

ศึกษาข้อมูลเส้นทางการใช้รถเก็บขยะเพื่อวางแผนการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ
: กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย
จังหวัดนครราชสีมา

นายจิระพันธ์ โกมุทพันธุ์

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2556

ศึกษาข้อมูลเส้นทาง การใช้รถเก็บขยะเพื่อวางแผนการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ
: กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย
จังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำโครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบโครงการ

(ศ. ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข)

ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. วชรภูมิ เบญจโอฬาร)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ)

(ผศ. ดร. ปรีชาพร โภษา)

กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

จิระพันธ์ โกมุตพันธุ์ : ศึกษาข้อมูลเส้นทางการใช้รถเก็บขยะ เพื่อวางแผนการจัดเก็บขยะ และขนส่งขยะ กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัด นครราชสีมา (PROJECT TO STUDY THE USE OF VEHECLES TO COLLECTGARBAGE SUBDISTRICT IN MUANG DISTRICT OF NAKHON RATCHASIMA PROVINCE. TO TRANSPORTATION PLANING, WASTE AND RUBBISH FOR BREAK IN TRANSIT) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร

การศึกษาเส้นทางการขนส่งขยะ เพื่อต้องการทราบเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ และขนส่งขยะไปในสถานที่ฝังกลบในปัจจุบัน โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solver และทำแบบจำลองเส้นทางจัดเก็บขยะแบบ Network ตามจุดเก็บขยะที่อยู่ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของ องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ผลการศึกษาสรุป ได้ดังนี้ เส้นทางวันจันทร์ พบว่า น้ำหนักขยะที่เก็บได้มีปริมาณเท่าเดิม คือ 3,700 กิโลกรัม และเส้นทางที่ได้ผ่านจุดเก็บขยะจำนวน 18 จุด รวมเป็นระยะทางเท่ากับ 19,043 เมตร ซึ่งมีระยะทางเท่าเดิม เส้นทางวันพุธ พบว่า น้ำหนักขยะที่เก็บได้มีปริมาณเท่าเดิม คือ 3,700 กิโลกรัม และเส้นทางที่ได้ผ่านจุดเก็บขยะจำนวน 14 จุด รวมเป็นระยะทางเท่ากับ 15,803 เมตร ทำให้มีระยะทางลดลงจากระยะทางเดิม 830 เมตร ลักษณะของเส้นทางใหม่มีการเปลี่ยนแปลงในการขนส่งขยะในบางช่วงโหนด เส้นทางวันศุกร์ พบว่า น้ำหนักขยะที่เก็บได้มีปริมาณเท่าเดิม คือ 3,700 กิโลกรัม และเส้นทางที่ได้ผ่านจุดเก็บขยะจากจำนวน 13 จุด เพิ่มเป็น 23 จุด รวมเป็นระยะทางเท่ากับ 15,283 เมตร ทำให้มีลดลงจากระยะทางเดิม 210 เมตร ลักษณะของเส้นทางใหม่มีการเปลี่ยนแปลงในการขนส่งขยะในบางช่วงโหนด เส้นทางวันอังคาร, วันพฤหัสบดี, วันเสาร์ พบว่า น้ำหนักขยะที่เก็บได้มีปริมาณเท่าเดิม คือ 4,900 กิโลกรัม และเส้นทางที่ได้ผ่านจุดเก็บขยะจำนวน 13 จุด รวมเป็นระยะทางเท่ากับ 14,664 เมตร ซึ่งมีระยะทางเท่าเดิม แสดงให้เห็นว่า การวางแผนการขนส่งของเส้นทางวันอังคาร, วันพฤหัสบดี และวันเสาร์ เหมาะสมแล้ว

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

JEERAPHAN KOMUTTAPHAN : PROJECT TO STUDY THE USE OF
VEHECLES TO COLLECTGARBAGE SUBDISTRICT IN MUANG
DISTRICT OF NAKHON RATCHASIMA PROVINCE. TO
TRANSPORTATION PLANING, WASTE AND RUBBISH FOR BREAK IN
TRANSIT. ADVISOR: ASSOC. PROF. VACHARAPOOM BENJAORAN

The study of garbage transportation route is intended to find an appropriate route for transportation of collected garbage to the present landfill. In this study, solver program was applied, and a network model of transportation route was made in accordance with garbage collection points under responsibility of Nai Mueang Subdistrict Administration Organization, Phimai District, Nakhon Ratchasima. In this regard, the transportation routes are divided in accordance with garbage collection days. According to the study, it is found that through the Monday's transportation route, the Organization can collect 3,700 kilograms of garbage, passing 18 garbage collection points. A distance of such route is 19,043 meters as equal as a distance of the transportation route used earlier. Through the Wednesday's transportation route, the Organization can collect 3,700 kilograms of garbage, passing 14 garbage collection points. A distance of this route is 15,803 meters and 830 meters shorter than the aforementioned route. In connection with changes in some nodes of new Friday's transportation route, it is found that through the Friday's transportation route, the Organization can collect 3,700 kilograms of garbage, and the garbage collection points increase from 13 to 23 points. A distance of this transportation route is 15,283 meters and 210 meters shorter than the previous route. For changes in some nodes of transportation route to be used every Tuesday, Thursday, and Saturday, it is found through this route, the Organization can collect 4,900 kilograms of garbage, and there are 13 garbage collection points. A distance of this route is 14,664 meters. Therefore, the transportation route to be used every Tuesday, Thursday, and Saturday is most suitable for garbage collection and transportation.

School of Civil Engineering

Academic Year 2013

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้โดยความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร อาจารย์ที่ปรึกษาและควบคุมการจัดทำโครงการได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องจน โครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพื่อให้โครงการฉบับนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้อง ผู้ศึกษารู้อีกชาวซึ่งจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คณะผู้บริหาร สภามงคลการบริหารส่วนตำบล และหัวหน้าส่วนราชการ องค์การบริหารส่วนตำบลในเมืองที่ให้ทุนการศึกษา ให้มีโอกาสนในการเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทสาขาบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในครั้งนี้เป็นอย่างสูง

ประโยชน์และคุณค่าของการจัดทำโครงการฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบเป็นเครื่องสักการะคุณแก่บิดามารดาครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ที่ให้การศึกษาอบรมสั่งสอน ให้สติปัญญา คุณธรรม เป็นเครื่องชี้นำความสำเร็จในชีวิต จนสามารถทำโครงการฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

จิระพันธ์ โกมุตพันธุ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ช
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 ปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับขยะมูลฝอยและการจัดการขยะมูลฝอย.....	4
2.1.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับขยะมูลฝอย.....	4
2.1.2 แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย.....	5
2.1.3 ประเภทของขยะมูลฝอย.....	5
2.1.4 ปริมาณของขยะมูลฝอย.....	7
2.1.5 ลักษณะของขยะมูลฝอย.....	8
2.1.6 ผลเสียของขยะมูลฝอย.....	9
2.2 การจัดการขยะมูลฝอย.....	10
2.2.1 การทิ้งขยะมูลฝอย.....	10
2.2.2 การเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย.....	11
2.3 การวางแผนการขนส่ง.....	14
2.4 Optimization.....	15
2.4.1 การสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.4.2 การพัฒนาของ Optimization.....	15

2.4.3	การนำ Optimization ไปใช้ประโยชน์.....	16
2.4.4	Network Optimization Problem.....	17
3	วิธีดำเนินการศึกษา.....	18
3.1	พื้นที่ดำเนินการศึกษา.....	18
3.2	การสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ.....	21
3.3	วิธีการสร้างโมเดลปัญหาของเส้นทางเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด.....	27
4	ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล.....	30
4.1	การสร้างโมเดลจำลองเส้นทางด้วยวิธี Network.....	30
4.1.1	การจำลองกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่และจุดเก็บขยะทั้ง 20 หมู่บ้าน.....	30
4.1.2	แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันจันทร์.....	32
4.1.3	แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันอังคาร.....	47
4.1.4	แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันพุธ.....	48
4.1.5	แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันพฤหัสบดี.....	50
4.1.6	แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันศุกร์.....	52
4.1.7	แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันเสาร์.....	53
4.2	ผลการเปรียบเทียบเส้นทางจากโปรแกรม Solver.....	56
5	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	63
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	63
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	65
	เอกสารอ้างอิง.....	66
	ภาคผนวก ก รูปภาพการทำงานจัดเก็บขยะ.....	67
	ประวัติผู้เขียน.....	71

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	22
3.2 ปริมาณน้ำมันและจำนวนเงินค่าน้ำมันของรถบรรทุกขยะ เดือนมิถุนายน – กรกฎาคม 2556.....	23
3.3 ระยะเวลาการจัดเก็บขยะแบบดั้งเดิม (1 สัปดาห์).....	24
4.1 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางวันจันทร์.....	32
4.2 ข้อมูลระยะทางของเส้นทางวันจันทร์.....	37
4.3 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัดเส้นทางวันจันทร์.....	43
4.4 น้ำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันจันทร์.....	45
4.5 น้ำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันอังคาร.....	47
4.6 น้ำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันพุธ.....	49
4.7 น้ำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันพฤหัสบดี.....	50
4.8 น้ำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันศุกร์.....	52
4.9 น้ำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันเสาร์.....	53
4.10 หมายเลขโหนดแทนชื่อจุดเก็บขยะและน้ำหนักประจำจุดเก็บขยะ.....	55
4.11 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ, น้ำหนัก, ระยะทาง ระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันจันทร์.....	56
4.12 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ, น้ำหนัก, ระยะทาง ระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันอังคาร.....	57
4.13 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ, น้ำหนัก, ระยะทาง ระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันพุธ.....	57
4.14 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ, น้ำหนัก, ระยะทาง ระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันพฤหัสบดี.....	57
4.15 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ, น้ำหนัก, ระยะทาง ระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันศุกร์.....	58
4.16 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ, น้ำหนัก, ระยะทาง ระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันเสาร์.....	58

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
3.1 แผนที่จังหวัดนครราชสีมา.....	19
3.2 แผนที่องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง.....	19
3.3 ทางเข้าสถานที่ฝังกลบขยะหมู่ที่ 9 บ้านคอนแซะ.....	20
3.4 สถานที่ฝังกลบขยะหมู่ที่ 9 บ้านคอนแซะ มีขนาดพื้นที่ 40 ไร่.....	20
3.5 สถานที่ฝังกลบขยะหมู่ที่ 9 บ้านคอนแซะ มีขนาดพื้นที่ 40 ไร่.....	21
3.6 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายไม่ได้.....	25
3.7 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายไม่ได้.....	25
3.8 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้.....	26
3.9 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้.....	26
3.10 หน้าต่างแสดงโปรแกรม Solver.....	27
3.11 เมนู Ribbon ของ Solver.....	27
3.12 เมนู Ribbon ของ Solver ที่ได้ติดตั้ง Add-in แล้ว.....	28
3.13 หน้าต่างสำหรับป้อนข้อมูลส่วนประกอบหลักของ โมเดล.....	28
4.1 แผนที่ผัง Network.....	31
4.2 แผนที่เปรียบเทียบเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่วันจันทร์.....	59
4.3 แผนที่เปรียบเทียบเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่วันอังคาร วันพฤหัสบดี วันเสาร์.....	60
4.4 แผนที่เปรียบเทียบเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่วันพุธ.....	61
4.5 แผนที่เปรียบเทียบเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่วันศุกร์.....	62
ก.1 ทางเข้าสถานที่ฝังกลบขยะ.....	68
ก.2 สถานที่ฝังกลบขยะ.....	68
ก.3 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายไม่ได้.....	69
ก.4 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายไม่ได้.....	69
ก.5 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้.....	70
ก.6 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้.....	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ตามพระราชบัญญัติสภาพำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ.2537 (และที่แก้ไขเพิ่มเติมจนถึงฉบับที่ 5 พ.ศ. 2546) ส่วนที่ 3 มาตรา 67 ได้กำหนดอำนาจหน้าที่ที่ต้องทำภายในเขตขององค์การบริหารส่วนตำบล ดังต่อไปนี้

(1) จัดให้มีและบำรุงรักษาทางน้ำและทางบก
 (2) รักษาความสะอาดของถนน ทางน้ำ ทางเดิน และที่สาธารณะ รวมทั้งกำจัดมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล

- (3) ป้องกันโรคและระงับโรคติดต่อ
 (4) ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
 (5) ส่งเสริมการศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
 (6) ส่งเสริมการพัฒนาสตรี เด็ก เยาวชน ผู้สูงอายุ และผู้พิการ
 (7) คุ้มครอง ดูแล และบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
 (8) บำรุงรักษา ศิลปะ จารีตประเพณี ภูมิปัญญาท้องถิ่น และวัฒนธรรมอันดีของท้องถิ่น
 (9) ปฏิบัติหน้าที่อื่นตามที่ทางราชการมอบหมาย โดยจัดสรรงบประมาณ หรือบุคลากรให้ตามความจำเป็นและสมควร

จากอำนาจหน้าที่ดังกล่าวข้างต้น มีหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับส่วนโยธา คือ

- (1) จัดให้มีและบำรุงรักษาทางน้ำและทางบก
 (2) รักษาความสะอาดของถนน ทางน้ำ ทางเดิน และที่สาธารณะ รวมทั้งกำจัดมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล

ดังนั้น ส่วนโยธา ถือว่าเป็นส่วนงานหนึ่งที่สำคัญขององค์การบริหารส่วนตำบล เนื่องจากเป็นงานที่ต้องดูแลรับผิดชอบเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของประชาชน เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบประปา การจัดให้มีเส้นทางคมนาคมภายในเขตพื้นที่ตำบล เป็นต้น

องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ รวม 48.07 ตารางกิโลเมตร มีหมู่บ้านในเขตพื้นที่รับผิดชอบจำนวน 21 หมู่บ้าน มีประชากรอยู่อาศัยรวม 16,158 คน จำแนกเป็นเพศชาย 7,827 คน และเพศหญิง จำนวน 8,331 คน มีจำนวนครัวเรือน

ทั้งหมด 6,092 หลังคาเรือน และปัจจุบันความหนาแน่นของประชากรที่อยู่อาศัยในเขตพื้นที่ของ องค์การบริหารส่วนตำบลในเมืองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการเคหะแห่งชาติมี โครงการก่อสร้างบ้านเอื้ออาทร ในหมู่ที่ 14 (บ้านประตูลุย) ทำให้มีประชากรแฝงเพิ่มขึ้นอีก ประมาณ 2,000 คน และมีปริมาณขยะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ดังนั้น การจัดเก็บขยะมูลฝอย จึง ต้องดำเนินการอย่างทั่วถึง เพื่อให้ครอบคลุมจำนวนหมู่บ้านและประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ตำบล ในเมือง

องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง มีหน้าที่ในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตพื้นที่ความ รับผิดชอบและขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบขยะ แล้วจึงนำรถบรรทุกขยะกลับมาซึ่งที่ทำการองค์การ บริหารส่วนตำบลในเมือง ในแต่ละวันจะมีการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะไปยังสถานที่ฝังกลบขยะ วันละ 1 รอบ คือตั้งแต่เวลา 7.00 น. ถึงเวลา 13.00 น. ซึ่งรถบรรทุกขยะขององค์การบริหารส่วน ตำบลในเมือง เป็นรถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้ขนาด 6 ตัน จำนวน 1 คัน และรถบรรทุกขยะ แบบอัดท้ายไม่ได้ ขนาด 4 ตัน จำนวน 1 คัน สำหรับเส้นทางในการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ นั้น รถบรรทุกขยะจะวิ่งตามเส้นทางที่องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง จัดให้มีจุดพักขยะไว้ รถบรรทุกขยะ จะแบ่งเส้นทางในการเดินรถเป็น 2 เส้นทางคือ เส้นทางที่ 1 จะครอบคลุมพื้นที่หมู่ 3, 4, 5, 6, 7, 15, 16, 17, 19, 21 รวม 10 หมู่บ้าน จะใช้รถขนขยะแบบอัดท้ายไม่ได้ และเส้นทางที่ 2 จะครอบคลุมพื้นที่หมู่ 1, 8, 13, 14, 18 รวม 5 หมู่บ้าน จะใช้รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้ ด้วย ปริมาณขยะมูลฝอยที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มเส้นทางในการเดินรถบรรทุก ขยะเพื่อจัดเก็บขยะมูลฝอยให้ทั่วถึงและครอบคลุมในพื้นที่มากขึ้น แต่ปัญหาที่พบ คือ องค์การ บริหารส่วนตำบลในเมือง ขาดการวางแผนเพื่อการบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่ดี ทำให้เกิดการ สิ้นเปลืองค่าน้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจัดเก็บขยะมูลฝอยและ ขนส่งขยะ ดังนั้น เพื่อให้เกิดการบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการศึกษา และวางแผนเส้นทางในการจัดเก็บขยะมูลฝอยและขนส่งขยะ เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่ เกิดขึ้น และองค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง จะได้มีแนวทางการบริหารจัดการขยะมูลฝอยใน พื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลดีต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่อย่างยั่งยืนต่อไป

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solver ที่เป็น Add-in ใน Microsoft Excel กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ในพื้นที่ความรับผิดชอบทั้ง 20 หมู่บ้าน ซึ่งจำนวนเส้นทางใน แต่ละหมู่บ้านนั้น จะขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวางผังถนนและขนาดของหมู่บ้าน และวัดระยะความ ยาวของเส้นทางที่เป็นทางผ่านในตำแหน่งจุดตั้งถังขยะ แล้วหาระยะทางสั้นที่สุดเพื่อใช้เป็น

เส้นทางการเดินทางในการจัดเก็บขยะ ซึ่งจะส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง และเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเพื่อตั้งงบประมาณด้านน้ำมันเชื้อเพลิงในปีต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อสร้างแบบจำลองของปัญหาการเดินทางจัดเก็บขยะและหาคำตอบเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ ในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้วิธีโปรแกรมเชิงเส้น และทำการเปรียบเทียบกับเส้นทางที่ใช้อยู่เดิม

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตด้านพื้นที่

ศึกษาเฉพาะองค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 20 หมู่บ้าน

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาวิธี Solver เป็นวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้หลักการคัดเลือกจากโปรแกรมสำเร็จรูป Solver ที่เป็น Add-in ใน Microsoft Excel

1.3.3 ขอบเขตด้านช่วงเวลา

ระยะเวลาในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงเดือนมิถุนายน 2556 ถึงเดือนกรกฎาคม 2556

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะทั้ง 20 หมู่บ้าน

1.4.2 ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมในการขนส่งขยะ

บทที่ 2

ปรัทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาและสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย เรื่อง ข้อมูลเส้นทางการใช้รถเก็บขยะ เพื่อวางแผนการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลในเมืองอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ผู้ศึกษาได้กำหนดประเด็นของการศึกษาวิจัย ไว้ดังนี้

2.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับขยะมูลฝอยและการจัดการขยะมูลฝอย

2.1.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับขยะมูลฝอย

พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. 2535, พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานฉบับพ.ศ. 2525 ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า ขยะมูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะใส่อาหาร ฝุ่นละออง ใต้อมูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่นๆ ซึ่งครอบคลุมถึงเศษสิ่งของทุกชนิดที่เหลือใช้ เศษวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว หรือที่ทิ้งแล้วหรือสิ่งอื่นใดที่ต้องเก็บกวาดจากที่ใดๆ ยกเว้นอุจจาระและปัสสาวะของมนุษย์ ซึ่งเป็นสิ่งปฏิกูลที่ต้องการเก็บและการกำจัดที่แตกต่างออกไปขยะมูลฝอยอาจมีขนาดแตกต่างออกไปจากบ้านเรือน ที่พักอาศัย สถานที่ต่างๆ รวมถึงสถานที่สาธารณะ ตลาด และโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมักอยู่ในรูปของแข็งแต่อาจมีน้ำหรือความชื้นปนมาด้วยจำนวนหนึ่งและรวมถึงขยะมูลฝอยติดเชื้อ เช่น ผ้าพันแผล เข็มฉีดยาชิ้นส่วนอวัยวะ เป็นต้น

พิชิตสกุลพราหมณ์ (2531) ให้ความหมายขยะมูลฝอย หมายถึง บรรดาสิ่งของที่เสื่อมคุณภาพหรือชำรุดหรือหมดสภาพการใช้งาน

คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2543) ให้ความหมายขยะมูลฝอย หมายถึง สิ่งของที่ไม่ใช้แล้ว อาจอยู่ในรูปของแข็งของเหลวหรือกึ่งของแข็ง เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก เศษของที่ไม่ใช้ต่างๆ หรือภาชนะบรรจุอาหาร

กล่าวโดยสรุป ขยะมูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้าถุงพลาสติก ภาชนะใส่อาหาร ฝุ่นละออง ใต้อมูลสัตว์ หรือซากสัตว์รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใด ที่เก็บกวาดจากถนน ตลาดที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่นๆ ซึ่งครอบคลุมถึงเศษสิ่งของทุกชนิดที่เหลือใช้ เศษวัสดุที่ไม่ใช้แล้วหรือที่ทิ้งแล้วหรือสิ่งอื่นใดที่ต้องเก็บกวาดจากที่ใดๆ

2.1.2 แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยในชุมชนมีหลายชนิด การจำแนกประเภทของขยะมูลฝอยมีหลายลักษณะ พิจารณาจากองค์ประกอบหรือแหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย โดยใช้แหล่งกำเนิดเป็นเกณฑ์ในการ พิจารณาซึ่งสามารถจำแนกออกได้ 3 ประเภท (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) คือ

2.1.2.1 ขยะมูลฝอยจากชุมชน (Community wastes) ส่วนมากจะเป็น เศษอาหาร เศษกระดาษ เศษแก้ว เศษโลหะ เศษไม้ และเศษพลาสติก เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีขยะมูลฝอยที่เป็นอันตราย เช่น ซากถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ แก้ว ซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และกระป๋องสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในบ้าน เป็นต้น

2.1.2.2 ขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial wastes) จะมีทั้งที่เป็นอันตราย เช่น กากสารเคมี และสารประกอบที่มีโลหะหนักต่างๆ นอกจากนั้น ยังมีขยะมูลฝอยที่ไม่เป็นอันตรายที่เกิดจากกิจการในส่วนของ สำนักงานและโรงอาหารของโรงงาน เช่น เศษวัสดุเหลือทิ้งเศษอาหาร เป็นต้น

2.1.2.3 ขยะมูลฝอยจากการเกษตรกรรม (Agricultural wastes) มีทั้งที่เป็นซากพืช ซากสัตว์และเศษภาชนะที่ใช้บรรจุป้องกันและกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น

โดยสรุป แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอยภายในองค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา เกิดจากชุมชน

2.1.3 ประเภทของขยะมูลฝอย

แบ่งได้เป็น 12 ประเภท ตามแหล่งกำเนิดและลักษณะทางกายภาพ (พิชิตสกุลพราหมณ์, 2531) ดังนี้

2.1.3.1 ขยะมูลฝอยสดหรือขยะมูลฝอยเปียก หมายถึง ขยะมูลฝอยที่มีความชื้นสูง สามารถย่อยสลายด้วยวิธีทางชีวภาพ เช่น เศษอาหาร เศษผลไม้ มูลสัตว์ เป็นต้น ขยะมูลฝอยสดจะมีองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุในปริมาณที่สูงมาก มักจะย่อยสลายได้ง่าย โดยปกติขยะมูลฝอยสดจะมีปริมาณความชื้น ปะปนมาด้วยร้อยละ 40-70 และมีน้ำหนักค่อนข้างสูง ขยะมูลฝอยสดบาง ชนิดอาจมีคุณค่าทางอาหารเหลืออยู่บ้าง เช่น เศษอาหาร เศษผัก ดังนั้น จึงสามารถนำขยะมูลฝอยสดดังกล่าวไปเลี้ยงสัตว์ได้ ขยะมูลฝอยสดควรนำไป กำจัดภายในเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง

- 2.1.3.2 ขยะมูลฝอยแห้ง หมายถึง ขยะมูลฝอยที่มีความชื้นต่ำ แยกออกเป็นขยะมูลฝอยที่ติดไฟได้ เช่น เศษกระดาษ ใบไม้แห้ง กิ่งไม้ เป็นต้น และขยะมูลฝอยไม่ติดไฟ เช่น เศษแก้ว เศษโลหะ เป็นต้น ขยะมูลฝอยแห้งนี้มีการย่อยสลายค่อนข้างช้าทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ในการเก็บรวบรวมหากเก็บไม่ดีสามารถเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงและหนูการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยแห้งเพื่อนำไปกำจัดนั้นอาจทำในช่วงเวลาที่ยาวนานกว่าขยะมูลฝอยสด เช่น อาจเก็บเพียงสัปดาห์ละ 1 ครั้งหรือนานกว่านั้น
- 2.1.3.3 เถ้า หมายถึง เศษสิ่งตกค้างที่เกิดจากการสันดาปของเชื้อเพลิงต่างๆ โดยเฉพาะเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของแข็ง เช่น ไม้ถ่าน ไม้ถ่านหิน เป็นต้น นอกจากนี้ กากที่เหลือจากเตาเผาขยะมูลฝอยหรือการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงบางชนิดจะทำให้เกิดเถ้าบิน ซึ่งทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ และอาจก่อให้เกิดเหตุรำคาญต่อชุมชนได้ ขยะมูลฝอยเหล่านี้มีความเฉื่อยสูงคือไม่เกิดการย่อยสลายได้อีกต่อไป ซึ่งหากถูกทิ้งลงแหล่งน้ำจะทำให้ท้องน้ำตื้นเขินและเพิ่มค่าความเป็นด่างของน้ำมากขึ้นด้วย
- 2.1.3.4 ขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรม จะมีปริมาณและลักษณะแตกต่างกันออกไปตามขนาดและกิจกรรมของโรงงานนั้น เช่น โรงงานน้ำอัดลม มักพบว่ามีเศษแก้ว เศษไม้ ฝาจาก โรงงานอาหารสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง มักพบว่ามีเศษเนื้อสัตว์และเศษเหล็ก เป็นต้น ขยะมูลฝอยที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดมีการปนเปื้อนด้วยสารเคมีและเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้
- 2.1.3.5 ขยะมูลฝอยจากการเกษตรกรรม หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตรขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ ได้แก่ มูลสัตว์ เศษหญ้า ใบไม้ กิ่งไม้ เศษอาหารสัตว์ ซากภาชนะบรรจุสารปราบศัตรูพืช ปุ๋ย
- 2.1.3.6 ขยะมูลฝอยของใช้ชำรุด ได้แก่ ชิ้นส่วนของรถยนต์ ยางรถยนต์เก่าที่เสื่อมสภาพแล้ว เฟอร์นิเจอร์ชำรุด เป็นต้น ซึ่งบางชนิดต้องใช้เวลาานมาก จึงจะเกิดการผุพังสิ้นสภาพไป ขยะมูลฝอยเหล่านี้ส่วนมากมีขนาดใหญ่ทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่ทำให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงพาหะนำโรค

- 2.1.3.7 ซากรถยนต์ หมายถึง ซากยานพาหนะต่างๆ เช่น รถยนต์รถบรรทุก รถจักรยานยนต์ เครื่องจักรกล และชิ้นส่วนของยานพาหนะที่เสียหรือเสื่อมสภาพ เป็นต้น
- 2.1.3.8 เศษสิ่งก่อสร้าง ได้แก่ เศษไม้ เศษโลหะ เศษอิฐ และชิ้นส่วนของคอนกรีต ซึ่งเกิดจากการก่อสร้างหรือการรื้อถอนอาคาร ส่วนใหญ่จะเป็นพวกวัตถุที่ย่อยสลายไม่ได้ หากปล่อยทิ้งไว้จะทำให้เกิดการกีดขวางขาดความเป็นระเบียบ นิยมนำไปกำจัดด้วยวิธีถมที่ลุ่มหรือใช้ปรับปรุงพื้นที่
- 2.1.3.9 ขยะมูลฝอยจากการกวาดถนน หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เกิดจากการกวาดถนนหรือสถานที่สาธารณะต่างๆ เช่น เศษกระดาษ เศษหญ้า เศษหิน กิ่งไม้ ฝุ่นละออง เป็นต้น
- 2.1.3.10 การตกตะกอนของน้ำโสโครก แม้ว่าน้ำโสโครกจะเป็นสิ่งปฏิภูลในรูปของเหลวก็ตามจากกรรมวิธีของการกำจัดน้ำโสโครกจะมีกากตะกอนเกิดขึ้น ซึ่งกากตะกอนจะเปลี่ยนแปลงสภาพจากของเหลวเป็นของแข็ง ซึ่งเป็นขยะมูลฝอยชนิดหนึ่งที่ต้องมีการกำจัดให้ถูกต้อง เพื่อไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชนได้ เพราะกากตะกอนของน้ำโสโครกนอกจากมีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ปะปนมาจำนวนหนึ่งแล้ว ยังอาจพบเชื้อโรคหรือสารเคมีที่เป็นพิษอีกด้วย ดังนั้น วิธีการรวบรวมและกำจัดกากตะกอนน้ำโสโครกจะต้องจัดทำเป็นพิเศษ
- 2.1.3.11 กากของเสียอันตราย หมายถึง ขยะมูลฝอยที่จะต้องมีการจัดการเป็นพิเศษ เพราะอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนและสิ่งแวดล้อมได้ ได้แก่ ขยะมูลฝอยที่ระเบิดได้ ขยะมูลฝอยติดเชื้อ ขยะมูลฝอยกัมมันตรังสี เป็นต้น

2.1.4 ปริมาณของขยะมูลฝอย

ปริมาณของขยะมูลฝอย เปลี่ยนแปลงตามองค์ประกอบสำคัญ (พิชิตสกุลพราหมณ์, 2531) ดังนี้

- 2.1.4.1 ลักษณะที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของท้องถิ่น หมายถึง สถานที่ต่างกันทำให้ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นต่างกัน เช่น สถานที่ตั้งอยู่ริมทะเลมักพบ เศษปลา เศษเปลือกหอย ได้มากกว่าขยะมูลฝอยชนิดอื่นๆ หรือสถานที่ภูมิประเทศเป็นป่าและที่ราบสูง จะพบขยะมูลฝอยเป็นเปลือกผลไม้

- 2.1.4.2 ความหนาแน่นของประชากร บริเวณที่มีผู้อยู่อาศัยหนาแน่นจะมีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่าบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัยน้อย
- 2.1.4.3 ฤดูกาล มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณขยะมูลฝอยมาก เช่น ฤดูกาลที่มีผลไม้ปริมาณมาก ก็จะทำให้มีขยะมูลฝอยจำพวกเปลือกและผลไม้มาก และยิ่งหากราคาผลไม้นั้นๆ มีราคาถูกลงจะทำให้มีผลไม้และเศษผลไม้เหลือทิ้งในนั้นๆ มากขึ้น
- 2.1.4.4 อุปนิสัยของประชาชน ในชุมชนที่มีอุปนิสัยรักความสะอาดเป็นระเบียบเรียบร้อย จะมีปริมาณขยะมูลฝอยในการเก็บขนมากกว่าประชาชนที่มีอุปนิสัยไม่รักความเป็นระเบียบ ซึ่งจะทิ้งขยะมูลฝอยให้เป็นที่เป็นทาง ปริมาณขยะมูลฝอยในการเก็บขนจึงน้อย แต่จะพบตามถนนแม่น้ำลำคลองที่สาธารณะ
- 2.1.4.5 สถานะเศรษฐกิจ ชุมชนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจดี ย่อมมีกำลังซื้อสินค้าสูงกว่าชุมชนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจต่ำซึ่งทำให้มีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่า
- 2.1.4.6 การบริการเก็บรวบรวมและกำจัดขยะมูลฝอย องค์ประกอบนี้มีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณขยะมูลฝอยหากการเก็บขนดี ประชาชนก็จะนำขยะมูลฝอยออกมาสะดวกทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยก็น้อยลง

2.1.5 ลักษณะของขยะมูลฝอย

ลักษณะที่สำคัญของขยะมูลฝอย แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ (พิชิตสกุลพราหมณ์, 2531) ได้แก่

- 2.1.5.1 ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของขยะมูลฝอย ได้แก่ องค์ประกอบทางกายภาพความชื้นและความหนาแน่นของขยะมูลฝอย จำแนกตามชนิดของสิ่งของต่างๆ ที่ประกอบขึ้นมาเป็นขยะมูลฝอยทั้งหมด เช่น กระดาษ ผ้า เศษอาหาร เศษหญ้า ไม้พลาสติก ยาง โลหะ แก้ว อิฐหิน กรวด ระเบิด ความชื้นของขยะมูลฝอย หมายถึง น้ำหนักของขยะมูลฝอยที่หายไป เมื่อนำตัวอย่างขยะมูลฝอยไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำที่ประกอบอยู่ในขยะมูลฝอยหรือน้ำหนักของขยะมูลฝอยที่หายไป โดยเทียบกับน้ำหนักของตัวอย่างของขยะมูลฝอยที่ชั่งได้ในครั้งแรกก่อนที่จะนำขยะมูลฝอยไปทำให้แห้งความ

หนาแน่นของขยะมูลฝอย ได้แก่ มวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของขยะมูลฝอย ในภาวะปกติ โดยไม่มีการอัดหรือบีบขยะมูลฝอยให้ผิดไปจากธรรมชาติ

- 2.1.5.2 ลักษณะทางเคมีที่สำคัญของขยะมูลฝอย ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ และคลอรีน ปริมาณน้ำ ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้และปริมาณเถ้า โดยทั่วไปแล้ว ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในขยะมูลฝอยนั้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ น้ำที่อยู่ในขยะมูลฝอยเอง เป็นน้ำที่มีอยู่ในพืชผักเศษอาหารน้ำในลักษณะนี้มีปริมาณประมาณ 1/2 ถึง 2/3 ของปริมาณน้ำทั้งหมดของขยะมูลฝอยน้ำที่ติดอยู่ภายนอก ได้แก่ น้ำฝน น้ำที่ออกจากเศษอาหารซึ่ง โดยทั่วไปจะมีปริมาณ 1/2 ถึง 1/3 ของปริมาณน้ำทั้งหมดและขยะมูลฝอยปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ หมายถึง ส่วนของขยะมูลฝอยที่สามารถติดไฟและถูกเผาไหม้ได้ ส่วนปริมาณเถ้า หมายถึง ส่วนของขยะมูลฝอยที่เหลือจากการเผาไหม้

2.1.6 ผลเสียของขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอย เป็นสาเหตุสำคัญของปัญหามลพิษที่สิ่งแวดล้อมและมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ (พิชิตสกุลพราหมณ์, 2531) ดังนี้

- 2.1.6.1 ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางดิน และมลพิษทางอากาศ
- 2.1.6.2 เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคและแมลงพาหะนำโรค โดยปกติเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรคจะใช้อินทรีย์วัตถุเป็นสารอาหาร ทำให้ขยะมูลฝอยเกิดการย่อยสลายได้ แต่ในขยะมูลฝอยอาจจะมีเชื้อที่ทำให้เกิดโรคบางชนิดปะปนมาด้วย ซึ่งเชื้อโรคต่างๆ เหล่านี้บางชนิดมีความทนทานและสามารถเจริญได้ต่อไปอีกระยะหนึ่ง โดยอาศัยขยะมูลฝอยเหล่านั้นเป็นแหล่งกระจายของเชื้อโรคนั้นๆ ทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน
- 2.1.6.3 การเสี่ยงต่อสุขภาพ ชุมชนที่ขาดการกำจัดขยะมูลฝอยที่ดีและถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล จะทำให้ประชาชนในชุมชนนั้นเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ ได้ง่าย เนื่องจากขยะมูลฝอย ก่อให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์และการแพร่กระจายของเชื้อโรคและแมลงพาหะนำโรคต่างๆ ข่มเป็นไปโดยง่าย
- 2.1.6.4 การสูญเสียทางเศรษฐกิจ นอกจากชุมชนจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับจากการจัดขยะมูลฝอยเป็นประจำแล้ว การกำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกต้อง จะ

ส่งผลกระทบต่อทำให้สูญเสียทางเศรษฐกิจด้านอื่นๆ ตามมาอีกด้วย ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียสัตว์น้ำที่เป็นทรัพยากรทางธรรมชาติไม่อาจจะอยู่อาศัยต่อไปได้ ทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ

- 2.1.6.5 ทำให้ชุมชนขาดความสวยงาม การเก็บรวบรวมและกำจัดขยะมูลฝอยที่ดี และถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล จะช่วยให้ชุมชนนั้นเกิดความสวยงาม มีความเป็นระเบียบเรียบร้อยแสดงถึงความเจริญทางวัฒนธรรมอันดีของชุมชนนั้นๆ
- 2.1.6.6 เป็นสาเหตุรำคาญ ขยะมูลฝอยก่อให้เกิดเหตุรำคาญแก่ประชาชนที่พบมาก ได้แก่ กลิ่นเหม็น ซึ่งเกิดจากการเน่าเปื่อยหรือการสลายตัวของขยะมูลฝอยที่เป็นขยะมูลฝอยเปียก
- 2.1.6.7 อาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ เนื่องมาจากการเผาขยะมูลฝอยหรือก๊าซที่เกิดจากการหมักของขยะมูลฝอย

2.2 การจัดการขยะมูลฝอย

การจัดการขยะมูลฝอย หมายถึง การบริหารระบบการจัดการขยะมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพตามเป้าหมาย คือ สามารถเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยไปกำจัดอย่างถูกต้องหลักวิชาการได้ประมาณร้อยละ 90 ของขยะที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด และไม่ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ หรือมีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด การจัดการขยะมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจส่วนต่างๆ ของระบบการจัดการขยะมูลฝอย ซึ่งการจัดการขยะมูลฝอยแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่ การทิ้งขยะมูลฝอย การรวบรวมขยะมูลฝอย การนำส่วนของขยะมูลฝอยที่ยังใช้ได้อยู่มาใช้ใหม่ และการกำจัดขั้นสุดท้าย (พิชิตสกุลพราหมณ์, 2531) ทั้งนี้จะกล่าวถึงส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย คือ การทิ้งขยะมูลฝอย และการรวบรวมขยะมูลฝอย ดังนี้

2.2.1 การทิ้งขยะมูลฝอย

ได้แก่ กิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการที่ผู้ทิ้งเห็นว่าวัสดุชิ้นนั้นไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์อีกต่อไปแล้ว จึงทิ้งหรือเก็บรวบรวมไว้เพื่อกำจัดต่อไป ดังนั้น การทิ้งขยะมูลฝอยเป็นกิจกรรมที่ขึ้นอยู่กับบุคคลผู้ใช้วัสดุนั้นๆว่าจะยังใช้ประโยชน์จากวัสดุนั้นได้หรือไม่ ในปัจจุบันยังไม่มีมาตรการทิ้งขยะมูลฝอยแต่อย่างใด คาดว่าในอนาคตเมื่อทรัพยากรธรรมชาติซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตหายากขึ้นและมีราคาสูง อาจจะต้องพิจารณาควบคุมการทิ้งขยะมูลฝอยกันมากขึ้น ถ้าหากอาคารบ้านเรือน สำนักงานศูนย์การค้า ฯลฯ ทิ้งขยะ โดยแยกประเภทก่อนทิ้งจะมีผลต่อประสิทธิภาพการเก็บขนและการจัดการเป็นอย่างยิ่ง

2.2.2 การเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย

หมายถึง กิจกรรมตั้งแต่การขนถ่ายขยะมูลฝอยจากถังขยะ ซึ่งอาจเป็นถังขยะจากแต่ละบ้านเรือนหรือถังขยะรวม รวมถึงการขนขยะมูลฝอยไปถ่ายไว้ที่จุดหมายปลายทาง ซึ่งอาจเป็นสถานีขนถ่ายขยะมูลฝอยหรือโรงงานแปรรูปขยะมูลฝอยกำจัดขยะมูลฝอยในขั้นสุดท้าย ดังนั้นงานเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยนี้ เป็นงานที่กระทำโดยประชาชนก่อนที่จะส่งให้บริการของรัฐมาเก็บขนและนำไปกำจัดในขั้นต่อไป จึงเป็นหน้าที่ของแต่ละบ้านเรือนจะต้องให้ความร่วมมือกันนำขยะไปลงในถังขยะ อาจจะเป็นถังขยะของเจ้าของบ้านเอง หรือถังขยะที่ฝ่ายองค์การบริหารส่วนตำบลจัดเตรียมไว้ให้ความร่วมมือของประชาชนเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งและมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยในการเก็บรวบรวมขยะ อาจแบ่งตามลักษณะของการรวบรวม ได้เป็น 2 ลักษณะคือ

2.2.2.1 การเก็บรวบรวมขยะ ณ จุดกำเนิด (Collection at origin) หมายถึง การเก็บรวบรวมขยะของครัวเรือนที่พักอาศัย หรือสถานที่ทำการต่างๆ ซึ่งเป็นจุดกำเนิดของขยะที่เกิดขึ้นในครั้งแรก โดยปกติก็จะต้องมีการรวบรวมขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมด มารวมใส่ลงในถังขยะหรือภาชนะที่ใช้รวบรวมขยะโดยเฉพาะ เพื่อให้ขยะชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นนั้นอยู่ในสภาพที่พร้อมจะนำไปกำจัดได้โดยสะดวก พวกขยะสด เช่น เศษอาหาร ควรจะรินน้ำออกให้แห้งก่อนแล้วจึงเทรวมลงในถังขยะ ก็จะช่วยป้องกันกลิ่นเหม็นและยืดอายุการใช้งานของถังขยะได้ดีขึ้นอีกด้วย ถ้าเป็นชุมชนในเขตองค์การบริหารส่วนตำบล การเก็บรวบรวมขยะ ณ จุดกำเนิด ก็ยังหมายความรวมถึง การนำเอาถังขยะที่รวบรวมไว้แล้วนั้น นำไปวางไว้ ณ จุดที่นัดหมายตามเวลาที่กำหนด เช่น บนทางเดินเท้าใกล้ๆ ขอบถนน มุมถนน ปากตรอก หรือซอย ซึ่งถ้าเป็นอาคารที่พักอาศัยจะใช้เวลาระหว่าง 06.00 – 08.00 น. เป็นเวลานัดหมายที่จะทำการเก็บรวบรวม เนื่องจากขยะที่เกิดขึ้น ณ จุดกำเนิด จะมีขยะเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ ดังนั้น การเก็บรวบรวมขยะที่เกิดขึ้น ณ จุดกำเนิด ก็อาจจะใช้วิธีการเก็บรวบรวมขยะทุกชนิดที่เกิดขึ้นไว้ด้วยกันในถังขยะใบเดียวหรือแยกเก็บขยะเฉพาะแต่ละชนิดลงไว้ในถังขยะกับวิธีการที่จะกำจัดซึ่งโดยทั่วไป จะนิยมจัดทำโดยแบ่งออกได้เป็นระบบต่างๆ ดังนี้

- ระบบถังใบเดียว (One-can system) หมายถึง การเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทุกชนิดไว้ในถังเดียวกัน ดังนั้น ขยะที่ได้ก็จะเป็นขยะรวมหรือผสมกันทุกชนิด ซึ่งก็จะมีทั้งขยะเปียกขยะแห้งและขยะชนิด

อื่นๆที่เป็นขยะผสม (Mixed refuse) ระบบนี้สะดวกแก่ประชาชน เพราะไม่ต้องแยกขยะมูลฝอยให้เป็นที่ยุ่งยากการเก็บขนก็ง่าย แต่ก็ยังเป็นปัญหาอย่างมากในการเลือกวิธีการกำจัดเป็นวิธีที่กำลังใช้อยู่ในประเทศของเรา

- ระบบถังสองใบ (Two-can system) หมายถึง การแยกเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยเป็น 2 ประเภท คือ แยกขยะมูลฝอยเปียกใส่ถังหนึ่ง และขยะมูลฝอยแห้งอีกถังหนึ่ง ทั้งนี้ ก็เพื่อวัตถุประสงค์ที่จะให้สามารถจัดเก็บรวบรวมและกำจัดได้อย่างเหมาะสมและประหยัดค่าคือ ขยะสดจำเป็นจะต้องเก็บขนทุกๆ วัน เนื่องจากไม่อาจจะปล่อยให้ค้างไว้ได้นานเหมือนขยะแห้ง เพราะขยะสดเกิดการบูดเน่าและส่งกลิ่นเหม็นรำคาญได้โดยง่าย ส่วนขยะแห้งที่เก็บแยกไว้ต่างหากนั้น ก็อาจจะเก็บขนเพียงสัปดาห์ละครั้ง จึงช่วยทำให้ลดปริมาณขยะและอัตราความถี่ของการจัดเก็บลงได้เป็นอย่างดี
- ระบบถังสามใบ (Three -can system) เป็นระบบการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย โดยการแยกออกเป็น 3 ประเภท ถังประเภทแรกใส่ขยะมูลฝอยเปียก ถังประเภทที่สองใส่ขยะมูลฝอยแห้ง และถังประเภทที่สามใส่ขยะมูลฝอยจำพวกชิ้นไม้หรือแยกเป็นขยะสดขยะที่เผาไหม้ได้และขยะที่เผาไหม้ไม่ได้ เป็นต้น

2.2.2.2 การเก็บรวบรวมขยะในชุมชน (Community collection) หมายถึง บริการการเก็บรวบรวมขยะจากที่ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชุมชน เพื่อนำไปกำจัด โดยทั่วไปจัดทำเป็น 3 รูปแบบด้วยกัน คือ

- เทศบาลหรือองค์กรของรัฐจัดทำ (Municipal collection system) โดยปกติแล้วพื้นที่ในเขตเมืองและองค์การบริหารส่วนตำบลนั้น การเก็บรวบรวมและการกำจัดขยะมักจะถือเป็นภารกิจหลักที่จะต้องจัดบริการให้แก่ประชาชน ซึ่งอาจจะเป็นค่าบริการโดยเฉพาะหรือใช้เงินรายได้จากภาษีบำรุงท้องที่ที่ภาษี้องค์การบริหารส่วนตำบลก็ได้ วิธีการดังกล่าวนี้ ทางองค์การของรัฐจะต้องเป็นผู้จัดการเกี่ยวกับยานพาหนะพนักงานสถานที่และวิธีการในการเก็บรวบรวมและกำจัดขยะเองทั้งสิ้น ซึ่งก็จะมีข้อดีในด้านความสะดวกเกี่ยวกับการควบคุมดูแล การได้มาซึ่งตัวเลขสถิติต่างๆ รวมถึงความสะดวกและความปลอดภัย ที่จะเกิดขึ้นข้อ

เสียเปรียบ ก็คือ มีความสิ้นเปลืองในด้านงบประมาณค่อนข้างสูงกว่าแบบอื่นๆ

- การทำสัญญาจ้าง (Contract system) ในกรณีที่องค์กรของรัฐไม่จัดทำเอง ก็มักจะนิยมใช้วิธีการทำสัญญาจ้างกลุ่มบุคคลหรือนิติบุคคลเช่นบริษัทเอกชน ให้เข้ามาเป็นผู้ดำเนินการแทนโดยเฉพาะ อาจจะเป็นเพียงการจัดเก็บรวบรวมแต่เพียงอย่างเดียวหรือรวมทั้งการกำจัดขยะด้วยก็ได้ ซึ่งจะมีข้อได้เปรียบในด้านการลดอัตราค่าจ้างหน้าทีประจำลง ได้แก่ ข้าราชการพนักงานและลูกจ้าง ไม่ต้องใช้งบประมาณจัดซื้อเครื่องมือยานพาหนะน้ำมันเชื้อเพลิงน้ำมันหล่อลื่น ค่าเบี้ยเลี้ยง และค่าล่วงเวลา ส่วนข้อเสียเปรียบที่มักจะเกิดขึ้น ก็คือ ความยุ่งยากในการควบคุมดูแลตัวเลขสถิติต่างๆ จะไม่สมบูรณ์ และมีความยากลำบากในการพิจารณาบริษัทที่ดีมาเป็นคู่สัญญา
- ประชาชนจัดทำด้วยตนเอง (Individual collection and disposal) โดยเฉพาะชุมชนชนบทและชุมชนเขตชานเมือง ซึ่งไม่มีทั้งบริการจากองค์กรของรัฐและการทำสัญญาจ้างประชาชนในเขตดังกล่าว จึงต้องทำการเก็บรวบรวมและนำไปกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสมด้วยตนเองซึ่งโดยปกติแล้ว ก็จะมีเจ้าหน้าที่ของรัฐซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบด้านอนามัยชุมชน เช่น พนักงานอนามัยตำบล เป็นผู้มาให้คำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับวิธีการเก็บรวบรวมและการกำจัดขยะที่ถูกต้องเหมาะสม ให้ประชาชนได้ใช้ปฏิบัติข้อได้เปรียบสำหรับวิธีการนี้ คือ รัฐสามารถประหยัดงบประมาณ ที่จะต้องใช้ในด้านต่างๆ เช่น การเก็บรวบรวมและการกำจัดขยะได้ทั้งหมด ควรใช้แต่เฉพาะเจ้าหน้าที่ ผู้ซึ่งต้องปฏิบัติงานของรัฐด้านอื่นๆ อยู่ด้วยแล้ว มาเป็นผู้แนะนำแก่ประชาชนข้อเสียเปรียบที่เกิดขึ้น ก็คือ ความบกพร่องในด้านการเก็บรวบรวมและวิธีการกำจัดขยะจึงมักจะพบว่า ในชนบทยังคงมีขยะตกค้าง โดยเฉพาะทางด้านเกษตรกรรมทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมาที่พบเสมอ ก็คือ แหล่งเพาะพันธุ์แมลงวันเห็ดรำคาญเนื่องจากกลิ่นมลพิษดินและน้ำ เป็นต้น

2.3 การวางแผนการขนส่ง

กระบวนการที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งของการขนส่ง คือ การวางแผนการขนส่งโดยทั่วไป แล้วการวางแผนนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นและมีความสำคัญในการดำเนินกิจการทุกด้านที่มีความเสี่ยงในการดำเนินงาน ไม่ว่าจะเป็นการดำเนินชีวิต ธุรกิจ กิจการทหาร ฯลฯ การวางแผนที่ดีและรอบคอบ โดยคำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบในทุกๆ ด้านสามารถลดความเสี่ยงในการดำเนินกิจการที่กำลังจะปฏิบัติได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าปราศจากการวางแผนเลยกิจการที่กำลังจะดำเนินการนั้น อาจประสบความล้มเหลวอย่างไม่เป็นท่า ทั้งนี้ เพราะเราไม่ได้จัดเตรียมความพร้อมที่จะรองรับกับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตระหว่างที่กำลังดำเนินกิจการนั้นๆ ดังที่มีผู้กล่าวว่าในการทำอะไรก็ตาม ถ้ามีการวางแผนเป็นอย่างดีแล้วผลลัพธ์ของการปฏิบัติอาจเป็นไปได้สองแนวทางนั้น คือ เสมอตัวและประสบความสำเร็จ แต่ถ้าไม่ได้มีการวางแผนเลยผลลัพธ์ของการปฏิบัติจะเป็นได้ทางเดียว นั่น คือ พบกับความล้มเหลว ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่าหลักการสำคัญของการวางแผนก็คือ การเลือกและพิจารณาปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อนำผลการวิเคราะห์นั้นมาทำนายสถานการณ์ในอนาคต ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นเอง

จากที่กล่าวข้างต้น อาจกล่าวได้ว่าการวางแผน (Planning) คือ การดำเนินการหรือกระบวนการที่ใช้ประเมินแนวโน้มของสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับแนะแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ ประเด็นสำคัญประการหนึ่งของการวางแผน คือ การคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต การดำเนินการเพื่อวางแผนมักเกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง แต่การนำแผนนั้นไปปฏิบัติมักเกิดขึ้นในอนาคต ด้วยเหตุนี้ แม้ว่าการวางแผนจะเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือของสิ่งที่อาจเกิดขึ้นจริงในอนาคต แต่ก็ไม่สามารถรับรองได้ว่าเมื่อถึงเวลานำแผนนั้นไปปฏิบัติจริง ผลที่ได้และช่วงเวลาดำเนินการจะตรงตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ การขนส่งเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของผู้คนและส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของผู้คนในวงกว้าง การที่จะทำให้การขนส่งมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้มีส่วนรับผิดชอบจะต้องทำการวางแผนและคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งส่งผลกระทบต่อขนส่งให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด โดยทั่วไปการวางแผนการขนส่ง (Transportation Planning) คือ กระบวนการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับระบบการขนส่งในอนาคต ซึ่งมักจะมุ่งเน้นในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความต้องการการขนส่งในอนาคต ความสัมพันธ์ระหว่างระบบขนส่งและโครงสร้างพื้นฐานความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการใช้พื้นที่เศรษฐกิจและการขนส่งทางเลือกสำหรับดำเนินการระบบขนส่ง ผลกระทบด้านสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากระบบขนส่ง และการลงทุนและการบริหารองค์กรเพื่อดำเนินการตามแผนการขนส่ง เป็นต้น

2.4 Optimization

เป็นสาขาหนึ่งของคณิตศาสตร์ประยุกต์ ซึ่งเป็นการเรียนรู้เพื่อกำหนดวิธีการที่ดีที่สุดให้กับปัญหา (การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด) คือ การหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดของปัญหา โดยแสดงปัญหาอยู่ในรูปของฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์

2.4.1 การสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

Newton, Lagrange และ Cauchy ได้พัฒนาวิธีหาค่าเชิงอนุพันธ์และทฤษฎีของแคลคูลัส ซึ่งเป็นพื้นฐานของเทคนิค Optimization และ Bernoulli, Euler, Lagrange และ Weierstrass ได้พัฒนาแนวคิดทางแคลคูลัส เพื่อเป็นการพัฒนาเทคนิค Optimization

Cauchy เป็นผู้ที่น่าเทคนิค Optimization มาประยุกต์ใช้เป็นครั้งแรก คือ วิธีการในการแก้ปัญหาแบบ Unconstrained Optimization ได้เกิดขึ้นในปี 1847 แม้ว่าในช่วงแรกๆ จะเป็นเพียงกระบวนการที่มีขนาดเล็กมากๆ แต่ก็ได้มีการใช้งานและพัฒนาจนกระทั่งถึงกลางศตวรรษที่ 20 เมื่อมีคอมพิวเตอร์ที่เป็นดิจิทัลความเร็วสูงทำให้การนำเสนอของการทำ Optimization ที่มีโอกาสเป็นไปได้น้อยมาก ให้มีโอกาสมากขึ้น และเป็นการกระตุ้นให้มีการทำงานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิค Optimization มากขึ้น และทำให้เกิดความก้าวหน้าเกี่ยวกับเทคนิค Optimization เพื่อทำให้เกิดทางเลือกใหม่ๆ ขึ้น

2.4.2 การพัฒนาของ Optimization

เทคนิค Optimization ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้เป็นครั้งแรกโดย Cauchy ในเรื่องการหาค่าต่ำสุด และเทคนิค Optimization ยุคใหม่เกิดขึ้นเพราะมีทฤษฎีใหม่ๆ เกิดขึ้นคือ penalty functions (Courant[1943]) simplex method สำหรับ linear programming (Dantzig[1947]) การหาค่าที่เหมาะสมแบบ KKT สำหรับ Constrained (Karush, Kuhn และ Tucker[1951]) และได้มีการประกาศของ optimal policy สำหรับปัญหาแบบ dynamic programming (Bellman[1952]) ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาสำหรับ constrained optimization

ในช่วงปีทศวรรษที่ 1960 ได้มีการพัฒนาวิธีการเกี่ยวกับตัวเลขของ Unconstrained Optimization ที่เกิดขึ้นในประเทศอังกฤษเท่านั้น mixed integer programming ได้รับการพัฒนาโดย Land และ Doig[1960] และวิธีการ cutting plane โดย Gomory ซึ่งเป็นผู้บุกเบิกงานทางด้าน integer programming[1960] วิธีการเปลี่ยนแปลง metric ของ Davidon-Fletcher-Powell ที่เรียกว่า DFP [1959] มีการพัฒนา gradient-based methods เป็นการพัฒนา non-gradient หรือ direct methods ด้วยวิธี Rosenbrock ในการทำ orthogonal direction[1960] ได้มีรูปแบบวิธีการค้นหาของ Hooke และ Jeeves[1961] วิธีของ Powell สำหรับการทำ conjugate direction[1964] วิธี simplex method ของ Nelder และ Meade[1965] และวิธีของ Box[1965] genetic algorithm เป็น

direct methods (Holland[1975], Goldberg[1989]) ผู้ที่บุกเบิกเรื่อง Constrained Optimization คือ Rosen ด้วยวิธีการ gradient projection ในปี 1960 วิธีการของ Zoutendijk สำหรับ feasible directions[1960] ซึ่งผลงานของ Rosen และ Zoutendijk เป็นงานทางด้าน non-linear programming ซึ่งเป็นสัญญาณของการพัฒนาที่ดี และมีการใช้เทคนิคของ non-linear optimization ในการออกแบบโครงสร้าง (Schmit[1960]) ได้มีการสรุปเรื่อง gradient method โดย Abadie, Carpentier และ Hensgen[1966] และมีการคิด geometric programming จากการทำงานของ Duffin, Zener และ Peterson[1967]

ในช่วงทศวรรษปีที่ 1970 ได้มีการพัฒนาวิธี sequential quadratic programming (SQP) สำหรับ constrained minimization และวิธี hybrid polynomial-interval ที่ใช้ในการค้นหาเกิดขึ้น (Brent[1971])

วิธีการวิเคราะห์ระบบข่ายงาน (network analysis method) เป็นเทคนิคการควบคุมการจัดการที่เป็นหัวใจหลักของระบบข่ายงาน ได้พัฒนาขึ้นในช่วงปี 1957 และ 1958 game theory คิดค้นโดย Von Neumann[1928] และมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางเศรษฐศาสตร์ และปัญหาต่างๆ อีกมากมาย ในช่วงหลายปีหลังจากนั้น game theory มีการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาการออกแบบของวิศวกรรมศาสตร์ การแต่งหนังสือเกี่ยวกับวิศวกรรม Optimization แต่งโดย Johnson[1961], Wilde [1967], Fox[1971], Siddall[1972], Haug และ Arora[1979], Reklaitis, Ravindran และ Ragsdell [1983], Vanderplaats[1984], Haftka[1984] และ Rao[1996] เป็นส่วนสำคัญในการศึกษาวิศวกรรมการประยุกต์ของเทคนิค Optimization

2.4.3 การนำ Optimization ไปใช้ประโยชน์

การนำ Optimization ไปใช้กับปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นมากมาย เช่น ทางฟิสิกส์, ทางเคมี, ทางเศรษฐศาสตร์, ทางธุรกิจ และอื่นๆ การดำเนินการทางธุรกิจ จะมีความต้องการในการลงทุนที่น้อยที่สุด แต่ต้องการกำไรที่เกิดขึ้น เป็นกำไรที่มากที่สุด การพิจารณาการออกแบบของการวางแผนทางเคมี เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุด ภายใต้ทรัพยากรและเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างจำกัด และความรู้ที่เกี่ยวข้องระหว่างเงื่อนไขกับผลลัพธ์ที่ได้ออกมา ทำให้ Optimization เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์ และการวิเคราะห์ระบบทางกายภาพ ในการวิจัยการดำเนินงาน (Operation Research) และวิศวกรรมทางอุตสาหกรรม ได้มีการนำเทคนิคของ Optimization ไปใช้ในการผลิต, ผลผลิตที่ออกมา, การควบคุมรายการสิ่งของ, การขนส่ง, การวางแผน และระบบข่ายงาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ และมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดได้เหมาะสม และเกิดประโยชน์สูงสุด

2.4.4 Network Optimization Problem

เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในหลายลักษณะ และการตั้งค่าตัวแทนเครือข่ายมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย สำหรับปัญหาต่างๆ เช่น การวางแผนการผลิต การกระจายสินค้า การวางแผนโครงการหาสถานที่ตั้ง การจัดการทรัพยากร การเงิน แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

- 2.4.4.1 ปัญหา Minimum – Cost flow คือ ปัญหาที่ต้องการหาปริมาณหรืออัตราการไหลของสินค้าที่ต้นทุนต่ำที่สุด เป็นการลดต้นทุนรวมของการจัดส่งผ่านเครือข่าย เพื่อตอบสนองความต้องการ
- 2.4.4.2 ปัญหา Maximum – flow คือ ปัญหาที่ต้องการหาปริมาณหรืออัตราการไหลของสินค้าสูงสุด ที่จะผ่านจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด
- 2.4.4.3 ปัญหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Path Problem) คือ การหาเส้นทางที่ให้ระยะทางทั้งหมดสั้นที่สุด จากต้นทางไปยังปลายทาง เพื่อลดระยะทางรวมในการเดินทางไปยังหลายๆ สถานที่ ลดต้นทุนรวมของกิจกรรมที่เกิดขึ้นเป็นลำดับ และลดเวลารวมของกิจกรรมที่เกิดขึ้นเป็นลำดับ
- 2.4.4.4 ปัญหา Minimal Spanning Tree คือ การสร้างเส้นทางเชื่อมโยงระหว่างทุกคู่ของโหนดให้เพียงพอ โดยให้ต้นทุนรวมน้อยที่สุด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 พื้นที่ดำเนินการศึกษา

ข้อมูลทั่วไป

องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย ตั้งอยู่ห่างจากจังหวัดนครราชสีมา ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือระยะทางประมาณ 60 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้

ทิศเหนือ ติดกับเขตองค์การบริหารส่วนตำบลชีวาน และองค์การบริหารส่วนตำบลท่าหลวง

ทิศใต้ ติดกับเขตองค์การบริหารส่วนตำบลนิคมสร้างตนเอง และองค์การบริหารส่วนตำบลหนองระเวียง

ทิศตะวันออก ติดกับเขตองค์การบริหารส่วนตำบลรังかいใหญ่

ทิศตะวันตก ติดกับเขตองค์การบริหารส่วนตำบลสัมฤทธิ์ และองค์การบริหารส่วนตำบลกระเบื้องใหญ่

มีพื้นที่รวม 48.07 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 30,043.75 ไร่ โดยเป็นพื้นที่เทศบาลตำบลพิมาย จำนวน 1.60 ตารางกิโลเมตร

มีหมู่บ้าน 20 หมู่บ้าน จำนวนประชากร 16,158 คน จำแนกเป็น เพศชาย 7,827 คนและ เพศหญิงจำนวน 8,331 คน และจำนวนครัวเรือน 6,092 ครัวเรือน

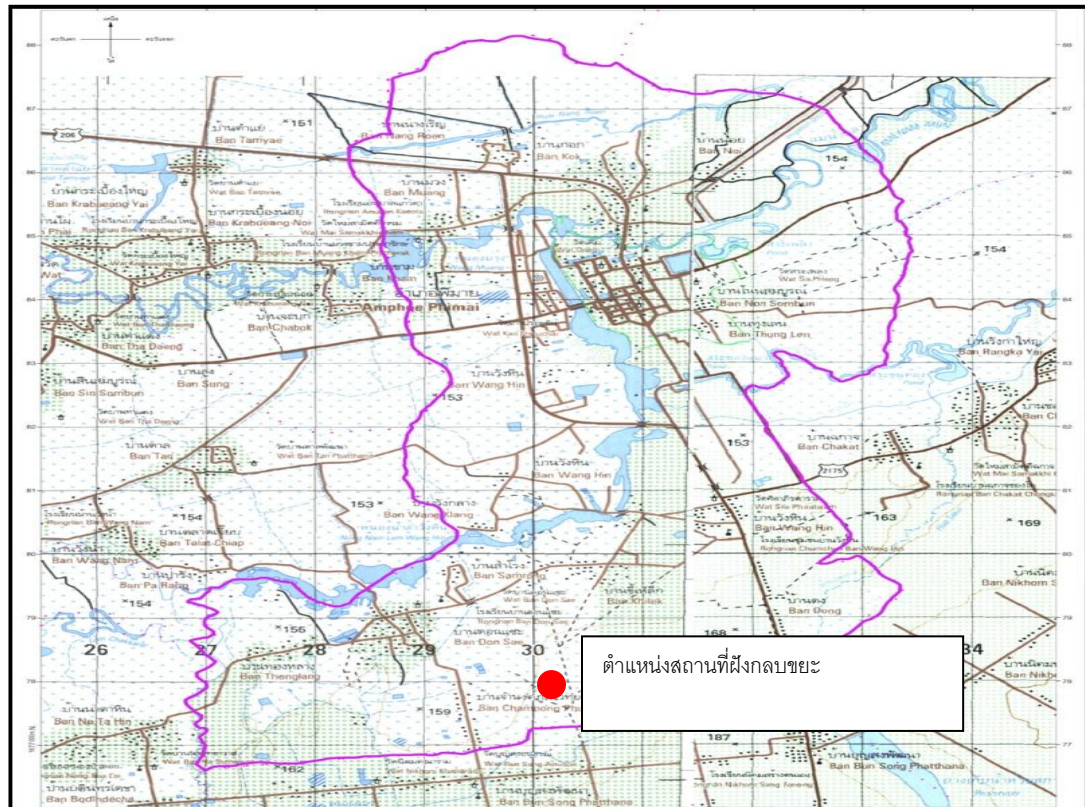
ลักษณะภูมิประเทศ เป็นที่ราบลาดเขาจากด้านทิศใต้ลงสู่ทิศเหนือ โดยด้านทิศใต้จะเป็นที่สูง สภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย เป็นพื้นที่เหมาะแก่การเพาะปลูกพืชไร่ ด้านทิศเหนือจะเป็นที่ลุ่มเหมาะแก่การทำนา มีแม่น้ำสำคัญไหลผ่าน ได้แก่ ลำน้ำมูล, ลำน้ำจักราช, ลำน้ำเค็ม, ลำน้ำกาจ



รูปที่ 3.3 ทางเข้าสถานที่ฝังกลบขยะหมู่ที่ 9 บ้านดอนแซะ



รูปที่ 3.4 สถานที่ฝังกลบขยะหมู่ที่ 9 บ้านดอนแซะ มีขนาดพื้นที่ 40 ไร่



รูปที่ 3.5 สถานที่ฝังกลบขยะหมู่ที่ 9 บ้านคอนแจะ มีขนาดพื้นที่ 40 ไร่

3.2 การสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ

องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง มีการจัดเก็บขยะมูลฝอยและขนส่งขยะ จากภายในแต่ละหมู่บ้านไปยังสถานที่ฝังกลบขยะ และนำรถบรรทุกขยะกลับมาซึ่งทำการองค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง ในแต่ละวันจะมีการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ ไปยังสถานที่ฝังกลบขยะ วันละ 1 รอบ คือ ตั้งแต่เวลา 7.00 น. ถึงเวลา 13.00 น. ซึ่งรถบรรทุกขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง ประกอบด้วย รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้ ขนาด 6 ตัน จำนวน 1 คัน และรถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายไม่ได้ ขนาด 4 ตัน จำนวน 1 คัน สำหรับเส้นทางการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะนั้น รถบรรทุกขยะจะวิ่งตามเส้นทางที่องค์การบริหารส่วนตำบลในเมืองได้จัดให้มีจุดพักขยะไว้ ซึ่งจะแบ่งเส้นทางการเดินรถเป็น 2 เส้นทาง คือ เส้นทางที่ 1 จะครอบคลุมพื้นที่หมู่ 3, 4, 5, 6, 7, 15, 16, 17, 19, 21 รวม 10 หมู่บ้าน จะใช้รถขนขยะแบบอัดท้ายไม่ได้ และเส้นทางที่ 2 จะครอบคลุมพื้นที่หมู่ 1, 8, 13, 14, 18 รวม 5 หมู่บ้าน จะใช้รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

เส้นทาง การเดินทาง รถ	ประเภท รถบรรทุก ขยะ	วันจัดเก็บ ขยะและ ขนส่งขยะ	จุดเก็บขยะ	ระยะทาง รวมเฉลี่ย (ไป-กลับ)	ปริมาณขยะที่ เก็บในแต่ละวัน (1 รอบ)
เส้นทางที่ 1	แบบอัด ท้ายไม่ได้	จันทร์	แยกบ้านขาม, บ้านขาม ซ.1, แยกบ้านขาม ซ.2, บ้านม่วง, สนง.บำรุงรักษาน้ำ, อ.กึ่งเผา , บ้านน้อย, ไทรงาม, แยก ไทรงาม, ประปาภูมิภาค, รพ.พิมาย, แยกหอนาฬิกา, แยกสระน้ำ, แยกศิลาปรกร, แยกวังหิน, แยกบ่อขยะ, สถานที่ฝังกลบ	22.880 กิโลเมตร	3.70 ตัน
เส้นทางที่ 2	แบบอัด ท้ายไม่ได้	พุธ	แยกบ้านขาม, บ้านขาม ซ.1, บ้านขาม ซ.2, สนง. บำรุงรักษาน้ำ, บ้านน้อย, ไทรงาม, แยกไทรงาม, รพ.พิมาย, แยกหอนาฬิกา, แยกสระน้ำ, แยกศิลาปรกร, แยกวังหิน, แยกบ่อขยะ, สถานที่ฝังกลบ	18.640 กิโลเมตร	2.53 ตัน
เส้นทางที่ 3	แบบอัด ท้ายไม่ได้	ศุกร์	แยกบ้านขาม, แยกบ้านขาม ซ.11, แยกบ้านขาม ซ.2, บ้านน้อย, ไทรงาม, แยก ไทรงาม, รพ.พิมาย, แยก หอนาฬิกา, แยกสระน้ำ, แยกศิลาปรกร, แยกบ่อขยะ, สถานที่ฝังกลบ	18.140 กิโลเมตร	2.58 ตัน

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

เส้นทาง การเดินทาง รถ	ประเภท รถบรรทุก ขยะ	วันจัดเก็บ ขยะและ ขนส่งขยะ	จุดเก็บขยะ	ระยะทาง รวมเฉลี่ย (ไป-กลับ)	ปริมาณขยะ ที่เก็บในแต่ละวัน (1รอบ)
เส้นทาง ที่ 4	แบบอัด ท้ายได้	อังคาร, พฤหัสบดี, เสาร์	หัวสะพาน, แยกไฟแดง, ตลาดเมืองใหม่, แยกขนส่ง, โค้งท่าทราย, โรงน้ำแข็ง, แยกยูคา, โรงสีไทยวิวัฒน์, แยกบ้านคง, แยกวังหิน, บ้าน ทง, ท่าศาลา, ศาลตาปู่	18.250 กิโลเมตร	3.90 ตัน

ตารางที่ 3.2 ปริมาณน้ำมันและจำนวนเงินค่าน้ำมันของรถบรรทุกขยะ เดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2556

ประเภทรถขยะ	เดือนมิถุนายน 2556		เดือนกรกฎาคม 2556	
	ปริมาณน้ำมัน (ลิตร)	จำนวนเงิน (บาท)	ปริมาณน้ำมัน (ลิตร)	จำนวนเงิน (บาท)
แบบอัดท้ายไม่ได้ รถบรรทุก 6 ล้อ ยี่ห้อ MITSUBISHI รุ่น FK457FRXH2 ปี 2548 ความจุขยะสูงสุด 4 ตัน	150	4,552.50	150	4,552.50
แบบอัดท้ายได้ รถบรรทุก 6 ล้อ ยี่ห้อ ISUZU รุ่น FTR33H2 ปี 2553 ความจุขยะสูงสุด 6 ตัน	180	5,490.00	180	5,490.00

* หมายเหตุ ราคาน้ำมันดีเซล เดือน มิถุนายน-กรกฎาคม 2556 ลิตรละ 30.35 บาท

ตารางที่ 3.3 ระยะเวลาการจัดเก็บขยะแบบดั้งเดิม (1 สัปดาห์)

วัน	จุดเก็บขยะ	ระยะเวลา / วัน (ชม.)
จันทร์	แยกบ้านขาม, บ้านขาม ซ.1, แยกบ้านขาม ซ.2, บ้านม่วง, สนง.บำรุงรักษาน้ำ, อ.กุ่มเผา, บ้านน้อย, ไทรงาม, แยกไทรงาม, ประปาภูมิภาค, รพ.พิมาย, แยกหอนาฬิกา, แยกสระน้ำ, แยกศิลปากร, แยกวังหิน, แยกบ่อขยะ, สถานที่ฝังกลบ	6 ชั่วโมง
พุธ	แยกบ้านขาม, บ้านขาม ซ.1, บ้านขาม ซ.2, สนง.บำรุงรักษาน้ำ, บ้านน้อย, ไทรงาม, แยกไทรงาม, รพ.พิมาย, แยกหอนาฬิกา, แยกสระน้ำ, แยกศิลปากร, แยกวังหิน, แยกบ่อขยะ, สถานที่ฝังกลบ	5.20 ชั่วโมง
ศุกร์	แยกบ้านขาม, แยกบ้านขาม ซ.1, แยกบ้านขาม ซ.2, บ้านน้อย, ไทรงาม, แยกไทรงาม, รพ.พิมาย, แยกหอนาฬิกา, แยกสระน้ำ, แยกศิลปากร, แยกบ่อขยะ, สถานที่ฝังกลบ	5 ชั่วโมง
อังคาร, พฤหัสบดี, เสาร์	หัวสะพาน, แยกไฟแดง, ตลาดเมืองใหม่, แยกขนส่ง, โค้งท่าทราย, โรงน้ำแข็ง, แยกยูคา, โรงสีไทยวิวัฒน์, แยกบ้านดง, แยกวังหิน, บ้านทนาง, ท่าศาลา, ศาลาป่า	5.30 ชั่วโมง



รูปที่ 3.6 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายไม่ได้



รูปที่ 3.7 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายไม่ได้



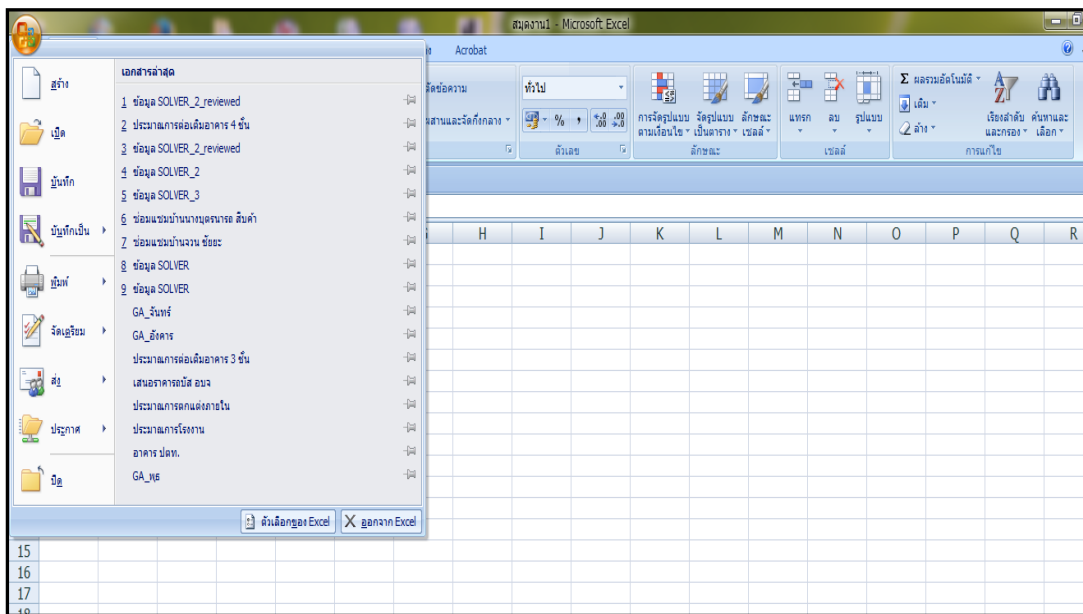
รูปที่ 3.8 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้



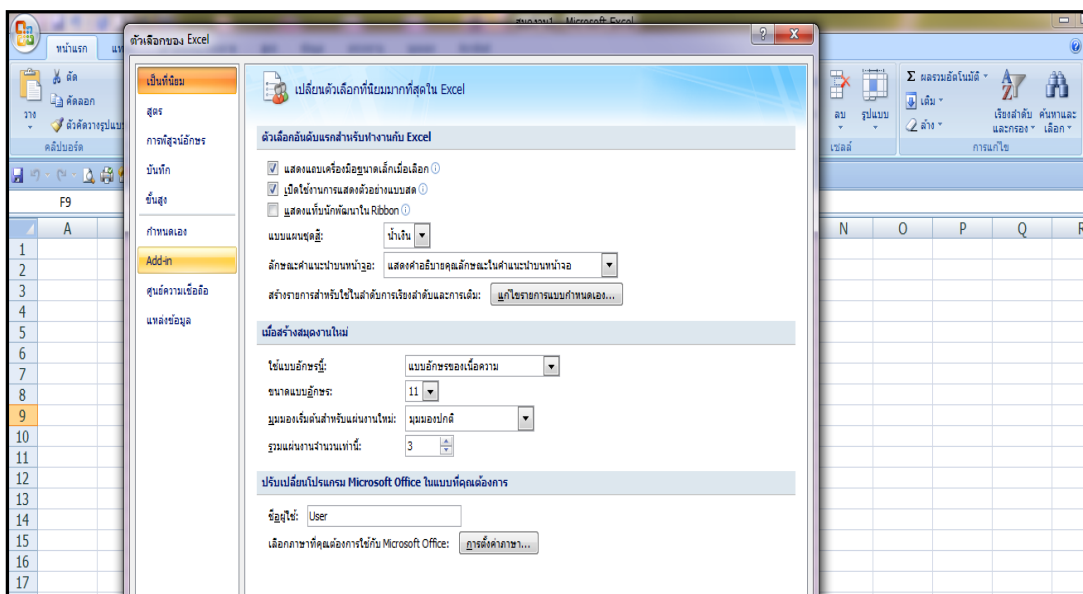
รูปที่ 3.9 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้

3.3 วิธีการสร้างโมเดลปัญหาของเส้นทางเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด

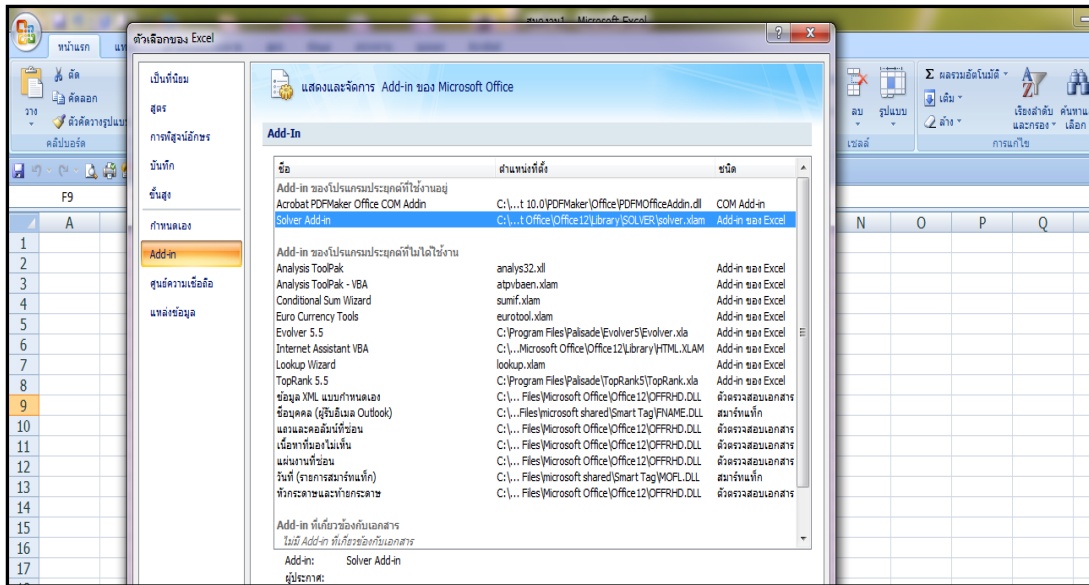
โมเดลปัญหาที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นปัญหาแบบ โปรแกรมเชิงเส้นลักษณะปัญหา Shortest Path และได้เลือกใช้วิธีการหาคำตอบด้วยโปรแกรม Solver ซึ่งเป็นโปรแกรม Add-in ใน Microsoft Excel ซึ่งหลังจากติดตั้งโปรแกรมแล้วจะปรากฏในเมนูของ Microsoft Excel เพื่อรอการเรียกใช้ต่อไปดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 หน้าต่างแสดงโปรแกรม Solver

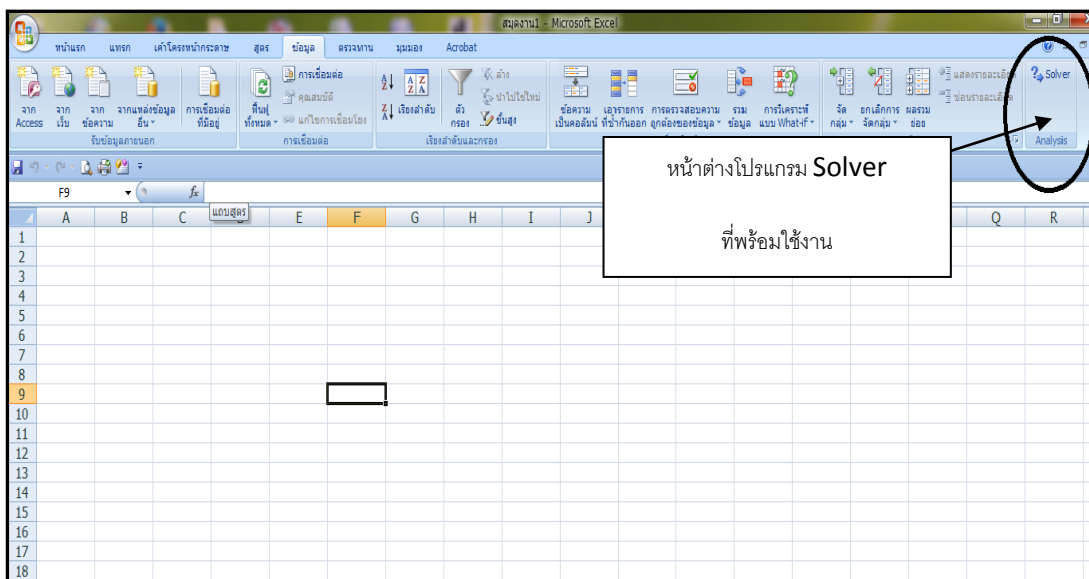


รูปที่ 3.11 เมนู Ribbon ของ Solver



รูปที่ 3.12 เมนู Ribbon ของ Solver ที่ได้ติดตั้ง Add-in แล้ว

ขั้นตอนการใช้งาน Solver คือ เริ่มจากการกำหนดส่วนประกอบหลักของโมเดล ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ตัวแปรตัดสินใจและฟังก์ชันข้อจำกัด หน้าต่างสำหรับป้อนข้อมูลนำเข้าของโมเดลทั้ง 3 ส่วนนี้ แสดงดังในรูปที่ 3.13 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์สามารถกำหนดได้ว่าเป็น Optimization แบบการ Minimization หรือ Maximization และโดยการกำหนดเซลล์ที่จะใช้คำนวณค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์



รูปที่ 3.13 หน้าต่างสำหรับป้อนข้อมูลส่วนประกอบหลักของโมเดล

ตัวแปรตัดสินใจ กำหนดให้เป็นกลุ่มเซลล์ ที่เรียกว่า Set Target Cell ซึ่งโปรแกรม Solver จะบังคับให้กำหนดขอบเขตบนและล่างของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต่างๆทั้งหมดด้วย นอกจากนี้ ยังสามารถกำหนดชนิดของค่าตัวแปรเป็นจำนวนเต็มหรือจำนวนจริงก็ได้ ฟังก์ชันข้อจำกัดสามารถป้อนข้อมูลแบ่งเป็นชุดๆ ตามต้องการได้ โดยอ้างอิงไปที่กลุ่มเซลล์ที่มีสูตรฟังก์ชันข้อจำกัดที่ต้องการ จากนั้นกำหนดขอบเขตบนและล่างที่เหมาะสม By Changing Cells เป็นตัวแปรตัดสินใจ และ Subject to the Constraints เป็นฟังก์ชันข้อจำกัด

หลังจากที่ได้กำหนดส่วนประกอบหลักของโมเดลเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Solver และทำการ Run Program เพื่อหาคำตอบ

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

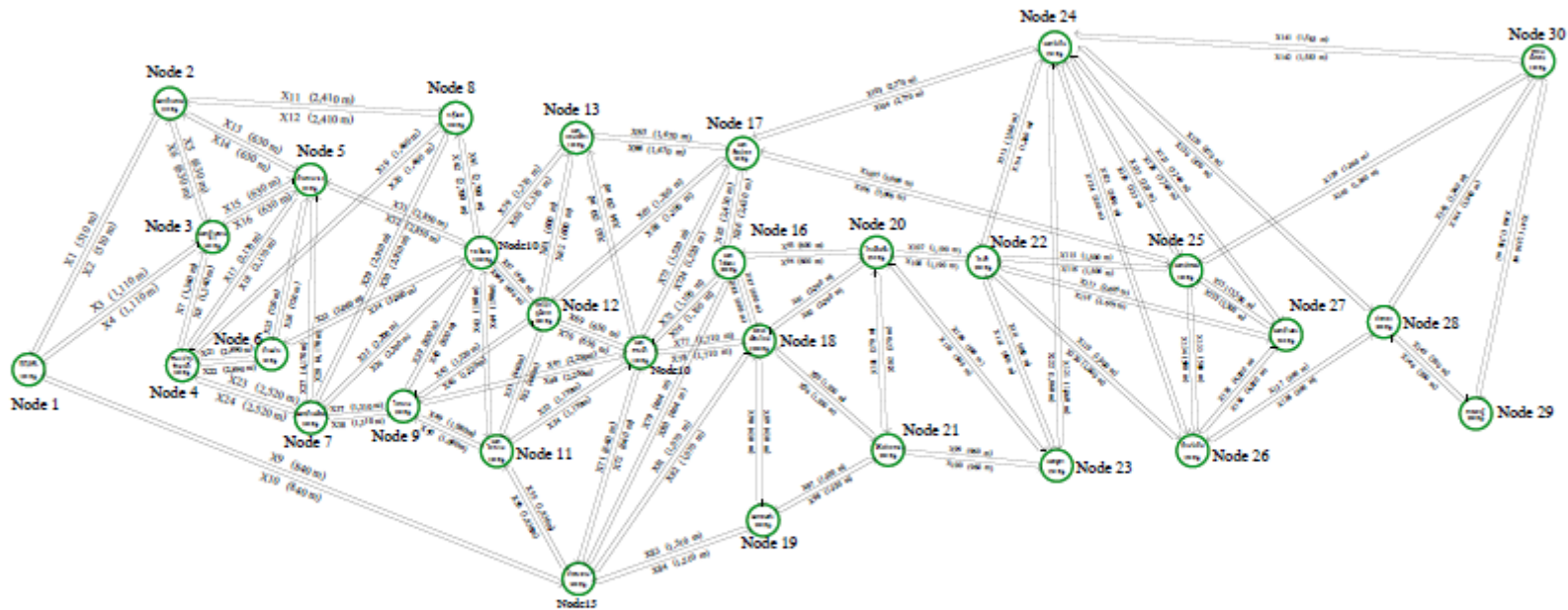
4.1 การสร้างโมเดลจำลองเส้นทางด้วยวิธี Network

4.1.1 การจำลองกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่และจุดเก็บขยะทั้ง 20 หมู่บ้าน

การจำลองเพื่อกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่และจุดเก็บขยะทั้ง 20 หมู่บ้าน จะกำหนดตำแหน่งสถานที่จุดเก็บขยะและถังขยะภายในหมู่บ้าน ซึ่งแต่ละหมู่บ้านนั้นๆ จะมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับเส้นทางและตำแหน่งบ้านพักอาศัย ร้านค้า หน่วยงานราชการต่างๆ ที่มีความต้องการถังขยะเพื่อกำจัดขยะในสถานที่นั้นๆ ลักษณะการจัดวางผังถนน จะเป็นไปตามขนาดและลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแต่ละหมู่บ้าน เงื่อนไขเส้นทางการเดินทางของรถขยะเพื่อจัดเก็บขยะจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุด จะต้องเก็บและขนย้ายขยะไปในสถานที่ฝังกลบ ให้ครบทุกจุดที่มีจุดเก็บขยะทั้งหมด

การกำหนดเส้นทางการเดินรถขนขยะในแบบจำลอง ได้พิจารณาถึงจุดตั้งถังขยะและจุดเก็บขยะจริงในปัจจุบันของแต่ละจุดภายในหมู่บ้าน เส้นทางการเดินรถจะครอบคลุมทุกเส้นทางที่เป็นจุดตั้งถังขยะและจุดเก็บขยะ โดยกำหนดจุดตำแหน่งที่ตั้งถังขยะช่วงต้นและช่วงท้ายของถนนหรือจุดเก็บขยะที่หมู่บ้านได้กำหนดไว้ (สถานที่และจุดเก็บขยะของแต่ละหมู่บ้าน) ได้จุดเก็บขยะจำนวนทั้งหมด 30 จุด ซึ่งนำมากำหนดให้เป็นโหนดของเน็ตเวิร์ค มีแผนภาพและรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนผังแบบจำลองของปัญหา(Network)เส้นทางจุดเก็บขยะทั้ง 2 เส้นทาง



รูปที่ 4.1 แสดงแผนผัง Network

4.1.2 แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันจันทร์

1) ตัวแปรตัดสินใจ \longrightarrow หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังเส้นทางปลายทาง

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางวันจันทร์

X1	การเลือกเส้นทางจาก	อบต.	ไป	แยกบ้านขาม	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X2	การเลือกเส้นทางจาก	แยกบ้านขาม	ไป	อบต.	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X3	การเลือกเส้นทางจาก	อบต.	ไป	แยกบ้านขาม ซ.1	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X4	การเลือกเส้นทางจาก	แยกบ้านขาม ซ.1	ไป	อบต.	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X5	การเลือกเส้นทางจาก	แยกบ้านขาม	ไป	แยกบ้านขาม ซ.1	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X6	การเลือกเส้นทางจาก	แยกบ้านขาม ซ.1	ไป	แยกบ้านขาม	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X7	การเลือกเส้นทางจาก	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไป	แยกบ้านขาม ซ.1	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X8	การเลือกเส้นทางจาก	แยกบ้านขาม ซ.1	ไป	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X9	การเลือกเส้นทางจาก	หัวสะพาน	ไป	อบต.	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X10	การเลือกเส้นทางจาก	อบต.	ไป	หัวสะพาน	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X11	การเลือกเส้นทางจาก	แยกบ้านขาม	ไป	อ.กุ่มเผา	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X12	การเลือกเส้นทางจาก	อ.กุ่มเผา	ไป	แยกบ้านขาม	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X13	การเลือกเส้นทางจาก	แยกบ้านขาม	ไป	บ้านขาม ซ.2	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X14	การเลือกเส้นทางจาก	บ้านขาม ซ.2	ไป	แยกบ้านขาม	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X15	การเลือกเส้นทางจาก	แยกบ้านขาม ซ.1	ไป	บ้านขาม ซ.2	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X16	การเลือกเส้นทางจาก	บ้านขาม ซ.2	ไป	แยกบ้านขาม ซ.1	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X17	การเลือกเส้นทางจาก	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไป	บ้านขาม ซ.2	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X18	การเลือกเส้นทางจาก	บ้านขาม ซ.2	ไป	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X19	การเลือกเส้นทางจาก	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไป	อ.กุ่มเผา	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X20	การเลือกเส้นทางจาก	อ.กุ่มเผา	ไป	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X21	การเลือกเส้นทางจาก	บ้านม่วง	ไป	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X22	การเลือกเส้นทางจาก	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไป	บ้านม่วง	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X23	การเลือกเส้นทางจาก	แยกบ้านน้อย	ไป	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X24	การเลือกเส้นทางจาก	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไป	แยกบ้านน้อย	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X25	การเลือกเส้นทางจาก	บ้านขาม ซ.2	ไป	บ้านม่วง	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

X138	การเลือกเส้นทางจาก	บ้านวังหิน	ไป	ท่าศาลา	ไม่มีหน่วยให้ Binary
X139	การเลือกเส้นทางจาก	สถานที่ฝั่งกลบ	ไป	แยกบ่อขะ	ไม่มีหน่วยให้ Binary
X140	การเลือกเส้นทางจาก	แยกบ่อขะ	ไป	สถานที่ฝั่งกลบ	ไม่มีหน่วยให้ Binary
X141	การเลือกเส้นทางจาก	สถานที่ฝั่งกลบ	ไป	แยกวังหิน	ไม่มีหน่วยให้ Binary
X142	การเลือกเส้นทางจาก	แยกวังหิน	ไป	สถานที่ฝั่งกลบ	ไม่มีหน่วยให้ Binary
X143	การเลือกเส้นทางจาก	ท่าศาลา	ไป	สถานที่ฝั่งกลบ	ไม่มีหน่วยให้ Binary
X144	การเลือกเส้นทางจาก	สถานที่ฝั่งกลบ	ไป	ท่าศาลา	ไม่มีหน่วยให้ Binary
X145	การเลือกเส้นทางจาก	ท่าศาลา	ไป	ศาลดาปู่	ไม่มีหน่วยให้ Binary
X146	การเลือกเส้นทางจาก	ศาลดาปู่	ไป	ท่าศาลา	ไม่มีหน่วยให้ Binary
X147	การเลือกเส้นทางจาก	สถานที่ฝั่งกลบ	ไป	ศาลดาปู่	ไม่มีหน่วยให้ Binary
X148	การเลือกเส้นทางจาก	ศาลดาปู่	ไป	สถานที่ฝั่งกลบ	ไม่มีหน่วยให้ Binary

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลระยะทางของเส้นทางวันจันทร์

X1	เส้นทางจาก	อบต.	ไป	แยกบ้านขาม	510	เมตร
X2	เส้นทางจาก	แยกบ้านขาม	ไป	อบต.	510	เมตร
X3	เส้นทางจาก	อบต.	ไป	แยกบ้านขาม ซ.1	1110	เมตร
X4	เส้นทางจาก	แยกบ้านขาม ซ.1	ไป	อบต.	1110	เมตร
X5	เส้นทางจาก	แยกบ้านขาม	ไป	แยกบ้านขาม ซ.1	630	เมตร
X6	เส้นทางจาก	แยกบ้านขาม ซ.1	ไป	แยกบ้านขาม	630	เมตร
X7	เส้นทางจาก	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไป	แยกบ้านขาม ซ.1	1340	เมตร
X8	เส้นทางจาก	แยกบ้านขาม ซ.1	ไป	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	1340	เมตร
X9	เส้นทางจาก	หัวสะพาน	ไป	อบต.	840	เมตร
X10	เส้นทางจาก	อบต.	ไป	หัวสะพาน	840	เมตร
X11	เส้นทางจาก	แยกบ้านขาม	ไป	อ.กึ่งเผา	2410	เมตร
X12	เส้นทางจาก	อ.กึ่งเผา	ไป	แยกบ้านขาม	2410	เมตร
X13	เส้นทางจาก	แยกบ้านขาม	ไป	บ้านขาม ซ.2	630	เมตร
X14	เส้นทางจาก	บ้านขาม ซ.2	ไป	แยกบ้านขาม	630	เมตร

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

X15	เส้นทางจาก	แยกบ้านขาม ซ.1	ไป	บ้านขาม ซ.2	630	เมตร
X16	เส้นทางจาก	บ้านขาม ซ.2	ไป	แยกบ้านขาม ซ.1	630	เมตร
X17	เส้นทางจาก	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไป	บ้านขาม ซ.2	2170	เมตร
X18	เส้นทางจาก	บ้านขาม ซ.2	ไป	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	2170	เมตร
X19	เส้นทางจาก	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไป	อ.กึ่งเผา	1490	เมตร
X20	เส้นทางจาก	อ.กึ่งเผา	ไป	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	1490	เมตร
X21	เส้นทางจาก	บ้านม่วง	ไป	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	2890	เมตร
X22	เส้นทางจาก	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไป	บ้านม่วง	2890	เมตร
X23	เส้นทางจาก	แยกบ้านน้อย	ไป	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	2520	เมตร
X24	เส้นทางจาก	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	ไป	แยกบ้านน้อย	2520	เมตร
X25	เส้นทางจาก	บ้านขาม ซ.2	ไป	บ้านม่วง	720	เมตร
X26	เส้นทางจาก	บ้านม่วง	ไป	บ้านขาม ซ.2	720	เมตร
X27	เส้นทางจาก	บ้านขาม ซ.2	ไป	แยกบ้านน้อย	4170	เมตร
X28	เส้นทางจาก	แยกบ้านน้อย	ไป	บ้านขาม ซ.2	4170	เมตร
X29	เส้นทางจาก	แยกบ้านน้อย	ไป	อ.กึ่งเผา	2910	เมตร
X30	เส้นทางจาก	อ.กึ่งเผา	ไป	แยกบ้านน้อย	2910	เมตร
X31	เส้นทางจาก	ร.พ.พิมาย	ไป	บ้านขาม ซ.2	2850	เมตร
X32	เส้นทางจาก	บ้านขาม ซ.2	ไป	ร.พ.พิมาย	2850	เมตร
X33	เส้นทางจาก	ร.พ.พิมาย	ไป	บ้านม่วง	5060	เมตร
X34	เส้นทางจาก	บ้านม่วง	ไป	ร.พ.พิมาย	5060	เมตร
X35	เส้นทางจาก	แยกบ้านน้อย	ไป	ร.พ.พิมาย	2200	เมตร
X36	เส้นทางจาก	ร.พ.พิมาย	ไป	แยกบ้านน้อย	2200	เมตร
X37	เส้นทางจาก	ไทรงาม	ไป	แยกบ้านน้อย	1310	เมตร
X38	เส้นทางจาก	แยกบ้านน้อย	ไป	ไทรงาม	1310	เมตร
X39	เส้นทางจาก	ไทรงาม	ไป	ร.พ.พิมาย	800	เมตร
X40	เส้นทางจาก	ร.พ.พิมาย	ไป	ไทรงาม	800	เมตร
X41	เส้นทางจาก	อ.กึ่งเผา	ไป	ร.พ.พิมาย	2700	เมตร
X42	เส้นทางจาก	ร.พ.พิมาย	ไป	อ.กึ่งเผา	2700	เมตร

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

X43	เส้นทางจาก	ร.พ.พิมาย	ไป	แยกไทรงาม	190	เมตร
X44	เส้นทางจาก	แยกไทรงาม	ไป	ร.พ.พิมาย	190	เมตร
X45	เส้นทางจาก	ประปาภูมิภาค	ไป	ไทรงาม	1520	เมตร
X46	เส้นทางจาก	ไทรงาม	ไป	ประปาภูมิภาค	1520	เมตร
X47	เส้นทางจาก	แยกสระน้ำ	ไป	ไทรงาม	2250	เมตร
X48	เส้นทางจาก	ไทรงาม	ไป	แยกสระน้ำ	2250	เมตร
X49	เส้นทางจาก	ไทรงาม	ไป	แยกไทรงาม	1080	เมตร
X50	เส้นทางจาก	แยกไทรงาม	ไป	ไทรงาม	1080	เมตร
X51	เส้นทางจาก	แยกไทรงาม	ไป	ประปาภูมิภาค	440	เมตร
X52	เส้นทางจาก	ประปาภูมิภาค	ไป	แยกไทรงาม	440	เมตร
X53	เส้นทางจาก	แยกสระน้ำ	ไป	แยกไทรงาม	1170	เมตร
X54	เส้นทางจาก	แยกไทรงาม	ไป	แยกสระน้ำ	1170	เมตร
X55	เส้นทางจาก	แยกไทรงาม	ไป	หัวสะพาน	1830	เมตร
X56	เส้นทางจาก	หัวสะพาน	ไป	แยกไทรงาม	1830	เมตร
X57	เส้นทางจาก	ร.พ.พิมาย	ไป	ประปาภูมิภาค	650	เมตร
X58	เส้นทางจาก	ประปาภูมิภาค	ไป	ร.พ.พิมาย	650	เมตร
X59	เส้นทางจาก	ร.พ.พิมาย	ไป	แยกหอนาฬิกา	1310	เมตร
X60	เส้นทางจาก	แยกหอนาฬิกา	ไป	ร.พ.พิมาย	1310	เมตร
X61	เส้นทางจาก	ประปาภูมิภาค	ไป	แยกหอนาฬิกา	600	เมตร
X62	เส้นทางจาก	แยกหอนาฬิกา	ไป	ประปาภูมิภาค	600	เมตร
X63	เส้นทางจาก	แยกหอนาฬิกา	ไป	แยกสระน้ำ	50	เมตร
X64	เส้นทางจาก	แยกสระน้ำ	ไป	แยกหอนาฬิกา	50	เมตร
X65	เส้นทางจาก	แยกคิลปกร	ไป	แยกหอนาฬิกา	1470	เมตร
X66	เส้นทางจาก	แยกหอนาฬิกา	ไป	แยกคิลปกร	1470	เมตร
X67	เส้นทางจาก	แยกคิลปกร	ไป	ประปาภูมิภาค	1200	เมตร
X68	เส้นทางจาก	ประปาภูมิภาค	ไป	แยกคิลปกร	1200	เมตร
X69	เส้นทางจาก	แยกสระน้ำ	ไป	ประปาภูมิภาค	6500	เมตร
X70	เส้นทางจาก	ประปาภูมิภาค	ไป	แยกสระน้ำ	6500	เมตร

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

X71	เส้นทางจาก	แยกสะพาน	ไป	หัวสะพาน	6400	เมตร
X72	เส้นทางจาก	หัวสะพาน	ไป	แยกสะพาน	6400	เมตร
X73	เส้นทางจาก	แยกสะพาน	ไป	แยกศิลป์กร	1520	เมตร
X74	เส้นทางจาก	แยกศิลป์กร	ไป	แยกสะพาน	1520	เมตร
X75	เส้นทางจาก	แยกสะพาน	ไป	แยกไฟแดง	1100	เมตร
X76	เส้นทางจาก	แยกไฟแดง	ไป	แยกสะพาน	1100	เมตร
X77	เส้นทางจาก	ตลาดเมืองใหม่	ไป	แยกสะพาน	1710	เมตร
X78	เส้นทางจาก	แยกสะพาน	ไป	ตลาดเมืองใหม่	1710	เมตร
X79	เส้นทางจาก	แยกไฟแดง	ไป	หัวสะพาน	464	เมตร
X80	เส้นทางจาก	หัวสะพาน	ไป	แยกไฟแดง	464	เมตร
X81	เส้นทางจาก	ตลาดเมืองใหม่	ไป	หัวสะพาน	1070	เมตร
X82	เส้นทางจาก	หัวสะพาน	ไป	ตลาดเมืองใหม่	1070	เมตร
X83	เส้นทางจาก	แยกขนส่ง	ไป	หัวสะพาน	1510	เมตร
X84	เส้นทางจาก	หัวสะพาน	ไป	แยกขนส่ง	1510	เมตร
X85	เส้นทางจาก	แยกศิลป์กร	ไป	แยกไฟแดง	2430	เมตร
X86	เส้นทางจาก	แยกไฟแดง	ไป	แยกศิลป์กร	2430	เมตร
X87	เส้นทางจาก	แยกไฟแดง	ไป	ตลาดเมืองใหม่	600	เมตร
X88	เส้นทางจาก	ตลาดเมืองใหม่	ไป	แยกไฟแดง	600	เมตร
X89	เส้นทางจาก	ตลาดเมืองใหม่	ไป	แยกขนส่ง	430	เมตร
X90	เส้นทางจาก	แยกขนส่ง	ไป	ตลาดเมืองใหม่	430	เมตร
X91	เส้นทางจาก	ตลาดเมืองใหม่	ไป	โรงน้ำแข็ง	2290	เมตร
X92	เส้นทางจาก	โรงน้ำแข็ง	ไป	ตลาดเมืองใหม่	2290	เมตร
X93	เส้นทางจาก	โรงน้ำแข็ง	ไป	แยกไฟแดง	600	เมตร
X94	เส้นทางจาก	แยกไฟแดง	ไป	โรงน้ำแข็ง	600	เมตร
X95	เส้นทางจาก	โค้งท่าทราย	ไป	ตลาดเมืองใหม่	1930	เมตร
X96	เส้นทางจาก	ตลาดเมืองใหม่	ไป	โค้งท่าทราย	1930	เมตร
X97	เส้นทางจาก	โค้งท่าทราย	ไป	แยกขนส่ง	1530	เมตร
X98	เส้นทางจาก	แยกขนส่ง	ไป	โค้งท่าทราย	1530	เมตร

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

X99	เส้นทางจาก	แยกยูคา	ไป	โค้งท่าทราย	960	เมตร
X100	เส้นทางจาก	โค้งท่าทราย	ไป	แยกยูคา	960	เมตร
X101	เส้นทางจาก	โค้งท่าทราย	ไป	โรงน้ำแข็ง	370	เมตร
X102	เส้นทางจาก	โรงน้ำแข็ง	ไป	โค้งท่าทราย	370	เมตร
X103	เส้นทางจาก	แยกวังหิน	ไป	แยกศิลป์กร	2770	เมตร
X104	เส้นทางจาก	แยกศิลป์กร	ไป	แยกวังหิน	2770	เมตร
X105	เส้นทางจาก	แยกบ่อขยะ	ไป	แยกศิลป์กร	300	เมตร
X106	เส้นทางจาก	แยกศิลป์กร	ไป	แยกบ่อขยะ	300	เมตร
X107	เส้นทางจาก	โรงน้ำแข็ง	ไป	โรงสี	1190	เมตร
X108	เส้นทางจาก	โรงสี	ไป	โรงน้ำแข็ง	1190	เมตร
X109	เส้นทางจาก	โรงน้ำแข็ง	ไป	แยกยูคา	590	เมตร
X110	เส้นทางจาก	แยกยูคา	ไป	โรงน้ำแข็ง	590	เมตร
X111	เส้นทางจาก	แยกยูคา	ไป	โรงสี	600	เมตร
X112	เส้นทางจาก	โรงสี	ไป	แยกยูคา	600	เมตร
X113	เส้นทางจาก	แยกวังหิน	ไป	โรงสี	1260	เมตร
X114	เส้นทางจาก	โรงสี	ไป	แยกวังหิน	1260	เมตร
X115	เส้นทางจาก	โรงสี	ไป	แยกบ่อขยะ	1500	เมตร
X116	เส้นทางจาก	แยกบ่อขยะ	ไป	โรงสี	1500	เมตร
X117	เส้นทางจาก	แยกบ้านดง	ไป	โรงสี	2605	เมตร
X118	เส้นทางจาก	โรงสี	ไป	แยกบ้านดง	2605	เมตร
X119	เส้นทางจาก	โรงสี	ไป	บ้านวังหิน	1000	เมตร
X120	เส้นทางจาก	บ้านวังหิน	ไป	โรงสี	1000	เมตร
X121	เส้นทางจาก	แยกยูคา	ไป	แยกวังหิน	1860	เมตร
X122	เส้นทางจาก	แยกวังหิน	ไป	แยกยูคา	1860	เมตร
X123	เส้นทางจาก	แยกวังหิน	ไป	บ้านวังหิน	2600	เมตร
X124	เส้นทางจาก	บ้านวังหิน	ไป	แยกวังหิน	2600	เมตร
X125	เส้นทางจาก	แยกวังหิน	ไป	แยกบ่อขยะ	223	เมตร
X126	เส้นทางจาก	แยกบ่อขยะ	ไป	แยกวังหิน	223	เมตร

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

X127	เส้นทางจาก	แยกวังหิน	ไป	แยกบ้านดง	3740	เมตร
X128	เส้นทางจาก	แยกบ้านดง	ไป	แยกวังหิน	3740	เมตร
X129	เส้นทางจาก	แยกวังหิน	ไป	ท่าศาลา	870	เมตร
X130	เส้นทางจาก	ท่าศาลา	ไป	แยกวังหิน	870	เมตร
X131	เส้นทางจาก	แยกบ่อขยะ	ไป	แยกบ้านดง	3500	เมตร
X132	เส้นทางจาก	แยกบ้านดง	ไป	แยกบ่อขยะ	3500	เมตร
X133	เส้นทางจาก	บ้านวังหิน	ไป	แยกบ่อขยะ	500	เมตร
X134	เส้นทางจาก	แยกบ่อขยะ	ไป	บ้านวังหิน	500	เมตร
X135	เส้นทางจาก	แยกบ้านดง	ไป	บ้านวังหิน	4000	เมตร
X136	เส้นทางจาก	บ้านวังหิน	ไป	แยกบ้านดง	4000	เมตร
X137	เส้นทางจาก	ท่าศาลา	ไป	บ้านวังหิน	695	เมตร
X138	เส้นทางจาก	บ้านวังหิน	ไป	ท่าศาลา	695	เมตร
X139	เส้นทางจาก	สถานที่ฝั่งกลบ	ไป	แยกบ่อขยะ	1360	เมตร
X140	เส้นทางจาก	แยกบ่อขยะ	ไป	สถานที่ฝั่งกลบ	1360	เมตร
X141	เส้นทางจาก	สถานที่ฝั่งกลบ	ไป	แยกวังหิน	1583	เมตร
X142	เส้นทางจาก	แยกวังหิน	ไป	สถานที่ฝั่งกลบ	1583	เมตร
X143	เส้นทางจาก	ท่าศาลา	ไป	สถานที่ฝั่งกลบ	1940	เมตร
X144	เส้นทางจาก	สถานที่ฝั่งกลบ	ไป	ท่าศาลา	1940	เมตร
X145	เส้นทางจาก	ท่าศาลา	ไป	ศาลตาปู่	390	เมตร
X146	เส้นทางจาก	ศาลตาปู่	ไป	ท่าศาลา	390	เมตร
X147	เส้นทางจาก	สถานที่ฝั่งกลบ	ไป	ศาลตาปู่	1550	เมตร
X148	เส้นทางจาก	ศาลตาปู่	ไป	สถานที่ฝั่งกลบ	1550	เมตร

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุดคือ เส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Path)

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Distance} : & 510(X1) + 510(X2) + 1110(X3) + 1110(X4) + 630(X5) + \\ & 630(X6) + 1340(X7) + 1340(X8) + 840(X9) + 840(X10) + 2410(X11) + 2410(X12) + 630(X13) \\ & + 630(X14) + 630(X15) + 630(X16) + 2170(X17) + 2170(X18) + 1490(X19) + 1490(X20) + \\ & 2890(X21) + 2890(X22) + 2520(X23) + 2520(X24) + 720(X25) + 720(X26) + 4170(X27) + \\ & 4170(X28) + 2910(X29) + 2910(X30) + 2850(X31) + 2850(X32) + 5060(X33) + 5060(X34) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 2200(X35) + 2200(X36) + 1310(X37) + 1310(X38) + 800(X39) + 800(X40) + 2700(X41) + \\
& 2700(X42) + 190(X43) + 190(X44) + 1520(X45) + 1520(X46) + 2250(X47) + 2250(X48) + \\
& 1080(X49) + 1080(X50) + 440(X51) + 440(X52) + 1170(X53) + 1170(X54) + 1830(X55) + \\
& 1830(X56) + 650(X57) + 650(X58) + 1310(X59) + 1310(X60) + 600(X61) + 600(X62) + \\
& 50(X63) + 50(X64) + 1470(X65) + 1470(X66) + 1200(X67) + 1200(X68) + 6500(X69) + \\
& 6500(X70) + 6400(X71) + 6400(X72) + 1520(X73) + 1520(X74) + 1100(X75) + 1100(X76) + \\
& 1710(X77) + 1710(X78) + 464(X79) + 484(X80) + 1070(X81) + 1070(X82) + 1510(X83) + \\
& 1510(X84) + 2430(X85) + 2430(X86) + 600(X87) + 600(X88) + 430(X89) + 430(X90) + \\
& 2290(X91) + 2290(X92) + 600(X93) + 600(X94) + 1930(X95) + 1930(X96) + 1530(X97) + \\
& 1530(X98) + 960(X99) + 960(X100) + 370(X101) + 370(X102) + 2770(X103) + 2770(X104) + \\
& 300(X105) + 300(X106) + 1190(X107) + 1190(X108) + 590(X109) + 590(X110) + 600(X111) + \\
& 600(X112) + 1260(X113) + 1260(X114) + 1500(X115) + 1500(X116) + 2605(X117) + \\
& 2605(X118) + 1000(X119) + 1000(X120) + 1860(X121) + 1860(X122) + 2600(X123) + \\
& 2600(X124) + 223(X125) + 223(X126) + 3740(X127) + 3740(X128) + 870(X129) + 870(X130) \\
& + 3500(X131) + 3500(X132) + 500(X133) + 500(X134) + 4000(X135) + 4000(X136) + \\
& 695(X137) + 695(X138) + 1360(X139) + 1360(X140) + 1583(X141) + 1583(X142) + 1940(X143) \\
& + 1940(X144) + 390(X145) + 390(X146) + 1550(X147) + 1550(X148) \tag{4.1}
\end{aligned}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด

3.1 ด้านกระแสเข้าและกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัดเส้นทางวันจันทร์

1	อบต.	$-X3-X5-X10+X2+X4+X11= 1$ (รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย)
2	แยกบ้านขาม	$-X2-X7-X15-X13+X3+X6+X14+X12= 0$
3	แยกบ้านขามซอย 1	$-X4-X6-X17-X8+X5+X7+X16+X9= 0$
4	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	$-X9-X19-X21-X22-X24+X8+X18+X20+X23+X25= 0$
5	บ้านขามซอย 2	$-X14-X16-X18-X27-X29-$ $X32+X15+X17+X19+X26+X28+X33= 0$
6	บ้านม่วง	$-X23-X26-X34+X22+X27+X35= 0$

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

7	แยกบ้านน้อย	$-X25-X28-X31-X37-X38+X24+X29+X30+X36+X39= 0$
8	อ.กึ่งเผา	$-X12-X20-X30-X43+X13+X21+X31+X42= 0$
9	ไทรงาม	$-X39-X41-X46-X48-X51+X38+X40+X47+X49+X50= 0$
10	ร.พ.พิมาย	$-X40-X36-X35-X33-X42-X61-X59-$ $X45+X37+X34+X32+X43+X60+X58+X44+X41= 0$
11	แยกไทรงาม	$-X50-X44-X53-X54-X57+X51+X45+X52+X55+X56= 0$
12	ประปาภูมิภาค	$-X58-X63-X68-X70-X52-$ $X47+X46+X59+X62+X69+X71+X53= 0$
13	แยกหอนาฬิกา	$-X60-X62-X65-X66+X61+X63+X64+X67= 0$
14	แยกสระน้ำ	$-X55-X49-X71-X64-X75-X77-X78-X73+X54-$ $X48+X70+X65+X74+X76+X79+X72= 0$
15	หัวสะพาน	$-X11-X56-X72-X80-X82-$ $X84+X10+X57+X73+X81+X83+X85= 0$
16	แยกไฟแดง	$-X76-X86-X94-X89-X81+X77+X87+X95+X88+X80= 0$
17	แยกศิลปกร	$-X69-X67-X104-X106-X87-$ $X74+X66+X105+X107+X86+X75+X68 = 0$
18	ตลาดเมืองใหม่	$-X79-X88-X93-X96-X91-$ $X83+X89+X92+X97+X90+X82+X77= 0$
19	แยกขนส่ง	$-X85-X90-X98+X84+X91+X99= 0$
20	โรงน้ำแข็ง	$-X92-X95-X109-X111-$ $X102+X93+X94+X108+X110+X103= 0$
21	โค้งท่าทราย	$-X97-X103-X100-X99+X96+X102+X101+X98= 0$
22	โรงสี	$-X108-X114-X117-X118-X121-$ $X112+X109+X115+X116+X119+X120+X113= 0$
23	แยกยูคา	$-X101-X110-X113-X123+X100+X111+X112+X122= 0$
24	แยกวังหิน	$-X105-X115-X122-X125-X127-X129-X131-$ $X142+X104+X114+X123+X124+X126+X128+X130+X14$ $3= 0$

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

25	แยกบ่อขยะ	$-X_{107}-X_{116}-X_{134}-X_{133}-X_{140}-$ $X_{126}+X_{106}+X_{117}+X_{135}+X_{132}+X_{141}+X_{127}= 0$
26	บ้านวังหิน	$-X_{120}-X_{124}-X_{135}-X_{136}-$ $X_{138}+X_{121}+X_{125}+X_{134}+X_{137}+X_{139}= 0$
27	แยกบ้านดง	$-X_{137}-X_{119}-X_{132}-X_{128}+X_{136}+X_{117}+X_{133}+X_{129}= 0$
28	ท่าศาลา	$-X_{130}-X_{145}-X_{147}-X_{139}+X_{131}+X_{144}+X_{146}+X_{138}= 0$
29	ศาลดาปู่	$-X_{146}-X_{148}+X_{147}+X_{149}= 0$
30	สถานที่ฝังกลบขยะ	$-X_{143}-X_{141}-X_{144}-X_{149}+X_{142}+X_{140}+X_{145}+X_{148}= -1$

3.2) ฟังก์ชันข้อจำกัดด้านน้ำหนักบรรทุก

ตารางที่ 4.4 น้ำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันจันทร์

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
1	อบต.	\leq	0
2	แยกบ้านขาม	\leq	120
3	แยกบ้านขามซอย 1	\leq	140
4	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	\leq	100
5	บ้านขามซอย 2	\leq	80
6	บ้านม่วง	\leq	90
7	แยกบ้านน้อย	\leq	100
8	อ.ทุ่งเตา	\leq	900
9	ไทรงาม	\leq	100
10	ร.พ.พิมาย	\leq	1200
11	แยกไทรงาม	\leq	120
12	ประปาภูมิภาค	\leq	180
13	แยกหอนาฬิกา	\leq	120
14	แยกสระน้ำ	\leq	120

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
15	หัวสะพาน	<=	300
16	แยกไฟแดง	<=	200
17	แยกสีลปกร	<=	90
18	ตลาดเมืองใหม่	<=	2200
19	แยกขนส่ง	<=	300
20	โรงน้ำแข็ง	<=	250
21	โค้งท่าทราย	<=	200
22	โรงสี	<=	200
23	แยกยูคา	<=	150
24	แยกวังหิน	<=	120
25	แยกบ่อขยะ	<=	120
26	บ้านวังหิน	<=	150
27	แยกบ้านดง	<=	500
28	ท่าศาลา	<=	200
29	ศาลตาปู่	<=	200
30	สถานที่ฝังกลบ	<=	8600

Maximize Total Distance : $0(X_1) + 120(X_2) + 0(X_3) + 140(X_4) + 120(X_5) + 140(X_6) + 100(X_7) + 140(X_8) + 300(X_9) + 0(X_{10}) + 120(X_{11}) + 900(X_{12}) + 120(X_{13}) + 80(X_{14}) + 140(X_{15}) + 80(X_{16}) + 100(X_{17}) + 80(X_{18}) + 100(X_{19}) + 900(X_{20}) + 90(X_{21}) + 100(X_{22}) + 100(X_{23}) + 100(X_{24}) + 80(X_{25}) + 90(X_{26}) + 80(X_{27}) + 100(X_{28}) + 100(X_{29}) + 900(X_{30}) + 1200(X_{31}) + 80(X_{32}) + 1200(X_{33}) + 90(X_{34}) + 100(X_{35}) + 1200(X_{36}) + 100(X_{37}) + 100(X_{38}) + 100(X_{39}) + 1200(X_{40}) + 900(X_{41}) + 1200(X_{42}) + 1200(X_{43}) + 120(X_{44}) + 180(X_{45}) + 100(X_{46}) + 120(X_{47}) + 100(X_{48}) + 100(X_{49}) + 120(X_{50}) + 120(X_{51}) + 180(X_{52}) + 120(X_{53}) + 120(X_{54}) + 120(X_{55}) + 300(X_{56}) + 1200(X_{57}) + 180(X_{58}) + 1200(X_{59}) + 120(X_{60}) + 180(X_{61}) + 120(X_{62}) + 120(X_{63}) + 120(X_{64}) + 90(X_{65}) + 120(X_{66}) + 90(X_{67}) + 180(X_{68}) + 120(X_{69}) + 180(X_{70}) + 120(X_{71}) + 300(X_{72}) + 120(X_{73}) + 90(X_{74}) + 120(X_{75}) + 200(X_{76}) +$

$$\begin{aligned}
& 2200(X77) + 120(X78) + 200(X79) + 300(X80) + 300(X81) + 300(X82) + 300(X83) + 300(X84) \\
& + 90(X85) + 200(X86) + 200(X87) + 2200(X88) + 2200(X89) + 300(X90) + 2200(X91) + \\
& 250(X92) + 250(X93) + 200(X94) + 200(X95) + 2200(X96) + 200(X97) + 300(X98) + 150(X99) \\
& + 200(X100) + 200(X101) + 250(X102) + 150(X103) + 90(X104) + 120(X105) + 90(X106) + \\
& 250(X107) + 200(X108) + 250(X109) + 150(X110) + 150(X111) + 200(X112) + 150(X113) + \\
& 200(X114) + 200(X115) + 120(X116) + 500(X117) + 200(X118) + 200(X119) + 150(X120) + \\
& 150(X121) + 150(X122) + 150(X123) + 150(X124) + 150(X125) + 120(X126) + 150(X127) + \\
& 500(X128) + 150(X129) + 200(X130) + 120(X131) + 500(X132) + 150(X133) + 120(X134) + \\
& 500(X135) + 150(X136) + 200(X137) + 150(X138) + 0(X139) + 120(X140) + 0(X141) + \\
& 150(X142) + 200(X143) + 0(X144) + 200(X145) + 200(X146) + 0(X147) + 200(X148) \quad (4.2)
\end{aligned}$$

4.1.3 แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันอังคาร

- 1) ตัวแปรตัดสินใจ \longrightarrow หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังเส้นทางปลายทาง
อ้างอิงตารางที่ 4.1
- 2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือ เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด
อ้างอิงสมการที่ 4.1
- 3) ฟังก์ชันข้อจำกัด
อ้างอิงตารางที่ 4.2 โดยใช้ฟังก์ชันข้อจำกัด ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 น้ำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันอังคาร

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
1	อบต.	\leq	0
2	แยกบ้านขาม	\leq	0
3	แยกบ้านขามซอย	\leq	0
4	สำนักงานบำรุงน้ำ	\leq	0
5	บ้านขามซอย 2	\leq	0
6	บ้านม่วง	\leq	0
7	แยกบ้านน้อย	\leq	0
8	อ.กึ่งเผา	\leq	0

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
9	ไทรงาม	<=	0
10	ร.พ.พิมาย	<=	0
11	แยกไทรงาม	<=	0
12	ประปาภูมิภาค	<=	0
13	แยกหอนาฬิกา	<=	0
14	แยกสระน้ำ	<=	0
15	หัวสะพาน	<=	300
16	แยกไฟแดง	<=	200
17	แยกศิลป์กร	<=	90
18	ตลาดเมืองใหม่	<=	2200
19	แยกขนส่ง	<=	300
20	โรงน้ำแข็ง	<=	250
21	โค้งท่าทราย	<=	200
22	โรงสี	<=	200
23	แยกยูคา	<=	150
24	แยกวังหิน	<=	0
25	แยกบ่อขยะ	<=	120
26	บ้านวังหิน	<=	150
27	แยกบ้านดง	<=	500
28	ท่าศาลา	<=	200
29	ศาลตาปู่	<=	200

ข้อมูลน้ำหนักขยะประจำจุดเก็บที่เป็น 0 หมายถึง ไม่เข้าเก็บประจำเส้นทาง

4.1.4 แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันพุธ

1) ตัวแปรตัดสินใจ \longrightarrow หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังเส้นทางปลายทาง

อ้างอิงตารางที่ 4.1

- 2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือ เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด
อ้างอิงสมการที่ 4.1
- 3) ฟังก์ชันข้อจำกัด อ้างอิงตารางที่ 4.2 โดยใช้ฟังก์ชันข้อจำกัด ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันพุธ

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
1	อบต.	<=	0
2	แยกบ้านขาม	<=	120
3	แยกบ้านขามซอย 1	<=	140
4	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	<=	100
5	บ้านขามซอย 2	<=	80
6	บ้านม่วง	<=	0
7	แยกบ้านน้อย	<=	100
8	อ.กุ่มเผา	<=	0
9	ไทรงาม	<=	100
10	ร.พ.พิมาย	<=	1200
11	แยกไทรงาม	<=	120
12	ประปาภูมิภาค	<=	0
13	แยกหอนาฬิกา	<=	120
14	แยกสระน้ำ	<=	120
15	หัวสะพาน	<=	0
16	แยกไฟแดง	<=	0
17	แยกสีลปกร	<=	90
18	ตลาดเมืองใหม่	<=	0
19	แยกขนส่ง	<=	0
20	โรงน้ำแข็ง	<=	0

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
21	โถ้งท่าทราย	<=	0
22	โรงสี	<=	0
23	แยกยูคา	<=	0
24	แยกวังหิน	<=	120
25	แยกบ่อขยะ	<=	120
26	บ้านวังหิน	<=	0
27	แยกบ้านดง	<=	0
28	ท่าศาลา	<=	0
29	ศาลดาปู่	<=	0

ข้อมูลน้ำหนักขยะประจำจุดเก็บที่เป็น 0 หมายถึง ไม่เข้าเก็บประจำเส้นทาง

4.1.5 แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันพฤหัสบดี

- 1) ตัวแปรตัดสินใจ \longrightarrow หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังเส้นทางปลายทาง อ้างอิงตารางที่ 4.1
- 2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุดคือ เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด อ้างอิงสมการที่ 4.1
- 3) ฟังก์ชันข้อจำกัด
อ้างอิงตารางที่ 4.2 โดยใช้ฟังก์ชันข้อจำกัด ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันพฤหัสบดี

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
1	อบต.	<=	0
2	แยกบ้านขาม	<=	0
3	แยกบ้านขามซอย 1	<=	0
4	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	<=	0

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
5	บ้านขามชอย 2	<=	0
6	บ้านม่วง	<=	0
7	แยกบ้านน้อย	<=	0
8	อ.กุ่มเผา	<=	0
9	ไทรงาม	<=	0
10	ร.พ.พิมาย	<=	0
11	แยกไทรงาม	<=	0
12	ประปาภูมิภาค	<=	0
13	แยกหอนาฬิกา	<=	0
14	แยกสระน้ำ	<=	0
15	หัวสะพาน	<=	300
16	แยกไฟแดง	<=	200
17	แยกศิลปกร	<=	90
18	ตลาดเมืองใหม่	<=	2200
19	แยกขนส่ง	<=	300
20	โรงน้ำแข็ง	<=	250
21	โค้งท่าทราย	<=	200
22	โรงสี	<=	200
23	แยกยูคา	<=	150
24	แยกวังหิน	<=	0
25	แยกบ่อขยะ	<=	0
26	บ้านวังหิน	<=	150
27	แยกบ้านดง	<=	500
28	ท่าศาลา	<=	200
29	ศาลดาปู่	<=	200

ข้อมูลน้ำหนักขยะประจำจุดเก็บที่เป็น 0 หมายถึง ไม่เข้าเก็บประจำเส้นทาง

4.1.6 แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันศุกร์

- 1) ตัวแปรตัดสินใจ \longrightarrow หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังเส้นทางปลายทาง
อ้างอิงตารางที่ 4.1
- 2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินค่าตอบที่ดีที่สุด คือ เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด
อ้างอิงสมการที่ 4.1
- 3) ฟังก์ชันข้อจำกัด
อ้างอิงตารางที่ 4.2 โดยใช้ฟังก์ชันข้อจำกัด ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 นำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันศุกร์

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
1	อบต.	\leq	0
2	แยกบ้านขาม	\leq	120
3	แยกบ้านขามซอย 1	\leq	140
4	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	\leq	100
5	บ้านขามซอย 2	\leq	80
6	บ้านม่วง	\leq	90
7	แยกบ้านน้อย	\leq	100
8	อ.กึ่งเผา	\leq	900
9	ไทรงาม	\leq	100
10	ร.พ.พิมาย	\leq	1200
11	แยกไทรงาม	\leq	120
12	ประปาภูมิภาค	\leq	180
13	แยกหอนาฬิกา	\leq	120
14	แยกสระน้ำ	\leq	120
15	หัวสะพาน	\leq	0
16	แยกไฟแดง	\leq	0
17	แยกศิลปกร	\leq	90
18	ตลาดเมืองใหม่	\leq	0

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
19	แยกขนส่ง	<=	0
20	โรงน้ำแข็ง	<=	0
21	โค้งท่าทราย	<=	0
22	โรงสี	<=	0
23	แยกยูคา	<=	0
24	แยกวังหิน	<=	120
25	แยกบ่อขยะ	<=	120
26	บ้านวังหิน	<=	0
27	แยกบ้านดง	<=	0
28	ท่าศาลา	<=	0
29	ศาลดาปู่	<=	0

ข้อมูลน้ำหนักขยะประจำจุดเก็บที่เป็น 0 หมายถึง ไม่เข้าเก็บประจำเส้นทาง

4.1.7 แบบจำลองของปัญหาเส้นทางวันเสาร์

- 1) ตัวแปรตัดสินใจ \longrightarrow หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังเส้นทางปลายทาง อ้างอิงตารางที่ 4.1
- 2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินค่าตอบที่ดีที่สุด คือ เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด อ้างอิงสมการที่ 4.1
- 3) ฟังก์ชันข้อจำกัด
อ้างอิงตารางที่ 4.2 โดยใช้ฟังก์ชันข้อจำกัด ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักขยะรวมสูงสุดประจำจุดเก็บวันเสาร์

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
1	อบต.	<=	0
2	แยกบ้านขาม	<=	0
3	แยกบ้านขามซอย 1	<=	0

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

เลขโหนด	ชื่อโหนด		น้ำหนักขยะ (Kg)
4	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	<=	0
5	บ้านขามชอย 2	<=	0
6	บ้านม่วง	<=	0
7	แยกบ้านน้อย	<=	0
8	อ.กุ่มเผา	<=	0
9	ไทรงาม	<=	0
10	ร.พ.พิมาย	<=	0
11	แยกไทรงาม	<=	0
12	ประปาภูมิภาค	<=	0
13	แยกหอนาฬิกา	<=	0
14	แยกสระน้ำ	<=	0
15	หัวสะพาน	<=	300
16	แยกไฟแดง	<=	200
17	แยกศิลป์กร	<=	90
18	ตลาดเมืองใหม่	<=	2200
19	แยกขนส่ง	<=	300
20	โรงน้ำแข็ง	<=	250
21	โค้งท่าทราย	<=	200
22	โรงสี	<=	200
23	แยกยูคา	<=	150
24	แยกวังหิน	<=	0
25	แยกบ่อขยะ	<=	0
26	บ้านวังหิน	<=	150
27	แยกบ้านดง	<=	500
28	ท่าศาลา	<=	200
29	ศาลดาปู่	<=	200

ข้อมูลน้ำหนักขยะประจำจุดเก็บที่เป็น 0 หมายถึง ไม่เข้าเก็บประจำเส้นทาง

ตารางที่ 4.10 หมายเลขโหนดแทนชื่อจุดเก็บขยะและน้ำหนักประจำจุดเก็บขยะ

เลขโหนด	ชื่อโหนด	น้ำหนักขยะ (กก.)
1	อบต.พิมาย	0
2	แยกบ้านขาม	120
3	บ้านขามซอย 1	140
4	สนง.บำรุงรักษาน้ำ	100
5	อ.กึ่งเผา	900
6	บ้านขามซอย 2	80
7	บ้านม่วง	90
8	แยกบ้านน้อย	100
9	รพ.พิมาย	1200
10	ไทรงาม	100
11	แยกหอนาฬิกา	120
12	ประปาภูมิภาค	180
13	แยกไทรงาม	120
14	แยกศาลป่ากร	90
15	แยกสระน้ำ	120
16	หัวสะพาน	300
17	แยกไฟแดง	200
18	ตลาดเมืองใหม่	2200
19	แยกขนส่ง	400
20	โรงน้ำแข็ง	250
21	โค้งท่าทราย	200
22	โรงสี	200
23	แยกยูคา	150
24	แยกบ่อขยะ	120

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

เลขโหนด	ชื่อโหนด	น้ำหนักขยะ (กก.)
25	บ้านวังหิน	150
26	แยกวังหิน	120
27	แยกบ้านดง	500
28	ท่าศาลา	150
29	ศาลตาปู่	200
30	สถานที่ฝังกลบ	8600

4.2 ผลการเปรียบเทียบเส้นทางจากโปรแกรม Solver

โดยกำหนดเลขโหนดและชื่อโหนด ดังนี้ 1. อบต. 2. แยกบ้านขาม 3. บ้านขามซอย 1 4. สนง.บำรุงรักษาน้ำ 5. บ้านขามซอย 2 6.บ้านม่วง 7. แยกบ้านน้อย 8. ร้าน อ.กุงเผา 9. ไทรงาม 10. โรงพยาบาลพิมาย 11. แยกไทรงาม 12. ประปาภูมิภาค 13. แยกหอนาฬิกา 14. แยกสระน้ำ 15. หัวสะพาน 16. แยกไฟแดง 17. แยกศิลป์กร 18. ตลาดเมืองใหม่ 19. แยกขนส่ง 20. โรงน้ำแข็ง 21. โคน้ำท่าทราย 22. โรงสี 23. แยกยูคา 24. แยกวังหิน 25. แยกบ่อขยะ 26. บ้านวังหิน 27. แยกบ้านดง 28. ท่าศาลา 29. ศาลตาปู่ 30. สถานที่ฝังกลบ

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ,น้ำหนัก,ระยะทางระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันจันทร์

เส้นทางเดินรถเก็บขยะวันจันทร์		น้ำหนักขยะ ที่เก็บ (กก.)	ระยะทาง (เมตร)
เส้นทางเดิม	1 > 2 > 3 > 5 > 4 > 6 > 8 > 7 > 9 > 10 > 11 > 12 > 14 > 13 > 17 > 24 > 25 > 30	3700	19043
เส้นทางจาก Solver	1 > 2 > 3 > 5 > 4 > 6 > 8 > 7 > 9 > 10 > 11 > 12 > 14 > 13 > 17 > 24 > 25 > 30	3700	19043
ผลต่าง		0	0

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ, น้ำหนัก, ระยะทางระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันอังคาร

เส้นทางเดินรถเก็บขยะวันอังคาร		น้ำหนักขยะ ที่เก็บ (กก.)	ระยะทาง (เมตร)
เส้นทางเดิม	1 > 15 > 16 > 18 > 19 > 21 > 20 > 23 > 22 > 27 > 26 > 28 > 29 > 30	4900	14664
เส้นทางจาก Solver	1 > 15 > 16 > 18 > 19 > 21 > 20 > 23 > 22 > 27 > 26 > 28 > 29 > 30	4900	14664
ผลต่าง		0	0

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ, น้ำหนัก, ระยะทางระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันพุธ

เส้นทางเดินรถเก็บขยะวันพุธ		น้ำหนักขยะ ที่เก็บ (กก.)	ระยะทาง (เมตร)
เส้นทางเดิม	1>2>3>5>4>7>9>10>11>14>13>17>24>25>30	2530	15803
เส้นทางจาก Solver	1 > 2 > 5 > 3 > 4 > 7 > 9 > 10 > 11 > 14 > 13 > 17 > 24 > 25 > 30	2530	14973
ผลต่าง		0	830

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ, น้ำหนัก, ระยะทางระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันพฤหัสบดี

เส้นทางเดินรถเก็บขยะวันพฤหัสบดี		น้ำหนักขยะ ที่เก็บ (กก.)	ระยะทาง (เมตร)
เส้นทางเดิม	1 > 15 > 16 > 18 > 19 > 21 > 20 > 23 > 22 > 27 > 26 > 28 > 29 > 30	4900	14664
เส้นทางจาก Solver	1 > 15 > 16 > 18 > 19 > 21 > 20 > 23 > 22 > 27 > 26 > 28 > 29 > 30	4900	14664
ผลต่าง		0	0

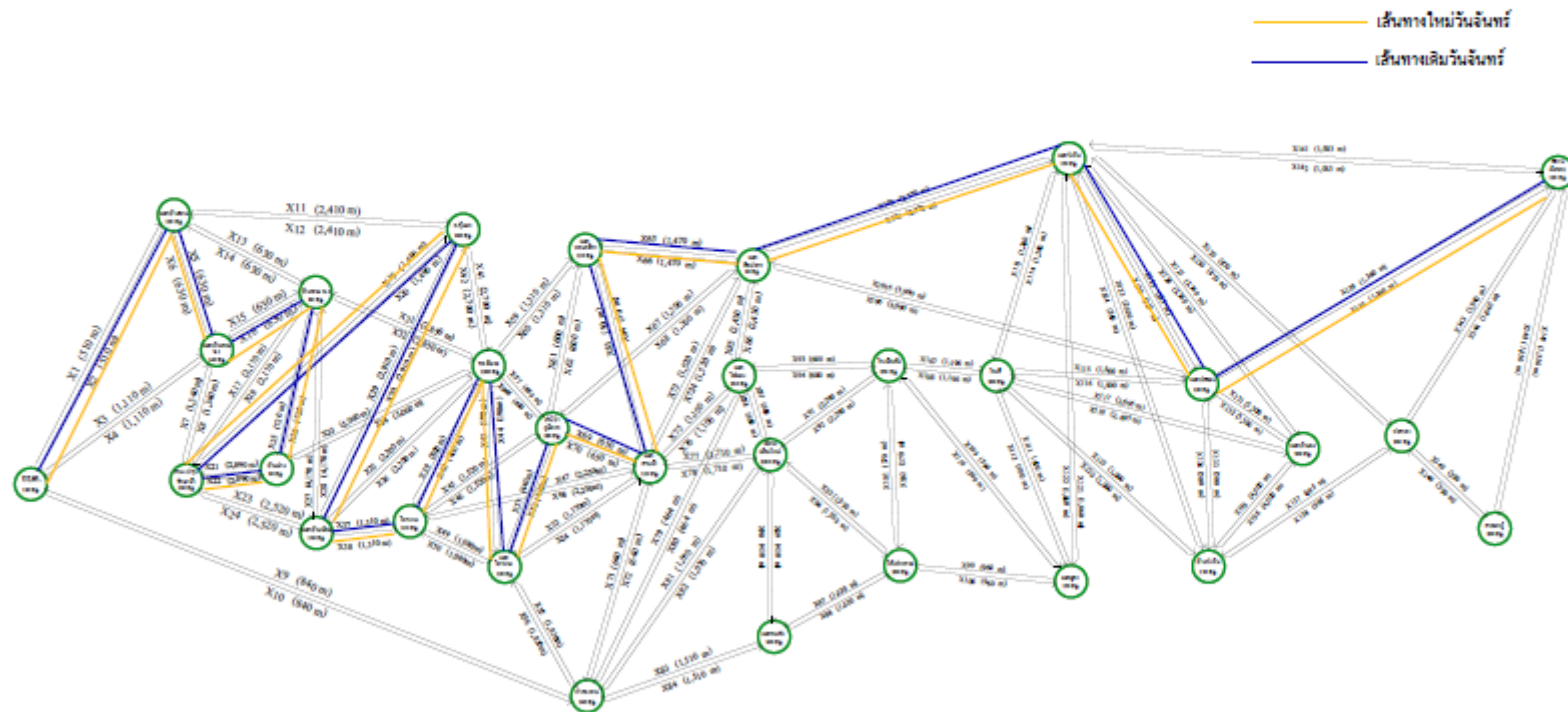
ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ, น้ำหนัก, ระยะทางระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันศุกร์

เส้นทางเดินรถเก็บขยะวันศุกร์		น้ำหนักขยะ ที่เก็บ (กก.)	ระยะทาง (เมตร)
เส้นทางเดิม	1>2>3>5>4>7>9>10>11>14>13>17>24>30	4900	15823
เส้นทางจาก Solver	1 > 2 > 5 > 3 > 4 > 7 > 9 > 10 > 11 > 14 > 13 > 17 > 24 > 30	4900	15613
ผลต่าง		0	210

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถเก็บขยะ, น้ำหนัก, ระยะทางระหว่างเส้นทางเดิมกับการ Run Solver ของวันเสาร์

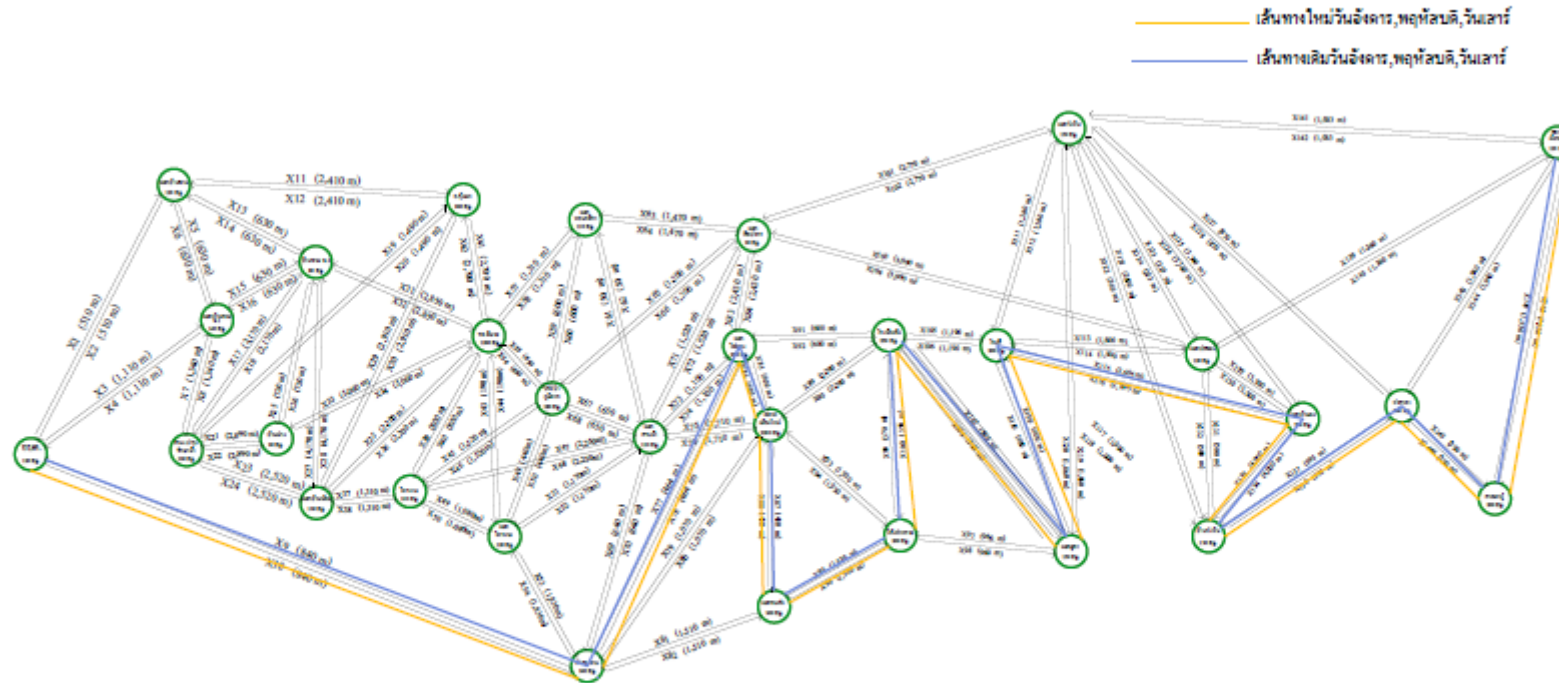
เส้นทางเดินรถเก็บขยะวันเสาร์		น้ำหนักขยะ ที่เก็บ (กก.)	ระยะทาง (เมตร)
เส้นทางเดิม	1 > 15 > 16 > 18 > 19 > 21 > 20 > 23 > 22 > 27 > 26 > 28 > 29 > 30	4900	14664
เส้นทางจาก Solver	1 > 15 > 16 > 18 > 19 > 21 > 20 > 23 > 22 > 27 > 26 > 28 > 29 > 30	4900	14664
ผลต่าง		0	0

เส้นทางจุดเก็บขยะเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่วันจันทร์



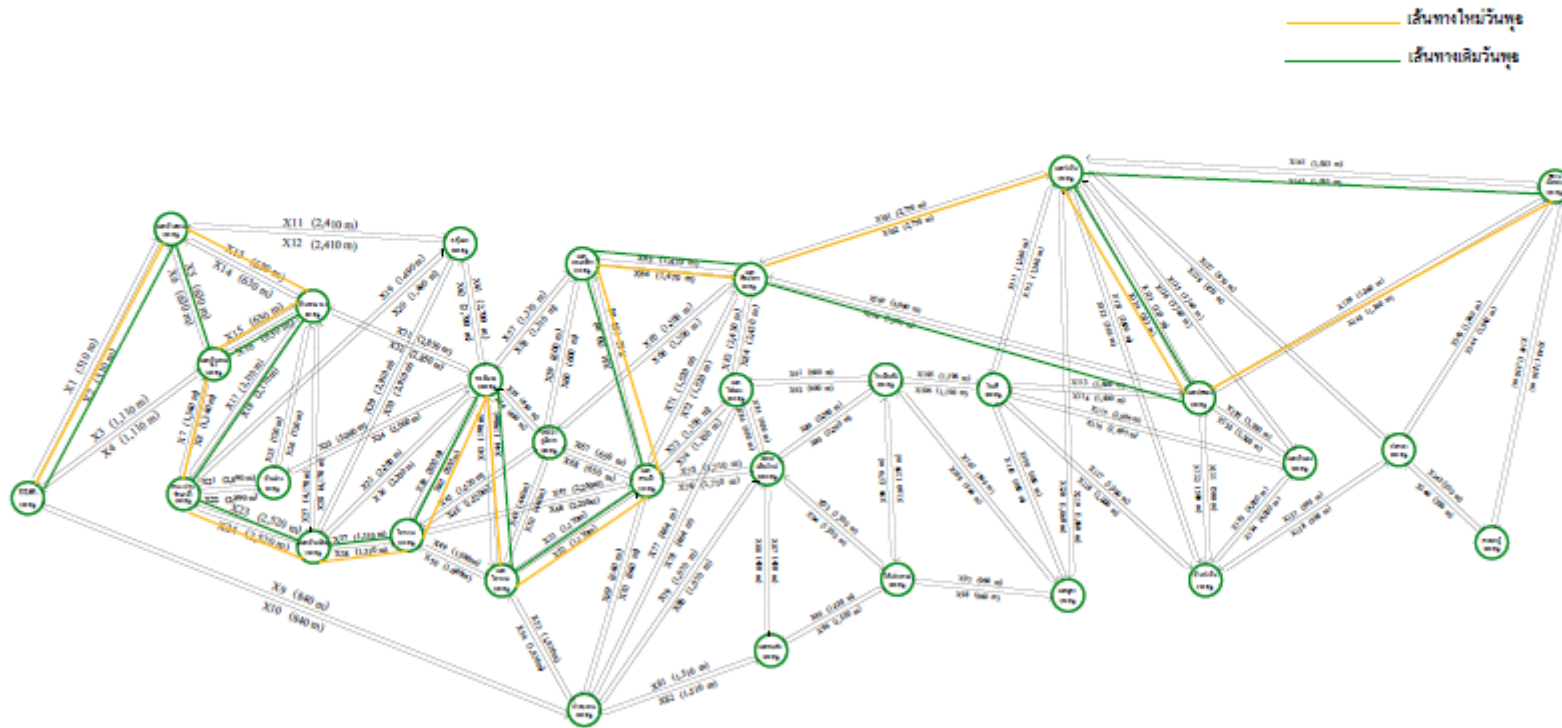
รูปที่ 4.2 แสดงแผนผังเปรียบเทียบเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่วันจันทร์

เส้นทางจุดเก็บขยะ วันอังคาร, วันพฤหัสบดีและ วันเสาร์/เดิมนและเส้นทางใหม่



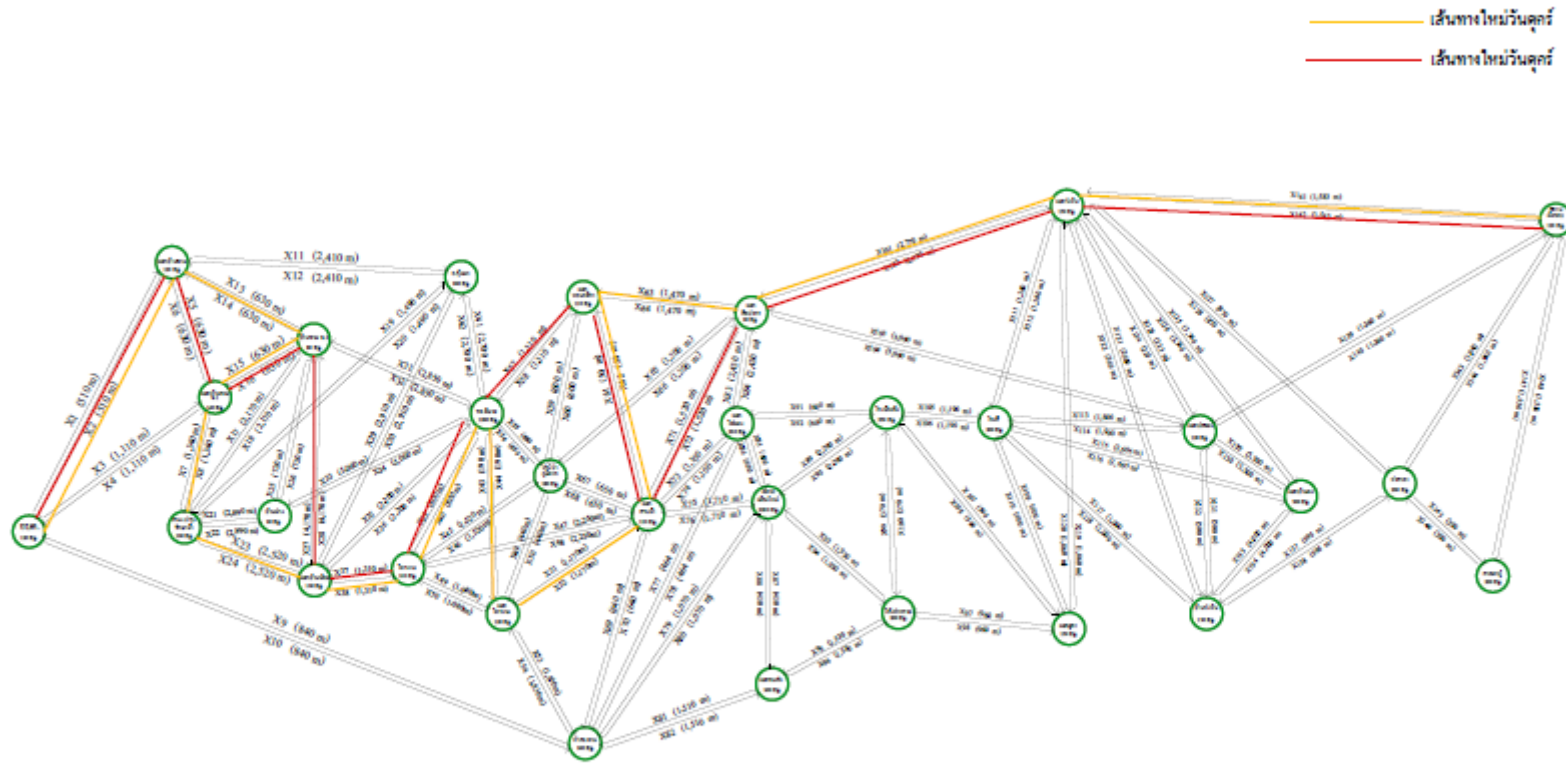
รูปที่ 4.3 แสดงแผนผังเปรียบเทียบเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่วันอังคาร, วันพฤหัสบดีและวันเสาร์

เส้นทางจุดเก็บขยะเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่วันพุธ



รูปที่ 4.4 แสดงแผนผังเปรียบเทียบเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่วันพุธ

เส้นทางจุดเก็บขยะเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่วันศุกร์



รูปที่ 4.5 แสดงแผนผังเปรียบเทียบเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่วันศุกร์

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเส้นทางรถขนส่งขยะ เพื่อต้องการทราบเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ และขนส่งขยะไปในสถานที่ฝังกลบในปัจจุบัน โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solver และทำแบบจำลองเส้นทางจัดเก็บขยะแบบ Network ตามจุดเก็บขยะที่อยู่ในเขตพื้นที่รับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ทั้งหมด 4 เส้นทาง ซึ่งใช้ระยะเวลาทดสอบจำนวน 8 สัปดาห์ ผลการศึกษสรุปได้ดังนี้

5.1.1 เส้นทางวันจันทร์ ผลการทดสอบการเดินทางรถเก็บขยะ โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า น้ำหนักขยะที่เก็บได้มีปริมาณเท่าเดิม คือ 3,700 กิโลกรัม และเส้นทางที่ได้ผ่านจุดเก็บขยะจำนวน 18 จุด รวมเป็นระยะทางเท่ากับ 19,043 เมตร ซึ่งมีระยะทางเท่าเดิม

5.1.2 เส้นทางวันพุธ ผลการทดสอบการเดินทางรถเก็บขยะ โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า น้ำหนักขยะที่เก็บได้มีปริมาณเท่าเดิม คือ 3,700 กิโลกรัม และเส้นทางที่ได้ผ่านจุดเก็บขยะจำนวน 14 จุด รวมเป็นระยะทางเท่ากับ 15,803 เมตร ทำให้มีระยะทางลดลงจากระยะทางเดิม 830 เมตร ลักษณะของเส้นทางใหม่มีการเปลี่ยนแปลงในการขนส่งขยะในบางช่วง โหนด โดยเส้นทางเดิมคือ 1>2>3>5>4>7>9>10>11>14>13>17>24>25>30

เส้นทางใหม่จาก Solver คือ 1>2>5>3>4>7>9>10>11>14>13>17>24>25>30 ทำให้ทราบว่ามีการปรับเปลี่ยนโหนดการเข้าเก็บในช่วงโหนด 3,4,5

5.1.3 เส้นทางวันศุกร์ ผลการทดสอบการเดินทางรถเก็บขยะ โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า น้ำหนักขยะที่เก็บได้มีปริมาณเท่าเดิม คือ 3,700 กิโลกรัม และเส้นทางที่ได้ผ่านจุดเก็บขยะจากจำนวน 13 จุด เพิ่มขึ้นเป็น 23 จุด รวมเป็นระยะทางเท่ากับ 15,613 เมตร ทำให้มีระยะทางลดลงจากระยะทางเดิม 210 เมตร ลักษณะของเส้นทางใหม่มีการเปลี่ยนแปลงในการขนส่งขยะในบางช่วงโหนด โดยเส้นทางเดิมคือ 1>2>3>5>4>7>9>10>11>14>13>17>24>30

เส้นทางใหม่จาก Solver 1>2>5>3>4>7>9>10>11>14>13>17>24>30 ทำให้ทราบว่ามีการปรับเปลี่ยนการเข้าเก็บในช่วงโหนด 3,5

5.1.4 เส้นทางวันอังคาร, วันพฤหัสบดี, วันเสาร์ ผลการทดสอบการเดินรถเก็บขยะ โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า น้ำหนักขยะที่เก็บได้มีปริมาณเท่าเดิม คือ 4,900 กิโลกรัม และเส้นทางที่ได้ผ่านจุดเก็บขยะจำนวน 13 จุดรวมเป็นระยะทางเท่ากับ 14,664 เมตร ซึ่งมีระยะทางเท่าเดิม แสดงให้เห็นว่าการวางแผนการขนส่งของเส้นทางวันอังคาร, วันพฤหัสบดี และวันเสาร์ เหมาะสมแล้ว จากผลการวิจัย พบว่า เมื่อนำจุดเก็บขยะมารวมกันทั้งหมด และสร้างแบบจำลองของปัญหา (Network) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solver ในการประมวลผล เพื่อหาเส้นทางการจัดเก็บขยะ และมีเส้นทางใหม่เกิดขึ้น 2 เส้นทาง ที่ทำให้ระยะทางลดลง และมีเส้นทาง 2 เส้นทางที่มีระยะทางเท่าเดิม ซึ่งน้ำหนักในการเก็บขยะยังคงมีปริมาณเท่าเดิม

เส้นทางที่มีระยะทางที่ลดลงจำนวน 2 เส้นทาง คือ เส้นทางวันพุธ และเส้นทางวันศุกร์ มีการปรับเปลี่ยนเส้นทางของการขนส่งขยะในบางโหนดที่มีการเข้าเก็บขยะจากเดิม เกิดจากโปรแกรม Solver ได้ทำการประมวลผลจากกระยะทางการเดินรถขนส่งขยะที่สั้นที่สุดเพียงอย่างเดียว โดยไม่สามารถประมวลผลในด้านวิธีปฏิบัติงานจริงของผู้ปฏิบัติงานได้ การปฏิบัติงานจริงจะต้องมีการวางแผนในการปฏิบัติงานในการเดินรถขนส่งขยะให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริงที่มีเส้นทางที่มีลักษณะที่เหมาะสมกับขนาดของตัวรถขนส่งขยะที่สามารถเข้าถึงจุดเก็บขยะของแต่ละจุดจึงทำให้มีผลต่อเส้นทางที่ลดลง

เส้นทางที่มีระยะทางเท่าเดิมมี 2 เส้นทางคือเส้นทาง วันจันทร์ และเส้นทาง วันอังคาร, วันพฤหัสบดีและวันเสาร์ เส้นทางวันพุธ และเส้นทางวันศุกร์ ผู้ปฏิบัติงานจริงได้คำนึงถึงการวางแผนเส้นทางขนส่งขยะที่ต้องปฏิบัติงานจริงให้เหมาะสมและสั้นที่สุดอยู่แล้วเพื่อให้การปฏิบัติมีความสอดคล้องเหมาะสมในการปฏิบัติงาน

การทำแบบจำลองของปัญหา (Network) มีลักษณะการเดินทางจากโหนดถึงโหนด แบบไป – กลับจากโหนดถึงโหนด (Two way) จะทำให้เกิดความเข้าใจในเส้นทางเดินรถขนส่งขยะได้ง่ายขึ้น และสามารถนำแบบจำลองของปัญหา (Network) และข้อมูลที่มีอยู่ไปปรับใช้ในการหาเส้นทางขนส่งขยะเส้นทางใหม่ และจุดเก็บขยะของพื้นที่รับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับปริมาณขยะและจุดเก็บขยะที่จะเพิ่มขึ้นได้ในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ เป็นการวิเคราะห์ถึงการจัดเก็บขยะ กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา โดยผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการจัดเก็บขยะ ตามเส้นทางประจำจุดเก็บขยะจริง โดยศึกษาข้อมูลจากปริมาณน้ำหนักขยะที่จัดเก็บสูงสุดได้ในแต่ละจุดเก็บขยะ เพื่อมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ ทำให้เชื่อได้ว่าเมื่อเลือกเส้นทางนั้นๆ แล้ว ในแต่ละรอบของการจัดเก็บ รถบรรทุกขยะสามารถเก็บขยะในแต่ละจุดได้จริง หากต้องการนำไปใช้ในกรณีศึกษาอื่น ควรทำการเก็บข้อมูลระยะทาง น้ำหนักขยะ น้ำหนักบรรทุกของรถเก็บขยะ ของสถานที่นั้นอย่างละเอียด เพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริง

Solver เป็นส่วนหนึ่งของชุดของคำสั่ง ที่บางครั้งเรียกว่า เครื่องมือการวิเคราะห์แบบ What-if ด้วย Solver จะสามารถค้นหาค่าที่เหมาะสม (ค่าสูงสุดหรือต่ำสุด) สำหรับสูตรในหนึ่งเซลล์ เรียกว่า เซลล์เป้าหมาย ซึ่งขึ้นกับเงื่อนไขหรือขีดจำกัดของค่าในเซลล์สูตรอื่นๆ ในแผ่นงาน Solver ทำงานกับกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า เซลล์ตัวแปรการตัดสินใจ หรือเรียกง่าย ๆ ว่าเซลล์ตัวแปร ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องในการคำนวณสูตรในเซลล์เป้าหมายและเซลล์ข้อจำกัด Solver จะปรับค่าในตัวเซลล์แปรการตัดสินใจให้สอดคล้องกับค่าจำกัดของเซลล์ข้อจำกัดและให้ผลลัพธ์ที่คุณต้องการในเซลล์เป้าหมาย

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า โปรแกรม Solver ไม่สามารถประมวลผล เส้นทางที่ต้องการ ได้ครบทุกโหนด เนื่องจาก แบบจำลองของปัญหามีความซับซ้อนมากทำให้ต้องเพิ่มเส้นทางในบางโหนดและต้องวิเคราะห์เพิ่มเส้นทางรอง เพื่อเชื่อมโยงเข้าไปในเส้นทางหลัก การป้อนข้อมูลเข้าไปในโปรแกรม Solver จะต้องมีความละเอียดถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์โปรแกรม Solver ถึงจะสามารถที่จะประมวลผลและหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย. (2545). **มาตรฐานการจัดการขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล**. กรุงเทพฯ : [ม.ป.พ.]
- กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย. (2545). **มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ : [ม.ป.พ.]
- ธงชัย ทองทวี. (2553). **สภาพปัญหาการจัดการขยะมูลฝอย องค์การบริหารส่วนตำบลหนองขาม อำเภोजักราช จังหวัดนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- พระราชบัญญัติสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ.2537 (และที่แก้ไขเพิ่มเติมจนถึงฉบับที่ 5 พ.ศ. 2546) พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535**
- ส่วนการคลัง องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา. (2556). ฎีกาเบิกจ่ายเงิน**
- ส่วนโยธา องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา. (2556).**
- สำนักการปกครอง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา. (2556). งานทะเบียนราษฎร**
- ดร.สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553). **วิศวกรรมขนส่ง (Transportation Engineering)**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาคผนวก ก
รูปภาพการทำงานจัดเก็บขยะ



รูปที่ ก.1 ทางเข้าสถานที่ฝังกลบขยะ



รูปที่ ก.2 สถานที่ฝังกลบขยะ



รูปที่ ก.3 รถบรรทุกขยะแบบอัดทำไม่ได้



รูปที่ ก.4 รถบรรทุกขยะแบบอัดทำไม่ได้



รูปที่ ก.5 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้



รูปที่ ก.6 รถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายได้

ประวัติผู้เขียน

นายจีระพันธ์ โกมุตพันธุ์ เกิดวันที่ 1 เดือนกรกฎาคม 2519 สำเร็จการศึกษาเทคโนโลยีบัณฑิต (การจัดการผังเมือง) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พุทธศักราช 2554 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีพุทธศักราช 2555 ปัจจุบันรับราชการที่องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ตำแหน่ง นายช่างโยธา