การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าสำหรับบริษัทจำหน่ายชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษา บริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทริคแอนด์ดีไซน์ จำกัด

สุเมธ ศรีสัมพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2560

Vehicle Routing for Electronics Components Distributor

Case study AOF Electric and Design Co., Ltd.

Sumate Srisampan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for the Degree of Master of Engineering

College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

2017

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าสำหรับบริษัทจำหน่ายชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษา บริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทริคแอนด์ดีไซน์ จำกัด
ชื่อผู้เขียน สุเมธ ศรีสัมพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

บริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทริคแอนด์ดีไซน์ จำกัด ดำเนินธุรกิจนำเข้าชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อจำหน่ายให้ลูกค้าซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ซึ่งบริษัทมีปัญหาในเรื่องของต้นทุนการขนส่งสินค้าที่สูง สาเหตุเกิดจากการที่จำนวนลูกค้าของบริษัทมีเป็นจำนวนมากและอยู่กระจัดกระจายทั้งกรุงเทพ ปริมณฑลและต่างจังหวัดบางจังหวัด และในหลายๆ ครั้งที่ค่าใช้จ่ายในการขนส่งนั้นสูงกว่าที่ได้คาดการณ์เอาไว้ ทำให้ทางบริษัทจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับกิจกรรมการลดต้นทุนในกระบวนการโลจิสติกส์ควบคู่ไปพร้อมกับการเพิ่มยอดขายของทางบริษัท

เว็บไซต์ออพติแมป (Optimap) พัฒนาโดยนักพัฒนาเว็บไซต์ชาวนอร์เวย์ชื่อ Geir K. Engdahl ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยใช้กูเกิ้ลแมป ร่วมกับทฤษฎีอาณาจักรมด (Ant Colony) ในกรณีที่มีจุดรับสินค้ามากกว่า 16 จุด และวิธีกำหนดการพลวัต (Dynamic Programming) ในกรณีที่มีจุดรับสินค้าน้อยกว่า 16 จุด ซึ่งจากการทดลองจัดเส้นทางด้วยเว็บไซต์ออพติแมป พบว่าจากเดิมที่ใช้วิธีการแบ่งเส้นทางการเดินรถตามพื้นที่ใกล้เคียงนั้นทางบริษัทได้วางแผนเส้นทางการขนส่งไว้ 9 เที่ยว/สัปดาห์ รวมระยะทางโดยประมาณ 1,275.90 กม. ใช้เวลาโดยรวมประมาณ 48 ชั่วโมง 21 นาที ลดลงเหลือ 8 เที่ยว/สัปดาห์ ระยะทางรวมโดยประมาณลดลงเหลือ 1,149 กม.(ลดลง 9.95%) และเวลาโดยรวมโดยประมาณลดเหลือ 46 ชั่วโมง 49 นาที(ลดลง 3.17%) ทำให้โดยภาพรวมแล้วทางบริษัทสามารถลดต้นทุนในเรื่องของค่าขนส่งไปได้ประมาณ 9.86% และยังสามารถบริหารจัดการในเรื่องของเวลาที่ไปส่งสินค้าให้ได้รวดเร็วขึ้น ทำให้เกิดความพึงพอใจต่อลูกค้า ซึ่งเพิ่มโอกาสในการทำให้บริษัทสามารถขยายธุรกิจต่อไปในอนาคตได้มากขึ้น

คำสำคัญ : ออพติแมป, ทฤษฎีอาณาจักรมด, วิธีกำหนดการพลวัต

Thesis Title	Vehicle Routing for Electronics Components Distributor Case study AOF Electric and Design Co., Ltd.
Author	Sumate Srisampan
Thesis Advisor	Natapat Areerakulkan. Ph.D.
Departmant	Engineering Management
Academy Yeas	2016

ABSTRACT

AOF Electric & Design Co., Ltd has conducted its business by import electronic components to distribute for the customers which are electronics manufactures in Thailand. The case study company is facing high logistics cost problem, originated from several customers' locations disseminated around Bangkok metropolitan area as well as in some suburb areas. Therefore, the company aims to decrease logistics cost in parallel with increasing sales.

Optimap is developed by a Norwegian website developer namely : Geir K. Engdahl. It was designed by using google map collaborate with Ant colony theory (when the destination points more than 16 points) and dynamic programming theory (when the destination points less than 16 points). From the experiment using Optimap with case study data set, the results show the improvement from existing planning route (Nearby Area); 9 routes per week, total travel distance is 1,275 km. and travel time is 48 hours 21 minutes. The obtained results are reduced to 8 routes per week, total travel distance is 1,149 km. (decrease 9.95%) and travel time is 46 hours 49 minutes (decrease 3.17%), which leads to overall logistics costs reduced around 9.86%, approximately. Furthermore, this means the faster time delivery and better customer satisfaction, which gives more opportunity for expanding the business in the future.

Keyword **:** Optimap, Ant Colony, Dynamic Programming

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็เนื่องจากความกรุณาของ ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ แนวทางในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ช่วยแนะนำและช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยเสมอมา ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

สุเมธ ศรีสัมพันธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง

กิตติกรรมประกาศ..... จ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 2

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 โลจิสติกส์..... 4

2.2 กิจกรรมหลักของโลจิสติกส์..... 5

2.3 ต้นทุนด้านโลจิสติกส์..... 7

2.4 การขนส่ง..... 8

2.5 ต้นทุนการขนส่ง..... 9

2.6 ที่มาของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า..... 10

2.7 การจัดกลุ่มปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง..... 10

2.8 ทฤษฎีอาณาจักรมดและกำหนดการเชิงพลวัตร..... 12

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 19

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 20

3.1 ขั้นตอนการศึกษาและเก็บข้อมูล..... 21

3.2 ขั้นตอนการปรับปรุงการจัดเส้นทางการขนส่งใหม่..... 25

4. ผลการดำเนินงานวิจัย..... 28

4.1 การเปรียบเทียบการจัดเส้นทางด้วยเว็บไซต์ออพติแมปกับโปรแกรมอื่น..... 28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.2 เส้นทางการขนส่งที่ได้จากการคำนวณด้วยเว็บไซต์ออพติแมป	36
4.3 สรุปเส้นทางการขนส่ง ระยะทาง และเวลาที่ได้จากการจัดด้วยเว็บไซต์ออพติแมป	45
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	46
5.1 ผลประหยัดที่เกิดขึ้น	46
5.2 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	51
ก. ปริมาตรจุดขนส่งสินค้าและเส้นทางการขนส่งเดิมของบริษัท	52
ข. การใช้งานเว็บไซต์ออพติแมป	65
ประวัติผู้เขียน	80

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ระยะทางระหว่างจุดต่างๆ : หน่วย กิโลเมตร	16
3.1	ข้อมูลสถานที่ตั้งของบริษัทลูกค้า ปริมาตรสินค้าที่ต้องขนส่ง และเวลาที่ใช้ในการลงสินค้า	22
3.2	สรุปเส้นทางการขนส่งเดิม	24
4.1	รูปแบบการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ	28
4.2	เปรียบเทียบเส้นทางที่ 1 ระหว่างโปรแกรมออพติแมปกับโปรแกรมอื่นๆ	34
4.3	เปรียบเทียบเส้นทางที่ 2 ระหว่างโปรแกรมออพติแมปกับโปรแกรมอื่นๆ	34
4.4	ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 1 กรุงเทพฝั่งตะวันตก	37
4.5	ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 2 ตะวันออก-ชลบุรี	38
4.6	ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 3 ฝั่งธนบุรี-จตุจักร	39
4.7	ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 4 บางปู-ฉะเชิงเทรา	40
4.8	ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 5 กรุงเทพชั้นใน-ลาดกระบัง	41
4.9	ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 6 ปากเกร็ด-นนทบุรี	42
4.10	ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 7 รังสิต-ปทุมธานี	43
4.11	ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 8 พระราม3-สายไหม-ลาดกระบัง	44
4.12	สรุปเส้นทางที่จัดโดยใช้เว็บไซต์ออพติแมป	45
5.1	เปรียบเทียบข้อมูลการวางแผนการขนส่งปัจจุบัน และการวางแผนการขนส่งแบบใหม่ที่จัดโดยเว็บไซต์ออพติแมป	46
5.2	เปรียบเทียบต้นทุนการวางแผนการขนส่งปัจจุบัน และการวางแผนการขนส่งแบบใหม่ที่จัดโดยเว็บไซต์ออพติแมป	47

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แบบจำลองเส้นทางการเดินไปหาอาหารของมด	13
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	20
3.2	รถสินค้าสำหรับให้บริการขนส่งชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	21
3.3	เว็บไซต์ออพติแมป	25
3.4	ตำแหน่งของลูกค้าทั้งหมดที่บันทึกลงในเว็บไซต์ออพติแมป	25
3.5	ตัวอย่างเส้นทางที่คำนวณได้ในเว็บไซต์ออพติแมป	26
3.6	ตัวอย่างเส้นทางย่อยที่คำนวณได้ในเว็บไซต์ออพติแมป	26
4.1	ผลลัพธ์เส้นทางที่ 1 ประมวลผลจากโปรแกรม Deluxe TSP Tools (Free Ver.)	29
4.2	เส้นทางที่ 1 จากโปรแกรม Deluxe TSP Tools (Free Ver.)	29
4.3	ผลลัพธ์เส้นทางที่ 1 ประมวลผลจากโปรแกรม Vehicle Routing Manager (Turtle)	30
4.4	ผลลัพธ์เส้นทางที่ 2 ประมวลผลจากโปรแกรม Deluxe TSP Tools (Free Ver.)	31
4.5	เส้นทางที่ 2 จากโปรแกรม Deluxe TSP Tools (Free Ver.)	31
4.6	ผลลัพธ์เส้นทางที่ 2 ประมวลผลจากโปรแกรม Vehicle Routing Manager (Turtle)	32
4.7	เส้นทางที่ 2 จากโปรแกรม Vehicle Routing Manager (Turtle)	33
4.8	เส้นทางที่ 1 กรุงเทพฝั่งตะวันตก	36
4.9	เส้นทางที่ 2 ตะวันออก-ชลบุรี	37
4.10	เส้นทางที่ 3 ฝั่งธนบุรี-จตุจักร	38
4.11	เส้นทางที่ 4 บางปู-ฉะเชิงเทรา	39
4.12	เส้นทางที่ 5 กรุงเทพชั้นใน-ลาดกระบัง	40
4.13	เส้นทางที่ 6 ปากเกร็ด-นนทบุรี	42
4.14	เส้นทางที่ 7 รังสิต-ปทุมธานี	43
4.15	เส้นทางที่ 8 พระราม3-สายไหม-ลาดกระบัง	44

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการดำเนินงานทางธุรกิจต่างๆ นั้น เจ้าของกิจการหลายๆ คนมักให้ความสำคัญในการเพิ่มกำไรในธุรกิจ โดยการเพิ่มยอดขายของธุรกิจตัวเองควบคู่ไปกับกระบวนการในการลดต้นทุนโลจิสติกส์ เนื่องด้วยในทุกกิจการนั้นจำเป็นต้องใช้กิจกรรมทางโลจิสติกส์เพื่อเพิ่มมูลค่าของสินค้าและบริการให้กับธุรกิจของตัวเอง ประกอบกับสภาวะตลาดในปัจจุบันนั้นมีการแข่งขันกันสูงมาก ทั้งกิจกรรมส่งเสริมการขายต่างๆ มีการค้นคว้าและวิจัยผลิตภัณฑ์ใหม่ออกอย่างต่อเนื่อง หรือรูปแบบการบริหารจัดการที่เน้นความรวดเร็วให้ตอบสนองกับความต้องการของลูกค้าจากที่ได้กล่าวมานี่เอง กระบวนการโลจิสติกส์จึงถือเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญและมีความจำเป็น เพื่อให้ธุรกิจสามารถอยู่รอดและแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทริคแอนด์ดีไซน์ จำกัด ดำเนินธุรกิจในรูปแบบของการซื้อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อมาจำหน่ายให้กับลูกค้า ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีฐานการผลิตในประเทศไทย รวมไปถึงตัวแทนขายปลีกและโรงพยาบาลซึ่งกระจายอยู่ในต่างจังหวัดบางส่วน โดยปกติแล้วธุรกิจประเภทนี้จะมีคู่แข่งอยู่เป็นจำนวนมาก ทางบริษัทจึงจำเป็นต้องควบคุมราคาสินค้าขายไม่ให้สูงมากจนเกินไป แล้วหันไปให้ความสำคัญในเรื่องของกิจกรรมการลดต้นทุนของกระบวนการโลจิสติกส์แทน โดยปัจจุบันทางบริษัทนั้นมีลูกค้ามากกว่า 50 บริษัท มีรถที่ใช้ในการขนส่งจำนวน 2 คัน มีการขนส่งสินค้าประมาณ 9 เที่ยวต่อสัปดาห์ ใช้เวลาในการโหลดสินค้าประมาณ 15-30 นาทีต่อจุดขนส่งสินค้า โดยทางบริษัทกำลังประสบกับปัญหาต้นทุนการขนส่งสินค้าสูง โดยสาเหตุหลักมาจากการขาดการวางแผนการขนส่งที่เป็นระบบและมีประสิทธิภาพหลายส่วน ส่วนสำคัญคือขาดการจัดเส้นทางการขนส่งที่ทำให้เกิดต้นทุนขนส่งโดยรวมต่ำที่สุด

สำหรับเส้นทางการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษาที่ใช้อยู่ปัจจุบันนั้น ถูกกำหนดโดยเจ้าหน้าที่ผู้ประสานงานระหว่างพนักงานขับรถกับฝ่ายขาย ซึ่งใช้วิธีการคาดคะเนจากการสื่อสารระหว่างพนักงานขับรถและเจ้าหน้าที่ผู้ประสานงานดังกล่าว แล้วกำหนดเส้นทางเพื่อจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าตามจุดหมาย อย่างไรก็ตามเราพบปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับจำนวนเที่ยวและสินค้าที่บรรทุกในรถขนส่งแต่ละรอบไม่เหมาะสม ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่นในแต่ละ

สัปดาห์ทางบริษัทวางแผนการขนส่งไว้สัปดาห์ละ 9 รอบ แต่บางสัปดาห์ต้องมีการขนส่งมากถึง 12 รอบ อันเนื่องมาจากมีสินค้าที่ขาดส่งหรือส่งไม่ทันในเวลาที่ทางเจ้าหน้าที่ได้วางแผนไว้ ทำให้เกิดต้นทุนในการขนส่งเพิ่มขึ้นมาถึง 3 รอบ ซึ่งเมื่อตรวจสอบข้อมูลแล้วพบว่าเราสามารถจัดการให้สินค้าที่ส่งไม่ทันนั้น สามารถนำไปรวมไปกับรถบางรอบที่มีพื้นที่ว่างได้ แต่ทางเจ้าหน้าที่ผู้วางแผนและพนักงานขับรถแจ้งว่าสินค้าที่ขาดส่งนั้นอยู่คนละเส้นทางกับเส้นทางที่ได้วางแผนไว้ อาจจะเกิดผลกระทบกับลูกค้าจุดอื่นๆ ได้ ที่ไม่สามารถรวมไปกับสินค้าในรอบนั้นๆ ได้ จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะลดต้นทุนด้วยการวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งใหม่ขึ้น โดยประเมินจากปัจจัยทั้งเรื่องพื้นที่ว่างในรถขนส่งและเวลาในการเดินทางขนส่งสินค้า และตั้งเป้าหมายเพื่อที่จะลดต้นทุนค่าขนส่งให้ได้อย่างน้อย 10%

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

วางแผนจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

1.3 ขอบเขตของการทำวิจัย

1.3.1 วางแผนจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าในกรณีที่มีสถานที่ส่งสินค้าไม่เกิน 100 จุด และมีข้อจำกัดด้านปริมาณการส่งสินค้าต่อรอบได้

1.3.2 ใช้ข้อมูลการวางแผนการขนส่งในเดือนธันวาคม 2559 มาจัดเส้นทางการขนส่งใหม่โดยใช้เว็บไซต์ออพติแมป และนำมาทดสอบใช้จริงในเดือนมกราคม 2560

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ลดต้นทุนในการขนส่งลง

1.4.2 ลดเวลาและระยะทางรวมในการขนส่ง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 รวบรวมข้อมูลและปัญหาที่พบในเรื่องการวางแผนการขนส่งของบริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทริคแอนด์ดีไซน์ จำกัด

1.5.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem : TSP) ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้า (Vehicle Routing Problem : VRP) และแนวทางในการแก้ปัญหาทั้ง 2 อย่างได้

1.5.3 นำเว็บไซต์ออพติแมปมาประยุกต์ใช้กับการวางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าของบริษัท

1.5.4 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ก่อนและหลังการใช้เว็บไซต์ออพติแมป มาแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง

1.5.5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

1.5.6 จัดทำรูปเล่มงานวิจัย

DPU

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยหัวข้อ การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้เวบไซต์ออพติแมป กรณีศึกษาบริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทริคแอนด์ดีไซน์ จำกัด ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลที่เป็นทฤษฎีทางด้านการขนส่งและการกระจายสินค้า รวมไปถึงต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยสามารถแบ่งหัวข้อได้ดังนี้

2.1 โลจิสติกส์

โลจิสติกส์ (logistics) เป็นระบบการจัดการการส่งสินค้า ข้อมูล และทรัพยากรอย่างอื่นจากจุดต้นทางไปยังจุดบริโภคตามความต้องการของลูกค้า โลจิสติกส์เกี่ยวข้องกับการผสมผสานของข้อมูลการขนส่ง การบริหารวัสดุคงคลัง การจัดการวัตถุดิบ การบรรจุหีบห่อ โลจิสติกส์เป็นช่องทางหนึ่งของห่วงโซ่อุปทาน (Logistics and Supply Chain) โดยมีจุดเริ่มต้นมาจากการขนส่งสินค้าทางการทหาร ในการส่งกำลังบำรุง ทั้งเสบียง อาวุธ กำลังพล เพื่อสนับสนุนการรบ หรือกิจกรรมที่มีการเคลื่อนย้าย จัดเก็บ จากอีกที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง อาจมีการจัดเก็บระยะเวลานานหรือระยะเวลาชั่วคราว เช่น เอกสาร สินค้าสำเร็จรูป วัตถุดิบ

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

2.2 กิจกรรมหลักของโลจิสติกส์

กิจกรรมหลักของโลจิสติกส์ คือ กิจกรรมที่ต้องใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการย้ายสินค้าจากจุดกำเนิดไปยังจุดบริโภค ได้แก่

2.2.1 การบริการลูกค้าสามารถให้คำจำกัดความได้ดังนี้ “ปรัชญาที่ มุ่งให้ความสำคัญกับ ลูกค้า ซึ่งได้ประสานและบริหารสิ่งซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับลูกค้า ด้วยการผสมผสานต้นทุนและการบริการที่กำหนดไว้อย่างสมดุล” การบริการลูกค้าคือ ผลลัพธ์ของระบบโลจิสติกส์ รวมไปจนถึงการส่งมอบสินค้าไปยังลูกค้าตามสถานการณ์ที่กำหนด ภายใต้เงื่อนไขและเวลาที่เหมาะสมด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

2.2.2 การพยากรณ์และการวางแผนอุปสงค์ โลจิสติกส์จะเกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ในด้านการบริหารสินค้าคงคลังการสั่งซื้อสินค้าจากผู้จัดส่งสินค้า/วัตถุดิบ ใช้ในการวางแผนการผลิตเชื่อมต่อกับการขนส่งและทำการตลาด

2.2.3 การบริหารสินค้าคงคลัง เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงระดับสินค้าคงคลังเพื่อให้กิจการประสบความสำเร็จในการให้บริการลูกค้าได้ในระดับสูง มีต้นทุนในการดูแลสินค้าได้แก่ ต้นทุนสัมพันธ์กับสินค้าคงคลัง ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าผันแปร ความล้าสมัยของสินค้า ต้นทุนเหล่านี้อาจมีพิสัยตั้งแต่ 14-50% ของมูลค่าสินค้าคงคลังต่อปี

2.2.4 การติดต่อสื่อสารด้านโลจิสติกส์ โลจิสติกส์เป็นงานที่มีกระบวนการเกี่ยวข้องกับแต่ละหน่วยงานและองค์กรอย่างขวาง การติดต่อสื่อสารด้านโลจิสติกส์จึงอาจกล่าวได้ว่า

1) ระหว่างองค์กรกับผู้จัดส่งสินค้า/วัตถุดิบและลูกค้า

2) ระหว่างหน่วยงานหลักภายในองค์กร เช่น โลจิสติกส์ ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายบัญชี การตลาด และฝ่ายผลิต

3) ระหว่างรูปลักษณ์ด้านโลจิสติกส์ เช่น การประสานงานกับโกดังเก็บวัตถุดิบ งานระหว่างทำสินค้าสำเร็จรูป

4) การจัดการวัตถุดิบ เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานตั้งแต่การจัดการวัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูป การปฏิบัติงานระหว่างดำเนินการ ต้นทุนนี้จะเพิ่มสูงขึ้นโดยไม่มีการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทุกครั้งเมื่อมีการขนย้ายหรือจัดการ จุดมุ่งหมายการจัดการวัตถุดิบ คือ การลดงานให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ได้แก่ การลดระยะทาง การลดปัญหาคอขวดของระดับสินค้าคงคลัง การสูญเสียและการสูญหาย การจัดการวัตถุดิบนี้จะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้อย่างชัดเจน

5) กระบวนการสั่งซื้อ เกี่ยวข้องกับการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า การตรวจสอบสถานะของคำสั่งซื้อและการติดต่อสื่อสารไปยังลูกค้า การเปิดคำสั่งซื้อจริงและการส่งมอบสินค้าตามคำสั่งซื้อนั้น แต่ละส่วนประกอบของการสั่งซื้อได้รวมถึงการตรวจสอบยอดสินค้าคงคลัง เครดิตลูกค้า

ใบสั่งสินค้าและยอดลูกหนี้ เนื่องจากวัฏจักรสั่งซื้อเป็นกุญแจสำคัญของการเชื่อมต่อละหว่างลูกค้ากับองค์กรและสามารถสร้างผลกระทบอย่างมากต่อการรับรู้ในด้านการบริการและความพึงพอใจของลูกค้า

6) การหีบห่อและการบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์มีคุณค่าทั้งในรูปแบบของการตลาดและการประชาสัมพันธ์ รวมทั้งเพื่อปกป้องตัวสินค้าในการจัดเก็บและระหว่างการขนส่งสินค้า ในมุมของโลจิสติกส์ บรรจุภัณฑ์สามารถถ่ายทอดข้อมูลที่สำคัญไปยังผู้บริโภคได้ บรรจุภัณฑ์ที่มีความสวยงามสามารถสร้างความสนใจให้กับลูกค้าได้ ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บด้วยการออกแบบที่เหมาะสมกับสินค้าคงคลังและเครื่องมือขนย้าย

7) อะไหล่และการให้บริการ นอกจากโลจิสติกส์ได้เข้ามามีบทบาทในการช่วยเหลือการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบงานระหว่างทำและสินค้าสำเร็จรูปแล้ว ยังมีความรับผิดชอบต่อการให้บริการหลังการขายด้วย ซึ่งได้แก่ การจัดส่งอะไหล่ไปยังผู้แทนจำหน่าย การจัดเก็บอะไหล่ไว้อย่างพอเพียง การรับคืนสินค้าที่ชำรุดหรือผิดปกติจากลูกค้า และการตอบสนองความต้องการเหล่านั้นอย่างรวดเร็ว

8) การเลือกสถานที่ตั้งโรงงานและคลังสินค้า เป็นการตัดสินใจทางกลยุทธ์ ซึ่งผลกระทบไม่เฉพาะต่อต้นทุนค่าขนส่งวัตถุดิบและสินค้าเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงระดับการให้บริการและความรวมเร็วในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า การพิจารณานี้ยังรวมไปถึงสถานที่ตั้งของลูกค้า ผู้จัดส่งสินค้า/วัตถุดิบ ผู้ให้บริการขนส่ง จำนวนและค่าจ้างแรงงาน และการให้ความร่วมมือจากภาครัฐ เป็นต้น

9) การจัดหา/วัตถุดิบ คือการซื้อวัตถุดิบและบริการจากองค์กรภายนอกเพื่อรองรับการปฏิบัติงานตั้งแต่การผลิตจนไปถึงการตลาด การขาย และโลจิสติกส์ กระบวนการสั่งซื้อสินค้ายังหมายถึงการจัดซื้อ การบริหารอุปทาน และกิจกรรมในรูปแบบอื่นๆ เช่น การคัดเลือกผู้จัดส่งสินค้า/วัตถุดิบ การเจรจาต่อรองราคา เงื่อนไข และปริมาณการสั่งซื้อ รวมทั้งการประเมินคุณภาพของผู้จัดส่งสินค้า/วัตถุดิบด้วย

10) การจัดการสินค้ารับคืน การคืนสินค้าอาจเกิดขึ้นเนื่องจากปัญหาด้านตัวสินค้าเองหรือการเปลี่ยนใจของลูกค้า การจัดการสินค้าที่ถูกส่งคืนนั้นเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน เนื่องจากเป็นการเคลื่อนย้ายสินค้าจำนวนที่น้อยจากลูกค้า ซึ่งต้นทุนในการเคลื่อนย้ายสินค้าจากลูกค้าผ่านช่องทางที่ธุรกิจใช้ในทิศทางย้อนกลับจากลูกค้าไปยังผู้ผลิตอาจสูงกว่าต้นทุนการเคลื่อนย้ายสินค้าจากผู้ผลิตไปยังลูกค้า

11) โลจิสติกส์ย้อนกลับ เกี่ยวข้องกับการขนย้ายหรือทำลายขยะที่เกิดจากการผลิต การจัดส่งหรือกระบวนการบรรจุ ซึ่งอาจมีการจัดเก็บไว้อย่างชั่วคราว การขนส่งเพื่อไปยังสถานที่

ทำลาย การนำกลับมาผ่านกระบวนการ รีไซเคิล Recycle เพื่อใช้ใหม่ ทำให้กระบวนการเหล่านี้มีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น

12) การขนส่ง ประเด็นสำคัญในกิจกรรมด้านโลจิสติกส์คือการทำให้การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบและสินค้าจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดบริโภคซึ่งบางครั้งอาจรวมไปถึงจุดที่ทำลาย การขนส่งจึงเกี่ยวข้องตั้งแต่การเลือกวิธีการขนส่งประเภทต่างๆ ซึ่งปกติแล้วการขนส่งเป็นกิจกรรมที่มีต้นทุนที่สูงที่สุดในกิจกรรมด้านโลจิสติกส์

13) คลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้า เป็นการอำนวยความสะดวกทั้งด้านเวลาและสถานที่ ซึ่งช่วยให้สินค้าที่ผลิตขึ้นได้ถูกพักเพื่อรอการบริโภค หรือเป็นที่พักของวัตถุดิบเพื่อรอการผลิต ซึ่งอาจจัดเก็บไว้ใกล้ๆ กับที่ๆ มีความต้องการสินค้านั้นแล้วทำการจัดส่งภายหลังต่อไป

2.3 ต้นทุนด้านโลจิสติกส์

ต้นทุนด้านโลจิสติกส์เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่รองรับกระบวนการโลจิสติกส์ ประเภทของต้นทุนหลักๆ ได้แก่ 4 กิจกรรมคือ การขนส่ง การเก็บรักษาสินค้าคงคลัง การบริการคลังสินค้า การบริหารจัดการ

2.3.1 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนส่ง (Transportation Cost) ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายจากกิจกรรมด้านขนส่งสินค้า เช่น การขนส่งขาเข้า และการขนส่งสินค้าออกจากโรงงาน ต้นทุนค่าขนส่งเพื่อการส่งออก (Export Cost) ค่าระวาง (Freight Cost) ค่าเอกสารเพื่อการส่งออก (Document Cost) ค่าพิธีการ (Local Charge) เป็นต้น ต้นทุนขนส่งสามารถพิจารณาได้หลายทางขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ต้นทุนของหน่วยงาน 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 การเลือกสถานที่ตั้งโรงงานและ

คลังสินค้า การดูแลรักษาคลังสินค้าและการประกันภัย ซึ่งต้นทุนนี้จะแปรผัน ตามจำนวนและสถานที่ตั้งของสินค้า

2.3.4 ต้นทุนการบริหารจัดการ (Administration Cost) ได้แก่ ต้นทุนที่เกี่ยวกับกิจกรรมที่กำหนดระดับการให้บริการลูกค้า ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการสั่งสินค้า การจัดหาอะไหล่และการบริการสนับสนุนอื่นๆ และค่าใช้จ่ายในการจัดสินค้าส่งคืน นอกจากนี้ยังรวมถึงต้นทุนกระบวนการและข้อมูลในการสั่งซื้อและต้นทุนการจัดซื้อ ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนทางการสั่งซื้อหรือกระจายคำสั่งซื้อ การติดต่อสื่อสาร การพยากรณ์ความต้องการ พัฒนาระบบสารสนเทศการจัดซื้อ (Procurement Cost)

2.4 การขนส่ง

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

1. เส้นทาง (The Way) เส้นทางในการขนส่ง แบ่งออกเป็นเส้นทางน้ำซึ่งเป็นเส้นทางการเดินเรือระหว่างประเทศโดยผ่านทะเลและมหาสมุทร หรือเส้นทางภายนอกในประเทศ เช่น ลำคลอง แม่น้ำ ฯลฯ เส้นทางบก แบ่งออกเป็นเส้นทางรถยนต์และเส้นทางรถไฟ ประการสุดท้าย คือ เส้นทางอากาศ ซึ่งสามารถติดต่อได้ทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศ นอกจากเส้นทางการขนส่งดังกล่าวแล้ว ท่อในการลำเลียง ก๊าซหรือวัสดุอย่างอื่น ก็จัดเป็นเส้นทางด้วย

2. พาหนะ (The Vehicle) พาหนะเป็นสื่อกลางในการลำเลียงผู้โดยสารหรือสินค้าในสมัยโบราณ ได้แก่ช้าง ม้า ลา อูฐ เกวียน เรือ 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 ผู้ที่ให้บริการการขนส่งอาจจะเป็นรัฐบาล หรือเอกชน ผู้ให้บริการอาจได้รับค่าจ้าง ถ้าดำเนินการในลักษณะของธุรกิจหรือไม่ได้รับผลตอบแทน ถ้าดำเนินการเพื่อส่วนบุคคลมิได้รับจ้าง

2.5 ต้นทุนการขนส่ง

ดร.คำนาย อภิปรัชญากุล (2550) กล่าวไว้ว่า ในปัจจุบันการขนส่งมีความสำคัญต่อธุรกิจเกือบทุกประเภททั้งในส่วนของการจัดหาวัตถุดิบการผลิต การขายและการจำหน่าย ในหลายธุรกิจต้นทุนของการขนส่งนับเป็นต้นทุนที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์/บริการ โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่เปลี่ยนแปลงใดๆ ตามการผลิตไม่ว่าจะทำการผลิตหรือไม่ผลิตก็ตาม ต้นทุนนี้จะเกิดขึ้นเป็นจำนวนที่คงที่ ต้นทุนนี้ถึงแม้จะมีการผลิตที่มากหรือน้อยเพียงใด ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายในอัตราที่เท่าเดิมอยู่ตลอดเวลา เช่น ค่าทะเบียนพาหนะ ค่าเสื่อมราคา เงินเดือนประจำ เป็นต้น ในบางครั้งต้นทุนประเภทนี้อาจเรียกชื่อได้อย่างอื่นอีก เช่น Constant Cost หรือ Overhead Cost

2. ต้นทุนแปนผัน (Variable Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการผลิต อาจเรียกชื่อเป็นอย่างอื่นได้อีก คือ ต้นทุนดำเนินงาน (Operation Cost) ถ้าให้มีการขนส่งมากต้นทุนนี้ก็มากด้วย ถ้าผลิตและบริการขนส่งที่น้อยต้นทุนนี้ก็จะน้อยตามไปด้วย และถ้าไม่ได้ให้บริการเลยก็ไม่ต้องจ่ายต้นทุนนี้เลย ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เป็นต้น

3. ต้นทุนรวม (Total Cost หรือ Joint Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ โดยรวมเอาต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผันมารวมกัน ถือเป็นต้นทุนของการบริการทั้งหมด ในการขนส่งถือว่าเป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการขนส่งสินค้า โดยไม่สามารถจะแยกออกได้ว่าต้นทุนของการขนส่งสินค้าหรือบริการแต่ละอย่างแต่ละประเภทนั้นเป็นเท่าใด เช่น การขนส่งทางรถไฟ โดยขบวนหนึ่งอาจมีผู้โดยสาร สินค้า และบริการอยู่ในขบวนเดียวกัน ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจะเป็นต้นทุนรวมกัน เพราะไม่สามารถแยกออกได้ว่าเป็นต้นทุนในการขนส่งผู้โดยสาร หรือเป็นต้นทุนในการขนส่งสินค้าหรือบริการ เป็นต้น ดังนั้นต้นทุนในการขนส่งสินค้าเที่ยวนั้นก็ควรแบ่งสรรไปยังสินค้าแต่ละชนิดที่ขนส่ง การที่ต้องแบ่งสรรต้นทุนเช่นนี้ก็จะเป็นประโยชน์แก่ธุรกิจ เพื่อจะได้ทราบว่าสินค้าแต่ละประเภทที่ดำเนินการอยู่นั้นมีต้นทุนและกำไรเพียงใด ต้นทุนรวมที่สามารถแยกแยะได้ชัดเจน เช่น ค่าน้ำมันซึ่งอาจคิดเฉลี่ยค่าน้ำมันแต่ละเที่ยวไปตามน้ำหนักบรรทุกสินค้า เป็นต้น

4. ต้นทุนเที่ยวกลับ (Back Haul Cost) เป็นต้นทุนที่ได้รวมค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) เข้าไปด้วย ในกรณีของการขนส่งหมายถึง การที่ต้องบรรทุกผู้โดยสาร สินค้าหรือบริการ ไปส่งยังจุดหมายปลายทางแล้ว ในเที่ยวกลับนั้นไม่ได้บรรทุกอะไรกลับมาเลย กรณีนี้จึงต้องมีการคิดถึงต้นทุนเที่ยวกลับรวมไว้ในการคิดต้นทุนค่าบริการขนส่งด้วย ซึ่งในบางครั้งลักษณะเช่นนี้ถือว่าเป็นการสูญเปล่าที่เกิดขึ้นและถือเป็นการขนส่งที่ทำให้เกิดการประหยัดด้วย ต้นทุนในการขนส่งนั้นจะมีความแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยของลักษณะของเส้นทางที่ใช้ในการขนส่ง ระยะทางและระยะเวลาในการขนส่ง ลักษณะของสินค้าและบริการที่จะทำการขนส่งและสภาพแวดล้อมและภูมิประเทศที่จะทำการขนส่ง

2.6 ที่มาของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า

ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า (Vehicle Routing Problem : VRP) เป็นปัญหาที่มีพื้นฐานมาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem : TSP) ซึ่งที่มาของคำว่า Traveling Salesman Problem นั้นไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าใครเป็นผู้คิดค้นขึ้นมาแต่ ได้มีการสันนิษฐานถึงที่มาถึงปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ว่าอาจจะถูกคิดค้นโดย Hassler Whitney ซึ่งเขียนหนังสือเรื่อง “48 States Problem” (William J. Cook, 2007)

จากปัญหาการเดินทางของพนักงานขายนั้น ได้มีผู้สนใจพัฒนาทฤษฎี แนวคิด และวิธีการต่างๆเพื่อพยายามที่จะแก้ไขปัญหานี้เช่นวิธีกำหนดการเชิงพลวัต (Richard E. B., 1940) ซึ่งได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน หรือวิธีการแม่นตรง (Laporte and Nobert ,1982) ก็ได้ทำให้เกิดความตื่นตัวในการที่จะคิดค้นวิธีการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายมากขึ้นเช่นวิธีการเจนเนติกส์, วิธีอาณาจักรมด เป็นต้น สำหรับในส่วนของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้านั้น ได้ถูกนำมาใช้ในบทความวิจัยและตีพิมพ์เผยแพร่ครั้งแรกในปี 1977 (Golden, B.L., Magnanti, T.L., and Nguyen, H.Q., 1977) ซึ่งพื้นฐานในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้านั้นจะคล้ายกับการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย แต่จะมีเงื่อนไขเพิ่มขึ้นมาในเรื่องของความจุของรถขนส่งสินค้าหรือเงื่อนไขทางด้านเวลาในการส่งสินค้าให้แก่ลูกค้ามากขึ้นนั่นเอง

2.7 การจัดกลุ่มปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง

ในการจัดกลุ่มปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งนั้น สามารถแบ่งได้หลายวิธีตามการจัดกลุ่มแต่ละแบบ ยกตัวอย่างเช่น

2.7.1 จัดกลุ่มตามวิธีการแก้ปัญหาของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง

2.7.1.1 วิธีการแม่นตรง (exact method) วิธีการนี้จะใช้พื้นฐานจากการโปรแกรมเชิงเส้นตรง การโปรแกรมจำนวนเต็ม หรือวิธีการอื่นๆ ที่จะทาให้ได้ค่าที่ดีที่สุด เช่น วิธีการ ตัดแบบระนาบ (cutting plane method), วิธีบรานซ์แอนด์บาว (branch and bound method)

2.7.1.2 วิธีการฮิวริสติกส์ (heuristics) เป็นวิธีการที่เมื่อดำเนินการเสร็จเรียบร้อยจะได้ค่าที่ดี ไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่จะใช้เวลาสั้นกว่าวิธีการแบบแม่นตรง ซึ่งนิยมใช้สำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น วิธีการเจนเนติกส์ (genetic algorithm) วิธีการระบบมด (Ant system algorithm) วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยฝูงอนุภาค (particle swarm optimization)

2.7.1.3 การจำลองแบบปัญหา (simulation) ในการจำลองแบบปัญหาส่วนใหญ่จะใช้กับปัญหาที่มีความไม่แน่นอนเกิดขึ้นเช่น ความต้องการไม่แน่นอน ระยะเวลาในการให้บริการไม่แน่นอน

2.7.2 จัดกลุ่มตามลักษณะของความต้องการของลูกค้า

2.7.2.1 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าและแน่นอน (deterministic demand) งานวิจัยจำนวนหนึ่งดำเนินการภายใต้ความต้องการที่ทราบและแน่นอนของลูกค้า โดยมีการเก็บข้อมูลอาจจะเป็นความต้องการที่แน่นอนโดยมีการสั่งสินค้าก่อนและจัดเส้นทางการขนส่ง หรือการประมาณค่าจากการใช้ค่าเฉลี่ยหรือค่าทางสถิติอย่างใดอย่างหนึ่ง

2.7.2.2 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าแต่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน (stochastic demand) ในกลุ่มนี้ความต้องการของลูกค้าจะทราบค่าแต่อาจจะมีความไม่แน่นอนซึ่งจะทำให้ต้องใช้เทคนิคในการแก้ปัญหาที่ต่างออกไป

2.7.2.3 ไม่ทราบความต้องการของลูกค้า ซึ่งเป็นความต้องการที่ไม่ทราบค่าขณะวางแผนแต่ทราบเมื่อไปถึงลูกค้า

2.7.3 จัดกลุ่มตามข้อจำกัดด้านเวลา (time windows) ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่มีความสำคัญกับการจัดเส้นทางเนื่องจากบางครั้งเวลาให้บริการลูกค้า หรือเวลาในการเดินทางจะมีผลต่อเส้นทางที่ได้จากการจัดด้วยวิธีการต่างๆ สามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

2.7.3.1 แบบไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา (no time windows) ในกลุ่มนี้งานวิจัยจะไม่คำนึงถึงข้อจำกัดด้านเวลาต่างๆ โดยจะทำการจัดเฉพาะเส้นทางการเดินทาง

2.7.3.2 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบไม่เคร่งครัด (soft time windows) ในกลุ่มนี้จะมีข้อจำกัดทางด้านเวลาแต่ไม่เคร่งครัดมากนักสามารถส่งสินค้าช้าหรือเร็วกว่ากำหนดได้บ้าง แต่อย่างไรก็ตามข้อจากัดด้านเวลานี้จะมีผลต่อการจัดเส้นทางเช่นเดียวกัน

2.7.3.3 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบเคร่งครัด (stick time windows) กลุ่มนี้การจัดเส้นทางจะคำนึงถึงระยะเวลาในการเดินทาง และระยะเวลาในการให้บริการอย่างเคร่งครัดหากเดินทางผิดเวลาหรือไปถึงลูกค้าผิดเวลา จะทำให้เส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่ไม่ถูกต้องไม่สามารถให้บริการลูกค้าได้

2.7.3.4 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาที่มีทั้งเคร่งและไม่เคร่ง (Mixed) จะมีลูกค้าทั้งที่เคร่งครัดเรื่องเวลาที่มาถึงของรถบรรทุก หรือเวลาในการให้บริการ และไม่เคร่งครัดเรื่องเวลาในปัญหาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การดำเนินการด้วยวิธีการต่างๆ มีความแตกต่างกันออกไปและมีผลต่อการจัดเส้นทางเช่นเดียวกัน

2.7.4 จัดกลุ่มตามเวลาในการวางแผนการเดินทาง (Time horizon) ในกลุ่มนี้จะเน้นการจัดกลุ่มแบบการจัดแบบครั้งเดียวในการวางแผนหนึ่งครั้งเช่น การเดินทางส่งสินค้าทุกวันจะเดินทางด้วยเส้นทางเดียวกัน และการจัดแบบหลายครั้งเช่นวางแผนเป็นเดือนหรือปีโดยในแต่ละวันอาจจะมีการเดินทางที่ไม่เหมือนกัน

2.7.4.1 แบบคาบเวลาเดียว (single period) กลุ่มนี้จะวางแผนครั้งเดียวและดำเนินการเช่นเดียวกันในทุกคาบเวลา

2.7.4.2 แบบหลายคาบเวลา (multi period) เป็นการวางแผนแบบหลายคาบเวลาและมีเส้นทางการเดินทางที่แตกต่างกันไปในแต่ละคาบเวลา

2.7.5 จัดกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้น (Number of Origin points) จุดเริ่มต้นที่แตกต่างกันจะทำให้ได้ระยะทางในการเดินทางที่แตกต่างกันไป การวางแผนการจัดเส้นทางบางครั้งอาจจะมีจุดเริ่มต้นเดียว บางครั้งจะต้องวางแผนให้กับศูนย์กระจายสินค้าหลายจุดไปพร้อมๆกัน สามารถแบ่งกลุ่มตามจานวนของจุดเริ่มต้นได้เป็น

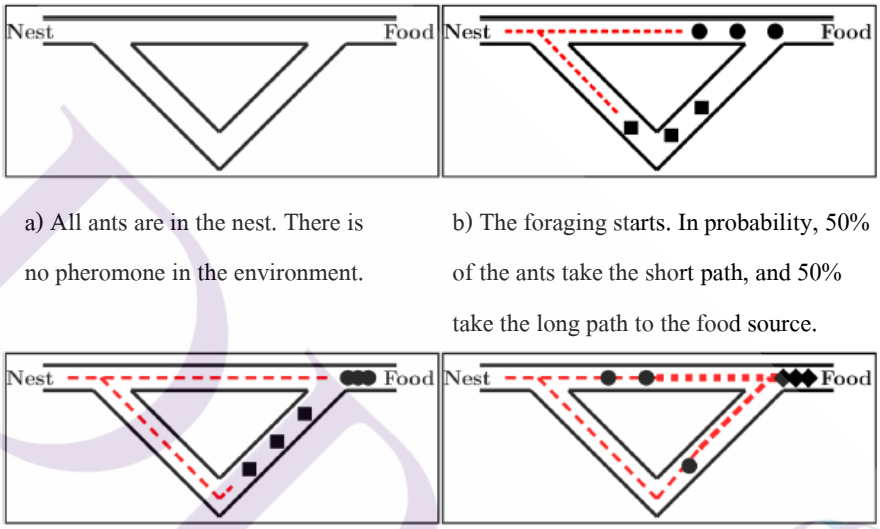
2.7.5.1 มีจุดเริ่มต้นเดียว (single origin/depot) การเริ่มต้นของทุกเส้นทางจะเริ่มต้นจากจุดกระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว

2.7.5.2 มีจุดเริ่มต้นหลายจุด (multiple origin/depot) ในกลุ่มนี้จะต้องวางแผนให้มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง โดยทำการจัดเส้นทางไปพร้อมๆ กัน

2.8 ทฤษฎีอาณาจักรมดและกำหนดการเชิงพลวัตร

สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ทางผู้พัฒนาเว็บไซต์ออพติแมป ได้มีการสร้างเว็บไซต์โดยใช้ทฤษฎีในการคำนวณหาเส้นทางอยู่ 2 ส่วนด้วยกันประกอบไปด้วยทฤษฎีอาณาจักรมด และทฤษฎีกำหนดการเชิงพลวัตร โดยในส่วนนี้เราจะพูดถึงหลักการทำงานของทั้ง 2 ทฤษฎี

โดยพฤติกรรมธรรมชาติของมด มดจะพยายามหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากรังไปยังแหล่งของอาหาร โดยมดจะอาศัยสารเคมีที่เรียกว่าฟีโรโมน (Pheromone) ที่มดแต่ละตัวก่อนหน้านี้ปล่อยลงบนพื้น เมื่อมดตัวหลังเดินตามมาก็จะปรับปรุงฟีโรโมนนี้ลงไปบนพื้นอีก ซึ่งเหตุนี้เอง ฟีโรโมนจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญในการหาเส้นทางจากแหล่งอาหารกลับไปยังรัง อธิบายพฤติกรรมของมดโดยใช้ข้อมูลเรื่องปริมาณของฟีโรโมนในการหาเส้นทางเดินจากรังไปยังแหล่งอาหาร ตามภาพที่ 2.5



a) All ants are in the nest. There is no pheromone in the environment.

b) The foraging starts. In probability, 50% of the ants take the short path, and 50% take the long path to the food source.

c) The ants that have taken the short path have arrived earlier at the food source. Therefore, when retuning, the propability to take again short path is higher.

d) The pheromone trail on the short path receives, in probability, a stronger reinforcement, and the probability to take this path grows. Finally, due to evaporation of the pheromone on the long path, the whole colony will use the short path.

ภาพที่ 2.1 แบบจำลองเส้นทางการเดินไปหาอาหารของมด

โดยโครงสร้างของวิธีการระบบมด (Ant system algorithm)แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน

2.8.1 กระบวนการกำหนดเส้นทางเดินของมด

ในระบบมดการที่จะสร้างเส้นทางเดินหรือสร้างคำตอบได้นั้น เริ่มแรกมดจะทำการสุ่มเลือกเมืองหรือโหนด เริ่มต้นขึ้นมาก่อนซึ่งการเลือกเมืองหรือโหนดแต่ละครั้งจะใช้กฎความน่าจะเป็น (Probability) ที่จะเลือกเมืองหรือโหนดถัดไปที่เรียกว่ากฎการสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็น (Random proportional rule) ซึ่งความเป็นไปได้ขณะที่มดอยู่เมืองนั้น จะเลือกเมืองถัดไปที่มดตัวที่ k ขณะที่อยู่เมือง i จะเลือกเมืองถัดไปที่ j ดังสมการที่ (1)

$$p_{ij}^{k} = \frac{[\tau_{ij}]^{\alpha}[\eta_{ij}]^{\beta}}{\Sigma_{\epsilon N_i^k}[\tau_{ij}]^{\alpha}[\eta_{ij}]^{\beta}} \quad \text{ถ้า } j \in N_i^k \tag{1}$$

เมื่อ $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ เป็นค่าของข้อมูลที่ใช้สุ่มเลือกเมืองหรือโหนดอย่างมีเหตุผล α และ β เป็นค่าที่ใช้สำหรับถ่วงน้ำหนัก (Weight) ให้กับพารามิเตอร์ปริมาณฟีโรโมน (Pheromone: τ) และค่าถ่วงน้ำหนักอย่างมีเหตุ (Heuristicinformation: η) และเป็นจำนวนเมืองหรือโหนดทั้งหมด ที่อยู่รอบๆ เมืองหรือโหนด i และมด k สามารถที่จะเลือกเดินไปได้ ซึ่งโดยปกติ การเลือกเมืองหรือโหนดถัดไปจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณฟีโรโมน (α) และค่าถ่วงน้ำหนักของการสุ่มอย่างมีเหตุผล (β) ถ้า $\alpha = 0$ เมืองถัดไปหรือโหนดถัดไปมีความเป็นไปได้ที่มีโอกาสเลือกมากกว่าเมืองหรือโหนดอื่นๆ แต่ถ้า $\alpha > 1$ จะได้ผลเฉลยที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดและในขณะที่ $\beta = 0$ ซึ่งจะหมายความว่ามดจะใช้เพียงค่าฟีโรโมน (τ ij) เท่านั้น มาใช้ในการเลือกเมืองหรือโหนดถัดไป และเมื่อได้ค่าความน่าจะเป็นจากสมการที่ 1 จะนำค่าที่ได้ไปใช้ในการกำหนดเส้นทางไปยังเมืองหรือโหนดถัดไป โดยมีกฎการเลือก คือกฎการคัดสรรโดยใช้วงล้อเสี่ยงทาย (Roulette wheel selection rule) ขั้นตอนการทำงานของวงล้อเสี่ยงทายที่ประยุกต์ใช้กับระบบมดนั้นเริ่มจากการใช้กฎการสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็นหรือสมการที่ 1 เพื่อหาค่าความเป็นไปได้ของทุกเส้นทาง ที่มด k จะเลือกเส้นทางจากเมือง i ไปยังเมือง j หลังจากนั้นก็นำค่าความเป็นไปได้ทั้งหมดของเส้นทางมาหาค่าขนาดความกว้างของวงล้อเสี่ยงทาย โดยจะกำหนดให้จำนวนของวงล้อเสี่ยงทายมีจำนวนเท่ากับจำนวนความเป็นไปได้ของเส้นทางที่มีโอกาสจะถูกมดเลือก

2.8.2 การเพิ่มร่องรอยของฟีโรโมน

เมื่อมดทุกตัวได้เดินทางครบทุกเมืองหรือโหนดแล้ว ก็จะสามารถที่จะหาค่าระยะทางทั้งหมดของมดแต่ละตัวได้แล้ว ซึ่งในระบบมดนั้นจะกำหนดให้มดแต่ละตัวมีการเพิ่มปริมาณฟีโรโมน (Update pheromone) บนเส้นทางของมดทุกๆ ตัวหลังจากที่ได้เดินทางผ่านเส้นทางนั้นๆ มาพร้อมกับมีการระเหยของฟีโรโมนในทุกๆ เส้นทางด้วย ซึ่งสมการการระเหยของฟีโรโมนดังสมการ ที่ (2)

$$\tau_{ij} = (1-\rho)\tau_{ij} \quad , \forall_{(i,j)} \in L \tag{2}$$

เมื่ออัตราการระเหยของฟีโรโมน (ρ) มีค่าระหว่าง $0 < \rho < 1$ ซึ่งสมการข้างต้น เพื่อให้เป็นการหลีกเลี่ยงการสะสมของฟีโรโมนบนเส้นทางที่มีมากเกินไป เมื่อมีการระเหยของฟีโรโมน

แล้วก็ต้องมีการปรับปรุงปริมาณฟีโรโมน (Update pheromone) บนเส้นทางของมดแต่ละตัวที่ได้เดินมา ดังสมการที่ (3)

$$\tau_{ij} = \tau_{ij} + \sum_{k=1}^{m} \Delta\tau_{ij}^{k} \quad , \quad \forall_{(i,j)} \in L \tag{3}$$

เมื่อ τ_{ij}^{k} คือปริมาณของฟีโรโมนที่มดตัวที่ k จะเพิ่มให้กับเส้นทางที่ได้เดินผ่านมาแล้วโดยที่ปริมาณของฟีโรโมนที่มดตัวที่ k ที่จะเพิ่มให้กับเส้นทาง สามารถหาได้จากสมการที่ (4)

$$\Delta\tau_{ij}^{k} = \begin{cases} \frac{1}{c^{k}} & \text{, if arc (i,j) belong to } T^{k} \\ 0 & \text{, otherwise} \end{cases} \tag{4}$$

เมื่อ C^{k} เป็นผลเฉลยหรือระยะทางทั้งหมดของมดตัวที่ kได้เดินทางผ่านเส้นทางนั้นๆ ซึ่งคำนวณได้จากระยะทางระหว่างเมืองหรือโหนดไปจนถึงแหล่งอาหารหรือเป้าหมายซึ่งก็คือ T^{k} หากเมืองหรือโหนดใดที่มดไม่ผ่านให้มีค่าเป็นตามสมการที่ (4)

ในส่วนของวิธีกำหนดการเชิงพลวัตร (dynamic programming) เป็นกระบวนการในการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนโดยการแบ่งปัญหาให้เป็นปัญหาย่อยที่สามารถแก้ได้ง่ายกว่า คุณสมบัติพื้นฐานของปัญหาที่จะใช้กำหนดการพลวัตได้คือจะต้องมีปัญหาย่อยที่ทับซ้อนกัน (overlapping subproblem) และโครงสร้างย่อยที่เหมาะสมที่สุด (optimal substructure) ปัญหาที่ใช้กำหนดการพลวัตในการแก้ปัญหาจะใช้เวลาแก้รวดเร็วกว่าการแก้ปัญหาโดยตรงเป็นอย่างมาก หลักสำคัญของกำหนดการพลวัตมาจากการสังเกตว่าในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนนั้น จำเป็นที่จะต้องแก้ปัญหาที่เล็กกว่า (ปัญหาย่อย) และนำคำตอบของปัญหาย่อยเหล่านั้นมารวมกันเป็นคำตอบของปัญหาใหญ่ และในการดำเนินการแก้ปัญหาย่อยนี้ มีหลายปัญหาที่ปัญหาย่อยบางส่วนเหมือนกันทุกประการ ดังนั้นแทนที่จะแก้ไขปัญหาย่อยเหล่านี้ซ้ำอีกรอบ กระบวนการกำหนดการพลวัตจะใช้วิธีแก้ไขปัญหาย่อยเหล่านี้เพียงแค่ครั้งเดียว และเก็บคำตอบไว้ หรือที่เรียกว่าการจำ (memoization) เมื่อพบปัญหาย่อยดังกล่าวอีกครั้งก็ไม่จำเป็นต้องคำนวณซ้ำใหม่ แต่สามารถเรียกคำตอบที่เก็บไว้มาใช้ได้เลย กระบวนการนี้จะมีประสิทธิภาพดีเป็นอย่างยิ่งเมื่อปัญหาที่จะแก้มีจำนวนปัญหาย่อยที่ทับซ้อนกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งหากไม่ได้ใช้กำหนดการพลวัตจะทำให้จำนวนครั้งในการแก้ปัญหาย่อยเติบโตแบบฟังก์ชันเลขชี้กำลัง ส่งผลให้เวลาในการแก้ไขปัญหาเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยการโปรแกรมเชิงพลวัต การวางแผนการขนส่งสินค้าวิธีนี้จะต้องกำหนดจำนวนขั้นตอน (Stage) โดยขั้นตอนเริ่มต้นคือ ขั้นตอนที่ 0 และแต่ละขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นขั้นตอนที่ n-2 โดย n คือจำนวนลูกค้าทั้งหมดรวมถึงจุดเริ่มต้นการเดินทางด้วย และในแต่ละขั้นตอนจะมีสถานะ (state) คือขณะปัจจุบันอยู่ที่จุดใด จะไปต่อที่จุดใด และในแต่ละสถานะอาจมีหลายทางเลือก (Alternatives) ซึ่งจะต้องเลือกในทางเลือกที่เดินทางน้อยที่สุด จะทำให้ได้ผลตอบแทน (Return) จากทางเลือกนั้น การคำนวณจะกระทำซ้ำๆ กันไปทุกขั้นตอนโดยใช้สมการย้อนซ้ำ (Recursive Equation)

$$f_i(j,\{s\}) = \min_{K \in S} \{ f_{i-1}(k, S-k) + d_{kj} \} \qquad (5)$$

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

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

และในการคำนวณรอบสุดท้ายจะเป็นการคำนวณผลรวมระยะทางที่ผ่านมากับระยะทางที่เดินทางกลับจุดเริ่มต้น ใช้สมการที่ (6)

$$\min_{j = 2,3,...N} \{ f_{N-2}(j ; N_j) + d_{j1} \} \qquad (6)$$

ตัวอย่างที่ 1 ต้องการวางแผนการกระจายสินค้าจาก Depot จุดที่ 1 ไปยังตำแหน่งต่างๆ ของลูกค้าจำนวน 5 จุด โดยเดินทางเพียงรอบเดียว ระยะทางระหว่างจุดต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 2.1 จงเรียงลำดับตำแหน่งการขนส่งสินค้า โดยให้ระยะทางในการเดินทางขนส่งสินค้ารวมมีค่าน้อยที่สุด (ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร, 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

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

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

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

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

Stage 1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Stage 2

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$1 \longrightarrow 3 \longrightarrow 5 \longrightarrow 4 \longrightarrow 2 \longrightarrow 1$ ระยะทางการขนส่งรวม 5 กิโลเมตร

1 1 1 1 1

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับตัวอย่างงานวิจัยที่น่าสนใจในต่างประเทศนั้นเช่นงานวิจัยของ Christian Blum(2005) ซึ่งเป็นลักษณะการบรรยายถึงที่มาของการนำทฤษฎีอาณาจักรมดมาใช้ในการแก้ปัญหา TSP ตั้งแต่อดีตจนถึงในปัจจุบัน และแนวโน้มที่ทฤษฎีอาณาจักรมดจะถูกดัดแปลงเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในแบบต่างๆเพื่อแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นในอนาคตต่อไป Masum, Shahjalal, Faruque and Sarker (2011) เขียนโปรแกรมโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งได้ อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการทดลองนำมาใช้งานจริงนั้นพบว่าการประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ซึ่งค่าที่ได้นั้นยังไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดต้องใช้เวลาค่อนข้างนานมาก โดยสาเหตุอาจเกิดจากขั้นตอนการข้ามฟาก(Crossover)ในกระบวนการนั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีฮิวริสติกส์แบบอื่นเข้ามาช่วยเพื่อให้ใช้ระยะเวลาที่สั้นลง และได้ผลลัพธ์ที่เข้าใกล้ค่าที่ดีที่สุด

ในขณะที่ของประเทศไทยนั้นมีงานของธรินิ มณีศรี(2553) ซึ่งใช้วิธีเมต้าฮิวริสติกส์แก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งกรณีมีรถขนส่งหลายขนาดและแบ่งแยกส่งสินค้า งานวิจัยของญาณิภา และนระเกณฑ์(2556) ที่ใช้การถ่ายโอนสินค้าช่วยลดระยะทางได้เฉลี่ยถึง 12.42% รวมไปถึงการแนะนำเส้นทางการส่งสินค้าโดยใช้วิธีอาณาจักรมดของชากร และผุสดี(2555)ที่นำเอาเว็บแอพพลิเคชั่น(Web Application) มาประยุกต์ใช้กับกูเกิ้ลแมปได้ งานวิจัยของพิพัฒน์ กุลานุวัติ (2557) การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยการโปรแกรมเชิงพลวัติ กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมชาไข่มุก โดยลดระยะทางการเดินรถขนส่งสินค้า ด้วยการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางโดยใช้การโปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic Programming) ซึ่งก่อนการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งนั้นมีระยะทางการวิ่งรวมเท่ากับ 2,060 กิโลเมตรต่อวัน และหลังการปรับปรุงเส้นทางการเดินรถ มีระยะเวลาทางลดลงเหลือเท่ากับ 1,686 กิโลเมตรต่อวัน หรือลดลง 18 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในส่วนของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยนั้น เริ่มจากขั้นตอนการศึกษาและเก็บข้อมูลปัจจุบันได้แก่ ข้อมูลลูกค้า ตำแหน่งลูกค้าตามแผนที่ จำนวนสินค้าที่ลูกค้าสั่ง และเส้นทางการขนส่งปัจจุบัน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการปรับปรุงการจัดเส้นทางการขนส่งด้วยวิธีใหม่ และจึงนำผลของการจัดเส้นทางใหม่ไปใช้ในงานจริง หลังจากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบผลการจัดเส้นทาง รายละเอียดของขั้นตอนงานวิจัยแสดงดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการศึกษาและเก็บข้อมูล

3.1.1 รวบรวมข้อมูลลูกค้าทั้งหมดมาหาตำแหน่ง และจำนวนสินค้าที่ต้องส่งในแต่ละจุด

กลุ่มลูกค้าส่วนใหญ่ของบริษัทกรณีศึกษานั้นจะอยู่ในพื้นที่บริเวณกรุงเทพ ปริมณฑล และพื้นที่ใกล้เคียง โดยทางบริษัทเองจะมีรถส่งสินค้าเองอยู่ 2 คันไว้สำหรับให้บริการขนส่งสินค้า ซึ่งสามารถจุสินค้าได้โดยประมาณทั้งหมด 4,284,000 ลบ.ซม.(ขนาดความจุกระบะกว้าง 120 ซม. ยาว 210 ซม. สูง 170 ซม.) โดยสินค้าที่จะทำการขนส่งจะบรรจุอยู่ในกล่องกระดาษที่มีขนาดต่างกัน ตามภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 รถสินค้าสำหรับให้บริการขนส่งชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ทางบริษัทได้มีการรวบรวมข้อมูลของลูกค้าในปี พ.ศ. 2559 พบว่ามีจำนวนทั้งหมด 56 ราย โดยมีข้อมูลตำแหน่งของลูกค้า ปริมาตรของสินค้า เวลาที่ใช้ในการลงสินค้า และเส้นทางการขนส่งเดิมของบริษัทแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานที่ตั้งของบริษัทลูกค้า ปริมาตรสินค้าที่ต้องขนส่ง และเวลาที่ใช้ในการลงสินค้า

จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)	เวลาในการลงสินค้า (นาที)
1	13.673749,100.523486	ที่ตั้งคลังสินค้า	
2	13.921246,100.690854	627,200.00	15
3	13.839424,100.569170	752,640.00	15
4	14.050201,100.606647	680,960.00	30
5	13.813472,100.548839	179,200.00	30
6	13.616886,100.349141	247,050.00	30
7	13.956871,100.549584	1,218,560.00	45
8	13.980208,100.558294	573,440.00	30
9	13.735137,100.576624	896,000.00	15
10	13.708803,100.751688	215,040.00	30
11	13.673929,100.543589	648,506.25	15
12	13.868782,100.560568	339,693.75	30
13	13.805857,100.038993	555,862.50	15
14	13.739427,100.256069	412,160.00	15
15	13.736259,100.258861	806,400.00	15
16	13.980856,100.565458	322,560.00	30
17	13.979649,100.556360	408,000.00	30
18	14.074600,100.614772	806,400.00	30
19	14.117214,100.599753	215,040.00	30
20	13.654085,100.645896	1,088,000.00	30
21	13.668124,100.637945	286,720.00	15
22	13.735377,100.645241	308,812.50	15
23	13.748706,100.638112	277,931.25	15
24	13.556779,100.657315	524,981.25	30
25	13.549032,100.671779	430,080.00	30

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)	เวลาในการลงสินค้า (นาที)
26	13.887626,100.574261	816,000.00	15
27	13.780296,100.278229	494,100.00	30
28	13.797301,100.319444	432,337.50	30
29	13.748716,100.583441	645,120.00	30
30	13.774400,100.799235	617,625.00	30
31	13.744085,100.507844	1,182,720.00	30
32	13.742156,100.509303	1,021,440.00	30
33	13.745554,100.498354	648,506.25	15
34	13.831652, 100.538483	401,456.25	15
35	13.710426, 100.399046	308,812.50	15
36	13.671596, 100.456614	519,680.00	15
37	13.965825, 100.585582	591,360.00	15
38	13.750300,100.537309	663,040.00	15
39	13.570854, 100.783496	370,575.00	30
40	13.577821, 100.785577	680,000.00	30
41	14.006830, 100.562294	340,480.00	30
42	14.123734, 100.598441	339,693.75	30
43	14.048627, 100.618646	524,981.25	15
44	13.442088, 101.026751	483,840.00	30
45	13.437726, 101.011977	501,760.00	30
46	13.426915, 101.035602	339,693.75	30
47	13.579104, 100.923005	494,100.00	30
48	13.583766, 100.927339	1,088,000.00	30
49	13.582983, 100.930258	788,480.00	15
50	13.580428, 100.935762	358,400.00	30

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)	เวลาในการลงสินค้า (นาที)
51	13.579542, 100.932607	408,000.00	15
52	13.625629, 101.025685	277,931.25	30
53	13.610697, 100.971837	339,693.75	30
54	13.758575, 100.790063	494,100.00	15
55	13.764666, 100.787459	322,560.00	30
56	13.762782, 100.785480	544,000.00	30
57	13.669214, 100.519458	586,743.75	15

3.1.2 หาเส้นทางการขนส่ง ระยะทางรวมและต้นทุนสำหรับเส้นทางปัจจุบัน

โดยเส้นทางการขนส่งปัจจุบันนั้นจัดโดยใช้วิธีการคาดคะเนจากการสื่อสารระหว่างพนักงานขับรถและเจ้าหน้าที่ผู้ประสานงาน ซึ่งมีทั้งหมด 9 เส้นทาง แสดงดังตารางที่ 3.2

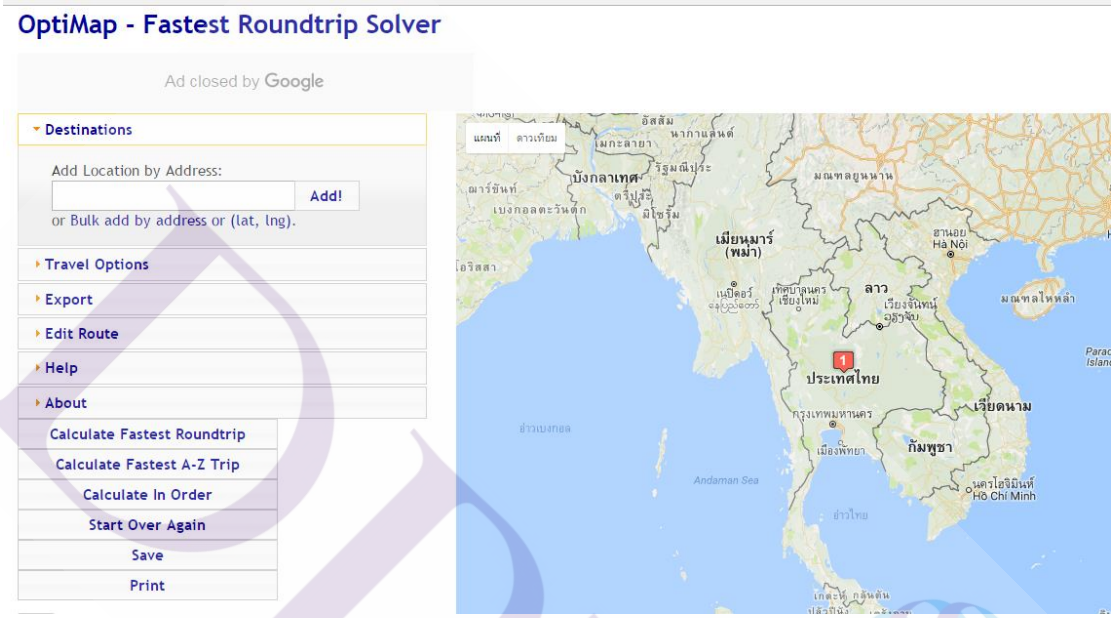
ตารางที่ 3.2 สรุปเส้นทางการขนส่งเดิม

เส้นทาง	ระยะทางรวม (กม.)	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)	ประมาณเวลาทั้งหมด (ชม: นาที)
1 – 6 – 35 – 15 -14 – 13 – 27 – 28 – 36 - 1	198	3,776,402.50	6:52
1 – 11 – 31 – 32 – 33 - 38 - 1	45.7	4,164,212.50	3:16
1 – 16 – 18 – 17 – 41 – 4 – 43 -19 – 8 - 42 - 1	247.8	4,211,555.00	9:07
1 – 5 – 34 – 3 – 12 – 26 – 2 - 1	118	3,116,190.00	4:27
1 – 20 – 21 – 22 – 23 – 10 – 54 – 55- 56 – 30 -1	128.4	4,154,788.75	6:24
1 – 47 – 48 – 49 – 50 – 51 – 53 - 52 - 1	163	3,754,605.00	5:42
1 – 44 – 45 – 46 – 1	166	1,325,293.75	4:03
1 – 24 – 25 – 39 - 40 – 1	105	2,005,636.25	4:31
1 – 57 – 9 – 7 - 37 – 1	104	3,292,663.75	3:59
ระยะทางรวม	**1,275.90**	**เวลารวม**	**48:21**

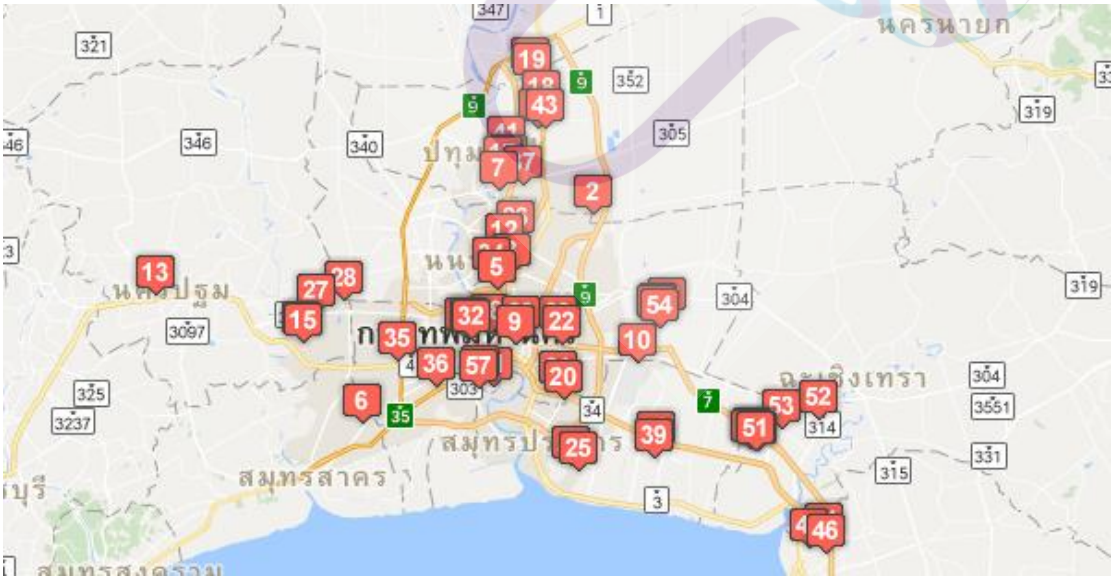
3.2 ขั้นตอนปรับปรุงการจัดเส้นทางการขนส่งใหม่

3.2.1 ใช้เว็บไซต์ออพติแมปจัดเส้นทางการขนส่งใหม่

ในการจัดเส้นทางการขนส่งใหม่ด้วยเว็บไซต์ออพติแมปนั้น เรานำข้อมูลตำแหน่งของลูกค้าทั้งหมดมาใส่ในแผนที่บนเว็บไซต์ออพติแมปดังภาพที่ 3.4

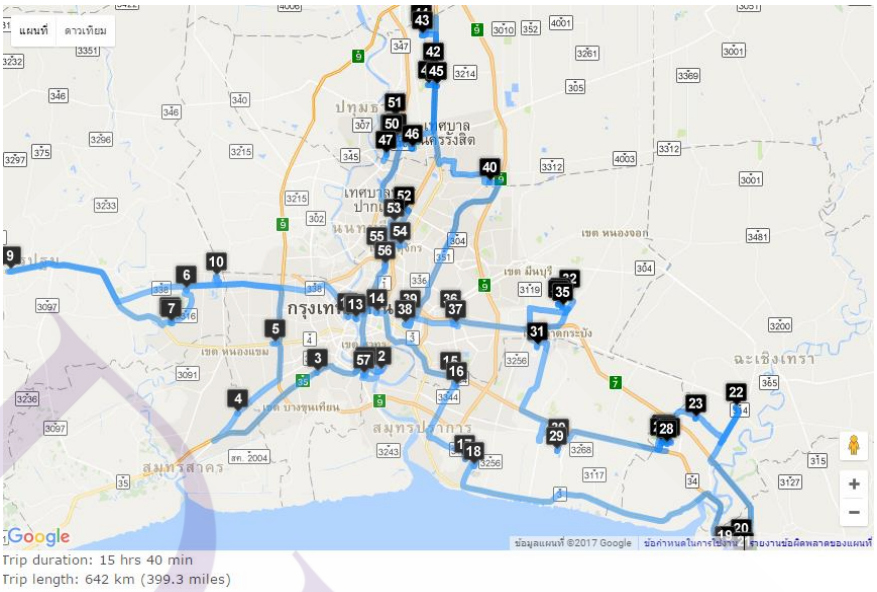


ภาพที่ 3.3 เว็บไซต์ออพติแมป



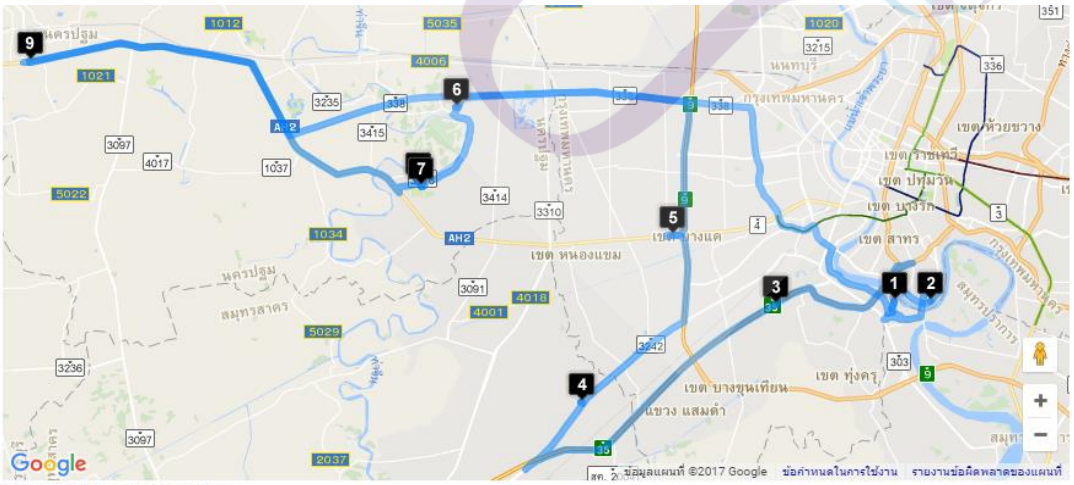
ภาพที่ 3.4 ตำแหน่งของลูกค้าทั้งหมดที่บันทึกลงในเว็บไซต์ออพติแมป

หลังจากนั้นให้ทำการคำนวณหาเส้นทางใหม่ทั้งหมด จะได้เส้นทางใหม่ที่เกิดขึ้น ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างเส้นทางที่คำนวณได้ในเว็บไซต์ออพติแมป

นำเส้นทางที่ได้ทั้งหมดนั้นมาแบ่งเป็นเส้นทางย่อย โดยเรียงลำดับจากจุดที่ 1 ในเส้นทางรวมนั้น มาแบ่งตามความจุของรถขนส่งที่บรรทุกได้



ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างเส้นทางย่อยที่คำนวณได้ในเว็บไซต์ออพติแมป

3.2.2 หาระยะทางรวมและเวลารวมของเส้นทางการขนส่งใหม่

หลังจากทำการจัดเส้นทางการขนส่งใหม่เรียบร้อยแล้ว ให้นำข้อมูลระยะทางและเวลาที่ใช้ในแต่ละเส้นทางไปสรุปเพื่อนำไปทดลองใช้งานจริงและสรุปต้นทุนที่เกิดขึ้นจริง

3.2.3 นำเส้นทางที่ได้ไปทดลองใช้งานจริงและสรุปต้นทุนขนส่งของเส้นทางใหม่

นำข้อมูลเส้นทางใหม่ที่จัดได้ไปทดลองใช้งานจริง รวบรวมต้นทุนในเรื่องของค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิงและค่าทางพิเศษที่เกิดขึ้น โดยการเก็บข้อมูลใบเสร็จในการเติมเชื้อเพลิงและค่าทางพิเศษที่ใช้งานจริง

3.2.4 เปรียบเทียบผลประหยัดที่เกิดขึ้น

นำต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมดในการจัดเส้นทางการขนส่งแบบเก่า และการปรับปรุงเส้นทางใหม่ที่เกิดขึ้นมาเปรียบเทียบผลประหยัด เพื่อใช้ในการสรุปผลและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การเปรียบเทียบการจัดเส้นทางด้วยเว็บไซต์ออพติแมปกับโปรแกรมอื่น

ในปัจจุบันมีโปรแกรมการจัดเส้นทางอยู่หลากหลายโปรแกรม แต่ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกมาใช้ในเบื้องต้นมี 3 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรม Vehicle Routing Manager (Turtle) โปรแกรม Deluxe TSP Tools (Free Ver.) และโปรแกรม Optimap ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบหาความเหมาะสมในการใช้งานสำหรับการจัดเส้นทางขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา โดยได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบพบข้อแตกต่างระหว่างโปรแกรมทั้ง 3 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รูปแบบการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ

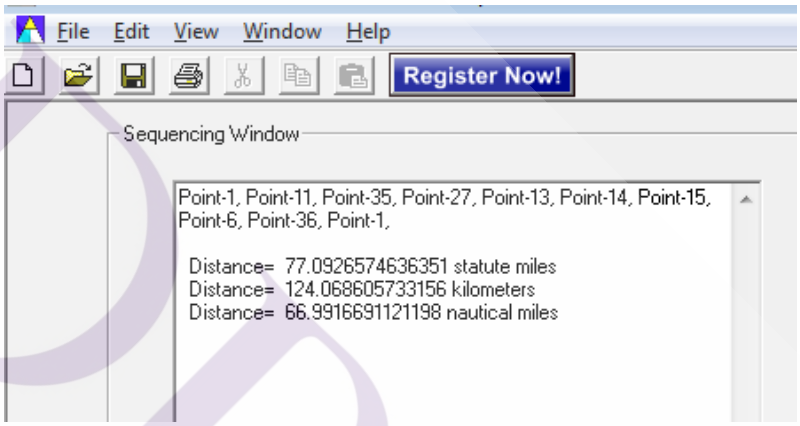
ชื่อโปรแกรม	จำนวนจุดขนส่งมากที่สุดที่ใช้ได้	เวลาที่ใช้ในการประมวลผลสำหรับบริษัทกรณีศึกษา (ชม.)	เวลาที่ใช้ในการประมวลผลสำหรับปัญหา 20 จุด (ชม.)	การประมวลผลร่วมกับเส้นทางการจราจร
Vehicle Routing Manager(Turtle)	25	ไม่สามารถประมวลผลได้	12	ไม่สามารถประมวลผลได้
Optimap	100	0.83	0.35	ประมวลผลได้
Deluxe TSP Tools (Free Ver.)	20	ไม่สามารถประมวลผลได้	0.72	ไม่สามารถประมวลผลได้

ซึ่งจากโปรแกรมในตารางที่ 4.1 นั้นจะเห็นว่า Vehicle Routing Manager (Turtle) และ Deluxe TSP Tools (Free Ver.) นั้นสามารถหาจำนวนจุดขนส่งได้มากที่สุดที่ 25 และ 20 จุด ตามลำดับ ในขณะที่เว็บไซต์ออพติแมปนั้นสามารถจัดเส้นทางการขนส่งได้สูงสุดถึง 100 จุด ในขณะที่เมื่อเทียบจำนวนจุดที่เท่ากันซึ่งไม่เกิน 20 จุดนั้น เว็บไซต์ออพติแมปสามารถที่จะประมวลผลได้ด้วยเวลา 0.35 ชม. ในขณะที่โปรแกรม Vehicle Routing Manager (Turtle) นั้นใช้เวลาสูงสุดอยู่ที่ 12 ชม.

เพื่อเป็นการทดสอบความเหมาะสมในการใช้งาน จึงนำโปรแกรมทั้ง 3 มาทำการจัดเส้นทางที่ 1 และเส้นทางที่ 2 (แสดงในตารางที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ) และนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบโดยมีรายละเอียดแสดงในหัวข้อที่ 4.1.1 – 4.1.3 ดังต่อไปนี้

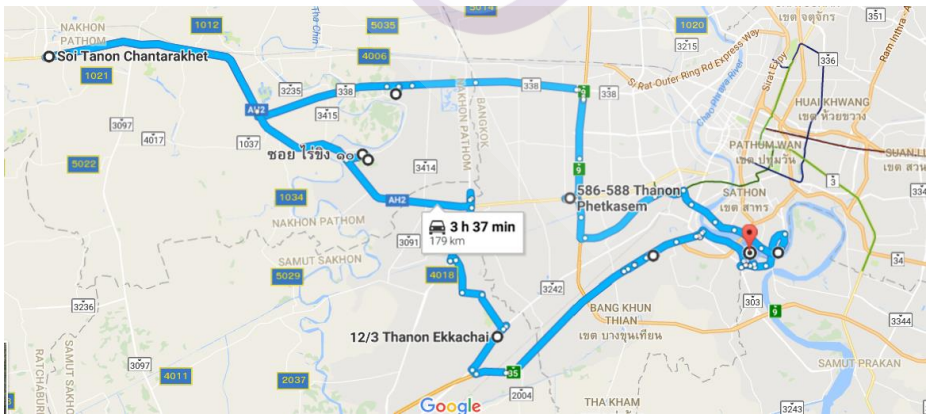
4.1.1 เปรียบเทียบการจัดเส้นทางที่ 1

1) การจัดเส้นทางที่ 1 โดยใช้โปรแกรม Deluxe TSP Tools (Free Ver.) ได้ผลลัพธ์เส้นทางเรียงลำดับตามจุดขนส่งคือ 1 – 11 – 35 – 27 – 13 – 14 – 15 – 6 – 36 – 1 โดยระยะที่ได้จากโปรแกรมจะเป็นระยะทางในโปรแกรม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 124.06 กม. ตามภาพที่ 4.1



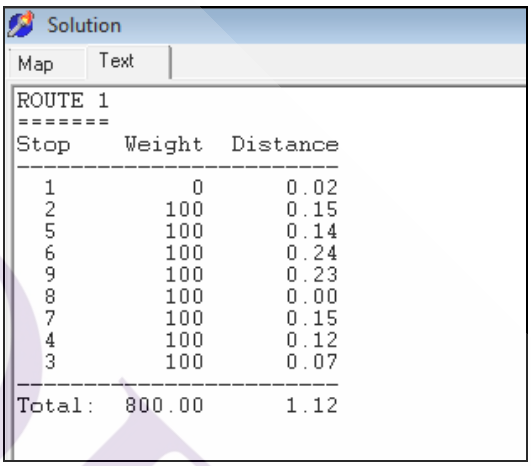
ภาพที่ 4.1 ผลลัพธ์เส้นทางที่ 1 ประมวลผลจากโปรแกรม Deluxe TSP Tools(Free Ver.)

จากผลลัพธ์ที่ได้นั้น เราจะต้องนำจุดขนส่งที่ได้มาหาระยะทางจริงในเว็บไซต์กูเกิ้ลแมป เพื่อนำเปรียบเทียบผลลัพธ์ตามภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 เส้นทางที่ 1 จากโปรแกรม Deluxe TSP Tools(Free Ver.)

2) การจัดเส้นทางที่ 1 โดยใช้โปรแกรม Vehicle Routing Manager (Turtle) ได้ผลลัพธ์เส้นทางเรียงลำดับตามจุดขนส่งคือ 1 – 11 – 35 – 27 – 13 – 14 – 15 – 6 – 36 – 1 เช่นเดียวกับโปรแกรม Deluxe TSP Tools(Free Ver.) ดังนั้นทั้งระยะทางในโปรแกรม ระยะทางจริง และเวลาจึงเท่ากันทั้ง 2 โปรแกรม โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วย Vehicle Routing Manager (Turtle) แสดงดังภาพที่ 4.3

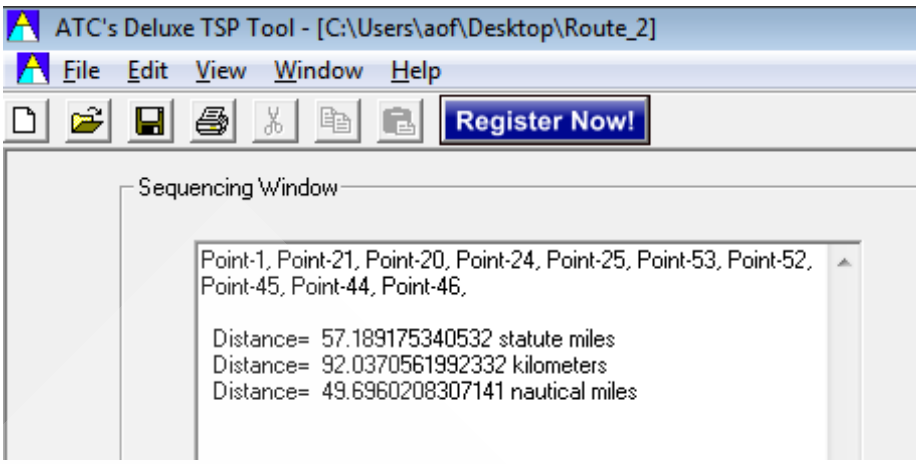


ภาพที่ 4.3 ผลลัพธ์เส้นทางที่ 1 ประมวลผลจากโปรแกรม Vehicle Routing Manager(Turtle)

3) สำหรับการจัดเส้นทางที่ 1 โดยใช้โปรแกรมออพติแมปนั้นจะทำการจัดเส้นทาง 2 ช่วงเวลาด้วยกันได้แก่ช่วงเวลาที่มีการจราจรเบาบางที่สุด (เวลาประมาณตี 3.00) และช่วงเวลาที่มีการขนส่งเกิดขึ้นจริง (เวลาประมาณ 8.30 น.)โดยทั้ง 2 ช่วงเวลาได้ผลลัพธ์เส้นทางเรียงลำดับตามจุดขนส่งเหมือนกันคือ 1 – 11 – 36 – 6 – 35 – 27 – 15 – 14 – 13 – 1

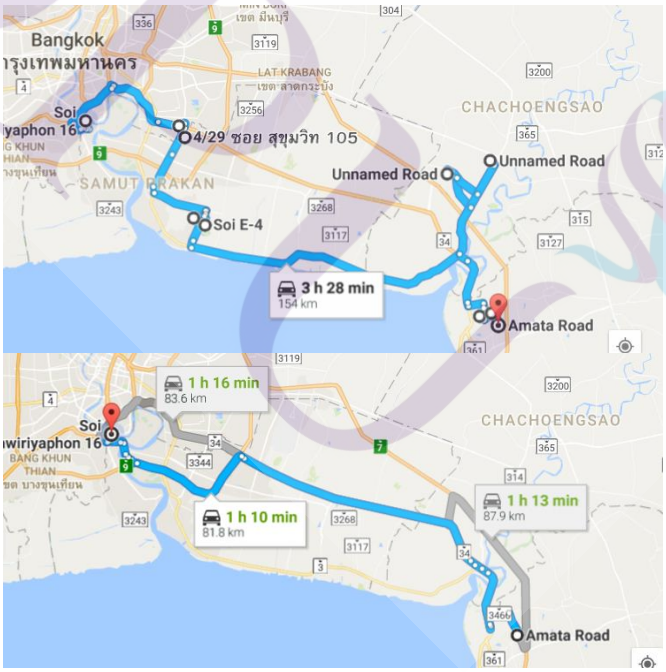
4.1.2 เปรียบเทียบการจัดเส้นทางที่ 2

1) การจัดเส้นทางที่ 2 โดยใช้โปรแกรม Deluxe TSP Tools(Free Ver.) ได้ผลลัพธ์เส้นทางเรียงลำดับตามจุดขนส่งคือ 1 – 20 – 21 – 24 – 25 - 44 – 45 – 46 – 52 – 53 - 1 โดยระยะที่ได้จากโปรแกรมมีค่าเท่ากับ 172.03 กม. ตามภาพที่ 4.4



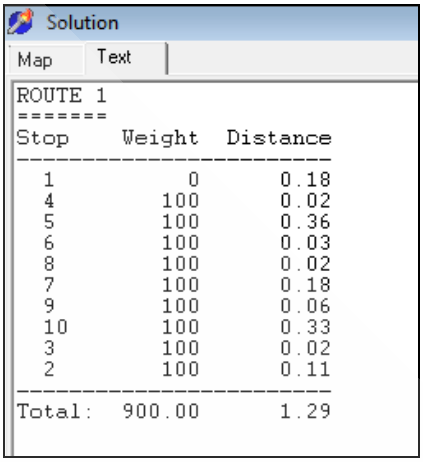
ภาพที่ 4.4 ผลลัพธ์เส้นทางที่ 2 ประมวลผลจากโปรแกรม Deluxe TSP Tools(Free Ver.)

จากผลลัพธ์ที่ได้นั้น เราจะต้องนำจุดขนส่งที่ได้มาหาระยะทางจริงในเว็บไซต์กูเกิ้ลแมป เพื่อนำเปรียบเทียบผลลัพธ์ตามภาพที่ 4.5



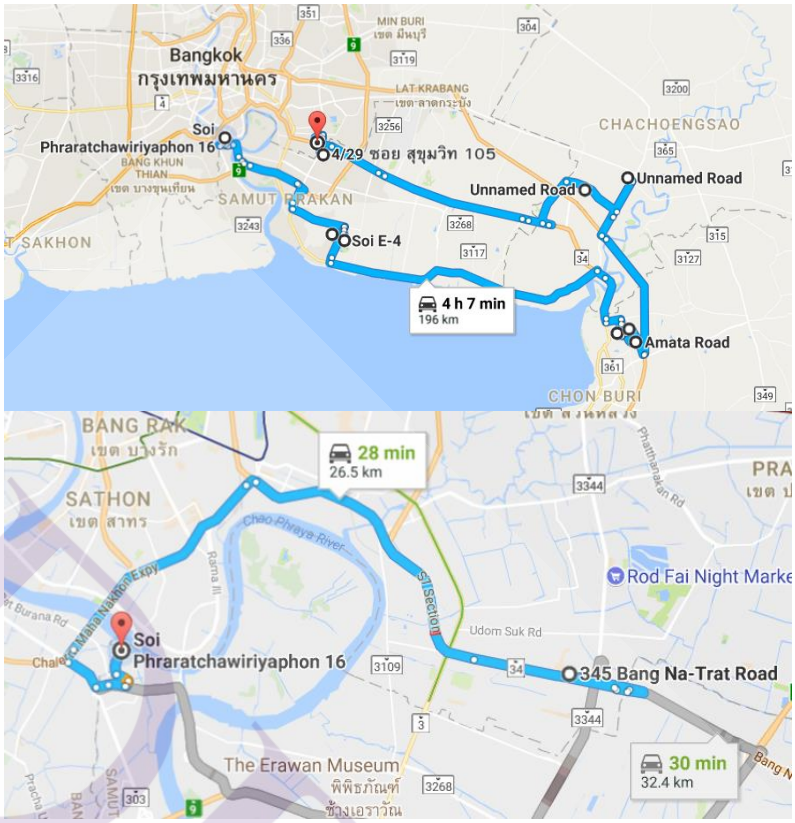
ภาพที่ 4.5 เส้นทางที่ 2 จากโปรแกรม Deluxe TSP Tools(Free Ver.)

2) การจัดเส้นทางที่ 2 โดยใช้โปรแกรม Vehicle Routing Manager(Turtle) ได้ผลลัพธ์เส้นทางเรียงลำดับตามจุดขนส่งคือ 1 – 24 – 25 – 45 – 46 - 44 – 52 – 53 - 20 -21 - 1 โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วย Vehicle Routing Manager(Turtle) แสดงดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ผลลัพธ์เส้นทางที่ 2 ประมวลผลจากโปรแกรม Vehicle Routing Manager (Turtle)

จากผลลัพธ์ที่ได้นั้น เราจะต้องนำจุดขนส่งที่ได้มาหาระยะทางจริงในเว็บไซต์กูเกิ้ลแมป เพื่อนำเปรียบเทียบผลลัพธ์ตามภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 เส้นทางที่ 2 จากโปรแกรม Vehicle Routing Manager(Turtle)

3) สำหรับการจัดเส้นทางที่ 2 โดยใช้โปรแกรมออพติแมปนั้น ช่วงเวลาที่มีการจราจรเบาบางที่สุด (เวลาประมาณตี 3.00) ได้ผลลัพธ์เส้นทางเรียงลำดับตามจุดขนส่ง 1 – 20 – 24 – 25 – 45 - 44 – 46 – 52 - 53 -21 – 1 ซึ่งมีระยะทางรวมทั้งหมด 220 กม. และใช้เวลา 4.58 ชม. ในขณะที่ผลลัพธ์เส้นทางช่วงเวลาที่มีการขนส่งเกิดขึ้นจริง (เวลาประมาณ 8.30 น.) เรียงลำดับตามจุดขนส่ง คือ 1 – 21 – 20 – 24 – 25 - 45 – 44 – 46 – 52 – 53 - 1 ซึ่งมีระยะทางรวมทั้งหมด 225 กม. และใช้เวลา 4.67 ชม.

4.1.3 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์การจัดเส้นทางที่ 1 และ 2

ผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางที่ 1 และเส้นทางที่ 2 ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบและแสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบเส้นทางที่ 1 ระหว่างโปรแกรมออพติแมปกับโปรแกรมอื่นๆ

ชื่อโปรแกรม	เส้นทางที่ 1 ที่จัดได้	ระยะกระจัดรวม (กม.)	ระยะทางรวม (กม.)	เวลารวม (ชม.)
Optimap (ประมวลผลช่วงเวลาใช้งานจริง)	1 – 11 – 36 – 6 -35 – 27 – 15 – 14 – 13 - 1	-	189	3.65
Optimap (ประมวลผลช่วงเวลา 3.00 น.)	1 – 11 – 36 – 6 -35 – 27 – 15 – 14 – 13 - 1	-	189	3.45
Vehicle Routing Manager (Turtle)	1 – 11 – 35 – 27 -13 – 14 – 15 – 6 – 36 - 1	124.06	179	3.61
Deluxe TSP Tools (Free Ver.)	1 – 11 – 35 – 27 -13 – 14 – 15 – 6 – 36 - 1	124.06	179	3.61

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบเส้นทางที่ 2 ระหว่างโปรแกรมออพติแมปกับโปรแกรมอื่นๆ

ชื่อโปรแกรม	เส้นทางที่ 2 ที่จัดได้	ระยะกระจัดรวม (กม.)	ระยะทางรวม (กม.)	เวลารวม (ชม.)
Optimap (ประมวลผลช่วงเวลาใช้งานจริง)	1 – 21 – 20 – 24 – 25 - 45 – 44 – 46 – 52 – 53 - 1	-	225	4.67
Optimap (ประมวลผลช่วงเวลา 3.00 น.)	1 – 20 – 24 – 25 – 45 - 44 – 46 – 52 - 53 -21 - 1	-	220	4.58
Vehicle Routing Manager (Turtle)	1 – 24 – 25 – 45 – 46 - 44 – 52 – 53 - 20 -21 - 1	142.89	222.5	4.85
Deluxe TSP Tools (Free Ver.)	1 – 20 – 21 – 24 – 25 - 44 – 45 – 46 – 52 – 53 - 1	172.03	235.8	4.88

จากผลลัพธ์ที่ได้ในตารางที่ 4.11 และ ตารางที่ 4.12 นั้น เราสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1) ออพติแมปคำนึงถึงลักษณะของการจราจรที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ทำการขนส่ง โดยเมื่อทำการจัดเส้นทางในช่วงวลาที่มีการจราจรเบาบาง (3.00 น.) จะให้ผลลัพธ์เป็นเส้นทางที่สั้นกว่าหรือเท่ากันกับช่วงเวลาที่มีการจราจรหนาแน่นกว่า (8.30 น.) เนื่องจากออพติแมปจะหาเส้นทางที่หลีกเลี่ยงการจราจรทำให้ในบางโอกาสจำเป็นที่จะต้องเลือกเส้นทางที่มีระยะทางยาวกว่า

2) ในการจัดเส้นทางที่ 1 นั้น เนื่องจากมีจุดขนส่งเพียง 20 จุด เราพบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Vehicle Routing Manager (Turtle) และ Deluxe TSP Tools (Free Ver.) นั้นได้เส้นทางที่แตกต่างกันกับโปรแกรมออพติแมป และได้ระยะทางรวมที่สั้นกว่า ซึ่งจากการสังเกตเส้นทางเราตั้งสมมติฐานว่าสาเหตุอาจเกิดจากข้อผิดพลาดของโปรแกรม (Bug) ในส่วนของแผนที่ในเว็บไซต์ออพติแมปเอง เนื่องด้วยมีความไม่สมเหตุสมผลกันในการสร้างเส้นทางระหว่างจุดขนส่งที่ 35 ไปยังจุดขนส่งที่ 27 แทนที่จะไปยังจุดขนส่งที่ 13 หรือ 14 หรือ 15 ก่อน ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ในการจัดเส้นทางเป็นไปในทิศทางเดียวกับทั้ง 2 โปรแกรมที่นำมาเปรียบเทียบกันได้

3) ในการจัดเส้นทางที่ 2 นั้น เราพบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Vehicle Routing Manager(Turtle) และ Deluxe TSP Tools (Free Ver.) นั้นได้เส้นทางที่แตกต่างกันกับโปรแกรมออพติแมป อย่างไรก็ตามแต่ละเส้นทางที่ได้นั้นมีระยะทางไม่เท่ากัน โดยหากเปรียบเทียบตามตารางที่ 4.12 จะพบว่าโปรแกรมออพติแมปช่วงเวลาใช้งานจริงนั้นทั้งระยะทางและเวลาจะสั้นกว่าโปรแกรม Deluxe TSP Tools (Free Ver.) อยู่พอสมควร แต่หากเปรียบเทียบกับโปรแกรม Vehicle Routing Manager (Turtle) เส้นทางที่จัดด้วยออพติแมปช่วงเวลาใช้งานจริงนั้นจะมีระยะทางที่มากกว่า 2.5 กม. แต่ทั้งนั้นเราพบว่าเส้นทางที่ให้ระยะทางและเวลาที่ดีที่สุดเป็นเส้นทางที่จัดด้วยโปรแกรมออพติแมปในช่วงเวลา 3.00 น. โดยเราตั้งสมมติฐานไว้เกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้เส้นทางที่จัดแตกต่างกัน ได้แก่โปรแกรม Deluxe TSP Tools (Free Ver.) ใช้วิธีแบบฮิวริสติกส์ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด แต่ยังไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด ในขณะที่โปรแกรม Vehicle Routing Manager (Turtle) ใช้วิธีกำหนดการเชิงพลวัตร แต่เนื่องด้วยตำแหน่งที่ใส่ในโปรแกรมเป็นระยะทางการกระจัด จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้อาจจะคลาดเคลื่อนกับระยะทางจริงในแผนที่เล็กน้อย เพราะเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมออพติแมปจะพบว่าระยะทางที่ได้นั้นแตกต่างจากการประมวลผลด้วยออพติแมปในช่วงเวลา 3.00 น. เพียง 2.5 กม. เท่านั้น

4) จากผลลัพธ์ที่ได้ในการเปรียบเทียบเส้นทางที่ 1 และ 2 รวมทั้งข้อจำกัดการใช้งานของโปรแกรมแล้วเราพบว่าโปรแกรมออพติแมปนั้น มีความเหมาะสมที่จะกับบริษัทซึ่งเป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้

ในบทที่ 3 นั้นเราได้สรุปเส้นทางการขนส่งปัจจุบันซึ่งมีทั้งหมด 9 เส้นทาง รวมระยะทางทั้งหมด 1,275.90 กม. ใช้เวลารวมโดยประมาณ 48.35 ชม. ซึ่งเราต้องการปรับปรุงให้ดีขึ้นทั้งในแง่ของระยะทาง และเวลา ซึ่งในบทที่ 4 นี้ เราได้แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินงานวิจัย โดยนำจุดขนส่งของลูกค้าทั้งหมด มาจัดเส้นทางบนเว็บไซต์ออพติแมปรายละเอียดอธิบายดังต่อไปนี้

4.2 เส้นทางการขนส่งที่ได้จากการคำนวณด้วยเว็บไซต์ออพติแมป

ในส่วนของผลลัพธ์ที่เป็นเส้นทางการขนส่งที่ได้จากการคำนวณด้วยเว็บไซต์ออพติแมปนั้น สามารถสรุปเป็นเส้นทางได้ทั้งหมด 8 เส้นทาง ดังนี้

เส้นทางที่ 1 กรุงเทพฝั่งตะวันตก

เส้นทางที่ 2 ตะวันออก-ชลบุรี

เส้นทางที่ 3 ฝั่งธนบุรี-จตุจักร

เส้นทางที่ 4 บางปู-ฉะเชิงเทรา

เส้นทางที่ 5 กรุงเทพชั้นใน-ลาดกระบัง

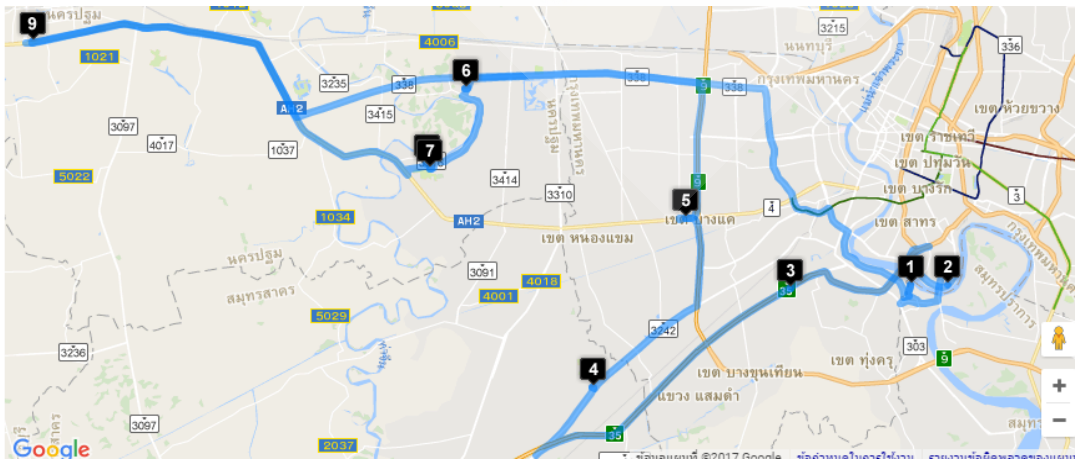
เส้นทางที่ 6 ปากเกร็ด-นนทบุรี

เส้นทางที่ 7 รังสิต-ปทุมธานี

เส้นทางที่ 8 พระราม3-สายไหม-ลาดกระบัง

โดยเส้นทางการขนส่งใหม่ที่ได้นั้นสามารถนำมาสรุปผลการทดลองเป็นรูปภาพและตารางได้ดังนี้

เส้นทางที่ 1 เส้นทางฝั่งกรุงเทพฝั่งตะวันตกเรียงลำดับจากตำแหน่งที่ 1-2-3-4-5-6-7-8-9-1 โดยแสดงในภาพที่ 4.8 ดังนี้



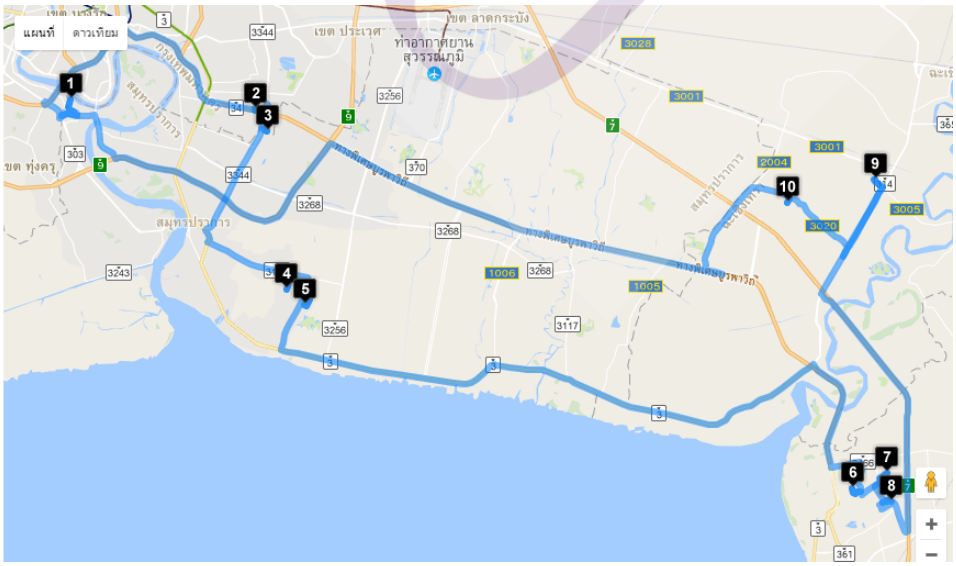
ภาพที่ 4.8 เส้นทางที่ 1 กรุงเทพฝั่งตะวันตก

ซึ่งจากแผนที่ในภาพที่ 4.8 นั้นเราสามารถแสดงเป็นจุดขนส่งได้ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 1 กรุงเทพฝั่งตะวันตก

ตำแหน่ง	จุดขนส่ง	ละติจูด: ลองติจูด
1	1	13.673749,100.523486
2	11	13.673929,100.543589
3	36	13.671596, 100.456614
4	6	13.616886,100.349141
5	35	13.710426, 100.399046
ตำแหน่ง	**จุดขนส่ง**	**ละติจูด: ลองติจูด**
6	27	13.780296,100.278229
7	15	13.736259,100.258861
8	14	13.739427,100.256069
9	13	13.805857,100.038993
ระยะทางรวม (กม.)		**189**
เวลารวม (ชม.)		**6.20**

เส้นทางที่ 2 เส้นทางตะวันออก-ชลบุรี เรียงลำดับจากตำแหน่งที่ 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-1 โดยแสดงในภาพที่ 4.9 ดังนี้



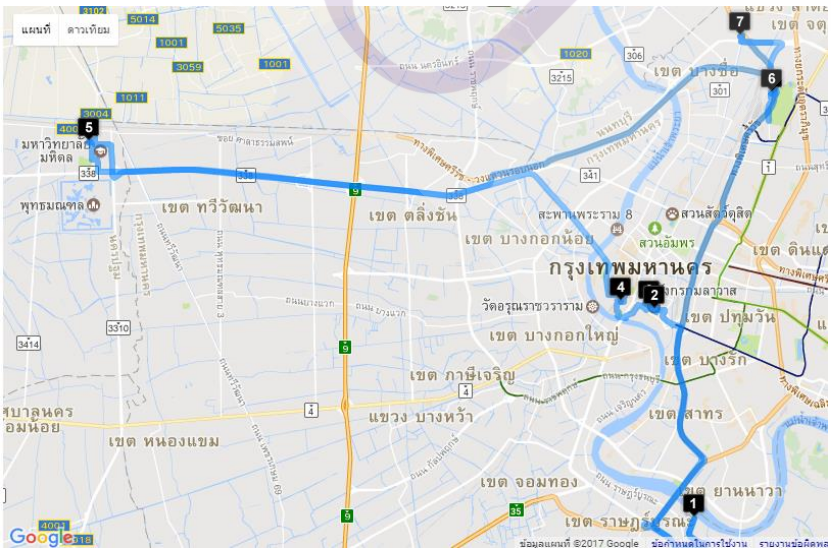
ภาพที่ 4.9 เส้นทางที่ 2 ตะวันออก-ชลบุรี

ซึ่งจากแผนที่ในภาพที่ 4.9 นั้นเราสามารถแสดงเป็นจุดขนส่งได้ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 2 ตะวันออก-ชลบุรี

ตำแหน่ง	จุดขนส่ง	ละติจูด: ลองติจูด
1	1	13.673749,100.523486
2	21	13.668124,100.637945
3	20	13.654085,100.645896
4	24	13.556779,100.657315
5	25	13.549032,100.671779
6	45	13.437726, 101.011977
7	44	13.442088, 101.026751
8	46	13.426915, 101.035602
9	52	13.625629, 101.025685
10	53	13.610697, 100.971837
ระยะทางรวม (กม.)		**225**
เวลารวม (ชม.)		**8.87**

เส้นทางที่ 3 เส้นทางฝั่งธนบุรี-จตุจักร เรียงลำดับจากตำแหน่งที่ 1-2-3-4-5-6-7-1 โดยแสดงในภาพที่ 4.10 ดังนี้



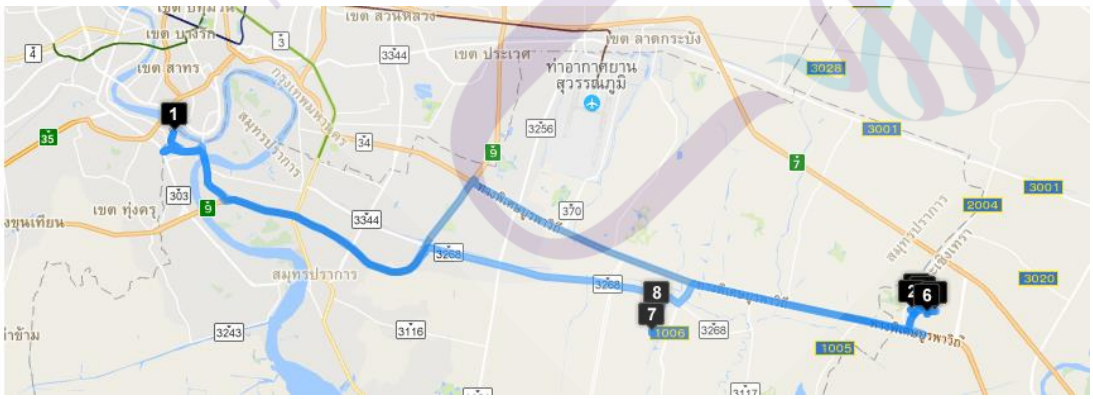
ภาพที่ 4.10 เส้นทางที่ 3 ฝั่งธนบุรี-จตุจักร

ซึ่งจากแผนที่ในภาพที่ 4.10 นั้นเราสามารถแสดงเป็นจุดขนส่งได้ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 3 ฝั่งธนบุรี-จตุจักร

ตำแหน่ง	จุดขนส่ง	ละติจูด: ลองติจูด
1	1	13.673749,100.523486
2	32	13.742156,100.509303
3	31	13.744085,100.507844
4	33	13.745554,100.498354
5	28	13.797301,100.319444
6	5	13.813472,100.548839
7	34	13.831652, 100.538483
ระยะทางรวม (กม.)		**102**
เวลารวม (ชม.)		**4.82**

เส้นทางที่ 4 เส้นทางบางปู-ฉะเชิงเทรา เรียงลำดับจากตำแหน่งที่ 1-2-3-4-5-6-7-8-1 โดยแสดงในภาพที่ 4.11 ดังนี้



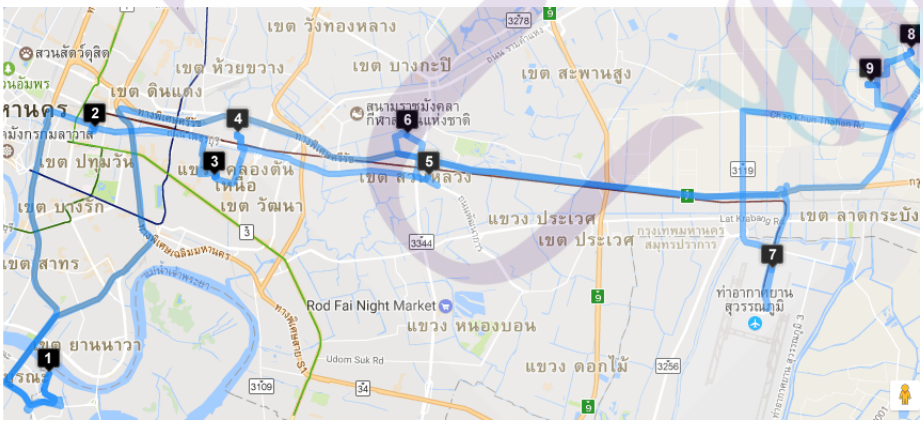
ภาพที่ 4.11 เส้นทางที่ 4 บางปู-ฉะเชิงเทรา

ซึ่งจากแผนที่ในภาพที่ 4.11 นั้นเราสามารถแสดงเป็นจุดขนส่งได้ ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 4 บางปู-ฉะเชิงเทรา

ตำแหน่ง	จุดขนส่ง	ละติจูด: ลองติจูด
1	1	13.673749,100.523486
2	47	13.579104, 100.923005
3	48	13.583766, 100.927339
4	49	13.582983, 100.930258
5	50	13.580428, 100.935762
6	51	13.579542, 100.932607
7	39	13.570854, 100.783496
8	40	13.577821, 100.785577
ระยะทางรวม (กม.)		**119**
เวลารวม (ชม.)		**5.33**

เส้นทางที่ 5 เส้นทางกรุงเทพชั้นใน-ลาดกระบัง เรียงลำดับจากตำแหน่งที่ 1-2-3-4-5-6-7-8-9-1 โดยแสดงในภาพที่ 4.12 ดังนี้



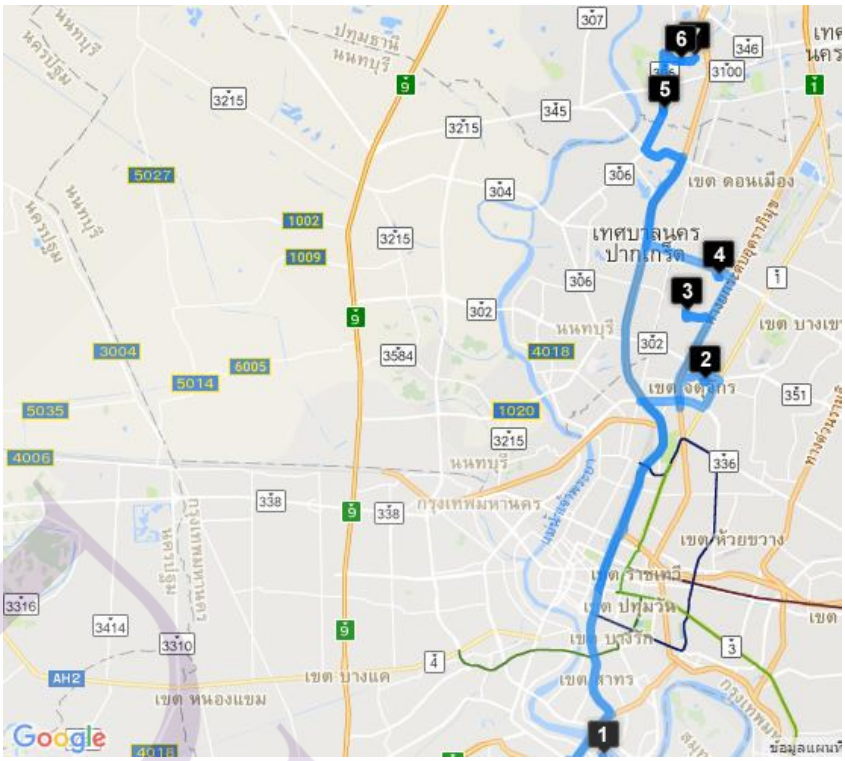
ภาพที่ 4.12 เส้นทางที่ 5 กรุงเทพชั้นใน-ลาดกระบัง

ซึ่งจากแผนที่ในภาพที่ 4.12 นั้นเราสามารถแสดงเป็นจุดขนส่งได้ ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 5 กรุงเทพชั้นใน-ลาดกระบัง

ตำแหน่ง	จุดขนส่ง	ละติจูด: ลองติจูด
1	1	13.673749,100.523486
2	38	13.750300,100.537309
3	9	13.735137,100.576624
4	29	13.748716,100.583441
5	22	13.735377,100.645241
6	23	13.748706,100.638112
7	10	13.708803,100.751688
8	30	13.774400,100.799235
9	55	13.764666, 100.787459
ระยะทางรวม (กม.)		**122**
เวลารวม (ชม.)		**6.03**

เส้นทางที่ 6 เส้นทางปากเกร็ด-นนทบุรี เรียงลำดับจากตำแหน่งที่ 1-2-3-4-5-6-7-1 โดยแสดงในภาพที่ 4.13 ดังนี้



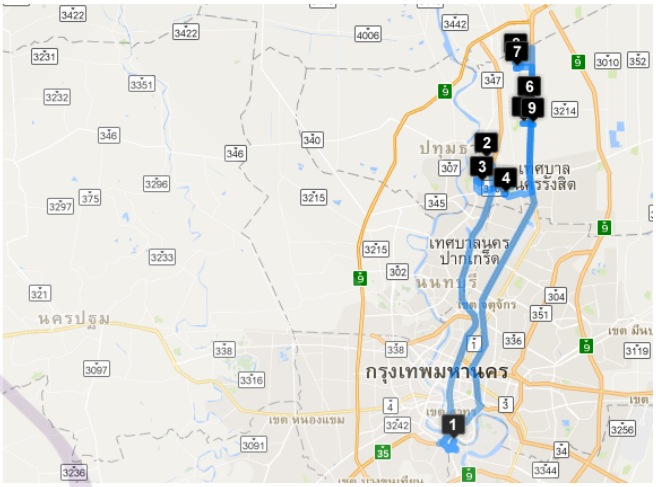
ภาพที่ 4.13 เส้นทางที่ 6 ปากเกร็ด-นนทบุรี

ซึ่งจากแผนที่ในภาพที่ 4.13 นั้นเราสามารถแสดงเป็นจุดขนส่งได้ ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 6 ปากเกร็ด-นนทบุรี

ตำแหน่ง	จุดขนส่ง	ละติจูด: ลองติจูด
1	1	13.673749,100.523486
2	3	13.839424,100.569170
3	12	13.868782,100.560568
4	26	13.887626,100.574261
5	7	13.956871,100.549584
6	8	13.980208,100.558294
7	16	13.980856,100.565458
ระยะทางรวม (กม.)		**106**
เวลารวม (ชม.)		**5.10**

เส้นทางที่ 7 เส้นทางรังสิต-ปทุมธานี เรียงลำดับจากตำแหน่งที่ 1-2-3-4-5-6-7-8-9-1 โดยแสดงในภาพที่ 4.14 ดังนี้



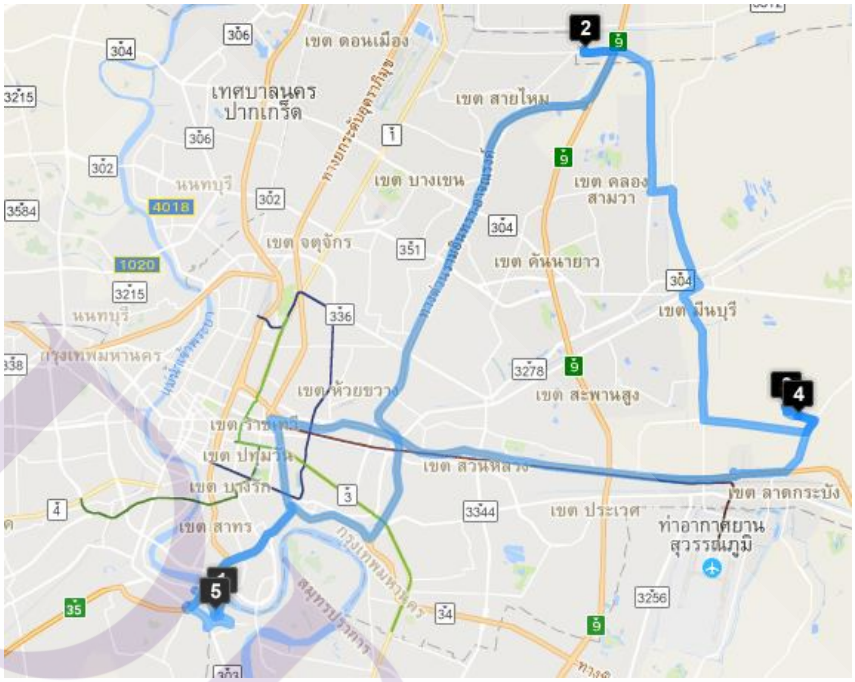
ภาพที่ 4.14 เส้นทางที่ 7 รังสิต-ปทุมธานี

ซึ่งจากแผนที่ในภาพที่ 4.14 นั้นเราสามารถแสดงเป็นจุดขนส่งได้ ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 7 รังสิต-ปทุมธานี

ตำแหน่ง	จุดขนส่ง	ละติจูด: ลองติจูด
1	1	13.673749,100.523486
2	41	14.006830, 100.562294
3	17	13.979649,100.556360
4	37	13.965825, 100.585582
5	4	14.050201,100.606647
6	18	14.074600,100.614772
7	19	14.117214,100.599753
8	42	14.123734, 100.598441
9	43	14.048627, 100.618646
ระยะทางรวม (กม.)		**157**
เวลารวม (ชม.)		**6.73**

เส้นทางที่ 8 เส้นทางพระราม3-สายไหม-ลาดกระบัง เรียงลำดับจากตำแหน่งที่ 1-2-3-4-5-1 โดยแสดงในภาพที่ 4.15 ดังนี้



ภาพที่ 4.15 เส้นทางที่ 8 พระราม3-สายไหม-ลาดกระบัง

ซึ่งจากแผนที่ในภาพที่ 4.15 นั้นเราสามารถแสดงเป็นจุดขนส่งได้ ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ลำดับขั้นการขนส่งของเส้นทางที่ 8 พระราม3-สายไหม-ลาดกระบัง

ตำแหน่ง	จุดขนส่ง	ละติจูด: ลองติจูด
1	1	13.673749,100.523486
2	2	13.921246,100.690854
3	56	13.762782, 100.785480
4	54	13.758575, 100.790063
5	57	13.669214, 100.519458
ระยะทางรวม (กม.)		**129**
เวลารวม (ชม.)		**3.73**

4.3 สรุปเส้นทางการขนส่ง ระยะทาง และเวลาที่ได้จากการจัดด้วยเว็บไซต์ออพติแมป

จากข้อมูลเส้นทางที่ได้จากการจัดด้วยเว็บไซต์ออพติแมปนั้น สามารถนำมาสรุปเส้นทางการขนส่ง ระยะทาง และเวลาตามตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 สรุปเส้นทางที่จัดโดยใช้เว็บไซต์ออปติแมป

เส้นทาง	ระยะทางรวม (กม.)	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)	เวลาทั้งหมด (ชม.)
1 – 11 – 36 – 6 -35 – 27 – 15 – 14 – 13 - 1	189	3,992,517.25	6.20
1 – 21 – 20 – 24 – 25 - 45 – 44 – 46 – 52 – 53 - 1	225	4,272,700.00	8.87
1 – 32 – 31 -33 -28 – 5 - 34 - 1	102	3,865,660.00	4.82
1 – 47 – 48 – 49 – 50 -51 – 39 – 40 -1	119	4,187,555.00	5.33
1 – 38 – 9 – 29 – 22 -23 – 10 – 30 - 55 -1	122	3,946,128.75	6.03
1 – 3 – 12 – 26 – 7 - 8 – 16 - 1	106	4,022,893.75	5.10
1 – 41 – 17 – 37 – 4 - 18 – 19 – 42 - 43 - 1	157	3,906,915.00	6.73
1 – 2 – 56 – 54 – 57 - 1	129	2,252,043.75	3.73
รวม	**1,149**	**30,446,413.50**	**46.81**

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากจุดประสงค์หลักของงานวิจัยในครั้งนี้คือการนำเว็บไซต์ออพติแมปมาจัดเส้นทางการขนส่ง เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนส่ง พบว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ กล่าวคือการจัดเส้นทางด้วยเว็บไซต์ออพติแมปนั้นสามารถที่จะช่วยลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้เฉลี่ยรวม 9.86% และสิ่งที่ได้นอกเหนือจากการลดต้นทุนคือสามารถเพิ่มโอกาสในการขายสินค้าให้มากขึ้นได้ อันเนื่องมาจากจำนวนเที่ยวในการขนส่งสินค้าลดลง ทำให้มีโอกาสในการขายสินค้าและขนส่งเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวจะสรุปให้เห็นในหัวข้อถัดไป

5.1 ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

หลังจากที่ทางบริษัทได้ทำการจัดเส้นทางใหม่ด้วยเว็บไซต์ออพติแมปแล้ว นำมาเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางแบบปัจจุบันผลลัพธ์ที่ได้นั้นแสดงตามตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบข้อมูลการวางแผนการขนส่งก่อนปรับปรุง และการวางแผนการขนส่งแบบใหม่ที่จัดโดยเว็บไซต์ออพติแมป

การจัดเส้นทางการขนส่ง	จำนวนเที่ยว	ระยะทางรวม (กม.)	เวลารวม (ชม.)
ก่อนปรับปรุง	9	1,275.90	48.35
หลังปรับปรุง(Optimap)	8	1,149.00	46.81
ผลประหยัด	1	126.90	1.54
ผลประหยัด (%)	**11.11%**	**9.95%**	**3.17%**

จากนั้นทางบริษัทได้นำการวางแผนเส้นทางการขนส่งใหม่ที่จัดได้นั้น ไปใช้จริงในเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 เพื่อศึกษาถึงต้นทุนที่เปลี่ยนไป ดังข้อมูลตามตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบต้นทุนการวางแผนการขนส่งปัจจุบัน และการวางแผนการขนส่งที่ใช้เว็บไซต์ออปติแมป

การจัดเส้นทางการขนส่ง	ค่าเชื้อเพลิง (บาท)	ค่าทางพิเศษ (บาท)	รวม (บาท)
แบบปัจจุบัน	14,612.00	3,180	17,792
โปรแกรมออพติแมป	13,077.00	2,960	16,037
ปริมาณต้นทุนที่ลดลง	1,535	220	1,755
ปริมาณต้นทุนที่ลดลง (%)	**10.05%**	**6.92%**	**9.86%**

5.2 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยทั้งหมดเราพบว่าการจัดเส้นทางการขนส่งใหม่นั้นทำให้เกิดผลประหยัดขึ้นทั้งในแง่ของระยะทาง เวลา และต้นทุนรวมของทางบริษัทลงไปได้เป็นอย่างมาก โดยในส่วนของระยะทางนั้น สามารถลดระยะทางไปได้ถึง 126.9 กม. หรือคิดเป็น 9.95% ของระยะทางรวมทั้งหมด ในส่วนของเวลานั้นลดไปได้ถึง 1 ชั่วโมง 32 นาที หรือคิดเป็น 3.17% ของเวลาทั้งหมด และต้นทุนการขนส่งนั้นลดไปได้ประมาณ 1,755 บาทในเดือนมกราคม คิดเป็น 9.86% ของต้นทุนรวมทั้งหมด

อย่างไรก็ตามแม้ว่าการจัดเส้นทางการขนส่งใหม่ด้วยเว็บไซต์ออพติแมป จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการขนส่งได้ถึง 9.86% ของต้นทุนรวมทั้งหมด แต่ผลลัพธ์ที่ได้ ยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายของบริษัทที่ต้องการลดต้นทุนการขนส่งคือ 10% ซึ่งในอนาคตทางบริษัทอาจจะต้องมีการใช้กิจกรรมอื่นๆของบริษัท เพื่อช่วยในการลดต้นทุนให้บรรลุ หรือมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ และในส่วนของตัวโปรแกรมเองก็มีข้อจำกัดในเรื่องของเงื่อนไขการทำงาน ที่ยังไม่สามารถครอบคลุมกิจกรรมโลจิสติกส์ในด้านอื่นๆทั้งหมดเช่นเรื่องของกรณีที่มียานพาหนะมากกว่า 1 คัน มีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่หรือปริมาตรหรือน้ำหนักของรถต่อคัน รวมไปถึงกรณีที่มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาในการขนส่งต่อจุดนั้น ทางเว็บไซต์ออปติแมปเองนั้นไม่สามารถที่จะคำนวณได้ จำเป็นที่จะต้องนำออกมาจัดการภายนอกต่างหาก แต่โปรแกรมนี้เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมการจัดเส้นทางการขนส่งแบบอื่นๆนั้น เหมาะสมที่จะแก้ไขปัญหาของบริษัทได้มากกว่า เพราะสามารถประมวลผลได้ในกรณีที่มีจุดขนส่งจำนวนมากได้ถึง 100 จุด หรือต้องการดูในเรื่องของปัญหาการจราจรเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2559). *การจัดการขนส่งและการกระจายสินค้าเชิงกลยุทธ์ : Strategic Transportation and Distribution.* กรุงเทพฯ: โฟกัสมีเดียร์ แอนด์ พับบิชชิ่ง.

ชากร จำนงศรี และผุสดี บุญรอด. (2555). *ระบบแนะนำเส้นทางการส่งสินค้าโดยใช้อาณาจักรมด.* The Eighth National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT).

ญาณิภา ชินสุวรรณ และนระเกณฑ์ พุ่มชูศรี. (2556). การจัดเส้นทางเดินรถแบบต่อเนื่องที่มีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าและพักสินค้า. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์* (ISSN: 1906-3636) ปีที่ 4. ฉบับที่ 3.

ธรินี มณีศรี. (2553). *การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเมต้าฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งกรณีมีรถขนส่งหลายขนาดและแบ่งแยกส่งสินค้าได้* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

พิพัฒน์ กุลานุวัติ, ศุภรัชชัย วรรัตน์ และไพฑูรย์ ศิริโอฬาร. (2557). *การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถขนส่งชานมไข่มุก.* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 2 2557.

ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร. (2554). *การจัดการผลิตและการดำเนินงาน* กรุงเทพฯ: ท้อป จำกัด.

ภาษาต่างประเทศ

Abdul Kadar M.Masum, Mohammad Shahjalal, Md. F. Faruque, Md. Iqbal H. Sarker. (2011). *Solving the Vehicle Routing Problem using Genetic Algorithm, International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 2, No. 7, 126-131, 2011.

Blum C. (2005). *Ant colony optimization: Introduction and recent trends*, Physics of Life Reviews 2(2005) 353–373.

David L.A., Robert E.B., Vasek C., William J.C. (2007). *The Traveling Salesman Problem*. Princeton University Press.

Golden, B.L., Magnanti, T.L., and Nguyen, H.Q. (1977). *Implementing vehicle routing algorithms*, Networks 7, 113-148.

Michael H., Richard M. K. (1962). A Dynamic Programming Approach to Sequencing Problem, *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, Vol. 10, No. 1(Mar, 1962), 196-210.

Matai, R., Singh, S., & Lal, M. (2010). *Traveling salesman problem: An overview of applications, formulations, and solution approaches. Traveling Salesman Problem, Theory and Applications InTech.*

Talley, W.K. (1983). *Introduction to transportation*. USA: Cengage South-Western

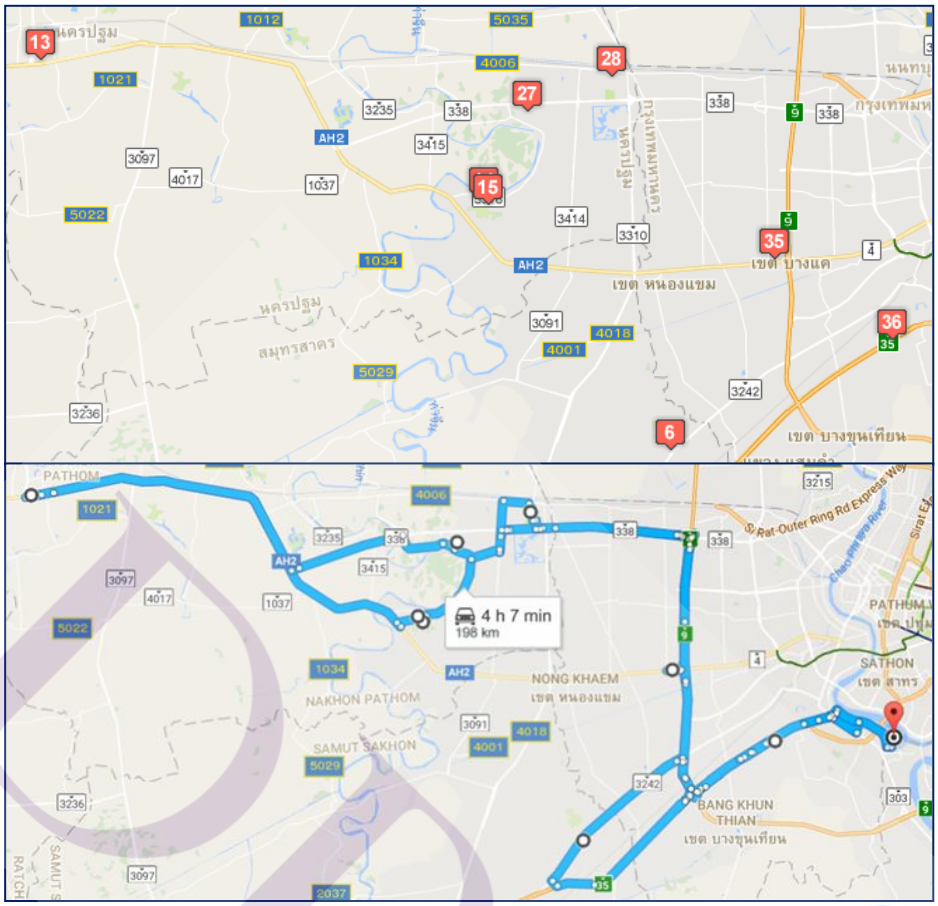
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ปริมาตรจุดขนส่งสินค้าและเส้นทางการขนส่งเดิมของบริษัท

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 1 แสดงรายละเอียดละติจูด-ลองติจูดแต่ละจุดขนส่ง และปริมาตรสินค้าก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 1

จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)
1	13.673749,100.523486	
6	13.616886,100.349141	247,050.00
35	13.710426, 100.399046	308,812.50
15	13.736259,100.258861	806,400.00
14	13.739427,100.256069	412,160.00
13	13.805857,100.038993	555,862.50
27	13.780296,100.278229	494,100.00
28	13.797301,100.319444	432,337.50
36	13.671596, 100.456614	519,680.00
ปริมาตรสินค้ารวม (ลบ.ซม.)		**3,776,402.50**
ระยะทางรวม (กม.)		**198.00**
เวลารวม (ชม: นาที)		**4.07**

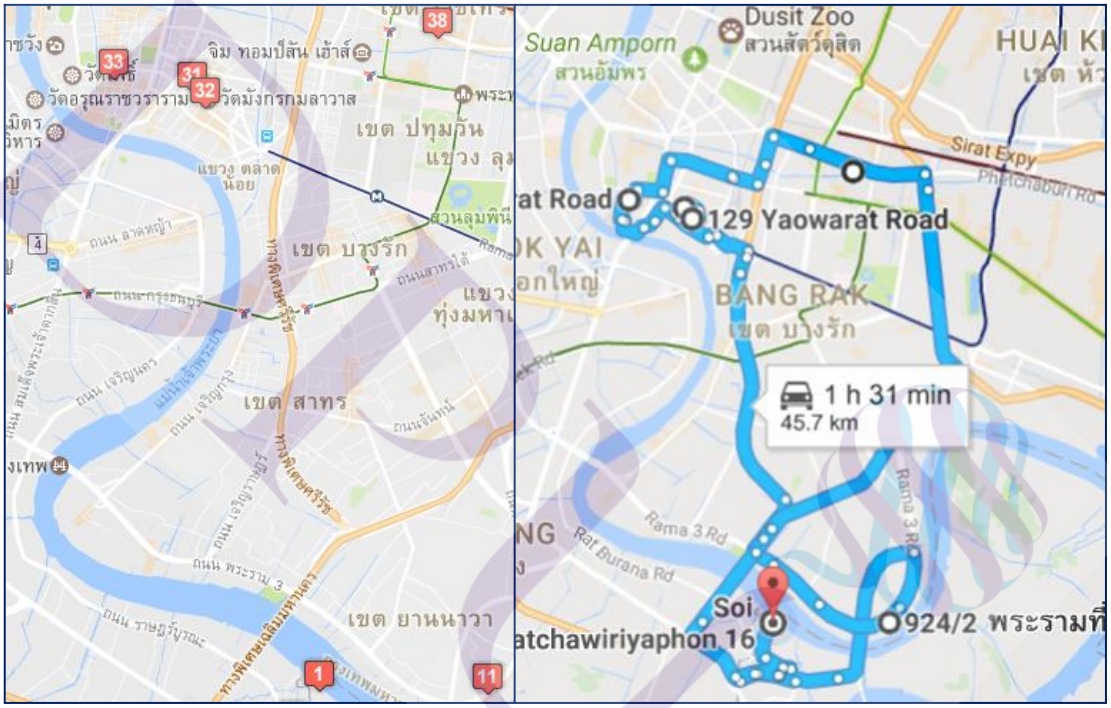


ภาพภาคผนวก ก.ที่ 1 แสดงเส้นทางเดิมของบริษัทก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 1

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 2 แสดงรายละเอียดละติจูด-ลองติจูดแต่ละจุดขนส่ง และปริมาตรสินค้าก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 2

จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)
1	13.673749,100.523486	
11	13.673929,100.543589	648,506.25
31	13.744085,100.507844	1,182,720.00
32	13.742156,100.509303	1,021,440.00
33	13.745554,100.498354	648,506.25

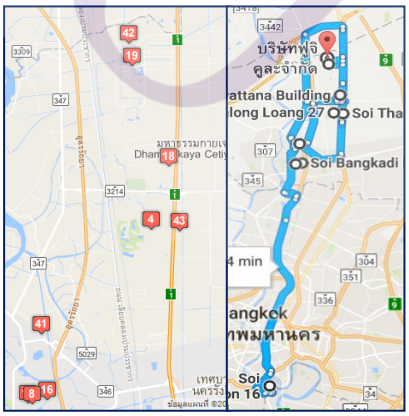
จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)
38	13.750300,100.537309	663,040.00
ปริมาตรสินค้ารวม (ลบ.ซม.)		**4,164,212.50**
ระยะทางรวม (กม.)		**45.70**
เวลารวม (ชม:นาที)		**3.16**



ภาพภาคผนวก ก.ที่ 2 แสดงเส้นทางเดิมของบริษัทก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 2

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 3 แสดงรายละเอียดละติจูด-ลองติจูดแต่ละจุดขนส่ง และปริมาตรสินค้าก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 3

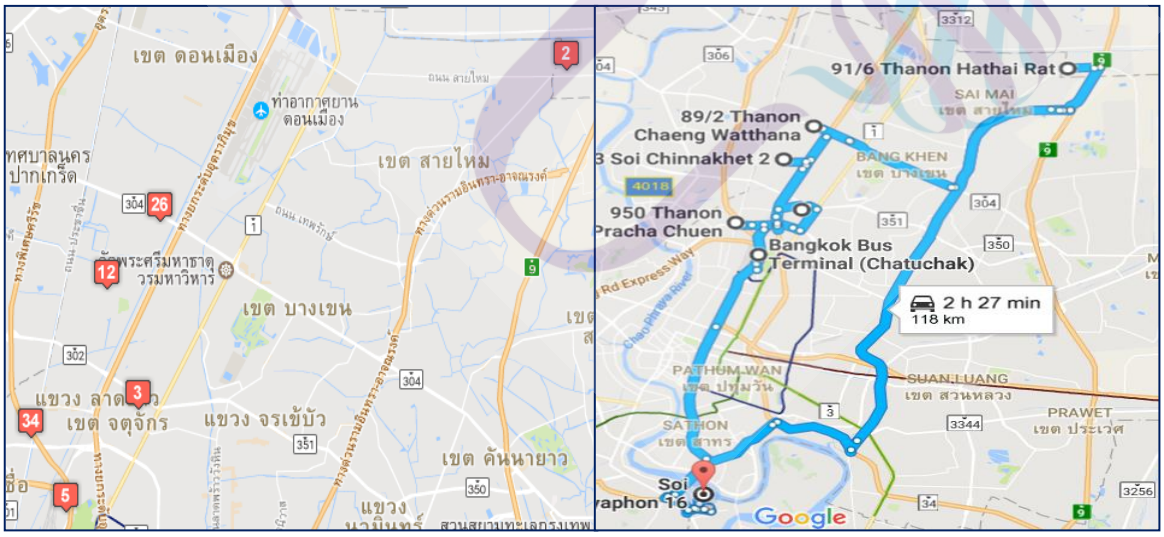
จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)
1	13.673749,100.523486	
16	13.980856,100.565458	322,560.00
18	14.074600,100.614772	806,400.00
17	13.979649,100.556360	408,000.00
41	14.006830, 100.562294	340,480.00
4	14.050201,100.606647	680,960.00
43	14.048627, 100.618646	524,981.25
19	14.117214,100.599753	215,040.00
8	13.980208,100.558294	573,440.00
42	14.123734, 100.598441	339,693.75
ปริมาตรสินค้ารวม (ลบ.ซม.)		**4,211,555.00**
ระยะทางรวม (กม.)		**247.8**
เวลารวม (ชม: นาที)		**9.07**



ภาพภาคผนวก ก.ที่ 3 แสดงเส้นทางเดิมของบริษัทก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 3

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 4 แสดงรายละเอียดละติจูด-ลองติจูดแต่ละจุดขนส่ง และปริมาตรสินค้าก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 4

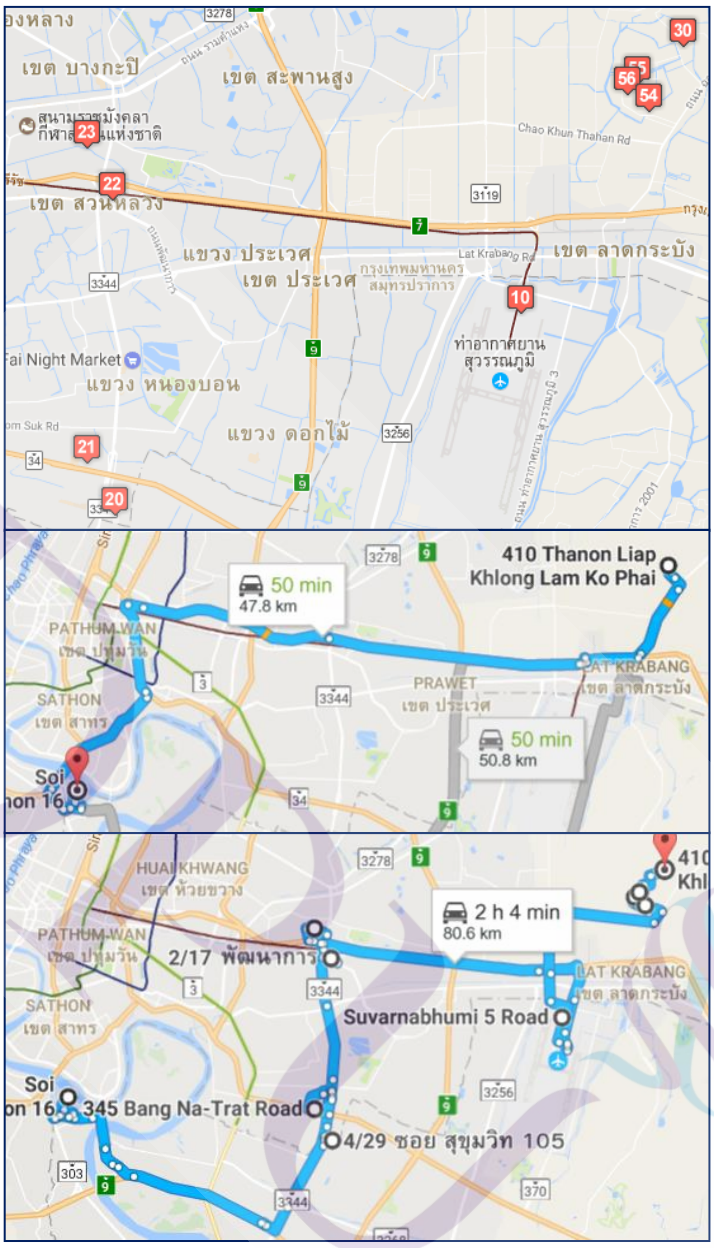
จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า(ลบ.ซม.)
1	13.673749,100.523486	
5	13.813472,100.548839	179,200.00
34	13.831652, 100.538483	401,456.25
3	13.839424,100.569170	752,640.00
12	13.868782,100.560568	339,693.75
26	13.887626,100.574261	816,000.00
2	13.921246,100.690854	627,200.00
ปริมาตรสินค้ารวม (ลบ.ซม.)		**3,116,190.00**
ระยะทางรวม (กม.)		**118**
เวลารวม (ชม: นาที)		**4:27**



ภาพภาคผนวก ก.ที่ 4 แสดงเส้นทางเดิมของบริษัทก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 4

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 5 แสดงรายละเอียดละติจูด-ลองติจูดแต่ละจุดขนส่ง และปริมาตรสินค้าก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 5

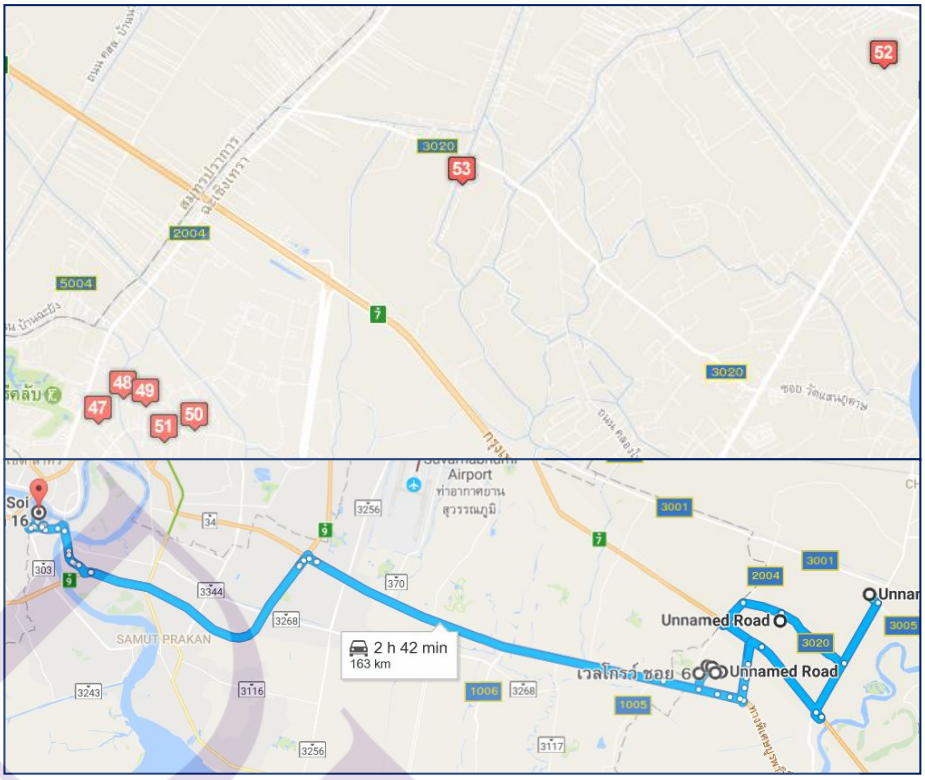
จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)
1	13.673749,100.523486	
20	13.654085,100.645896	1,088,000.00
21	13.668124,100.637945	286,720.00
22	13.735377,100.645241	308,812.50
23	13.748706,100.638112	277,931.25
10	13.708803,100.751688	215,040.00
54	13.758575, 100.790063	494,100.00
55	13.764666, 100.787459	322,560.00
56	13.762782, 100.785480	544,000.00
30	13.774400,100.799235	617,625.00
ปริมาตรสินค้ารวม (ลบ.ซม.)		**4,154,788.75**
ระยะทางรวม (กม.)		**128.4**
เวลารวม (ชม: นาที)		**6:24**



ภาพภาคผนวก ก.ที่ 5 แสดงเส้นทางเดิมของบริษัทก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 5

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 6 แสดงรายละเอียดละติจูด-ลองติจูดแต่ละจุดขนส่ง และปริมาตรสินค้าก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 6

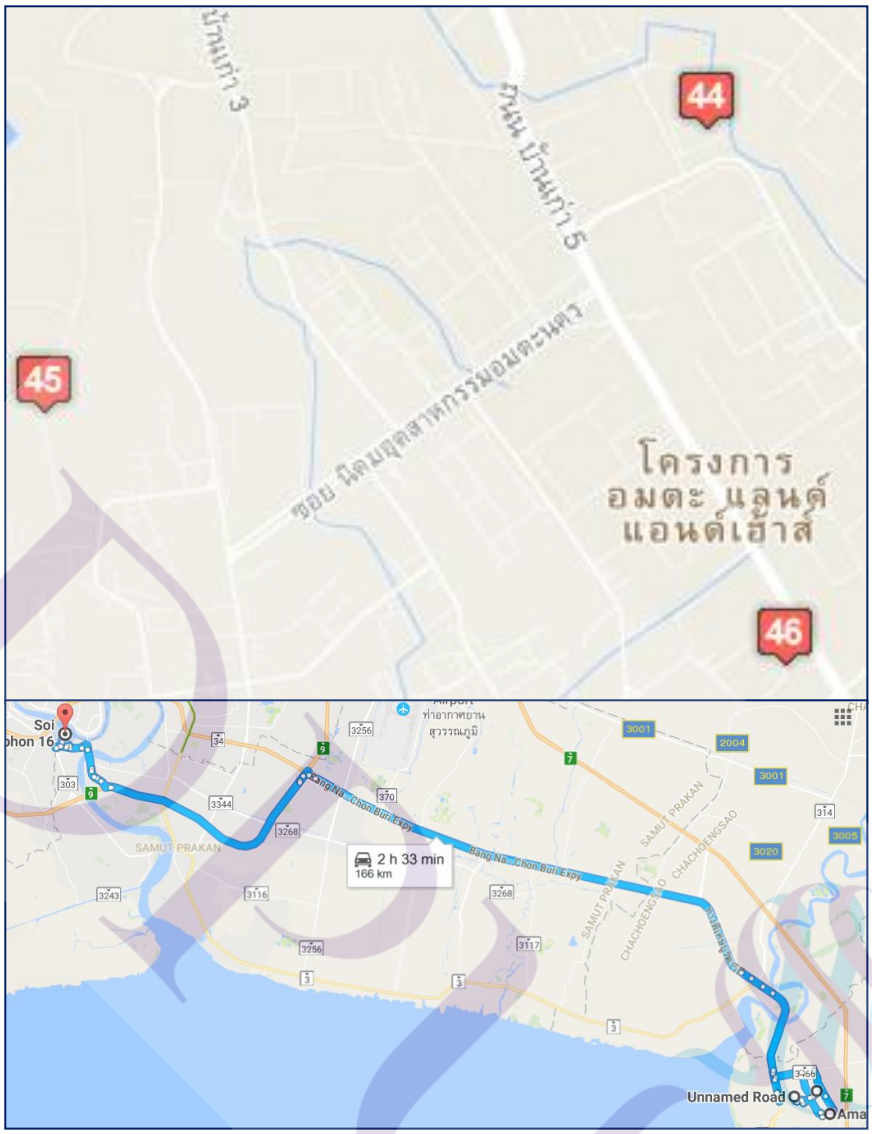
จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)
1	13.673749,100.523486	
47	13.579104, 100.923005	494,100.00
48	13.583766, 100.927339	1,088,000.00
49	13.582983, 100.930258	788,480.00
50	13.580428, 100.935762	358,400.00
51	13.579542, 100.932607	408,000.00
53	13.610697, 100.971837	339,693.75
52	13.625629, 101.025685	277,931.25
ปริมาตรสินค้ารวม (ลบ.ซม.)		**3,754,605.00**
ระยะทางรวม (กม.)		**163**
เวลารวม (ชม: นาที)		**5:42**



ภาพภาคผนวก ก.ที่ 6 แสดงเส้นทางเดิมของบริษัทก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 6

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 7 แสดงรายละเอียดละติจูด-ลองติจูดแต่ละจุดขนส่ง และปริมาตรสินค้าก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 7

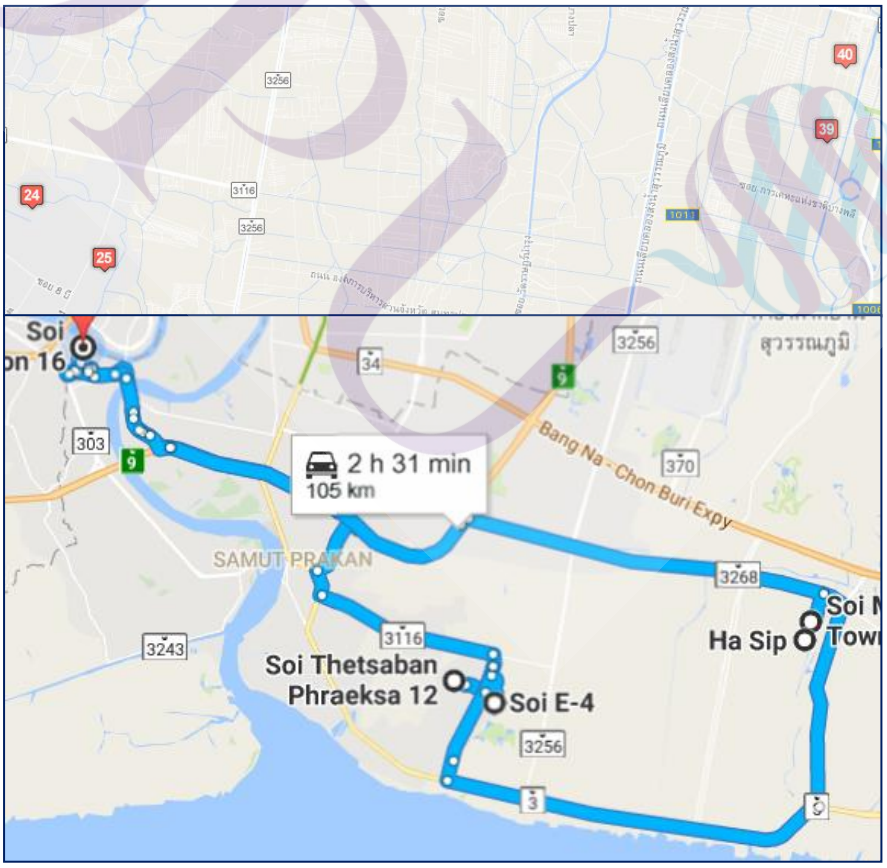
จุดที่	**ละติจูด: ลองติจูด**	**ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)**
1	13.673749,100.523486	
44	13.442088, 101.026751	483,840.00
45	13.437726, 101.011977	501,760.00
46	13.426915, 101.035602	339,693.75
ปริมาตรสินค้ารวม (ลบ.ซม.)		**1,325,293.75**
ระยะทางรวม (กม.)		**166**
เวลารวม (ชม: นาที)		**4:03**



ภาพภาคผนวก ก.ที่ 7 แสดงเส้นทางเดิมของบริษัทก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมป ในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 7

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 8 แสดงรายละเอียดละติจูด-ลองติจูดแต่ละจุดขนส่ง และปริมาตรสินค้าก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 8

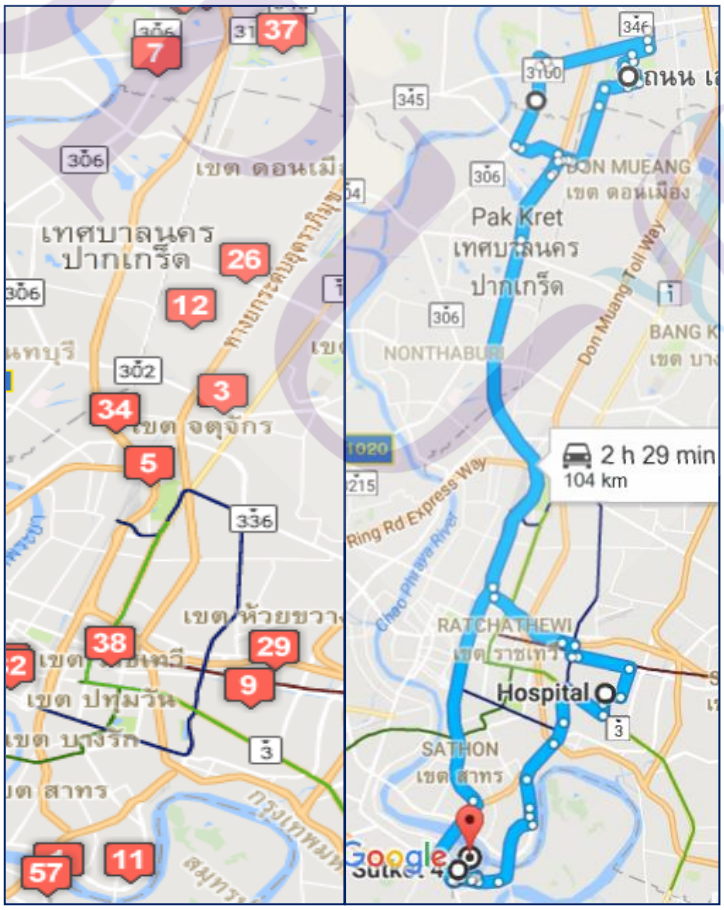
จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)
1	13.673749,100.523486	
24	13.556779,100.657315	524,981.25
25	13.549032,100.671779	430,080.00
39	13.570854, 100.783496	370,575.00
40	13.577821, 100.785577	680,000.00
ปริมาตรสินค้ารวม (ลบ.ซม.)		**2,005,636.25**
ระยะทางรวม (กม.)		**105**
เวลารวม (ชม: นาที)		**4:31**



ภาพภาคผนวก ก.ที่ 8 แสดงเส้นทางเดิมของบริษัทก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 8

ตารางภาคผนวก ก.ที่ 9 แสดงรายละเอียดละติจูด-ลองติจูดแต่ละจุดขนส่ง และปริมาตรสินค้าก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 9

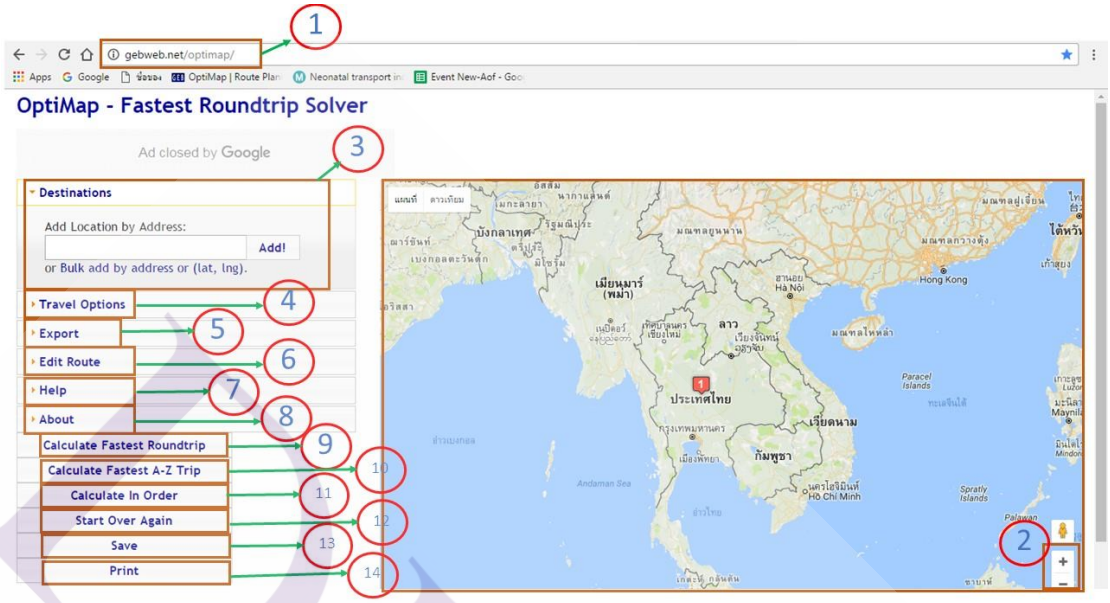
จุดที่	ละติจูด: ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ซม.)
1	13.673749,100.523486	
57	13.669214, 100.519458	586,743.75
9	13.735137,100.576624	896,000.00
7	13.956871,100.549584	1,218,560.00
37	13.965825, 100.585582	591,360.00
ปริมาตรสินค้ารวม (ลบ.ซม.)		**3,292,663.75**
ระยะทางรวม (กม.)		**104**
เวลารวม (ชม: นาที)		**3:59**



ภาพภาคผนวก ก.ที่ 9 แสดงเส้นทางเดิมของบริษัทก่อนจัดเส้นทางการขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมปในเดือนธันวาคม 2559 เส้นทางที่ 9

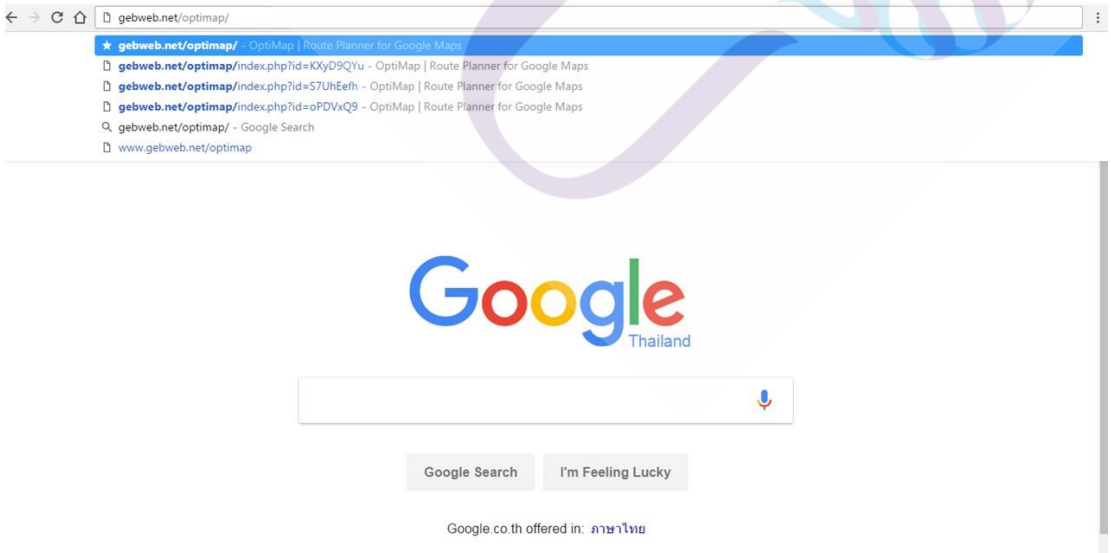
ภาคผนวก ข
การใช้งานเว็บไซต์ออพติแมป

ในส่วนภาคผนวก ข. นั้นจะกล่าวถึงวิธีการใช้งานเว็บไซต์ออพติแมปโดยเริ่มตั้งแต่การเข้าสู่เว็บไซต์และแต่ละเมนูในการใช้งานโดยละเอียดดังนี้

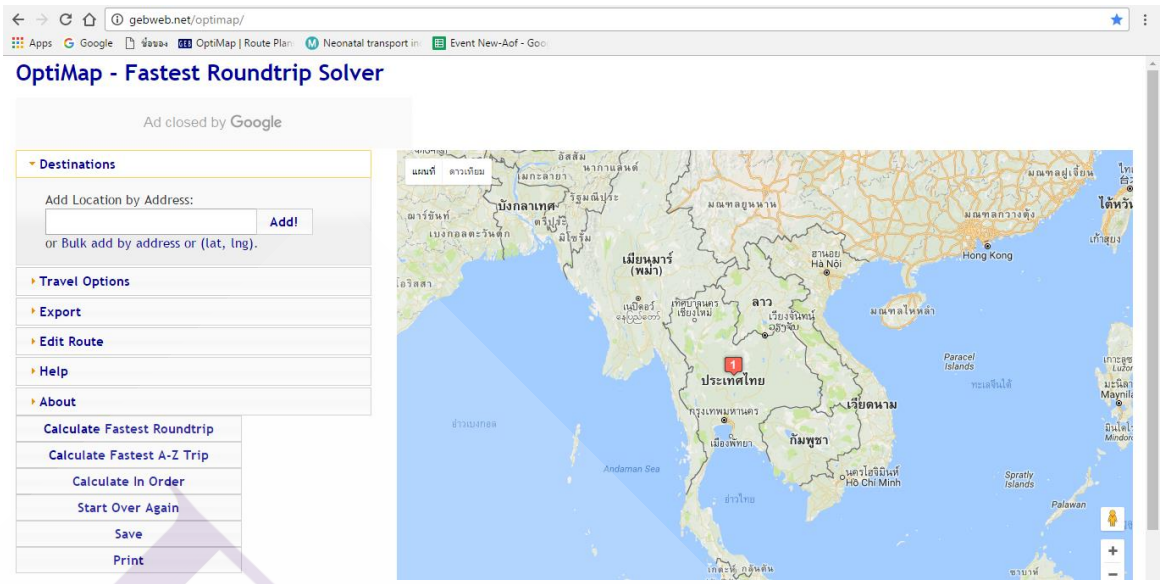


ภาพภาคผนวก ข.ที่ 1 แสดงแต่ละส่วนเมนูการใช้งานเว็บไซต์ออพติแมป

ส่วนที่ 1) การเข้าสู่เว็บไซต์ออพติแมป เราสามารถเข้าบราวเซอร์ของ Google Chrome แล้วพิมพ์ gebweb.net/optimap/ แล้วกด Enter จะทำให้เราเข้าไปสู่เว็บไซต์ออพติแมปได้

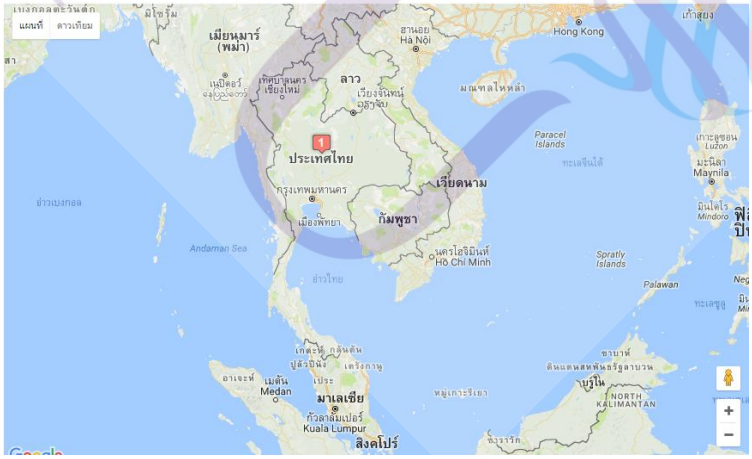


ภาพภาคผนวก ข.ที่ 2 แสดงวิธีการเข้าสู่เว็บไซต์ออพติแมป



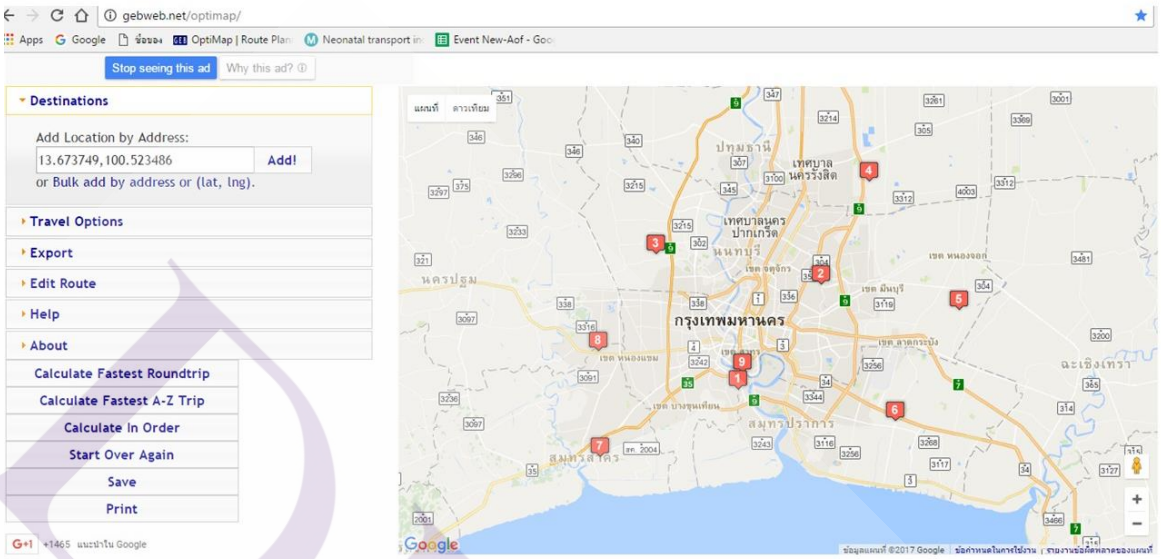
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 3 หน้าเว็บไซต์ออพติแมป

ส่วนที่ 2) ส่วนแผนที่ เราสามารถกดขยายตรงแถบเครื่องหมายบวกในรูปมุมขวาล่างได้ และกดย่อตรงเครื่องหมายลบใต้เครื่องหมายบวกบริเวณเดียวกันได้ นอกจากนั้นเรายังสามารถเลื่อนแผนที่ด้วยการกดคลิ๊กค้างไว้ตรงรูปแผนที่แล้วเลื่อนไปตามทิศทางที่เราต้องการได้ในแผนที่นั้น



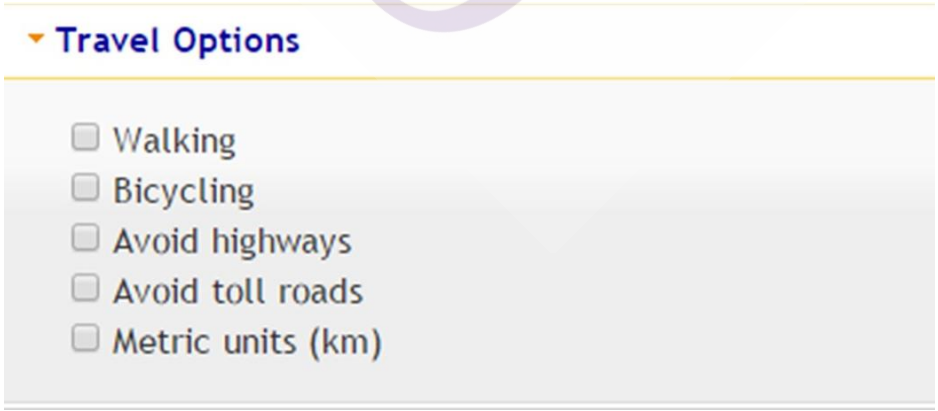
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 4 ส่วนแผนที่ในเว็บไซต์ออพติแมป

ส่วนที่ 3) การเลือกจุดเริ่มต้นและขนส่งสินค้าในเว็บไซต์ออพติแมป ในส่วนนี้เราสามารถเลือกใส่ข้อมูลได้ 2 วิธีคือ สามารถคลิ๊กตำแหน่งบนแผนที่ได้เลยหรือเลือกตำแหน่งละติจูด-ลองติจูด แล้วกด add (เพิ่ม) ซึ่งตำแหน่งทั้งหมดจะแสดงจะแสดงอยู่บนแผนที่ตามภาพด้านล่าง



ภาพภาคผนวก ข.ที่ 5 การเลือกตำแหน่งในเว็บไซต์ออพติแมป

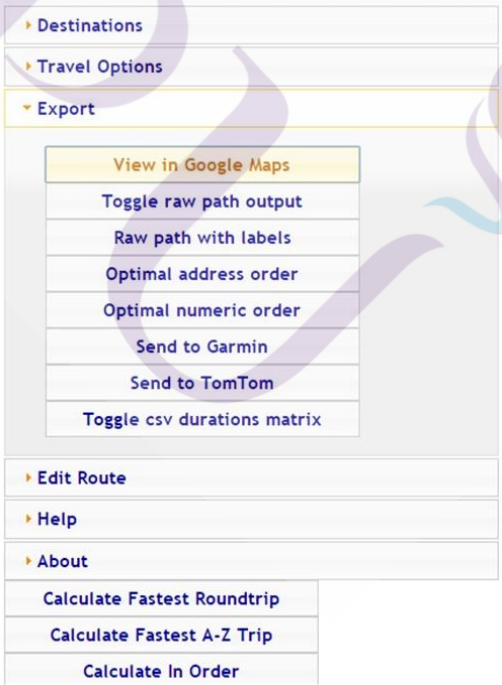
ส่วนที่ 4) Travel Option เราสามารถเลือกเงื่อนไขในการคำนวณเส้นทางได้ว่าต้องการเงื่อนไขชนิดใดบ้างได้แก่ เลือกแบบเดิน (walking) เลือกแบบจักรยาน(Bicycling) เลือกแบบไม่ขึ้นทางไฮเวย์ (Avoid Highways) เลือกแบบไม่ขึ้นทางด่วน(Avoid toll roads) และเลือกหน่วยเป็นกิโลเมตร (Metric Units : km) ตามภาพด้านล่าง



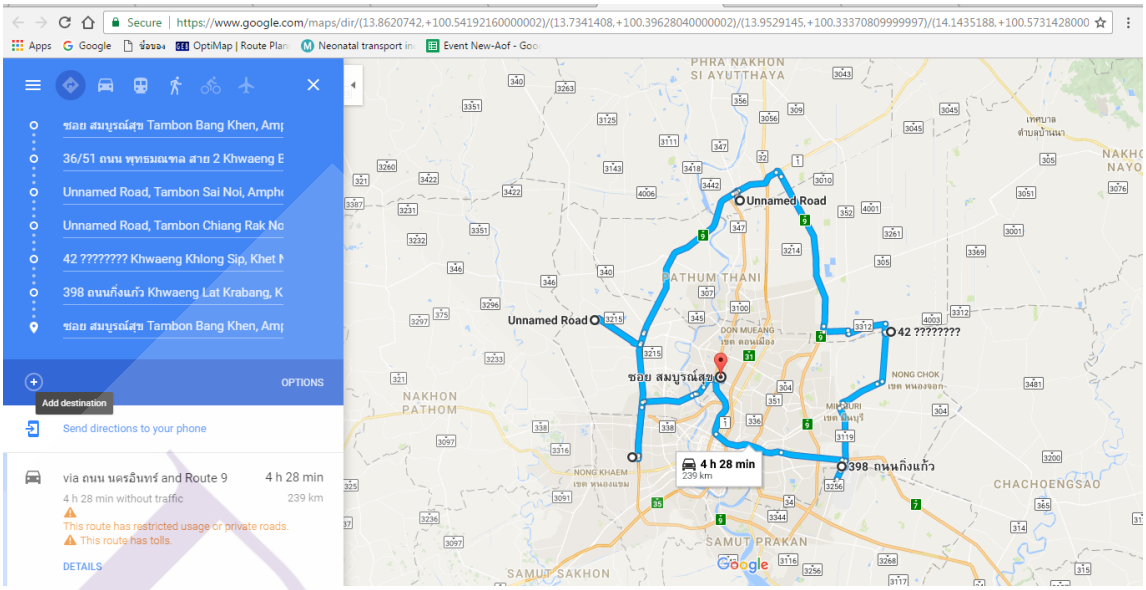
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 6 เงื่อนไขในการจัดเส้นทางที่สามารถเลือกได้

ส่วนที่ 5) Export หลังจากเราได้คำนวณหาเส้นทางในเว็บไซต์ออพติแมปแล้ว เราสามารถเลือกส่งออกข้อมูลในรูปแบบต่าง โดยมีให้เลือกดังนี้

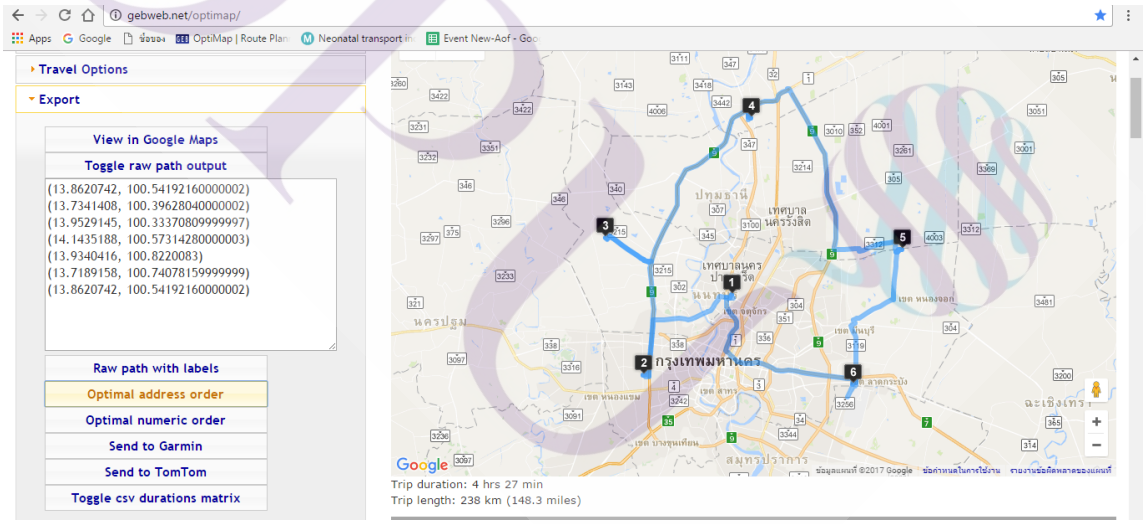
1. View in Google Maps เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Google Maps
2. Toggle raw path output ดูตำแหน่งละติจูด-ลองติจูดที่เรียงลำดับเรียบร้อยแล้ว
3. Raw path with labels ดูตำแหน่งละติจูด-ลองติจูดที่เรียงลำดับเรียบร้อยแล้ว โดยเพิ่มในส่วนของตัวเลขตำแหน่งนั้นด้วย
4. Optimal address order ลำดับตำแหน่งละติจูด-ลองติจูดที่เราเลือกไว้ในตอนแรก
5. Optimal numeric order ลำดับตำแหน่งจุดที่เราเลือกไว้ในตอนแรก
6. Send to Garmin ในส่วนนี้จะส่งข้อมูลต่อไปยังอุปกรณ์เชื่อมต่อ GPS Garmin ซึ่งต้องมีอุปกรณ์รองรับด้วย
7. Send to Tomtom ในส่วนนี้จะส่งข้อมูลต่อไปยังอุปกรณ์เชื่อมต่อ GPS Tomtom ซึ่งต้องมีอุปกรณ์รองรับด้วย
8. ใช้ข้อมูลในเชิงรูปแบบแมตริกซ์(เพื่อนำไปใช้สำหรับโปรแกรมคำนวณเส้นทางอื่นๆ ได้)



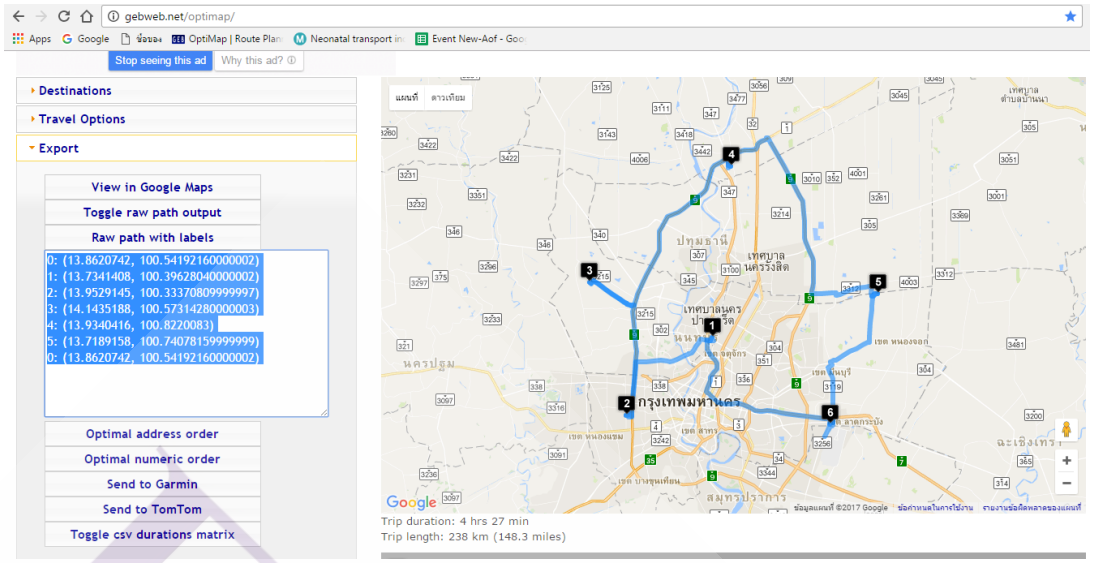
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 7 ตัวเลือกในส่วน Export



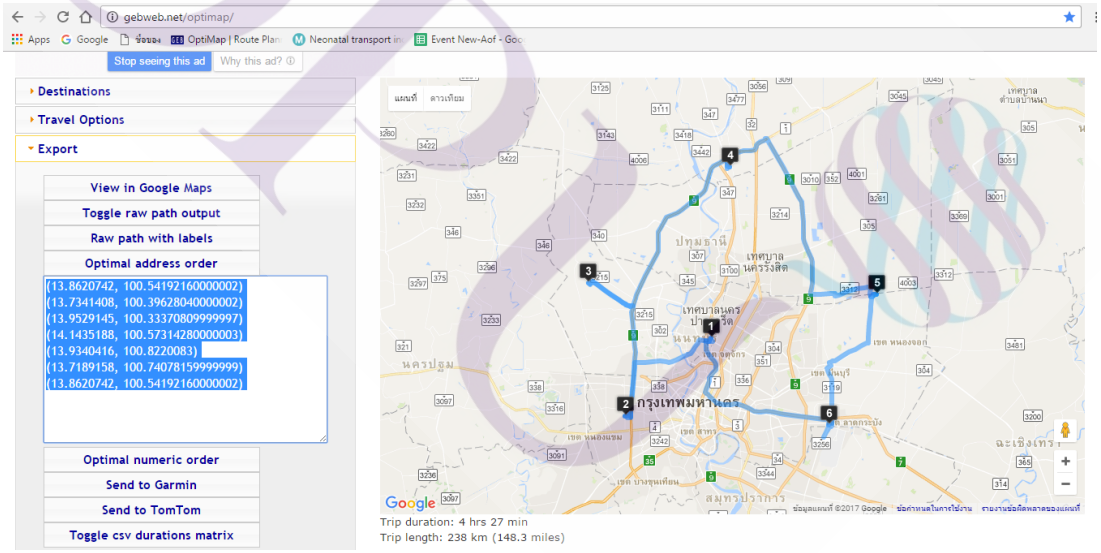
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 8 ตัวอย่างหน้าเว็บไซต์เมื่อเราเลือก View in Google Maps



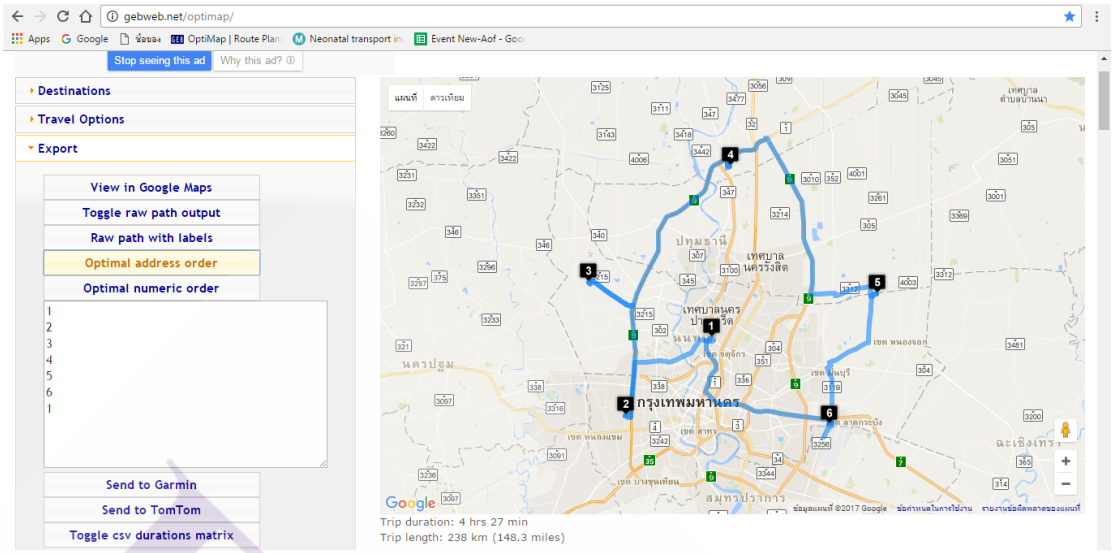
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 9 ตัวอย่างแถบเมนูเมื่อเราเลือก Toggle raw path output



ภาพภาคผนวก ข.ที่ 10 ตัวอย่างแถบเมนูเมื่อเราเลือก Raw path with labels

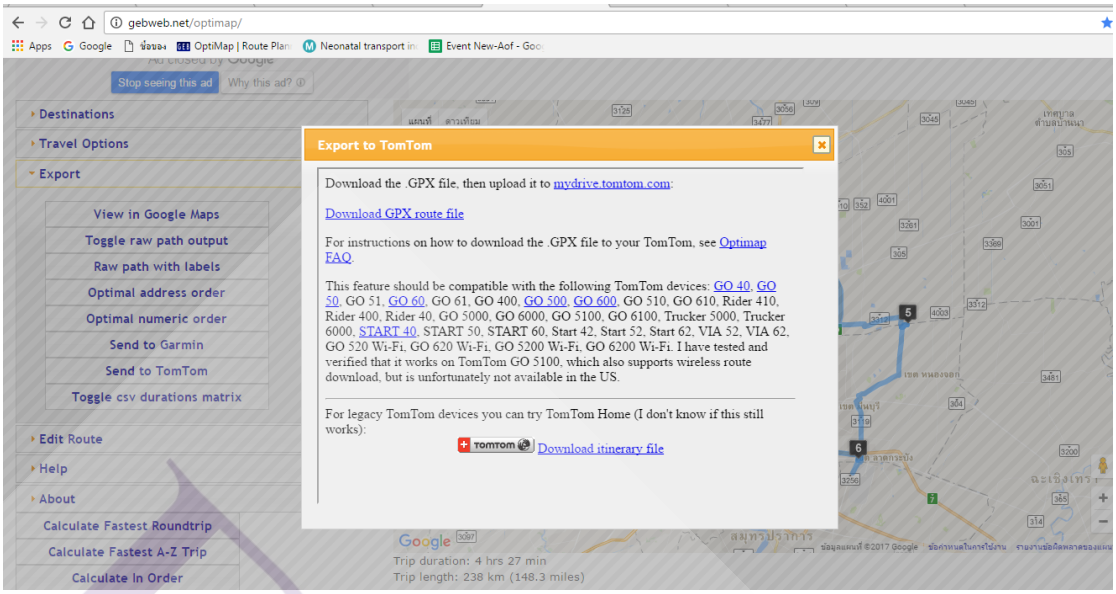


ภาพภาคผนวก ข.ที่ 11 ตัวอย่างแถบเมนูเมื่อเราเลือก Optimal address order

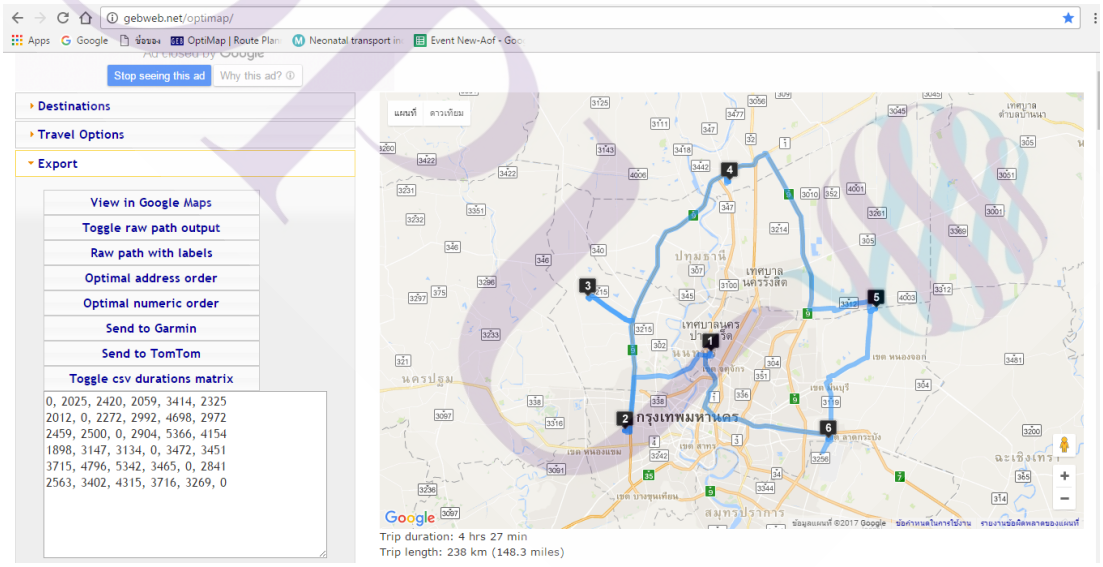


ภาพภาคผนวก ข.ที่ 12 ตัวอย่างแถบเมนูเมื่อเราเลือก Optimal numeric order

ภาพภาคผนวก ข.ที่ 13 ตัวอย่างหน้าจอเมื่อเราเลือก Send to Garmin (ไม่ได้เชื่อมต่ออุปกรณ์)

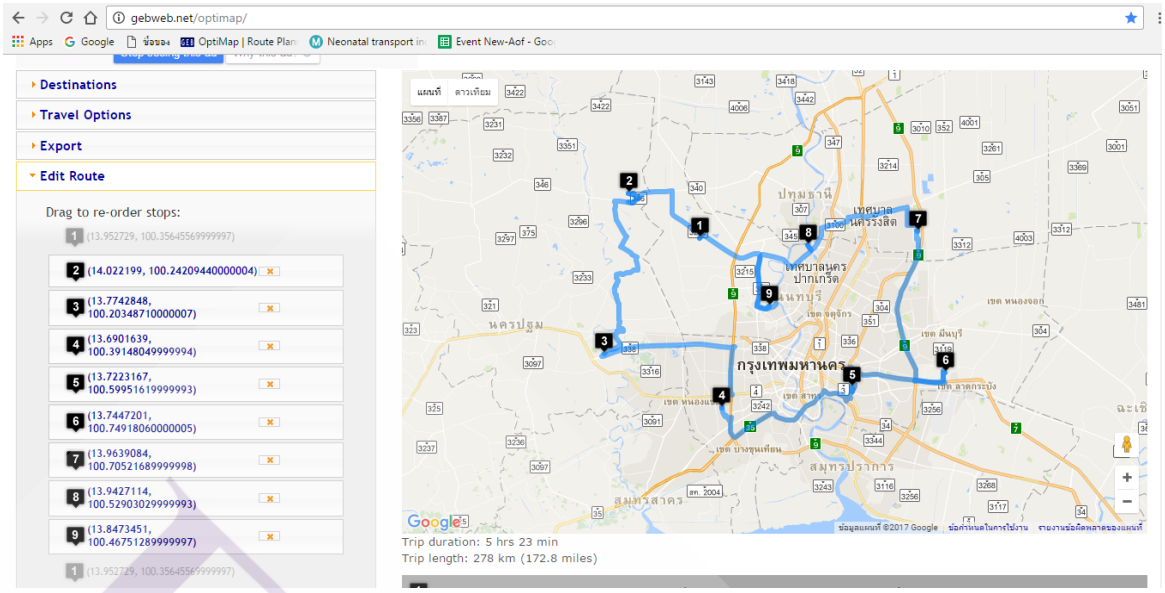


ภาพภาคผนวก ข.ที่ 14 ตัวอย่างหน้าจอเมื่อเราเลือก Send to Tomtom (ไม่ได้เชื่อมต่ออุปกรณ์)



ภาพภาคผนวก ข.ที่ 15 ตัวอย่างแถบเมนูเมื่อเราเลือก Toggle csv durations matrix

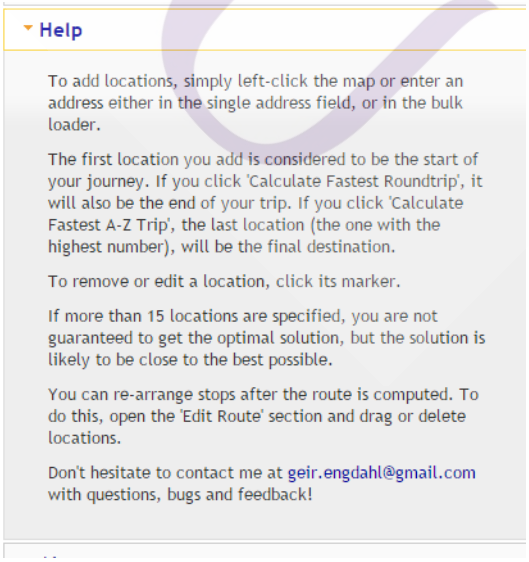
ส่วนที่ 6) Edit Route หลังจากเราได้คำนวณหาเส้นทางในเว็บไซต์ออพติแมปแล้ว เราสามารถเลือกเปลี่ยนแปลงเส้นทางได้ด้วยการเลือก Edit Route แล้วจะมีตำแหน่งโดยเรียงเส้นทางที่เราจัดไว้เรียบร้อยแล้วดังนี้



ภาพภาคผนวก ข.ที่ 16 ตัวอย่างแถบเมนูเมื่อเราเลือก Edit Route

เมื่อเราต้องการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและเส้นทางในรูป เราสามารถเลือกตำแหน่งที่แสดงในแถบด้านซ้ายสลับหรือลบได้ด้วยการกดค้างแล้วเลื่อนขึ้นหรือลง หรือกดเครื่องหมายกากบาทในกรณีที่ต้องการลบตำแหน่งนั้นได้

ส่วนที่ 7) Help ในส่วนนี้เมื่อเราเลือกเข้าไปดูจะพบข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาเว็บไซต์นี้และรายละเอียดในการติดต่อผู้พัฒนาเว็บไซต์

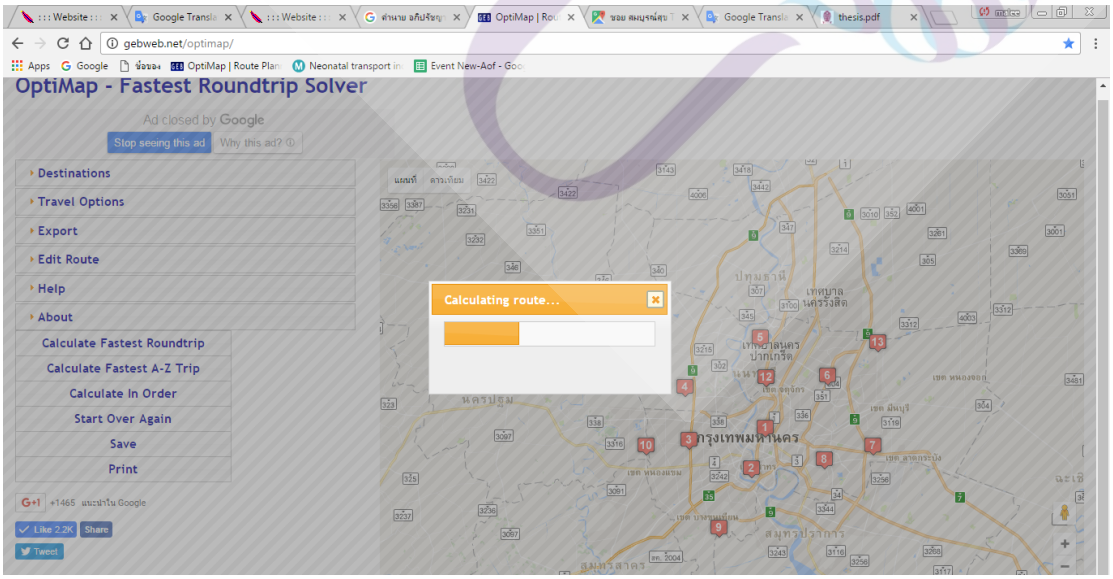


ภาพภาคผนวก ข.ที่ 17 ตัวอย่างแถบเมนูเมื่อเราเลือก Help

ส่วนที่ 8) About เมื่อเราเลือกเข้าไปในส่วนนี้จะมีข้อมูลเกี่ยวกับเบื้องหลังการทำงานของเว็บไซต์นี้ รวมถึงให้ผู้ที่สนใจที่จะพัฒนางานวิจัยสามารถส่งเมล์ไปขอ Source code กับทางผู้พัฒนาเว็บไซต์ได้

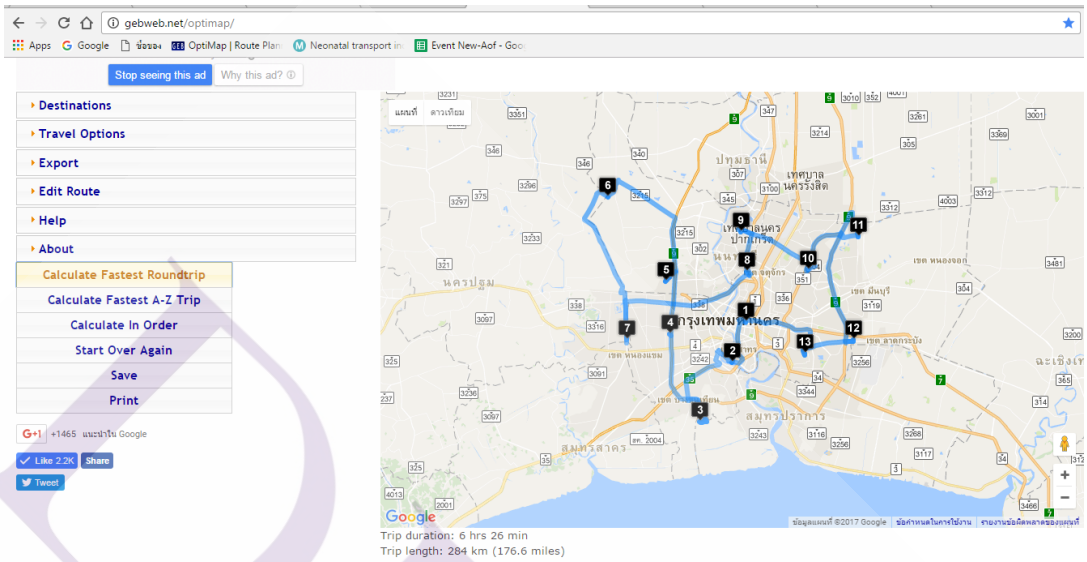
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 17 ตัวอย่างแถบเมนูเมื่อเราเลือก About

ส่วนที่ 9) Calculate Fastest Roundtrip เป็นตัวเลือกในการคำนวณหาเส้นทางแบบวนรอบ (กลับมาที่จุดเริ่มต้น) โดยเมื่อเราได้จุดขนส่งทั้งหมดแล้วนั้น กดเลือกฟังก์ชันนี้ ระบบจะทำการคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุด โดยจะปรากฏหน้าต่าง Calculating route ตามภาพด้านล่าง



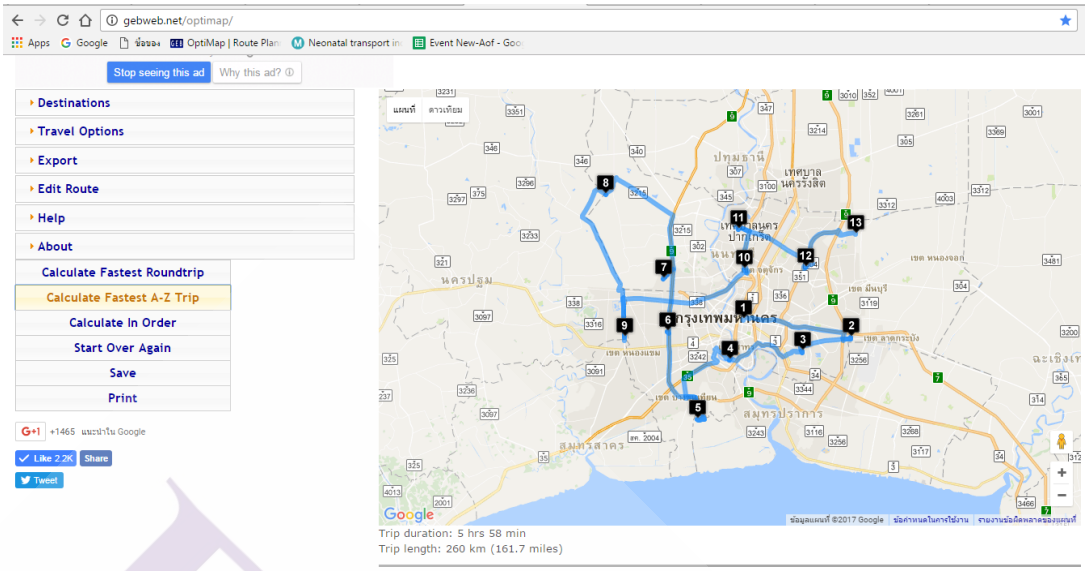
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 18 ตัวอย่างหน้าต่างเมื่อเราเลือก Calculate Fastest Roundtrip

หลังจากนั้นเมื่อกระบวนการคำนวณเส้นทางเสร็จสิ้น จะปรากฏผลลัพธ์ที่ได้เป็นเส้นทางที่จัดเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว โดยแสดงผลในส่วนของระยะทางรวม (กิโลเมตร) และเวลารวม (ชั่วโมง นาที) ด้วย ตามภาพด้านล่าง



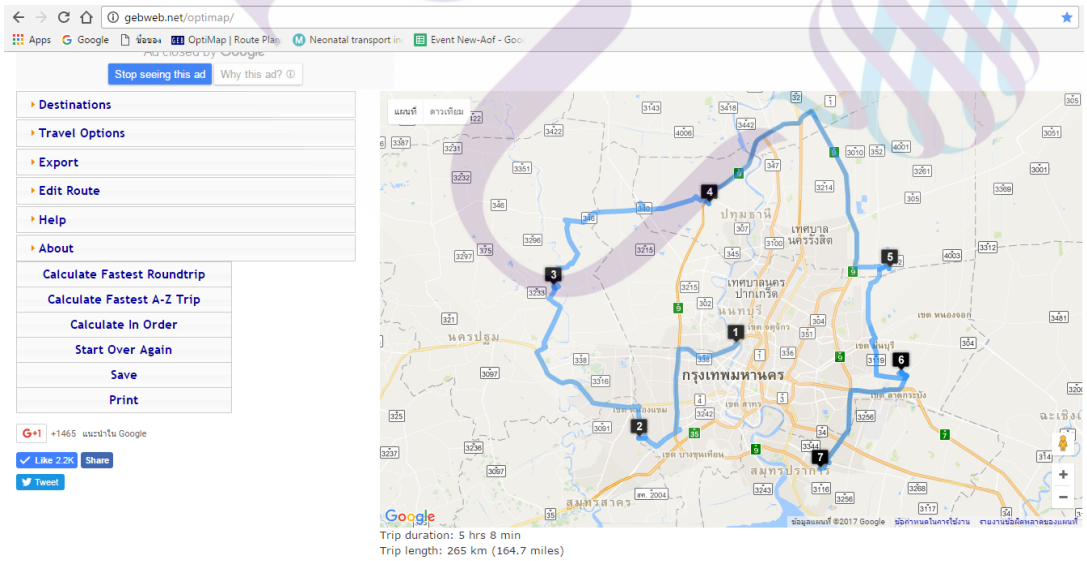
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 19 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยเว็บไซต์ออพติแมป

ส่วนที่ 10) Calculate Fastest A-Z trip เป็นตัวเลือกในการคำนวณหาเส้นทางแบบเที่ยวเดียว (ไม่กลับมาที่จุดเริ่มต้น) โดยเมื่อเราได้จุดขนส่งทั้งหมดแล้วนั้น กดเลือกฟังก์ชันนี้ ระบบจะทำการคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุด โดยจะปรากฏหน้าต่าง Calculating route เช่นเดียวกับ Calculate Fastest Roundtrip แต่ผลลัพธ์ที่ได้จะเรียงลำดับเส้นทางโดยไม่ย้อนกลับไปที่จุดเริ่มต้นตามภาพด้านล่าง



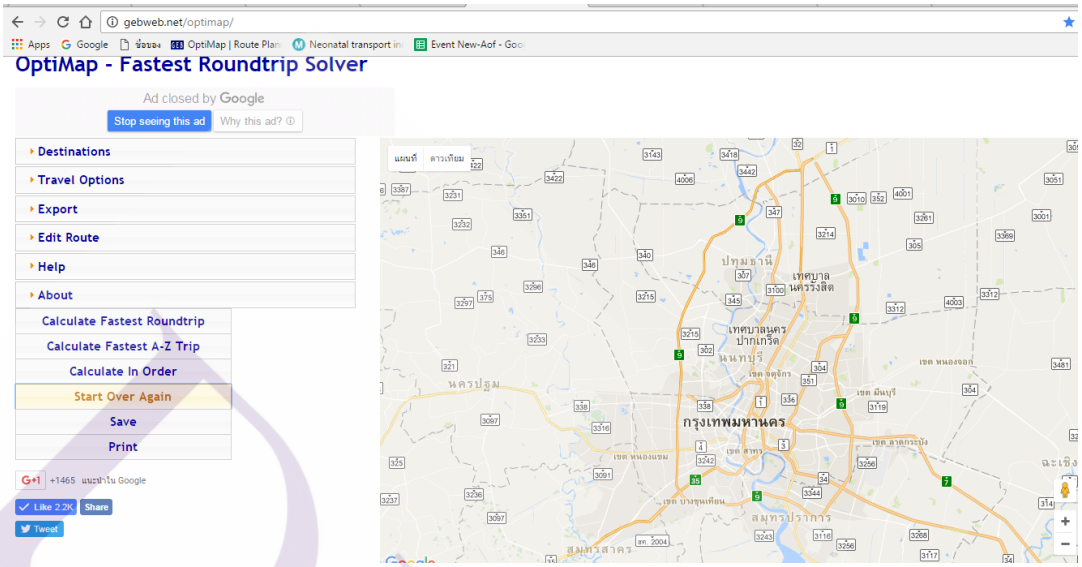
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 20 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยเว็บไซต์ออพติแมปด้วย Calculate Fastest A-Z trip

ส่วนที่ 11) Calculate in Order เป็นตัวเลือกในการเดินทางตามเส้นทางที่เรียงตามลำดับตำแหน่งที่เราเลือกไว้ในตอนแรก ตามภาพด้านล่าง



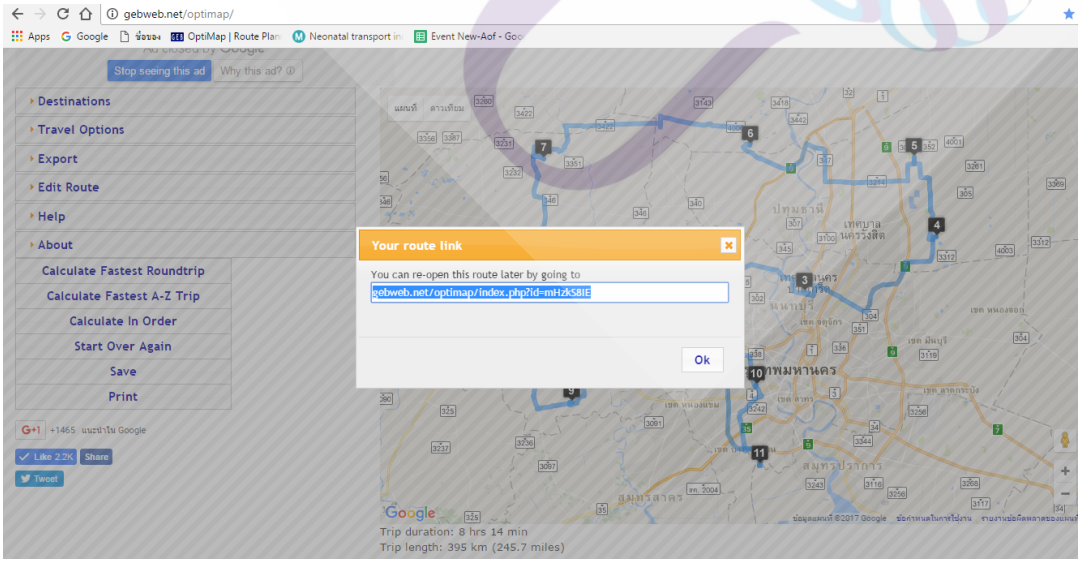
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 21 ตัวอย่างเส้นทางที่ได้จากการคำนวณด้วยเว็บไซต์ออพติแมปด้วย Calculate in Order

ส่วนที่ 12) Start Over Again เป็นแถบเมนูที่เลือกเพื่อใช้ในการล้างข้อมูลทั้งหมด เพื่อที่จะจัดเส้นทางใหม่ตามภาพด้านล่าง



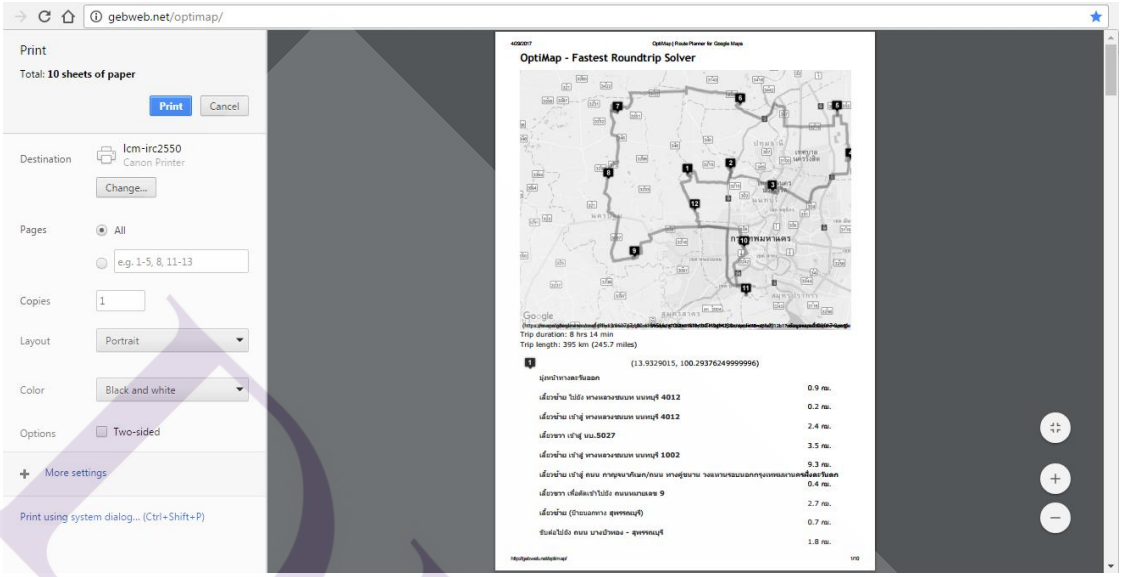
ภาพภาคผนวก ข.ที่ 22 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการเลือกเมนู Start Over Again

ส่วนที่ 13) Save เป็นแถบเมนูที่เลือกเพื่อใช้ในบันทึกเส้นทางที่เคยจัดไว้ในรูปแบบของลิงค์จัดเก็บ เพื่อสามารถดูเส้นทางที่เคยจัดไว้แล้วบนเว็บไซต์ออพติแมปในภายหลังได้



ภาพภาคผนวก ข.ที่ 23 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการเลือกเมนู Save

ส่วนที่ 14) Print เป็นแถบเมนูที่เลือกเพื่อใช้ในการพิมพ์เส้นทางเป็นไฟล์หรือกระดาษผ่านทางเครื่องปรินท์เอกสารได้



ภาพภาคผนวก ข.ที่ 24 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการเลือกเมนู Print

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายสุเมธ ศรีสัมพันธ์
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์สาขาอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	-

DPU