



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิงอัลกอริทึม กรณีศึกษา

เส้นทางการขนส่งขยะ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

Wastes Transportation Routing by Using a Saving Algorithm: A case of

Bang-Krui District Nonthaburi Province



โดย

ภคพร ผงทอง

การวิจัยครั้งนี้ได้รับเงินทุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชพฤกษ์

ปีการศึกษา 2559

**ชื่อโครงการวิจัย:** การวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิงอัลกอริทึม กรณีศึกษา เส้นทาง  
การขนส่งขยะ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

**ชื่อผู้วิจัย:** ภคพร ผงทอง

**ปีที่ทำการวิจัยแล้วเสร็จ:** 2561

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะของเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี โดยใช้วิธีเซฟวิงอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงเส้นทาง ช่วยในการจัดเส้นทางการขนส่งขยะเพื่อลดระยะทางการขนส่งให้มีระยะทางสั้นลงและลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกและเก็บรวบรวมข้อมูลจากกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย ในเขตตำบลวัดชลอและตำบลบางกรวย ข้อมูลสำคัญที่ได้รับประกอบด้วย ลักษณะ รูปแบบ ประเภทและจำนวนรถเก็บขยะ แผนการเก็บขยะในแต่ละวัน จุดจอดรถและจุดทิ้งขยะ โดยกำหนดจุดเก็บขยะที่สำคัญจำนวน 25 จุด รถเก็บขยะแบบอัดท้ายจำนวน 11 คัน และวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะเฉพาะวันจันทร์ วัตถุประสงค์ระหว่างแต่ละจุดโดยใช้โปรแกรม <http://www.kidlek.com/distance.php> ระยะทางที่คำนวณได้ผ่าน Google Map

ผลการวิจัยพบว่าเส้นทางการเก็บขยะเส้นทางเดิมมีระยะทางรวมทั้งสิ้น 1,016.60 กิโลเมตร เมื่อปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธีเซฟวิง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 1,002.1 กิโลเมตร โดยมีระยะทางลดลง 14.5 กิโลเมตร หรือลดลงร้อยละ 1.43% ปัญหาที่พบ คือ รถเก็บขยะไม่สามารถเก็บขยะได้ตามแผนที่วางไว้ เพราะมีการปิดถนนสำหรับจัดงานชุมชนทำให้ต้องเสียเวลาในการไปเก็บขยะหรือต้องทำงานเป็นสองเท่าในวันถัดไป สภาพถนนคับแคบเข้าออกไม่สะดวก รถเก็บขยะบางคันเก็บขยะไม่เต็มความจุเนื่องจากไม่สามารถพยกปริมาณขยะในแต่ละวันได้ แต่ต้องนำขยะไปทิ้งที่กำจัดที่ศูนย์กำจัดขยะที่ตำบลคลองขวาง อำเภอกำแพงแสน ทุกวัน รวมระยะทางไปกลับประมาณ 90 กิโลเมตร ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ ต้องพิจารณาการจัดลำดับการเก็บขยะของแต่ละสถานที่ตามข้อกำหนดด้านเวลาของแต่ละสถานที่เป็นหลัก อาจกำหนดเป็นโซนความรับผิดชอบของรถแต่ละคันให้ชัดเจนเพื่อไม่ให้รถวิ่งทับซ้อนเส้นทางกัน และรถทุกคันต้องเก็บขยะให้เต็มความจุของรถให้ได้มากที่สุด โดยอาจจะไปเก็บในจุดอื่น ๆ ที่รับผิดชอบเพื่อลดจำนวนเที่ยวของการไปทิ้งขยะที่ศูนย์กำจัดขยะให้เหลืออาทิตย์ละ 5 วันต่อสัปดาห์

**คำสำคัญ:** การวางแผน การขนส่ง การจัดเส้นทางการขนส่ง โลจิสติกส์ย้อนกลับ เซฟวิงอัลกอริทึม

**Research Title:** Wastes Transportation Routing by Using a Saving Algorithm: A case of Bang-Krui District Nonthaburi Province

**Researcher:** Pakaporn Phongthong

**Year:** 2018

### **Abstracts**

This research is aimed to study about wastes transportation routing planning of Bang-Krui, Nonthaburi. Applying Saving Algorithm solution could be improving and re-route current wastes transportation routing that reduce total transportation distance and reduce fuel consumption cost. These main informants were Health and Environment Division of Wat Chalo and Bang-Krui sub district, Bang-Krui, Nonthaburi. The research methodologies are In-depth Interview and focus group discussion in these topics 1) the nature of wastes transportation 2) the models/types of wastes transportation 3) the amount of garbage trucks 4) the daily waste collection plan 5) drop and park collected area and 6) garbage dump area. The research analysis data contains of 25 drop and park collected areas, 11 compact garbage trucks, Monday waste collection routing plan, point to point distance refer to <http://www.kidlek.com/distance.php> and calculated by Google Map.

The results showed that Applying Saving Algorithm solution to re-routing wastes transportation routing could reduce total transportation distance. It is about 14.5 kilometers or 1.43% of reduction distance from 1,016.60 kilometers to 1,002.10 kilometers. The problems and obstacles of this solution also be found. For examples, 1) Unplanned situation such inaccessible area caused by community activities that effects to daily waste collection plan 2) Narrow road 3) Unpredictable weather forecast 4) Unpredictable total daily collected garbage amount. At the end of day, it has fuel consumption cost that from daily garbage dump in Klong-Khwang sub district about 90 kilometers distance. For further research suggestion, 1) Set the time condition priority of drop and park collected area 2) Re-zoning of each garbage truck 3) Fully loaded garbage of each garbage truck 4) Find new garbage dump area and 6) Decrease the frequency of garbage dump days.

**Keywords:** Planning, Transportation, Transportation Routing, Reverse Logistics, Saving Algorithm

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเพราะได้รับความกรุณา แนะนำ ช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก คุณโชคชัย สุขสงวน เจ้าพนักงานสาธารณสุขชุมชนชำนาญงาน กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการสัมภาษณ์และให้ข้อมูลสำคัญที่เป็นประโยชน์ ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและเป็นพระคุณอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.อนาวุฒิ ชูทรัพย์ อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชพฤกษ์ ที่ได้กรุณาให้ทุนในการวิจัยในครั้งนี้ สุดท้ายขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ฐาปนา บุญหล้า อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้แนวคิด ข้อเสนอแนะหลายประการทำให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและสำเร็จในเวลาอันรวดเร็วและขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลืออีกหลายท่านซึ่งไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้ทั้งหมด



ภาคพร ผงทอง

มีนาคม 2561

## สารบัญ

### หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ .....	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 คำถามการวิจัย.....	3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	3
1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย .....	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ .....	4
<b>บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....</b>	<b>5</b>
2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing) .....	5
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการทางฮิวริสติกส์ (Heuristics).....	11
2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการลดต้นทุนการขนส่ง .....	16
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย .....</b>	<b>26</b>
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	26

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	26
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล .....	27
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....</b>	<b>30</b>
4.1 ลักษณะและรูปแบบการขนส่งขยะของเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี .....	30
4.2 เส้นทาง การขนส่งขยะในปัจจุบันของเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี .....	36
4.3 การวางแผนเส้นทาง การขนส่งโดยใช้วิธีเซฟวิ้ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) .....	39
<b>บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>53</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย .....	53
5.2 การอภิปรายผล การวิจัย .....	54
5.3 ข้อเสนอแนะ .....	55
5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ .....	55
5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป .....	54
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>56</b>
<b>ภาคผนวก .....</b>	<b>58</b>
แบบสัมภาษณ์เชิงลึก .....	59
<b>ประวัติผู้วิจัย .....</b>	<b>60</b>

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ประเภท จำนวน และขนาดความจุของรถเก็บขยะ .....	32
4.2 ข้อมูลขยะมูลฝอยที่จัดเก็บได้และค่าใช้จ่าย .....	32
4.3 แผนการจัดเก็บขยะมูลฝอย .....	36
4.4 ระยะทางระหว่างสถานที่เก็บขยะ (Distance Matrix).....	40
4.5 ค่าความประหยัด (Saving Matrix).....	41
4.6 เส้นทางและระยะทางรวมในการเก็บขยะก่อนใช้วิธีเซฟวิ้ง อัลกอริทึม.....	42
4.7 สร้างตัวแบบและวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีเซฟวิ้ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) โดยเรียงลำดับค่าความประหยัดจากมากไปหาน้อย .....	44
4.8 เส้นทางและระยะทางรวมในการเก็บขยะ โดยใช้วิธีเซฟวิ้ง อัลกอริทึม.....	48
4.9 การเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางการเก็บขยะแบบเดิม และวิธีเซฟวิ้ง อัลกอริทึม .....	50
4.10 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง.....	52

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การจัดเส้นทางยานพาหนะ .....	6
2.2 การส่งสินค้า แบบ 1 เทียบ ต่อ 1 ลูกค้า.....	10
2.3 แสดงการขนส่งแบบหลายรูปแบบ.....	18
2.4 การบริหารแบบ TMS เพื่อลดปัญหาการวิ่งรถเที่ยวเปล่า .....	19
4.1 พื้นที่ตำบลวัดชลอ.....	31
4.2 พื้นที่ตำบลบางกรวย .....	31
4.3 สถานที่ฝังกลบขยะ ตำบลคลองขวาง อำเภอไทรน้อย.....	34
4.4 แผนผังสถานที่ฝังกลบขยะ ตำบลคลองขวาง อำเภอไทรน้อย.....	35
4.5 โปรแกรมคำนวณระยะทางการขนส่งขยะ .....	39





## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาความสำคัญของปัญหา

การขนส่งสินค้าเป็นหนึ่งในกิจกรรมที่สำคัญที่สุดในการจัดการโลจิสติกส์ ซึ่งมีต้นทุนการดำเนินงานที่สูงที่สุดในกิจกรรมโลจิสติกส์ทั้งหมด 13 กิจกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคที่พลังงานมีราคาเพิ่มสูงขึ้นและมีอัตราการใช้เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการขยายตัวของธุรกิจที่ครอบคลุมทั่วประเทศ ทำให้การขนส่งมีความสำคัญทั้งในด้านการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต และการจัดจำหน่ายและกระจายสินค้า สินค้ายังให้กับลูกค้าที่มีความต้องการ รวมทั้งการขนส่งสินค้าที่เลิกใช้หรือเศษของเหลือใช้ไปยังต้นทาง เพื่อทำลายซากหรือนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่าของธุรกิจ สร้างความน่าเชื่อถือและรับผิดชอบต่อสังคม ดังนั้นทุกองค์กรจึงให้ความสำคัญและพยายามค้นหาวิธีการลดต้นทุนในรูปแบบต่าง ๆ ที่สามารถดำเนินการได้ โดยยังคงรักษามาตรฐานการบริการลูกค้าและมีความต่อเนื่องในการทำงานภายใต้ต้นทุนที่เหมาะสม ซึ่งในปัจจุบันทุกองค์กรต้องประสบปัญหากับการแข่งขันทางธุรกิจ ต้นทุนดำเนินงานสูงขึ้น รวมถึงความต้องการของลูกค้ามีหลากหลาย ไม่มีขอบเขต รวมถึงต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ลูกค้าเพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในสินค้าและบริการมากยิ่งขึ้น

ปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญประการหนึ่งของชุมชนทุกประเทศ เพราะมีส่วนสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากร การประกอบอาชีพและสภาพทางเศรษฐกิจ สังคมนั้น ๆ จากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบัน ส่งผลให้มีการผลิตสินค้าและบรรจุภัณฑ์ ในรูปแบบต่าง ๆ มากมายเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น ซึ่งสินค้าและบรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่มีการผลิตที่ซับซ้อน ชนิดของขยะมีความหลากหลาย กำจัดยาก อีกทั้งประชาชนไม่เห็นความสำคัญในการคัดแยกขยะมูลฝอยและของเสียที่เลิกใช้ จึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เกิดมลพิษทางดิน มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และปัญหาด้านสาธารณสุข ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน อาทิ มีกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงวัน และสัตว์นำโรคอื่น ๆ ที่นำเชื้อโรคมาสู่คน

การจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing) เป็นปัญหาประจำของบริษัทขนส่ง ในแต่ละวัน ซึ่งจะมีลูกค้าจำนวนหนึ่งมาบ้างน้อยบ้าง ต้องการให้นำสินค้าไปส่งให้หรือรับสินค้ากลับ ปัญหาที่ท้าทายคือจะต้องใช้รถขนส่งกี่คันและควรจัดลำดับการส่งสินค้าอย่างไร รถคันไหนควรไปส่งสินค้าให้แก่ลูกค้ารายใดบ้าง และจะจัดลำดับการส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละรายอย่างไร ในทางคณิตศาสตร์แล้วถือว่าปัญหาการจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing Problem) เป็นปัญหาที่ยากมาก ๆ ในการที่จะวิเคราะห์หาแผนการเดินทางที่ดีที่สุดในการเดินทางที่เป็นไปได้จำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากคำสั่งซื้อของลูกค้าและรถส่งสินค้ามีจำนวนมาก ซึ่งแทบจะไม่มีโอกาสเลยที่จะจัดเส้นทางรถให้ประหยัดที่สุด อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ให้ได้แผนที่ค่อนข้างดีมาช่วยปฏิบัติเท่านั้น ซึ่งมีวิธีการหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดเส้นทางรถที่ได้รับความนิยมและเข้าใจง่ายวิธีการหนึ่งคือ วิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm) ซึ่งเสนอโดย Clarke and Wright นักวิจัยในประเทศอังกฤษ ใน ค.ศ. 1964 ซึ่งได้พิจารณาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความต้องการของลูกค้าหลายราย และยานพาหนะมีความจุหลายขนาดส่งสินค้าออกจากคลังพัสดุแห่งเดียว ให้สามารถเลือกเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด และผลที่ได้จากการแก้ปัญหานี้คือทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่จะใช้ในการขนส่ง และปริมาตรสินค้าที่ขนส่งโดยยานพาหนะแต่ละคัน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจการวางแผนเส้นทางรถขนส่งขยะ ซึ่งเป็นปัญหาอย่างมากในการจัดเส้นทางเพราะมีการขนส่งขยะในปริมาณที่มากในทุก ๆ วัน เป็นผลทำให้มีต้นทุนการขนส่งที่สูง โดยจะทำการวิเคราะห์และเสนอแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพเส้นทางรถขนส่งขยะ โดยนำวิธีการ Saving Matrix มาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทาง เพื่อให้ได้ระยะทางในการขนส่งต่ำสุด มุ่งเน้นเกี่ยวกับระบบการขนส่งให้รูปแบบการขนส่งในระยะทางขนส่งรวมน้อยที่สุด ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการที่ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจในการขนส่งลดระยะทางและเวลาในการขนส่ง ลดจำนวนพาหนะที่ไม่จำเป็น ส่งผลให้ต้นทุนรวมทางด้านการขนส่งลดลงและใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

## 1.2 คำถามการวิจัย

- 1.2.1 ลักษณะการขนส่งขยะในอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรีเป็นอย่างไร
- 1.2.2 รูปแบบการขนส่งขยะในอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรีเป็นอย่างไร
- 1.2.3 ปัญหาการขนส่งขยะในอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรีเป็นอย่างไร
- 1.2.4 การวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะโดยใช้เซฟวิงอัลกอริทึม มีกระบวนการอย่างไร
- 1.2.5 การวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะที่ดีทำให้ต้นทุนการขนส่งขยะลดลงหรือไม่

## 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.3.1 เพื่อศึกษาลักษณะการขนส่งขยะในอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี
- 1.3.2 เพื่อศึกษารูปแบบการขนส่งขยะในอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี
- 1.3.3 เพื่อศึกษาปัญหาการขนส่งขยะในอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี
- 1.3.4 เพื่อศึกษากระบวนการวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะโดยใช้เซฟวิงอัลกอริทึม
- 1.3.5 เพื่อศึกษาการวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะที่ดีทำให้ต้นทุนการขนส่งขยะลดลง

## 1.4 ขอบเขตการวิจัย

### 1.4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งขยะโดยใช้วิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm) โดยมีตัวแปรต้น ได้แก่ ประเภท จำนวน จุดจอดรถ จุดรับขยะ และจุดทิ้งขยะ เวลาในการเก็บขยะ ระยะทางการขนส่งของแต่ละจุด ลำดับการเก็บขยะในแต่ละจุด ค่าความประหยัด

ตัวแปรตาม ได้แก่ ระยะทางและปริมาณในการขนส่งขยะของรถแต่ละคัน

### 1.4.2 ขอบเขตด้านประชากร

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งขยะ ตำบลวัดชลอ และตำบลบางกรวย อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ผู้ให้ข้อมูลสำคัญในครั้งนี้อยู่คือ กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม

### 1.4.3 ขอบเขตด้านระยะเวลา

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์แปรผลและเขียนรายงานวิจัย โดยใช้เวลาทำการศึกษาดังแต่เดือน พฤษภาคม 2560 ถึง เมษายน 2561

### 1.4.4 ขอบเขตด้านพื้นที่

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเส้นทางการขนส่งขยะของตำบลวัดชลอ และตำบลบางกรวย จังหวัดนนทบุรี เท่านั้น

## 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การวางแผน (Planning) หมายถึง กระบวนการกำหนดวัตถุประสงค์สำหรับการทำงานใน อนาคตพร้อมทั้งกำหนดแนวทางการกระทำในทางปฏิบัติจริงเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์

1.5.2 การขนส่ง (Transportation) หมายถึง กระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าและบริการจาก ผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภค โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการขนส่งเป็นพาหนะไปตามความต้องการและเกิด อรรถประโยชน์ตามที่ผู้ทำการขนส่งต้องการ

1.5.3 การจัดเส้นทางการขนส่ง หมายถึง การกำหนดเส้นทางของยายพาหนะแต่ละคันเพื่อไป ให้บริการลูกค้าที่กำหนดโดยเสียค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการขนส่งน้อยที่สุด

1.5.4 โลจิสติกส์ย้อนกลับ (Reverse Logistics) หมายถึง การเคลื่อนย้ายสินค้าหรือวัตถุดิบใน ทิศทางย้อนกลับโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างมูลค่าหรือใช้ประโยชน์ในมูลค่าสินค้าที่ยังมีอยู่หรือเพื่อทำลาย ทิ้งอย่างเหมาะสม

1.5.5 เซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm) หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหาเพื่อลดค่าใช้จ่าย ในการปฏิบัติงานให้มีต้นทุนต่ำที่สุด โดยสามารถอธิบายออกมาเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน

## 1.4. ประโยชน์ของงานวิจัย

1.4.1 สามารถนำมาเป็นรูปแบบการดำเนินงานด้านการขนส่งขยะในอำเภอบางกรวย จังหวัด นนทบุรี

1.4.2 เป็นแนวทางในการลดต้นทุนการขนส่งที่สามารถตอบสนองความต้องการของชุมชนและ สร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันที่ยั่งยืน

1.4.3 เป็นแนวทางในการกำหนดกลยุทธ์และวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะใน อำเภอบางกรวย  
จังหวัดนนทบุรี



## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารวบรวมเนื้อหาจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยศึกษาจากหนังสือ เอกสาร ตำราวิชาการ วารสาร บทความและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพื่อให้สามารถกำหนดกรอบแนวความคิดที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาให้ครอบคลุม และชัดเจนยิ่งขึ้น โดยจะประกอบด้วยสาระสำคัญตามลำดับดังต่อไปนี้

- 2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing)
- 2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการทางฮิวริสติกส์ (Heuristics)
- 2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการลดต้นทุนการขนส่ง
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการการจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing)

ธารชุตตา พันธนิกุล (2551: 5-6) ได้นิยามของ VRP ไว้ว่า การจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าตามจุดต่าง ๆ เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจผู้ใช้ระบบ โดยมีศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียวและมีรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางรถแบบมีข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการบรรทุกโดยพิจารณาเรื่องน้ำหนักและปริมาตรสินค้าให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขของความจุรถโดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด วิธีที่ใช้ในการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า

การจัดเส้นทางรถขนส่งประกอบด้วยเงื่อนไข 4 ประการ คือ

##### 1. กลุ่มลูกค้า (Set of Customers)

ลูกค้าแต่ละรายจะถูกกำหนดให้อยู่กระจายในจุด (Node) ต่าง ๆ กัน และมีความต้องการรับหรือส่งสินค้าในจำนวนต่าง ๆ และในบางครั้งอาจมีการกำหนดความต้องการทางด้านเวลาเพิ่มเข้าไป

## 2. ยานพาหนะ (Vehicles)

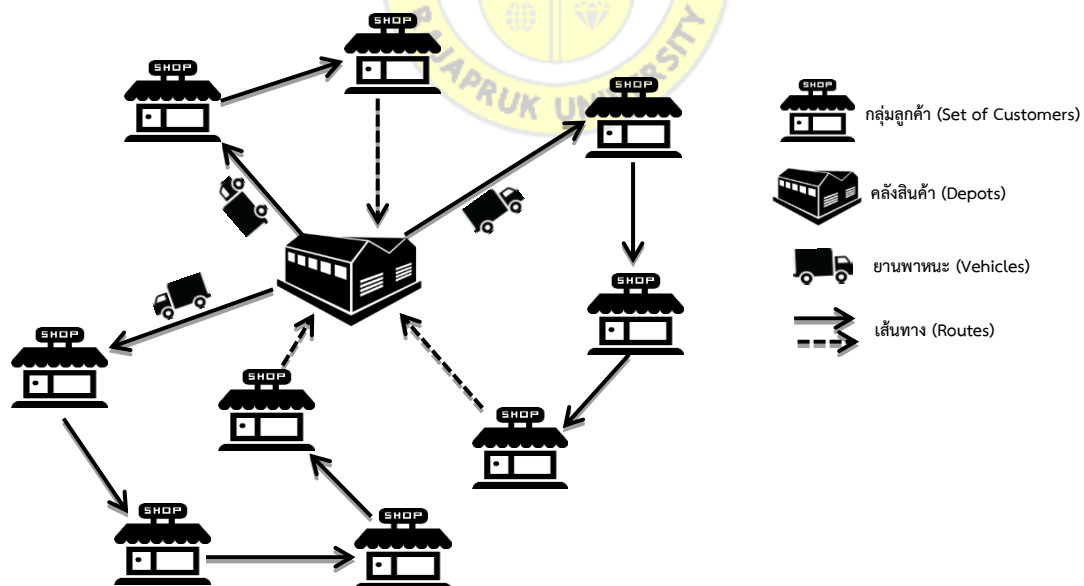
รถบรรทุก เรือ เครื่องบิน หรือสิ่งที่เตรียมไว้สำหรับการขนส่ง ที่ใช้ในการให้บริการแก่ลูกค้า มีหน้าที่เดินทาง รับ-ส่งสินค้าระหว่างลูกค้าและคลังสินค้า ซึ่งจะมีข้อจำกัดในการบรรทุก (Capacity) ซึ่งอาจกำหนดเป็นจำนวนชิ้นของสินค้าหรือน้ำหนักของสินค้าที่สามารถบรรทุกได้สูงสุดต่อยานพาหนะนั้น ๆ

## 3. คลังสินค้า (Depots)

สถานที่เก็บสินค้า โรงงานของบริษัทผู้ผลิต หรือศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) เป็นสถานที่ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในการเดินทางซึ่งหมายความว่า พาหนะทุกคันต้องออกเดินทางจากจุดนี้ไปให้บริการลูกค้ายังจุดต่าง ๆ และกลับเข้าสู่จุดเดิมเมื่อให้บริการลูกค้าครบถ้วนแล้ว ซึ่งในปัญหาที่ซับซ้อนอาจกำหนดให้มีคลังสินค้าหลายจุดเพื่อให้บริการลูกค้าหลายกลุ่มได้

## 4. เส้นทาง (Routes)

การมอบหมายว่าจะให้ยานพาหนะคันใดเดินทางไปยังจุดต่าง ๆ หรือลูกค้ารายใดบ้าง และเดินทางตามลำดับก่อนหลังอย่างไร ซึ่งประกอบไปด้วย เส้นทางการเดินทางย่อย (Sub-Route หรือ Tour) หลาย ๆ เส้นทางรวมกัน



ภาพที่ 2.1 การจัดเส้นทางยานพาหนะ

การจำแนกประเภทของ VRP ระบุพีพันธ์ ปีตาเคโส (2554) การจำแนกประเภทของ VRP สามารถจำแนกออกได้เป็น 5 กลุ่มดังนี้

### 1. จัดกลุ่มตามวิธีการแก้ปัญหาของ VRP

1.1 วิธีการแม่นยำตรง (Exact method) วิธีการการนี้จะใช้พื้นฐานจากการโปรแกรมเชิงเส้นตรง การโปรแกรมจำนวนเต็มหรือวิธีการอื่นที่จะทำให้ได้ค่าที่ดีที่สุด

1.2 วิธีการฮิวริสติกส์ (Heuristics) เป็นวิธีการที่เมื่อดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้วจะได้ค่าที่ดี ไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่จะใช้เวลาสั้นกว่าวิธีการแบบแม่นยำตรงสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่

1.3 การจำลองแบบปัญหา (Simulation) ใช้การจำลองแบบปัญหาส่วนใหญ่จะใช้กับปัญหาที่มีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น เช่น ความต้องการไม่แน่นอน ระยะเวลาในการให้บริการไม่แน่นอน

### 2. จัดกลุ่มตามลักษณะของความต้องการของลูกค้า

2.1 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าและแน่นอน (Deterministic demand) งานวิจัยจำนวนหนึ่งดำเนินการภายใต้ความต้องการที่ทราบและแน่นอนของลูกค้า โดยมีการเก็บข้อมูล อาจจะเป็นความต้องการที่แน่นอนโดยมีการสั่งสินค้าก่อนและจัดเส้นทางการขนส่ง หรือทำการประมาณค่าจากการใช้ค่าเฉลี่ยหรือค่าทางสถิติอย่างใดอย่างหนึ่ง ตัวอย่างงานวิจัยที่มีความต้องการแบบทราบและแน่นอน

2.2 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าแต่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน (Stochastic demand) ในกลุ่มนี้ความต้องการของลูกค้าจะทราบค่าแต่อาจจะมีค่าที่ไม่แน่นอนซึ่งจะทำให้ต้องใช้เทคนิคในการแก้ปัญหาที่ต่างออกไปจากข้อ 2.1

2.3 ไม่ทราบความต้องการของลูกค้า (Probabilistic demand) ซึ่งเป็นความต้องการที่ไม่ทราบค่าขณะวางแผนแต่ทราบเมื่อไปถึงลูกค้า

3. จัดกลุ่มตามข้อจำกัดด้านเวลา (Time windows) ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่มีความสำคัญกับการจัดเส้นทางเนื่องจากบางครั้งเวลาให้บริการลูกค้า หรือเวลาในการเดินทางจะมีผลต่อเส้นทางที่ได้จากการจัดด้วยวิธีการต่าง ๆ สามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้



3.1 แบบไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา (No time windows) ในกลุ่มนี้งานวิจัยจะไม่คำนึงถึงข้อจำกัดด้านเวลาต่าง ๆ โดยจะทำการจัดเฉพาะเส้นทางการเดินทาง

3.2 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบไม่เคร่งครัด (Soft time windows) ในกลุ่มนี้จะมีข้อจำกัดทางด้านเวลาแต่ไม่เคร่งครัดมากนัก สามารถส่งสินค้าช้าหรือเร็วกว่ากำหนดได้บ้าง แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดด้านเวลานี้จะมีผลต่อการจัดเส้นทางเช่นเดียวกัน

3.3 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบเคร่งครัด (Stick time windows) กลุ่มนี้การจัดเส้นทางจะคำนึงถึงระยะเวลาในการเดินทางและระยะเวลาในการให้บริการอย่างเคร่งครัดหากเดินทางผิดเวลาหรือไปถึงลูกค้าผิดเวลาจะทำให้เส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่ไม่ถูกต้องไม่สามารถให้บริการลูกค้าได้

3.4 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาที่มีทั้งเคร่งและไม่เคร่ง (Mixed) งานวิจัยบางงาน เช่น Nagy and Salhi (2005) จะมีลูกค้าทั้งที่เคร่งครัดเรื่องเวลาที่มาถึงของรถบรรทุก หรือเวลาในการให้บริการ และไม่เคร่งครัดเรื่องเวลาในปัญหาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การดำเนินการด้วยวิธีการต่าง ๆ มีความแตกต่างกันออกไปและมีผลต่อการจัดเส้นทางเช่นเดียวกัน

4. จัดกลุ่มตามเวลาในการวางแผนการเดินทาง (Time horizon) ในกลุ่มนี้จะเน้นการจัดกลุ่มแบบการจัดแบบครั้งเดียวในการวางแผนหนึ่งครั้ง เช่น การเดินทางส่งสินค้าทุกวันจะเดินทางด้วยเส้นทางเดียวกัน และการจัดแบบหลายครั้ง เช่น วางแผนเป็นเดือนหรือปีโดยในแต่ละวันอาจจะมีการเดินทางที่ไม่เหมือนกัน

4.1 แบบคาบเวลาเดียว (Single period) กลุ่มนี้จะวางแผนครั้งเดียวและดำเนินการเช่นเดียวกันในทุกคาบเวลา

4.2 แบบหลายคาบเวลา (Multi period) เป็นการวางแผนแบบหลายคาบเวลาและมีเส้นทางการเดินทางที่แตกต่างกันไปในแต่ละคาบเวลา

5. จัดกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้น (Number of Origin points) จุดเริ่มต้นที่แตกต่างกันจะทำให้ได้ระยะทางในการเดินทางที่แตกต่างกันไป การวางแผนการจัดเส้นทางบางครั้งอาจจะมีจุดเริ่มต้นเดียว บางครั้งจะต้องวางแผนให้กับศูนย์กระจายสินค้าหลายจุดไปพร้อม ๆ กัน สามารถแบ่งกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้นได้เป็น

5.1 มีจุดเริ่มต้นเดียว (Single origin/Depot) การเริ่มต้นของทุกเส้นทางจะเริ่มต้นจากจุดกระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว

5.2 มีจุดเริ่มต้นหลายจุด (Multiple origin/Depots) ในกลุ่มนี้จะต้องวางแผนให้มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง โดยทำการจัดเส้นทางไปพร้อม ๆ กัน

### ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ

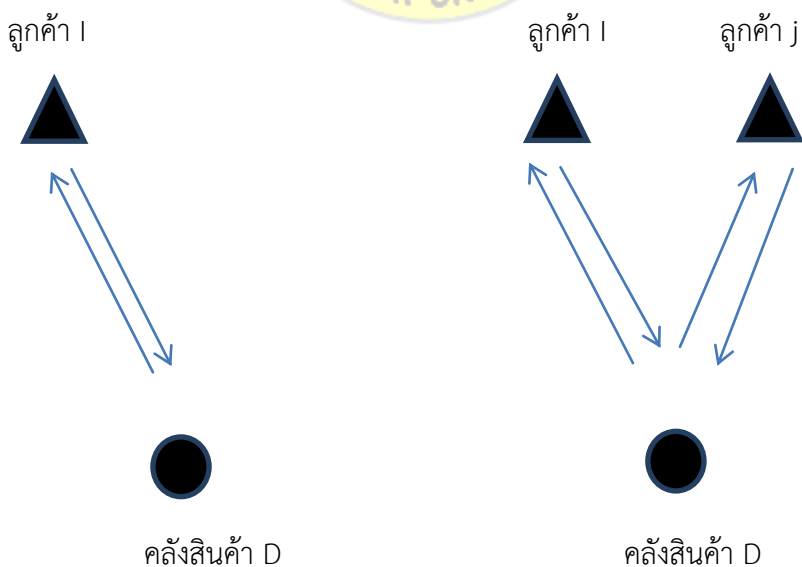
ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะเป็นปัญหาด้านการขนส่งและโลจิสติกส์ (Logistics) แบบหนึ่ง ที่มุ่งเน้นในการขนส่งสินค้าตามจำนวนความต้องการที่กำหนดไปยังกลุ่มลูกค้าให้ครบถ้วน ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่คลังสินค้า โดยมีเส้นทางรวมในการเดินทางที่สั้นที่สุดหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดโดยทั่วไปแล้ว ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะนั้นประกอบไปด้วย

การจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing) เป็นปัญหาประจำของบริษัทขนส่ง ในแต่ละวันจะมีลูกค้าจำนวนหนึ่งมาบ้างน้อยบ้างต้องการให้นำสินค้าไปส่งให้ปัญหาที่น่าท้าทายคือผู้จัดการจะต้องใช้รถขนส่งกี่คันและควรจัดลำดับการส่งสินค้าอย่างไร รถคันไหนควรไปส่งสินค้าให้แก่ ลูกค้ารายใดบ้าง และจะจัดลำดับการส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละรายอย่างไร ในทางคณิตศาสตร์แล้วถือว่าปัญหาการจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing Problem) เป็นปัญหาที่ยากมาก ๆ ในการที่จะวิเคราะห์หาแผนการเดินทางที่ดีที่สุดในการบรรดาแผนที่เป็นไปได้จำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากคำสั่งซื้อของลูกค้าและรถส่งสินค้ามีจำนวนมาก ซึ่งแทบจะไม่มีโอกาสเลยที่จะจัดเส้นทางรถให้ประหยัดที่สุด อดีที่สุดคงทำได้เพียงการวิเคราะห์ให้ได้แผนที่ค่อนข้างดีมาใช้ปฏิบัติเท่านั้นในกรณีที่มีลูกค้าจำนวนมาก การหาเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้วเลือกเอาเส้นทางขนส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุดเป็นสิ่งที่แทบจะเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติเพราะจะต้องใช้เวลาในการคำนวณวิเคราะห์ยาวนานมากจนไม่ทันการณ์ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการอื่น ๆ มาช่วยให้ได้คำตอบที่เร็วซึ่งมีวิธีการ หนึ่งในที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดเส้นทางรถ ได้แก่ การจัดเส้นทางโดยค่าประมาณ (Approximation Methods) ซึ่งคำตอบของเส้นทางขนส่งที่ได้รับจากการใช้วิธีการนี้อาจจะไม่ดีที่สุดแต่จะได้คำตอบที่ดีพอใช้ภายในระยะเวลาที่ไม่ยาวนานมาก นำไปใช้งานได้ทันเวลา วิธีการจัดเส้นทางโดยค่าประมาณนี้ยังมีหลากหลายวิธีคำตอบที่ได้รับจากแต่ละวิธีอาจจะมีคุณภาพแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะรายละเอียดของปัญหาแต่ละกรณีซึ่งวิธีที่

ได้รับความนิยมและเข้าใจง่ายวิธีการหนึ่งคือ วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) ซึ่งเสนอโดย Clarke and Wright นักวิจัยในประเทศอังกฤษ ในปี ค.ศ. 1964 ซึ่งได้พิจารณาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความต้องการของลูกค้าหลายราย และยานพาหนะมีความจุหลายขนาดส่งสินค้าออกจากคลังพัสดุแห่งเดียว งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขั้นตอนให้สามารถเลือกเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด และผลที่ได้จากการแก้ปัญหาหาค่านี้คือ ทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่จะใช้ในการขนส่งและปริมาตรสินค้าที่ขนส่งโดยยานพาหนะแต่ละคันโดยมีวิธีในการดำเนินงานดังนี้

1. เลือกจุดเริ่มต้นจากคลังสินค้าขึ้นมาหนึ่งปุมให้เป็น ปุมที่หนึ่ง
2. คำนวณค่าของระยะเวลา, ระยะทางหรือค่าใช้จ่าย ในการขนส่งที่ประหยัด (Saving Cost),  $S_{ij} = C_iD + C_jD - C_{ij}$  เมื่อ  $i, j$  คือลูกค้า และ  $D$  คือคลังสินค้า
3. เรียงลำดับค่า  $S_{ij}$  จากมากไปหาน้อย
4. สร้างเส้นทางของยานพาหนะโดยเชื่อมปุม  $i$  และ  $j$  ที่มีค่า  $S_{ij}$  มากที่สุด
5. ทำซ้ำจนกว่าจะจัดเส้นทางได้ครบ โดยมีเงื่อนไขของข้อจำกัดในการเดินทางแต่ละยานพาหนะจะต้องมีสินค้าไม่เกินความจุของยานพาหนะ และต้องใช้เวลาในการเดินทาง ไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด

วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมเป็นทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับในการจัดการปัญหาการขนส่งยานพาหนะ ใจความของทฤษฎีไม่ซับซ้อน คือ พิจารณาการส่งจากคลังสินค้า  $D$



ภาพที่ 2.2 การส่งสินค้า แบบ 1 เทียบ ต่อ 1 ลูกค้า

จากรูปที่ 1 ถ้าใช้รถ 1 คัน วิ่งส่งสินค้าให้ลูกค้า 2 ราย (i และ j) ในเที่ยวเดียวกันระยะทางทั้งหมดจะลดลง เท่ากับ  $S(i, j) = 2d(D, i) + 2d(D, j) - [d(D, i) + d(i, j) + d(D, j)] = d(D, i) + d(D, j) - d(i, j)$  ค่า Saving  $S(i, j)$  ที่ได้คือระยะทางที่สามารถลดได้ หากระยะทางระหว่างลูกค้าใด ทำให้เกิดค่า Saving สูงก็ หมายความว่าสามารถลดระยะทางได้มาก

## 2.2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการทางฮิวริสติก (Heuristics)

### ความหมายของฮิวริสติก

ฮิวริสติก หมายถึง กฎหรือกลุ่มของกฎแบบง่าย ๆ ในการตัดสินใจจากข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัด ภายในเวลาที่จำกัด

ฮิวริสติก หมายถึง ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ของการค้นหาและการประดิษฐ์

ฮิวริสติก (จิตวิทยา) หมายถึง กฎที่ง่าย ๆ และมีประสิทธิภาพ ที่เรามักจะใช้ในการลงความเห็น และการตัดสินใจ เป็นวิธีลัดทางความคิดโดยพึ่งความสนใจไปยังส่วนหนึ่งของปัญหาที่ซับซ้อนและไม่ใส่ใจ ในส่วนอื่น

### วิธีการของฮิวริสติก

การคิดแบบฮิวริสติกไม่จำเป็นต้องดำเนินไปตามแนวทางการจัดการที่วางไว้ มันจะเกี่ยวข้องกับ การค้นหา การเรียนรู้ การประเมินค่า และการตัดสินใจ โดยขบวนการในการค้นหา การเรียนรู้ และการ ประเมินค่านี้จะเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำเล่าเหมือนกับการสำรวจ เพื่อนำไปสู่วิธีการอีกรูปแบบหนึ่ง ความรู้จะถูก ได้รับจากความสำเร็จหรือความล้มเหลวที่บางจุด ที่มีผลสะท้อน (feedback) กลับมาและทำการแก้ไข ขบวนการค้นหานั้น ๆ ให้ดีขึ้น

### สถานการณ์ซึ่งเหมาะสมในการนำฮิวริสติกมาใช้

1. ข้อมูลเข้าไม่แน่นอน หรือมีจำกัด
2. ระบบจริง ๆ มีความซับซ้อนมากจนกระทั่งไม่สามารถใช้วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ได้

3. ไม่มีวิธีการหรืออัลกอริธึม ที่น่าเชื่อถือที่สามารถใช้ได้อย่างแท้จริง
4. ใช้เวลาในการคำนวณหาทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดมากเกินไป
5. มีความเป็นไปได้ที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของขบวนการในการหาทางแก้ที่เหมาะสมที่สุด (เช่น โดยการหาจุดเริ่มต้นที่ดีในการแก้ปัญหาที่มีการใช้ ฮิวริสติก) แล้วรวมการใช้ฮิวริสติกนี้เข้ากับวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด
6. เป็นปัญหาที่ซับซ้อนไม่คุ้มค่ากับการใช้วิธีหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด หรือเป็นปัญหาที่ต้องใช้เวลามาก
7. เมื่อมีการเกี่ยวข้องกับขบวนการทางสัญลักษณ์ (symbolic) มากกว่าทางตัวเลข (numerical)
8. เมื่อต้องการทำการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว โดยไม่สามารถใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยได้ (การใช้ฮิวริสติกบางครั้ง ไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย)

### ข้อดีของฮิวริสติก

1. ง่ายในการทำความเข้าใจ และง่ายในการนำไปใช้และการอธิบาย
  2. ช่วยในการอบรมคนให้มีความคิดสร้างสรรค์และก่อให้เกิดการสร้างฮิวริสติกกับปัญหาอื่น ๆ ได้
- ด้วย
3. ประหยัดเวลาในการสร้างตัวแบบ
  4. ลดความต้องการในด้านการเขียนโปรแกรมและความต้องการด้านแหล่งเก็บข้อมูลคอมพิวเตอร์ได้
  5. ลดเวลาในการทำงานของคอมพิวเตอร์ จึงทำการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว
  6. ทำให้เกิดทางแก้ปัญหาได้หลายทาง
  7. สามารถประยุกต์ใช้ฮิวริสติกที่มีประสิทธิภาพ เข้ากับตัวแบบซึ่งสามารถแก้ปัญหาด้านการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ได้

## ปัญหาในการใช้ฮิวริสติก

1. ไม่สามารถรับประกันได้ว่าทางแก้ปัญหานั้นได้จะเป็นทางแก้ปัญหที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุด
2. มีข้อยกเว้นมากเกินไป ในการสร้างเป็นกฎขึ้น
3. ผลลัพธ์ที่ได้จากทางเลือกในการตัดสินใจ อาจไม่เป็นไปตามที่คาดเอาไว้
4. การขึ้นระหว่างกันของส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบ บางครั้งสามารถมีอิทธิพลอย่างมากกับระบบทั้งระบบได้

นักวิจัยบอกว่าการใช้วิธีทั่ว ๆ ไปและการใช้ฮิวริสติกสามารถจะเกิดการผิดพลาดได้เพราะวิธีเหล่านั้นไม่มีข้อกำหนดตายตัว คือไม่มีข้อจำกัดว่าจะต้องเริ่มต้นที่จุดไหน ลำดับขั้นตอนการทำงานต้องเป็นอย่างไร หรือไม่จำกัดว่าจะต้องสร้างตัวเลือกในการตัดสินใจหรือไม่ ไม่เจาะจงด้านข้อจำกัดของการแก้ปัญหา ทางเลือกของเกณฑ์ที่ใช้ในการระบุขบวนการทำงาน ระดับของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการหาว่าผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจริงๆ ผลลัพธ์เป็นพฤติกรรมที่ไม่มีจุดมุ่งหมายแน่ชัดและไม่สามารถคาดเดาได้ ผลลัพธ์อาจดีในการนำไปใช้กับระบบงานหนึ่งแต่อาจไม่ดีในการนำไปใช้กับอีกระบบงานอื่นก็ได้

ประเภทของฮิวริสติกสามารถนำมาใช้ในโครงการนี้จำแนกออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

### 1. วิธีการเปรียบเทียบการประหยัด (Saving Algorithm)

วิลเวอร์ธ แก่นสาร (2556) กล่าวว่า เป็นรวมจุดรับส่งมากกว่า 1 จุดไว้ในเส้นทางเดียวกัน และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดที่สุด (Clarke และ Wright, 1964) มีขั้นตอนในการหาคำตอบไม่ซับซ้อนง่ายต่อการหาคำตอบ เป็นวิธีที่มีนิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางฮิวริสติก ในปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลาง มีขั้นตอนการหาคำตอบดังต่อไปนี้

**ขั้นตอนที่ 1** สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) โดยการกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีจุดเริ่มต้นเพียง 1 จุด ดังนั้นเราจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนลูกค้าทั้งหมด

**ขั้นตอนที่ 2** คำนวณค่าความประหยัดของระยะทางหรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งของถึงลูกค้าที่เกิดจากการรวมเส้นทาง กำหนดให้  $S_{ij}$  แทนค่าความประหยัดของระยะทางในการขนส่งผู้ประสภภัยระหว่างจุด  $i$  และจุด  $j$

$S_{ij}$  = ค่า Saving จากโหนด  $i$  ไปโหนด  $j$

$d_{0,i}$  = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไป โหนด  $i$

$d_{0,j}$  = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไป โหนด  $j$

$d_{i,j}$  = ระยะทางจาก โหนด  $i$  ไป โหนด  $j$

ค่าความประหยัดสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$S_{ij} = (d_{0,i} + d_{0,j}) - d_{i,j} \text{ เมื่อ } i, j = 0, 1, 2, \dots, n$$

หากต้องการพิจารณารวมเส้นทางที่จุดรับ 1 และ จุดรับ 2 เข้าด้วยกัน แล้วเราจะได้ค่าความประหยัดเท่ากับ  $S_{ij} = (d_{0,i} + d_{0,j}) - d_{i,j}$  แสดงว่าหากมีการรวมเส้นทางสองจุดรับนี้จะประหยัดได้จากเดิม

**ขั้นตอนที่ 3** เรียงลำดับค่าความประหยัด  $S_{ij}$  จากมากไปหาน้อย

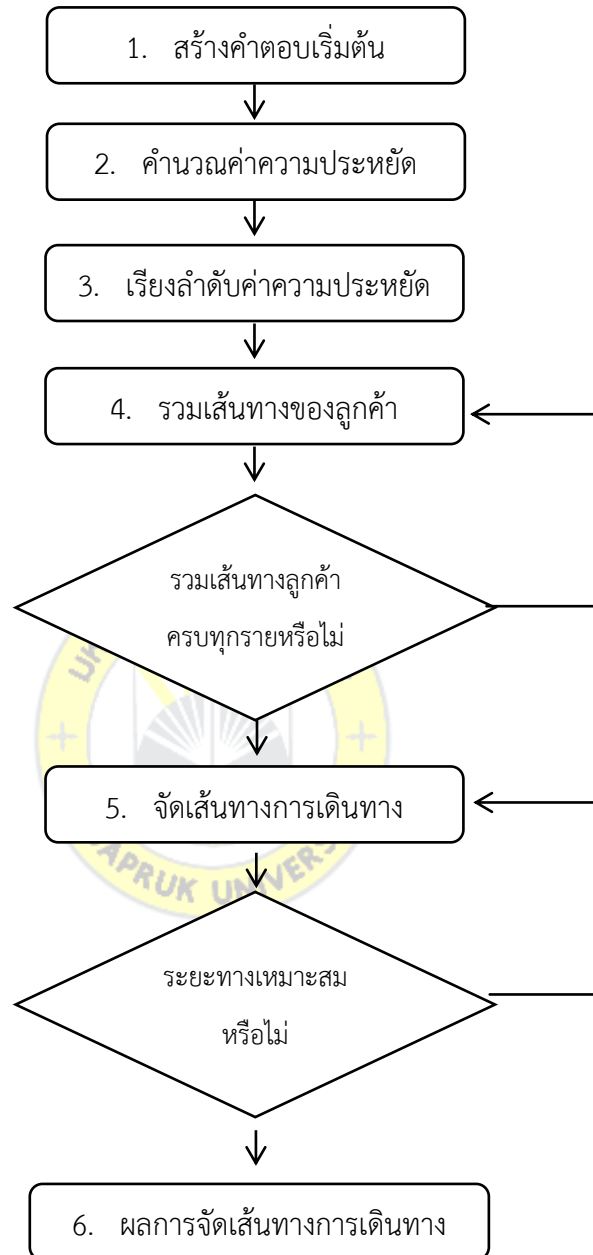
**ขั้นตอนที่ 4** รวมเส้นทางของลูกค้ำจากจุดรับ  $i$  และจุดรับ  $j$  ที่มีค่าความประหยัดสูงสุดให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

**ขั้นตอนที่ 5** ทำซ้ำจนกระทั่งจัดเส้นทางเดินรถได้ครอบคลุมลูกค้ำทั้งหมด โดยที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดในการเดินทางว่าจำนวนลูกค้ำและสินค้าจะต้องไม่เกินความจุของรถ และหรือต้องใช้เวลาในการเดินทางไม่เกินความสามารถที่รถบรรทุกได้

**ขั้นตอนที่ 6** รวมระยะการเดินทางเป็นระยะการเดินทางรวมของเส้นทางนั้น

**ขั้นตอนที่ 7** ถ้าระยะทางไม่เหมาะสมกันให้ทำการหาเส้นทางใหม่

สามารถเขียนวิธีการเป็นผังงานตามภาพได้ดังนี้





### 2.3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการลดต้นทุนการขนส่ง (Reducing Transportation Costs)

ปัจจุบันการขนส่งมีความสำคัญต่อธุรกิจเกือบทุกประเภททั้งในส่วนการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การขาย และการจัดจำหน่าย ในหลาย ๆ ธุรกิจ ต้นทุนการขนส่งนับเป็นต้นทุนที่สำคัญ และกระทบต่อต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์และบริการ ซึ่งโครงสร้างต้นทุนของผู้ประกอบการขนส่ง ประกอบด้วยต้นทุนดังต่อไปนี้

1. **ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)** เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการขนส่ง เช่น ค่าเช่าสถานที่จอดรถ เงินเดือนพนักงานขับรถ เป็นต้น

2. **ต้นทุนผันแปร (Variable cost)** เป็นต้นทุนหรือ ค่าใช้จ่ายที่มีการเปลี่ยนแปลง ตามปริมาณการให้บริการการขนส่ง เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น

3. **ต้นทุนรวม (Total cost)** เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่รวมเอาต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรเข้าไว้ด้วยกัน ถือเป็นต้นทุนการบริการขนส่งทั้งหมด ทั้งนี้รวมถึงต้นทุนเที่ยวกลับ (Backhauling cost) ด้วย

4. **ต้นทุนเที่ยวกลับ (back haul cost)** เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่รวมเอาไว้ลักษณะของค่าเสียโอกาส (opportunity cost) เข้าไปด้วย ถือเป็นค่าชดเชยที่ต้องทำให้เสียโอกาสขึ้น ในกรณีของการขนส่งหมายถึง การที่ต้องบรรทุกผู้โดยสาร สินค้าหรือบริการ ไปส่งยังจุดหมายปลายทางแล้วในเที่ยวกลับนั้น ไม่ได้บรรทุก อะไรกลับเลย

ต้นทุนของการขนส่งจะแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ทางเศรษฐศาสตร์ ที่นักวิชาการ Donald J.Bowersox ได้กล่าวถึงปัจจัยหลักที่มีผลต่อเศรษฐศาสตร์ การขนส่ง ได้แก่ ระยะทาง ปริมาณ ความหนาแน่น การจัดเก็บ การรับผิดชอบและการตลาด (มณีสรา บารมีชัย และ บุศรินทร์ ศรีสตรียานนท์, 2552)

#### กลยุทธ์การลดต้นทุนการขนส่ง

1. **กลยุทธ์การใช้พลังงานทางเลือก** โดยปรับเปลี่ยนพลังงานที่ใช้ในการขนส่งจากน้ำมันดีเซลหรือเบนซิน เป็นไบโอดีเซลหรือก๊าซ CNG ซึ่งการใช้ก๊าซ CNG จะประหยัดกว่าการใช้้ำมันประมาณ 60-70% แต่ในการตัดสินใจติดตั้งระบบ NGV ผู้ประกอบการควรมีการตัดสินใจที่ละเอียดถี่ถ้วน เนื่องจากการ

ติดตั้งระบบ NGV ใช้งบประมาณที่ค่อนข้างสูง ในการติดตั้งผู้ประกอบการควรพิจารณาตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ คือ พิจารณาประเภทของเครื่องยนต์ พิจารณาสถานีบริการ NGV และเส้นทางในการขนส่งสุดท้ายคือ การพิจารณาผลตอบแทนการลงทุน ซึ่งการพิจารณาถึงองค์ประกอบเหล่านี้ จะทำให้ผู้ประกอบการเห็นถึงความเป็นไปได้ของการติดตั้งในด้านผลตอบแทนการลงทุน รวมถึงการเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน

**2. กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งแบบใหม่** หรือการใช้วิธีการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal transportation) ซึ่งเป็นวิธีการขนส่งที่ผสมผสานระหว่างการขนส่งตั้งแต่ 2 รูปแบบขึ้นไป ภายใต้สัญญาหรือผู้รับผิดชอบการขนส่งรายเดียว ซึ่งโครงสร้างของระบบขนส่ง สามารถแบ่งตามลักษณะทางกายภาพได้ 5 แบบ คือ

2.1 การขนส่งทางถนน เป็นรูปแบบการขนส่งที่นิยมใช้มากที่สุด สำหรับการขนส่งภายในประเทศ

2.2 การขนส่งทางราง มีข้อจำกัดในด้านสถานที่ตั้ง และสถานีบริการ ต้นทุนการขนส่งต่ำ และสามารถบรรทุกสินค้า ได้ครั้งละมากๆ

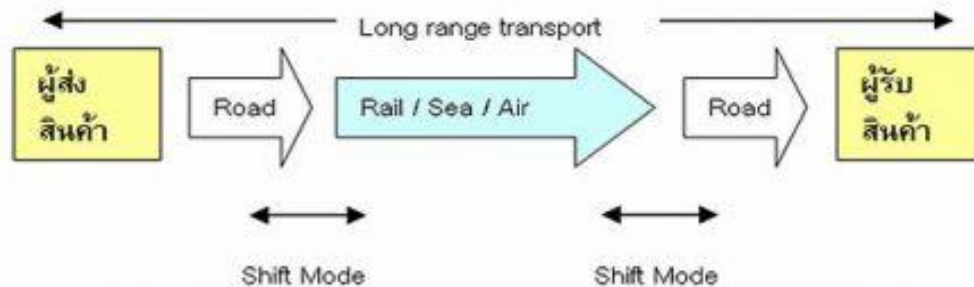
2.3 การขนส่งทางน้ำ สามารถขนส่งได้ครั้งละมากๆ มีต้นทุนในการขนส่งต่ำที่สุด และเป็นการขนส่งหลักของการขนส่งระหว่างประเทศ

2.4 การขนส่งทางอากาศ ใช้สำหรับการขนส่งระยะทางไกลๆ และต้องการความเร็วสูง มีต้นทุนการขนส่งสูงที่สุด และใช้กับสินค้าที่มีราคาแพง มีน้ำหนักและปริมาตรน้อย

2.5 การขนส่งทางท่อ ต้องมีการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่รับและส่งสินค้าที่แน่นอน

ปัจจุบันประเทศไทยใช้วิธีการขนส่งทางถนนมากกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณการขนส่งสินค้าโดยรวมของประเทศ เนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานระบบการขนส่งในประเทศ ได้เอื้ออำนวยให้สามารถขนส่งถึงที่หมายปลายทางได้ (Door-to-door) ในขณะที่การขนส่งทางรางยังคงมีข้อจำกัดอยู่ ดังนั้นจึงต้องมีการผสมผสานรูปแบบการขนส่งเพื่อให้สามารถทันกับการตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยคำนึงถึงต้นทุนการขนส่งให้ประหยัดที่สุด นอกจากนี้การขนส่งทางรางยังสามารถใช้ขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ได้จึงเหมาะกับการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ซึ่งการขนส่งสินค้า ระยะไกลจะใช้การขนส่งโดยรถไฟ และใช้การขนส่งโดยรถยนต์เพื่อส่งสินค้าระหว่างจุดต้นทางสินค้า กับสถานีต้นทางและระหว่างสถานีปลายทางกับจุดปลายทางสินค้า ส่วนระยะใกล้จะใช้การขนส่งทางถนน

นอกจากการปรับมาใช้การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบเพื่อประหยัดต้นทุนการขนส่ง เช่น ทางน้ำซึ่งประหยัดกว่าการขนส่งทางถนน 8-9 เท่า หรือทางรางซึ่งประหยัดกว่าการขนส่งทางถนนโดยประมาณ 3 เท่า การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบยังช่วยในการแก้ปัญหาเรื่องการจราจรติดขัดได้อีกด้วย



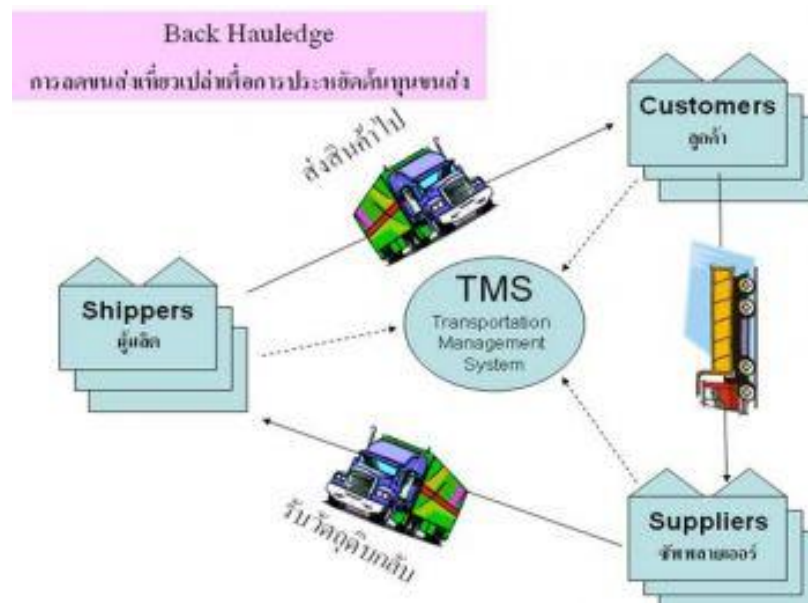
ภาพที่ 2.3 แสดงการขนส่งแบบหลายรูปแบบ

**3. กลยุทธ์ศูนย์กระจายสินค้า** การหาที่ตั้งศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า ตามจุดยุทธศาสตร์ต่าง ๆ ที่สามารถกระจายและส่งต่อไปยังจังหวัดใกล้เคียงหรือประเทศเพื่อนบ้าน มีการจัดระบบการขนถ่ายสินค้าการจัดพื้นที่การเก็บสินค้า ระบบการจัดส่งสินค้า (บาร์โค้ด / สายพานลำเลียง) ระบบบริหารคลังสินค้า มีการจัดประเภทสินค้า ที่จัดเก็บการบรรจุด้วยหน่วยมาตรฐาน (Stock Keeping Units: SKU) มีอุปกรณ์จัดวางสินค้า

การมีศูนย์กระจายสินค้า จะช่วยให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งได้เนื่องจากการขนส่งตรงถึงลูกค้า ในต่างจังหวัดโดยไม่มีศูนย์รวบรวมพัสดุสินค้า ตามต่างจังหวัด ที่เป็นศูนย์กลางการขนส่ง ทำให้ส่วนใหญ่ต้องขนส่งรถเที่ยวเปล่ากลับหรือส่งสินค้า ไม่เต็มคันรถ ซึ่งการแก้ปัญหาดังกล่าวทำได้ โดยการมีศูนย์กระจายสินค้า ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งมีโครงข่ายกระจายสินค้า ทำหน้าที่รวบรวมสินค้า ให้เต็มคันรถหรือจัดพาหนะให้เหมาะสมกับจำนวน และสอดคล้องกับสถานที่ส่งมอบสินค้า อีกทั้งยังมีเครือข่ายในการรวบรวมสินค้า หรือเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งไปสู่รูปแบบที่ประหยัดพลังงานอีกด้วย

**4. กลยุทธ์การขนส่งสินค้าทั้งเที่ยวไปและกลับ** การเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งด้วยการลดการวิ่งเที่ยวเปล่าหรือ Backhauling management เป็นการจัดการการขนส่งที่มีเป้าหมายให้ เกิดการใช้ประโยชน์จากขบวน (Load utilization) เพราะการขนส่งโดยทั่วไปเมื่อส่งสินค้า เสร็จ จะตีรถวิ่งเที่ยวเปล่ากลับมา ซึ่งทำให้เกิดต้นทุนของการประกอบการเพิ่มสูงขึ้นโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งต้นทุนที่เกิดขึ้นมานี้ นับเป็นต้นทุนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (Non-value added cost) และผู้ประกอบการต้องแบกรับภาระต้นทุนเหล่านี้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการทำให้ต้นทุนการประกอบการสูงขึ้นแต่อย่างไรก็ตาม การบริหารการขนส่งเที่ยวกลับ ในปัจจุบันยังไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากนักเนื่องจากไม่ทราบ

ปริมาณความต้องการในการขนส่งสินค้า รวมถึงจุดหมายปลายทางของสินค้า ที่สำคัญปริมาณความต้องการการขนส่งสินค้า ระหว่างต้นทางและปลายทางมักจะมีปริมาณไม่เท่ากัน



ภาพที่ 2.4 การบริหารแบบ TMS เพื่อลดปัญหาการวิ่งรถเที่ยวเปล่า

การบริหารการจัดส่งเที่ยวกลับจะประสบความสำเร็จหรือไม่ ขึ้นอยู่กับการบริหารด้านข้อมูลข่าวสาร (Information flow) ซึ่งกลุ่มผู้ประกอบการจะต้องมีการให้ความร่วมมือ การวางแผน การพยากรณ์ความต้องการ รวมถึงการเติมเต็มสินค้า (Collaborative planning forecasting and replenishment: CPFR)

5. กลยุทธ์การใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการลดต้นทุนโลจิสติกส์และการเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง คือ ระบบบริหารจัดการการขนส่งสินค้า (Transportation management system; TMS) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวางแผนการขนส่ง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจการขนส่ง ซึ่งก็คือ ความรวดเร็วและต้นทุนที่ประหยัดที่สุด องค์ประกอบของระบบ TMS คือ การบริหารจัดการด้านขนส่ง (Transportation manager) ซึ่งมีหน้าที่ในการวางแผนการดำเนินงานขนส่ง และอีกองค์ประกอบหนึ่ง คือ การเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง (Transportation optimizer) มีหน้าที่ช่วยการตัดสินใจในเรื่องการบรรทุกสินค้า และการจัดวางเส้นทางให้มีประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ

การทำงานของระบบ TMS จะครอบคลุมตั้งแต่การจัดการใบส่งสินค้า การเลือกเส้นทางที่ประหยัดที่สุด (Routing) การใช้รถอย่างมีประสิทธิภาพ (Utilization) การจัดตารางเดินรถ (Scheduling) การจัดสินค้า ขึ้นรถแต่ละคัน (Loading) ล้วนแล้วแต่เป็นงานที่ต้องใช้เวลาในการวางแผนค่อนข้างมาก หากต้องการให้ต้นทุนค่าขนส่งต่ำสุด ดังนั้นระบบวางแผนการจัดส่งสินค้า จึงเข้ามาช่วยทำให้ผู้วางแผนสามารถวางแผนการจัดส่งสินค้า ได้อย่างรวดเร็วโดยอาศัยข้อมูลจากระบบติดตามยานพาหนะอัตโนมัติ ด้วยระบบดาวเทียมบอกตำแหน่ง (Automatic vehicle location system; AVLS) และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

TMS จะประกอบด้วยฐานข้อมูลที่สำคัญ เช่น

1. เส้นทางการวิ่งรถบรรทุก เช่น แผนที่ GPS จุดจอดพักรถ ทางอันตราย การจราจร เป็นต้น
2. กองรถบรรทุก เช่น ขนาด ประเภท อัตราการใช้ เชื้อเพลิง ระยะทางวิ่งที่เหมาะสม สำหรับรถแต่ละคัน แต่ละประเภท เป็นต้น
3. พนักงานขับรถ เช่น ประเภทใบขับขี่เส้นทางที่ชำนาญ ช่วงเวลาที่ทำงานได้ อัตราค่าจ้าง เป็นต้น
4. ข้อจำกัดด้านกฎหมาย เช่น ระเบียบราชการสำหรับสินค้า /รถบางประเภท เส้นทาง บางเส้นทาง การขับรถให้ตรงประเภทใบขับขี่ เป็นต้น
5. จุดหลักและสถานที่แวะรับและส่งสินค้า เช่น โรงงานลูกค้า ศูนย์กระจายสินค้า ของลูกค้า ท่าเรือ ท่าอากาศยาน ด่านศุลกากรตามชายแดน เป็นต้น
6. ระบบการรับคำสั่งจากลูกค้า เช่น ประเภทสินค้า จำนวน ต้นทาง-ปลายทาง เวลาคำหมาย เป็นต้น

การเลือกใช้ระบบ TMS ต้องคำนึงถึงความสามารถในการลดค่าใช้จ่าย เวลาในการเดินทาง และความปลอดภัยเป็นหลัก ทั้งนี้ต้องพิจารณารวมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลไปยังระบบงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย เพื่อความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้และความสามารถในการใช้งานได้จริง ดังนั้นการเลือกใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ สำหรับงานโลจิสติกส์ (E-logistics) ปัจจัยที่บริษัทควรใช้ในการพิจารณาในการตัดสินใจลงทุนซอฟต์แวร์นั้นควรพิจารณาตามหัวข้อต่อไปนี้

1. สามารถป้องกันหรือลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ (Human error)
2. ทำในสิ่งที่มนุษย์ทำไม่ได้หรือทำได้แต่ใช้เวลานานมาก เช่น การประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ
3. ทำให้งานเร็วขึ้น สะดวกขึ้น และง่ายขึ้น
4. การเพิ่มมูลค่าและความได้เปรียบทางธุรกิจ จากการใช้ระบบ เพราะจะเพิ่มความถูกต้อง

ของข้อมูล และเพิ่มความรวดเร็วในการติดตามงาน

5. ความสามารถการแก้ไขซอฟต์แวร์ด้วยตนเอง
6. ความสามารถในการบำรุงรักษาซอฟต์แวร์
7. ต้นทุนในการเป็นเจ้าของ ของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ
8. ความเข้ากันได้ของซอฟต์แวร์กับระบบการทำงานขององค์กร

หากผู้ประกอบการสามารถนำระบบการบริหารการจัดการขนส่งที่มีประสิทธิภาพมาใช้ในกิจกรรมการขนส่งขององค์กร จะทำให้องค์กรของผู้ประกอบการสามารถบรรลุองค์ประกอบของการส่งมอบแบบ 5Rs Delivery ดังนี้

1. Right Place: ส่งมอบตรงสถานที่
2. Right Time: ตรงเวลาที่ลูกค้าต้องการ
3. Right Quantity: ตรงตามปริมาณที่ลูกค้าต้องการ
4. Right Quality: สินค้า ตรงตามคุณภาพที่ตกลง
5. Right Cost: การส่งสินค้า ตามราคาที่แข่งขัน

ถ้าองค์กรของคุณสามารถบรรลุการส่งมอบแบบ 5Rs Delivery จะทำให้เกิด JIT: Just in Time คือ “การส่งมอบแบบทันเวลา ถูกต้อง ถูกสถานที่ ตรงตามความต้องการภายใต้ต้นทุนที่แข่งขัน” เพื่อให้องค์กรมีการพัฒนาประสิทธิภาพการขนส่งอย่างต่อเนื่อง สิ่ง que ผู้บริหารต้องตรวจติดตามโดยตลอด คือ ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานในการจัดส่งสินค้า และบริการ โดยองค์กรควรมีการกำหนด ดัชนีวัดผลการปฏิบัติงาน (Key performance indicator: KPI) ซึ่ง KPI ที่นิยมใช้วัดประสิทธิภาพการปฏิบัติงานด้านการขนส่ง ได้แก่

1. On-Time Deliveries
2. Damage
3. Demurrage (Delay)
4. Assessorial (Evaluation)
5. Appointments
6. Freight Bill Accuracy

ในการกำหนด KPI สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเสมอคือ ควรจะวัดให้ครบทุกมิติของโลจิสติกส์ มิใช่วัดเฉพาะด้านต้นทุนเพียงอย่างเดียว ดังนั้นการกำหนด KPI ที่ดี ต้องครอบคลุมในเรื่องต่างๆ ดังนี้

Flexibility, Efficiency, Ability และ Responsiveness และที่สำคัญอย่างยิ่งที่ไม่ควรลืม คือ ความปลอดภัยในการขนส่ง

#### 2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับไว้ดังนี้

ชนิษฐา รัตนพงษ์พร และ จิราพร ระโหฐาน (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่องการจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการรับ-ส่งของรถยนต์: กรณีศึกษา หจก. สิ้นชัย ออโต้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเส้นทางให้ระยะทางโดยรวมต่ำสุด โดยการเปรียบเทียบระยะทางในการให้บริการรับ-ส่งของรถยนต์ และประเภทของรถยนต์ที่เหมาะสมในการให้บริการแก่ลูกค้า ผลการวิจัยเปรียบเทียบให้เห็นว่าวิธีวิฤติศาสตร์สามารถลดระยะทางได้ดีกว่าการใช้เส้นทางในการให้บริการรับ-ส่งของรถยนต์แบบเดิม โดยพบว่าในวันที่มีการให้บริการน้อยที่สุด ระยะทางลดลงร้อยละ 15.59 ส่วนในวันที่มีการให้บริการมากที่สุด ระยะทางลดลงร้อยละ 32.04 เป็นการเทียบกับการให้บริการในเส้นทางเดิม

นคร ไชยวงศ์ศักดิ์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการจัดเส้นทางขนส่งโดยใช้เซฟวิงอัลกอริทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม ซึ่งการศึกษานี้เสนอการจัดเส้นทางขนส่งน้ำดื่ม โดยการแบ่งพื้นที่ในการให้บริการแล้วนำลูกค้าในแต่ละพื้นที่มาจัดเส้นทางโดยวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม หลังจากนั้นนำเส้นทางที่ได้มาจัดลำดับในการขนส่งใหม่โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยให้ปัญหามีขนาดที่เล็กลง สามารถแก้ปัญหาโดยใช้ Solver ใน Microsoft Excel ได้ โดยตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายจะให้คำตอบที่ดีที่สุดคือระยะทางที่สั้นที่สุดในแต่ละเส้นทาง ซึ่งผลจากการศึกษาเส้นทางตัวอย่างจากโซนพื้นที่ที่ 1 จำนวน 6 เส้นทาง การจัดเส้นทางโดยตัวแบบปัญหาของพนักงานขายทำให้ระยะทางลดลงกว่าวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม 4.16 %

พรพรรณ โตโกชนพันธุ์ และเรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย (2558) ได้ศึกษาการจัดเส้นทางรถเพื่อลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงให้ต่ำสุด ภายใต้ข้อจำกัดในการบรรทุกสินค้า : กรณีศึกษาบริษัทจำหน่ายสินค้าประเภทอุปโภคบริโภค โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าประเภทอุปโภคบริโภคของบริษัท กรณีศึกษาแห่งหนึ่ง ในจังหวัดระยอง โดยเป็นศูนย์กระจายสินค้าที่ทำการกระจายสินค้าไปยังลูกค้าตามจุดต่างๆ จำนวน 77 จุด ภายใต้ข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการบรรทุกโดยพิจารณาเรื่องน้ำหนักและปริมาตรสินค้าให้มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่น้อยที่สุด และส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งลดลง โดยในอดีตพบว่า การจัดเส้นทางแบบเดิม มีการจัดเส้นทางรถที่ใช้ประสิทธิภาพของบุคลากรเป็นหลัก อาจจะมีประสิทธิภาพที่ยังไม่ดีพอ ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงได้เลือกการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถวิธีฮิวริสติกส์ โดยใช้วิธีมูลค่าประหยัด (Savings) ของ Clarke and Wright มาสร้างแบบการจัดเส้นทางรถเบื้องต้น และนำความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่บรรทุกกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถ (Fuel Consumption Rate) มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงเส้นทางช่วยในการจัดเส้นทางรถเพื่อลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน

การทดสอบผลลัพธ์ได้ใช้ข้อมูลจากอดีตในช่วงเดือน ตุลาคม 2556 - เดือน ธันวาคม 2556 (ข้อมูล 3 เดือน จำนวน 14 สัปดาห์) มาทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์การจัดเส้นทางรถแบบเดิมกับการใช้วิธีการแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นมา พบว่า ระยะทางที่ได้จากการจัดเส้นทางรถแบบใหม่ลดลงจากเดิม คือ 5,648.3 กิโลเมตรต่อเดือน เป็น 4,426.5 กิโลเมตรต่อเดือน คิดเป็น 21.63% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันแบบใหม่ลดลงจากเดิม คือ 372.8 ลิตรต่อเดือน เป็น 267.5 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 28.23% ค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งแบบใหม่ลดลงจากเดิม คือ 31,462.9 บาทต่อเดือน เป็น 27,757.7 บาทต่อเดือน คิดเป็น 11.78% และทำให้เวลาที่ใช้ในการขนส่งแบบใหม่ลดลงจากเดิมคือ 112.9 ชั่วโมงต่อเดือน เป็น 88.5 ชั่วโมงต่อเดือน คิดเป็น 21.63% ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางรถได้ดี และการจัดเส้นทางแบบใหม่นี้มีความเข้าใจง่าย ทำให้พนักงานในบริษัทกรณีศึกษาสามารถนำไปใช้ในการทำงานจริงได้

ภิญญา จันทรัตน์ และกาลเวลา มูลเกตุ (2557) ได้พัฒนาโปรแกรมการจัดการการขนส่งโดยประยุกต์วิธีการของ Saving Matrix กรณีศึกษา: แพ ต.โซครุงระวี โดยได้ค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับปัญหาของ



การขนส่งในกิจการธุรกิจประมงขายส่งอาหารทะเลสด กรณีศึกษา แพ ต.โชครุ่งระวี มีจุดประสงค์ที่จะศึกษาเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของการขนส่งของยานพาหนะที่ซับซ้อนและมีต้นทุนสูง เพื่อใช้ระยะทางขนส่งให้น้อยที่สุด ประหยัดที่สุด พร้อมทั้งหาแนวทางพัฒนาประสิทธิภาพของการขนส่ง โดยพัฒนาโปรแกรม Saving Matrix การวิจัยเริ่มจากการศึกษาการขนส่งแบบเดิมของกิจการ แพ ต.โชครุ่งระวี และยกตัวอย่างตารางการขนส่งในวันที่ 16 มีนาคม 2556 มาคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิง และคำนวณระยะทาง จากนั้นทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สนับสนุนระบบ Saving Matrix เพื่อนำมาใช้ดำเนินการขนส่ง จากนั้นนำระบบการขนส่งแบบเดิมและแบบใหม่ที่ได้จากการวิจัยมาเปรียบเทียบต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง และจำนวนระยะทาง ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบงานขนส่งแบบใหม่ที่มีการพัฒนาแล้วส่งผลให้ลดต้นทุนค่าน้ำมันได้ 6,761 บาทหรือ 36.08% และยังสามารถลดระยะทางการขนส่งได้ถึง 1,543 กิโลเมตรหรือ 43.15%

ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ และคณะ (2556) ได้ทำการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำดื่ม จังหวัดสมุทรสงคราม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวางแผนเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำดื่มเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเดินรถให้สั้นที่สุด และต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด โดยคำนึงถึงความจุของปริมาณการบรรทุกของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งและจำนวนเส้นทางของการขนส่ง ภายใต้เงื่อนไขความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายไม่เท่ากัน โดยวิธีปัญหาเส้นทางเดินรถของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem) จัดการปัญหาเส้นทางขนส่งน้ำดื่ม อำเภอบางคนทีและอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม จัดส่ง 15 ตำแหน่ง ลูกค้า 28 ราย ซึ่งมีเส้นทางขนส่งที่สามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการทดลองใช้วิธีการแก้ปัญหาหาวิธีฮิวริสติกส์แบบการหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุด (Nearest Neighbor Heuristics) วิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีการคำนวณเส้นทางด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (LINGO) ช่วยคำนวณหาเส้นทางแก้ปัญหาเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำดื่มและเปรียบเทียบพบว่า วิธีการคำนวณเส้นทางด้วยโปรแกรมเชิงเส้น LINGO ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดในการจัดเส้นทางขนส่งน้ำดื่มที่ระยะทางสั้นที่สุด คือ 40.70 กิโลเมตร และต้นทุนรวมในการขนส่งต่ำที่สุด 4,066.80 บาทต่อเดือน

วิภาวรรณ พันธุ์สังข์ (2554) ได้การพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ซึ่งการขนส่งทางถนนนับเป็นกิจกรรมที่สำคัญในการดำเนินธุรกิจในยุคปัจจุบัน เนื่องจากข้อจำกัดของระบบขนส่งอื่นที่ไม่สามารถขนส่งให้ถึงที่หมายปลายทางแบบจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทางได้ ทำให้การขนส่งทางถนนเกิดข้อได้เปรียบ ซึ่งการดำเนินการขนส่งทางถนนที่มีอยู่ในปัจจุบันพบว่ายังมีปัญหในเรื่องของการเดินรถเที่ยวเปล่าอยู่ สาเหตุหลักของปัญหานั้นเกิดจากการที่ผู้ประกอบการขนส่งสินค้าไม่สามารถหาสินค้าให้กับรถบรรทุกในเที่ยวกลับได้ ในการวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าขึ้นมาเพื่อเสนอการจัดแผนการเดินรถเที่ยวเปล่าที่เหมาะสมและลดปริมาณรถบรรทุกเที่ยวเปล่าของผู้ให้บริการขนส่งมากที่สุด ระบบดังกล่าวเป็นระบบที่คำนึงถึงต้นทุนในการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าเป็นหลักซึ่งระบบนี้สามารถระบุแผนการขนส่งด้วยเส้นทางที่มีค่าประสิทธิภาพในการใช้รถบรรทุกเที่ยวเปล่าที่สูงที่สุด โดยใช้แนวคิดการประสานความร่วมมือด้านการขนส่งสินค้าในการพัฒนา

ผลการทดลองการประเมินประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีในการจับคู่ระหว่างงานกับรถบรรทุกเที่ยวเปล่า พบว่าสามารถลดจำนวนงานว่างสูงสุดได้ 25% สามารถลดจำนวนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 24.53% สามารถลดต้นทุนรถบรรทุกเที่ยวเปล่าสูงสุดได้ 13.99% และสามารถลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดได้ 12.53% และการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบ พบว่า ความเห็นของผู้ใช้ในด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมากด้านความสามารถในการจดจำการใช้งานของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก ด้านประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับปานกลาง ด้านข้อผิดพลาดของระบบอยู่ในระดับปานกลาง ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก และการประเมินความคิดเห็นผู้ใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ ภาคการขนส่งที่มีการประสานความร่วมมือในการบริหารงานขนส่งสินค้าสามารถนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่าให้ได้มากที่สุด

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึม กรณีศึกษา เส้นทางการขนส่งขยะ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะ รูปแบบ ปัญหา และกระบวนการการวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึม และเพื่อให้การศึกษาค้นคว้าครอบคลุมและตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างและวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ดังนี้

#### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลเส้นทางการขนส่งขยะตำบลวัดชลอและตำบลบางกรวย ในเดือน กันยายน พ.ศ.2560 ข้อมูลที่ได้รับถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 ผู้ให้ข้อมูลสำคัญในการวิจัยครั้งนี้คือ คุณโชคชัย สุขสงวน เจ้าพนักงานสาธารณสุขชุมชนชำนาญงาน กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

#### 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์และเก็บรวบรวมข้อมูลจากกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย โดยศึกษาการดำเนินงานการเก็บขยะและรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก ลักษณะคำถามเป็นแบบปลายเปิด ข้อมูลสำคัญที่ได้รับประกอบด้วย นโยบาย กฎระเบียบบังคับ มาตรการด้านความปลอดภัย ประเภทและจำนวนของรถเก็บขยะ แผนการเก็บขยะในแต่ละวัน จุดจอดรถและจุดทิ้งขยะ ระยะทางและต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงของรถเก็บขยะแต่ละคัน พื้นที่ความรับผิดชอบคือเขตตำบลวัดชลอและตำบลบางกรวย กำหนดจุดเก็บขยะที่สำคัญจำนวน 25 จุด รถเก็บขยะแบบอัตโนมัติจำนวนทั้งสิ้น 11 คัน ค้นหาข้อมูลด้านระยะทางในแต่ละจุดโดยใช้โปรแกรม <http://www.kidlek.com/distance.php> ระยะทางที่คำนวณได้ผ่าน Google Map

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะโดยใช้วิธีเซฟวิง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

2.1 สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) โดยกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีจุดเริ่มต้นเพียง 1 จุด ดังนั้นจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนจุดเก็บขยะทั้งหมด

2.2 คำนวณค่าความประหยัดของระยะทางของแต่ละจุดที่เกิดจากการรวมเส้นทาง กำหนดให้  $S_{ij}$  แทนค่าความประหยัดของระยะทางในการขนส่งขยะระหว่างจุด  $i$  และจุด  $j$

$S_{ij}$  = ค่า Saving จากโหนด  $i$  ไปโหนด  $j$

$d_{0,i}$  = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไป โหนด  $i$

$d_{0,j}$  = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไป โหนด  $j$

$d_{i,j}$  = ระยะทางจาก โหนด  $i$  ไปโหนด  $j$

ค่าความประหยัดสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$S_{ij} = (d_{0,i} + d_{0,j}) - d_{i,j} \text{ เมื่อ } i, j = 0, 1, 2, \dots, n$$

หากต้องการพิจารณารวมเส้นทางที่จุดรับ 1 และ จุดรับ 2 เข้าด้วยกัน จะได้ค่าความประหยัดเท่ากับ

$$S_{ij} = (d_{0,i} + d_{0,j}) - d_{i,j} \text{ แสดงว่าหากมีการรวมเส้นทางสองจุดรับนี้จะประหยัดได้จากเดิม}$$

2.3 เรียงลำดับค่าความประหยัด  $S_{ij}$  จากมากไปหาน้อย

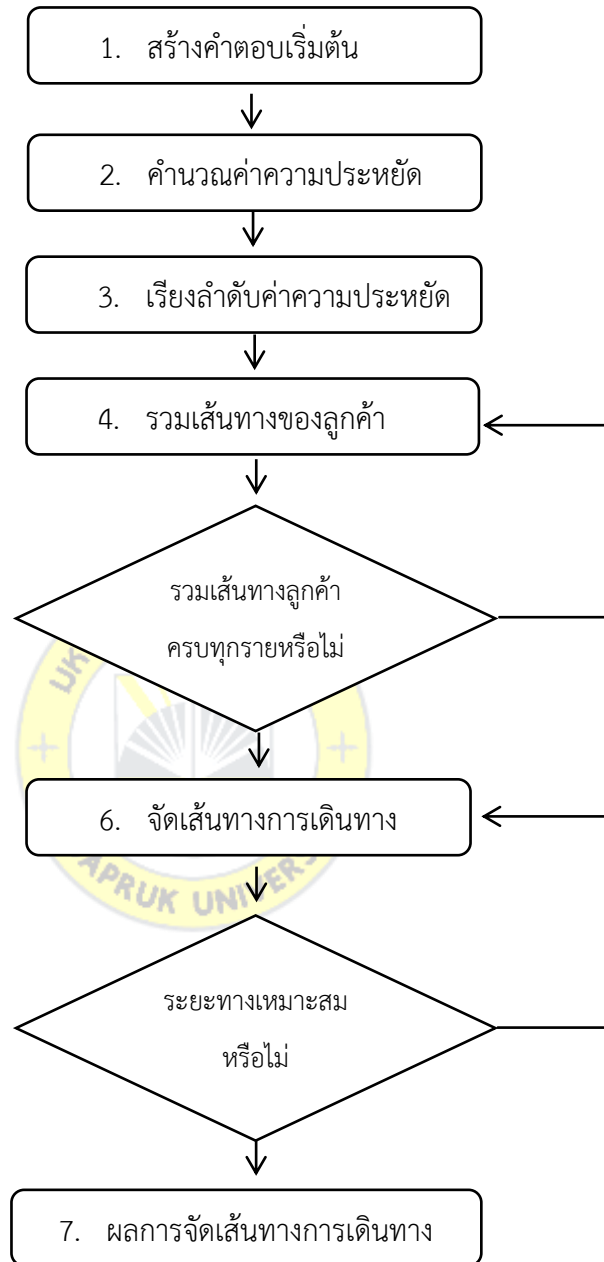
2.4 รวมเส้นทางของจุดรับขยะจากจุดรับ  $i$  และจุดรับ  $j$  ที่มีค่าความประหยัดสูงสุดให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

2.5 ทำซ้ำจนกระทั่งจัดเส้นทางเดินรถได้ครอบคลุมจุดรับขยะทั้งหมด โดยที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดในการเดินทางว่าจำนวนจุดรับขยะและปริมาณขยะจะต้องไม่เกินความจุของรถ และหรือต้องใช้เวลาในการเดินทางไม่เกินความสามารถที่รถบรรทุกได้

2.6 รวมระยะการเดินทางเป็นระยะการเดินทางรวมของเส้นทางนั้น

2.7 ถ้าระยะทางไม่เหมาะสมกันให้ทำการหาเส้นทางใหม่

สามารถเขียนวิธีการเป็นผังงานตามรูปที่ ได้ดังนี้



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึม กรณีศึกษา เส้นทางการขนส่งขยะ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์และเก็บรวบรวมข้อมูลจาก กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย โดยศึกษาการดำเนินงานการเก็บขยะและรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ลักษณะคำถามปลายเปิด ข้อมูลสำคัญที่ได้รับประกอบด้วย ประเภทและจำนวนของรถเก็บขยะ แผนการเก็บขยะในแต่ละวัน จุดจอดรถและจุดทิ้งขยะ จุดเก็บขยะที่สำคัญในเขตตำบลวัดชลอ และตำบลบางกรวย และหาข้อมูลด้านระยะทางในแต่ละจุดโดยใช้โปรแกรม <http://www.kidlek.com/distance.php> ระยะทางที่คำนวณได้ผ่าน Google Map โดยการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดจุดเก็บขยะที่สำคัญจำนวน 25 จุด และ รถเก็บขยะแบบอัดท้ายจำนวน 11 คัน และวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะเฉพาะวันจันทร์เท่านั้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1. ลักษณะและรูปแบบการขนส่งขยะของเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

ขยะมูลฝอย เป็นมลพิษที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม เป็นเรื่องเร่งด่วนที่ทุกคนต้องร่วมมือร่วมใจกันจัดการโดยการคัดแยกขยะและนำไปทำลายอย่างถูกหลักวิชาการและนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด โดยเริ่มจากระดับครัวเรือนขยายออกไปสู่ชุมชน และองค์กรต่าง ๆ อันจะส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยลดลง อีกทั้งยังเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้คุ้มค่าและเปิดประโยชน์มากที่สุด และเพื่อให้การสอดคล้องกับนโยบายของประเทศในการจัดทำแผนปฏิบัติการ “ประเทศไทยไร้ขยะ” โดยใช้หลัก 3RS มาใช้ในการบริการจัดการ คือ การใช้น้อย ใช้ซ้ำ และ การนำกลับมาใช้ใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดปริมาณการเกิดการเกิดขยะมูลฝอย กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี มีการสนับสนุนการลดและคัดแยกขยะมูลฝอยตั้งแต่ระดับครัวเรือน สภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองบางกรวยไม่มีปัญหาขยะมูลฝอยตกค้าง เกิดภูมิทัศน์สวยงาม น่าอยู่ น่าอาศัย โดยในปัจจุบัน กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย



ข้อมูลของรถแต่ละประเภท ประเภทของพาหนะที่ใช้ในการเก็บขยะและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของพาหนะแต่ละคัน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 4.1 ประเภท จำนวน และขนาดความจุของรถเก็บขยะ

ประเภทรถเก็บขยะ	ขนาดความจุ (ลูกบาศก์เมตร)	จำนวน (คัน)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม./ลิตร)	น้ำหนักในการบรรทุก(ตัน)
แบบอัดท้าย	12	10	3	15
แบบอัดท้าย	8	6	3	15
บรรทุกถังขยะ	2	2	3	9
<b>รวม</b>	<b>22</b>	<b>18</b>		<b>39</b>

ที่มา : กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลขยะมูลฝอยที่จัดเก็บได้และค่าใช้จ่าย

ปีงบประมาณ	ปริมาณขยะที่จัดเก็บได้ (ตัน)	ค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะมูลฝอย (บาท)	ปริมาณขยะที่จัดเก็บได้เฉลี่ย (ตัน/วัน)
2558	14,027.28	2,104,090.50	38.43
2559	12,892.81	1,903,057.10	35.32
2560 (ต.ค.-พ.ค.)	9,451.56	1,259,573.82	34.74

ที่มา : กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย

กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย มีระบบบริหารจัดการการจัดเก็บขยะมูลฝอยในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบ และขนส่งขยะจากภายในแต่ละหมู่บ้านไปยังสถานที่ฝังกลบขยะ และนำรถบรรทุกขยะกลับมาอยู่ที่จอดรอที่ ถนนสมชายพัฒนา ซอย 3 ในแต่ละวันจะมีการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะไปยังสถานที่ฝังกลบขยะ วันละ 1 รอบ คือ ตั้งแต่เวลา 4.00 น. ถึงเวลา 13.00 น. สำหรับเส้นทางการจัดเก็บขยะและขนส่งขนะนั้นรถบรรทุกขยะจะวิ่งตามเส้นทางเทศบาลเมืองบางกรวยได้จัดให้มีจุดพักขยะไว้ตามสถานที่หลัก ๆ ปัจจุบันมีรถเก็บขยะทั้งสิ้น 18 คัน ใช้ปฏิบัติงานเก็บขนขยะมูลฝอย วันจันทร์ – เสาร์ จำนวน 15 คัน และวันอาทิตย์ จำนวน 3 คัน สำหรับผลต่างของรถบรรทุกขยะจำนวน



3 คัน ใช้เป็นรถสำรองกรณีรถประจำเสียหรือส่งซ่อม ซึ่งการซ่อมบำรุงค่อนข้างใช้เวลานาน นอกจากนั้นในรถเก็บขยะขนาดใหญ่จะมีพนักงานเก็บขยะจำนวน 5 คน และ รถเก็บขยะขนาดเล็กจะมีพนักงานเก็บขยะจำนวน 4 คน ประจำรถ โดยการเก็บขยะตามหมู่บ้านจัดสรรจะดำเนินการเก็บขยะโดยเฉลี่ยอาทิตย์ละ 2-3 ครั้ง รถเก็บขยะทุกคันหลังจากดำเนินการเก็บขยะแล้วจะต้องไปทิ้งขยะที่ศูนย์กำจัดขยะ ตำบลคลองขวาง อำเภอไทรน้อย โดยพื้นที่ราว 400 ไร่ ซึ่งทุกเทศบาลจะเป็นผู้จัดเก็บขยะมาส่งในพื้นที่กำจัดขยะแบบฝังกลบ ดำเนินการโดย องค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี โดยมีปริมาณขยะจากทุกเทศบาลโดยเฉลี่ยวันละ 1,200 ตัน และรถเก็บขยะยังต้องเสียเวลาขับรถไปทิ้งขยะไปกลับกว่า 100 กิโลเมตร และต้องรอคิวในแต่ละคัน 2-3 ชั่วโมง

ปัญหาโดยส่วนใหญ่ คือ รถเก็บขยะไม่สามารถเก็บขยะได้ทุกวันตามแผนที่วางไว้เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องจำนวนรถเก็บขยะและพนักงานเก็บขยะไม่เพียงพอ เพราะในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบมีโครงการหมู่บ้านใหม่ ๆ เพิ่มมากขึ้น หรือในบางครั้งมีงานชุมชนหรือเทศกาล เช่น งานบุญ งานบวช งานแต่ง เป็นผลทำให้รถไม่สามารถเก็บขยะได้ตามตารางหรือแผนที่ได้วางไว้ รถเก็บขยะต้องเสียเวลาในการไปเก็บขยะในวันถัดไป นอกจากนั้นพนักงานเก็บขยะยังเสียเวลาในการคัดแยกขยะเอง ทำให้เสียเวลาและเก็บไม่ทันตามเวลาที่กำหนด พนักงานเก็บขยะไม่สามารถพยากรณ์จำนวน และชนิดของขยะในแต่ละวันได้ ซึ่งบางครั้งเก็บขยะไม่ครบทุกจุดเพราะเต็มความจุของรถเก็บขยะ หรือเก็บขยะไม่เต็มความจุของรถที่สามารถบรรทุกได้แต่ก็ต้องไปทิ้งขยะที่ศูนย์กำจัดขยะ ตำบลคลองขวาง อำเภอไทรน้อย ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและไม่คุ้มค่าในกรณีที่เก็บขยะไม่เต็มความจุของรถในแต่ละคัน





ภาพที่ 4.4 แผนผังสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ ตำบลคลองขวาง อำเภอนิคมพัฒนา

#### 4.2. เส้นทางรถขนส่งขยะในปัจจุบันของเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

การวางแผนเส้นทางรถขนส่งขยะของกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย ได้กำหนดจุดต้นทางหรือสถานที่จอดรถเก็บขยะทุกคัน คือ หมู่บ้านสมชายพัฒนา 3 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของรถเก็บขยะในแต่ละวัน รถเก็บขยะแต่ละคันจะมีตารางในการเก็บขยะที่ชัดเจน โดยถนนบางกรวย-ไทรน้อย รถทุกคันจะต้องเก็บขยะทุกวันตามจุดที่ระบุเพราะเป็นเส้นทางหลัก และเป็นนโยบายเพื่อไม่มีปัญหาขยะมูลฝอยตกค้าง เกิดภูมิทัศน์สวยงาม น่าอยู่ น่าอาศัย โดยรถทุกคันจะปฏิบัติงานระหว่างวันจันทร์ – เสาร์ กำหนดจุดจะเก็บขยะอาทิตย์ละ 2 ครั้ง และบางจุดจะเก็บขยะอาทิตย์ละ 1 ครั้งเท่านั้น รายละเอียดตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แผนการจัดเก็บขยะมูลฝอย เทศบาลเมืองบางกรวย

ทะเบียนรถ	พื้นที่รับผิดชอบ	วันที่เก็บขยะ					
		จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส
82-2574	1.ถนนบางกรวย-ไทรน้อย (หน้าวัดกระโจมทอง-แยก 4)						
	2.วัดสวนใหญ่ วัดโพธิ์บางโอ วัดสักใหญ่						
	3.หมู่บ้านปิ่นทอง						
	4.หมู่บ้านศิขรินทร์ หมู่บ้านเอื้องหลวง						
	5.หมู่บ้านคุ้มเกล้า (เฉพาะวันอังคาร)						
	6.หมู่บ้านชวนชื่น						
	7.ซอยผู้การอัครวิน (เฉพาะวันพฤหัสบดี)						
	8.โกลเด้นท์						
82-2575	1.ถนนเทิดพระเกียรติ (วัดสนาม-สถานีรถไฟบางบำหรุ)						
	2.หมู่บ้านธนากร 2 ทั้งหมู่บ้าน						
	3.หมู่บ้านธนากร 1 ทั้งหมู่บ้าน ,วัดพิบูล						
	4.วัดสนามใน						
82-4506	1.ถนนบางกรวย-ไทรน้อย (หน้าวัดเชิงกระบือ-ชุมชนโค้งมะขาม) ทั้ง 2 ฝั่ง						
	2.ซอย 7 บางกรวย-ไทรน้อย (สังข์ฉิม) หลังวัดเชิงกระบือ ร.ร.วัดเชิงกระบือ ร.ร.เตรียมทหาร วัดซอยกระบือ ซอยธนาเวศน์						
	3.ซอยร่วมใจพัฒนา ซอยทวีสุข ซอยสุนทรศิริ1-2						

ทะเบียนรถ	พื้นที่รับผิดชอบ	วันที่เก็บขยะ					
		จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส
82-5903	1.ถนนบางกรวย-ไทรน้อย (หน้า ม.รัตนวรรณ-วัดโพธิ์เผือก)						
	2.ท่าวาสุกรีคอนโดมิเนียม อ.ลพบุรี ม.รัตนวรรณ						
	3.วัดโพธิ์เผือก ม.เจริญสุข คอนโดมิเนียม 6 อาคาร						
	4.แสนสุขแมนชั่น ยิวส์ไฮวэй ร.ร.ศึกษาบัณฑิต ม.ครูเซนคาเบรียล						
	5.ซอยสันติสุข						
	6.หมู่บ้านศรีบัณฑิต 5						
82-5904	1.ถนนบางกรวย-ไทรน้อย (หน้าวัดเชิงกระบือ-ทำน้ำพระราม 7)						
	2.ซอยโรงเตี้ยม อาคารไพลิน ซอยกำนันอุทัย						
	3.ม.ศรีบัณฑิต1 ม.สินพัฒนา ซอยเพิ่มทองคำ ซอยศรีจาด โรงงานพัฒนา ช.มงคลสุข ช.สุขสวัสดิ์ (บางกรวย-ไทรน้อย 4)						
	4.อุโมงค์มรดก (เฉพาะวันเสาร์)						
	5.โรงไฟฟ้าพระนครเหนือ						
82-6753	1.ถนนบางกรวย-ไทรน้อย (แยก4 อ.สุดเขตเทศบาลตำบลบางสี ทอง) ม.นารารมย์ กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม						
	2.วัดชลอ วัดกล้วย ไปรษณีย์บางกรวย ซอยจุฬิพร ม.เกษราวิลด์ บางกรวยวิลเลจ1						
	3.ซอยบางกรวยวิลเลจ2 ซอยสมนี้กวางกบ ม.ชมเพลินการ์เด็นท์						
	4.หมู่บ้านเดอะพีโน						
82-6752	1.ถนนบางกรวย-ไทรน้อย (วัดโพธิ์เผือก-โค้ง ม.สมชาย)						
	2.วัดจันทร์ ชุมชนสมปรารถนา ซอยพรมประทาน ม.เทพ ประทาน โรงเรียนวัดจันทร์						
	3.ม.ศรีบัณฑิต3 ซอยบ้านผู้พันสุริยันต์ ซอยสมชายเล็ก รื่นรมย์ คอนโด ศรีบัณฑิตการช่าง ซอยผู้ใหญ่อุดม						
	4.นารัตน์แมนชั่น บ้านรองธง ซอยบ้านบางกรวย ซอยเจริญสุข						
	5.บ้านพักบริษัทไทจู่รุ่ง (ทางเข้า ม.เทพประทานขวามือ)						
	6.บริษัทอิตาเลียนการไฟฟ้า						
	7.โรงพิมพ์อเล็กซ์คิง						

ทะเบียนรถ	พื้นที่รับผิดชอบ	วันที่เก็บขยะ					
		จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส
82-6751	1.หลังตลาดการไฟฟ้าฝ่ายผลิตประตู3 นิรันดรคอนโด ม.อภีรักษ์						
	2.ซอยนิมิตรา1-2						
	3.ยันฮีคอนโด1-2						
	4.หมู่4 วัดลุ่ม						
	5.ชุมชนนครอินทร์						
82-9422	1.ถนนบางกรวย-ไทรน้อย (ม.สมชาย-โค้งมะขาม) ซอยโรงถ่าน						
	2.โรงไข่						
	3.ม.ศิรินทร์1-2 ม.ทิพยเนตร						
	4.ม.ลุ่มพัฒนา อู่จำแดง โรงเรียนวัดลุ่ม วัดลุ่มคงคาราม ซอยสามัคคี ซอยน้ำใจ ซอยสมปรารถนา3						
	5.ม.อภิรมย์ ม.สุขชาติ ซอยสมปรารถนากลาง-ซ้าย						
	6.ตลาดโรงเจ						
82-9423	1.หลังตลาดการไฟฟ้าฝ่ายผลิตประตู3 นิรันดรคอนโด ม.อภีรักษ์						
	2.ซอยสาเก ซอยป่าสอิ่ง ซอยมะไฟหวาน (5-7) ซอย1 ม.สมชาย						
	3.ซอยมารวย ซอยแสนสุข ซอยดอกดิน ซอยสุเมตตรา ซอยมะไฟหวาน (1-4)						
	4.หมู่บ้านภัสสร						
81-9717	1.ถนนบางกรวย-ไทรน้อย (วัดกระโจมทอง หมู่บ้านรัตนวรรณ)						
	2.หมู่บ้าน ส.ภาณุรังษี ซอย 1-7						
	3.หมู่บ้าน ส.ภาณุรังษี ซอย 8-19						
	4.โรงงานงนุช, ม.นนทรีพลัส ,ม.กัสโต ,ม.โกลเดนท์ทาวเวอร์						
82-0406	1.ริมทางรถไฟโคกคอลโล่ ชุมชนโรงทองหล่อ ซอยกฤษณา ม.สมชายพัฒนา ซอย 2-3						
	2.ชุมชนบ้านสวนศรีบัณฑิตย์						
	3.ม.สมชายซอยพัฒนา 4-8 ,ม.ทวีโรจน์						

ที่มา : กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย

#### 4.3 การวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm)

การหาระยะทางในการขนส่งขยะของกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองบางกรวย ในแต่ละสถานที่เพื่อสร้างเป็นเมตริกซ์ระยะทาง ผู้วิจัยได้ใช้เว็บไซต์

<http://www.kidlek.com/distance.php> ช่วยในการหาระยะทางตามจุดต่างๆ ที่สำคัญในการเก็บขยะ

### คำนวณระยะทางระหว่างสถานที่

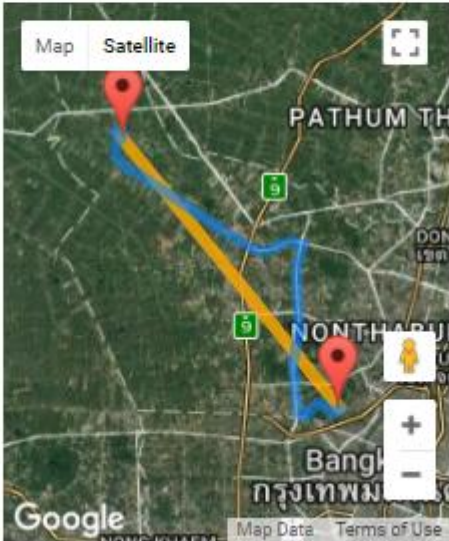
จุดเริ่มต้น

ปลายทาง

ระยะห่างแนวตรง : 28.550746474746088

ระยะทางห่าง : 40.2 km

ใช้เวลาประมาณ : 50 mins



ภาพที่ 4.5 โปรแกรมคำนวณระยะทางการขนส่งขยะ

ตารางที่ 4.4 ระยะทางระหว่างสถานที่เก็บขยะ (เฉพาะวันจันทร์) (Distance Matrix) หน่วย : กิโลเมตร

	จุดจอดรถ	วัดสวนใหญ่	วัดโพธิ์บางโอ	วัดสักใหญ่	หมู่บ้านปิ่นทอง	วัดสนาม	ม.นากกร	วัดเชิงกระบือ	ซอยวิสุข	ม.รัตนวรรณ	อาคารไพลิน	ม.นารามย์	วัดชโล	วัดกล้วย	วัดโพธิ์เผือก	ม.เคอะพิน	วัดจันทร์	ม.เทพประทาน	ม.ศิรินทร์	ม.ทิพนนตร	ตลาดการไฟฟ้า	ม.สมชาย	วัดกระโจมทอง	ม.ส.ภาณูรังษี	ม.สวนบัณฑิตย์	ชุมชนโรงหล่อพัฒนา	ศูนย์กำจัดขยะ
วัดสวนใหญ่	1.9																										
วัดโพธิ์บางโอ	4.8	2.3																									
วัดสักใหญ่	5.3	2.8	1.4																								
หมู่บ้านปิ่นทอง	7.6	5.4	6.8	8.6																							
วัดสนาม	5.2	1.9	2.6	3.1	6.4																						
ม.นากกร	4.4	3.2	3.9	4.4	6.4	1.8																					
วัดเชิงกระบือ	1.6	3.4	5.4	5.8	8.3	5.8	5.9																				
ซอยวิสุข	1.4	2.8	5.2	5.7	8.1	4.8	4.8	0.3																			
ม.รัตนวรรณ	1.8	1	3	3.5	5.9	2.6	3.5	2.4	2.2																		
อาคารไพลิน	2.7	4.7	7.7	7.7	9.6	5.1	5.2	1.1	1.1	4.3																	
ม.นารามย์	3.9	0.7	2.1	2.5	4.8	1.7	2.5	4.5	4.4	2.2	7.4																
วัดชโล	3.8	0.7	1.1	1.9	5	1.6	2.4	4.4	4.2	2	7.2	0.3															
วัดกล้วย	3.2	0.3	2.2	2.7	5.1	1.8	2.7	3.7	3.6	1.4	4.9	0.4	0.4														
วัดโพธิ์เผือก	1.5	1.7	3.7	4.1	6.6	3.3	4.1	1.8	1.7	0.7	3	2.8	2.6	2													
ม.เคอะพิน	4.1	1.8	3.2	3.7	3.6	2.8	3.7	4.7	4.5	2.3	8	1.2	1.4	1.5	3												
วัดจันทร์	1.1	2	4	4.4	6.9	3.6	4.5	1.4	1.2	1	2.5	3.1	2.9	2.3	0.5	3.3											
ม.เทพประทาน	1.5	1.4	4.5	5	7.5	4.1	5	1.6	1.4	1.6	2.8	3.7	3.5	2.9	1	3.9	0.6										
ม.ศิรินทร์1-2	1	0.9	4.8	2.2	7.7	1.3	1.3	3.9	0.4	1.8	1.7	3.9	3.8	3.2	1.3	4.1	0.8	1.2									
ม.ทิพนนตร	1.2	3	5	5.4	7.9	4.6	4.6	0.8	0.7	2	2	4.1	3.9	3.3	1.5	4.3	1	1.4	0.3								
ตลาดการไฟฟ้า	1.6	2.9	4.8	5.3	7.7	4.4	4.4	1.5	1.4	1.9	1.2	4	3.8	3.2	1.3	4.1	0.9	1	1	1.1							
ม.สมชาย	0.3	1.9	3.9	4.3	6.8	3.5	4.3	1.6	1.4	2	2.7	3	2.8	2.2	1	3.2	1.3	1.5	1	1.2	1.6						
วัดกระโจมทอง	2.9	0.5	2.5	3	6.3	2.1	2.9	3.5	3.3	1.1	4.6	1.6	1.5	0.9	1.8	2.8	2.1	2.7	2.9	3.1	3	2					
ม.ส.ภาณูรังษี	2	0.8	2.7	3.2	5.6	2.3	2.3	2.6	2.5	0.3	4	1.9	1.7	1.1	0.9	2.1	1.3	1.8	2.1	2.2	2.1	1.1	0.8				
ม.สวนบัณฑิตย์	2.5	1.9	3.9	4.3	6.7	3.4	3.5	3.1	3	0.8	5.1	3	2.8	2.2	1.4	3.2	1.7	2.3	2.6	2.7	2.6	1.1	2.0	1.1			
ชุมชนโรงหล่อพัฒนา	1.4	2.2	4.2	4.7	10.7	3.8	3.8	2.1	1.9	1.2	2.1	3.3	3.2	2.6	1.3	3.5	1.6	2.2	1.5	1.7	2.5	1	2.3	1.5	0.8		
ศูนย์กำจัดขยะ	46.1	39	38.8	38.3	34.9	42.2	41.8	49.9	44.6	39.4	45.2	38.2	38.4	40	40	37.1	40.3	40.9	46.2	46.5	40.2	40.2	40.4	39.1	40.2	45.5	



ตารางที่ 4.5 ค่าความประหยัด (Saving Matrix) หน่วย : กิโลเมตร

	เส้นทาง	วัดส่วนใหญ่	วัดโพธิ์บางโอ	วัดสักใหญ่	หมู่บ้านปิ่นทอง	วัดสนาม	ม.ธนากร	วัดเชิงกระบือ	ซอยวิเศษ	ม.รัตนวรรณ	อาคารไพลิน	ม.นารามย์	วัดชโล	วัดกล้วย	วัดโพธิ์เผือก	ม.เคอะพีน	วัดจันทร	ม.เทพประทาน	ม.ศิรินทร์	ม.ทิพนนตร	ตลาดการไฟฟ้า	ม.สมชาย	วัดกระโจมทอง	ม.ส.ภาณูรังษี	ม.สวนบัณฑิตย์	ชุมชนโรงหล่อพัฒนา	ศูนย์กำจัดขยะ
วัดส่วนใหญ่	1																										
วัดโพธิ์บางโอ	2	4.4																									
วัดสักใหญ่	3	4.4	8.7																								
หมู่บ้านปิ่นทอง	4	4.1	5.6	4.3																							
วัดสนาม	5	5.2	7.4	7.4	6.4																						
ม.ธนากร	6	3.1	5.3	5.3	5.6	7.8																					
วัดเชิงกระบือ	7	0.1	1	1.1	0.9	1	0.1																				
ซอยวิเศษ	8	0.5	1	1	0.9	1.8	1	2.7																			
ม.รัตนวรรณ	9	2.7	3.6	3.6	3.5	4.4	2.7	1	1																		
อาคารไพลิน	10	-0.1	-0.2	0.3	0.7	2.8	1.9	3.2	3	0.2																	
ม.นารามย์	11	5.1	6.6	6.7	6.7	7.4	5.8	1	0.9	3.5	-0.8																
วัดชโล	12	5	7.5	7.2	6.4	7.4	5.8	1	1	3.6	-0.7	7.4															
วัดกล้วย	13	4.8	5.8	5.8	5.7	6.6	4.9	1.1	1	3.6	1	6.7	6.6														
วัดโพธิ์เผือก	14	1.7	2.5	2.7	2.5	3.4	1.8	1.3	1.6	2.6	1.2	2.6	2.7	2													
ม.เคอะพีน	15	4.2	5.7	5.7	8.1	6.5	4.8	1	1	3.6	-1.2	6.8	6.5	5.8	2.6												
วัดจันทร	16	1	1.9	2	1.8	2.7	1	1.3	1.3	1.9	1.3	1.9	2	2	2.1	1.9											
ม.เทพประทาน	17	2	1.8	1.8	1.6	2.6	0.9	1.7	1.5	1.7	1.4	1.7	1.8	1.8	2	1.7	2										
ม.ศิรินทร์1-2	18	2	1	4.1	0.9	4.9	4.1	-1.3	2	1	2	1	1	1	1.2	1	1.3	1.3									
ม.ทิพนนตร	19	0.1	1	1.1	0.9	1.8	1	2	1.9	1	1.9	1	1.3	1.1	1.2	1	3.3	1.3	1.9								
ตลาดการไฟฟ้า	20	0.6	1.8	1.6	1.5	2.4	1.6	1.7	1.6	1.5	3.1	1.5	1.6	1.6	1.8	1.6	1.8	2.1	1.6	1.7							
ม.สมชาย	21	0.3	1.2	1.3	1.1	2	0.4	0.3	0.3	0.1	0.3	1.2	1.3	0.7	0.8	1.2	0	0.3	0.3	0.3	0.3						
วัดกระโจมทอง	22	4.3	5.2	5.2	4.2	6	4.4	1	1	2.5	1	5.2	5.2	5.2	2.6	4.2	1.9	1.7	1	1	1.5	1.2					
ม.ส.ภาณูรังษี	23	3.1	4.1	4.1	4	4.9	4.1	1	0.9	3.5	0.7	4	4.1	4.1	2.6	4	1.8	1.7	0.9	1	1.5	1.2	4.1				
ม.สวนบัณฑิตย์	24	2.5	3.4	3.5	3.4	4.3	3.4	1	0.9	3.5	0.1	3.4	3.5	3.5	2.6	3.4	1.9	1.7	0.9	1	1.5	1.7	3.4	3.4			
ชุมชนโรงหล่อพัฒนา	25	1.1	2	2	-1.7	2.8	2	0.9	0.9	2	2	2	2	2	1.6	2	0.9	0.7	0.9	0.9	0.5	0.7	2	1.9	3.1		
ศูนย์กำจัดขยะ	26	9	12.1	13.1	18.8	9.1	8.7	-2.2	2.9	8.5	3.6	4.8	11.5	9.3	7.6	13.1	6.9	6.7	0.9	0.8	7.5	6.2	8.6	9	8.4	2	

ตารางที่ 4.6 เส้นทางและระยะทางรวมในการเก็บขยะก่อนใช้วิธีเซฟวิ้งอัลกอริทึม

เส้นทาง	ทะเบียนรถ	เส้นทางการเดินรถในปัจจุบัน	ระยะทางทั้งหมด (กิโลเมตร)
1	82-2574	สถานที่จอดรถ - วัดสวนใหญ่ - วัดโพธิ์บาง โอ - วัดสักใหญ่ - หมู่บ้านปิ่นทอง - ศูนย์ กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.9 + 2.3 + 1.4 + 8.6 + 34.9$ $+ 46.1 = 95.2$
2	82-2575	สถานที่จอดรถ - วัดสนาม - ม.ชนาคร - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$5.2 + 1.8 + 42.2 + 46.1 =$ $95.3$
3	82-0406	สถานที่จอดรถ - วัดเชิงกระบือ - ซอยทวี สุข - ซอยร่วมใจพัฒนา - ซอยสุนทรศิริ ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.6 + 0.3 + 0.5 + 0.5 + 44.6$ $+ 46.1 = 93.6$
4	82-5903	สถานที่จอดรถ - ม.รัตนวรรณ - วัดโพธิ์ เผือก - ทาวเฮ้าคอนโดสมชาย - ศูนย์ กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.8 + 0.3 + 1.5 + 44.6 +$ $46.1 = 94.3$
5	82-5904	สถานที่จอดรถ - ซอยโรงเตี๊ยม - อาคาร ไพลิน - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่ จอดรถ	$2.7 + 0.5 + 45.7 + 46.1 =$ $95$
6	82-6753	สถานที่จอดรถ - ม.นารารมย์ - วัดชลอ - วัดกล้วย - ม.เดอะพีโน - ศูนย์กำกับขยะ ไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$3.9 + 0.3 + 0.4 + 1.5 + 37.1$ $+ 46.1 = 89.3$
7	82-6752	สถานที่จอดรถ - วัดโพธิ์เผือก - วัดจันทร์ - ม.เทพประทาน - ชุมชนสมปรารถนา - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.5 + 0.5 + 0.6 + 0.5 + 40.9$ $+ 46.1 = 90.1$
8	82-9422	สถานที่จอดรถ - โรงไข่ - ม.ศิขรินทร์ - ม. ทิพยเนตร - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.2 + 0.3 + 0.5 + 46.5 +$ $46.1 = 94.6$

เส้นทาง	ทะเบียนรถ	เส้นทางการเดินทางในปัจจุบัน	ระยะทางทั้งหมด (กิโลเมตร)
9	82-9423	สถานที่จอดรถ - ตลาดการไฟฟ้า - ม. สมชาย - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.6 + 1.6 + 40.2 + 46.1 =$ 89.5
10	81-9717	สถานที่จอดรถ - วัดกระโจมทอง - ม. ภาณุรังษี - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$2.9 + 0.8 + 40.4 + 46.1 =$ 90.2
11	82-0406	สถานที่จอดรถ - ชุมชนโรงหล่อพัฒนา - ม.สวนศรีบัณฑิต - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.4 + 0.8 + 40.2 + 46.1 =$ 89.5
ระยะทางรวม (เฉพาะวันจันทร์)			1,016.6

เส้นทางรถขนส่งขยะของเทศบาลเมืองบางกรวย (เฉพาะวันจันทร์) ที่คำนวณได้มีทั้งสิ้น 11  
เส้นทาง และมีระยะทางรวมทั้งสิ้น 1,016.6 กิโลเมตร

ตารางที่ 4.7 สร้างตัวแบบและวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) โดยเรียงลำดับค่าความประหยัดจากมากไปหาน้อย

คู่ลูกค้า	ระยะทางที่ประหยัด (กิโลเมตร)	อันดับการประหยัด
วัดโพธิ์บางโอ , วัดสักใหญ่	8.7	1
หมู่บ้านปิ่นทอง , หมู่บ้านเดอะพีโน	8.1	2
หมู่บ้านธนากร , วัดสนาม	7.8	3
วัดโพธิ์บางโอ , วัดชลอ	7.5	4
1. วัดสักใหญ่ , วัดสนาม 2. วัดโพธิ์บางโอ , วัดสนาม 3. หมู่บ้านนารามย์ , วัดสนาม 4. หมู่บ้านนารามย์ , วัดชลอ 5. วัดชลอ , วัดสนาม	7.4	5
วัดสักใหญ่ , วัดกล้วย	7.2	6
หมู่บ้านนารามย์ , หมู่บ้านเดอะพีโน	6.8	7
1. หมู่บ้านปิ่นทอง , หมู่บ้านนารามย์ 2. วัดสักใหญ่ , หมู่บ้านนารามย์	6.7	8
1. วัดกล้วย , วัดชลอ 2. วัดกล้วย , วัดสนาม 3. วัดโพธิ์บางโอ , หมู่บ้านนารามย์	6.6	9
1. วัดสนาม , หมู่บ้านเดอะพีโน 2. วัดชลอ , หมู่บ้านเดอะพีโน	6.5	10

คู่ลูกค้า	ระยะทางที่ประหยัด (กิโลเมตร)	อันดับการประหยัด
1. หมู่บ้านปิ่นทอง , วัดชลอ 2. หมู่บ้านปิ่นทอง , วัดสนาม	6.4	11
1. วัดโพธิ์บางโอ , วัดกล้วย 2. วัดสักใหญ่ , วัดกล้วย 3. หมู่บ้านธนากร , หมู่บ้านนารามย์ 4. หมู่บ้านธนากร , วัดชลอ 5. วัดกล้วย , หมู่บ้านเดอะพีโน	5.8	12
1. วัดสักใหญ่ , หมู่บ้านเดอะพีโน 2. วัดกล้วย , หมู่บ้านปิ่นทอง	5.7	13
1. หมู่บ้านธนากร , หมู่บ้านปิ่นทอง 2. วัดโพธิ์บางโอ , หมู่บ้านปิ่นทอง	5.6	14
1. หมู่บ้านธนากร , วัดโพธิ์บางโอ 2. หมู่บ้านธนากร , วัดสักใหญ่	5.3	15
1. วัดสวนใหญ่ , วัดสนาม 2. วัดโพธิ์บางโอ , วัดกระโจมทอง 3. วัดสักใหญ่ , วัดกระโจมทอง 4. หมู่บ้านนารามย์ , วัดกระโจมทอง	5.2	16
หมู่บ้านนารามย์ , วัดสวนใหญ่	5.1	17
1. วัดสนาม , หมู่บ้านศิขรินทร์1-2 2. หมู่บ้านธนากร , วัดกล้วย 3. วัดสนาม , หมู่บ้าน ส.ภาณุรังษี	4.9	18
วัดสวนใหญ่ , วัดกล้วย	4.8	19

คู่ลูกค้ำ	ระยะทางที่ประหยัด (กิโลเมตร)	อันดับการประหยัด
1. วัดโพธิ์บางโอ , วัดสวนใหญ่ 2. วัดสักใหญ่ , วัดสวนใหญ่ 3. หมู่บ้านธนากร , วัดกระโจมทอง	4.4	20
1. หมู่บ้านปิ่นทอง , วัดสักใหญ่ 2. วัดสนาม , หมู่บ้านสวนบัวทิพย์ 3. วัดสวนใหญ่ , วัดกระโจมทอง	4.3	21
หมู่บ้านปิ่นทอง , วัดกระโจมทอง	4.2	22
1. วัดสักใหญ่ , หมู่บ้านศิขรินทร์1-2 2. หมู่บ้านธนากร , หมู่บ้านศิขรินทร์1-2 3. วัดสวนใหญ่ , หมู่บ้านปิ่นทอง 4. วัดโพธิ์บางโอ , หมู่บ้าน ส.ภานุรังษี 5. วัดสักใหญ่ , หมู่บ้าน ส.ภานุรังษี 6. หมู่บ้านธนากร , หมู่บ้าน ส.ภานุรังษี 7. วัดชลอ , หมู่บ้าน ส.ภานุรังษี 8. วัดกล้วย , หมู่บ้าน ส.ภานุรังษี 9. วัดกระโจมทอง , หมู่บ้าน ส.ภานุรังษี	4.1	23
หมู่บ้านปิ่นทอง , หมู่บ้าน ส.ภานุรังษี	4	24
1. วัดโพธิ์บางโอ , หมู่บ้านรัตนวรรณ 2. วัดสักใหญ่ , หมู่บ้านรัตนวรรณ 3. วัดชลอ , หมู่บ้านรัตนวรรณ 4. วัดกล้วย , หมู่บ้านรัตนวรรณ	3.6	25

คู่ลูกค้ำ	ระยะทางที่ประหยัด (กิโลเมตร)	อันดับการประหยัด
1. วัดสักใหญ่ , ม.สวนศรีบ้นจิต 2. หมู่บ้านปิ่นทอง , หมู่บ้านรัตนวรรณ 3. หมู่บ้านนารารมย์ , หมู่บ้านรัตนวรรณ 4. หมู่บ้าน ส.ภานุรังษี , หมู่บ้านรัตนวรรณ 5. ม.สวนศรีบ้นจิต, หมู่บ้านรัตนวรรณ 6. ม.สวนศรีบ้นจิต, วัดชลอ 7. ม.สวนศรีบ้นจิต , วัดกล้วย	3.5	26
1. วัดโพธิ์บางโอ , ม.สวนศรีบ้นจิต 2. หมู่บ้านปิ่นทอง , ม.สวนศรีบ้นจิต 3. หมู่บ้านธนาคาร , ม.สวนศรีบ้นจิต 4. วัดสนาม , วัดโพธิ์เผือก 5. หมู่บ้านนารารมย์ , ม.สวนศรีบ้นจิต 6. หมู่บ้านเดอะพีโน , ม.สวนศรีบ้นจิต 7. วัดกระโจมทอง , ม.สวนศรีบ้นจิต 8. หมู่บ้าน ส.ภานุรังษี , ม.สวนศรีบ้นจิต	3.4	27
หมู่บ้านทิพยเนตร , วัดจันทร์	3.3	28
วัดเชิงกระบือ , อาคารไพลิน	3.2	29
1. วัดสวนใหญ่ , หมู่บ้านธนาคาร 2. วัดสวนใหญ่ , หมู่บ้าน ส.ภานุรังษี 3. ตลาดการไฟฟ้า , อาคารไพลิน	3.1	30

ตารางที่ 4.8 เส้นทางและระยะทางรวมในการเก็บขยะ โดยใช้วิธีเซฟวิง อัลกอริทึม (Saving Algorithm)

เส้นทาง	ทะเบียนรถ	เส้นทางการเดินรถในปัจจุบัน	ระยะทางทั้งหมด (กิโลเมตร)
1	82-2574	สถานที่จอดรถ - วัดสวนใหญ่ - วัดชลอ วัดโพธิ์บางโอ - วัดสักใหญ่ - ศูนย์กำจัด ขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.9 + 0.7 + 1.1 + 1.4 + 38.3$ $+ 46.1 = 89.5$
2	82-2575	สถานที่จอดรถ - หมู่บ้านธนากร - วัด สนาม - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่ จอดรถ	$4.4 + 1.8 + 41.8 + 46.1 =$ $94.1$
3	82-0406	สถานที่จอดรถ ซอยร่วมใจพัฒนา - ซอย ทวีสุข - ซอยสุนทรศิริ - ศูนย์กำจัดขยะ ไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.4 + 0.5 + 0.5 + 44.6 +$ $46.1 = 93.1$
4	82-5903	สถานที่จอดรถ - ชุมชนสมปรารถนา - ซอย พรมประทาน - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$0.4 + 0.5 + 0.4 + 45.5 +$ $46.1 = 92.9$
5	82-5904	สถานที่จอดรถ - วัดเชิงกระบือ - อาคาร ไพลิน - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่ จอดรถ	$1.6 + 1.1 + 45.2 + 46.1 =$ $94$
6	82-6753	สถานที่จอดรถ - วัดกล้วย - ม.นารารมย์ - ม.เดอะพีโน - หมู่บ้านปิ่นทอง - ศูนย์กำจัด ขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$3.2 + 0.4 + 1.2 + 3.6 + 34.9$ $+ 46.1 = 89.4$
7	82-6752	สถานที่จอดรถ - วัดจันทร์ - ม.ทิพยเนตร - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.1 + 1 + 40.3 + 46.1 =$ $88.5$
8	82-9422	สถานที่จอดรถ - ม.ศิขรินทร์1-2 - โรงไข่ - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1 + 46.2 + 46.1 = 93.3$



เส้นทาง	ทะเบียนรถ	เส้นทางการเดินรถในปัจจุบัน	ระยะทางทั้งหมด (กิโลเมตร)
9	82-9423	สถานที่จอดรถ - ตลาดการไฟฟ้า - ม.สมชาย - ศูนย์กักกักขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.6 + 1.6 + 40.2 + 46.1 = 89.5$
10	81-9717	สถานที่จอดรถ - วัดโพธิ์เผือก - วัดกระโจมทอง - ม.ภาณุรังษี - ศูนย์กักกักขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.5 + 1.8 + 0.8 + 39.1 + 46.1 = 89.3$
11	82-0406	สถานที่จอดรถ - ชุมชนโรงหล่อพัฒนา - ม.สวนศรีบัณฑิต - หมู่บ้านรัตนวรรณ - ศูนย์กักกักขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	$1.4 + 0.8 + 0.8 + 39.4 + 46.1 = 88.5$
ระยะทางรวม (เฉพาะวันจันทร์)			1,002.1

เส้นทางการขนส่งขยะของที่คำนวณได้จากวิธีเซฟวิง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) มีทั้งสิ้น 11 เส้นทาง คิดเป็นระยะทางรวม 1,002.1 กิโลเมตร

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางการเก็บขยะแบบเดิม และวิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm)

เส้นทาง	ทะเบียนรถ	เส้นทางการเดินรถในปัจจุบัน	ระยะทาง(กม.)	เส้นทางการเดินรถปรับปรุง	ระยะทาง(กม.)
1	82-2574	สถานที่จอดรถ - วัดสวนใหญ่ - วัดโพธิ์บางโอ - วัดสักใหญ่ - หมู่บ้านปิ่นทอง - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	95.20	สถานที่จอดรถ - วัดสวนใหญ่ - วัดชลอ - วัดโพธิ์บางโอ - วัดสักใหญ่ - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	89.50
2	82-2575	สถานที่จอดรถ - วัดสนาม - ม.ธนากร - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	95.30	สถานที่จอดรถ - หมู่บ้านธนากร - วัดสนาม - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	94.10
3	82-0406	สถานที่จอดรถ - วัดเชิงกระบือ - ซอยทวีสุข - ซอยร่วมใจพัฒนา - ซอยสุนทรศิริ ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	93.60	สถานที่จอดรถ ซอยร่วมใจพัฒนา - ซอยทวีสุข - ซอยสุนทรศิริ - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	93.10
4	82-5903	สถานที่จอดรถ - ม.รัตนวรรณ - วัดโพธิ์เผือก - ทาวเฮ้าคองโดสมชาย - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	94.30	สถานที่จอดรถ - ชุมชนสมปราถนา - ซอยพรมประทาน - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	92.90
5	82-5904	สถานที่จอดรถ - ซอยโรงเตี๊ยม - อาคารไพลิน - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	95.00	สถานที่จอดรถ - วัดเชิงกระบือ - อาคารไพลิน - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	94.00
6	82-6753	สถานที่จอดรถ - ม.นารารมย์ - วัดชลอ - วัดกล้วย - ม.เดอะพีโน - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	89.30	สถานที่จอดรถ - วัดกล้วย - ม.นารารมย์ - ม.เดอะพีโน - หมู่บ้านปิ่นทอง - ศูนย์กำจัดขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	89.40

เส้นทาง	ทะเบียนรถ	เส้นทางการเดินทางในปัจจุบัน	ระยะทาง(กม.)	เส้นทางการเดินทางปรับปรุง	ระยะทาง(กม.)
7	82-6752	สถานที่จอดรถ - วัดโพธิ์เผือก - วัดจันทร์ - ม.เทพประทาน - ชุมชนสมปрана - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	90.10	สถานที่จอดรถ - วัดจันทร์ - ม.ทิพยเนตร - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	88.50
8	82-9422	สถานที่จอดรถ - โรงไข่ - ม.ศิขรินทร์ - ม.ทิพยเนตร - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	94.60	สถานที่จอดรถ - ม.ศิขรินทร์1-2 - โรงไข่ - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	93.30
9	82-9423	สถานที่จอดรถ - ตลาดการไฟฟ้า - ม.สมชาย - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	89.50	สถานที่จอดรถ - ตลาดการไฟฟ้า - ม.สมชาย - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	89.50
10	81-9717	สถานที่จอดรถ - วัดกระโจมทอง - ม.ภาณุรังษี - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	90.20	สถานที่จอดรถ - วัดโพธิ์เผือก - วัดกระโจมทอง - ม.ภาณุรังษี - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	89.30
11	82-0406	สถานที่จอดรถ - ชุมชนโรงหล่อพัฒนา - ม.สวนศรีบัณฑิต - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	89.50	สถานที่จอดรถ - ชุมชนโรงหล่อพัฒนา - ม.สวนศรีบัณฑิต - หมู่บ้านรัตนวรรณ - ศูนย์กำกับขยะไทรน้อย - สถานที่จอดรถ	88.50
<b>ระยะทางรวม (เฉพาะวันจันทร์)</b>			<b>1,016.60</b>		<b>1,002.10</b>

จากตารางที่ 4.9 เส้นทางเก็บขยะของเทศบาลเมืองบางกรวยเส้นทางเดิมมีระยะทางรวมทั้งสิ้น 1,016.60 กิโลเมตร เมื่อปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) แล้ว มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 1,002.1 กิโลเมตร โดยมีระยะทางลดลง 14.5 กิโลเมตร หรือลดลงร้อยละ 1.43

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

รายละเอียด	จำนวน (คัน)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน เชื้อเพลิง (กม./ลิตร)	ระยะทางรวม (กม.)	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (28 บาท/ลิตร)
เส้นทางเดิม	11	3	1,016.60	9,488.36
ใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม	11	3	1,002.10	9,352.84
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้			14.50	135.52

จากตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของเส้นทางเดิมกับวิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแต่ละคัน 3 กิโลเมตร/ลิตร และสมมุติราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 28 บาท ดังนั้นในเส้นทางเดิมจะมีอัตราการใช้น้ำมันทั้งสิ้น 338.87 ลิตร คิดเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 9,488.36 บาท และเมื่อปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) แล้ว จะมีอัตราการใช้น้ำมันทั้งสิ้น 334.03 ลิตร คิดเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 9,352.84 บาท หรือสามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในวันจันทร์ได้ 135.52 บาท



## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การวางแผนเส้นทางรถขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึม กรณีศึกษา เส้นทางรถขนส่งขยะ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะ รูปแบบ การวางแผนและปัญหาการขนส่งขยะ โดยมีเป้าหมายหลักคือทำให้ต้นทุนการขนส่งขยะลดลง ผู้วิจัยขอสรุปผลและข้อเสนอแนะจากการศึกษาได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

แนวทางการปฏิบัติงานด้านการบริหารจัดการขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ใช้หลัก 3RS มาใช้ในการบริการจัดการ คือ การใช้น้อย ใช้ซ้ำ และ การนำกลับมาใช้ใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย มีพื้นที่ความรับผิดชอบ 8.4 ตารางกิโลเมตร จำนวนประชากร 42,390 คน จำนวนครัวเรือน 15,885 หลังคาเรือน รับผิดชอบการเก็บขยะตำบลวัดชลอ และตำบลบางกรวย โดยมีจุดจอดรถเก็บขยะที่ ถนนสมชายพัฒนา ซอย 3 มีรถเก็บขยะทั้งสิ้น 18 คัน ใช้ปฏิบัติงานเก็บขนขยะมูลฝอย วันจันทร์ – เสาร์ จำนวน 15 คัน และวันอาทิตย์ จำนวน 3 คัน สำหรับผลต่างของรถบรรทุกขยะจำนวน 3 คัน ใช้เป็นรถสำรองกรณีรถประจำเสียหรือส่งซ่อม ซึ่งการซ่อมบำรุงค่อนข้างใช้เวลาที่ยาวนาน รถเก็บขยะ 1 คันจะมีพนักงานเก็บขยะประมาณ 4-5 คน เพื่อยกและคัดแยกขยะ มีจุดเก็บขยะของรถแต่ละคันในแต่ละวันที่ชัดเจน และทำการเก็บขยะตามจุดต่างๆ โดยเฉลี่ยอาทิตย์ละ 2-3 ครั้ง ตั้งแต่เวลา 4.00 น. ถึงเวลา 13.00 น. ซึ่งบางครั้งไม่สามารถเก็บขยะได้ตามแผนที่วางไว้ เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องจำนวนรถเก็บขยะและพนักงานเก็บขยะ ซึ่งบางครั้งมีงานชุมชน เช่น งานบวช งานแต่ง ทำให้ไม่สามารถเก็บขยะได้ตามตารางการเก็บขยะได้ และต้องเสียเวลาในการไปเก็บในวันถัดไป

รถเก็บขยะทุกคันหลังจากดำเนินการเก็บขยะตามเส้นทางที่วางแผนไว้แล้วจะต้องนำขยะไปที่จุดขยะที่ศูนย์กำจัดขยะ ตำบลคลองขวาง อำเภอไทรน้อย ซึ่งมีระยะทางประมาณ 35-45 กิโลเมตร จากจุดเก็บขยะ โดยศูนย์กำจัดขยะจะพื้นที่ประมาณ 400 ไร่ ใช้ระบบการจัดการขยะเป็นแบบฝังกลบดำเนินการโดยองค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี โดยมีปริมาณขยะจากทุกเทศบาลโดยเฉลี่ยวันละ

1,200 คัน ปัญหาที่พบส่วนใหญ่คือรถเก็บขยะทุกคันเสียเวลาขับรถไปทิ้งขยะไปกลับกว่า 90 กิโลเมตร และต้องรอคิวในการทิ้งขยะโดยเฉลี่ยคันละ 2-3 ชั่วโมง

การวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะโดยใช้วิธีเซฟวิ้ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) ผู้วิจัยได้กำหนดให้เส้นทางและกำหนดจุดเก็บขยะที่สำคัญจำนวน 25 จุด และ รถเก็บขยะจำนวน 11 คัน และวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะเฉพาะวันจันทร์เท่านั้น และหาข้อมูลด้านระยะทางในแต่ละจุดโดยใช้โปรแกรม <http://www.kidlek.com/distance.php> ระยะทางที่คำนวณได้ผ่าน Google Map และแสดงเส้นทางและระยะทางรวมในการเก็บขยะก่อนใช้วิธีเซฟวิ้งอัลกอริทึม และปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธีเซฟวิ้ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) โดยคำนวณค่าความประหยัดของระยะทางในแต่ละจุดโดยเริ่มจากจุดจตุรรถเก็บขยะ คือ ถนนสมชายพัฒนา ซอย 3 เปรียบเทียบความประหยัด 2 จุด หลังจากนั้นได้เรียงลำดับค่าความประหยัดจากมากไปหาน้อย และวางแผนเส้นทางใหม่โดยรวมเส้นทางของจุดเก็บขยะ 2 จุด ที่มีค่าความประหยัดสูงสุดให้อยู่ในเส้นทางเดียวกันและทำซ้ำจนกระทั่งจัดเส้นทางได้ครอบคลุมจุดเก็บขยะทั้งหมด และนำมาเปรียบเทียบระยะทางการเก็บขยะก่อนและหลังใช้วิธีเซฟวิ้ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) เพื่อ ผลการวิจัยพบว่า เส้นทางรถเก็บขยะของเทศบาลเมืองบางกรวยเส้นทางเดิมมีระยะทางรวมทั้งสิ้น 1,016.60 กิโลเมตร เมื่อปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธีเซฟวิ้ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 1,002.1 กิโลเมตร โดยมีระยะทางลดลง 14.5 กิโลเมตร หรือลดลงร้อยละ 1.43

## 5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

จากการวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะโดยใช้วิธีเซฟวิ้ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) พบว่าเส้นทางการเก็บขยะของเทศบาลเมืองบางกรวยเส้นทางเดิม มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 1,016.60 กิโลเมตร เมื่อปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธีเซฟวิ้ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 1,002.1 กิโลเมตร โดยมีระยะทางลดลง 14.5 กิโลเมตร หรือลดลงร้อยละ 1.43 การวางแผนการขนส่งขยะต้องพิจารณาการจัดลำดับการเก็บขยะของแต่ละสถานที่ของรถแต่ละคันซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระยะทางที่ลดด้วยเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาข้อกำหนดด้านเวลาและวันที่ที่ต้องการให้ไปเก็บของสถานที่ต่าง ๆ ด้วย ปัญหาที่พบ คือ รถเก็บขยะไม่สามารถเก็บขยะได้ตามแผนที่วางไว้ เนื่องมาจากข้อจำกัดเรื่องเส้นทางที่คับแคบ รถเข้าออกไม่สะดวก จำนวนรถเก็บขยะและพนักงานเก็บขยะไม่เพียงพอ สถานที่เก็บขยะมีงานบวช งานแต่งงาน จำเป็นต้องปิดถนนส่งผลทำให้ไม่สามารถเก็บขยะได้ตามแผนที่วางไว้ และ

ต้องเสียเวลาในการไปเก็บขยะในวันถัดไปหรือรถเก็บขยะต้องทำงานเป็นสองเท่าในวันถัดไป นอกจากนี้รถเก็บขยะบางคันเก็บขยะไม่เต็มความจุของรถเนื่องจากไม่สามารถพยกองปริมาณขยะที่ต้องเก็บในแต่ละวันได้ แต่รถทุกคันต้องนำขยะไปทิ้งที่กำจัดที่ศูนย์กำจัดขยะ ตำบลคลองขวาง อำเภอไทรน้อย รวมระยะทางไป-กลับประมาณ 90 กิโลเมตร ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและไม่คุ้มค่า

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.3.1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะเฉพาะวันจันทร์เท่านั้น ซึ่งอาจจะไม่ครอบคลุมทุกจุดที่สำคัญทั้งหมดของเทศบาลเมืองบางกรวย ดังนั้นต้องทำการศึกษาเส้นทางโดยวิเคราะห์จากข้อมูลในวันอื่นๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด โดยในการเก็บขยะโดยอาจจะกำหนดเป็นโซนความรับผิดชอบของรถแต่ละคันให้ชัดเจน เพื่อไม่ให้รถวิ่งทับซ้อนเส้นทางกัน และรถทุกคันต้องเก็บขยะให้เต็มความจุของรถให้ได้มากที่สุด โดยอาจจะไปเก็บในจุดอื่นๆ ที่รับผิดชอบเพื่อลดจำนวนเที่ยวของการไปทิ้งขยะที่ศูนย์กำจัดขยะ อำเภอไทรน้อย ให้เหลืออาทิตย์ละ 5 วัน เพื่อลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าสึกหรอ

จากผลการเปรียบเทียบในตารางจะพบว่า การวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) มีประโยชน์ต่อแนวทางในการจัดเส้นทางการเก็บขยะเป็นอย่างมาก เพราะสามารถลดระยะเวลาในการเก็บขยะได้ การจัดเส้นทางการขนส่งขยะของเทศบาลเมืองบางกรวยต้องพิจารณาการจัดลำดับการเก็บขยะของแต่ละสถานที่ของรถแต่ละคันด้วย เพราะมีผลต่อระยะทางที่ลดด้วยเช่นเดียวกัน

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากการวิจัยนี้มีข้อจำกัดในด้านความเที่ยงตรงในการวางแผนการขนส่งขยะซึ่งมีปัจจัยภายนอก ได้แก่ สภาพถนน เส้นทาง สภาพอากาศ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการวางแผนเส้นทางให้มีความยืดหยุ่นและหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดโดยการพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางการเดินรถเชิงคณิตศาสตร์และมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนเส้นทางการเก็บขยะของเทศบาลเมืองบางกรวยได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

## บรรณานุกรม

- ชนิษฐา รัตนพงษ์พร และจิราพร ระโหฐาน. (2558). **การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการรับ-ส่งของรถยก: กรณีศึกษา หจก. สิ้นชัย ออโต้.** บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, กลุ่มวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี.
- คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2559). **การจัดการขนส่งและการกระจายสินค้าเชิงกลยุทธ์.** กรุงเทพฯ : โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง.
- \_\_\_\_\_. (2553). **คู่มือลดต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงขนส่งและโลจิสติกส์.** กรุงเทพฯ : โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง.
- นคร ไชยวงศ์ศักดิ์ และคณะ. (2558). **การจัดเส้นทางขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม.** โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และการจัดการ, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ และคณะ. (2556). **การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำดื่ม จังหวัดสมุทรสงคราม.** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม.
- พรพรรณ โตโกชนพันธุ์ และเรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย (2558). **การจัดเส้นทางเดินรถเพื่อลดการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงให้ต่ำสุด ภายใต้ข้อจำกัดในการบรรทุกสินค้า : กรณีศึกษาบริษัทจำหน่ายสินค้าประเภทอุปโภคบริโภค.** วิทยานิพนธ์หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์.
- ภิญญาดา จันทร์รัตน์ และกาลเวลา มูลเกตุ. (2557). **การพัฒนาโปรแกรมการจัดการขนส่งโดยประยุกต์วิธีการของ Saving Matrix กรณีศึกษา: แพ ต.โชครุ่งระวี.** สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2554). **วิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).



## บรรณานุกรม (ต่อ)

วิภาวรรณ พันธุ์สังข์. (2554). การพัฒนาระบบวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า.

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.



ภาคผนวก

แบบสัมภาษณ์เชิงลึก



### แบบสัมภาษณ์เชิงลึก

ชื่อโครงการวิจัย การวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึม :

กรณีศึกษา เส้นทางการขนส่งขยะ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

ผู้วิจัย : นายภคพร ผงทอง

สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์

#### 1. ข้อคำถามเกี่ยวกับกฎระเบียบและนโยบาย

1. กฎระเบียบบังคับและนโยบายของเทศบาลในการเก็บขยะ มีแนวทางอย่างไร
2. มาตรการด้านความปลอดภัยในการขนส่งขยะ มีแนวทางอย่างไร
3. การขนส่งขยะของเทศบาล อำเภอบางกรวย จำบริษัทขนส่งจากภายนอก หรือดำเนินการเอง

#### 2. ข้อคำถามเกี่ยวกับเส้นทางและระยะทางในการขนส่ง

1. พื้นที่ความรับผิดชอบในการขนส่งขยะของ อำเภอบางกรวย ครอบคลุมกี่ตำบล
2. ตารางเวลาการเดินทางขนส่งขยะในปัจจุบัน เป็นอย่างไร
3. เส้นทางการขนส่งขยะในปัจจุบัน เป็นอย่างไร
4. ระยะทางในการขนส่งขยะในแต่ละจุดห่างจาก เทศบาลอำเภอบางกรวย เป็นเท่าไร
5. ลำดับการขนส่งขยะในปัจจุบันของแต่ละเส้นทางเป็นอย่างไร

#### 3. ข้อคำถามเกี่ยวกับบรรทุกและต้นทุนการขนส่ง

1. จำนวนรถขนส่งขยะในปัจจุบันของเทศบาล อำเภอบางกรวย มีกี่ประเภท แต่ละประเภทมีจำนวนกี่คัน
2. น้ำหนักบรรทุกและปริมาตรของรถขนส่งขยะแต่ละคันเป็นเท่าไร
3. ต้นทุนค่าขนส่งในแต่ละเดือนของรถขนส่งขยะแต่ละคันเป็นเท่าไร
4. ระยะทางในการใช้รถขนส่งขยะแต่ละคันเป็นเท่าไร (หน่วยเป็นกิโลเมตรต่อเดือน)

## ประวัติผู้วิจัย

### ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ – สกุล	นายภคพร ผงทอง (ชื่อเดิม กฤษดา , ธนกฤษ)
วัน เดือน ปีเกิด	15 ธันวาคม พ.ศ. 2518
สถานที่เกิด	บ้านเลขที่ 1 หมู่ที่ 4 บ้านกุดขุ่น ตำบลกุดเชียงหมี อำเภอเลิงนกทา จังหวัดยโสธร 35120
ที่อยู่ปัจจุบัน	74/10 แพลตนาถลิ้นจี่ ห้อง 555 ถนนจันทน์ตัดใหม่ แขวงทุ่งมหาเมฆ ยานนาวา กรุงเทพมหานคร 10120
โทรศัพท์มือถือ	081-430-7217 , ID Line : thanakrit555
อีเมล	Thanakrit_555@hotmail.com

### ประวัติการศึกษา

พ .ศ.2539 - 2543	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ อุบลราชธานี
พ .ศ.2553 - 2554	บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์ (MBA Logistics Management) มหาวิทยาลัยรามคำแหง

### ประวัติการทำงาน

2558 - ปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏฯ หัวหน้าสาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์
2557 - 2558	บริษัท แพลตตินั่ม โพร พลาสติก จำกัด ผู้จัดการฝ่ายโลจิสติกส์ (Logistics Project Manager)
2555 - 2557	บริษัท ลีโอ ลิ่งค จำกัด (บริษัทในกลุ่ม สิงห์ คอเปอร์เรชั่น จำกัด) ผู้จัดการแผนกวัสดุหมุนเวียน (Returnable Equipment Manager)
2545 - 2555	บริษัท ลอสดัม จำกัด (ประเทศไทย) หัวหน้างานฝ่ายบริการลูกค้า (Customer Service Supervisor)

## ประวัติผู้วิจัย (ต่อ)

### ผลงานวิจัย

2558

การจัดการโลจิสติกส์เพื่อสร้างรายได้เปรียบทางการแข่งขัน  
ในธุรกิจพาเลทให้เช่า (Logistics Management for the  
Competitive Advantage in the Pallet Renting Business)

