนดไปยังจุดบริโภค ได้แก่

2.2.1 การบริการลูกค้า สามารถให้คำจำกัดความได้ดังนี้ “ปรัชญาที่มุ่งให้ความสำคัญกับลูกค้า ซึ่งได้ประสานและบริหารสิ่งซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับลูกค้า ด้วยการผสมผสานต้นทุนและการบริการที่กำหนดไว้อย่างสุด” การบริการลูกค้าคือ ผลลัพธ์ของระบบโลจิสติกส์ รวมไปถึงการส่งมอบสินค้าไปยังลูกค้าตามสถานที่ที่กำหนด ภายใต้เงื่อนไขและเวลาที่เหมาะสมด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

2.2.2 การพยากรณ์และการวางแผนอุปสงค์ โลจิสติกส์จะเกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ในด้านการบริหารสินค้าคงคลังการสั่งซื้อสินค้าจากผู้จัดส่งสินค้า/วัตถุดิบ ใช้ในการวางแผนการผลิตเชื่อมต่อการขนส่งและทำการตลาด

2.2.3 การบริหารสินค้าคงคลัง เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงระดับสินค้าคงคลังเพื่อให้กิจการประสบความสำเร็จในการให้บริการลูกค้าได้ในระดับสูง มีต้นทุนในการดูแลสินค้าได้แก่ ต้นทุนสัมพันธ์กับสินค้าคงคลัง ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าพื้นแปร ความล่าช้าของสินค้า ต้นทุนเหล่านี้ อาจมีพิสัยตั้งแต่ 14-50% ของมูลค่าสินค้าคงคลังต่อปี

2.2.4 การติดต่อสื่อสารด้านโลจิสติกส์ โลจิสติกส์เป็นงานที่มีกระบวนการเกี่ยวข้องกับแต่ละหน่วยงานและองค์กรอย่างขวาง การติดต่อสื่อสารด้านโลจิสติกส์จึงอาจกล่าวได้ว่า

- 1) ระหว่างองค์กรกับผู้จัดส่งสินค้า/วัตถุดิบและลูกค้า
- 2) ระหว่างหน่วยงานหลักภายในองค์กร เช่น โลจิสติกส์ ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายบัญชี การตลาด และฝ่ายผลิต
- 3) ระหว่างรูปลักษณะด้านโลจิสติกส์ เช่น การประสานงานกับโกดังเก็บวัตถุดิบ งานระหว่างทำสินค้าสำเร็จรูป
- 4) การจัดการวัตถุดิบ เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานตั้งแต่การจัดกาวัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูป การปฏิบัติงานระหว่างดำเนินการ ต้นทุนนี้จะเพิ่มสูงขึ้น โดยไม่มีการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทุกครั้งเมื่อมีการขนย้ายหรือจัดการ จุดมุ่งหมายการจัดการวัตถุดิบ คือ การลดงานให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ได้แก่ การลดระยะทาง การลดปัญหาคอขวดของระดับสินค้าคงคลัง การสูญเสียและการสูญหาย การจัดการวัตถุดิบนี้จะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้อย่างชัดเจน
- 5) กระบวนการสั่งซื้อ เกี่ยวข้องกับการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า การตรวจสอบสถานะของคำสั่งซื้อและการติดต่อสื่อสารไปยังลูกค้า การเปิดคำสั่งซื้อจริงและการส่งมอบสินค้าตามคำสั่งซื้อ นั้น แต่ละส่วนประกอบของการสั่งซื้อได้รวมถึงการตรวจสอบยอดสินค้าคงคลัง เกร็ดลูกค้า ไปสั่ง

สินค้าและยอดลูกนี้ เนื่องจากวัฏจักรสั่งซื้อเป็นกุญแจสำคัญของการเชื่อมต่อระหว่างลูกค้ากับองค์กรและสามารถสร้างผลกระทบอย่างมากต่อการรับรู้ในด้านการบริการและความพึงพอใจของลูกค้า

6) การหีบห่อและการบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณค่าทั้งในรูปแบบของการตลาดและการประชาสัมพันธ์ รวมทั้งเพื่อปกป้องตัวสินค้าในการจัดเก็บและระหว่างการขนส่งสินค้า ในมุมมองของโลจิสติกส์ บรรจุภัณฑ์สามารถถ่ายทอดข้อมูลที่สำคัญไปยังผู้บริโภคได้ บรรจุภัณฑ์ที่มีความสวยงามสามารถสร้างความสนใจให้กับลูกค้าได้ ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บด้วยการออกแบบที่เหมาะสมกับสินค้าคงคลังและเครื่องมือขนย้าย

7) ะไหล่และการให้บริการ นอกจากโลจิสติกส์ได้เข้ามามีบทบาทในการช่วยเหลือการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบงานระหว่างทำและสินค้าสำเร็จรูปแล้ว ยังมีความรับผิดชอบต่อการให้บริการหลังการขายด้วย ซึ่งได้แก่ การจัดส่งอะไหล่ไปยังผู้แทนจำหน่าย การจัดเก็บอะไหล่ไว้อย่างพอเพียง การรับคืนสินค้าที่ชำรุดหรือผิดปกติจากลูกค้า และการตอบสนองความต้องการเหล่านั้นอย่างรวดเร็ว

8) การเลือกสถานที่ตั้งโรงงานและการคลังสินค้า เป็นการตัดสินใจทางกลยุทธ์ ซึ่งผลกระทบไม่ เฉพาะต่อต้นทุนค่าขนส่งวัตถุดิบและสินค้าเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงระดับการให้บริการและความรวดเร็วในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า การพิจารณานี้ยังรวมไปถึงสถานที่ตั้งของลูกค้า ผู้จัดส่งสินค้า/วัตถุดิบ ผู้ให้บริการขนส่ง จำนวนและค่าจ้างแรงงาน และการให้ความร่วมมือจากภาครัฐ เป็นต้น

9) การจัดหา/วัตถุดิบ คือการซื้อวัตถุดิบและบริการจากองค์กรภายนอกเพื่อรองรับการปฏิบัติงานตั้งแต่การผลิตจนถึงการตลาด การขาย และ โลจิสติกส์ กระบวนการสั่งซื้อสินค้ายังหมายถึงการจัดซื้อ การบริหารอุปทาน และกิจกรรมในรูปแบบอื่นๆ เช่น การการคัดเลือกผู้จัดส่งสินค้า/วัตถุดิบ การเจรจาต่อรองราคา เงื่อนไข และปริมาณการสั่งซื้อ รวมทั้งการประเมินคุณภาพของผู้จัดส่งสินค้า/วัตถุดิบด้วย

10) การจัดการสินค้ารับคืน การคืนสินค้าอาจเกิดขึ้นเนื่องจากปัญหาด้านตัวสินค้าเองหรือการเปลี่ยนใจของลูกค้า การจัดการสินค้าที่ถูกส่งคืนนั้นเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน เนื่องจากการเคลื่อนย้ายสินค้าจำนวนที่น้อยจากลูกค้า ซึ่งต้นทุนในการเคลื่อนย้ายสินค้าจากลูกค้าผ่านช่องทางที่ธุรกิจใช้ในทิศทางย้อนกลับจากลูกค้าไปยังผู้ผลิตอาจสูงกว่าต้นทุนการเคลื่อนย้ายสินค้าจากผู้ผลิตไปยังลูกค้า

11) โลจิสติกส์ย้อนกลับ เกี่ยวข้องกับการขนย้ายหรือทำลายขยะที่เกิดจากการผลิต การจัดส่งหรือกระบวนการบรรจุ ซึ่งอาจมีการจัดเก็บไว้อย่างชั่วคราว การขนส่งเพื่อไปยังสถานที่

ทำลาย การนำกลับมาผ่านกระบวนการ รีไซเคิล Recycle เพื่อใช้ใหม่ ทำให้กระบวนการเหล่านี้มีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น

12) การขนส่ง ประเด็นสำคัญในกิจกรรมด้าน โลจิสติกส์คือการทำให้การเคลื่อนย้าย วัตถุดิบและสินค้าจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดบริโภคซึ่งบางครั้งอาจรวมไปถึงจุดที่ทำลาย การขนส่งจึงเกี่ยวข้องตั้งแต่การเลือกวิธีการขนส่งประเภทต่างๆ ซึ่งปกติแล้วการขนส่งเป็นกิจกรรมที่มีต้นทุนที่สูงที่สุดในกิจกรรมด้าน โลจิสติกส์

13) คลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้า เป็นการอำนวยความสะดวกทั้งด้านเวลาและสถานที่ ซึ่งช่วยให้สินค้าที่ผลิตขึ้น ได้ถูกพักเพื่อรอการบริโภค หรือเป็นที่พักของวัตถุดิบเพื่อรอการผลิต ซึ่งอาจจัดเก็บไว้ใกล้ๆกับที่ๆ มีความต้องการสินค้านั้นแล้วทำการจัดส่งภายหลังต่อไป

### 2.3 ต้นทุนด้านโลจิสติกส์

ต้นทุนด้าน โลจิสติกส์เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่รองรับกระบวนการ โลจิสติกส์ ประเภทของ ต้นทุนหลักๆ ได้แก่ 4 กิจกรรมคือ การขนส่ง การเก็บรักษาสินค้าคงคลัง การบริการคลังสินค้า การบริหารจัดการ(การจัดการ ไซ้อุปทานและ โลจิสติกส์; บ.สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด)

2.3.1 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนส่ง (Transportation Cost) ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายจากกิจกรรม ด้านขนส่งสินค้า เช่น การขนส่งขาเข้า และการขนส่งสินค้าออกจากโรงงาน ต้นทุนค่าขนส่งเพื่อการส่งออก (Export Cost) ค่าระวาง (Freight Cost) ค่าเอกสารเพื่อการส่งออก (Document Cost) ค่าพิธีการ (Local Charge) เป็นต้น ต้นทุนขนส่งสามารถพิจารณาได้หลายทางขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ ต้นทุนของหน่วยงาน สามารถแบ่งได้ตามประเภทของลูกค้า ผลิตภัณฑ์ ช่องทางการจำหน่าย เช่น แปรผันตามปริมาณ การขนส่ง น้ำหนัก ระยะทางจุดต้นทางและปลายทางและอาจแปรผันตามรูปแบบการขนส่งอีกด้วย

2.3.2 ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory Carrying Cost) เป็นกิจกรรมได้แก่ การควบคุมสินค้าคงคลัง การบรรจุภัณฑ์ การซ่อมแซม และการทำลายสินค้าที่ชำรุด ซึ่งต้นทุนที่เกี่ยวข้องนี้จะแปรผันตามปริมาณสินค้าคงคลัง โดยวัดได้จากต้นทุนเงินลงทุน (Capital Cost) ต้นทุนค่าเสียโอกาส ต้นทุนในการดูแลสินค้า พื้นที่จัดเก็บ และต้นทุนความเสี่ยงในการถือครองสินค้า ต้นทุนนี้ถือเป็นค่าเสียโอกาสในทางเศรษฐศาสตร์ โดยส่วนใหญ่ต้นทุนนี้จะแปรผันตามจำนวนสินค้าที่จัดเก็บในคลัง

2.3.3 ต้นทุนค่าบริหารสินค้าคงคลัง (Warehouse Management Cost) คือต้นทุนที่เกี่ยวกับกิจกรรมภายในคลังสินค้า ประกอบด้วย พนักงาน อุปกรณ์ การเลือกสถานที่ตั้ง โรงงานและ

คลังสินค้า การดูแลรักษาค้างสินค้าและการประกันภัย ซึ่งต้นทุนนี้จะแปรผัน ตามจำนวนและสถานที่ตั้งของสินค้า

2.3.4 ต้นทุนการบริหารจัดการ (Administation Cost) ได้แก่ ต้นทุนที่เกี่ยวกับกิจกรรมที่กำหนดระดับการให้บริการลูกค้า ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการส่งสินค้า การจัดหาอะไหล่ และการบริการสนับสนุนอื่นๆ และค่าใช้จ่ายในการจัดสินค้าส่งคืน นอกจากนี้ยังรวมถึงต้นทุนกระบวนการและข้อมูลในการสั่งซื้อและต้นทุนการจัดซื้อ ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนทางการสั่งซื้อหรือกระจายคำสั่งซื้อ กาดติดต่อสื่อสาร การพยากรณ์ความต้องการ พัฒนาระบบสารสนเทศ การจัดซื้อ (Porcurement Cost) (สภานุช สุชาติวุฒิ:2556)

## 2.4 การขนส่ง

การขนส่ง คือกิจกรรมในการเคลื่อนย้ายสินค้า หรือบุคคลจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง (Talley, 1983, : 1) จากความหมายดังกล่าวแล้ว การขนส่งจัดกิจกรรมบริการ 2 ลักษณะ คือสินค้า หรือสิ่งของทุกชนิด ซึ่งได้แก่อาหาร เสื้อผ้า ยารักษาโรค เครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน ฯลฯ และรวมถึงไปรษณีย์ภัณฑ์ต่างๆ ด้วยอีกลักษณะหนึ่ง ได้แก่บุคคล ซึ่งอาจหมายถึงบุคคลเดี่ยวหรือหมู่คณะ ซึ่งลักษณะของผู้ขนส่งและบริการ การขนส่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 รูปแบบ การขนส่งทางถนน การขนส่งทางรถไฟ การขนส่งทางอากาศ การขนส่งทางน้ำ การขนส่งทางท่อ และการขนส่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ คือ

1. เส้นทาง (The Way) เส้นทางในการขนส่ง แบ่งออกเป็นเส้นทางน้ำซึ่งเป็นเส้นทางเดินเรือระหว่างประเทศโดยผ่านทะเลและมหาสมุทร หรือเส้นทางภายนอกในประเทศ เช่น ลำคลอง แม่น้ำ ฯลฯ เส้นทางบก แบ่งออกเป็นเส้นทางรถยนต์และเส้นทางรถไฟ ประการสุดท้าย คือเส้นทางอากาศ ซึ่งสามารถติดต่อได้ทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศ นอกจากเส้นทาง การขนส่งดังกล่าวแล้ว ท่อในการลำเลียง ก๊าซหรือวัสดุอย่างอื่น ก็จัดเป็นเส้นทางด้วย

2. พาหนะ (The Vehicle) พาหนะเป็นสื่อกลางในการลำเลียงผู้โดยสารหรือสินค้าในสมัยโบราณ ได้แก่ช้าง ม้า ลา อูฐ เควียนเรือ ฯลฯ แต่ปัจจุบันได้นำเครื่องจักรมาใช้ในการขับเคลื่อนแทนแรงงานคนและสัตว์ พาหนะในปัจจุบัน ได้แก่ รถยนต์ รถไฟ เครื่องบิน เรือ ฯลฯ

3. สถานี (The Terminal) สถานีเป็นจุดเริ่มต้นหรือปลายทางของการขนส่งสถานีแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับเส้นทางและยานพาหนะในการขนส่ง ตัวอย่างการขนส่งทางบก สถานี ได้แก่ สถานีขนส่งรถประจำทาง สถานีรถไฟ การขนส่งทางน้ำ ได้แก่ท่าเรือ สะพานปลา การขนส่งทางอากาศ ได้แก่ สนามบิน

4. ผู้ประกอบการ (The carrier) ผู้ประกอบการคือ ผู้ที่ให้บริการการขนส่งอาจจะเป็น รัฐบาล หรือเอกชน ผู้ให้บริการอาจได้รับค่าจ้าง ถ้าดำเนินการในลักษณะของธุรกิจหรือไม่ได้รับผลตอบแทน ถ้าดำเนินการเพื่อส่วนบุคคลมิได้รับจ้าง

## 2.5 ต้นทุนการขนส่ง

สภานุช สุชาติวุฒิ กล่าวว่า (ค่านาย โภภิทร์ชญากุล, 2550) ให้ข้อมูลว่า ในปัจจุบันการขนส่งมีความสำคัญต่อธุรกิจเกือบทุกประเภททั้งในส่วนของการจัดหาวัตถุดิบการผลิต การขายและการจำหน่าย ในหลายธุรกิจต้นทุนของการขนส่งนับเป็นต้นทุนที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์/บริการ โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่เปลี่ยนแปลงใดๆ ตามการผลิตไม่ว่าจะทำการผลิตหรือไม่ผลิตก็ตาม ต้นทุนนี้จะเกิดขึ้นเป็นจำนวนที่คงที่ ต้นทุนนี้ถึงแม้จะมีการผลิตที่มากหรือน้อยเพียงใด ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายในอัตราที่เท่าเดิมอยู่ตลอดเวลา เช่น ค่าทะเบียนพาหนะ ค่าเสื่อมราคาเงินเดือนประจำ เป็นต้น ในบางครั้งต้นทุนประเภทนี้อาจเรียกชื่อได้อีกอย่างอื่นอีก เช่น Constant Cost หรือ Overhead Cost

2. ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการผลิต อาจเรียกชื่อเป็นอย่างอื่นได้อีก คือ ต้นทุนดำเนินงาน (Operation Cost) ถ้าให้บริการขนส่งมากต้นทุนนี้ก็มากด้วย ถ้าผลิตและบริการขนส่งที่น้อยต้นทุนนี้ก็จะมีน้อยตามไปด้วย และถ้าไม่ได้ให้บริการเลยก็ไม่ต้องจ่ายต้นทุนนี้เลย ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เป็นต้น

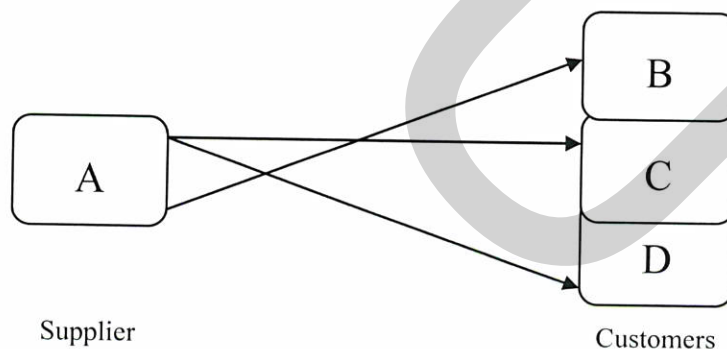
3. ต้นทุนรวม (Total Cost หรือ Joint Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ โยรวมเอาต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผันมารวมกัน ถือเป็นต้นทุนของการบริการทั้งหมด ในการขนส่งถือว่าเป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการขนส่งสินค้า โดยไม่สามารถจะแยกออกได้ว่าต้นทุนของการขนส่งสินค้าหรือบริการแต่ละอย่างแต่ละประเภทรุนั้นเป็นเท่าใด เช่น การขนส่งทางรถไฟ โดยขบวนหนึ่งอาจมีผู้โดยสาร สินค้า และบริการอยู่ในขบวนเดียวกัน ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจะเป็นต้นทุนรวมกัน เพราะไม่สามารถแยกออกได้ว่าเป็นต้นทุนในการขนส่งผู้โดยสาร หรือเป็นต้นทุนในการขนส่งสินค้าหรือบริการ เป็นต้น ดังนั้นต้นทุนในการขนส่งสินค้าเท่านั้นที่ควรแบ่งสรรไปยังสินค้าแต่ละชนิดที่ขนส่ง การที่ต้องแบ่งสรรต้นทุนเช่นนี้ก็จะขึ้นเป็นประโยชน์แก่ธุรกิจ เพื่อจะได้ทราบว่าสินค้าแต่ละประเภทที่ดำเนินการอยู่นั้นมีต้นทุนและกำไรเพียงใด ต้นทุนรวมที่สามารถแยกแยะได้ชัดเจน เช่น ค่าน้ำมันซึ่งอาจคิดเฉลี่ยค่าน้ำมันแต่ละเที่ยวไปตามน้ำหนักบรรทุกสินค้า เป็นต้น

4. ต้นทุนที่พลิกกลับ ( Back Haul Cost ) เป็นต้นทุนที่ได้รวมค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) เข้าไปด้วย ในกรณีของการขนส่งหมายถึง การที่ต้องบรรทุกผู้โดยสาร สินค้าหรือบริการ ไปส่งยังจุดหมายปลายทางแล้ว ในที่พลิกกลับนั้นไม่ได้บรรทุกอะไรกลับมาเลย กรณีนี้จึงต้องมีการคิดถึงต้นทุนที่พลิกกลับรวมไว้ในกรณีคิดต้นทุนค่าบริการขนส่งด้วย ซึ่งในบางครั้งลักษณะเช่นนี้ ถือว่าการศูนย์เปล่าได้เกิดขึ้นและถือเป็นการขนส่งที่ทำให้เกิดการประหยัดด้วย ต้นทุนในการขนส่งนั้น จะมีความแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยของลักษณะของเส้นทางที่ใช้ในการขนส่ง ระยะทางและระยะเวลาในการขนส่ง ลักษณะของสินค้าและบริการที่จะทำการขนส่งและสภาพแวดล้อมและภูมิประเทศที่จะทำการขนส่ง

## 2.6 การออกแบบการขนส่ง

การจัดการการขนส่งมีวัตถุประสงค์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าในด้านเวลาและต้นทุน การออกแบบการขนส่งมีหลายทางเลือก เช่น การขนส่งแบบตรง (direct shipment) การขนส่งแบบรวบรวมและแบบรวมกระจายสินค้า (milk runs) การขนส่งแบบใช้คลังสินค้าเป็นจุดผ่าน (cross dock) การออกแบบการขนส่งตามขนาดของลูกค้า ตามความหนาแน่นและระยะทางตามอุปสงค์และมูลค่าของผลิตภัณฑ์

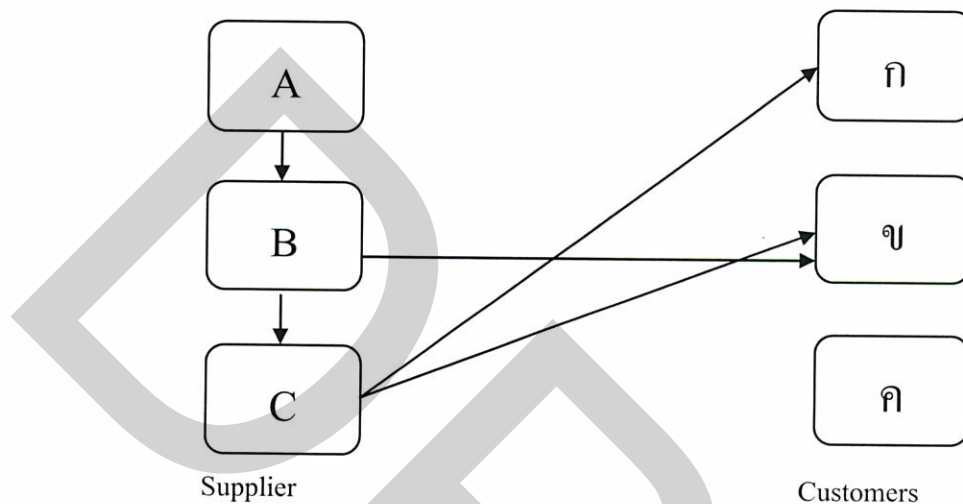
2.6.1 การขนส่งแบบตรง (direct shipment) คือ การส่งสินค้าจากโรงงานเต็มคันรถ (full truck load :FTL) ตรงไปให้ลูกค้าแต่ละราย โดยสินค้าจะไม่ผ่านคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าและไม่มีการเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะระหว่างทาง



รูปที่ 2.1 การขนส่งแบบตรง

2.6.2 การขนส่งแบบตรงแบบ Milk Runs เป็นวิธีขนส่งเพื่อใช้ระวางยานพาหนะให้ได้ประโยชน์สูงสุดหรือเต็มคันรถ ประกอบด้วย การขนส่งตรงแบบรวมสินค้าจากผู้ผลิตหลายรายไปให้ลูกค้ารายเดียว การขนส่งจากโรงงานไปให้ลูกค้าหลายรายและขนส่งตรงแบบรวมสินค้าจากผู้ผลิตหลายรายไปให้ลูกค้าหลายราย

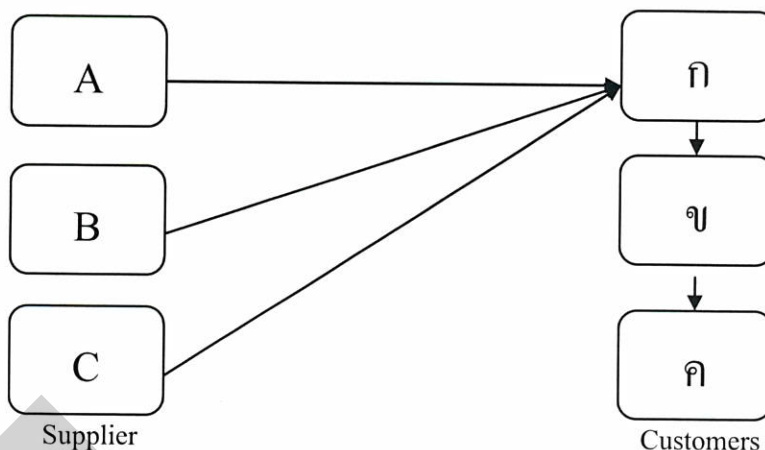
1) With Milk Runs Multiple Suppliers การขนส่งตรงผลิตภัณฑ์ไม่ต้องเก็บรักษาหรือพักที่คลังสินค้าทำให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งและส่งมอบได้รวดเร็ววิธีการขนส่งดังกล่าวจะใช้กับลูกค้าที่ซื้อสินค้ามากพอเต็มคันรถ ในกรณีลูกค้าซื้อสินค้าไม่มากพอเต็มคันรถก็มีความเป็นไปได้ที่จะใช้การขนส่งแบบ Milk Runs โดยรวมสินค้าจากหลายโรงงานเต็มคันรถไปให้ลูกค้าแต่ละราย



รูปที่ 2.2 การขนส่งแบบตรงกับ Milk Runs สำหรับ Multiple Suppliers

ยานพาหนะแต่ละคันแวะรับสินค้าจากผู้ผลิต A,B,C และอื่นๆ แล้วส่งให้ลูกค้าแต่ละราย เช่น ยานพาหนะหมายเลข 1 บรรทุกผลิตภัณฑ์จากโรงงาน A,B,C เต็มคันรถแล้วส่งให้ลูกค้า ก ยานพาหนะหมายเลข 2 ส่งให้ลูกค้า ข และยานพาหนะหมายเลข 3 ส่งให้ลูกค้า ค วิธีนี้จะได้ประโยชน์รถบรรทุกขนส่งได้เต็มที่ อย่างไรก็ตามหากซัพพลายเออร์แต่ละราย อยู่ห่างกันวิธีนี้อาจไม่คุ้มค่าน

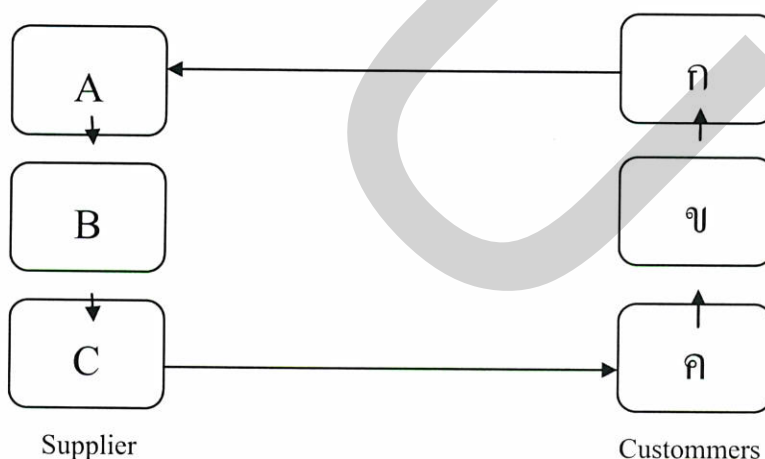
2) Direct Shipment With Milk Runs to Multiple Customers การขนส่งตรงจากโรงงานไปหาลูกค้าหลายราย สามารถทำได้หากปริมาณสินค้ามากพอเต็มคันรถ ในกรณีลูกค้าแต่ละราย สั่งซื้อสินค้าปริมาณไม่มากพอเต็มคันก็สามารถใช้วิธีแบบ milk runs ได้ โดยยานพาหนะบรรทุกสินค้าเต็มคันรถจากโรงงานไปให้ลูกค้าหลายราย วิธีขนส่งแบบนี้จะลดต้นทุนขนส่งและเพิ่มระดับการให้บริการลูกค้า



รูปที่ 2.3 การขนส่งตรงจาก Supplier ไปหา Customers หลายราย

ยานพาหนะบรรทุกสินค้าเต็มคันจากโรงงาน A ไปให้ลูกค้า ก ข และ ค จากโรงงาน B ขนส่งสินค้าเต็มคันไปให้ลูกค้า ก ข และ ค และจากโรงงาน C ไปให้ลูกค้า ก ข และ ค การขนส่งแบบนี้ใช้กับวัสดุและสินค้าสำเร็จรูปเช่น รถบรรทุกขนวัสดุจากผู้ผลิตเต็มคันรถไปส่งให้โรงงานประกอบรถยนต์อยู่ใกล้เคียงกันหลาย โรงงาน ซึ่งเอื้อต่อการผลิตแบบ Just in Time (JIT)

3) Direct Shipment with Milk Runs From Multiple Suppliers to Multiple Customers การขนส่งตรงแบบรวบรวมสินค้าจากผู้ผลิตหลายรายไปให้ลูกค้าหลายราย วิธีขนส่งแบบนี้เป็นแบบ milk runs จากซัพพลายเออร์หลายรายไปส่งให้ลูกค้าหลายราย การขนส่งแบบนี้สามารถนำมาใช้โดยรวบรวมสินค้าจากผู้ผลิตหลายรายเต็มคันรถแล้วไปกระจายส่งให้ลูกค้าหลายราย



รูปที่ 2.4 การขนส่งแบบตรงรวบรวมสินค้าจากซัพพลายเออร์หลายรายและส่งลูกค้าหลายราย

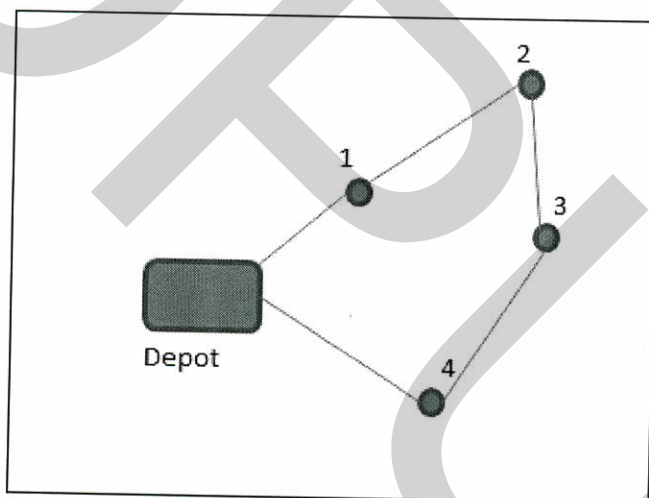
ยานพาหนะรวบรวมสินค้าจากซัพพลายเออร์ A,B และ C เต็มคันรถแล้วส่งให้ลูกค้า ก ข และ ค กรณีซัพพลายเออร์เป็นผู้ผลิตวัสดุและลูกค้าก็จะเป็นผู้ผลิตสินค้าสำเร็จรูป และซัพพลายเออร์เป็นผู้ผลิตสินค้าสำเร็จรูปลูกค้าก็อาจเป็นผู้ค้าปลีกหรือค้าส่ง



## 2.7 รูปแบบเส้นทางรถขนส่ง

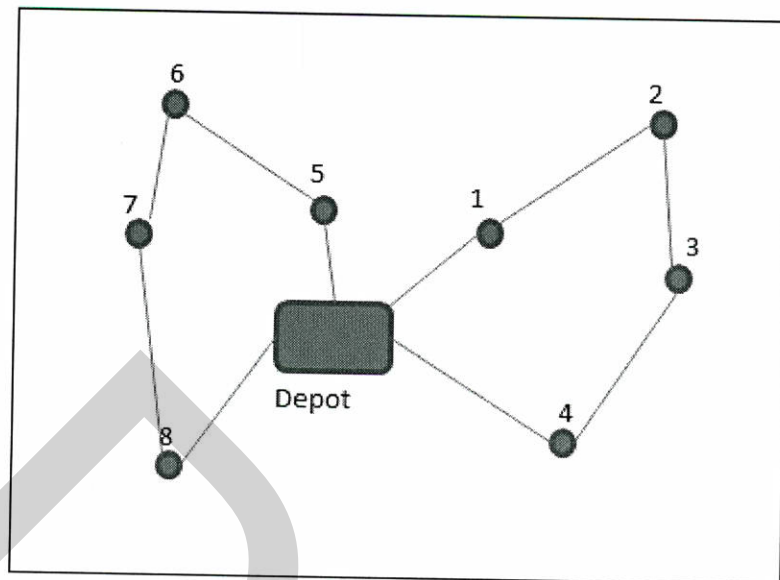
การจัดเส้นทางเดินรถออกจากศูนย์กระจายสินค้า (Depot) เป็นปัญหาในการจัดการเส้นทางและหาลำดับในการเดินทางไปยังลูกค้า โดยมีเป้าหมายทางธุรกิจเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ซึ่งแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหามีรูปแบบโดยวิธีการจำลองเรียงลำดับของปัญหาจากที่มีความซับซ้อนน้อยไปยังปัญหาที่มีความซับซ้อนมาก ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

2.7.1 การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบเส้นทางเดียว เป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถระดับง่ายสุดเนื่องจากการจัดลำดับการขนส่งสินค้าแบบใช้เส้นทางเดินรถทางเดียวเพื่อขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าตามจุดต่างๆ โดยรถบรรทุกจะเดินทางออกจากศูนย์กระจายสินค้าเดียว ไม่มีข้อจำกัดทางด้านเวลา และขนาดความจุรถบรรทุกของรถ ซึ่งผลลัพธ์ของเส้นทางที่จัดได้จะเริ่มต้นเดินทางผ่านจุดของลูกค้าแต่ละรายเพียงครั้งเดียว และเดินทางวนรอบมาสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้าเช่นเดิม



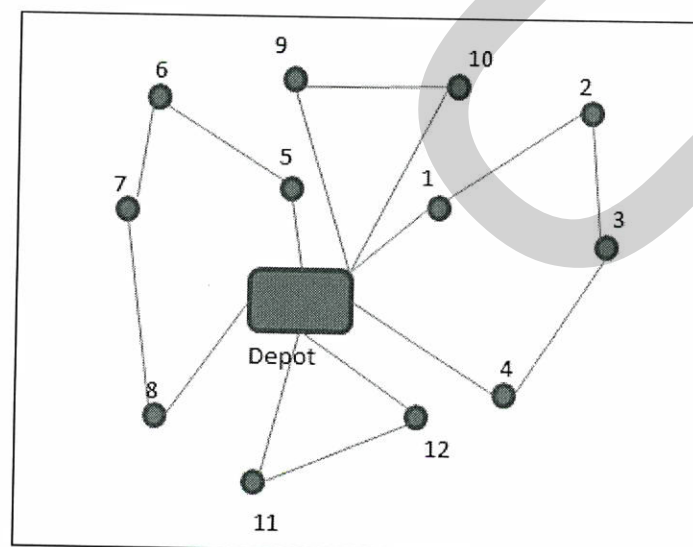
รูปที่ 2.5 การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบเส้นทางเดียว

2.7.2 การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบหลายเส้นทาง เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นซึ่งการจัดลำดับการขนส่งสินค้าแบบใช้เส้นทางหลายเส้นทางเพื่อขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าตามจุดต่างๆ โดยจะเดินทางออกจากศูนย์กระจายสินค้าเดียว ไม่มีข้อจำกัดทางด้านเวลาและขนาดความจุรถบรรทุกของรถ



รูปที่ 2.6 การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบหลายเส้นทาง

2.7.3 การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบคลาสสิก ปัญหาในระดับนี้เป็นการหาจำนวนเส้นทาง และการจัดลำดับการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าตามจุดต่างๆ โดยจะเดินทางออกจากศูนย์กระจายสินค้าเดียวซึ่งรับทราบความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายภายใต้ข้อจำกัดทางด้านเวลา และขนาดความจุรถบรรทุกของรถ (พัฒน์พงษ์ สุหนุ่นาง:2552)



รูปที่ 2.7 การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบคลาสสิก

## 2.8 ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง

ร้อยโทมิซึย แสงสุขชิลักษณ์ กล่าวว่า แนวความคิดพื้นฐานของปัญหาเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem) คือ การออกแบบเส้นทางเดินรถ (ทัวร์) ที่เหมาะสมที่สุดในแง่ค่าใช้จ่ายให้กับรถขนส่งสินค้าที่ทราบปริมาณความจุ เส้นทางรถขนส่งจะเริ่มต้นจากคลังสินค้าไปสู่กลุ่มลูกค้าที่ทราบตำแหน่งที่ตั้ง ทราบปริมาณสินค้าที่ต้องการแน่นอน และกลับมาสิ้นสุดเส้นทางที่คลังสินค้าเริ่มต้น โดยมีข้อจำกัดที่ว่าลูกค้าแต่ละรายจะได้รับบริการ โดยรถขนส่งสินค้าคันเดียว และปริมาณสินค้าที่นำส่งต้องไม่เกินความจุของรถขนส่งคันนั้นๆ

ปัญหาเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าพัฒนามาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem, TSP) ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย คือ การหาเส้นทางที่สามารถบริการลูกค้าทั้งหมดที่ได้กำหนดไว้ และกลับมาที่จุดเริ่มต้นเดิมโดยให้ระยะในการเดินทางทั้งหมดน้อยที่สุด ปัญหาลักษณะนี้จะไม่มีการจำกัดความจุของรถเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งแตกต่างจากปัญหาเส้นทางเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุเป็นตัวแปรสำคัญ การให้บริการของรถขนส่งต่อลูกค้า นั้น ต้องไม่ละเมิดข้อจำกัดด้านความจุ ปัญหาในการออกแบบเส้นทางเดินรถจึงอยู่ที่ว่าจะออกแบบเส้นทางอย่างไรให้รถขนส่งสินค้าสามารถปฏิบัติหน้าที่ในการขนส่งได้ตามข้อจำกัด และวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ปัญหาเส้นทางรถเดินรถจึงมีความซับซ้อนกว่าปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (มิซึย แสงสุขชิลักษณ์, : 2551)

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (The Traveling Salesman Problem: TSP) เป็นปัญหาในการค้นหาเส้นทางรวมที่สั้นที่สุดที่จะใช้ในการเดินทางของพนักงานขายที่ต้องเดินทางไปยังเมืองต่างๆ ให้ครบทุกเมืองตามที่กำหนด โดยอย่างน้อยจะต้องเดินทางผ่านเมืองละหนึ่งครั้งซึ่งในระหว่างเมืองแต่ละเมืองจะมีเส้นทางที่เชื่อมต่อถึงกัน ในปี ค.ศ.1950 มีการตีพิมพ์วารสารเกี่ยวกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเป็นจำนวนมากที่ได้กล่าวถึงผลงานการวิจัยที่สำคัญต่างๆ ในยุคนั้น และในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาได้มีวิวัฒนาการอย่างมากในการจัดการกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย และได้กำหนดเป้าหมายในการวิจัยโดยใช้จำนวนเมืองที่สามารถจัดเส้นทางเดินรถได้ เช่น 48-City Problem, 318-City Problem, 666-City Problem และ 2392-City Problem ดังนั้นการค้นหาเส้นทางและหรือวิธีการแก้ไขปัญหามีรูปแบบคล้ายกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (The Vehicle Routing Problem: VRP) ซึ่งก็เป็นปัญหาของการจัดการเพื่อหาจำนวนเส้นทาง และจัดลำดับของการเดินรถที่มีความเหมาะสมไปยังลูกค้าต่างๆ ในแต่ละเส้นทางเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมายธุรกิจ (พัฒน์พงษ์ สุหุณยานาง, : 2552)

รูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถมีพื้นฐานเริ่มจากความต้องการที่จุดต่างๆ และจะถูกบริการด้วยรถขนส่งโดยไม่มีข้อจำกัดด้านระยะทางและปริมาณ

ปัญหาคงกล่าวจะถูกแก้ไขปัญหาโดยให้หาค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำสุดและมีเส้นทางเดินรถที่เหมาะสม วิธีแก้ไขปัญหามีผลงานด้าน Operations Research ไว้ดังนี้ (นฤกร กาญจนรัตน์, : 2542)

1. The Travelling Saleman Problem (STP) เป็นรูปแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย 1 คน โดยมีเงื่อนไขว่าพนักงานขายจะต้องเดินทางผ่านทุกเมืองและเดินทางกลับทางที่ถูกเริ่มต้น มีระยะทางสั้นที่สุด

2. The Chinese Postman Problem เป็นการหาระยะทางที่สั้นที่สุดซึ่งจะต้องผ่านเส้นเชื่อมระหว่างเมืองต่างๆ อย่างน้อย 1 ครั้ง สามารถแก้ไขปัญหานี้โดยวิธี Polynomially-Bounded Algorithms

3. The M-Travelling Saleman Problem (TEP-M) เป็นรูปแบบปัญหาที่พัฒนามาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย 1 คน เป็นปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย M คน ซึ่งจะเหมาะกับปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงมากกว่า

4. The Single Depot, Multiple Vehicle, Node Routing Problem (Classical Vehicle Problem, VRP) เป็นรูปแบบปัญหาเส้นทางของยานพาหนะที่ใช้ขนส่งจากคลังสินค้า 1 แห่ง ไปยังจุดต่างๆ ที่มีความต้องการที่แน่นอน (Deterministic) โดยมีระยะทางทั้งหมดสั้นที่สุด

5. The Multiple Depot, Multiple Vehicle, Node Routing Problem เป็นรูปแบบปัญหาที่พัฒนามาจากรูปแบบปัญหาที่ 2.8.4 โดยที่มีคลังสินค้าหลายแห่ง

6. The Single Depot, Multiple Vehicle, Node Routing Problem with Stochastic Demands เป็นรูปแบบปัญหาที่ 2.8.4 โดยที่มีคลังสินค้า 1 แห่ง แต่ความต้องการของจุดต่างๆ ไม่ทราบแน่นอน (Certainly) เช่น ความต้องการกระจายแบบ Poisson

7. The Capacitated Chinese Postman Problem เป็นรูปแบบปัญหาที่พัฒนามาจากรูปแบบปัญหาที่ (2) เป็นรูปแบบปัญหาสำหรับโครงข่าย Undirect

2.8.1 วิธีแก้ปัญหาคือหาคำตอบของเส้นทางเดินรถขนส่ง วิธีแก้ปัญหาคือหาคำตอบของเส้นทางเดินรถขนส่งนั้นจากการศึกษาทางการขนส่งแบบ The Travelling Saleman Problem (STP) ที่มีคลังสินค้า 1 แห่งและมีลูกค้ากระจายอยู่หลายพื้นที่ มีเทคนิคในการแก้ปัญหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Optimization) ได้แก่

1) วิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method) เป็นวิธีแก้ปัญหาคำหนดเชิงเส้น (Linear Programming Problem: LP) ด้วยหลักการพีชคณิตเพื่อหาผลเฉลยของปัญหา วิธีซิมเพล็กซ์จะเริ่มต้นด้วยการปรับปรุงรูปแบบของปัญหาให้เขาเป็นรูปแบบทาบอเลย์ (Tableau form) มาตรฐานของโปรแกรมเชิงเส้นที่สามารถแก้ไขปัญหาได้ จากนั้นทำการวนซ้ำ (Iteration) จนกระทั่งได้ค่าที่ดีที่สุด

2) วิธีแตกกิ่ง (Branch & Bound) คือวิธีในการแก้ปัญหาคำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Programming) โดยการแบ่งหรือแตกกิ่ง (Dividing or Branching) และการหยุด (Conquering) โดยเริ่มจากปัญหาที่มีขนาดใหญ่และแบ่งเป็นปัญหาย่อยๆ (Sup problem) จากนั้นพิจารณาขอบเขต (Bounding) ของคำตอบสำหรับปัญหาย่อยและพิจารณาตัดปัญหาที่ไม่สามารถให้คำตอบที่ดีที่สุด在那个นั้นได้ และทำซ้ำกับทุกปัญหาย่อยๆ จนกระทั่งพบปัญหาย่อยที่ให้ผลเฉลยที่ดีที่สุด

3) วิธีกำเนิดสดมภ์ (Column Generation) เป็นเทคนิคเพื่อหาคำตอบในปัญหาการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดขนาดใหญ่ (Large-Scale Optimization problem) โดยวิธีนี้จะเริ่มต้นด้วยการสร้างเซตของแบบจำลองซึ่งเป็นซับเซตของแบบจำลองที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหาเรียกว่า Restricted Master Problem : RMP จากนั้นหาคำตอบของ RMP เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของคำตอบที่ดีที่สุด เมื่อค่ากำหนดของสมการเงื่อนไขเปลี่ยนแปลง 1 หน่วย จากนั้นจึงนำมาหาค่าใช้จ่ายที่ลดลง (รินฤดี อัครมณี:2553)

4) การโปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic Programming) เป็นวิธีที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยเบลแมน (Bellman,1962) แต่ เฮลและคาร์พ (Held and Karp,1962) ได้กล่าวว่า ถึงแม้วิธีนี้จะให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ แต่ก็สามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาที่มีขนาดประมาณ 13 จุดเท่านั้น เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านหน่วยความจำและเวลาในการคำนวณที่ต้องใช้สูงมาก (ชัยยา นุรักษ์ เลข:2541)

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางแบบพลวัต จัดเป็นปัญหารูปแบบหนึ่ง การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงจัดการ (Combinatorial Optimization) ที่ขยายขอบเขตและเพิ่มความซับซ้อนขึ้นจากปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางพื้นฐาน (Conventional Vehicle Routing Problem:VRP) และมีความซับซ้อนในระดับเอ็นพียาก (Nonpolynomial Hard: NP Hard) ซึ่งใช้เวลาในการหาคำตอบที่ยาวนานและเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็เพิ่มขึ้นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลตามขนาดของปัญหาที่เพิ่มขึ้นด้วยเหตุนี้การหาคำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีที่คำนวณด้วยแบบทางคณิตศาสตร์จึงใช้เวลาในการหาคำตอบที่ยาวนานมากและไม่สอดคล้องกับลักษณะปัญหาที่มีข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งต้องอาศัยการคำนวณที่รวดเร็วพอที่จะสามารถบริหารจัดการทรัพยากรที่ใช้ในการขนส่งได้อย่างเหมาะสมและทันต่อเหตุการณ์ (กฤษณภัทร สวาสดิ์, : 2549)

2.8.2 การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยการโปรแกรมเชิงพลวัต การวางแผนการขนส่งสินค้าวิธีนี้จะต้องกำหนดจำนวนขั้นตอน (Stage) โดยขั้นตอนเริ่มต้นคือ ขั้นตอนที่ 0 และแต่ละขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นขั้นตอนที่  $n-2$  โดย  $n$  คือจำนวนลูกค้าทั้งหมดรวมถึงจุดเริ่มต้นการเดินทางด้วย และในแต่ละขั้นตอนจะมีสถานะ (state) คือขณะนี้ปัจจุบันอยู่ที่จุดใด จะไปที่จุดใด และในแต่ละ

สถานะอาจมีหลายทางเลือก (Alternatives) ซึ่งจะต้องเลือกในทางเลือกที่เดินทางน้อยที่สุด จะทำให้ได้ผลตอบแทน (Return) จากทางเลือกนั้น การคำนวณจะกระทำซ้ำๆ กัน ไปทุกขั้นตอนโดยใช้สมการย้อนซ้ำ (Recursive Equation)

$$f_i(j, \{s\}) = \min_{K \in S} \{f_{i-1}(k, S-k) + d_{kj}\} \quad (1)$$

โดย  $(i = 1, 2, \dots, N-2; j \neq 1; S \subseteq N)$

$$(N_j = (2, 3, \dots, j-1, j+1))$$

และในการคำนวณรอบสุดท้ายจะเป็นการคำนวณผลรวมระยะทางที่ผ่านมากับระยะทางที่เดินทางกลับจุดเริ่มต้น ใช้สมการที่ 10.2

$$\min_{j=2,3,\dots,N} \{f_{N-2}(j; N_j) + d_{j1}\} \quad (2)$$

ตัวอย่างที่ 1 ต้องการวางแผนการกระจายสินค้าจาก Depot จุดที่ 1 ไปยังตำแหน่งต่างๆ ของลูกค้าจำนวน 5 จุด โดยเดินทางเพียงรอบเดียว ระยะทางระหว่างจุดต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 10.1 จงเรียงลำดับตำแหน่งการขนส่งสินค้า โดยให้ระยะทางในการเดินทางขนส่งสินค้ารวมมีค่าน้อยที่สุด

(ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร: กรุงเทพฯ 2554)

ตารางที่ 2.1 ระยะทางระหว่างจุดต่างๆ : หน่วย กิโลเมตร

i \ j	1	2	3	4	5
1	0	3	1	5	4
2	1	0	5	4	3
3	5	4	0	2	1
4	3	1	3	0	3
5	5	2	4	1	0

จากขั้นตอนการคำนวณข้างต้นได้ผลดังนี้

## Stage 0

$$f_0(2, \_) = d_{12} = 3 \text{ (1) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2}$$

$$f_0(3, \_) = d_{13} = 1 \text{ (1) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3}$$

$$f_0(4, \_) = d_{14} = 5 \text{ (1) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4}$$

$$f_0(5, \_) = d_{15} = 4 \text{ (1) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5}$$

## Stage 1

$$f_1(2, \{3\}) = f_0(3, \_) + d_{32} = 1 + 4 = 5 \text{ (3) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 3}$$

$$f_1(2, \{4\}) = f_0(4, \_) + d_{42} = 5 + 1 = 6 \text{ (4) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 4}$$

$$f_1(2, \{5\}) = f_0(5, \_) + d_{52} = 4 + 2 = 6 \text{ (5) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 5}$$

$$f_1(3, \{2\}) = f_0(2, \_) + d_{23} = 3 + 5 = 8 \text{ (2) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 2}$$

$$f_1(3, \{4\}) = f_0(4, \_) + d_{43} = 5 + 3 = 8 \text{ (4) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 4}$$

$$f_1(3, \{5\}) = f_0(5, \_) + d_{53} = 4 + 4 = 8 \text{ (5) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 5}$$

$$f_1(4, \{2\}) = f_0(2, \_) + d_{24} = 3 + 4 = 7 \text{ (2) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 2}$$

$$f_1(4, \{3\}) = f_0(3, \_) + d_{34} = 1 + 2 = 3 \text{ (3) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 3}$$

$$f_1(4, \{5\}) = f_0(5, \_) + d_{54} = 4 + 1 = 5 \text{ (5) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 5}$$

$$f_1(5, \{2\}) = f_0(2, \_) + d_{25} = 3 + 3 = 6 \text{ (2) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 2}$$

$$f_1(5, \{3\}) = f_0(3, \_) + d_{35} = 1 + 1 = 2 \text{ (3) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 3}$$

$$f_1(5, \{4\}) = f_0(4, \_) + d_{45} = 5 + 3 = 8 \text{ (4) จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่าน 1 จุด คือจุดที่ 4}$$

## Stage 2

$$f_2(2, \{3, 4\}) = \min\{f_1(3, \{4\}) + d_{32}, f_1(4, \{3\}) + d_{42}\} = \min[8+4, 3+1] = 4 \text{ (4)}$$

จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่านจุดที่ 3 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่านจุดที่ 4

$$f_2(2, \{3, 5\}) = \min\{f_1(3, \{5\}) + d_{32}, f_1(5, \{3\}) + d_{52}\} = \min[8+4, 2+2] = 4 \text{ (5)}$$

จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่านจุดที่ 3 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่านจุดที่ 5

$$f_2(2, \{4, 5\}) = \min\{f_1(4, \{5\}) + d_{42}, f_1(5, \{4\}) + d_{52}\} = \min[5+1, 8+2] = 6 \text{ (4)}$$

จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่านจุดที่ 4 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่านจุดที่ 5

$$f_2(3, \{2, 4\}) = \min [6+5, \underline{7+3}] = 10(4) \text{ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่านจุดที่ 2 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่านจุดที่ 4}$$

$$f_2(3, \{2, 5\}) = \min [6+5, \underline{6+4}] = 10(5) \text{ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่านจุดที่ 2 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่านจุดที่ 5}$$

$$f_2(3, \{4, 5\}) = \min [\underline{5+3}, 8+4] = 8(4) \text{ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่านจุดที่ 2 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่านจุดที่ 5}$$

$$f_2(4, \{2, 3\}) = \min [\underline{5+4}, 8+2] = 9(2) \text{ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่านจุดที่ 2 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่านจุดที่ 3}$$

$$f_2(4, \{2, 5\}) = \min [6+4, \underline{6+1}] = 7(5) \text{ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่านจุดที่ 2 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่านจุดที่ 5}$$

$$f_2(4, \{3, 5\}) = \min [8+2, \underline{2+1}] = 3(5) \text{ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่านจุดที่ 3 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่านจุดที่ 5}$$

$$f_2(5, \{2, 3\}) = \min [\underline{5+3}, 8+1] = 8(2) \text{ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่านจุดที่ 2 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่านจุดที่ 3}$$

$$f_2(5, \{2, 4\}) = \min [\underline{6+3}, 7+3] = 9(2) \text{ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่านจุดที่ 2 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่านจุดที่ 4}$$

$$f_2(5, \{3, 4\}) = \min [8+1, \underline{3+3}] = 6(4) \text{ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่านจุดที่ 3 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่านจุดที่ 4}$$

### Stage 3

$$f_3(2, \{3, 4, 5\}) = \min \{f_2(3, \{4, 5\}) + d_{32}, f_2(4, \{3, 5\}) + d_{42}, f_2(5, \{3, 4\}) + d_{52}\}$$

$$= \min [8+4, \underline{3+1}, 6+2] = 4(4)$$

จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่านจุดที่ 3 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่านจุดที่ 4 หรือจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ผ่านจุดที่ 5

$$f_3(3, \{2, 4, 5\}) = \min [6+5, \underline{7+3}, 9+4] = 10(4)$$

จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่านจุดที่ 2 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่านจุดที่ 4 หรือจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 ผ่านจุดที่ 5

$$f_3(4, \{2, 3, 5\}) = \min [\underline{4+4}, 10+2, 8+1] = 8(2)$$

จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่านจุดที่ 2 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่านจุดที่ 3 หรือจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 ผ่านจุดที่ 5

$$f_3(5, \{2, 2, 4\}) = \min [\underline{4+3}, 10+1, 9+3] = 7(2)$$

จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่านจุดที่ 2 หรือ จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่านจุดที่ 3 หรือจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 ผ่านจุดที่ 4

และการคำนวณรอบสุดท้าย ที่  $j = 2, 3, 4, 5$

$$j = 2 \rightarrow [f_3(2, \{3, 4, 5\}) + d_{21}] = [4 + 1] = 5(2) \text{ ***}$$

จากจุดที่ 2 กลับไปที่จุดเริ่มต้น

$$j = 3 \rightarrow [f_3(3, \{2, 4, 5\}) + d_{31}] = [10 + 5] = 15(3)$$

จากจุดที่ 3 กลับไปที่จุดเริ่มต้น

$$j = 4 \rightarrow [f_3(4, \{2, 3, 5\}) + d_{41}] = [8 + 3] = 11(4)$$

จากจุดที่ 4 กลับไปที่จุดเริ่มต้น

$$j = 5 \rightarrow [f_3(5, \{2, 3, 4\}) + d_{51}] = [7 + 5] = 12(5)$$

จากจุดที่ 5 กลับไปที่จุดเริ่มต้น

ทำการย้อนรอย (Back Tracking) หาเส้นทางทางเดินรถขนส่งสินค้าที่สั้นที่สุดได้ดังนี้

1  $\rightarrow$  2  $\rightarrow$  4  $\rightarrow$  5  $\rightarrow$  3  $\rightarrow$  1 สลับทิศทางย้อนกลับ



1 → 3 → 5 → 4 → 2 → 1 ระยะทางการขนส่งรวม 5 กิโลเมตร

1 1 1 1 1

## 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษณภัทร สวาสดิ์ (2549) ได้ศึกษาและวิจัยปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งยาและเวชภัณฑ์ภายในโรงพยาบาล มีรูปแบบของปัญหาคือ เป็นการกำหนดเส้นทางเดินรถและกำหนดเวลาในการเริ่มออกเดินทางของรถแต่ละคัน โดยที่ข้อมูลนำเข้าที่จำเป็นในการกำหนดเส้นทางนั้น จะทยอยกันออกมาในระหว่างขั้นตอนของการกำหนดเส้นทางเดินรถและไม่สามารถรอข้อมูลนำเข้าทั้งหมด ก่อนเริ่มขั้นตอนของการกำหนดเส้นทางได้ เนื่องจากจะไม่สามารถจัดส่งสินค้าได้ทันกรอบเวลาในการจัดส่ง ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงระยะทางและความจุของรถที่ใช้ ผู้วิจัยแบ่งแนวทางการแก้ปัญหาออกเป็น 2 แบบหลักคือ วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Optimization) และวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ (Heuristic) โดยห้องจ่ายยาหนึ่งแห่ง ซึ่งเป็นศูนย์กลางในการจ่ายยาเวชภัณฑ์ ในแต่ละวันจะมีข้อมูลการเบิกเวชภัณฑ์จากห้องจ่ายยา ทยอยกันเข้ามาระหว่างวัน ซึ่งหลังจากเวชภัณฑ์ได้รับการจัดเตรียมและตรวจสอบความถูกต้อง จะถูกส่งมอบให้พนักงานจัดส่งเพื่อทำการจัดส่งไปยังห้องผู้ป่วยต่างๆ ภายใต้ข้อกำหนดคือ ระยะทางรวมในการจัดส่งน้อยที่สุด และระยะเวลาารับประกัน ซึ่งผลจากการศึกษาผู้วิจัยเลือกที่จะใช้แนวทางการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ ด้วยเหตุผลคือ แนวทางการหาคำตอบแบบพลวัตเป็น ได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่ใช้เวลาในการคำนวณที่ยาวนาน และไม่สามารถนำไปใช้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ภายในระยะเวลาคำนวณที่เหมาะสม ส่วนแนวทางแบบฮิวริสติกส์แม้จะไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่ก็สามารถให้คำตอบที่ดี โดยใช้เวลาในการคำนวณที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับแนวทางการหาคำตอบที่ดีที่สุด เดือน พศจิกายน พ.ศ. 2555 ในงานประชุมสัมมนาเชิงวิชาการด้านการจัดการ โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ผศ.ดร.ไพฑูรย์ สิริโอฬาร จากสถาบันจัดการปัญหาวิกฤต ได้เสนอโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายหลายคนด้วยโปรแกรมเชิงพลวัต สามารถจัดสรรเส้นทางรถขนส่งให้กับบริษัท บอสตัน เอ็นจิเนียริง จำกัด โดยมีการขนส่งสินค้าให้กับตัวแทนจำหน่ายจำนวน 8 ราย โดยใช้รถกระบะบรรทุก 3 คัน จัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าในกรณีมียานพาหนะหลายคัน โดยไม่มีเงื่อนไขด้านสมรรถนะในการขนส่ง เช่น ด้านความจุ ด้านกรอบเวลา ข้อมูลการใช้งานที่สำคัญต้องระบุระยะทางระหว่างจุดจุดทุกคู่ของจุดส่งสินค้า การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจ นำไปสู่วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนการขนส่งได้ ซึ่งผลจากการใช้โปรแกรมนี้อาจเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเนื่องจากพัฒนาขึ้นจากการโปรแกรมเชิงพลวัต ผลที่ได้คือมีระยะทางการขนส่งรวมทั้ง 3 คัน 363.4 กิโลเมตร โดยในงานวิจัยของ ชัยยา นุรักษ์เช เรื่อง

การจัดเส้นทางรถขนส่งคนในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล กรณีศึกษา ห้าง โอ ซี ซัพพลาย พ.ศ. 2542 กล่าวไว้ว่า การโปรแกรมเชิงพลวัต ถึงแม้ว่าจะให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด แต่ก็สามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาที่มีขนาดประมาณ 13 จุดเท่านั้น เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านหน่วยความจำและเวลาในการคำนวณที่สูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปในการช่วยประมวลผล ด้วยการโปรแกรมเชิงพลวัตที่ถูกพัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปนี้เอง โดยณัฐฯ สุขจินดา ได้นำมาใช้ในการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของบริษัท แชมป์ โลจิสติกส์ จำกัด ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ งานสารนิพนธ์ โดยมีจุดเริ่มต้นจากคลังสินค้าของบริษัทไปยังกลุ่มลูกค้าที่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ภายในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครและสระบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางในการเดินรถขนส่งสินค้า ผู้วิจัยได้ทำการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Google Earth) ในการหาตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มลูกค้า ใช้โปรแกรมเชิงพลวัตที่ถูกพัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป ในการคำนวณหาเส้นทางรถขนส่งสินค้า โดยมีจุดที่ต้องวิ่งส่งสินค้าให้ลูกค้าทั้งหมด 15 ราย ใช้รถขนส่งจำนวน 3 คัน รถคันที่ 1 มีระยะทาง 98.9 กิโลเมตร คันที่ 2 มีระยะทาง 86.3 กิโลเมตร คันที่ 3 มีระยะทาง 140 กิโลเมตร รวม 325.2 กิโลเมตร เป็นข้อมูลปัจจุบัน และหลังจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาจัดเส้นทางรถขนส่งผลคือ คันที่ 1 มีระยะทาง 151 กิโลเมตร คันที่ 2 มีระยะทาง 74 กิโลเมตร คันที่ 3 มีระยะทาง 77 กิโลเมตร รวม 302 กิโลเมตร ลดลง 23 กิโลเมตร คิดเป็น 7 เปอร์เซ็นต์ และในงานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับร้านค้าสะดวกซื้อของ

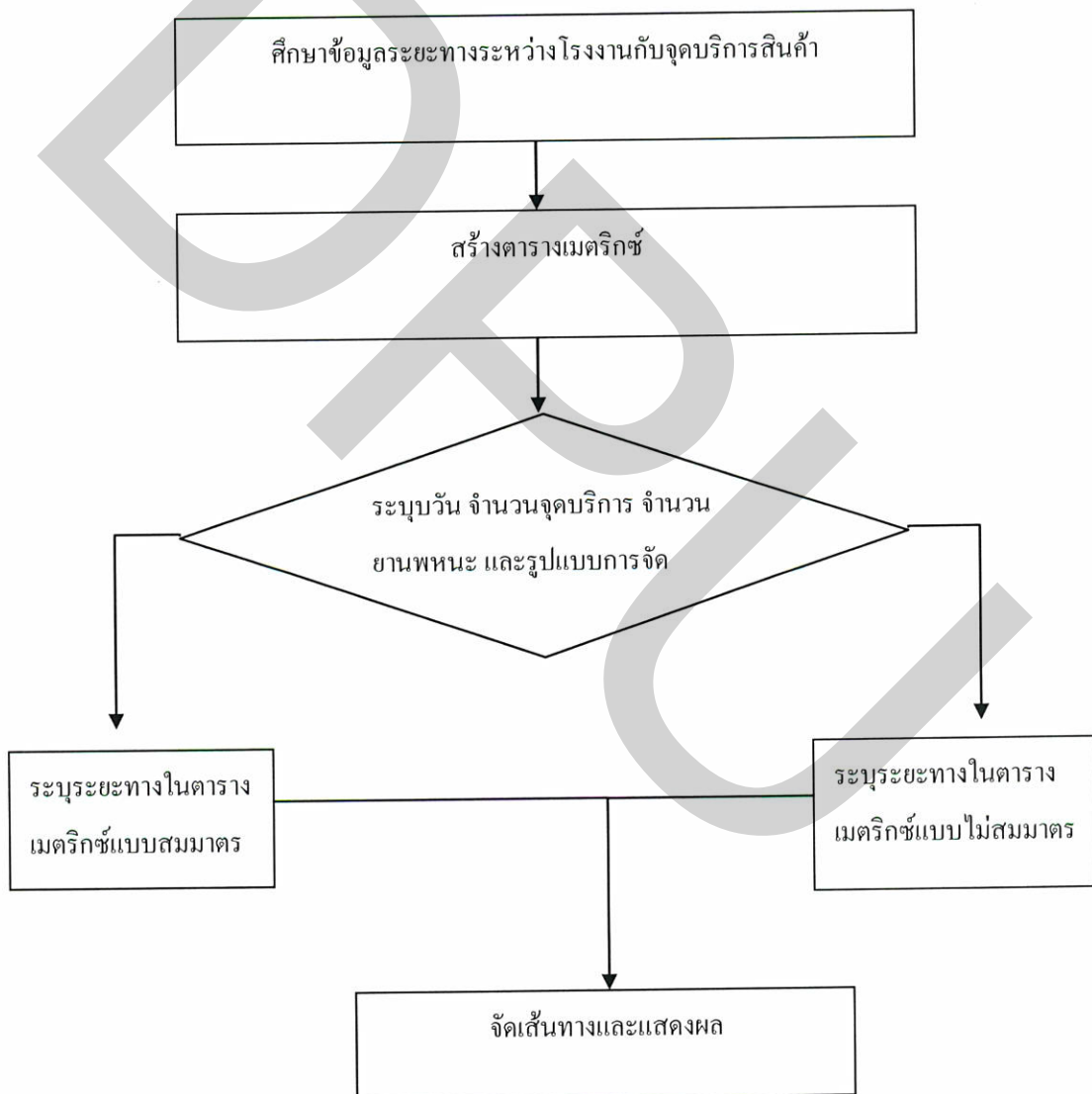
อัครพล เนื่องฤทธิ (2550) คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีสาขากระจายอยู่ในกรุงเทพมหานครและภาคตะวันออก จำนวน 1,724 สาขา ซึ่งแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลัก ส่วนแรกคือสร้างเส้นทางเดินรถหลัก ซึ่งแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นโดย บริษัท UPS จำกัด มหาชน โดยวัตถุประสงค์คือการจัดกลุ่มจุดรับสินค้าและมอบสิทธิการเดินรถของกลุ่มจุดรับสินค้าที่จัดขึ้นแก่ผู้รับจ้างเดินรถ ส่วนที่สองคือ การสร้างเส้นทางรถประจำวันโดยวัตถุประสงค์คือ การระบุขึ้นของสินค้าที่รถแต่ละคันจะต้องทำการขนส่งไปยังจุดรับสินค้า โดยพยายามใช้รถในการขนส่งสินค้าน้อยที่สุด ซึ่งผลลัพธ์คือ แบบจำลองส่วนแรกสามารถลดระยะทางในการขนส่งได้ลงประมาณร้อยละ 2.66 หรือประมาณ 176,542 กิโลเมตรต่อปี และส่วนที่สองสามารถลดจำนวนรถที่ต้องใช้ในการขนส่งและลดต้นทุนในการขนส่งลงได้ประมาณร้อยละ 2.98 หรือประมาณ 5.37 ล้านบาทต่อปี ทั้งนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางได้คือมีระยะเวลาในการทำงานที่ลดลง ในบทความเชิงวิชาการของวารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน ปี 1 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2556) อภิชาติ มณีงาม และคณะ เสนอผลงานวิจัยเรื่องการเลือกเส้นทางรถขนส่งสินค้าประเภทกองโดยใช้โปรแกรมเชิงพลวัต ของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่ง

เป็นผู้รับจ้างขนส่งสินค้าต่อเนื่องในหลายรูปแบบ (Multimodal transport operator) เพื่อนำเสนอรูปแบบการขนส่งที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด โดยมีเงื่อนไขที่มีบางเส้นทางไม่สามารถขนส่งผ่านได้ และในแต่ละเส้นทางมีขั้นตอนการขนส่งแตกต่างกัน การศึกษานี้ นำข้อมูลต้นทุนการขนส่งรวมในอดีต มาทำการวิเคราะห์และปรับปรุงวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า เริ่มตั้งแต่การขนส่งจากเรือบรรทุกสินค้าอยู่กลางอ่าวไทยจนถึงโรงงานของลูกค้า ปัญหาการขนส่งดังกล่าวมีลักษณะการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal transport) จากผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมพลวัตที่นำเสนอสามารถลดต้นทุนรวมในการขนส่งโดยเฉลี่ย 17 เปอร์เซ็นต์ จากการเลือกเส้นทางการขนส่งแบบเดิม

### บทที่ 3

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยและศึกษาข้อมูลเพื่อหาคำตอบสำหรับการจัดเส้นทางยานพาหนะขนส่งขานมไข่มุก ด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager ของงานวิจัยนี้ดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### 3.1 ศึกษาข้อมูล

3.1.1 การศึกษาชื่อสถานที่และตำแหน่งที่ตั้งของจุดบริการ โดยจะแสดงเป็นข้อมูลพิกัดละติจูดและลองจิจูดของรถคันที่ 1 ดังนี้ ส่วนข้อมูลของรถคันอื่นๆ จะแสดงที่ ภาคผนวก ข.

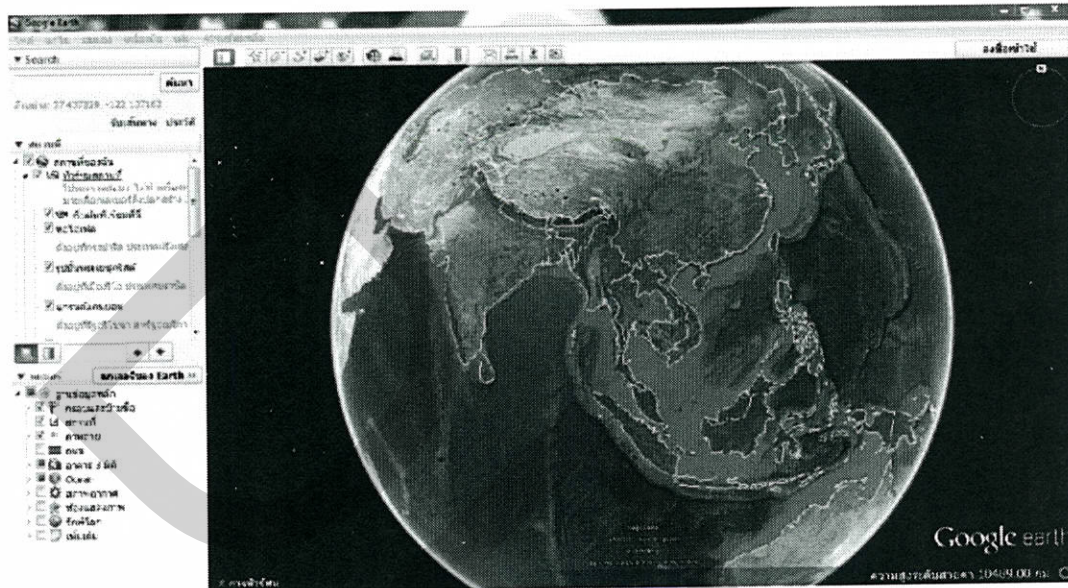
ตารางที่ 3.1 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดสำหรับการเดินรถคันที่ 1 จำนวน 13 จุดบริการ

จุดบริการ	ชื่อสถานที่	ละติจูด,ลองจิจูด
1	โรงงาน	13.766666,100.226756
2	สามพราน	13.726007,100.216705
3	บางจาก	13.741617,100.213849
4	ท่าข้าม	13.746613,100.228871
5	ไร่จิง	13.742285,100.256682
6	มารีย์	13.72032,100.268483
7	เปโตร	13.717531,100.253141
8	เทียนคัด	13.700861,100.243645
9	คลองแก	13.686908,100.283592
10	แก้วแสน	13.707935,100.297903
11	สิวารัตน์	13.714785,100.297691
12	ตลาดเสรี	13.738593,100.299933
13	คอนหวาย	13.768467,100.286159

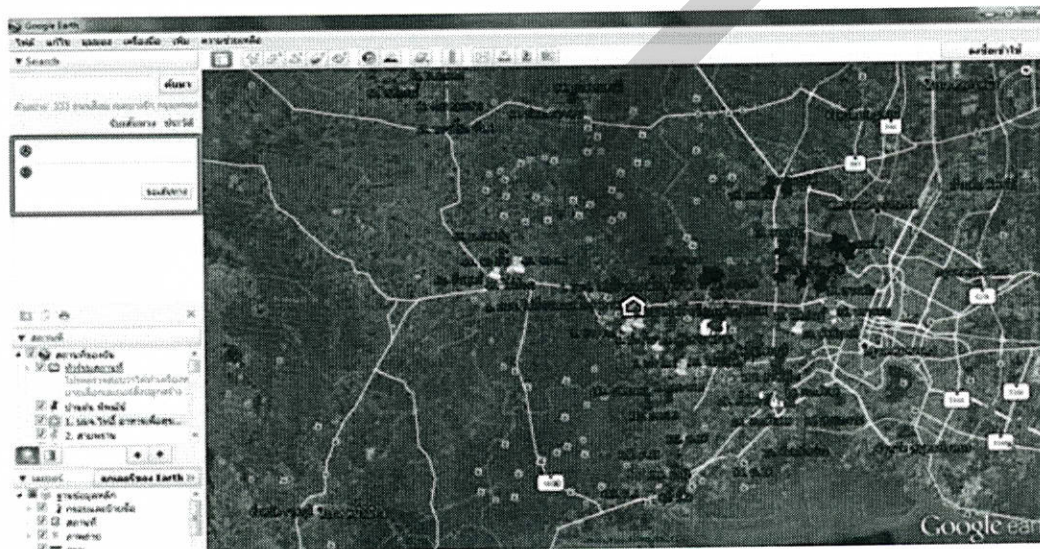
3.1.2 จากการเก็บข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของจุดบริการแล้วนั้น จะสามารถนำมาหาระยะทางของจุดบริการในแต่ละเส้นทางนั้นได้ จากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Google Earth จะใช้ข้อมูลจากตารางที่ 3.1 สำหรับรถคันที่ 1 เป็นข้อมูลตำแหน่ง ละติจูดและลองจิจูด ของแต่ละจุดบริการ

โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ ( google earth ) เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดยบริษัท กูเกิล สำหรับการใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือในโทรศัพท์มือถือ ภาพถ่ายทางอากาศพร้อมทั้งแผนที่เส้นทาง และผังเมืองลงในแผนที่ กูเกิล เอิร์ธ ใช้ข้อมูลจาก ภาพถ่ายทางอากาศของ U.S. public domain และ ภาพถ่ายดาวเทียมของ คีย์โฮล มาตัดแปลงร่วมกับระบบแผนที่ของกูเกิลจาก กูเกิลแมพ รวมทั้งการทำงานร่วมกับ กูเกิล โลกอล เพื่อค้นหารายชื่อร้าน เช่น ร้านขายของ ธนาคาร และปั้มน้ำมัน

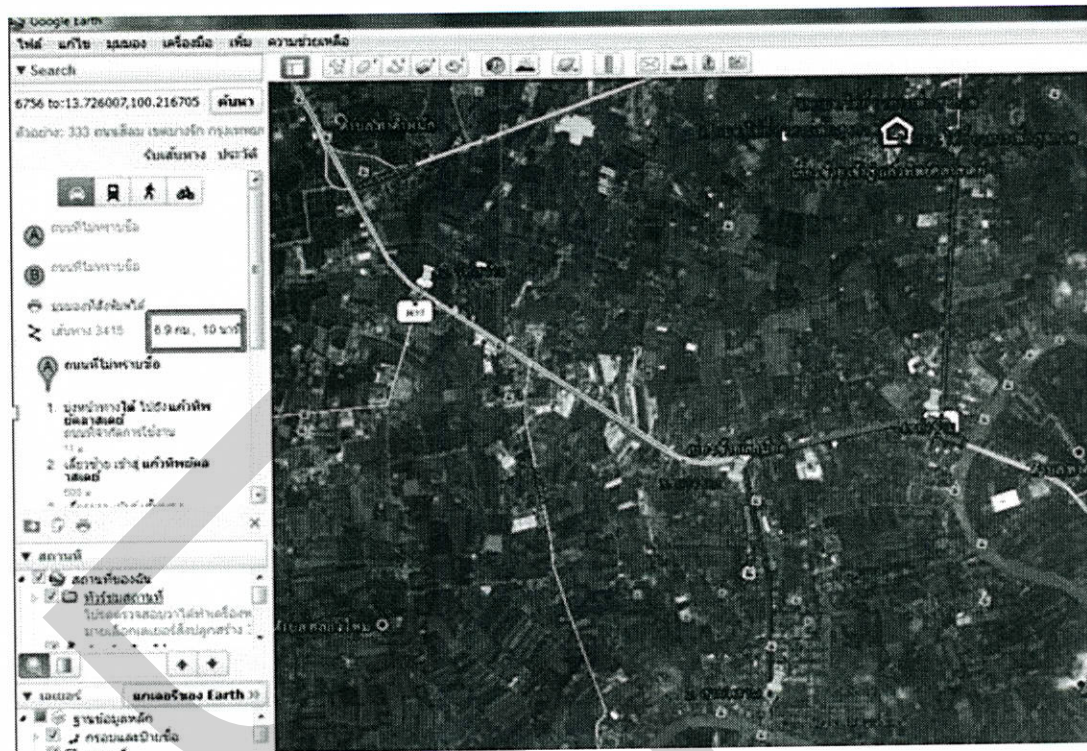
น้ำมันในแผนที่ได้ โดยนำแผนที่มาซ้อนทับลงบนตำแหน่งที่ต้องการ สามารถค้นหาได้จากบ้านเลขที่ ลองจิจูด ละติจูด โดยในการวิจัยในครั้งนี้ใช้โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ เพื่อหาระยะทางระหว่างสถานที่แต่ละจุดบริการของจุดบริการชานมไข่มุก



รูปที่ 3.2 โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ (Google Earth)



รูปที่ 3.3 โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ (Google Earth) แสดงตำแหน่งร้านชานมไข่มุก 120 จุดบริการ



รูปที่ 3.4 โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ (Google Earth) แสดงตำแหน่งระหว่างจุด A กับจุด B

จากรูปที่ 3.4 โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ (Google Earth) แสดงตำแหน่งระหว่างโรงงานคือจุด A กับ จุดบริการสามพรานคือจุด B โดยมีระยะทาง ไปและกลับ 9.6 กิโลเมตร

3.1.3 ตารางเมตริกซ์ จากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป google earth เพื่อหาระยะทางในการขนส่งสินค้าของรถแต่ละคันแล้ว จะสามารถสร้างเป็นตารางเมตริกซ์แสดงระยะทางระหว่างจุดบริการทั้งหมดของยานพาหนะแต่ละคัน โดยผู้วิจัยสร้างขึ้น 9 ตารางตามจำนวนของเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งสินค้า และเป็นตารางแบบสมมาตรกันโดยจะแสดงของเส้นทางที่ 1 ดังตารางด้านล่าง ส่วนเส้นทางอื่นๆแสดงไว้ที่ ภาคผนวก ค.

ตารางที่ 3.2 แสดงระยะทางแบบสมมาตรของยานพาหนะคันที่ 1 จำนวน 13 จุดบริการ

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	x	7	8	3	6	9	9	13	18	13	13	15	11
2	7	x	5	7	10	13	7	7	22	17	17	20	15
3	8	5	x	2	5	8	8	13	17	12	12	15	10
4	3	7	2	x	3	6	7	10	15	11	10	13	9
5	6	10	5	3	x	4	7	11	15	11	11	7	5
6	9	13	8	6	4	x	3	4	11	6	6	9	7
7	9	7	8	7	7	3	x	3	11	7	7	9	12
8	13	7	13	10	11	4	3	x	12	8	8	10	10
9	18	22	17	15	15	11	11	12	x	6	4	7	12
10	13	17	12	11	11	6	7	8	6	x	1	4	9
11	13	17	12	10	11	6	7	8	4	1	x	3	8
12	15	20	15	13	7	9	9	10	7	4	3	x	5
13	11	15	10	9	5	7	12	10	12	9	8	5	x

ซึ่งในงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการหาระยะทางระหว่างโรงงานกับจุดบริการชาวม ไช้มุกข์ของแต่ละเส้นทางซึ่งมี 9 เส้นทาง ยานพาหนะจำนวน 9 คัน และจากการหาระยะทางในการขนส่งของรถแต่ละคันแต่ละเส้นทางจากโปรแกรมสำเร็จรูป กูเกิล เอิร์ธ แล้วนั้นจะได้เป็นข้อมูลระยะทางการขนส่งของแต่ละคันแต่ละเส้นทางรวม และข้อมูลจากโรงงานถึงจุดบริการครบทั้งหมด และเส้นทางขนส่งของรถแต่ละคันจะเริ่มจากโรงงานเสมอ วิ่งขนส่งจนครบแล้วกับมายังจุดเริ่มต้นอีกครั้ง ทั้งนี้จากข้อมูลการจัดเส้นทางแบบเดิมกำหนดให้รถทุกคันมีการขนส่งจำนวน 2 รอบต่อหนึ่งวัน โดยแสดงผลเป็นตารางที่ 3.3 ถึง 3.11 และรูปแสดงลำดับการขนส่งตามรูปที่ 3.5 ถึง 3.13 ดังนี้



ตารางที่ 3.3 การจัดเส้นทางขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 1

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
เปโตร 13 จุดบริการ	โรงงาน(1)	สามพราน(2)	7	14
	สามพราน(2)	บางจาก(3)	5	10
	บางจาก(3)	ท่าข้าม(4)	2	4
	ท่าข้าม(4)	ไร่จิง(5)	3	6
	ไร่จิง(5)	มารีย์(6)	4	8
	มารีย์(6)	เปโตร(7)	3	6
	เปโตร(7)	เทียนดัด(8)	3	6
	เทียนดัด(8)	คลองแค(9)	12	24
	คลองแค(9)	เก้าแสน(10)	6	12
	เก้าแสน(10)	สิวารัตน์(11)	1	2
	สิวารัตน์(11)	ตลาดเสรี(12)	3	6
	ตลาดเสรี(12)	ดอนหวาย(13)	5	10
	ดอนหวาย(13)	โรงงาน(1)	11	22
	ระยะทางรวม		65	130

ตารางที่ 3.4 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 2

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
อัสสัม 12 จุดบริการ	โรงงาน(1)	สวนพุทธ(2)	14	18
	สวนพุทธ(2)	ทศกัณฐ์(3)	12	24
	ทศกัณฐ์(3)	สุขสันต์5(4)	9	18
	สุขสันต์5(4)	สุขสันต์(5)	1	2
	สุขสันต์(5)	เอกชัย88(6)	7	14
	เอกชัย88(6)	เอกชัย76(7)	1	2
	เอกชัย76(7)	ก๊ีปชอบ(8)	5	10
	ก๊ีปชอบ(8)	สะแกงาม(9)	7	14
	สะแกงาม(9)	จันทร์สว่าง(10)	31	62
	จันทร์สว่าง(10)	เคหะ(11)	6	12
	เคหะ(11)	เอกชัย109(12)	8	16
	เอกชัย109(12)	โรงงาน(1)	28	56
	ระยะทางรวม		129	258

ตารางที่ 3.5 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 3

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
จรัญ 18 จุดบริการ	โรงงาน(1)	พาณิชย์ธน(2)	33	66
	พาณิชย์ธน(2)	มะพร้าวเตี้ย(3)	6	12
	มะพร้าวเตี้ย(3)	ชัยฉิมพลี(4)	2	4
	ชัยฉิมพลี(4)	เพชร42(5)	4	8
	เพชร42(5)	วัดจันทร์1(6)	2	4
	วัดจันทร์1(6)	วัดจันทร์2(7)	1	2
	วัดจันทร์2(7)	พ่อเสือ(8)	1	2
	พ่อเสือ(8)	ม.สยาม(9)	1	2
	ม.สยาม(9)	ป.โทสยาม(10)	1	2
	ป.โทสยาม(10)	จรัญ13(11)	3	6
	จรัญ13(11)	ธารทอง(12)	1	2
	ธารทอง(12)	วัดนก(13)	1	2
	วัดนก(13)	ชานดาครุช(14)	6	12
	ชานดาครุช(14)	พรานนก(15)	3	6
	พรานนก(15)	จรัญ41(16)	4	8
จรัญ 18 จุดบริการ	จรัญ41(16)	จรัญ68(17)	5	10
	จรัญ68(17)	บางพลัด(18)	3	6
	บางพลัด(18)	โรงงาน(1)	34	68
	ระยะทางรวม		111	222

ตารางที่ 3.6 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 4

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2	
นครปฐม 16 จุดบริการ	โรงงาน(1)	วัดสว่าง(2)	8	16	
		วัดสว่าง(2)	วัดไทร(3)	4	8
		วัดไทร(3)	ชอย.8(4)	12	24
		ชอย.8(4)	ชอย.6(5)	1	2
		ชอย.6(5)	ท่ารถทัวร์(6)	2	4
		ท่ารถทัวร์(6)	คริสเตียน(7)	1	2
		คริสเตียน(7)	ชอย.4(8)	1	2
		ชอย.4(8)	ไผ่ล้อม(9)	1	2
		ไผ่ล้อม(9)	ปฐมคงค(10)	1	2
		ปฐมคงค(10)	ราชินี(11)	1	2
		ราชินี(11)	วันทฐตรี(12)	3	6
		วันทฐตรี(12)	ม.ศิลปกร(13)	1	2
		ม.ศิลปกร(13)	ทับแก้ว(14)	1	2
		ทับแก้ว(14)	สนามจันทร์(15)	2	4
		สนามจันทร์(15)	มาลัยแมน(16)	3	6
นครปฐม 16 จุดบริการ	มาลัยแมน(16)	โรงงาน(1)	28	56	
	ระยะทางรวม		70	140	

ตารางที่ 3.7 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 5

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
กำแพงแสน 11 จุดบริการ	โรงงาน(1)	นครชัยศรี(2)	7	14
	นครชัยศรี(2)	บางเลนธานี(3)	37	74
	บางเลนธานี(3)	ปตท.บึงเลน(4)	2	4
	ปตท.บึงเลน(4)	สหกรณ์(5)	8	16
	สหกรณ์(5)	ม.เกษตร(6)	2	4
	ม.เกษตร(6)	วัง.1(7)	5	10
	วัง.1(7)	ทรงอิ(8)	4	4
	ทรงอิ(8)	ประปานคร(9)	25	50
	ประปานคร(9)	ม.ราชภัฏ(10)	3	6
	ม.ราชภัฏ(10)	กำแพงแสน(11)	24	48
	กำแพงแสน(11)	โรงงาน(1)	53	106
	ระยะทางรวม		190	380

ตารางที่ 3.8 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 6

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
บบท. 15 จุดบริการ	โรงงาน(1)	เอื้ออาทร(2)	10	20
		เอื้ออาทร(2)	4	8
		กฤษกร(3)	1	2
		สาขลา1(4)	1	2
		สาขลา2(5)	1	2
		มหิลด(6)	12	24
		ศรีประวัติ(7)	4	8
		พระเงิน(8)	10	20
		มนวดี(9)	3	6
		บบท.3(10)	15	30
		นนท์2(11)	2	4
		นนท์1(12)	4	8
		วัดกำแพง(13)	14	28
		สวนผัก(14)	3	6
		กรุงนนท์(15)	27	54
บบท. 15 จุดบริการ	ระยะทางรวม		111	222

ตารางที่ 3.9 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 7

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
มหาวิทยาลัย3 จุดบริการ	โรงงาน(1)	ม.5(2)	34	68
	ม.5(2)	ม.8(3)	1	2
	ม.8(3)	ม.19(4)	1	2
	ม.19(4)	ม.18(5)	10	20
	ม.18(5)	ม.6(6)	8	16
	ม.6(6)	ม.9(7)	2	4
	ม.9(7)	ม.1(8)	28	56
	ม.1(8)	ม.14(9)	26	52
	ม.14(9)	ม.4(10)	1	2
	ม.4(10)	ม.2(11)	1	2
	ม.2(11)	ม.10(12)	3	6
	ม.10(12)	สมภพ(13)	28	56
	สมภพ(13)	โรงงาน(1)	14	28
	ระยะทางรวม		157	314

ตารางที่ 3.10 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 8

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
เพชรเกษม 16 จุดบริการ	โรงงาน(1)	ศรีสามพราน(2)	6	12
	ศรีสามพราน(2)	สาย4(3)	10	20
	สาย4(3)	ไคนามิก(4)	1	2
	ไคนามิก(4)	นครชั้นหุ้ม(5)	4	8
	นครชั้นหุ้ม(5)	เจ้าใหญ่(6)	3	6
	เจ้าใหญ่(6)	ม.ชนบุรี(7)	5	10
	ม.ชนบุรี(7)	ม.ครุ(8)	1	2
	ม.ครุ(8)	เศรษฐกิจ02(9)	3	6
	เศรษฐกิจ02(9)	เศรษฐกิจ(10)	1	2
	เศรษฐกิจ(10)	คาร์ฟูร์(11)	3	6
	คาร์ฟูร์(11)	เพชร79(12)	2	4
	เพชร79(12)	คอนโดเทล(13)	1	2
	คอนโดเทล(13)	ม.หรรษา(14)	1	2
	ม.หรรษา(14)	81(15)	2	4
เพชรเกษม 16 จุดบริการ	81(15)	ดาวรอย(16)	1	2
	ดาวรอย(16)	โรงงาน(1)	21	42
	ระยะทางรวม		65	130



ตารางที่ 3.11 การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิมของรถคันที่ 9

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
ทำลอม 15 จุดบริการ	โรงงาน(1)	84(2)	8	16
	84(2)	แป๊ะยืม(3)	3	6
	แป๊ะยืม(3)	อ้อมใหญ่(4)	2	4
	อ้อมใหญ่(4)	กทบ.1(5)	13	26
	กทบ.1(5)	กทบ.3(6)	3	6
	กทบ.3(6)	รพ.กทบ(7)	1	2
	รพ.กทบ(7)	กทบ.2(8)	2	4
	กทบ.2(8)	ม.5(9)	19	38
	ม.5(9)	ม.7(10)	3	6
	ม.7(10)	ม.3(11)	28	56
	ม.3(11)	ม.13(12)	15	30
	ม.13(12)	ม.12(13)	2	4
	ม.12(13)	ม.11(14)	1	2
	ม.11(14)	ม.17(15)	5	10
ทำลอม 15 จุดบริการ	ม.17(15)	โรงงาน(1)	27	54
	ระยะทางรวม		132	264



รูปที่ 3.5 เส้นทางการขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 1



รูปที่ 3.6 เส้นทางการขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 2



รูปที่ 3.7 เส้นทางขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 3



รูปที่ 3.8 เส้นทางขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 4



รูปที่ 3.9 เส้นทางการขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 5



รูปที่ 3.10 เส้นทางการขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 6



รูปที่ 3.11 เส้นทางการขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 7



รูปที่ 3.12 เส้นทางการขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 8

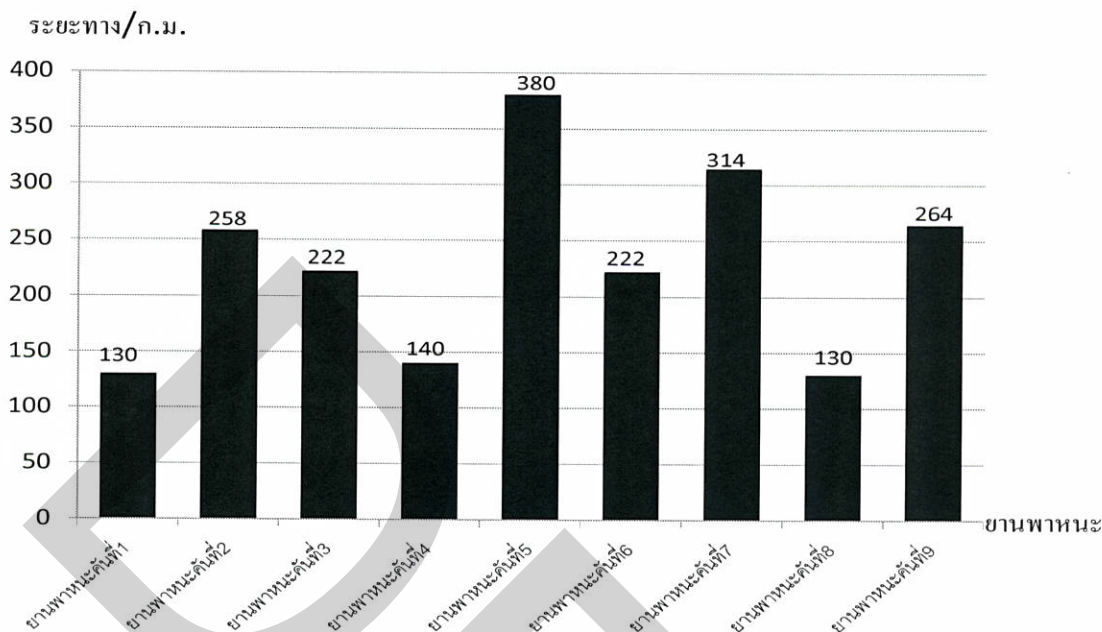


รูปที่ 3.13 เส้นทางการขนส่งแบบเดิมสำหรับรถคันที่ 9

สรุประยะทางในการขนส่งสินค้าแบบเดิมซึ่งมีการส่งจำนวน 2 รอบต่อหนึ่งวัน มีระยะทางต่อหนึ่งวัน 2,060 กิโลเมตร

ตารางที่ 3.12 แสดงและระยะทางการจัดเส้นทางแบบดั้งเดิม

ลำดับ	จุดบริการ	ระยะทาง 1รอบ/วัน	ระยะทาง 2รอบ/วัน
รถคันที่ 1	13	65 กิโลเมตร	130 กิโลเมตร
รถคันที่ 2	12	129 กิโลเมตร	258 กิโลเมตร
รถคันที่ 3	18	111 กิโลเมตร	222 กิโลเมตร
รถคันที่ 4	16	70 กิโลเมตร	140 กิโลเมตร
รถคันที่ 5	11	190 กิโลเมตร	380 กิโลเมตร
รถคันที่ 6	15	111 กิโลเมตร	222 กิโลเมตร
รถคันที่ 7	13	157 กิโลเมตร	314 กิโลเมตร
รถคันที่ 8	16	65 กิโลเมตร	130 กิโลเมตร
รถคันที่ 9	15	132 กิโลเมตร	264 กิโลเมตร
รวม	120	1,030 กิโลเมตร	2,060 กิโลเมตร



รูปที่ 3.14 กราฟแท่งข้อมูลระยะทางปัจจุบันในการขนส่งแต่ละเส้นทาง

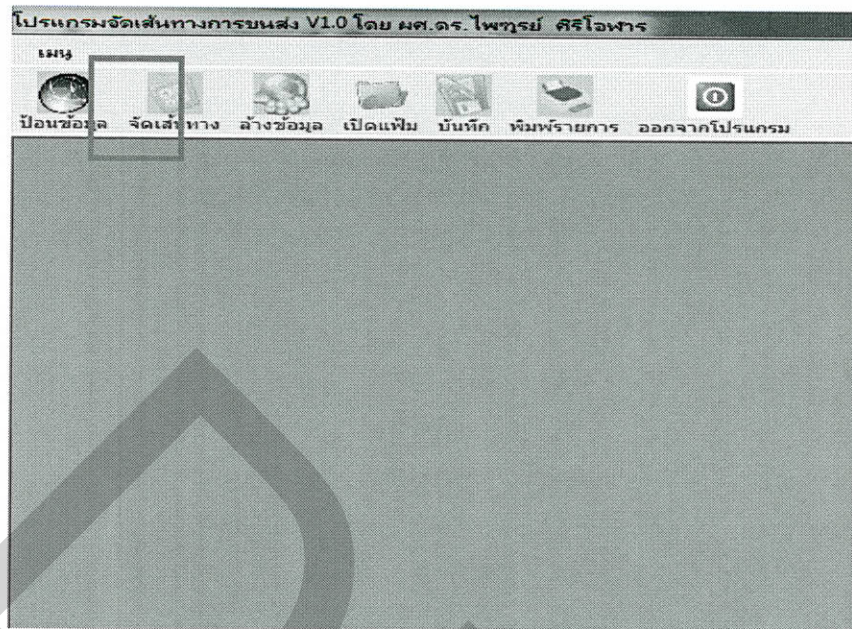
จากรูปที่ 3.14 กราฟแท่งแสดงให้เห็นถึงระยะทางของการขนส่งสินค้าทั้ง 9 เส้นทาง ซึ่งจะเห็นได้ว่าเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 5 นั้นมีระยะทางมากที่สุดคือ 380 กิโลเมตร และเส้นทางที่มีระยะทางน้อยที่สุด คือ เส้นทางของยานพาหนะคันที่ 1 และ 3 มีระยะทาง 130 กิโลเมตร

### 3.2 การจัดเส้นทางการขนส่ง ด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager

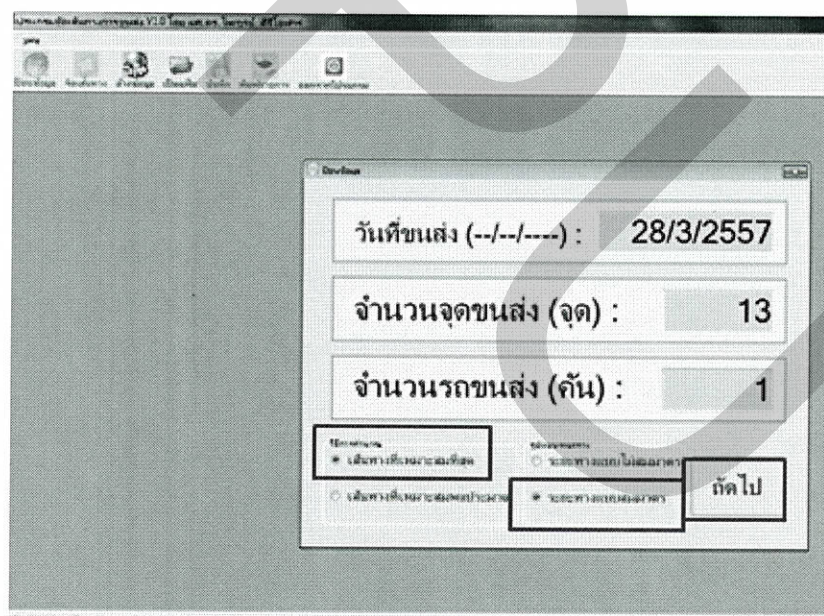
ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ Vehicles Routing Manager ในการจัดเส้นทาง เป็นโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นโดยใช้พื้นฐานของการโปรแกรมเชิงพลวัต มีขั้นตอนดังนี้

#### 3.2.1 เข้าสู่โปรแกรมจัดเส้นทางการขนส่ง ป้อนข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทาง

- 1) วันที่ขนส่ง
- 2) จำนวนจุดบริการในการขนส่ง
- 3) จำนวนรถขนส่ง
- 4) วิธีการคำนวณเลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด
- 5) รูปแบบเส้นทางเลือกระยะทางเหมาะสมมาตร



รูปที่ 3.15 เข้าสู่โปรแกรมจัดเส้นทาง Vehicles Routing Manager



รูปที่ 3.16 แสดงการป้อนข้อมูลสภาพการเดินรถ

จากรูปที่ 3.16 ขั้นตอนถัดมาหลังจากการเข้าสู่โปรแกรม ให้ระบุวันที่ทำการจัดเส้นทาง การเดินรถ จำนวนจุดขนส่งสินค้า (จุดบริการ) จำนวนรถขนส่งสินค้า และให้เลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นเลือกระยะทางแบบสมมาตร จากนั้นกดถัดไป



ในการวิจัยในครั้งนี้ จะทำขั้นตอนในลักษณะเดียวกันนี้จำนวน 9 ครั้ง เนื่องจากการจัดเส้นทางเดิมของยานพาหนะ ทั้ง 9 คัน

3.2.2 ป้อนข้อมูลระยะทาง หลังจากจบขั้นตอนการป้อนข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางแล้วจะเข้าสู่ตารางเมตริกซ์ของโปรแกรม Vehicles Routing Manager ซึ่งจะต้องป้อนระยะลงในตารางเมตริกของโปรแกรมฯ และทำการจัดเส้นทาง โปรแกรมฯ จะทำการจัดเส้นทางโดยใช้พื้นที่ของโปรแกรมเชิงพลวัต ดังภาพต่อไปนี้

เมตริกระยะทางคือ ตารางที่ระนาบ X และ Y มีค่าในตารางบอกระยะทางจากจุดจุดหนึ่งไปยังจุดอีกจุดหนึ่งแสดงดังรูปที่ 3.17 เมตริกระยะทางแบบสมมาตรหมายถึงเมตริกระยะทางจากจุด X1 ไปยังจุด Y2 ยาวเท่ากับระยะทางจากจุด Y2 ไปยังจุด X1 โดยจุด X1 และ Y2 คือจุดใดๆ ในเมตริก ดังรูปต่อไปนี้

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	พ	7	8	3	6	9	9	13	18	13	13	15	11
2	7	พ	5	7	10	13	7	7	22	17	17	20	15
3	8	5	พ	2	5	8	8	13	17	12	12	15	10
4	3	7	2	พ	3	6	7	10	15	11	11	13	9
5	6	10	5	3	พ	4	7	11	15	11	11	7	5
6	9	13	8	6	4	พ	3	4	11	6	6	9	7
7	9	7	8	7	7	3	พ	3	11	7	7	9	12
8	13	7	13	10	11	4	3	พ	12	8	8	10	10
9	18	22	17	15	15	11	11	12	พ	6	4	7	12
10	13	17	12	11	11	6	7	8	6	พ	1	4	9
11	13	17	12	11	11	6	7	8	4	1	พ	3	8
12	15	20	15	13	7	9	9	10	7	4	3	พ	5
13	11	15	10	9	5	7	12	10	12	9	8	5	พ

รูปที่ 3.17 ข้อมูลระยะทางจำนวน 13 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	พ	14	25	28	29	30	30	32	37	40	37	28
2	14	พ	12	21	22	23	23	25	30	33	30	21
3	25	12	พ	9	10	11	11	13	18	21	18	18
4	28	21	9	พ	1	6	6	8	13	16	13	12
5	29	22	10	1	พ	7	7	9	14	17	14	13
6	30	23	11	6	7	พ	1	5	7	10	7	7
7	30	23	11	6	7	1	พ	5	7	10	7	7
8	32	25	13	8	9	5	5	พ	7	10	7	6
9	37	30	18	13	14	7	7	7	พ	31	4	12
10	40	33	21	16	17	10	10	10	31	พ	6	14
11	37	30	18	13	14	7	7	7	4	6	พ	8
12	28	21	18	12	13	7	7	6	12	14	8	พ

รูปที่ 3.18 ข้อมูลระยะทางจำนวน 12 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	พ	33	28	30	34	35	35	35	36	36	31	31	32	36	35	31	34	34
2	33	พ	6	4	5	6	7	5	5	5	3	2	1	5	3	3	8	8
3	28	6	พ	2	7	6	5	6	7	7	3	4	5	11	9	9	18	17
4	30	4	2	พ	4	3	3	4	4	4	2	2	3	9	8	8	13	12
5	34	5	7	4	พ	2	2	1	1	1	3	5	6	6	7	8	13	12
6	35	6	6	3	2	พ	1	1	1	1	4	5	6	6	7	8	13	12
7	35	7	5	3	2	1	พ	1	2	2	5	5	6	8	9	9	14	14
8	35	5	6	4	1	1	1	พ	1	1	4	5	6	7	8	8	13	13
9	36	5	7	4	1	1	2	1	พ	1	3	4	5	6	7	7	12	12
10	36	5	7	4	1	1	2	1	1	พ	3	4	5	6	7	7	12	12
11	31	3	3	2	3	4	5	4	3	3	พ	1	2	8	6	6	11	11
12	31	2	4	2	5	5	5	5	4	4	1	พ	1	8	6	6	11	10
13	32	1	5	3	6	6	6	6	5	5	2	1	พ	6	5	5	10	9
14	36	5	11	5	6	6	8	7	6	6	8	8	6	พ	3	6	9	9
15	35	3	9	8	7	7	9	8	7	7	6	6	5	3	พ	4	8	8
16	31	3	9	8	8	8	9	8	7	7	6	6	5	6	4	พ	5	5
17	34	8	18	13	13	13	14	13	12	12	11	11	10	9	8	5	พ	3
18	34	8	17	12	12	12	14	13	12	12	11	10	9	9	8	5	3	พ

รูปที่ 3.19 ข้อมูลระยะทางจำนวน 18 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	หว	8	10	22	23	25	24	23	23	24	24	26	26	26	26	28
2	8	หว	4	16	16	18	17	17	17	17	18	20	20	20	19	22
3	10	4	หว	12	13	15	14	13	13	14	14	16	17	16	16	18
4	22	16	12	หว	1	3	2	1	1	2	2	4	5	4	4	5
5	23	16	13	1	หว	2	1	1	1	1	2	4	4	3	3	4
6	25	18	15	3	2	หว	1	1	2	1	1	3	4	3	3	4
7	24	17	14	2	1	1	หว	1	2	2	1	3	4	3	3	4
8	23	17	13	1	1	1	1	หว	1	1	1	3	4	3	3	4
9	23	17	13	1	1	2	2	1	หว	1	1	3	4	3	3	4
10	24	17	14	2	1	1	2	1	1	หว	1	3	3	2	3	3
11	24	18	14	2	2	1	1	1	1	1	หว	3	3	2	3	3
12	26	20	15	4	4	3	3	3	3	3	3	หว	1	1	2	1
13	26	20	17	5	4	4	4	4	4	3	3	1	หว	1	3	1
14	26	20	16	4	3	3	3	3	3	2	2	1	1	หว	2	2
15	25	19	16	4	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	หว	3
16	28	22	18	5	4	4	4	4	4	3	3	1	1	2	3	หว

รูปที่ 3.20 ข้อมูลระยะทางจำนวน 16 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	หว	7	49	48	60	59	54	56	62	31	53
2	7	หว	37	36	52	51	46	48	18	23	46
3	49	37	หว	2	28	27	22	23	34	45	23
4	48	36	2	หว	28	27	22	23	48	45	23
5	60	52	28	28	หว	2	7	10	33	30	8
6	59	51	27	27	2	หว	5	9	32	28	6
7	54	46	22	22	7	5	หว	4	27	24	2
8	56	48	23	23	10	9	4	หว	25	24	2
9	62	18	34	48	33	32	27	25	หว	3	7
10	31	23	45	45	30	28	24	24	3	หว	24
11	53	46	23	23	8	6	2	2	7	24	หว

รูปที่ 3.21 ข้อมูลระยะทางจำนวน 11 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	พ	10	13	14	15	15	24	28	38	39	37	36	37	29	27
2	10	พ	4	4	5	6	18	22	32	32	31	31	30	23	21
3	13	4	พ	1	1	2	14	18	28	28	27	26	27	19	17
4	14	4	1	พ	1	2	13	17	27	28	26	25	26	19	16
5	15	5	1	1	พ	1	13	16	27	27	25	25	25	18	15
6	15	6	2	2	1	พ	12	16	26	26	24	24	25	17	16
7	24	18	14	13	13	12	พ	4	14	14	13	12	13	9	6
8	28	22	18	17	16	16	4	พ	10	11	12	12	12	12	9
9	38	32	28	27	27	26	14	10	พ	3	22	18	22	14	19
10	39	32	28	28	27	26	14	11	3	พ	15	13	16	20	19
11	37	31	27	26	25	24	13	12	22	15	พ	2	5	15	15
12	36	31	26	25	25	24	12	12	18	13	2	พ	4	14	14
13	37	30	27	26	25	25	13	12	22	16	5	4	พ	14	13
14	29	23	19	19	18	17	9	12	14	20	15	14	14	พ	3
15	27	21	17	16	15	16	6	9	19	19	15	14	13	3	พ

รูปที่ 3.22 ข้อมูลระยะทางจำนวน 15 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 6

โปรแกรมจัดเส้นทางรถยนต์ V10 โดย ผ.ดร. ไพฑูรย์ ศรีใจเพชร 31/3/2557 >> แกว = 12, หัก = 13

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	พ	34	34	33	45	37	35	8	34	34	34	36	14
2	34	พ	1	2	8	3	1	28	1	1	2	5	26
3	34	1	พ	1	8	3	1	27	1	1	1	3	25
4	33	2	1	พ	10	5	3	28	2	2	2	3	26
5	45	8	8	10	พ	8	8	35	9	8	9	11	33
6	37	3	3	5	8	พ	2	30	3	3	3	6	28
7	35	1	1	3	8	2	พ	28	1	1	1	4	26
8	8	28	27	28	35	30	28	พ	26	27	26	29	6
9	34	1	1	2	9	3	1	26	พ	1	1	3	25
10	34	1	1	2	8	3	1	27	1	พ	1	3	25
11	34	2	1	2	9	3	1	26	1	1	พ	3	25
12	36	5	3	3	11	6	4	29	3	3	3	พ	28
13	14	26	25	26	33	28	26	6	25	25	25	28	พ

รูปที่ 3.23 ข้อมูลระยะทางจำนวน 13 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 7

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	หฟ	6	16	17	21	19	19	18	21	22	20	20	17	17	17	21
2	6	หฟ	10	12	15	17	13	13	15	16	15	15	12	11	12	16
3	16	10	หฟ	1	5	7	5	4	7	8	6	6	3	3	3	7
4	17	12	1	หฟ	4	5	5	4	7	8	6	6	3	3	3	7
5	21	15	5	4	หฟ	3	7	9	12	13	11	11	8	8	8	12
6	19	17	7	5	3	หฟ	5	6	9	10	9	9	6	5	6	10
7	19	13	5	5	7	5	หฟ	1	5	6	4	4	5	5	5	9
8	18	13	4	4	9	6	1	หฟ	3	4	3	3	3	4	3	8
9	21	15	7	7	12	9	5	3	หฟ	1	2	4	5	6	5	6
10	22	16	8	8	13	10	6	4	1	หฟ	3	5	6	7	6	7
11	20	15	6	6	11	9	4	3	2	3	หฟ	2	3	4	3	7
12	20	15	6	6	11	9	4	3	4	5	2	หฟ	1	2	1	5
13	17	12	3	3	8	6	5	3	5	6	3	1	หฟ	1	1	4
14	17	11	3	3	8	5	5	4	6	7	4	2	1	หฟ	2	4
15	17	12	3	3	8	6	5	3	5	6	3	1	1	2	หฟ	1
16	21	16	7	7	12	10	9	8	6	7	7	5	4	4	1	หฟ

รูปที่ 3.24 ข้อมูลระยะทางจำนวน 16 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 8

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	หฟ	8	11	10	23	22	22	20	37	40	41	33	31	30	27
2	8	หฟ	3	2	15	14	14	12	29	32	34	26	23	22	19
3	11	3	หฟ	2	15	14	14	12	29	32	34	25	23	22	19
4	10	2	2	หฟ	13	12	12	10	27	30	31	23	21	20	17
5	23	15	15	13	หฟ	3	4	4	22	25	27	20	17	16	13
6	22	14	14	12	3	หฟ	1	2	21	24	25	17	15	14	11
7	22	14	14	12	4	1	หฟ	2	21	24	26	17	16	14	11
8	20	12	12	10	4	2	2	หฟ	19	22	24	15	13	12	9
9	37	29	29	27	22	21	21	19	หฟ	3	5	10	11	14	16
10	40	32	32	30	25	24	24	22	3	หฟ	28	13	15	17	19
11	41	34	34	31	27	25	26	24	5	28	หฟ	15	16	19	21
12	33	26	25	23	20	17	17	15	10	13	15	หฟ	2	4	6
13	31	23	23	21	17	15	16	13	11	15	16	2	หฟ	1	6
14	30	22	22	20	16	14	14	12	14	17	19	4	1	หฟ	5
15	27	19	19	17	13	11	11	9	16	19	21	6	6	5	หฟ

รูปที่ 3.25 ข้อมูลระยะทางจำนวน 15 จุดบริการสำหรับยานพาหนะคันที่ 9

เมื่อทำการป้อนข้อมูลระยะทางของการขนส่งสินค้าสำหรับยานพาหนะ 9 คัน แล้วทำการจัดเส้นทาง ซึ่งจะได้คำตอบเป็นเส้นทางใหม่โดยจะเริ่มจากโรงงานเป็นจุดเริ่มต้นและสุดท้ายมาสิ้นสุดที่โรงงานอีกครั้ง จะมีระยะทางที่สั้นที่สุด

หลังจากหาระยะทางระหว่างจุดบริการของการขนส่งสินค้าในแต่ละคันได้แล้วนำมาป้อนข้อมูลลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Vehicles Routing Manager ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดย ผศ.ดร. ไพฑูรย์ สิริโอพาร สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ โดยใช้หลักการของโปรแกรมเชิงพลวัต Dynamic Programming ซึ่งเมื่อทำการประมวลผลจะได้ระยะทางที่สั้นที่สุดซึ่งจะแสดงผลในบทถัดไป

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงาน

จากวิธีการดำเนินงานวิจัย ถึงในบทนี้จะกล่าวถึง ผลของการดำเนินงานของงานวิจัย การจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยโปรแกรมเชิงพลวัต กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมขนานมไข่มุก ซึ่งจะแสดงถึงผลของการทดลองของยานพาหนะทั้ง 9 คัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 การแสดงผลการจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager

นำข้อมูลการจัดเส้นทางรถขนส่งตามระบบแบบดั้งเดิม มาดำเนินการจัดเส้นทางใหม่ โดยหลังจากป้อนข้อมูลระยะทางที่ใช้ในการขนส่งของแต่ละจุดบริการของรถทั้ง 9 คันแล้ว ทำการจัดเส้นทาง โปรแกรม Vehicles Routing Manager จะได้ผลการทดลองตามรูปที่ 4.1 ถึง 4.9

โปรแกรมจัดเส้นทางรถขนส่ง V1.0 โดย ผศ.ดร. ไพฑูรย์ ศรีโอฬาร : 15/11/2556

เมนู

ป้อนข้อมูล จัดเส้นทาง ล้างข้อมูล เปิดแฟ้ม บันทึก พิมพ์รายการ ออกจากโปรแกรม

ผลการจัดเส้นทางรถขนส่ง

วันที่ขนส่ง : 15/11/2556  
จำนวนจุดขนส่ง : 13  
จำนวนรถขนส่ง : 1  
วิธีการคำนวณ : เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด  
รูปแบบระยะทาง : ระยะทางแบบสมมาตร

เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1

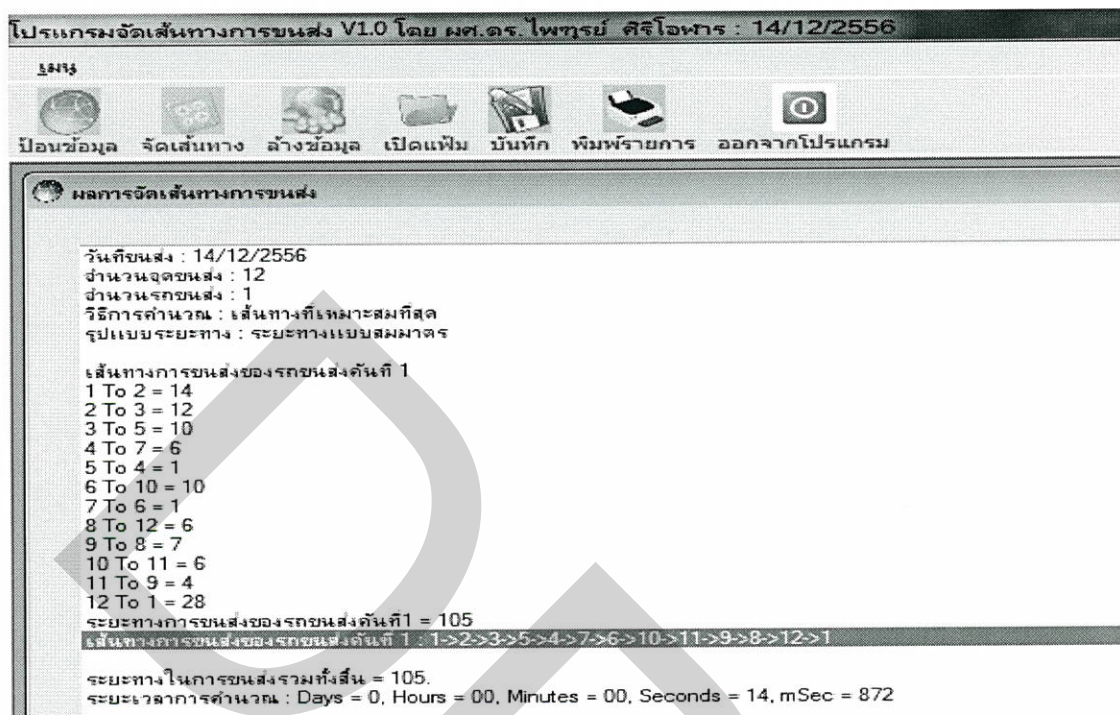
- 1 To 4 = 3
- 2 To 8 = 7
- 3 To 2 = 5
- 4 To 3 = 2
- 5 To 1 = 6
- 6 To 10 = 6
- 7 To 6 = 3
- 8 To 7 = 3
- 9 To 12 = 7
- 10 To 11 = 1
- 11 To 9 = 4
- 12 To 13 = 5
- 13 To 5 = 5

ระยะทางการขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 = 57

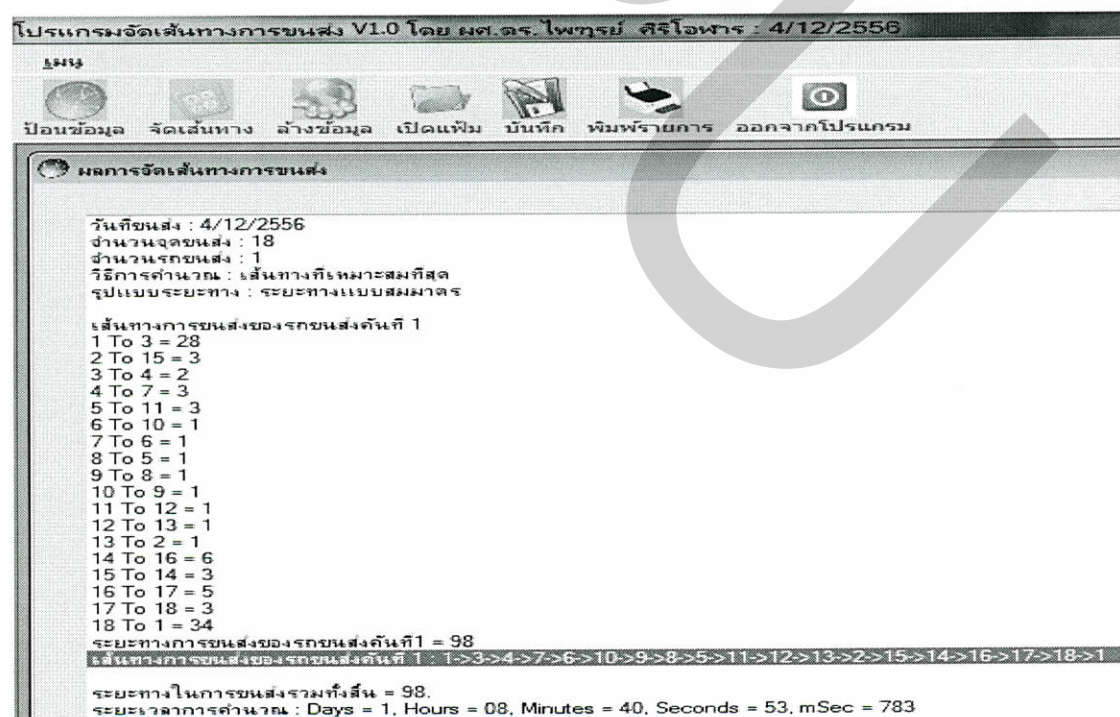
เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 : 1->4->3->2->8->7->6->10->11->9->12->13->5->1

ระยะทางในการขนส่งรวมทั้งสิ้น = 57.  
ระยะเวลาการคำนวณ : Days = 0, Hours = 00, Minutes = 00, Seconds = 54, mSec = 536

รูปที่ 4.1 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 1



รูปที่ 4.2 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 2



รูปที่ 4.3 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 3



โปรแกรมจัดเส้นทางรถขนส่ง V1.0 โดย ผศ.ดร. ไพฑูรย์ ศรีโหวาง : 22/11/2556

เมนู

ป้อนข้อมูล จัดเส้นทาง ล้างข้อมูล เปิดเพิ่ม บันทึก พิมพ์รายการ ออกจากโปรแกรม

ผลการจัดเส้นทางรถขนส่ง

วันที่ขนส่ง : 22/11/2556  
 จำนวนจุดขนส่ง : 16  
 จำนวนรถขนส่ง : 1  
 วิธีการคำนวณ : เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด  
 รูปแบบระยะทาง : ระยะทางแบบสมมาตร

เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1

1 To 2 = 8  
 2 To 5 = 16  
 3 To 1 = 10  
 4 To 3 = 12  
 5 To 15 = 3  
 6 To 8 = 1  
 7 To 6 = 1  
 8 To 4 = 1  
 9 To 11 = 1  
 10 To 9 = 1  
 11 To 7 = 1  
 12 To 16 = 1  
 13 To 14 = 1  
 14 To 10 = 2  
 15 To 12 = 2  
 16 To 13 = 1

ระยะทางการขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 = 62  
 เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 : 1->2->5->15->12->16->13->14->10->9->11->7->6->8->4->3->1

ระยะทางในการขนส่งรวมทั้งสิ้น = 62.  
 ระยะเวลาการคำนวณ : Days = 0, Hours = 01, Minutes = 32, Seconds = 16, mSec = 646

รูปที่ 4.4 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 4

โปรแกรมจัดเส้นทางรถขนส่ง V1.0 โดย ผศ.ดร. ไพฑูรย์ ศรีโหวาง : 22/11/2556

เมนู

ป้อนข้อมูล จัดเส้นทาง ล้างข้อมูล เปิดเพิ่ม บันทึก พิมพ์รายการ ออกจากโปรแกรม

ผลการจัดเส้นทางรถขนส่ง

วันที่ขนส่ง : 22/11/2556  
 จำนวนจุดขนส่ง : 11  
 จำนวนรถขนส่ง : 1  
 วิธีการคำนวณ : เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด  
 รูปแบบระยะทาง : ระยะทางแบบสมมาตร

เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1

1 To 2 = 7  
 2 To 4 = 36  
 3 To 7 = 22  
 4 To 3 = 2  
 5 To 11 = 8  
 6 To 5 = 2  
 7 To 6 = 5  
 8 To 10 = 22  
 9 To 1 = 26  
 10 To 9 = 3  
 11 To 8 = 4

ระยะทางการขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 = 137  
 เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 : 1->2->4->3->7->6->5->11->8->10->9->1

ระยะทางในการขนส่งรวมทั้งสิ้น = 137.  
 ระยะเวลาการคำนวณ : Days = 0, Hours = 00, Minutes = 00, Seconds = 03, mSec = 518

รูปที่ 4.5 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 5

โปรแกรมจัดเส้นทางรถขนส่ง V1.0 โดย ผศ.ดร. ไพฑูรย์ ศรีโอฬาร : 30/11/2556

เมนู

ป้อนข้อมูล จัดเส้นทาง ล้างข้อมูล เปิดแฟ้ม บันทึก พิมพ์รายการ ออกจากโปรแกรม

ผลการจัดเส้นทางรถขนส่ง

วันที่ขนส่ง : 30/11/2556  
 จำนวนจุดขนส่ง : 15  
 จำนวนรถขนส่ง : 1  
 วิธีการคำนวณ : เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด  
 รูปแบบระยะทาง : ระยะทางแบบสมมาตร

เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1

1 To 2 = 10  
 2 To 4 = 1  
 3 To 6 = 2  
 4 To 5 = 1  
 5 To 3 = 1  
 6 To 12 = 14  
 7 To 15 = 6  
 8 To 7 = 4  
 9 To 8 = 10  
 10 To 9 = 3  
 11 To 13 = 5  
 12 To 11 = 2  
 13 To 10 = 16  
 14 To 1 = 29  
 15 To 14 = 3

ระยะทางการขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 = 107

เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 : 1->2->4->5->3->6->12->11->13->10->9->8->7->15->14->1

ระยะทางในการขนส่งรวมทั้งสิ้น = 107.  
 ระยะเวลาการคำนวณ : Days = 0, Hours = 00, Minutes = 19, Seconds = 23, mSec = 590

รูปที่ 4.6 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 6

โปรแกรมจัดเส้นทางรถขนส่ง V1.0 โดย ผศ.ดร. ไพฑูรย์ ศรีโอฬาร : 22/11/2556

เมนู

ป้อนข้อมูล จัดเส้นทาง ล้างข้อมูล เปิดแฟ้ม บันทึก พิมพ์รายการ ออกจากโปรแกรม

ผลการจัดเส้นทางรถขนส่ง

วันที่ขนส่ง : 22/11/2556  
 จำนวนจุดขนส่ง : 13  
 จำนวนรถขนส่ง : 1  
 วิธีการคำนวณ : เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด  
 รูปแบบระยะทาง : ระยะทางแบบสมมาตร

เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1

1 To 4 = 33  
 2 To 3 = 1  
 3 To 13 = 25  
 4 To 12 = 3  
 5 To 2 = 8  
 6 To 5 = 8  
 7 To 6 = 2  
 8 To 1 = 8  
 9 To 7 = 1  
 10 To 9 = 1  
 11 To 10 = 1  
 12 To 11 = 3  
 13 To 8 = 6

ระยะทางการขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 = 100

เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 : 1->4->12->11->10->9->7->6->5->2->3->13->8->1

ระยะทางในการขนส่งรวมทั้งสิ้น = 100.  
 ระยะเวลาการคำนวณ : Days = 0, Hours = 00, Minutes = 00, Seconds = 52, mSec = 29

รูปที่ 4.7 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 7

โปรแกรมจัดเส้นทางรถขนส่ง V1.0 โดย ผศ.ดร. ไพฑูรย์ ศรีโอฬาร : 30/11/2556

เมนู

ป้อนข้อมูล จัดเส้นทาง ล้างข้อมูล เปิดแฟ้ม บันทึก พิมพ์รายการ ออกจากโปรแกรม

ผลการจัดเส้นทางรถขนส่ง

วันที่ขนส่ง : 30/11/2556  
 จำนวนจุดขนส่ง : 16  
 จำนวนรถขนส่ง : 1  
 วิธีการคำนวณ : เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด  
 รูปแบบระยะทาง : ระยะทางแบบสมมาตร

เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1  
 1 To 2 = 6  
 2 To 3 = 10  
 3 To 4 = 1  
 4 To 5 = 4  
 5 To 6 = 3  
 6 To 7 = 5  
 7 To 8 = 1  
 8 To 10 = 4  
 9 To 11 = 2  
 10 To 9 = 1  
 11 To 12 = 2  
 12 To 13 = 1  
 13 To 14 = 1  
 14 To 16 = 4  
 15 To 1 = 17  
 16 To 15 = 1

ระยะทางการขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 = 63  
 เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 : 1->2->3->4->5->6->7->8->10->9->11->12->13->14->16->15->1

ระยะทางในการขนส่งรวมทั้งสิ้น = 63.  
 ระยะเวลาการคำนวณ : Days = 0, Hours = 01, Minutes = 47, Seconds = 00, mSec = 352

รูปที่ 4.8 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 8

โปรแกรมจัดเส้นทางรถขนส่ง V1.0 โดย ผศ.ดร. ไพฑูรย์ ศรีโอฬาร : 22/11/2556

เมนู

ป้อนข้อมูล จัดเส้นทาง ล้างข้อมูล เปิดแฟ้ม บันทึก พิมพ์รายการ ออกจากโปรแกรม

ผลการจัดเส้นทางรถขนส่ง

วันที่ขนส่ง : 22/11/2556  
 จำนวนจุดขนส่ง : 15  
 จำนวนรถขนส่ง : 1  
 วิธีการคำนวณ : เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด  
 รูปแบบระยะทาง : ระยะทางแบบสมมาตร

เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1  
 1 To 2 = 8  
 2 To 3 = 3  
 3 To 4 = 2  
 4 To 5 = 13  
 5 To 6 = 3  
 6 To 7 = 1  
 7 To 8 = 2  
 8 To 15 = 9  
 9 To 11 = 5  
 10 To 9 = 3  
 11 To 1 = 41  
 12 To 10 = 13  
 13 To 14 = 1  
 14 To 12 = 4  
 15 To 13 = 6

ระยะทางการขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 = 114  
 เส้นทางรถขนส่งของรถขนส่งคันที่ 1 : 1->2->3->4->5->6->7->8->15->13->14->12->10->9->11->1

ระยะทางในการขนส่งรวมทั้งสิ้น = 114.  
 ระยะเวลาการคำนวณ : Days = 0, Hours = 00, Minutes = 19, Seconds = 39, mSec = 1

รูปที่ 4.9 แสดงการประมวลผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 9

#### 4.2 ลำดับชั้นการขนส่งสินค้าที่จัดเส้นทางด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager

ตารางที่ 4.1 ลำดับชั้นการขนส่งของรถคันที่ 1 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
เปโตร 13 จุดบริการ	โรงงาน(1)	ท่าข้าม(4)	3	6
	ท่าข้าม(4)	บางจาก(3)	2	4
	บางจาก(3)	สามพราน(2)	5	10
	สามพราน(2)	เทียนดัด(8)	7	14
	เทียนดัด(8)	เปโตร(7)	3	6
	เปโตร(7)	มารีย์(6)	3	6
	มารีย์(6)	เก้าแสน(10)	6	12
	เก้าแสน(10)	สิวารัตน์(11)	1	2
	สิวารัตน์(11)	คลองแค(9)	4	8
	คลองแค(9)	ตลาดเสรี(12)	7	14
	ตลาดเสรี(12)	ดอนหวาย(13)	5	10
	ดอนหวาย(13)	ไร่จิง(5)	5	10
	ไร่จิง(5)	โรงงาน(1)	6	12
	ระยะทางรวม		57	114

ตารางที่ 4.2 ลำดับชั้นการขนส่งของรถคันที่ 2 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
อัสสัม 12 จุดบริการ	โรงงาน(1)	สวนพุทธ(2)	14	28
	สวนพุทธ(2)	ทศกัณฐ์(3)	12	24
	ทศกัณฐ์(3)	สุขสันต์(5)	10	20
	สุขสันต์(5)	สุขสันต์5(4)	1	2
	สุขสันต์5(4)	เอกชัย76(7)	6	12
	เอกชัย76(7)	เอกชัย88(6)	1	2
	เอกชัย88(6)	จันทร์สว่าง(10)	10	20
	จันทร์สว่าง(10)	เคหะ(11)	6	12
	เคหะ(11)	สะแกงาม(9)	4	8
	สะแกงาม(9)	กีฟชอป(8)	7	14
	กีฟชอป(8)	เอกชัย109(12)	6	12
	เอกชัย109(12)	โรงงาน(1)	28	56
	ระยะทางรวม		105	210

ตารางที่ 4.3 ลำดับขั้นการขนส่งของรถคันที่ 3 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
จรัญ 18 จุดบริการ	โรงงาน(1)	มะพร้าวเตี้ย(3)	28	56
	มะพร้าวเตี้ย(3)	ชัยฉิมพลี(4)	2	4
	ชัยฉิมพลี(4)	วัดจันทร์2(7)	3	6
	วัดจันทร์2(7)	วัดจันทร์1(6)	1	2
	วัดจันทร์1(6)	ป.โทสยาม(10)	1	2
	ป.โทสยาม(10)	ม.สยาม(9)	1	2
	ม.สยาม(9)	พ่อเสือ(8)	1	2
	พ่อเสือ(8)	เพชร42(5)	1	2
	เพชร42(5)	จรัญ.13(11)	3	6
	จรัญ.13(11)	ธารทอง(12)	1	2
	ธารทอง(12)	วัดนก(13)	1	2
	วัดนก(13)	พณิชยชน(2)	1	2
	พณิชยชน(2)	พรานนก(15)	3	6
	พรานนก(15)	ชานดาครุส(14)	3	6
	ชานดาครุส(14)	จรัญ.41(16)	6	12
จรัญ 18 จุดบริการ	จรัญ.41(16)	จรัญ.68(17)	5	10
	จรัญ.68(17)	บางพลัด(18)	3	6
	บางพลัด(18)	โรงงาน(1)	34	68
	ระยะทางรวม		98	196

ตารางที่ 4.4 ลำดับชั้นการขนส่งของรถคันที่ 4 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
นครปฐม 16 จุดบริการ	โรงงาน(1)	วัดสว่าง(2)	8	16
	วัดสว่าง(2)	ชอย.6(5)	16	32
	ชอย.6(5)	สนามจันทร์(15)	3	6
	สนามจันทร์(15)	วันทิวรี(12)	2	4
	วันทิวรี(12)	มาลัยแมน(16)	1	2
	มาลัยแมน(16)	ม.ศิลปากร(13)	1	2
	ม.ศิลปากร(13)	ทับแก้ว(14)	1	2
	ทับแก้ว(14)	ปฐมมงคล(10)	2	4
	ปฐมมงคล(10)	ไผ่ล้อม(9)	1	2
	ไผ่ล้อม(9)	ราชินี(11)	1	2
	ราชินี(11)	คริสเตียน(7)	1	2
	คริสเตียน(7)	ท่ารถหัวรี(6)	1	2
	ท่ารถหัวรี(6)	ชอย.4(8)	1	2
	ชอย.4(8)	ชอย.8(4)	1	2
	ชอย.8(4)	วัดไทร(3)	12	24
นครปฐม 16 จุดบริการ	วัดไทร(3)	โรงงาน(1)	10	20
	ระยะทางรวม		62	124

ตารางที่ 4.5 ลำดับชั้นการขนส่งของรถคันที่ 5 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2	
กำแพงแสน 11 จุดบริการ	โรงงาน(1)	นครชัยศรี(2)	7	14	
		นครชัยศรี(2)	ปตท.บางเลน(4)	36	72
		ปตท.บางเลน(4)	บางเลนธานี(3)	2	4
		บางเลนธานี(3)	วัง.1(7)	22	44
		วัง.1(7)	ม.เกษตร(6)	5	10
		ม.เกษตร(6)	สหกรณ์(5)	2	4
		สหกรณ์(5)	กำแพงแสน(11)	8	16
		กำแพงแสน(11)	ทรงอิฐ(8)	4	8
		ทรงอิฐ(8)	ม.ราชภัฏ(10)	22	44
		ม.ราชภัฏ(10)	ประปานคร(9)	3	6
		ประปานคร(9)	โรงงาน(1)	26	52
		ระยะทางรวม		137	274



ตารางที่ 4.6 ลำดับชั้นการขนส่งของรถคันที่ 6 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
บบท. 15 จุดบริการ	โรงงาน(1)	เอื้ออาทร(2)	10	20
		เอื้ออาทร(2)	1	2
		ศาลายา1(4)	1	2
		ศาลายา2(5)	1	2
		กฤษฎกร(3)	2	4
		มหิดล(6)	14	28
		นนท์.1(12)	2	4
		นนท์.2(11)	5	10
		วัดกำแพง(13)	16	32
		บบท.3(10)	3	6
		มนวดี(9)	10	20
		พระเงิน(8)	4	8
		ศรีประวัติ(7)	6	12
		กรุงนนท์(15)	3	6
		สวนผัก(14)	29	58
บบท. 15 จุดบริการ	ระยะทางรวม		107	214

ตารางที่ 4.7 ลำดับชั้นการขนส่งของรถคันที่ 7 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
มหาชัย13 จุดบริการ	โรงงาน(1)	ม.19(4)	33	66
	ม.19(4)	ม.10(12)	3	6
	ม.10(12)	ม.2(11)	3	6
	ม.2(11)	ม.4(10)	1	2
	ม.4(10)	ม.14(9)	1	2
	ม.14(9)	ม.9(7)	1	2
	ม.9(7)	ม.6(6)	2	4
	ม.6(6)	ม.18(5)	8	16
	ม.18(5)	ม.5(2)	8	16
	ม.5(2)	ม.8(3)	1	2
	ม.8(3)	สมภพ(13)	25	50
	สมภพ(13)	ม.1(8)	6	12
	ม.1(8)	โรงงาน(1)	8	16
	ระยะทางรวม		100	200

ตารางที่ 4.8 ลำดับชั้นการขนส่งของรถคันที่ 8 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager

จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
เพชรเกษม 16 จุดบริการ	โรงงาน(1)	ศรีสามพราน(2)	6	12
	ศรีสามพราน(2)	สาย4(3)	10	20
	สาย4(3)	ไดนามิก(4)	1	2
	ไดนามิก(4)	นครชื่นชุ่ม(5)	4	8
	นครชื่นชุ่ม(5)	เจ้าใหญ่(6)	3	6
	เจ้าใหญ่(6)	ม.ธนบุรี(7)	5	10
	ม.ธนบุรี(7)	ม.ครุ(8)	1	2
	ม.ครุ(8)	เศรษฐกิจ(10)	4	8
	เศรษฐกิจ(10)	เศรษฐกิจ02(9)	1	2
	เศรษฐกิจ02(9)	คาร์ฟูร์(11)	2	4
	คาร์ฟูร์(11)	เพชร79(12)	2	4
	เพชร79(12)	คอนโดเทล(13)	1	2
	คอนโดเทล(13)	ม.หรรษา(14)	1	2
	ม.หรรษา(14)	ตาพรอย(16)	4	8
เพชรเกษม 16 จุดบริการ	ตาพรอย(16)	81(15)	1	2
	81(15)	โรงงาน(1)	17	34
	ระยะทางรวม		63	126

ตารางที่ 4.9 ลำดับชั้นการขนส่งของรถคันที่ 9 โดยใช้โปรแกรม Vehicles Routing Manager

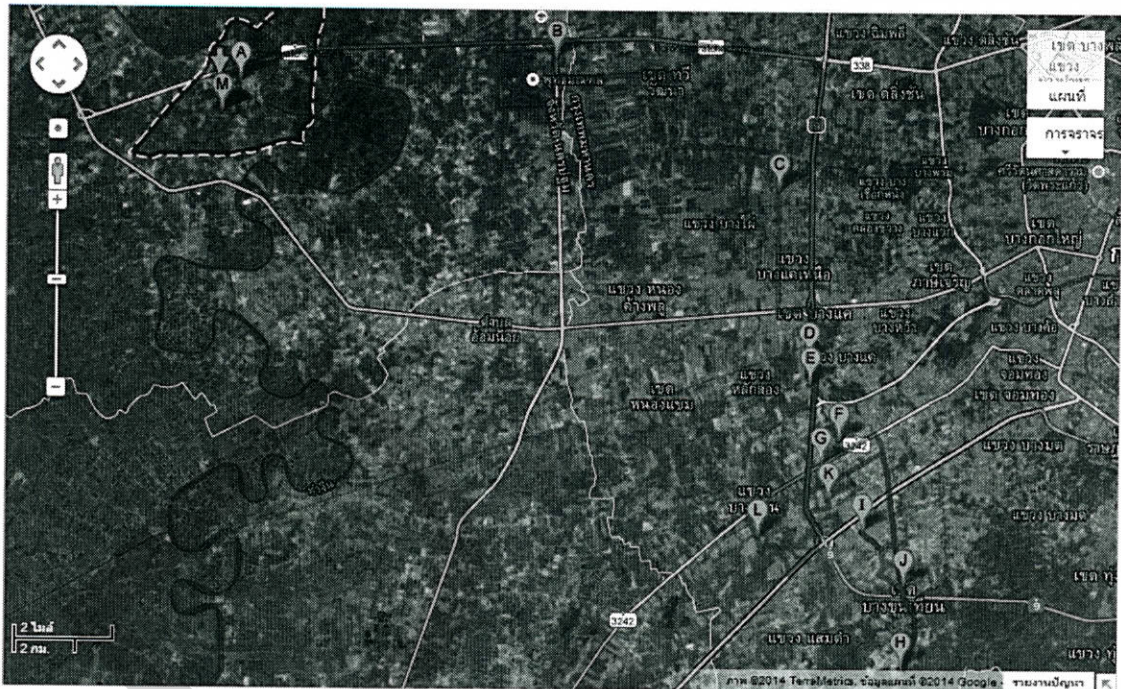
จุดหลัก	จาก	ถึง	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 1	ระยะทาง/กม. เที่ยวที่ 2
ท่าลอม 15 จุดบริการ	โรงงาน(1)	84(2)	8	16
	84(2)	แป๊ะอี๋ม(3)	3	6
	แป๊ะอี๋ม(3)	อ้อมใหญ่(4)	2	4
	อ้อมใหญ่(4)	กทบ.1(5)	13	26
	กทบ.1(5)	กทบ.3(6)	3	6
	กทบ.3(6)	รพ.กทบ(7)	1	2
	รพ.กทบ(7)	กทบ.2(8)	2	4
	กทบ.2(8)	ม.17(15)	9	18
	ม.17(15)	ม.12(13)	6	12
	ม.12(13)	ม.11(14)	1	2
	ม.11(14)	ม.13(12)	4	8
	ม.13(12)	ม.7(10)	13	26
	ม.7(10)	ม.5(9)	3	6
	ม.5(9)>	ม.3(11)	5	10
ท่าลอม 15 จุดบริการ	ม.3(11)	โรงงาน(1)	41	82
	ระยะทางรวม		114	228

#### 4.3 เส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager

จากผลการศึกษา ที่ได้สรุปในตารางที่ 4.1 ถึง 4.9 ของรถทั้ง 9 คัน โดยเป็นภาพเส้นทางในการขนส่งใหม่จำนวน 9 เส้นทาง สามารถแสดงเป็นภาพลำดับการขนส่งรูปที่ 4.10 ถึง 4.19 ดังนี้



รูปที่ 4.10 เส้นทางการขนส่งสำหรับรถคันที่ 1 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager



รูปที่ 4.11 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 2 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager



รูปที่ 4.12 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 3 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager



รูปที่ 4.13 เส้นทางการขนส่งสำหรับรถคันที่ 4 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager



รูปที่ 4.14 เส้นทางการขนส่งสำหรับรถคันที่ 5 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager



รูปที่ 4.15 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 6 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager

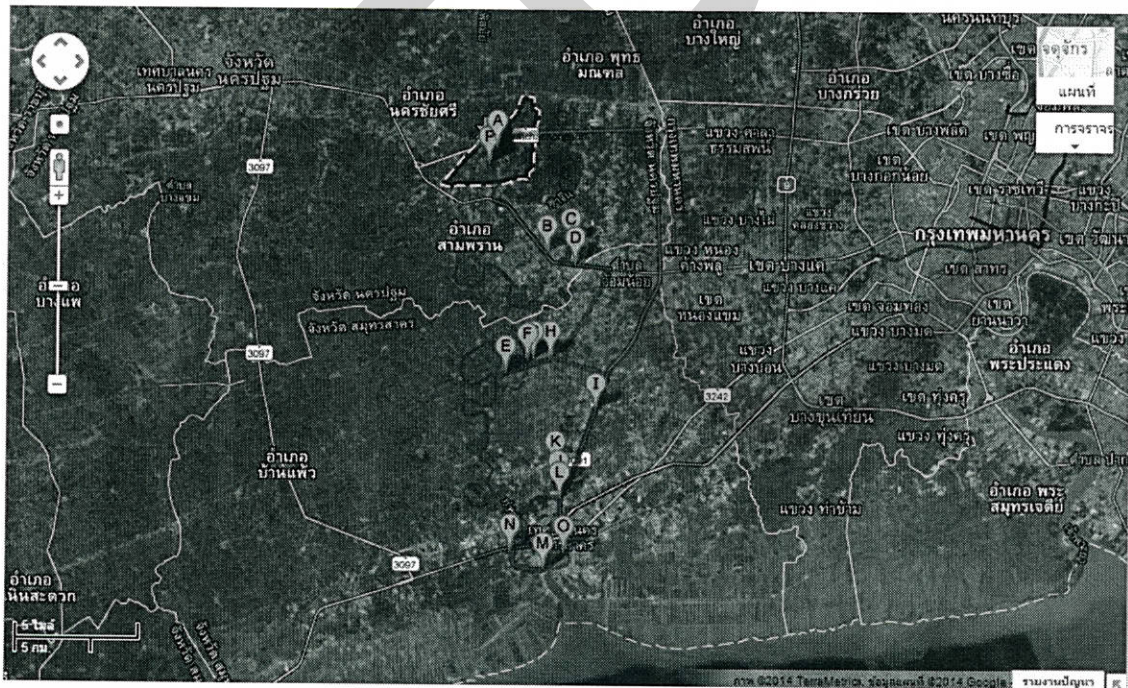


รูปที่ 4.16 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 7 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager





รูปที่ 4.17 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 8 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager

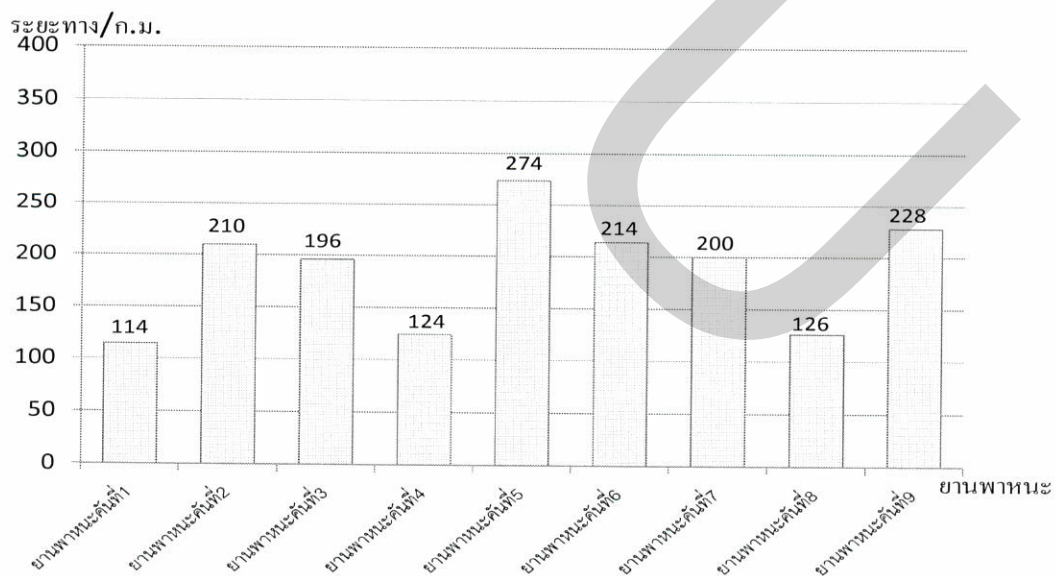


รูปที่ 4.18 เส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 9 ที่จัดโดยโปรแกรม Vehicles Routing Manager

#### 4.4 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการจัดเส้นทางรถขนส่งด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager รวมทั้ง 9 คัน

ลำดับ	จุดบริการ	ระยะทาง รอบ/วัน	ระยะทาง 2รอบ/วัน
รถคันที่ 1	13	57 กม.	114 กม.
รถคันที่ 2	12	105 กม.	210 กม.
รถคันที่ 3	18	98 กม.	196 กม.
รถคันที่ 4	16	62 กม.	124 กม.
รถคันที่ 5	11	137 กม.	274 กม.
รถคันที่ 6	15	107 กม.	214 กม.
รถคันที่ 7	13	100 กม.	200 กม.
รถคันที่ 8	16	63 กม.	126 กม.
รถคันที่ 9	15	114 กม.	228 กม.
รวม	120	843 กม.	1,686 กม.



รูปที่ 4.19 กราฟแท่งแสดงระยะทางหลังการจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager

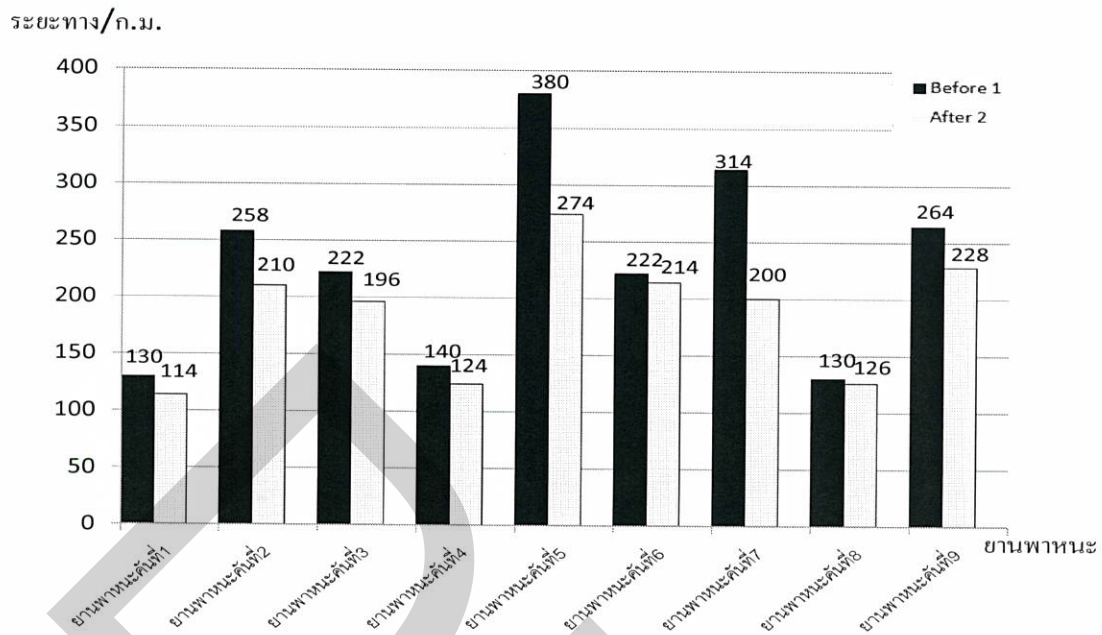
จากรูปที่ 4.19 กราฟแท่งแสดงให้เห็นถึงระยะทางของการขนส่งสินค้าทั้ง 9 เส้นทาง หลังจากการจัดเส้นทางด้วยการโปรแกรมเชิงพลวัต ซึ่งจะเห็นได้ว่าเส้นทางของยานพาหนะมีระยะทางที่น้อยลงทุกเส้นทางและเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 5 นั้นมีระยะทางมากที่สุดคือ 274 กิโลเมตร และเส้นทางที่มีระยะทางน้อยที่สุด คือ เส้นทางของยานพาหนะคันที่ 1 มีระยะทาง 114 กิโลเมตร

#### 4.5 เปรียบเทียบผลการทดลอง

การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยโปรแกรมเชิงพลวัต กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมขาไ้ข่มก โดยใช้ยานพาหนะจำนวน 9 คัน แบ่งเป็น 9 เส้นทาง โดยมีข้อกำหนดคือ ยานพาหนะ 1 คัน วิ่งส่งสินค้าจำนวน 2 รอบ ต่อหนึ่งวันต่อ 1 เส้นทาง และสามารถแสดงถึงค่าใช้จ่ายที่ลดลง โดยกำหนดให้หมีค่าใช้จ่าย 5 บาทต่อกิโลเมตร ตามตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการจัดเส้นทางแบบเดิมกับการจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager ของยานพาหนะทั้ง 9 คัน

การจัดเส้นทางแบบเดิม					การจัดเส้นทาง ด้วย Vehicles Routing Manager			ส่วนต่าง		
ลำดับ	จุดบริการ/ วัน	ก.ม./วัน	ก.ม./30วัน	ก.ม./ 365วัน	ก.ม./วัน	ก.ม./30วัน	ก.ม./365 วัน	ก.ม./วัน	ก.ม./ 30วัน	ก.ม./ 365วัน
รถคันที่ 1	13	130	3,900	47,450	114	3,420	41,610	16	480	5,840
รถคันที่ 2	12	258	7,740	94,170	210	6,300	76,650	48	1,440	17,520
รถคันที่ 3	18	222	6,660	81,030	196	5,880	71,540	26	780	9,490
รถคันที่ 4	16	140	4,200	51,100	124	3,720	45,260	16	480	5,840
รถคันที่ 5	11	380	11,400	138,700	274	8,220	100,010	106	3,180	38,690
รถคันที่ 6	15	222	6,660	81,030	214	6,420	78,110	8	240	2,920
รถคันที่ 7	13	314	9,420	114,610	200	6,000	73,000	114	3,420	41,610
รถคันที่ 8	16	130	3,900	47,450	126	3,780	45,990	4	120	1,460
รถคันที่ 9	15	264	7,920	96,360	228	6,840	83,220	36	1,080	13,140
รวม		2,060	61,800	751,900	1,686	50,580	615,390	374	11,220	136,510
ค่าใช้จ่าย 5 บ./ก.ม.		10,300	309,000	3,759,500	8,430	252,900	3,076,950	1,870	56,100	682,550



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงระยะทางการจัดเส้นทางแบบเดิมกับการจัดเส้นทางด้วย Vehicles Routing Manager

จากรูปที่ 4.20 กราฟแท่งแสดงผลเปรียบเทียบการจัดเส้นทางก่อนและหลังด้วยโปรแกรม Vehicles Routing Manager ของการขนส่งสินค้าทั้ง 9 เส้นทาง ซึ่งจะเห็นได้ว่าเส้นทางของยานพาหนะคันที่ 7 นั้นมีระยะที่ลดลงมากที่สุดคือ 114 กิโลเมตร

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยโปรแกรมพลวัต กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมชาวมัข่มุก ด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อช่วยในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้มีระยะทางที่สั้นลงต่ำสุด การโปรแกรมพลวัตนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุด Exact Optimization ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยสามารถสรุปดังนี้

#### 5.1 เส้นทางที่ใช้ในการขนส่งสินค้า

จากการนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาใช้ในการหาระยะทางของการขนส่งสินค้า และสามารถทำให้ทราบถึงเส้นทางในการขนส่งสินค้า ช่วยในการวางแผนการปฏิบัติงานเป็นไปอย่างสมบูรณ์ โดยเส้นทางที่ได้จากการศึกษาวิจัยมีการเปลี่ยนแปลงไปจากการจัดเส้นทางจากเดิมทุกเส้นทาง ของรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้าทั้ง 9 คัน

#### 5.2 ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งสินค้า

ด้วยการโปรแกรมเชิงพลวัตซึ่งพัฒนาไปสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป มาใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งสินค้าของ โรงงานอุตสาหกรรมชาวมัข่มุก ซึ่งได้ผลคือระยะทางของการขนส่งสินค้าลดลงต่ำสุดทุกเส้นทาง การโปรแกรมเชิงพลวัตเป็นวิธีการจัดเส้นทางเพื่อลดระยะทางที่ดีที่สุด

#### 5.3 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยโปรแกรมพลวัต กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมชาวมัข่มุก ด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อช่วยในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้มีระยะทางที่สั้นลงต่ำสุด การโปรแกรมพลวัตนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุด Exact Optimization โดยมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Vehicles Routing Manager คู่กับการหาระยะทางจากโปรแกรม Google Earth ซึ่งผู้วิจัยพบว่าการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการหาคำตอบนั้นช่วยลดระยะเวลาในการจัดเส้นทางได้อย่างมาก และผลของการวิจัยได้คำตอบคือก่อนการจัดเส้นทางมีระยะทางการวิ่งรวมเท่ากับ 2,060 กิโลเมตรต่อวัน และหลังจากการจัดเส้นทาง มี

ระยะทางการวิ่งรวมที่เท่ากับ 1,686 กิโลเมตรต่อวัน มีระยะทางที่ลดลง 374 กิโลเมตรต่อวัน คิดเป็น 18 เปอร์เซ็นต์ สามารถค่าใช้จ่ายลงได้ 682,550 บาทต่อปี

#### 5.4 ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ การหาคำตอบในการจัดเส้นทางรถขนส่งด้วยวิธีการโปรแกรมเชิงพลวัตซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุด Exact Optimization เป็นการจัดเส้นทางภายใต้ข้อมูลของการจัดเส้นทางแบบเดิม ผลจากการวิจัยครั้งนี้ สามารถทำให้ระยะทางของยานพาหนะแต่ละคันลดลงต่ำสุด แต่ยังคงมีความต่างของระยะทางในการขนส่งสินค้าสูงสุด 160 กิโลเมตร หากสามารถจัดเส้นทางให้มีระยะทางในการขนส่งสินค้าของยานพาหนะที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันได้ อาจส่งผลให้จำนวนจุดบริการของการขนส่งสินค้าเปลี่ยนแปลงไปด้วย

กรม  
การ  
การ

บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

#### หนังสือ

ไพฑูรย์ ศิริโอพาร. (2554). การจัดการผลิตและการดำเนินงาน. กรุงเทพฯ : ท็อป จำกัด.

\_\_\_\_\_ (2547). การจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์. มีนบุรี : ท็อป จำกัด.

#### วิทยานิพนธ์

กฤษภัทร สวาสดี. (2549). การกำหนดเส้นทางเดินรถแบบพลวัต (วิทยานิพนธ์ปริญญา  
มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัชยา นุรักษ์เช. (2541). การจัดเส้นทางรถขนส่งขนมในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล  
กรณีศึกษา ห้อง โอ ซี ชับพลาย (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ :  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ณัฐฐา สุขจินดา. (2556). การจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษา บริษัทแชมป์ โลจิสติกส์  
จำกัด (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

นฤกร กาญจนรัตน์. (2542). ระบบจัดเส้นทางรถขนส่ง กรณีศึกษา การขนส่งเฟอร์นิเจอร์ประเภท  
ถอดประกอบ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรพิมล เอี่ยมสำอางค์. (2551). การลดต้นทุนโลจิสติกส์โดยการปรับปรุงระบบการจัดส่งสินค้า  
กรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ :  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พัฒนพงษ์ สุขฐานาง. (2552). การจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าที่เหมาะสมในระบบมิลค์รัน  
(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ  
นครเหนือ.

มีชัย แสงสุขจีลักษ์ณ์. (2551). การพัฒนาโปรแกรมเพื่อจัดส่งเส้นทางรถเจาะบ่อน้ำบาดาล  
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

รินฤดี อัครมณี. (2553). การพัฒนาการจัดเส้นทางรถของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค  
(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



- สภานุช สุชาติวุฒิ. (2556). การลดต้นทุนทางโลจิสติกส์โดยการปรับปรุงระบบการจัดส่งสินค้า  
กรณีศึกษา บริษัทผลิตโซ่จักรยานยนต์ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). ชลบุรี :  
มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อัครพล เนื่องฤทธิ์. (2550). การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดเส้นทางสำหรับร้านค้า  
สะดวกซื้อ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

### บทความวิจัย

- ไพฑูรย์ สิริโอฬาร. (2555). การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงาน  
ขายหลายคน. บทความเชิงวิชาการ งานประชุมสัมมนาเชิงวิชาการด้านการจัดการ  
โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน.
- อภิชาติ มณีงาม กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ อภินันทนา อุดมศักดิ์กุล. (2556, มกราคม-มิถุนายน). การ  
เลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าประเภทเทกองโดยใช้โปรแกรมพลวัต. บทความเชิง  
วิชาการ วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 1(1).

กรม  
พาณิชย์  
และ  
อุตสาหกรรม

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.  
ตัวอย่างการคำนวณ

	1	2	3	4	5
1		7	49	48	60
2	7		37	36	52
3	49	37		2	28
4	48	36	2		28
5	60	52	28	28	

จำนวนจุด = 5 จุด , stage = 5-2 = 3 stage

$$f_0(2,_) = d_{12} = 7$$

$$f_0(3,_) = d_{13} = 49$$

$$f_0(4,_) = d_{14} = 48$$

$$f_0(5,_) = d_{15} = 60$$

stage 1

$$f_1(2,\{3\}) = f_0(3,_) + d_{32} = 49 + 37 = 86$$

$$f_1(2,\{4\}) = f_0(4,_) + d_{42} = 48 + 36 = 84$$

$$f_1(2,\{5\}) = f_0(5,_) + d_{52} = 60 + 52 = 112$$

$$f_1(3,\{2\}) = f_0(2,_) + d_{23} = 7 + 37 = 44$$

$$f_1(3,\{4\}) = f_0(4,_) + d_{43} = 48 + 2 = 50$$

$$f_1(3,\{5\}) = f_0(5,_) + d_{53} = 60 + 28 = 88$$

$$f_1(4,\{2\}) = f_0(2,_) + d_{24} = 7 + 36 = 43$$

$$f_1(4,\{3\}) = f_0(3,_) + d_{34} = 49 + 2 = 51$$

$$f_1(4,\{5\}) = f_0(5,_) + d_{54} = 60 + 28 = 88$$

$$\begin{aligned}
 f1(5, \{2\}) &= f0(2, \_) + d25 = 7 + 52 = 59 \\
 f1(5, \{3\}) &= f0(3, \_) + d35 = 49 + 28 = 77 \\
 f1(5, \{4\}) &= f0(4, \_) + d45 = 48 + 28 = 76
 \end{aligned}$$

stage2 เดินทางจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 โดยผ่าน 2 จุด

$$f2(2, \{3,4\}) = \min\{f1(3, \{4\}) + d32, f1(4, \{3\}) + d42\} = 50 + 37 = 87, 51 + 36 = 87$$

$$f2(2, \{3,5\}) = \min\{f1(3, \{5\}) + d32, f1(5, \{3\}) + d52\} = 88 + 37 = 125, 77 + 52 = 129$$

$$f2(2, \{4,5\}) = \min\{f1(4, \{5\}) + d42, f1(5, \{4\}) + d52\} = 88 + 36 = 124, 67 + 52 = 128$$

$$f2(3, \{2,4\}) = \min\{f1(2, \{4\}) + d23, f1(4, \{2\}) + d43\} = 84 + 37 = 121, 43 + 2 = 45$$

$$f2(3, \{2,5\}) = \min\{f1(2, \{5\}) + d23, f1(5, \{2\}) + d53\} = 112 + 37 = 149, 59 + 28 = 87$$

$$f2(3, \{4,5\}) = \min\{f1(4, \{5\}) + d43, f1(5, \{4\}) + d53\} = 88 + 2 = 90, 76 + 28 = 104$$

$$f2(4, \{2,3\}) = \min\{f1(2, \{3\}) + d24, f1(3, \{2\}) + d34\} = 86 + 36 = 122, 44 + 2 = 46$$

$$f2(4, \{2,5\}) = \min\{f1(2, \{5\}) + d24, f1(5, \{2\}) + d54\} = 112 + 28 = 140, 59 + 28 = 87$$

$$f2(4, \{3,5\}) = \min\{f1(3, \{5\}) + d34, f1(5, \{3\}) + d54\} = 88 + 28 = 116, 77 + 28 = 105$$

$$f2(5, \{2,3\}) = \min\{f1(2, \{3\}) + d25, f1(3, \{2\}) + d35\} = 86 + 52 = 138, 44 + 28 = 72$$

$$f2(5, \{2,4\}) = \min\{f1(2, \{4\}) + d25, f1(4, \{2\}) + d45\} = 84 + 28 = 112, 43 + 28 = 71$$

$$f2(5, \{3,4\}) = \min\{f1(3, \{4\}) + d35, f1(4, \{3\}) + d45\} = 50 + 28 = 78, 51 + 28 = 79$$

stage3 เดินทางจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 โดยผ่าน 3 จุด

$$f3(2, \{3,4,5\}) = \min\{f2(3, \{4,5\}) + d32, f2(4, \{3,5\}) + d42, f2(5, \{3,4\}) + d52\}$$

$$90 + 37 = 127, 105 + 36 = 141, 78 + 52 = 130$$

$$f3(3, \{2,4,5\}) = \min\{f2(2, \{4,5\}) + d23, f2(4, \{2,5\}) + d43, f2(5, \{2,4\}) + d53\}$$

$$124 + 37 = 161, 87 + 2 = 89, 71 + 28 = 99$$

$$f3(4, \{2,3,5\}) = \min\{f2(2, \{3,5\}) + d24, f2(3, \{2,5\}) + d34, f2(5, \{2,3\}) + d54\}$$

$$125+36=161, 87+2=89, 72+28=100$$

$$f_3(5, \{2, 3, 4\}) = \min\{f_2(2, \{3, 4\}) + d_{25}, f_2(3, \{2, 4\}) + d_{35}, f_2(4, \{2, 3\}) + d_{45}\}$$

$$87+52=139, 45+28=73, 46+28=74$$

$$j = 2 \rightarrow [f_3(2, \{3, 4, 5\}) + d_{21}] = [127 + 7] = 134(2) \text{ *** จากจุดที่ 2 กลับไปที่จุดเริ่มต้น}$$

$$j = 3 \rightarrow [f_3(3, \{2, 4, 5\}) + d_{31}] = [89 + 49] = 138(3) \text{ จากจุดที่ 3 กลับไปที่จุดเริ่มต้น}$$

$$j = 4 \rightarrow [f_3(4, \{2, 3, 5\}) + d_{41}] = [89 + 48] = 137(4) \text{ จากจุดที่ 4 กลับไปที่จุดเริ่มต้น}$$

$$j = 5 \rightarrow [f_3(5, \{2, 3, 4\}) + d_{51}] = [73 + 60] = 133(5) \text{ จากจุดที่ 5 กลับไปที่จุดเริ่มต้น}$$

ทำการย้อนรอย (Back Tracking) หาเส้นทางทางเดินรถขนส่งสินค้าที่สั้นที่สุดได้ดังนี้

1	>5	>3	>4	>2	>1
1	>2	>4	>3	>5	>1

\*\*\*\*\*มีระยะทาง 133 กิโลเมตร\*\*\*\*\*

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลพิกัดละติจูดและลองจิจูด

ตารางภาคผนวก ข.ที่ 1 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดสำหรับการเดินรถคันที่ 1 จำนวน 13

จุดบริการ

จุดบริการ	ชื่อสถานที่	ละติจูด,ลองจิจูด
1	โรงงาน	13.766666,100.226756
2	สามพราน	13.726007,100.216705
3	บางจาก	13.741617,100.213849
4	ท่าข้าม	13.746613,100.228871
5	ไร่จิง	13.742285,100.256682
6	มารีย์	13.72032,100.268483
7	เปโตร	13.717531,100.253141
8	เทียนดัด	13.700861,100.243645
9	คลองแค	13.686908,100.283592
10	เก้าแสน	13.707935,100.297903
11	สิวารัตน์	13.714785,100.297691
12	ตลาดเสรี	13.738593,100.299933
13	คอนหวาย	13.768467,100.286159



ตารางภาคผนวก ข.ที่ 2 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดสำหรับการเดินรถคันที่ 2 จำนวน 12

จุดบริการ

จุดบริการ	ชื่อสถานที่	ละติจูด,ลองจิจูด
1	โรงงาน	13.766666,100.226756
2	สวนพุทธ	13.782719,100.328018
3	ทศกัณฐ์	13.744974,100.395545
4	สุขสันต์5	13.688333,100.405626
5	สุขสันต์	13.69568,100.404955
6	เอกชัย88	13.664899,100.409032
7	เอกชัย76	13.672165,100.414497
8	กีฟชอป	13.654666,100.411344
9	สะแกงาม	13.629598,100.434325
10	จันทร์สว่าง	13.605115,100.433467
11	เคหะ	13.645656,100.421515
12	เอกชัย109	13.643892,100.390071

ตารางภาคผนวก ข.ที่ 3 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดสำหรับการเดินรถคันที่ 3 จำนวน 18

จุดบริการ

จุดบริการ	ชื่อสถานที่	ละติจูด,ลองจิจูด
1	โรงงาน	13.766666,100.226756
2	พาณิชย์ชน	13.74133,100.469683
3	มะพร้าวเตี้ย	13.742449,100.4177
4	ชัยภูมิพลี	13.736941,100.432697
5	เพชร42	13.717533,100.450179
6	วัดจันทร์1	13.71662,100.443944
7	วัดจันทร์2	13.718198,100.442719
8	พ่อเสือ	13.716366,100.447853
9	ม.สยาม	13.718026,100.452677
10	ป.โทสยาม	13.718546,100.453611
11	จรัญ.13	13.737948,100.445917
12	ธารทอง	13.738099,100.450582
13	วัดนก	13.739712,100.459301
14	ชานตาครูส	13.736466,100.493099
15	พรานนก	13.749554,100.477063
16	จรัญ.41	13.768095,100.475378
17	จรัญ.68	13.78695,100.498894
18	บางพลัด	13.788616,100.501394

ตารางภาคผนวก ข.ที่ 4 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดสำหรับการเดินรถคันที่ 4 จำนวน 16

จุดบริการ

จุดบริการ	ชื่อสถานที่	ละติจูด,ลองจิจูด
1	โรงงาน	13.766666,100.226756
2	วัดสว่าง	13.756194,100.190306
3	วัดไทร	13.784374,100.173406
4	ซอย.8	13.819332,100.076931
5	ซอย.6	13.820124,100.071943
6	ท่ารถหัวรี	13.823233,100.058599
7	คริสเตียน	13.823971,100.064814
8	ซอย.4	13.820463,100.067982
9	ไฟล้อม	13.8182,100.068548
10	ปฐมมงคล	13.815557,100.065274
11	ราชินี	13.81639,100.06289
12	วันทูทรี	13.811599,100.045968
13	ม.ศิลปากร	13.811148,100.041201
14	ทับแก้ว	13.81536,100.045724
15	สนามจันทร์	13.823696,100.048399
16	มาลัยแมน	13.814567,100.037166

ตารางภาคผนวก ข.ที่ 5 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดสำหรับการเดินรถคันที่ 5 จำนวน 11

จุดบริการ

จุดบริการ	ชื่อสถานที่	ละติจูด,ลองจิจูด
1	โรงงาน	13.766666,100.226756
2	นครชัยศรี	13.791916,100.194649
3	บางเลนธานี	14.023282,100.171367
4	ปตท.บางเลน	14.020816,100.174
5	สหกรณ์	14.041808,99.963997
6	ม.เกษตร	14.040616,99.977185
7	วัง.1	14.004046,99.990712
8	ทรงอิ	13.987914,100.014201
9	ประปานคร	13.830623,100.052115
10	ม.ราชภัฏ	13.83758,100.031574
11	กำแพงแสน	14.002765,99.990487

ตารางภาคผนวก ข.ที่ 6 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดสำหรับการเดินรถคันที่ 6 จำนวน 15

จุดบริการ

จุดบริการ	ชื่อสถานที่	ละติจูด,ลองจิจูด
1	โรงงาน	13.766666,100.226756
2	เอื้ออาทร	13.804464,100.279056
3	กฤษกร	13.801865,100.313617
4	สาธยาย1	13.801581,100.31892
5	สาธยาย2	13.801265,100.325528
6	มหิดล	13.796868,100.327484
7	ศรีประวัติ	13.804427,100.410568
8	พระเงิน	13.837517,100.413116
9	มนวดี	13.916839,100.397532
10	บบท.3	13.914967,100.420699
11	นนท์.2	13.841817,100.48805
12	นนท์.1	13.844082,100.480549
13	วัดกำแพง	13.831997,100.500706
14	สวนผัก	13.791749,100.463325
15	กรุงนนท์	13.797632,100.438383

ตารางภาคผนวก ข.ที่ 7 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดสำหรับการเดินรถคันที่ 7 จำนวน 13

จุดบริการ

จุดบริการ	ชื่อสถานที่	ละติจูด,ลองจิจูด
1	โรงงาน	13.766666,100.226756
2	ม.15	13.554266,100.279695
3	ม.8	13.549515,100.277818
4	ม.19	13.549515,100.277818
5	ม.18	13.566517,100.341377
6	ม.6	13.5386,100.279899
7	ม.9	13.548563,100.280143
8	ม.1	13.715217,100.261646
9	ม.14	13.54707,100.274914
10	ม.4	13.546542,100.275233
11	ม.2	13.546394,100.274304
12	ม.10	13.535382,100.25785
13	สมภพ	13.708435,100.278131

ตารางภาคผนวก ข.ที่ 8 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดสำหรับการเดินรถคันที่ 8 จำนวน 16 จุดบริการ

จุดบริการ	ชื่อสถานที่	ละติจูด,ลองจิจูด
1	โรงงาน	13.766666,100.226756
2	ศรีสามพราน	13.731547,100.248362
3	สาย4	13.705306,100.330558
4	ไคนามิก	13.718083,100.330066
5	นครชื่นชุ่ม	13.744452,100.324854
6	เจ้าใหญ่	13.741129,100.32953
7	ม.ธนบุรี	13.716715,100.345567
8	ม.ครู	13.706383,100.348483
9	เศรษฐกิจ102	13.708523,100.377993
10	เศรษฐกิจ	13.718066,100.377932
11	คาร์ฟูร์	13.707263,100.367003
12	เพชร79	13.704682,100.349772
13	คอนโดเทล	13.705214,100.342132
14	ม.หรรษา	13.703494,100.335069
15	81	13.684198,100.353768
16	ตาพลอย	13.684198,100.353768

ตารางภาคผนวก ข.ที่ 9 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดสำหรับการเดินรถคันที่ 9 จำนวน 15

จุดบริการ

จุดบริการ	ชื่อสถานที่	ละติจูด,ลองจิจูด
1	โรงงาน	13.766666,100.226756
2	84	13.766666,100.226756
3	แป๊ะขี้ม	13.719283,100.276667
4	อ้อมใหญ่	13.708805,100.27929
5	กทบ.1	13.645097,100.238199
6	กทบ.3	13.65292,100.250843
7	รพ.กทบ	13.653932,100.25444
8	กทบ.2	13.653966,100.2647
9	ม.5	13.541514,100.241096
10	ม.7	13.541514,100.241096
11	ม.3	13.540816,100.273619
12	ม.13	13.572217,100.270897
13	ม.12	13.578725,100.270086
14	ม.11	13.590082,100.268332
15	ม.17	13.623873,100.292388





ภาคผนวก ค.

ข้อมูลระยะทาง

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 1 แสดงระยะทางแบบสมมาตรของยานพาหนะคันที่ 1 จำนวน 13 จุดบริการ

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	x	7	8	3	6	9	9	13	18	13	13	15	11
2	7	x	5	7	10	13	7	7	22	17	17	20	15
3	8	5	x	2	5	8	8	13	17	12	12	15	10
4	3	7	2	x	3	6	7	10	15	11	10	13	9
5	6	10	5	3	x	4	7	11	15	11	11	7	5
6	9	13	8	6	4	x	3	4	11	6	6	9	7
7	9	7	8	7	7	3	x	3	11	7	7	9	12
8	13	7	13	10	11	4	3	x	12	8	8	10	10
9	18	22	17	15	15	11	11	12	x	6	4	7	12
10	13	17	12	11	11	6	7	8	6	x	1	4	9
11	13	17	12	10	11	6	7	8	4	1	x	3	8
12	15	20	15	13	7	9	9	10	7	4	3	x	5
13	11	15	10	9	5	7	12	10	12	9	8	5	x

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 2 แสดงระยะทางแบบสมมาตรของยานพาหนะคันที่ 2 จำนวน 12 จุดบริการ

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	x	14	25	28	29	30	30	32	37	40	37	28
2	14	x	12	21	22	23	23	25	30	33	30	21
3	25	12	x	9	10	11	11	13	18	21	18	18
4	28	21	9	x	1	6	6	8	13	16	13	12
5	29	22	10	1	x	7	7	9	14	17	14	13
6	30	23	11	6	7	x	1	5	7	10	7	7
7	30	23	11	6	7	1	x	5	7	10	7	7
8	32	25	13	8	9	5	5	x	7	10	7	6
9	37	30	18	13	14	7	7	7	x	31	4	12
10	40	33	21	16	17	10	10	10	31	x	6	14
11	37	30	18	13	14	7	7	7	4	6	x	8
12	28	21	18	12	13	7	6	6	12	14	8	x

ตารางภาคผนวก ค.ที่ 3 แสดงระยะทางแบบสมมาตรของยานพาหนะคันที่ 3 จำนวน 18 จุดบริการ

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	x	33	28	30	34	35	35	35	36	36	31	31	32	36	35	31	34	34
2	33	x	6	4	5	6	7	5	5	5	3	2	1	5	3	3	8	8
3	28	6	x	2	7	6	5	6	7	7	3	4	5	11	9	9	18	17
4	30	4	2	x	4	3	3	4	4	4	2	2	3	9	8	8	13	12
5	34	5	7	4	x	2	2	1	1	1	3	5	6	6	7	8	13	12
6	35	6	6	3	2	x	1	1	1	1	4	5	7	7	8	9	14	13
7	35	7	5	3	2	1	x	1	2	2	5	5	6	8	9	9	14	14
8	35	5	6	4	1	1	1	x	1	1	4	5	6	7	8	8	13	13
9	36	5	7	4	1	1	2	1	x	1	3	4	5	6	7	7	12	12
10	36	5	7	4	1	1	2	1	1	x	3	4	5	6	7	7	12	12
11	31	3	3	2	3	4	5	4	3	3	x	1	2	8	6	6	11	11
12	31	2	4	2	5	5	5	5	4	4	1	x	1	8	6	6	11	10
13	32	1	5	3	6	7	6	6	5	5	2	1	x	6	5	5	10	9
14	36	5	11	9	6	7	8	7	6	6	8	8	6	x	3	6	9	9
15	35	3	9	8	7	8	9	8	7	7	6	6	5	3	x	4	8	8
16	31	3	9	8	8	9	9	8	7	7	6	6	5	6	4	x	5	5
17	34	8	18	13	13	14	14	13	12	12	11	11	10	9	8	5	x	3
18	34	8	17	12	12	13	14	13	12	12	11	10	9	9	8	5	3	x

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 4 แสดงระยะทางแบบสมมาตรของยานพาหนะคันที่ 4 จำนวน 16 จุดบริการ

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	x	8	10	22	23	25	24	23	23	24	24	26	26	26	26	28
2	8	x	4	16	16	18	17	17	17	17	18	20	20	20	19	22
3	10	4	x	12	13	15	14	13	13	14	14	16	17	16	16	18
4	22	16	12	x	1	3	2	1	1	2	2	4	5	4	4	5
5	23	16	13	1	x	2	1	1	1	1	2	4	4	3	3	4
6	25	18	15	3	2	x	1	1	2	1	1	3	4	3	3	4
7	24	17	14	2	1	1	x	1	2	2	1	3	4	3	3	4
8	23	17	13	1	1	1	1	x	1	1	1	3	4	3	3	4
9	23	17	13	1	1	2	2	1	x	1	1	3	4	3	3	4
10	24	17	14	2	1	1	2	1	1	x	1	3	3	2	3	3
11	24	18	14	2	2	1	1	1	1	1	x	3	3	2	3	3
12	26	20	16	4	4	3	3	3	3	3	3	x	1	1	2	1
13	26	20	17	5	4	4	4	4	4	3	3	1	x	1	3	1
14	26	20	16	4	3	3	3	3	3	2	2	1	1	x	2	2
15	26	19	16	4	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	x	3
16	28	22	18	5	4	4	4	4	4	3	3	1	1	2	3	x

ตารางภาคผนวก ค.ที่ 5 แสดงระยะทางแบบสมมาตรของยานพาหนะคันที่ 5 จำนวน 11 จุดบริการ

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	x	7	49	48	60	59	54	56	26	31	53
2	7	x	37	36	52	51	46	48	18	23	46
3	49	37	x	2	28	27	22	23	34	45	23
4	48	36	2	x	28	27	22	23	48	45	23
5	60	52	28	28	x	2	7	10	33	30	8
6	59	51	27	27	2	x	5	9	32	28	6
7	54	46	22	22	7	5	x	4	27	24	2
8	56	48	23	23	10	9	4	x	25	22	4
9	26	18	34	48	33	32	27	25	x	3	27
10	31	23	45	45	30	28	24	22	3	x	24
11	53	46	23	23	8	6	2	4	27	24	x

ตารางภาคผนวก ค.ที่ 6 แสดงระยะทางแบบสมมาตรของยานพาหนะคันที่ 6 จำนวน 15 จุดบริการ

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	x	10	13	14	15	15	24	28	38	39	37	36	37	29	27
2	10	x	4	4	5	6	18	22	32	32	31	30	31	23	21
3	13	4	x	1	1	2	14	18	28	28	27	26	27	19	17
4	14	4	1	x	1	2	13	17	27	28	26	25	26	19	16
5	15	5	1	1	x	1	13	16	27	27	25	25	25	18	15
6	15	6	2	2	1	x	12	16	26	26	24	24	25	17	16
7	24	18	14	13	13	12	x	4	14	14	13	12	13	9	6
8	28	22	18	17	16	16	4	x	10	11	12	12	12	12	9
9	38	32	28	27	27	26	14	10	x	3	22	18	22	24	19
10	39	32	28	28	27	26	14	11	3	x	15	13	16	20	19
11	37	31	27	26	25	24	13	12	22	15	x	2	5	15	15
12	36	30	26	25	25	24	12	12	18	13	2	x	4	14	14
13	37	31	27	26	25	25	13	12	22	16	5	4	x	14	13
14	29	23	19	19	17	17	9	12	24	20	15	14	14	x	3
15	27	21	17	16	16	16	6	9	19	19	15	13	13	3	x

ตารางภาคผนวก ค.ที่ 7 แสดงระยะทางแบบสมมาตรของยานพาหนะคันที่ 7 จำนวน 13 จุดบริการ

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	x	34	34	33	45	37	35	8	34	34	34	36	14
2	34	x	1	2	8	3	1	28	1	1	2	5	26
3	34	1	x	1	8	3	1	27	1	1	1	3	25
4	33	2	1	x	10	5	3	28	2	2	2	3	26
5	45	8	8	10	x	8	8	35	9	8	9	11	33
6	37	3	3	5	8	x	2	30	3	3	3	6	28
7	35	1	1	3	8	2	x	28	1	1	1	4	26
8	8	28	27	28	25	30	28	x	26	27	26	29	6
9	34	1	1	2	9	3	1	26	x	1	1	3	25
10	34	1	1	2	8	3	1	27	1	x	1	3	25
11	34	2	1	2	9	3	1	26	1	1	x	3	25
12	36	5	3	3	11	6	4	29	3	3	3	x	28
13	14	26	25	26	33	28	26	6	25	25	25	28	x



ตารางภาคผนวก ก.ที่ 8 แสดงระยะเวลาทางแบบสมมาตรของยานพาหนะคันที่ 8 จำนวน 16 จุดบริการ

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	x	6	16	17	21	19	19	18	21	22	20	20	17	17	17	21
2	6	x	10	12	15	17	13	13	15	16	15	15	12	11	12	16
3	16	10	x	1	5	7	5	4	7	8	6	6	3	3	3	7
4	17	12	1	x	4	5	5	4	7	8	6	6	3	3	3	7
5	21	15	5	4	x	3	7	9	12	13	11	11	8	8	8	12
6	19	17	7	5	3	x	5	6	9	10	9	9	6	5	6	10
7	19	13	5	5	7	5	x	1	5	6	4	4	5	5	5	9
8	18	13	4	4	9	6	1	x	3	4	3	3	3	4	3	8
9	21	15	7	7	12	9	5	3	x	1	2	4	5	6	5	6
10	22	16	8	8	13	10	6	4	1	x	3	5	6	7	6	7
11	20	15	6	6	11	9	4	3	2	3	x	2	3	4	3	7
12	20	15	6	6	11	9	4	3	4	5	2	x	1	2	1	5
13	17	12	3	3	8	6	5	3	5	6	3	1	x	1	1	4
14	17	11	3	3	8	5	5	4	6	7	4	2	1	x	2	4
15	17	12	3	3	8	6	5	3	5	6	3	1	1	2	x	1
16	21	16	7	7	12	10	9	8	6	7	7	5	4	4	1	x

ตารางภาคผนวก ข.ที่ 9 แสดงระยะทางแบบสมมาตรของยานพาหนะคันที่ 9 จำนวน 15 จุดบริการ

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	x	8	11	10	23	22	22	20	37	40	41	33	31	30	27
2	8	x	3	2	15	14	14	12	29	32	34	26	23	22	19
3	11	3	x	2	15	14	14	12	29	32	34	25	23	22	19
4	10	2	2	x	13	12	12	10	27	30	31	23	21	20	17
5	23	15	15	13	x	3	4	4	22	25	27	20	17	16	13
6	22	14	14	12	3	x	1	2	21	24	25	17	15	14	11
7	22	14	14	12	4	1	x	2	21	24	26	17	16	14	11
8	20	12	12	10	4	2	2	x	19	22	24	15	13	12	9
9	37	29	29	27	22	21	21	19	x	3	5	10	11	14	16
10	40	32	32	30	25	24	24	22	3	x	28	13	15	17	19
11	41	34	34	31	27	25	26	24	5	28	x	15	16	19	21
12	33	26	25	23	20	17	17	15	10	13	15	x	2	4	6
13	31	23	23	21	17	15	16	13	11	15	16	2	x	1	6
14	30	22	22	20	16	14	14	12	14	17	19	4	1	x	5
15	27	19	19	17	13	11	11	9	16	19	21	6	6	5	x

**ประวัติผู้เขียน**

ชื่อ-นามสกุล  
ประวัติการศึกษา

นายพิพัฒน์ กุลานูวัตติ  
ป.ตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตเทเวศร์

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน -

DRPU