การเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่เหมาะสมของระบบขนส่งมูลฝอย โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

นายสุทธิพันธ์ ศรีสุทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-433-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19306544

SITE SELECTION OF TRANSFER STATIONS FOR SOLID WASTE TRANSPORTATION SYSTEM BY USING COMPUTER PROGRAM

Mr Suttiphant Srisooti

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Enviromental Engineering
Department of Enviromental Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974-331-433-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่เหมาะสมของระบบขนส่งมูลฝอยโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์
โดย	นายสุทธิพันธ์ ศรีสุทธิ์
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์

.....

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล)

สุทธิพันธ์ ศรีสุทธิ์ : การเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่เหมาะสมของระบบขนส่งมูลฝอยโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (SITE SELECTION OF TRANSFER STATIONS FOR SOLID WASTE TRANSPORTATION SYSTEM BY USING COMPUTER PROGRAM) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์ , 185 หน้า. ISBN 974-331-433-4

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกและกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่เหมาะสม ในพื้นที่เขตลาดพร้าว เขตบางกะปิ และเขตบึงกุ่ม โดยการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบของ MIXED INTEGER PROGRAMMING MODEL แบบจำลองนี้ถูกสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ในการลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการขนส่งมูลฝอยของพื้นที่ทำการวิจัย โดยการนำสถานีขนถ่ายมูลฝอยเข้ามาเพิ่มเติมในระบบขนส่งมูลฝอยที่มีอยู่ในปัจจุบัน

เมื่อมีสถานีขนถ่ายมูลฝอยเพิ่มเข้ามาในระบบ ทรัพยากรที่ใช้เก็บขนและขนส่งมูลฝอยอันได้แก่ รถเก็บขนมูลฝอย พนักงานขับรถ พนักงานเก็บขน ที่มีอยู่ในปัจจุบันก็สามารถใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นกล่าวคือสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บขนได้มากกว่าเดิมเนื่องจากมูลฝอยที่จะส่งไปยังแหล่งกำจัดที่ไกลจะถูกส่งผ่านสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่ใกล้กว่า ดังนั้นตำแหน่งที่ตั้งของสถานีขนถ่ายมูลฝอยจึงมีความสำคัญมาก กล่าวคือหากสามารถสร้างสถานีขนถ่ายมูลฝอยในตำแหน่งที่เหมาะสม รถเก็บขนมูลฝอยก็จะส่งมูลฝอยไปยังสถานีขนถ่ายมูลฝอยได้มากขึ้น จากนั้นมูลฝอยก็จะถูกส่งไปแหล่งกำจัดมูลฝอยโดยรถขนส่งมูลฝอย ค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ลดลงก็เกิดจากการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งที่มีค่าดำเนินการต่ำกว่านั่นเอง

ผลการศึกษาระหว่าง พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2560 ควรกำหนดให้มีสถานีขนถ่ายมูลฝอยขนาดความจุสูงสุด 200 ตันต่อวัน จำนวน 9 สถานีในตำแหน่งต่าง ๆ กันในช่วงเวลาที่เหมาะสมจนครบทั้งหมดในปี พ.ศ. 2550 และทุกสถานีดำเนินการเต็มประสิทธิภาพที่ 200 ตันต่อวันในปี พ.ศ. 2560 ซึ่งสามารถลดค่าดำเนินการในการขนส่งมูลฝอยได้ร้อยละ 38.91 หรือประมาณ 112.8 ล้านบาทต่อปี

การศึกษานี้แสดงถึงความสำคัญของสถานีขนถ่ายมูลฝอยในระบบเก็บขนมูลฝอย แนวทางในการตัดสินใจคัดเลือกตำแหน่ง จำนวน และขนาดความจุของสถานีขนถ่ายมูลฝอย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C818032 : MAJOR ENVIROMENTAL ENGINEERING

KEY WORD : TRANSFER STATION

SUTTIPHANT SRISOOTI : SITE SELECTION OF TRANSFER STATIONS FOR SOLID WASTE TRANSPORTATION SYSTEM BY USING COMPUTER PROGRAM. THESIS ADVISOR : ASSIS. PROF. DR. SUTHIRAK SUJARITTANONTA 185 pp. ISBN 974-331-433-4

The objectives of the study are to select and locate the transfer station in the areas of Lad Phrao Bang Kapi and Bueng Kum districts. By using a computer program to analyse the mathematical model on the basis of mixed integer programming model. The model is constructed in order to minimize the waste transportation cost in the study area by adding the transfer station in the existing solid waste transportation system.

When the transfer stations are operated in the system , the resources used for collection and transportation , such as collection trucks , drivers , crews can be utilized more effectively because the waste can be transported to disposal site via nearly transfer station. Therefore the location of the transfer stations become important. If the transfer stations are built in the suitable locations , the collection truck will transport the waste direct to transfer station and transfer vehicles will transport the waste from transfer station to the disposal area. The operating cost saving can be obtained by change of transportation mode with lower operating cost.

The result of the study indicates that during 1997-2027 transfer stations with maximum capacity of 200 tons/day shall be constructed at various locations. In 2027 , total of 9 transfer stations are completely built and all of them will be operated with maximum capacity in 2027. About 38.91 percents of operating costs or 112.8 millions baht per year can be reduced.

The study show the importance of having transfer stations in solid waste and collection system and decision in selecting the locations , quantity and capacity.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายจึงขอขอบพระคุณต่อผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ดังต่อไปนี้

หน่วยงานที่เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับการวิจัยซึ่งได้แก่ กองวิชาการ กองโรงงานกำจัดมูลฝอย สำนักรักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร ฝ่ายรักษาความสะอาดเขตลาดพร้าว เขตบางกะปิ และเขตบึงกุ่ม รวมทั้งผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความกรุณาด้านข้อมูลปลีกย่อยจากการสัมภาษณ์และข้อเสนอแนะด้วยความเต็มใจเป็นอย่างดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยครั้งนี้ด้วยดีตลอดมา อีกทั้งให้ความเอาใจใส่ดูแลติดตามการวิจัยอย่างใกล้ชิดและสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้ความกรุณาตรวจสอบและให้ข้อแนะนำทางวิชาการทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐกุล หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านวิชาการเกี่ยวกับการวิจัยดำเนินงานและโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ขอขอบคุณผู้ช่วยเหลือท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามที่มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนเพื่อนร่วมงานที่ให้กำลังใจตลอดมา และบริษัท เอพซิลอน จำกัดที่ได้ให้โอกาสในการศึกษาครั้งนี้

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ซึ่งให้กำลังใจในการศึกษา ขอขอบใจภรรยาผู้ที่ยอมรับภาระต่างๆด้วยความอดทน และโบลูกรักที่ทำให้มีกำลังใจต่อสู้จนกระทั่งจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ของเขตของการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 ทบทวนเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 6
2.1 การจัดการมูลฝอย 6
2.2 มูลฝอย 6
2.3 แหล่งกำเนิดมูลฝอย 7
2.4 คุณสมบัติของมูลฝอยในกรุงเทพมหานคร 7
2.5 การเก็บรวบรวมและการขนส่ง 12
2.6 การขนถ่ายมูลฝอย 13
2.7 หลักเกณฑ์ในการออกแบบสถานีขนถ่ายมูลฝอย 21
2.8 สถานที่ตั้งสถานีขนถ่ายมูลฝอย 21
2.9 องค์ประกอบของค่าใช้จ่ายของสถานีขนถ่ายมูลฝอย 22
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.11 วิธีการเลือกที่ตั้งสถานีขนถ่ายมูลฝอย 26
2.11.1 Transportation Problem 26
2.11.2 Transshipment Problem 38
2.11.3 Capacitated Plant Location Problem 41
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ 45
3.1 อัตราการเกิดมูลฝอย 45
3.1.1 อัตราการเกิดมูลฝอยของพื้นที่ที่ทำการวิจัย 46
3.2 การวิเคราะห์และคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยในอนาคต 47
3.2.1 ประชากร 47
3.2.2 เศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร 63
3.3 ปริมาณมูลฝอยของกรุงเทพมหานครในอนาคต 20 ปี 64
3.4 ปริมาณมูลฝอยของพื้นที่ที่ทำการวิจัยในอนาคต 20 ปี 68
3.5 ค่าใช้จ่ายในการเก็บขนและขนส่งมูลฝอยของพื้นที่ที่ทำการวิจัย 76
3.6 สถานีขนถ่ายมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร 120
3.7 ปัญหาของระบบจัดการมูลฝอยของพื้นที่ทำการวิจัย 123
3.8 แนวทางในการแก้ไขปัญหาของระบบจัดการมูลฝอยในพื้นที่ทำการวิจัย 127
3.9 รูปแบบสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่นำมาวิจัย 127
3.10 สถานีขนถ่ายมูลฝอย(ย่อย)แบบใช้ระบบอัดมูลฝอย 128
บทที่ 4 การวิเคราะห์ตำแหน่งที่ตั้งสถานีขนถ่ายมูลฝอย 137
4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา 137
4.2 การประยุกต์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในแบบจำลอง 140
4.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 142
4.4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 146
4.5 ระบบเก็บขนและขนส่งมูลฝอยของพื้นที่ทำการวิจัยในปัจจุบัน 149
4.6 ระบบเก็บและขนส่งมูลฝอยของพื้นที่ทำการวิจัยเมื่อมีสถานีขนถ่ายมูลฝอย
เข้ามาในระบบ 150
4.7 ความจุที่เหมาะสมของสถานีขนถ่ายมูลฝอยในพื้นที่ทำการวิจัย 162

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.8 การวางแผนการก่อสร้างสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่ถูกคัดเลือก.....169
4.9 ผลของชนิดของรถเก็บขนมูลฝอยต่อระบบขนส่งมูลฝอยที่มีสถานีขนถ่ายมูลฝอย 171
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 180
5.1 สรุปผลการวิจัย.....180
5.2 ข้อเสนอแนะ.....182
รายการอ้างอิง.....183
ประวัติผู้เขียน.....185

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบองค์ประกอบของมูลฝอยทางกายภาพ ระหว่างปี พ.ศ. 2529-2539 10
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมูลฝอยระหว่าง ปี พ.ศ. 2529-2539 11
ตารางที่ 2.3 ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย Transportation Problem 28
ตารางที่ 2.4 รูปแบบโครงสร้าง Constraint Coefficients 29
ตารางที่ 2.5 รูปแบบ Transportation Simplex Tableau 31
ตารางที่ 2.6 การหา Initial Basic Feasible Solution โดยวิธี Northwest Corner Rule 33
ตารางที่ 2.7 Complete Initial Transportation Simplex Tableu 33
ตารางที่ 2.8 Cost Matrix of Transshipment Problem 39
ตารางที่ 2.9 ตัวอย่าง Branch and Bound for Plant Location Problem 43
ตารางที่ 3.1 อัตราการผลิตมูลฝอยของชุมชนในเขตเทศบาลแยกตาม ขนาดของเทศบาล 45
ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราการเกิดมูลฝอยในระยะ 5 ปีที่ผ่านมาของพื้นที่ทำ การวิจัย 46
ตารางที่ 3.3 จำนวนประชากรและอัตราการเพิ่มของประชากรกรุงเทพมหานครจำแนกตาม ที่ตั้งของเขตปกครอง ปี พ.ศ. 2533-2538 49
ตารางที่ 3.4 การกระจายตัวของประชากรและความหนาแน่นของประชากรและขนาดของ พื้นที่ของกรุงเทพมหานครจำแนกตามที่ตั้งของเขตการปกครอง พ.ศ. 2533-2538 49
ตารางที่ 3.5 ประชากรในพื้นที่ที่ทำการวิจัย ปี พ.ศ. 2530-พ.ศ. 2539 50-51
ตารางที่ 3.6 การคาดการณ์จำนวนประชากรในพื้นที่ทำการวิจัยระหว่าง ปี พ.ศ. 2540-พ.ศ. 2560 61-62

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3.7 เปรียบเทียบปริมาณขยะที่เก็บขนได้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528-2538 และปริมาณขยะที่คาดประมาณ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539-2543 64

ตารางที่ 3.8 การคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยปี พ.ศ. 2540-พ.ศ.2560 66-67

ตารางที่ 3.9 สรุปอัตราการเกิดมูลฝอยที่จะเกิดขึ้นในอนาคต..... 68

ตารางที่ 3.10 สรุปอัตราการเกิดมูลฝอยที่จะใช้ในพื้นที่วิจัยในอนาคต 69

ตารางที่ 3.11 การคาดการณ์ประชากรของพื้นที่ที่ทำการวิจัย ในปี พ.ศ. 2540-2560 72-73

ตารางที่ 3.12 การคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยของพื้นที่ที่ทำการวิจัยในปี พ.ศ. 2540-2560 .74-75

ตารางที่ 3.13 ข้อมูลการเก็บขนมูลฝอยจากการปฏิบัติงานจริงระหว่าง เดือนตุลาคม 2539 ถึง เดือนธันวาคม 2539 ของเขตลาดพร้าว 78

ตารางที่ 3.14 ข้อมูลการเก็บขนมูลฝอยจากการปฏิบัติงานจริงระหว่าง เดือนตุลาคม 2539 ถึง เดือนธันวาคม 2539 ของเขตบางกะปี..... 79

ตารางที่ 3.15 ข้อมูลการเก็บขนมูลฝอยจากการปฏิบัติงานจริงระหว่าง เดือนตุลาคม 2539 ถึง เดือนธันวาคม 2539 ของเขตบึงกุ่ม..... 80

ตารางที่ 3.16 ค่าแรงงานเฉลี่ยของพนักงานขับรถเก็บขนมูลฝอยและพนักงาน เก็บขนมูลฝอยประจำรถ เขตลาดพร้าว 81

ตารางที่ 3.17 ค่าแรงงานเฉลี่ยของพนักงานขับรถเก็บขนมูลฝอยและพนักงาน เก็บขนมูลฝอยประจำรถ เขตบางกะปี..... 82

ตารางที่ 3.18 ค่าแรงงานเฉลี่ยของพนักงานขับรถเก็บขนมูลฝอยและพนักงาน เก็บขนมูลฝอยประจำรถ เขตบึงกุ่ม 83

ตารางที่ 3.19 ค่าซ่อมรถเก็บขนมูลฝอยสำนักงานเขตลาดพร้าว ปีงบประมาณ 2539.....84-85

ตารางที่ 3.20 ค่าซ่อมรถเก็บขนมูลฝอยสำนักงานเขตบางกะปี ปีงบระมาณ 2539 86

ตารางที่ 3.21 ค่าซ่อมรถเก็บขนมูลฝอยสำนักงานเขตบึงกุ่ม ปีงบประมาณ 2539 87

ตารางที่ 3.22 อัตราค่าแรงเฉลี่ยต่อวันของพนักงานขับรถและพนักงานเก็บขนของรถแต่ละประเภทแยกตามรายเขต..... 91

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตลาดพร้าว ประเภทรถธรรมดา 12 ล.บ. เมตร 93
ตารางที่ 3.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตลาดพร้าว ประเภทรถเปิดข้าง 3 ล.บ. เมตร 95
ตารางที่ 3.25 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตลาดพร้าว ประเภทรถอัด 4 ล.บ. เมตร 97
ตารางที่ 3.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตลาดพร้าว ประเภทรถอัด 10 ล.บ. เมตร 99
ตารางที่ 3.27 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตลาดพร้าว ประเภทรถคอนเทนเนอร์ 8 ล.บ. เมตร 101
ตารางที่ 3.28 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตบางกะปิ ประเภทรถอัด 4 ล.บ. เมตร 103
ตารางที่ 3.29 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตบางกะปิ ประเภทรถอัด 10 ล.บ. เมตร 105-106
ตารางที่ 3.30 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตบางกะปิ ประเภทรถคอนเทนเนอร์ 8 ล.บ. เมตร 108
ตารางที่ 3.31 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตบึงกุ่ม ประเภทรถเปิดข้าง 3 ล.บ. เมตร 110
ตารางที่ 3.32 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตบึงกุ่ม ประเภทรถอัด 4 ล.บ. เมตร 112
ตารางที่ 3.33 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตบึงกุ่ม ประเภทรถอัด 10 ล.บ. เมตร 114
ตารางที่ 3.34 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถเก็บขนมูลฝอย เขตบึงกุ่ม ประเภทรถคอนเทนเนอร์ 8 ล.บ. เมตร 116
ตารางที่ 3.35 สรุปสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับระยะทางของรถแต่ละประเภทของแต่ละเขตในพื้นที่ทำการวิจัย 119

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบปริมาณมูลฝอยที่จัดส่งไปยังสถานที่กำจัดของพื้นที่ทำการวิจัย.. 149
ตารางที่ 4.2 พื้นที่ที่เหมาะสมในการจัดตั้งสถานีขนถ่ายมูลฝอย..... 150
ตารางที่ 4.3 ตำแหน่งสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่เป็นไปได้ในพื้นที่ทำการวิจัย..... 153
ตารางที่ 4.4 ระยะทางระหว่างจุดกำเนิด จุดขนถ่ายและจุดกำจัดมูลฝอย..... 155
ตารางที่ 4.5 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่คัดเลือกและปริมาณมูลฝอยที่ส่งผ่าน ตันต่อวัน, พ.ศ. 2540..... 157
ตารางที่ 4.6 Objective Value ของสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่คัดเลือกปริมาณค่าใช้จ่ายที่ เปลี่ยนแปลง, พ.ศ. 2540 158
ตารางที่ 4.7 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่คัดเลือกและปริมาณมูลฝอยที่ส่งผ่าน ตันต่อวัน, พ.ศ. 2560..... 159
ตารางที่ 4.8 Objective Value ของสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่คัดเลือกและปริมาณค่าใช้จ่ายที่ เปลี่ยนแปลง,พ.ศ. 2560 160
ตารางที่ 4.9 ค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อสถานีขนถ่ายมูลฝอยมี ความจุต่างๆ กัน 163
ตารางที่ 4.10 ค่าขนส่งมูลฝอยต่ำสุดและตำแน่งของสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่ถูกคัดเลือก เมื่อ ความจุของสถานีขนถ่ายมูลฝอย 100 ตันต่อวันและอัตราส่วน r เท่ากับ 3..... 166
ตารางที่ 4.11 ค่าขนส่งมูลฝอยต่ำสุดและตำแน่งของสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่ถูกคัดเลือก เมื่อ ความจุของสถานีขนถ่ายมูลฝอย 200 ตันต่อวันและอัตราส่วน r เท่ากับ 3..... 167
ตารางที่ 4.12 แผนการก่อสร้างสถานีขนถ่ายมูลฝอยขนาดความจุ 200 ตันต่อวัน และปริมาณมูลฝอยที่ส่งผ่านสถานีในช่วง พ.ศ. 2540- พ.ศ.2560 170
ตารางที่ 4.13 ค่าใช้จ่ายของรถเก็บขนแต่ละประเภทที่เปลี่ยนแปลงเมื่อมี สถานีขนถ่ายมูลฝอยในระบบ..... 172

ตารางที่ 4.14 ค่าใช้จ่ายของรถเก็บขนแต่ละประเภทเป็นร้อยละที่สามารถ
ประหยัดลงได้ เมื่อสถานีขนถ่ายมูลฝอยในระบบ 174
ตารางที่ 4.15 ค่าใช้จ่ายของรถเก็บขนแต่ละประเภทคิดเป็นร้อยละเทียบกับ
ระบบที่ไม่มีสถานีขนถ่ายมูลฝอย 174
ตารางที่ 4.16 สรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับระยะทางของ
รถอัดมูลฝอยขนาด 10 ลบ.ม. 178

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ประเภทของสถานีขนถ่ายมูลฝอย 16

รูปที่ 2.2 สถานีขนถ่ายมูลฝอยชนิด Direct - Load Transfer Station without Compactor 17

รูปที่ 2.3 สถานีขนถ่ายมูลฝอยชนิด Direct - Load Transfer Station with Compactor 17

รูปที่ 2.4 สถานีขนถ่ายมูลฝอยชนิด Medium Direct - Load Transfer Station with Stationary Compactors 18

รูปที่ 2.5 สถานีขนถ่ายมูลฝอยชนิด Small-Medium Direct Load Transfer Station with Stationary Compactors 18

รูปที่ 2.6 สถานีขนถ่ายมูลฝอยชนิด Storage - Load Transfer Station 19

รูปที่ 2.7 สถานีขนถ่ายมูลฝอยชนิด Storage - Load Transfer Station with processing and compaction facilities 20

รูปที่ 2.8 สถานีขนถ่ายมูลฝอยชนิด Combination direct - load and discharge - load transfer station with materials recovery activities 20

รูปที่ 2.9 การเปรียบเทียบ ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายมูลฝอยระหว่างการขนส่งโดยตรงกับโดยผ่านสถานีขนถ่าย 24

รูปที่ 2.10 รูปแบบของ Transportation Problem 27

รูปที่ 2.11 กรณี Supply > Demand 30

รูปที่ 2.12 กรณี Demand > Supply 30

รูปที่ 2.13 ตัวอย่าง Reaction Chain 35

รูปที่ 2.14 Flow Chart ของการแก้ปัญหา Transportation Problem 37

รูปที่ 2.15 รูปแบบของ Transshipment Problem 38

รูปที่ 2.16 รูปแบบของ Transshipment Problem ที่ดัดแปลงมาเป็น Transportation Problem 40

รูปที่ 2.17 รูปแบบของ Branch and Bound tree 44

รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรแขวงลาดพร้าว เขตลาดพร้าวกับเวลา 53

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรแขวงจรเข้บัวเขตลาดพร้าวกับเวลา.....54
รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรแขวงคลองจั่น เขตบางกะปิกับเวลา.....55
รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่ างประชากรแขวงวังทองหลางเขตบางกะปิกับเวลา.....56
รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรแขวงหัวหมากเขตบางกะปิกับเวลา 57
รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรแขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่มกับเวลา.....58
รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรแขวงสะพานสูงเขตบึงกุ่มกับเวลา 59
รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรแขวงคันนายาวเขตบึงกุ่มกับเวลา 60
รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถธรรมดาขนาด 12 ล.บ. เมตรกับระยะทาง (เขตลาดพร้าว).....94
รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถเปิดข้างขนาด 3 ล.บ. เมตรกับระยะทาง (เขตลาดพร้าว).....96
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถอัดมูลฝอยขนาด 4 ล.บ. เมตรกับระยะทาง (เขตลาดพร้าว).....98
รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถอัดมูลฝอยขนาด 10 ล.บ. เมตรกับระยะทาง (เขตลาดพร้าว).....100
รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถคอนเทนเนอร์ขนาด 8 ล.บ. เมตรกับระยะทาง(เขตลาดพร้าว) 102
รูปที่ 3.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถอัดมูลฝอยขนาด 4 ล.บ. เมตรกับระยะทาง(เขตบางกะปิ) 104
รูปที่ 3.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถอัดมูลฝอยขนาด 10 ล.บ. เมตรกับระยะทาง(เขตบางกะปิ) 107
รูปที่ 3.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถคอนเทนเนอร์ขนาด 8 ล.บ. เมตรกับระยะทาง(เขตบางกะปิ).....109
รูปที่ 3.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถเปิดข้างขนาด 3 ล.บ. เมตรกับระยะทาง (เขตบึงกุ่ม).....111
รูปที่ 3.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถอัดมูลฝอยขนาด 4 ล.บ. เมตรกับระยะทาง(เขตบึงกุ่ม).....113

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถอัดมูลฝอยขนาด 10 ล.บ. เมตรกับระยะทาง(เขตบึงกุ่ม) 115

รูปที่ 3.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของรถคอนเทนเนอร์ขนาด 8 ล.บ. เมตรกับระยะทาง(เขตบึงกุ่ม) 117

รูปที่ 3.21 เครื่องอัดมูลฝอยแบบเคลื่อนที่บนราง 131

รูปที่ 3.22 ภาชนะรองรับมูลฝอยขนาด 13 ล.บ.เมตร 132

รูปที่ 3.23 ตู้คอนเทนเนอร์ความจุ 20 ล.บ.เมตร 133

รูปที่ 3.24 อุปกรณ์ ยก-ลาก (Hook Lift System) 134

รูปที่ 3.25 รถขนส่งมูลฝอย 134

รูปที่ 3.26 แปลนสถานีขนถ่ายมูลฝอยย่อย 135

รูปที่ 3.27 รูปตัด 136

รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการหาตำแหน่งสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่เหมาะสม 139

รูปที่ 4.2 พื้นที่ทำการวิจัยและจุดศูนย์กลางของพื้นที่กำเนิดมูลฝอยและสถานที่กำจัดมูลฝอย 151

รูปที่ 4.3 ตำแหน่งสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่เป็นไปได้ในพื้นที่ทำการวิจัย 154

รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและจำนวนสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่ความจุต่างๆ กัน 164

รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายที่ลดลงและจำนวนสถานีขนถ่ายมูลฝอยที่ความจุ 100 และ 200 ตัน 168

รูปที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายในการเก็บขนและขนส่งมูลฝอยของรถเก็บขนมูลฝอยแต่ละประเภท 173

รูปที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายที่ลดลงของรถเก็บขนมูลฝอยแต่ละประเภทเมื่อมีสถานีขนถ่ายมูลฝอย. 175

รูปที่ 4.8 ค่าใช้จ่ายของรถเก็บขนมูลฝอยแต่ละประเภทเมื่อมีสถานีขนถ่ายมูลฝอยในระบบ 176

รูปที่ 4.9 อัตราส่วนของค่าใช้จ่ายในการขนส่งมูลฝอยของแต่ละเขตเทียบกับเขตบึงกุ่มเมื่อราคาน้ำมันเปลี่ยนแปลงที่ระยะทาง 20,30 และ 50 ก.ม. 179