แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรณีศึกษาเมืองโบราณอู่ทอง

MATHEMATICAL MODEL FOR SOLID WASTE MANAGEMENT: CASE STUDY OF U-THONG ANCIENT CITY

จักรกริช กิตติพงษ์ชัยกิจ
JAKKRID KITTIPONGCHAIYAKIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559
KMITL-2016-EN-M-093-103

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรณีศึกษาเมืองโบราณอู่ทอง

MATHEMATICAL MODEL FOR SOLID WASTE MANAGEMENT: CASE STUDY OF U-THONG ANCIENT CITY

จักรกริช กิตติพงษ์ชัยกิจ

JAKKRID KITTIPONGCHAIYAKIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-EN-M-093-103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATHEMATICAL MODEL FOR SOLID WASTE MANAGEMENT: CASE STUDY OF U-THONG ANCIENT CITY

JAKKRID KITTIPONGCHAIYAKIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-EN-M-093-103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรณีศึกษาเมืองโบราณอู่ทอง

Thesis Title Mathematical Model for Solid Waste Management : Case Study of U-Thong Ancient City

นักศึกษา นายจักรกริช กิตติพงษ์ชัยกิจ

รหัสประจำตัว 58601283

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-093-103

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.นันทวัฒน์	จรัสโรจน์ธนเดช	
รศ.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	
ดร.พิมพ์คณากาญจน์	กุลชาติชัย	
ผศ.ดร.วุฒิชัย	ชาติพัฒนานันท์	
ผศ.ดร.ชลิดา	อู่ตะเภา	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพุธที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 16.00-18.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ ห้อง HM-303

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองการประเมินค่าทางคณิตศาสตร์เพื่อบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรณีศึกษา เมืองโบราณอู่ทอง
นักศึกษา	นายจักรกริช กิตติพงษ์ชัยกิจ
รหัสประจำตัว	58601283
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา

บทคัดย่อ

เพื่อให้ทราบถึงวิธีการบริหารจัดการขยะชุมชน ที่เหมาะสมที่สุด ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอวิธีการหาความเหมาะสมโดยการสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นตัวช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจ อีกทั้งเป็นเครื่องมือเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ และสามารถนำไปปรับใช้ได้กับทุกๆพื้นที่ โดยใช้สมการทั่วไปของ ปัญหากำหนดการเชิงเส้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ ซอฟแวร์ ซึ่งเป็นระบบภาษาสร้างขึ้นมาเพื่อการทำงานด้านการหาความเหมาะสมโดยเฉพาะ เพื่อที่จะประเมินความเหมาะสมในการบริหารจัดการขยะ จากการหาค่าสูงสุดของผลประโยชน์ที่จะได้รับ และ หาค่าต่ำสุดของการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ไปพร้อมๆกัน โดยในแบบจำลองประกอบไปด้วย 33 ตัวแปรตัดสินใจ 57 พารามิเตอร์ และ 44 สมการ ซึ่งจากการทดลองวิจัยพบว่า การกำจัดโดยกระบวนการ ผลิตเชื้อเพลิงขยะ เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษามากที่สุด ตามฟังก์ชั่นเงื่อนไข สมมุติฐานและ พารามิเตอร์ทั้งหมดในแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Mathematical Model for Solid Waste Management: Case Study for U-Thong Ancient city
Student	Mr. Jakkrid Kittipongchaiyakit
Student ID.	58601283
Degree	Master of Engineering
Program	Civil Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Chalida U-tapao

ABSTRACT

A mathematical model is used to find a practical municipal solid waste management system in this research. Linear optimization model technique is used to make the best decision. This model is use to reduce analysis time and also adapt for the other particular areas. The objective of this research is to find a maximum profits and minimum carbon dioxide equivalent emissions for solid waste management plant in U-Thong Ancient city, Thailand. Mathematical model includes 32 variables 57 parameters and 44 equations. The optimal solution shows that the refuse derived fuel process is a suitable way for study area, constraints, hypothesizes and parameters in the model.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากความกรุณาจาก ผศ.ดร. ชลิดา อู่ตะเภา ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ อีกทั้งยังช่วยเหลือสิ่งต่างๆนอกเหนือจากการเรียนหรือการทำวิทยานิพนธ์นี้ ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ บริษัท GAMS Development Corporation ที่เอื้อเฟื้อ ซอฟแวร์ รุ่นทดลอง เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณ สำนักงานพื้นที่พิเศษเมืองโบราณอู่ทอง (อพท.7) ซึ่งมอบข้อมูล โครงการศึกษาและออกแบบการจัดการขยะแบบครบวงจร เมืองโบราณอู่ทอง ซึ่งข้อมูลเป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และให้คำแนะนำในสิ่งต่างๆ ซึ่งล้วนแต่มีประโยชน์กับการศึกษาการทำวิทยานิพนธ์ และ การดำเนินชีวิต

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของข้าพเจ้า ส่งเสริม สนับสนุน ช่วยเหลือ ในส่วนของทุนทรัพย์ ให้คำแนะนำในการเรียน การใช้ชีวิตตลอดมา จนทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

จักรกริช กิตติพงษ์ชัยกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูป X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย 1

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 หลักการใหม่ที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ 3

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 3

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับงานวิจัย 4

2.1 กล่าวนำ 4

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับขยะมูลฝอยชุมชน 6

2.2.1 นิยามที่เกี่ยวกับขยะมูลฝอย 6

2.2.2 การจัดการขยะมูลฝอย 7

2.3 ลักษณะและชนิดของแบบจำลอง 8

2.4 ปัญหากำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Problem) 9

2.4.1 การแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้น โดย วิธีเชิงกราฟ 10

2.4.2 เพดการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้น โดย โปรแกรมกระดาษคำนวณ (Spreadsheet) โดยเรียก ใช้ฟังก์ชั่น Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel. 12

2.4.3 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น โดย ซอฟแวร์คอมพิวเตอร์เฉพาะทาง ตัวอย่างเช่น GAMs Software 18

2.5 ทฤษฎีการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ขั้นตอนการทดลองวิจัย 24
3.1 กล่าวนำ 24
3.2 สมมุติฐานการทดลองวิจัย 25
3.3 ศึกษาปัญหา วิเคราะห์ปัญหา หาข้อมูลความสัมพันธ์ของปัญหา และ พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในงานวิจัย 26
3.3.1 การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) 26
3.3.2 การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel) 30
3.3.3 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration Technology) 34
3.3.4 เทคโนโลยีการรีไซเคิล (Recycle Technology) 36
3.3.5 พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในงานวิจัย เกี่ยวกับการปล่อย CO2eq 37
3.4 ศึกษาข้อมูลขยะ ของเมืองโบราณอู่ทอง 38
3.5 เขียนปัญหาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรทางคณิตศาสตร์ เพื่อ Maximize profit 40
3.6 เขียนปัญหาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรทางคณิตศาสตร์ เพื่อ Minimize CO2 43
3.7 นิยามตัวแปรตัดสินใจ 44
3.7.1 ตัวแปรตัดสินใจที่ใช้สำหรับ Maximize Profit 44
3.7.2 ตัวแปรตัดสินใจที่ใช้สำหรับ Minimize CO2e 45
3.7.3 ตัวแปรตัดสินใจที่ใช้สำหรับ การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach 46
3.8 นิยามพารามิเตอร์ (Parameters) 47
3.8.1 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับ Maximize Profit 47
3.8.2 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับ Minimize CO2e 48
3.8.3 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับ การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach 50
3.9 นิยามสมการ (Equations) 53
3.9.1 สมการที่ใช้สำหรับ Maximize Profit 53
3.9.2 สมการที่ใช้สำหรับ Minimize CO2e 55
3.9.3 สมการที่ใช้สำหรับ การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach 57
3.10 เรียกใช้งานโปรแกรม GAMS สำหรับแก้ไขปัญหา Optimization 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองวิจัย 61

4.1 กล่าวนำ 61

4.2 ผลการทดลอง เมื่อทำการ Maximize Profit 61

4.2.1 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน ไม่มีมีเงื่อนไขด้านเงินลงทุน (Cin=∞) 61

4.2.2 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะที่นำเข้าสู่ระบบให้มีค่ามากๆ เพื่อรองรับ ขยะในอนาคต เพื่อทราบลำดับความคุ้มค่าของการลงทุน 62

4.2.3 ผลการทดลองเมื่อเพิ่มเงื่อนไขการลงทุน ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน 64

4.3 ผลการทดลอง เมื่อทำการ Minimize CO2e 71

4.3.1 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน 71

4.3.2 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะที่นำเข้าสู่ระบบให้มีค่ามากๆ เพื่อรองรับ ขยะในอนาคต และเพื่อทราบลำดับการปล่อย CO2 Emission ในแต่ละกระบวนการกำจัด ... 71

4.4 ผลการทดลอง เมื่อทำการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach 74

4.4.1 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน และไม่มีมีเงื่อนไขด้านเงินลงทุน (Cin=∞) 74

4.4.2 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 ล้านบาท 76

4.4.3 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 ล้านบาท 78

4.4.4 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 ล้านบาท 80

4.4.5 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 300 ล้านบาท 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 84

บรรณานุกรม..... 85

ภาคผนวก..... 86

ประวัติผู้เขียน..... 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงส่วนประกอบที่ใช้สำหรับสร้างโมเดลทั้ง 6 แบบ 14
2.2 แสดงกำไรต่อหน่วยเมื่อนำไปขาย สู่ตลาดสำหรับโมเดลทั้ง 6 แบบ 14
3.1 การกำหนด Criteria Determining Collection Efficiency ที่ผู้สร้างโปรแกรมให้เรากำหนดเพื่อคาดการณ์ปริมาณแก๊ส LFG 26
3.2 Modeling Parameters ที่ผู้สร้างโปรแกรมใช้งาน 26
3.3 แสดงราคาค่าลงทุนและราคาค่า บริหารจัดการและบำรุง ระบบสำหรับ การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) 28
3.4 ตารางแสดงรายได้สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าจาก Landfill ขนาดเล็ก 29
3.5 แสดงการลงทุนในโครงการแปลงขยะเป็นพลังงาน 32
3.6 ตารางแสดงเกณฑ์คุณสมบัติและราคา RDF ประเภทที่ 3 32
3.7 แสดงการแจกแจงอัตราเฉลี่ยต้นทุนและรายรับของโครงการต่อหน่วยน้ำหนักขยะมูลฝอย 35
3.8 แสดงคุณสมบัติของเทคโนโลยีการรีไซเคิล (Recycle Technology) 36
3.9 แสดงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากองค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย 37
3.10 แสดงพารามิเตอร์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในงานวิจัย จากองค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย 37
3.11 แสดงปริมาณมูลฝอย ตามองค์ประกอบทางกายภาพ 39
3.12 ตารางแสดงการนิยามตัวแปร (Variable) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับ Maximize Profit 44
3.13 ตารางแสดงการนิยามตัวแปร (Variable) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับ Minimize CO2e 45
3.14 ตารางแสดงการนิยามตัวแปร (Variable) และ คำอธิบาย (Description) การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach 46
3.15 ตารางแสดงการนิยามพารามิเตอร์ (Parameters) และ คำอธิบาย (Description) ที่ใช้สำหรับ Maximize Profit 47
3.16 ตารางแสดงการนิยามพารามิเตอร์ (Parameters) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับ Minimize CO2e 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

3.17 ตารางแสดงการนิยามพารามิเตอร์ (Parameters) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach 50
3.18 ตารางแสดงการนิยามสมการ (Equations) คำอธิบาย (Description) และ สมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้สำหรับ Maximize Profit 53
3.19 ตารางแสดงการนิยามสมการ (Equations) คำอธิบาย (Description) และ สมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้สำหรับ Minimize CO2e 55
3.20 ตารางแสดงการนิยามสมการ (Equations) คำอธิบาย (Description) และ สมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach 57
4.1 ตารางแสดงผลการทดลองแสดงค่า Maximize profit ของแต่ละเงื่อนไขการลงทุน 70
4.2 ตารางแสดงผลลำดับความสำคัญของจากการ Minimize CO2 Emission และ Maximize Profit 73
4.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน และไม่มีมีเงื่อนไขด้านเงินลงทุน (Cin=∞) 74
4.4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 ล้านบาท 76
4.5 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 ล้านบาท 78
4.6 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 ล้านบาท 80
4.7 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 300 ล้านบาท 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการพลอตกราฟตามสมการ ตัวอย่างการแก้ปัญหาโดย วิธีเชิงกราฟ 10
2.2 แสดง Feasible Region จากปัญหาข้างต้น 11
2.3 แสดงการ ลากลง (Move Down) ให้ขนานกับเส้นความชันของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าจุดที่มีคำตอบที่ต่ำที่สุด (Minimum Solution) 11
2.4 แสดงการ ลากขึ้น (Move up) ให้ขนานกับเส้นความชันของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าจุดที่มีคำตอบที่ต่ำที่สุด (Maximum Solution) 12
2.5 แสดงการ นำชุดคำสั่ง Solver เพื่อนำมาใช้งาน 13
2.6 แสดงตำแหน่งของ ฟังก์ชั่น Solver Add-Ins 13
2.7 แสดงการสร้างตารางแล้วทำการใส่ค่าลงในแต่ละ Cell เพื่อใช้งาน Solver 15
2.8 แสดงการใส่ฟังก์ชั่น SUMPRODUCT ตามตำแหน่งที่จะต้องใช้ใน Solver 15
2.9 แสดงการใส่ค่าในหน้าต่าง Solver Parameters 16
2.10 แสดงการใส่ค่าในหน้าต่าง Change Constraint หรือ Add Constraint 17
2.11 แสดงผลคำตอบเมื่อทำการหาคำตอบโดย Solver 17
2.12 ตัวอย่างการนิยามเซต (Set) ในโปรแกรม 19
2.13 ตัวอย่างการสร้างตัวแปร (Variable) ในโปรแกรม 20
2.14 ตัวอย่างการสร้างข้อมูล (Parameter) ในโปรแกรม 21
2.15 ตัวอย่างการสร้างสมการข้อจำกัด (Equation) 21
2.16 ตัวอย่างการใช้คำสั่งเพื่อหาคำตอบ (Solve) 22
2.17 แสดงการหา Optimal solution สำหรับวิธี Weighting Method Approach 23
3.1 แสดงขั้นตอนการทดลองวิจัย 24
3.2 แสดงการกำหนดให้แบบจำลองมีทางเลือกขั้นที่ 1 ทั้งหมด 3 กรณี 25
3.3 แสดงผลการ คาดการณ์แก๊สที่จะเกิดจากการฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล (LFG) โดยใช้โปรแกรม Thailand Landfill Gas Model Version 1.0 27
3.4 แสดงเครื่องจักรทั้งหมดในระบบการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel) 30
3.5 แผนภูมิการการดำเนินการของกระบวนการ RDF และแสดงให้เห็นถึงผลผลิตที่ได้ 33
3.6 แสดงข้อมูลพื้นฐานระบบของเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน 34
3.7 แสดงองค์ประกอบทางกายภาพ พื้นที่ศึกษาเมืองโบราณอู่ทอง 38
3.8 เขียนปัญหาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรทางคณิตศาสตร์ สำหรับกรณีที่ 1 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

3.9 เขียนปัญหาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรทางคณิตศาสตร์ สำหรับกรณีที่ 2 41
3.10 เขียนปัญหาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรทางคณิตศาสตร์ สำหรับกรณีที่ 3 42
3.11 สรุปขั้นตอนการเรียกใช้งานโปรแกรม GAMS 60
4.1 ผลการทดลอง เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน ไม่มีเงื่อนไขสำหรับเงินในการลงทุน 61
4.2 ผลการทดลอง เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเพื่อรองรับ ขยะในอนาคต ขยะมากกว่า 500 ตัน/วัน เพื่อทราบลำดับความคุ้มค่าของการลงทุน 62
4.3 ผลการทดลองแสดง ลำดับความคุ้มค่าในการลงทุน 63
4.4 แสดงลำดับความคุ้มค่าในการลงทุนเรียงลำดับจากน้อยไปมาก 63
4.5 ผลการทดลองเมื่อเงินลงทุน เท่ากับ 50 ล้านบาท ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน 64
4.6 ผลการทดลองเมื่อเงินลงทุน เท่ากับ 100 ล้านบาท ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน 65
4.7 ผลการทดลองเมื่อเงินลงทุน เท่ากับ 200 ล้านบาท ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน 66
4.8 ผลการทดลองเมื่อเงินลงทุน เท่ากับ 300 ล้านบาท ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน 67
4.9 ผลการทดลองเมื่อเงินลงทุน เท่ากับ 400 ล้านบาท ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน 68
4.10 ผลการทดลองแสดงการเลือกกระบวนการกำจัดขยะตามเงื่อนไขด้านการลงทุน 69
4.11 ผลการทดลองแสดงค่า Maximize profit ของแต่ละเงื่อนไขการลงทุน 69
4.12 แสดงผลสรุป วิธีการกำจัด , ปริมาณขยะที่แบบจำลองเลือก และ ค่า Z ของทุกกรณีการลงทุน เมื่อทำการ Maximize Profit เพียงอย่างเดียว 70
4.13 ผลการทดลอง เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน ไม่มีเงื่อนไขสำหรับเงินในการลงทุน เพื่อ Minimize CO2 emission 71
4.14 แสดงลำดับการปล่อย CO2e เรียงลำดับจากน้อยไปมาก 72
4.15 แสดงผลลำดับความสำคัญของจากการ Minimize CO2 Emission และ Maximize Profit 73
4.16 กราฟแสดงผล การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน และไม่มีมีเงื่อนไขด้านเงินลงทุน (Cin=∞) . 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

4.17 กราฟแสดงผล การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงื่อนไขเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 ล้านบาท 77
4.18 กราฟแสดงผล การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงื่อนไขเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 ล้านบาท 79
4.19 กราฟแสดงผล การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงื่อนไขเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 ล้านบาท 81
4.20 กราฟแสดงผล การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงื่อนไขเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 300 ล้านบาท 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร เป็นผลโดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของขยะมูลฝอย การบริหารจัดการขยะมูลฝอยจึงมีบทบาทสำคัญ โดยภาพรวมมีการพัฒนากระบวนการบริหารจัดการขยะในประเทศไทยมามากกว่า 50 ปี โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นถึงการสร้างแบบจำลอง

จะเห็นได้ว่าการบริหารจัดการขยะ ที่ไม่ถูกวิธีก่อให้เกิดปัญหาต่างมากมายในปัจจุบัน อาทิ เช่น ปัญหาการไหม้ของบ่อขยะที่เกิดขึ้นเป็นประจำ ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆอีกมากมาย เพราะฉะนั้นจำเป็นอย่างยิ่งในการมองปัญหาและหาวิธีการจัดการอย่างถูกวิธี โดยการเลือกพื้นที่ที่ทำการศึกษา จากตามที่พระราชกฤษฎีกาจัดตั้ง ประกาศให้ในพื้นที่เมืองโบราณอู่ทองเป็นพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ซึ่งแน่นอนว่าผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร เป็นผลโดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของขยะมูลฝอย การจัดการขยะมูลฝอย มีขั้นตอนและวิธีการที่ผ่านกระบวนการพัฒนาในประเทศของเรามานานกว่า 50 ปี โดยภาพรวมประเด็นที่ทำการศึกษา เกี่ยวกับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยมีค่อนข้างมากแต่สิ่งที่มุ่งเน้นคือในการศึกษานี้ ความสำคัญของพื้นที่ที่ศึกษา อีกทั้ง การนำผลจากการวิเคราะห์ไปสู่การใช้งานจริง จากข้อมูลยังไม่มีการศึกษาวิจัย ในพื้นที่นี้ การศึกษานี้จึงสนใจที่จะหาคำตอบ โดยคำตอบที่ได้จะส่งผลต่อการตัดสินใจ เลือกใช้วิธีการต่างๆ สำหรับผู้บริหาร ในอนาคต การศึกษาเป็นการศึกษาเบื้องต้นโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ การบริหารจัดการขยะมูลฝอยอย่างเป็นระบบทั้งในด้าน เศรษฐศาสตร์ สังคม สิ่งแวดล้อม อีกทั้งมีความเหมาะสมกับชนิด และ ปริมาณของขยะมูลฝอยจะทำให้องค์กร ที่ทำหน้าที่บริหารสามารถลดค่าใช้จ่าย เพิ่มรายได้ โดยวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางให้กับ พื้นที่ศึกษาเมืองโบราณอู่ทอง ในการบริหารจัดการ เพื่อให้ทราบถึงวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดการมูลฝอย อีกทั้งเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากแต่ละกระบวนการกำจัดอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้

1. เพื่อทราบวิธีการบริหารจัดการขยะชุมชน ที่เหมาะสมที่สุด
2. เพื่อให้ได้ โมเดลทางคณิตศาสตร์ ในการวิเคราะห์ ความเหมาะสมสำหรับการบริการจัดการขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 หลักการใหม่ที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

หลักการใหม่ที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการหาความเหมาะสมโดยการสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจ อีกทั้งเป็นเครื่องมือเพื่อทุนระยะเวลาในการวิเคราะห์อีกทั้งสามารถนำไปปรับใช้ได้กับทุกๆพื้นที่

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีขั้นตอนของการศึกษาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย หลักการที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการหาความเหมาะสม การหาค่าต่ำสุด และการหาค่าสูงสุด

บทที่ 3 บทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงขั้นตอนการสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์ การกำหนดค่าตัวแปร การกำหนดฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ และการกำหนดเงื่อนไข ต่างๆให้กับโมเดลเพื่อให้สอดคล้อง กับปัญหา การบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน

บทที่ 4 บทนี้กล่าวถึงผลการทดลองวิจัย และผลการวิเคราะห์ สำหรับ การบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยการใช้ โมเดลทางคณิตศาสตร์

บทที่ 5 กล่าวถึงบทสรุปของงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับงานวิจัย

2.1 กล่าวนำ

บทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยการวิเคราะห์ คำตอบที่ดีที่สุด เพื่อค้นหากระบวนการบริหารจัดการขยะ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยกระบวนการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ Optimum solutions นำมาประยุกต์ใช้และสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจ

Minas Minoglou และ Dimitrios Komilis ได้ทำงานวิจัยหาความเหมาะสม ในการบริหารจัดการขยะอย่างบูรณาการ ในพื้นที่ศึกษา ทางภาค ตะวันออก - ซิโดเนียและ เทรซ ในกรีซ โดยวิธีการวิจัยดำเนินการแบ่งเป็น 2 รูปแบบ ในประเมินความเหมาะสม 1.ราคาทั้งหมดที่ต่ำที่สุดในระบบการจัดการขยะมูลฝอย 2.ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ที่ต่ำที่สุด ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากระบบ ในการวิจัยทำตาม สมการศาสตร์แบบ non-linear ใช้ตัวแปรตัดสินใจ 32 ตัวแปร และ ไม่จำเป็นต้องมีฐานข้อมูลการประเมินจักรชีวิต ที่ซับซ้อน ในการนำเสนอโมเดลในการประเมินความเหมาะสม แบ่งเป็น 8 องค์ประกอบทางกายภาพ (กระดาษ , กระดาษแข็ง , พลาสติก, โลหะ , แก้ว , ขยะจากอาหาร ,ขยะจากสวน และ ของเสียอื่น) สำหรับ 4 เทคโนโลยีในการกำจัดขยะมูลฝอย (การเผา,การหมักทำปุ๋ย,การย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน,การฝังกลบ) หลังจากที่ได้มีการแยกขยะที่สามารถ รีไซเคิลได้จากต้นทาง โดยภาค ตะวันออก - ซิโดเนียและ เทรซ ในกรีซ ได้รับเลือก เป็นกรณีศึกษา ผลการศึกษาพบ ว่ามีการต้องเลือกตัดสินใจ ระหว่าง ค่าใช้จ่าย และ การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ การเผาและการหมักทำปุ๋ยได้รับการนิยมเนื่องจากเป็น เทคโนโลยีการกำจัดส่วนใหญ่ , ในขณะที่ การฝังกลบเป็นเทคโนโลยีที่ตัดสินใจเลือกเป็นอันดับสุดท้ายภายใต้ ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ทั้งสอง อัตราการรีไซเคิล มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อการประเมินความเหมาะสมในทุก กรณี ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยชิ้นนี้แต่แตกต่างกันด้วยซอฟแวร์การหาคำตอบ และ สมมุติฐานด้านการกำจัดขยะอีกทั้งการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของงานวิจัยของ Minas Minoglou และ Dimitrios Komilis ให้ความสำคัญกำกับระบบขนส่งขยะมูลฝอย แต่ในงานวิจัยของผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญแก่กระบวนการกำจัดมากกว่า

สำหรับ งานวิจัยในประเทศไทย จุรีรัตน์ ไชยจิตร และ ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช ได้ทำการศึกษาวิจัย โมเดลการจัดการขยะชุมชน อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี ใน วารสารเทคโนโลยีภาคใต้ ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2555 โดยผลของการศึกษาเป็นในลักษณะ การคาดการณ์ปริมาณขยะและต้นทุนอีกทั้งยังผลตอบแทนที่เหมาะสมเพื่อกำหนดกระบวนการวิธีการกำจัดขยะซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของผู้ทำวิจัยเอง แต่ไม่ได้ใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อตัดสินใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัฐฐา ทองช่วย ได้ทำศึกษา การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจร ในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลลานกระบือ จังหวัดกาแพงเพชร โดยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงปริมาณและระเบียบวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ โดย ศึกษาระดับการมีส่วนร่วมและปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ แนวทางการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจรในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลลานกระบือ ผลที่ได้เป็นผลจากแบบสอบถามและผลข้อมูลทางสถิติ

M.F. Badran และ S.M. El-Haggar ได้ทำการศึกษา Optimization of municipal solid waste management in Port Said – Egypt โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ใช้การหาค่าความเหมาะสมในรูปแบบการจัดเก็บขยะมูลฝอยเพื่อให้ทราบถึง รูปแบบการจัดเก็บขยะมูลฝอยที่เหมาะสมที่สุด โดยอาศัยหลักการ Optimization ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับงานวิจัยของผู้ทำวิจัยเอง

Chalita Liamsanguan และ Shabbir H. Gheewala ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การบริหารจัดการขยะมูลฝอยโดยให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม โดยดูผลจากการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ โดยพื้นที่ศึกษาอยู่ที่ จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทยซึ่งในงานวิจัยได้เขียนแสดงถึง วัฏจักรวงจรชีวิตของขยะมูลฝอย โดยเทคโนโลยีการกำจัดขยะมูลฝอย ของงานวิจัยชิ้นนี้ประกอบไปด้วย การเผา และการฝังกลบ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อประเมินหา เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดโดยให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับขยะมูลฝอยชุมชน

2.2.1 นิยามที่เกี่ยวกับขยะมูลฝอย

ตามพระราชบัญญัติ การสาธารณสุข 2535 **“สิ่งปฏิกูล”** หมายความว่า อุจจาระหรือปัสสาวะ และหมายความ รวมถึงสิ่งอื่นใดซึ่งเป็นสิ่งโสโครกหรือมีกลิ่นเหม็น **“มูลฝอย”** หมายความว่า เศษกระดาษเศษผ้า เศษอาหาร เศษ สินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ ซากสัตว์ หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์ หรือที่ อื่น และหมายความรวมถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชน

ขยะชุมชน (Municipal Solid Waste) หมายถึง ขยะที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน เช่น ตลาดสด บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ สถาบันต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ไม่รวมของเสียอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อ ขยะทั่วไป (General Waste) หมายถึง ขยะประเภทอื่นนอกเหนือจากขยะย่อยสลาย ขยะรีไซเคิลและขยะอันตราย มีลักษณะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น กล่องนมห่อพลาสติกใส่ขนม ถุงพลาสติก บรรจุผงซักฟอก พลาสติกห่อลูกอม ซองบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ถุงพลาสติกเปื้อนเศษอาหาร โฟม ฟอล์ยเปื้อนเศษอาหาร เป็นต้น นิยามความหมายของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ 2547)

ขยะย่อยสลาย (Compostable waste) หรือ มูลฝอยย่อยสลาย หมายถึง ขยะที่เน่าเสียหรือย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น เศษผักเปลือกผลไม้ เศษอาหาร ใบไม้ เศษเนื้อสัตว์ นิยามความหมายของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ 2547)

ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste) หมายถึง ขยะของเสียบรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุเหลือใช้ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ โดยการนำมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบในขบวนการผลิตหรือใช้สำหรับผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น แก้ว กระดาษ กระป๋องเครื่องดื่ม พลาสติก เศษโลหะ อลูมิเนียม ยางรถยนต์ นิยามความหมายของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การจัดการขยะมูลฝอย

2.2.2.1 เทคโนโลยีแปลงขยะเป็นเชื้อเพลิงพลังงาน (RDF)

การใช้ขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้ นำไปเผาไหม้โดยตรงมักก่อให้เกิดความยุ่งยากในการใช้งานเนื่องจากองค์ประกอบที่ไม่แน่นอนของขยะมูลฝอย ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามชุมชน และตามฤดูกาล อีกทั้งขยะมูลฝอยเหล่านี้มีค่าความร้อนต่ำ มีปริมาณเถ้า และความชื้นสูง ซึ่งทำให้การออกแบบเตาเผาและผู้ปฏิบัติงานควบคุมผลกระทบที่เกิดกับสิ่งแวดล้อมได้ยาก แต่การนำขยะมูลฝอยมาผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการย่อยขนาด กระบวนการคัดแยก และกระบวนการอื่นๆทำให้คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานได้ ซึ่งง่ายต่อการควบคุมผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เพราะเชื้อเพลิงพลังงานที่ผ่านการย่อยขนาด และคัดแยกมาแล้วจะมีขนาดที่ใกล้เคียงกันทั้งหมด และสิ่งที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ปนอยู่ในเชื้อเพลิงน้อยมาก ทำให้มลพิษที่เกิดขึ้นน้อยลงมากเมื่อเทียบกับการนำขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้ไปเผาไหม้โดยตรง

เชื้อเพลิงพลังงานจากขยะ หมายถึง ขยะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ เช่น การย่อยขนาด การคัดแยก และอื่นๆ เชื้อเพลิงพลังงานจากขยะที่ได้จะมีค่าความร้อนสูงกว่า หรือมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงได้ดีกว่าการนำขยะที่เก็บรวบรวมมาใช้โดยตรง เนื่องจากความสม่ำเสมอทั้งทางกายภาพและเคมี ข้อดีของเชื้อเพลิงพลังงานจากขยะ คือ ค่าความร้อนสูงถึง 3,000-6,000 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม (เมื่อเทียบกับขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมมาจากชุมชน) ง่ายต่อการจัดเก็บ ในปัจจุบันการแปลงขยะเป็นเชื้อเพลิงพลังงาน ที่เรียกกันว่า RDF: Refused Derived Fuel โดยเทคโนโลยีนี้เป็นที่ยอมรับจากโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทย

2.2.2.2 การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) นิยามความหมายของคำ คือ เป็นการกำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบขยะมูลฝอย โดยการฝังกลบดังกล่าวต้องถูกหลักสุขาภิบาล เริ่มตั้งแต่มีการคัดเลือกพื้นที่ การออกแบบพื้นที่หรือหลุมฝังกลบ การออกแบบและจัดให้มีระบบโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นอย่างครบถ้วนตามหลักวิศวกรรม รวมทั้งวิธีการดำเนินการของระบบนี้ต้องดำเนินการให้ถูกต้องตามหลักวิชาการหรือตามวิธีการที่กำหนดไว้ ทั้งในระยะเวลาระหว่างการใช้งานและภายหลังจากการหมดอายุการใช้งานของระบบแล้ว (เชี่ยวชาญ 2557)

2.2.2.3 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration)

เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย หมายถึง การกำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้เตาเผา เป็นกระบวนการเผาไหม้ขยะมูลฝอยที่ใช้อากาศมากกว่าความต้องการอากาศในการเผาไหม้ทางทฤษฎี (Stoichiometric Condition) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ความร้อน (Heat) ซึ่งสามารถใช้งานกับหม้อต้มไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ และสามารถกำจัดปริมาณขยะมูลฝอยได้ประมาณร้อยละ 80-90 โดยต้องมีการออกแบบเตาเผาให้เหมาะสมกับปริมาณและ องค์ประกอบของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยะมูลฝอยและปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ ค่าความชื้น และค่าความร้อนของขยะมูลฝอยซึ่งมีการผันแปรตามฤดูกาล และลักษณะองค์ประกอบของขยะมูลฝอย นอกจากนี้ ปัญหามลภาวะเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญ โดยเฉพาะมลภาวะทางอากาศ การปนเปื้อนของขยะอันตรายจากครัวเรือนไม่เพียงแต่จะก่อให้เกิดการปลดปล่อยสารพิษดังกล่าวออกสู่บรรยากาศ แต่ยังคงมีสารพิษค้างในขี้เถ้าที่เหลือจากการไหม้ ซึ่งต้องนำไปกำจัดด้วยการฝังกลบในขั้นตอนสุดท้าย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2558)

2.3 ลักษณะและชนิดของแบบจำลอง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำแนกได้หลายประเภท สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม

1. แบบจำลองเฉพาะ (Specific Model)
2. แบบจำลองทางสถิติ (Statistical Model)
3. แบบจำลองเพื่อหาทางเลือกหรือการหาค่าความเหมาะสม (Optimization Model)
4. แบบจำลองด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Model)
5. แบบจำลองแบบผสมผสาน (Mixed Model)

ซึ่งตามที่ได้กล่าวมา ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เป็นไปตามลักษณะของ แบบจำลองเพื่อหาทางเลือกหรือการหาค่าความเหมาะสม (Optimization Model) โดยใช้ขั้นตอนวิธี (Algorithm) คือ กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) ใช้เพื่อวิเคราะห์หาคำตอบที่ดีที่สุด สามารถกระทำได้ด้วยวิธีเชิงกราฟ, วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์, โปรแกรมกระดาษคำนวณ (Spreadsheet) โดยเรียก ใช้ฟังก์ชั่น Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel และ ซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ (Computer Software) อื่นๆที่สร้างมาเพื่อทำแบบจำลองหาค่าความเหมาะสมโดยเฉพาะ GAMs Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ปัญหากำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Problem)

โดยลักษณะสมการทั่วไปของ ปัญหากำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Problem) จะประกอบไปด้วย ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) และ ฟังก์ชั่นข้อจำกัด (Constrains Function) โดยรูปแบบมาตรฐาน สามารถเขียนได้ดังนี้

Minimize

$$\begin{aligned} & f(x) \\ & g(x) \leq 0 \\ & h(x) \leq 0 \\ & x \in B \end{aligned} \tag{2.1}$$

เมื่อทำการหาคำตอบ จะได้ค่าที่เรียกว่าผลเฉลย (Feasible Point) ซึ่งถ้ามีหลายๆ ผลเฉลยนำมารวมกันจะเกิดเป็น Feasible Region โดยทั่วไป ปัญหากำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Problem) ผลเฉลยที่ให้ค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จะเรียกว่า Optimal Solution และคำตอบที่ได้ส่วนใหญ่จะอยู่ที่จุดยอดสำหรับ ปัญหากำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Problem) หรือ อีกแบบของ ลักษณะทั่วไปปัญหากำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Problem) สามารถเขียนได้ดังนี้

Maximize

$$c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \ldots + c_nx_n \tag{2.2}$$

Subject to

$$\begin{aligned} a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + a_{i3}x_3 + \cdots + a_{in}x_n &\leq b_i \\ a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + a_{j3}x_3 + \cdots + a_{jn}x_n &\leq b_j \\ a_{k1}x_1 + a_{k2}x_2 + a_{k3}x_3 + \cdots + a_{kn}x_n &\leq b_k \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \ldots, x_n &\geq 0 \end{aligned}$$

ซึ่งเป็นการบอกถึง ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) และ ฟังก์ชั่นข้อจำกัด (Constrains Function) ในรูปแบบของสมการทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้น โดย วิธีเชิงกราฟ

ตัวอย่างการแก้ปัญหาโดย วิธีเชิงกราฟกำหนด ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) และ ฟังก์ชั่นข้อจำกัด (Constrains Function) ดังนี้

Minimize

and Maximize $Z = x_1+2x_2$

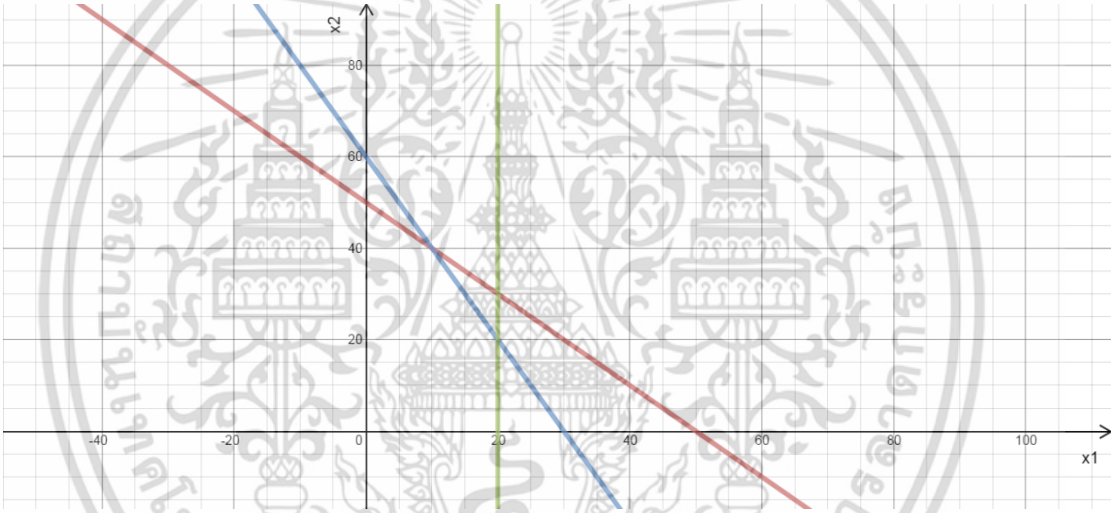
s.t. $x_1+x_2 \leq 50$

$2x_1+x_2 \leq 60$

$x1 \leq 20$

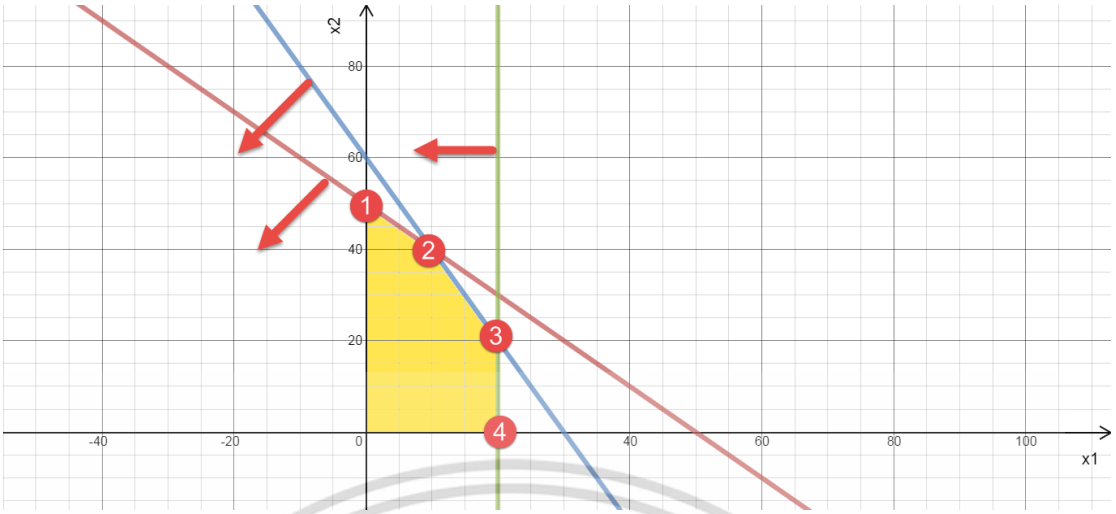
$x_1, x_2 \geq 0$

นำสมการ ทั้งหมดที่กำหนดมา พลอตกราฟเพื่อหา Feasible Region



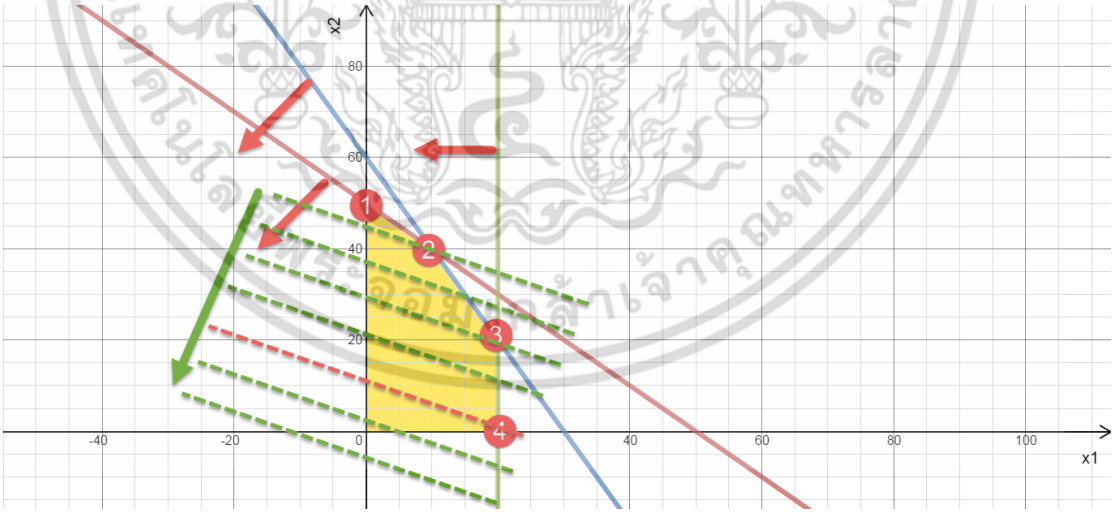
รูปที่ 2.1 แสดงการพลอตกราฟตามสมการ ตัวอย่างการแก้ปัญหาโดย วิธีเชิงกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดง Feasible Region จากปัญหาข้างต้น

จะเห็นได้ว่า มีจุด Feasible Point ที่อยู่ตรงมุมของ Feasible Region ทั้งหมด สี่จุดจากการวาดกราฟ ของสมการทั้งสามเส้น ซึ่งหลังจากนี้เราจะทำการวาดเส้นกราฟความชัน ของสมการฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) และลากลง (Move Down) ให้ขนานกับเส้นความชันของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์จนกระทั่งตัดจุด Feasible Point จุดสุดท้ายจะเป็นจุดที่มีคำตอบที่ต่ำที่สุด จะเรียกว่า Minimum Solution



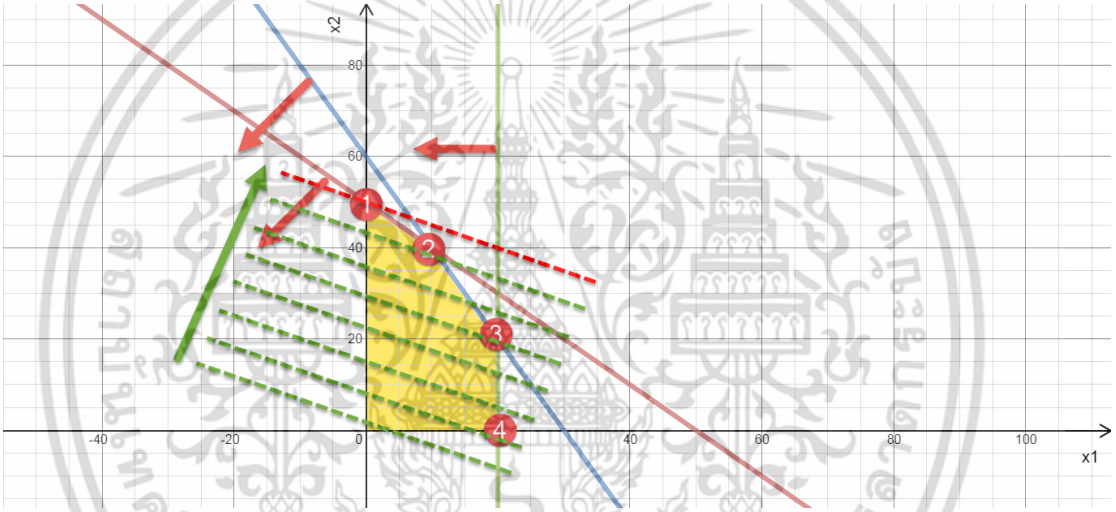
รูปที่ 2.3 แสดงการ ลากลง (Move Down) ให้ขนานกับเส้นความชันของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าจุดที่มีคำตอบที่ต่ำที่สุด (Minimum Solution)

เมื่อลากลงให้ขนาดกับ เส้นความชันของชัน ของสมการ ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function)จะเห็นได้ว่า จุดแรกที่ตัด คือจุดที่ 4 จากรูป 2.4 ซึ่งมีค่า (0,20) นำไปแทนค่าในสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) มีค่าเท่ากับ 20 ซึ่งจะได้เป็นค่า Mixiumum ตามฟังก์ชั่นข้อจำกัด (Constrains Function) เมื่อลองนำค่า Feasible Point อื่นๆ จุดที่ 1 , 2 , 3 ซึ่งมีค่า (0,50), (10,40), (20,20) นำไปแทนเพื่อหาคำตอบในสมการฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ จะคำตอบคือ 100, 90, 60 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่า Minimum ที่สุดคือจุด (0,20) เป็นจุดที่มีคำตอบที่ต่ำที่สุด

ในทางกลับกัน การลากขึ้น (Move up) ให้ขนานกับเส้นความชันของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ จนกระทั่งตัดจุด Feasible Point จุดสุดท้าย จะเป็นการหาค่า จุดที่มีคำตอบที่สูงที่สุด จะเรียกว่า Maximum Solution จากตัวอย่างข้างต้น จุดสุดท้ายที่ตัดคือจุดที่ 1 ซึ่งมีค่า (0,50) นำไปแทนค่าในสมการฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) มีค่าเท่ากับ 100 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่า Maximum ที่สุดคือจุด (0,50) เป็นจุดที่มีคำตอบที่สูงที่สุด



รูปที่ 2.4 แสดงการ ลากขึ้น (Move up) ให้ขนานกับเส้นความชันของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าจุดที่มีคำตอบที่ต่ำที่สุด (Maximum Solution)

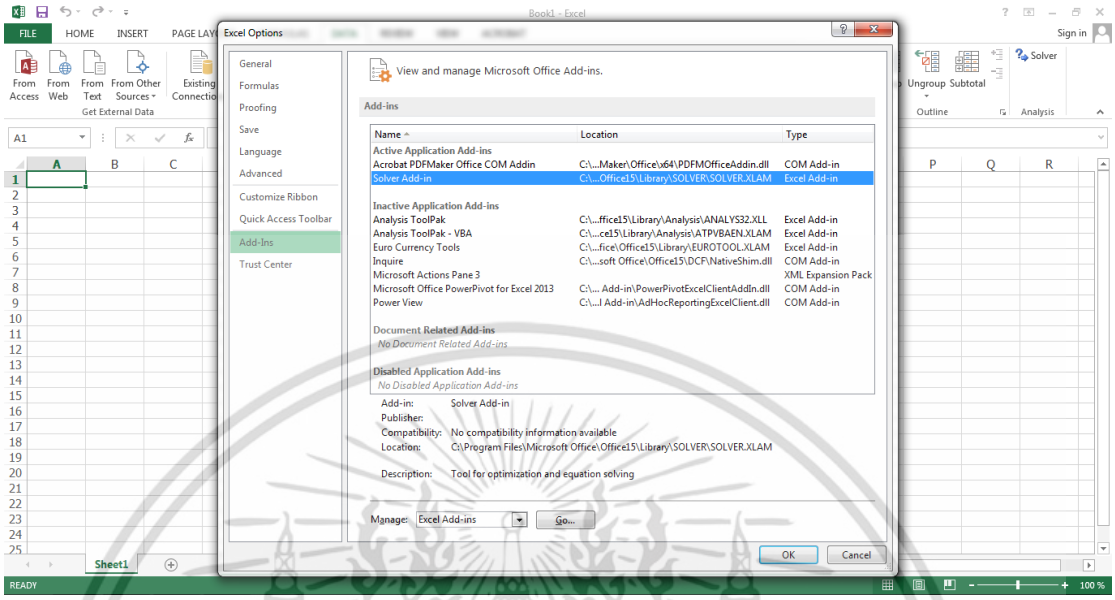
2.4.2 เพดการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้น โดย โปรแกรมกระดาษคำนวณ (Spreadsheet) โดยเรียก ใช้ฟังก์ชั่น Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel

การแก้ปัญหาในงานวิจัย หรือ การแก้ปัญหาในกิจกรรมต่างๆหลายๆอย่าง จะมีข้อกำจัดอยู่มากมาย ซึ่งเมื่อตัวแปรต่างๆเพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นให้ต้องมีเครื่องมือเพื่อมาช่วยในการ แก้ไขปัญหา เนื่องจากการวาดกราฟ อาจจะเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด สะดวกแต่ใช้ได้สำหรับ ปัญหาที่ไม่ซับซ้อนมาก ตัวแปรไม่เกิน สามตัวแปร

Solver เป็นฟังก์ชั่นที่ต้อง Add In เพิ่มในโปรแกรม Microsoft Excel ทำหน้าที่เพื่อหาคำตอบ ที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในส่วนของงานวิจัย จะอธิบายเฉพาะ Microsoft Excel 2013 แต่ในทุกๆเวอร์ชั่นจะมีความคล้ายคลึงกันสามารถนำไปปรับใช้งานได้เหมือนๆกัน

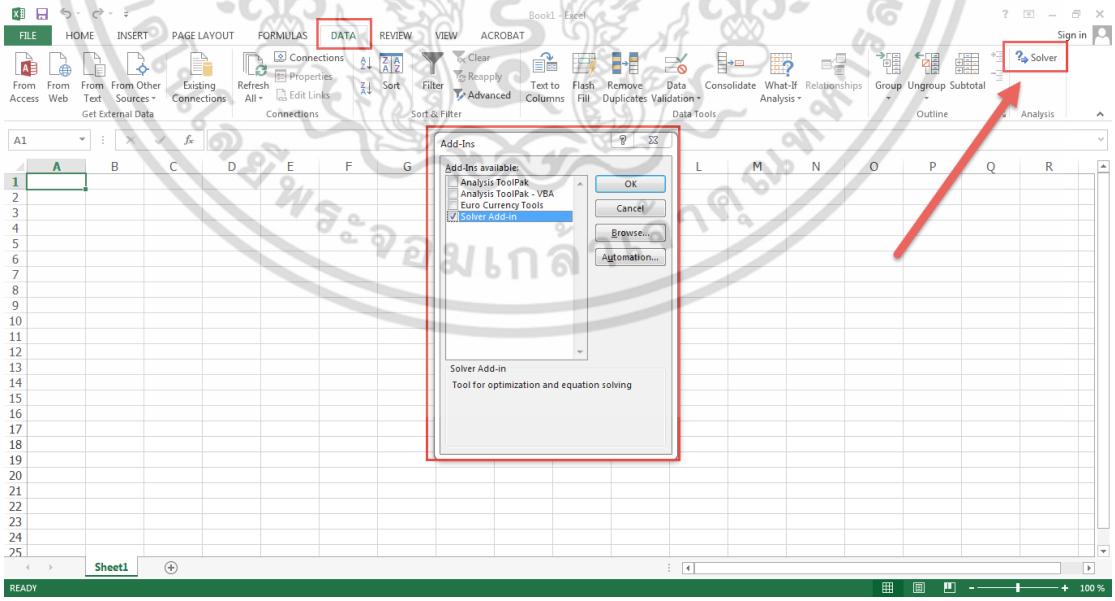
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นการ Add In นำชุดคำสั่ง Solver เพื่อนำมาใช้งานเริ่มต้น เปิดโปรแกรม เฉพาะ Microsoft Excel 2013 หลังจากนั้น เลือกที่แทป File > Option > Add-Ins > OK ใน



รูปที่ 2.5 แสดงการ นำชุดคำสั่ง Solver เพื่อนำมาใช้งาน

แต่ถ้ายังไม่เจอ ฟังก์ชั่น Solver ในแทป Data ให้ทำการกด Go.. แล้วกด Check Solver Add-Ins โดยที่ฟังก์ชั่น Solver จะปรากฏในแทป Data ตามภาพ



รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งของ ฟังก์ชั่น Solver Add-Ins

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการแก้ปัญหาโดยใช้ Solver ใน Microsoft Excel 2013

สมมุติ ต้องสร้างโมเดลเพื่อนำไปขายสู่ตลาด โดยมีโมเดลทั้งหมด 6 แบบ กำหนดให้ชื่อ X1 ถึง X6 และในโมเดลทั้ง 6 แบบ จะถูกประกอบขึ้นด้วยชิ้นส่วนทั้งหมด 5 ชนิด กำหนดให้ชิ้นส่วนชื่อ Y1 ถึง Y5 โดยการจะประกอบโมเดลทั้ง 6 แบบนี้จะต้องใช้ ชิ้นส่วนแต่ละชนิดตามตาราง ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบที่ใช้สำหรับสร้างโมเดลทั้ง 6 แบบ

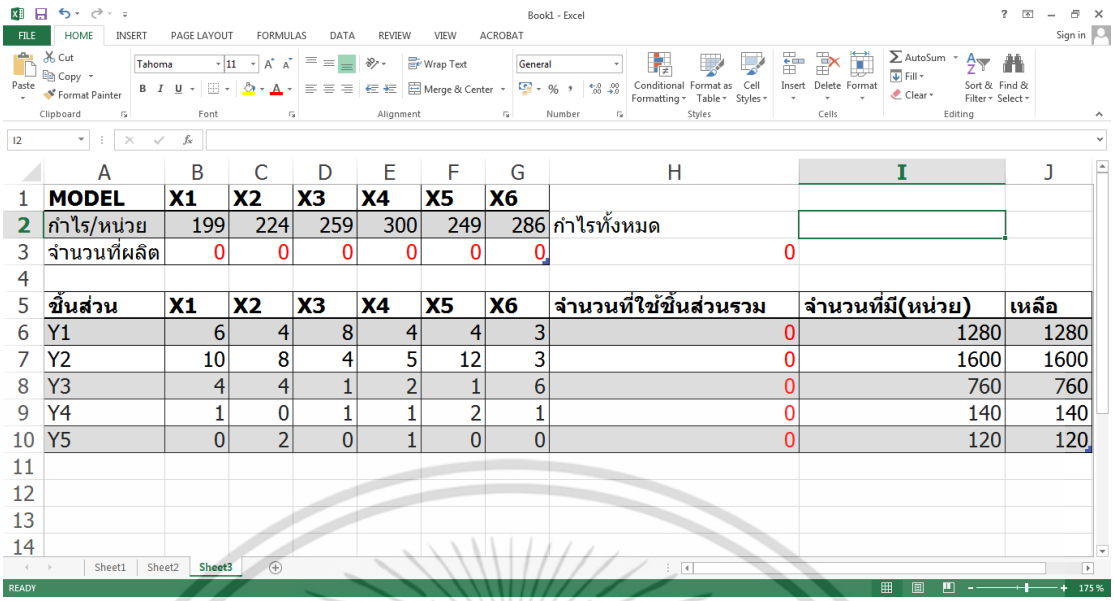
ชิ้นส่วน	X1	X2	X3	X4	X5	X6	จำนวนชิ้นส่วนที่มี(หน่วย)
Y1	6	4	8	4	4	3	1280
Y2	10	8	4	5	12	3	1600
Y3	4	4	1	2	1	6	760
Y4	1	0	1	1	2	1	140
Y5	0	2	0	1	0	0	120

ตารางที่ 2.2 แสดงกำไรต่อหน่วยเมื่อนำไปขาย สู่ตลาดสำหรับโมเดลทั้ง 6 แบบ

MODEL	X1	X2	X3	X4	X5	X6
กำไร/หน่วย	199	224	259	300	249	286

เริ่มต้นสร้างตารางแล้วทำการใส่ค่าลงในแต่ละ Cell ในโปรแกรมโดยจัดเรียงให้ข้อมูลตามแบบในรูปภาพจะเห็นว่า จะไม่มีการใส่ค่าในช่อง จำนวนที่ใช้ชิ้นส่วนรวม และ ช่องจำนวนที่ผลิต เรื่องจากส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ Solver จะเป็นตัวหาค่ามาให้นั้นเอง

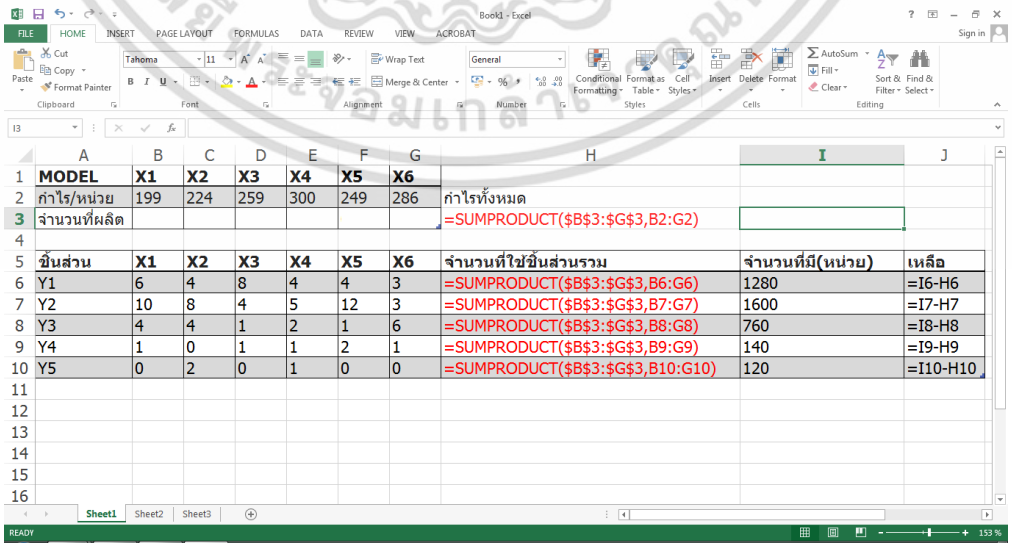
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**MODEL**	**X1**	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**	**X6**			
2	กำไร/หน่วย	199	224	259	300	249	286	กำไรทั้งหมด		
3	จำนวนที่ผลิต	0	0	0	0	0	0	0		
4										
5	**ชิ้นส่วน**	**X1**	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**	**X6**	**จำนวนที่ใช้ชิ้นส่วนรวม**	**จำนวนที่มี(หน่วย)**	**เหลือ**
6	Y1	6	4	8	4	4	3	0	1280	1280
7	Y2	10	8	4	5	12	3	0	1600	1600
8	Y3	4	4	1	2	1	6	0	760	760
9	Y4	1	0	1	1	2	1	0	140	140
10	Y5	0	2	0	1	0	0	0	120	120
11										
12										
13										
14										

รูปที่ 2.7 แสดงการสร้างตารางแล้วทำการใส่ค่าลงในแต่ละ Cell เพื่อใช้งาน Solver

หลังจากนั้นทำการกำหนดสูตรเพื่อคำนวณการใช้ชิ้นส่วนรวมของโมเดลแต่ละตัวโดยการใช้ฟังก์ชั่น SUMPRODUCT ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นที่ช่วยในการ คูณคอมโพเนนต์ที่สอดคล้องกันในอาร์เรย์ที่กำหนด จากนั้นส่งกลับค่าผลรวมของผลลัพธ์จากการคูณทั้งหมด โดยหลังการใส่ค่า ของฟังก์ชั่น คือ SUMPRODUCT (array1, [array2], [array3], ...) ซึ่งจากตารางเราจะทำการใส่ค่า ฟังก์ชั่น SUMPRODUCT ใน Cell ที่เรากำหนดไว้จากรูป 8 คือ H3, H6, H7, H8, H9, H10 โดยที่ Array1 จะกำหนดให้เป็นในส่วนของตารางที่แสดงค่าจำนวนที่ผลิต ส่วน Array2 จะกำหนดให้เป็นในส่วนของตารางที่แสดงค่ากำไรของแต่ละโมเดล และ ชิ้นส่วนที่ใช้ประกอบแต่ละโมเดล ดังแสดงในรูป

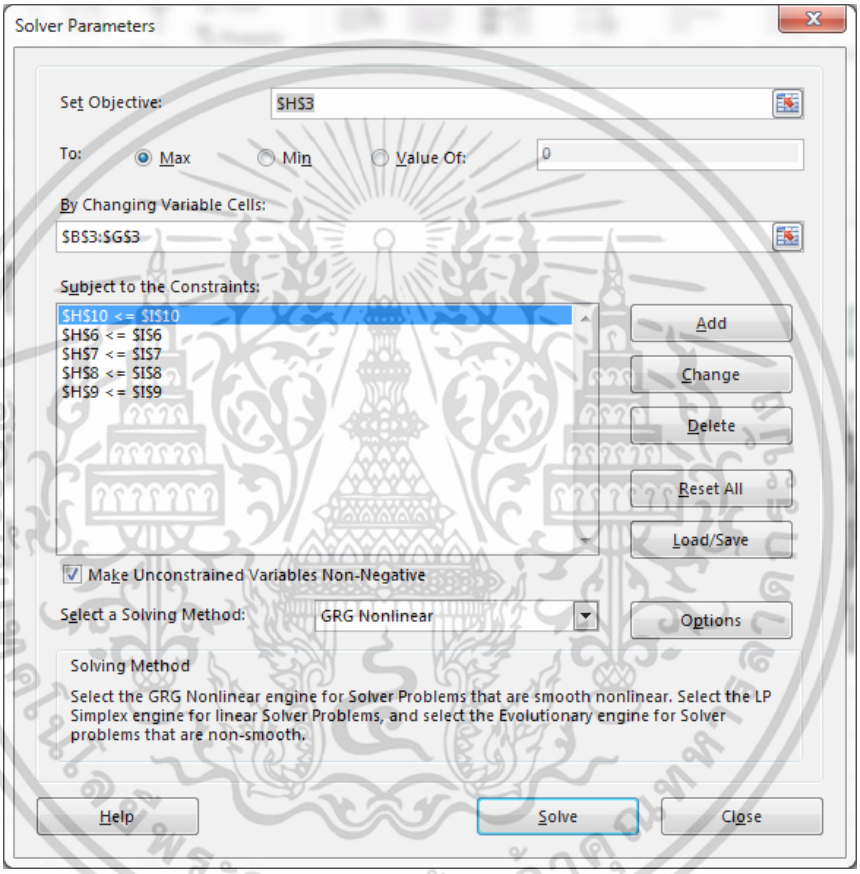


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**MODEL**	**X1**	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**	**X6**			
2	กำไร/หน่วย	199	224	259	300	249	286	กำไรทั้งหมด		
3	จำนวนที่ผลิต							=SUMPRODUCT($B$3:$G$3,B2:G2)		
4										
5	**ชิ้นส่วน**	**X1**	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**	**X6**	**จำนวนที่ใช้ชิ้นส่วนรวม**	**จำนวนที่มี(หน่วย)**	**เหลือ**
6	Y1	6	4	8	4	4	3	=SUMPRODUCT($B$3:$G$3,B6:G6)	1280	=I6-H6
7	Y2	10	8	4	5	12	3	=SUMPRODUCT($B$3:$G$3,B7:G7)	1600	=I7-H7
8	Y3	4	4	1	2	1	6	=SUMPRODUCT($B$3:$G$3,B8:G8)	760	=I8-H8
9	Y4	1	0	1	1	2	1	=SUMPRODUCT($B$3:$G$3,B9:G9)	140	=I9-H9
10	Y5	0	2	0	1	0	0	=SUMPRODUCT($B$3:$G$3,B10:G10)	120	=I10-H10
11										
12										
13										
14										
15										
16										

รูปที่ 2.8 แสดงการใส่ฟังก์ชั่น SUMPRODUCT ตามตำแหน่งที่จะต้องใช้ใน Solver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

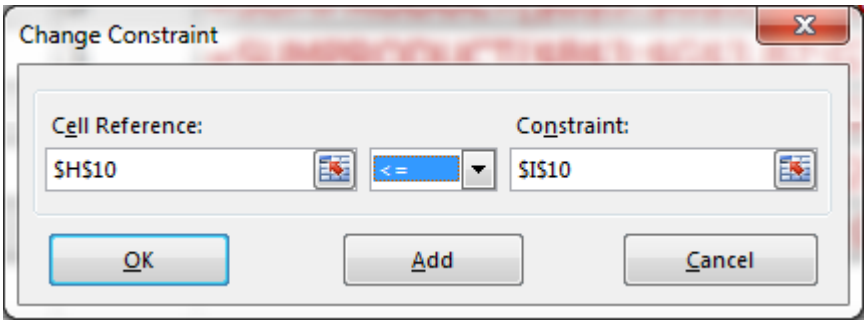
หลังจากนั้นคลิกที่ Solver ในแทป Data จะปรากฏหน้าต่าง Solver parameters หนังจากนั้นทำการกำหนดค่า ตรงช่อง Set Objective ให้เรากำหนดค่า ช่องที่เราใส่ค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ไว้ ในตัวอย่าง คือช่องกำไรทั้งหมด Cell H3 และกำหนดว่าเราจะให้โมเดลของเราทำการ Maximize หรือ Minimize หลังจากนั้นทำการกำหนดค่าช่องต่ำไปคือช่อง By Changing Variable Cell หมายถึง การเลือกช่องที่เรากดหนดให้เป็นตัวแปรตัดสินใจสำหรับในตัวอย่างคือช่อง จำนวนการผลิต จาก Cell B3 ถึง Cell G3 ตามแสดงในรูป



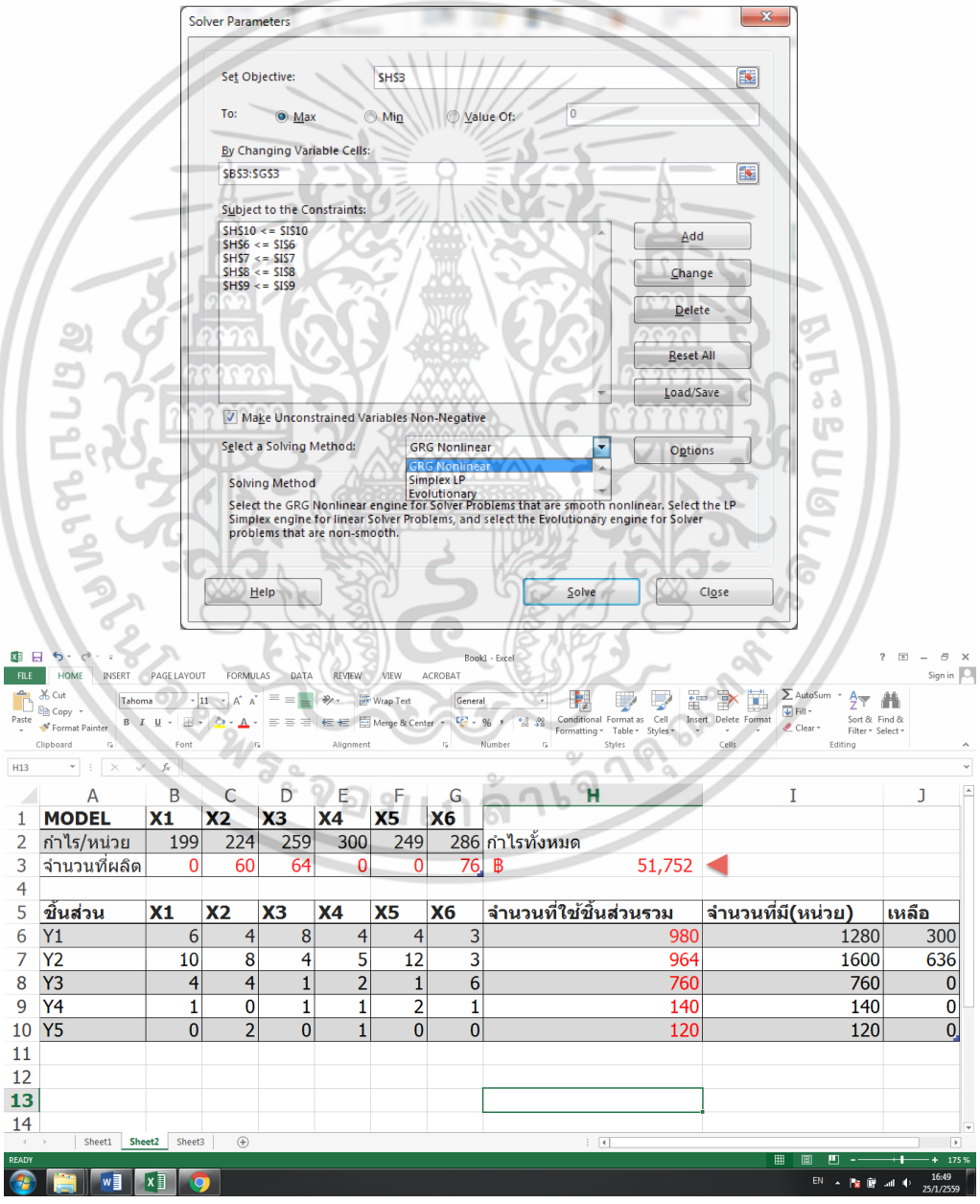
รูปที่ 2.9 แสดงการใส่ค่าในหน้าต่าง Solver Parameters

ต่อไปเป็นการ กำหนดฟังก์ชั่นเงื่อนไข โดยวิธีการคือ เลือกที่คำสั่ง Add ทางด้านขวาในหน้าต่าง Solver Parameters หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Add Constraint หลังจากนั้น ในช่อง Cell Reference เราจะทำการกำหนดช่องที่เป็นค่าของ จำนวนที่ใช้ชิ้นส่วนรวมโดยในตัวอย่างนี้หมายถึง Cell H10 และทำการเลือกเครื่องหมาย หลังจากนั้นในช่อง Constraint ให้กำหนดช่องที่เป็นค่าของจำนวนที่มีอยู่ ในตัวอย่างนี้หมายถึง Cell I10 แล้วกด OK เมื่อใส่ค่าฟังก์ชั่นเงื่อนไขทั้งหมดแล้ว หรือถ้ายังไม่หมดทำการเพิ่มในคำสั่ง Add ต่อแล้วทำซ้ำตามขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น หรือถ้าเกิดข้อผิดพลาดสามารถ กดคำสั่ง Change เพื่อเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงการใส่ค่าในหน้าต่าง Change Constraint หรือ Add Constraint



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**MODEL**	**X1**	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**	**X6**			
2	กำไร/หน่วย	199	224	259	300	249	286	กำไรทั้งหมด		
3	จำนวนที่ผลิต	0	60	64	0	0	76	฿ 51,752		
4										
5	**ชิ้นส่วน**	**X1**	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**	**X6**	**จำนวนที่ใช้ชิ้นส่วนรวม**	**จำนวนที่มี(หน่วย)**	**เหลือ**
6	Y1	6	4	8	4	4	3	980	1280	300
7	Y2	10	8	4	5	12	3	964	1600	636
8	Y3	4	4	1	2	1	6	760	760	0
9	Y4	1	0	1	1	2	1	140	140	0
10	Y5	0	2	0	1	0	0	120	120	0
11										
12										
13										
14										

รูปที่ 2.11 แสดงผลคำตอบเมื่อทำการหาคำตอบโดย Solver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือก Simplex LP เป็นการเลือกวิธีในการหาคำตอบหลังจากนั้นเมื่อทำการกด Solver แล้ว Excel จะแสดงคำตอบที่เหมาะสมที่สุดให้กับเราตามเงื่อนไข ซึ่งในตัวอย่างนี้จะอธิบายได้ว่า เพื่อให้ได้กำไรสูงที่สุดจำเป็นต้องผลิต โมเดล X2 จำนวน 60 หน่วย X3 จำนวน 64 หน่วย X6 จำนวน 76 หน่วย และไม่ต้องผลิตโมเดล X1, X4 และ X5 แล้วจะได้กำไรสูงที่สุด อีกทั้งยังสามารถ ทราบจำนวนที่เหลืออยู่โดยการ นำ จำนวนที่ใช้ชิ้นส่วน ลบ ออกจากจำนวนที่มีอยู่เดิม สามารถทราบถึงจำนวนที่เหลืออยู่ของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น

ข้อดีของการใช้ Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel 2013 สามารถใช้กับปัญหาที่มี ตัวแปรในการตัดสินใจ (Variable Decision) หลายๆตัว และเหมาะกับปัญหาที่ มีแบบแผนเหมาะที่จะใช้แก้ปัญหาในรูปแบบของตาราง ง่ายต่อการทำเอกสารรายงาน สามารถสรุปและจัดพิมพ์เอกสารได้สะดวกสวยงาม แต่เมื่อปัญหามีความซับซ้อนขึ้นกว่านี้ และเขียนเป็นตารางได้ยาก มีตัวแปรในการตัดสินใจที่ซับซ้อน และจำนวนมากจะยากต่อการใส่ข้อมูลและการเรียงข้อมูลเพื่อที่จะใช้ ฟังก์ชั่น SUMPRODUCT

2.4.3 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น โดย ซอฟแวร์คอมพิวเตอร์เฉพาะทาง ตัวอย่างเช่น GAMs Software

ในกรณีที่ปัญญาหามีขนาดใหญ่ขึ้นการ เพิ่มข้อมูลในเพื่อคำนวณในโดย วิธี Solver Excel หรือ วิธีเชิงกราฟ อาจจะทำไม่ได้จึงมีผู้พัฒนาโปรแกรม ที่สามารถเพิ่มข้อมูลหรือภาษาที่คล้ายคลึงกับสมการคณิตศาสตร์ เพื่อให้การทำงานสะดวกขึ้น

GAMs ย่อมาจาก The General Algebraic Modeling System เป็นระบบภาษาสร้างขึ้นมาเพื่อการทำงานด้าน Optimization โดยเฉพาะ

โครงสร้างหลักในการเขียนโปรแกรม GAMs จะแยกออกเป็นทั้งหมด 5 ส่วน

-การสร้างเซต (Set)

-การนิยามตัวแปร (Variable)

-การกำหนดข้อมูลจากปัญหา (Parameter)

-การเขียนสมการ (Equation)

-การใช้คำสั่งใน GAMS (Solve)

2.4.3.1 การสร้างเซต (Set)

จำเป็นต้องนิยามเซตหรือชื่อของเซตให้เหมาะสมกับปัญหาที่เราสนใจอยู่โดยเพื่อง่ายในการตรวจสอบรูปแบบ ในการนิยามเซตของ GAMS มีวิธีการดังนี้

ตัวอย่างการนิยามเซต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SET sname [“text”][/ele [“text”]{, ele [“text”]} /]

{ sname [“text”][/ele [“text”]{, ele [“text”] /]} ;

ภายใต้ [..] เครื่องหมายนี้จะเป็นข้อความที่ใส่ก็ได้หรือไม่ใส่ก็ได้

ภายใต้ {..} เครื่องหมายนี้จะหมายถึงข้อความนั้นปรากฏซ้ำกันได้ตั้งแต่ 0 ครั้งขึ้นไป

sname ชื่อของเซตซึ่งต้องไม่เกิน 10 ตัวอักษร

“Text” คำอธิบายของเซตซึ่งสูงสุด 80 ตัวอักษร

ele เป็นชื่อของสมาชิกของเซตซึ่งไม่เกิน 10 ตัวอักษร

SET i plants /Nakonphanom , Bangkok/

j Market /Udonthani , Suphanburi/;

```
SET   i plants /Nakonphanom,Bangkok/
      j Market /Udonthani,Suphanburi,Phuket/
```

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการนิยามเซต (Set) ในโปรแกรม

2.4.3.2 การสร้างตัวแปร (Variable)

ในการนิยามตัวแปรจำเป็นต้อง กำหนดให้สอดคล้องกับปัญหา ที่เรากำลังสนใจเพื่อง่ายต่อความเข้าใจและแก้ไข โดยตัวแปรจำทำหน้าที่เก็บข้อมูลผลหรือเฉลย ซึ่งเป็นค่าที่เราต้องการทราบหลังจากทำการ Solve เพื่อหาคำตอบ

ตัวอย่างการสร้างตัวแปร

[var-type] variable[s] vname [“text”] {, vname[“text”]};

ตัวแปร X(i,j) เมื่อ i เป็นเซตของ {A,B,C,D} และ j เป็นเซตของ {E,F,G} โดยรูปแบบของการสร้างตัวแปรแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ Free คือ ตัวแปรสามารถเป็นได้ทั้งค่าบวกหรือค่าลบ , Positive ตัวแปรจะมีค่าเป็นบวกอย่างเดียว และ Binary ตัวแปรจะมีค่า 1 หรือ 0 เท่านั้น สำหรับชื่อของตัวแปรต้องไม่เกิน 10 ตัวอักษร และคำอธิบายต้องไม่เกิน 80 ตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Variable Profit "Total profit";

Positive Variable  Cost "Cost per ton";

Variables x(i,j) Shipment
          z      objective;
```

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการสร้างตัวแปร (Variable) ในโปรแกรม

2.4.3.3 การสร้างข้อมูล (Parameter)

แบ่งออกเป็น 3 คำสั่งคือ Scarlar[s] และ Prameter[s] และ Table

ตัวอย่างการสร้างข้อมูล

โดยการนิยามแบบ Scarlar เป็นการนิยามข้อมูลที่ไม่มีมิติ โดยการสร้างข้อมูลอธิบายดังนี้

Scarlar[s] scalar_name[“text”] [/signed_num/]

{,scarlar_name[“text”] [/signed_num/]};

การใส่ชื่อ ตัวอักษรต้องไม่เกิน 10 ตัว และคำอธิบายตัวอักษรต้องไม่เกิน 80 ตัว ภายในสมาชิกของเซตสามารถมีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้

โดยการนิยามแบบ Parameter เป็นการนิยามข้อมูลที่มีมิติ หรือ ไม่มีมิติก็ได้ โดยการสร้างข้อมูลอธิบายดังนี้

Parameter[s] p_name[“text”][/e[=] snum{,e[=] snum}/]

{,p_name[“text”][/e[=] snum{,e[=] snum}/]};

การใส่ชื่อ ตัวอักษรต้องไม่เกิน 10 ตัว และคำอธิบายตัวอักษรต้องไม่เกิน 80 ตัว ภายในสมาชิกของเซตสามารถมีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้

โดยการนิยามแบบ Table เป็นการนิยามข้อมูลที่มีมิติ หรือ ไม่มีมิติก็ได้ โดยการสร้างข้อมูลอธิบายดังนี้

Table tablename [“text”] EOL

Element {element}

Element singed_num {singed_num} EOL

{Element singed_num {singed_num} EOL};

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Scalar T time factor /60/

Parameter x(i) safety factor/3,4,5,6/

Parameter C cofficient/0.0023/

TABLE y(i,j) cost from i to j
          1         2         3
A         3.1       3.3       3.4
B         4.4       4.5       6.7
C         3.4       4.4       6.6
```

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการสร้างข้อมูล (Parameter) ในโปรแกรม

2.4.3.4 การสร้างสมการข้อจำกัด (Equation)

ในสมการจะประกอบไปด้วย นิพจน์ซ้ายและขวา และจะมีเครื่องหมายในสมการทั้งหมด 3 ประเภท คือมากกว่าเท่ากับ น้อยกว่าเท่ากับ และเท่ากับ โดยรูปแบบการเขียนสมการ อธิบายได้ดังนี้

Equation[s] eqn_name[“text”] {,eqn_name[“text”]} ;

Eqn_name หมายถึงชื่อของสมการโดยต้องมีตัวอักษรไม่เกิน 10 ตัวอักษร

Text หมายถึงคำอธิบายของสมการ ซึ่งต้องไม่เกิน 80 ตัวอักษร

ในส่วนที่สองของการเขียนสมการ คือการกำหนดสมการหลังจากได้ตั้งชื่อมาแล้วโดยมาลักษณะดังนี้

Eqn_name(domain_list).. expression epn_type expression;

Eqn_name หมายถึงชื่อสมการที่เราได้นิยามไว้ก่อนหน้า

Expression แทนสูตรคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรและข้อมูลโดยเครื่องหมายการเปรียบเทียบของสมการจะประกอบด้วย =E=, =L= และ =G=

```
EQUATION SUPPLYEQ(m)      Supply equation
         DEMANDQ(n)       Demand equation
         OBJECTIVE        The minimum cost objective function;

SUPPLYEQ(m)..     sum(j$cost(m,j),x(m,j))=l=Supply(m);
DEMANDQ(n)..      sum(i$cost(i,n),x(i,n))=e=Demand(n);
OBJECTIVE..       Totalcost=e=sum((i,j)$cost(i,j),cost(i,j)*x(i,j));
```

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการสร้างสมการข้อจำกัด (Equation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.5 การใช้คำสั่งเพื่อหาคำตอบ (Solve)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้าย เป็นการใช้คำสั่งเพื่อหาคำตอบให้กับ ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยรูปแบบการใช้คำสั่งในการแก้ปัญหาอธิบายได้ดังนี้

MODEL[s] m_name[“text”] [/all | eqn_name {, epn_name}/]

{, m_name[“text”[/all | eqn_name{, epn_name} /]} ;

m_name เป็นชื่อของโมเดลโดยการตั้งชื่อต้องไม่เกิน 10 ตัวอักษร

text เป็นคำอธิบายโมเดลซึ่งต้องไม่เกิน 80 ตัวอักษร

eqn_name เป็นชื่อของสมการที่จะรวบรวมไว้ในโมเดลซึ่งปกจะใช้คำสั่ง All เพื่อให้ใช้ทุกสมการ

รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการใช้คำสั่งเพื่อหาคำตอบ (Solve)

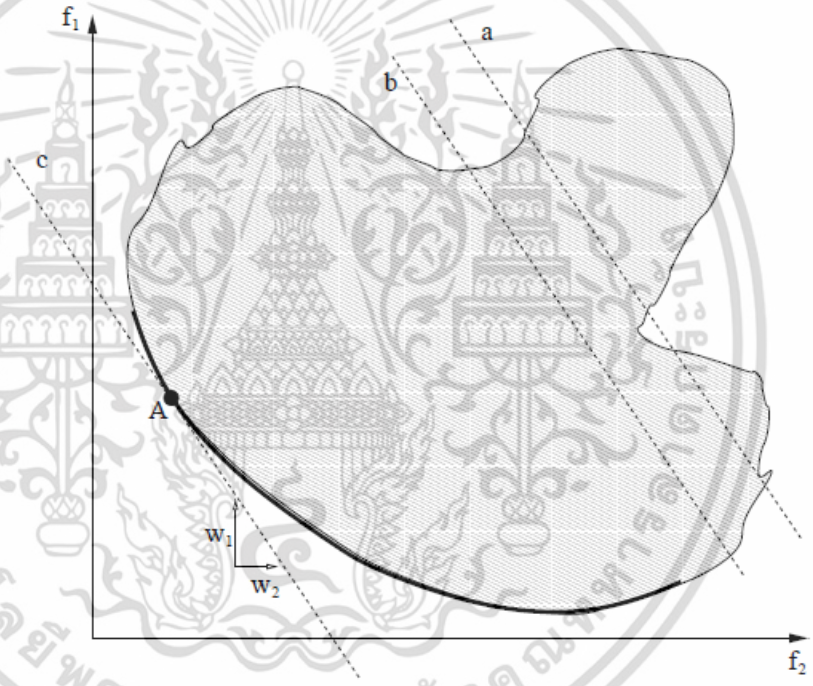
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

วิธีการนี้เป็นวิธีการหนึ่งที่จะหาคำตอบและเป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเป็นการรวม สองฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ และเพิ่มตัวแปร น้ำหนักและนำไปคูณกับฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ โดยที่ ผลรวมของตัวแปรน้ำหนักจะต้องเท่ากับ 1 และหา Optimal solution ของทั้งสองฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ที่อยู่บนส่วนโค้งที่นูนออกของ Pareto-optimal set

$$\min \sum_i W_i f(x) \qquad (2.3)$$

$$W_i \geq 0 \text{ และ } \sum_i W_i = 1$$



รูปที่ 2.17 แสดงการหา Optimal solution สำหรับวิธี Weighting Method Approach

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการทดลองวิจัย

3.1 กล่าวนำ

บทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงขั้นตอนการทดลองวิจัยการดำเนินการหาความเหมาะสม เริ่มต้นจากการหาข้อมูล พารามิเตอร์ที่สำคัญต่างๆของการกำจัดขยะในประเทศไทย ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่า การเก็บข้อมูลในประเทศของเรามีค่อนข้างน้อย บางพารามิเตอร์อาจจำเป็นต้องไป สืบค้นข้อมูลจริงจากทางบริษัท ผู้เชี่ยวชาญ อย่างเช่น ค่าใช้จ่ายต่างๆในการบริหารจัดการ อีกทั้งยังมีพารามิเตอร์ในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ของแต่ละกระบวนการซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้ในประเทศของเราไม่มีการเก็บค่าโดยตรง จึงจำเป็นต้องหาทางอ้อม โดย อาศัยข้อมูลทุติยภูมิที่มีอยู่ ของแต่ละกระบวนการกำจัดที่ผู้ทำงานวิจัยสนใจ และอธิบายขั้นตอนการกำหนดค่าตัวแปร และการนำเข้าข้อมูล ในโปรแกรม GAMs เพื่อทำการหา ความเหมาะสมของการบริหารจัดการขยะ โดยข้อมูลปฐมภูมิทั้งหมดได้มาจากการสอบถาม บริษัทผู้เชี่ยวชาญโดยตรง อาทิเช่น โครงการจัดการขยะ อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ บริษัทผู้นำเข้าเทคโนโลยี RDF บริษัทผลิตเครื่องจักรกล รีไซเคิล เป็นต้น

รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทดลองวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สมมุติฐานการทดลองวิจัย

ปัจจุบันการเก็บข้อมูลขยะของประเทศไทย จะเก็บข้อมูลลักษณะองค์ประกอบทางกายภาพของขยะทั้งหมดเป็น 9 องค์ประกอบ ประกอบด้วย เศษอาหารและอินทรีย์สาร กระดาษ กระดาษแก้ว โลหะ ไม้ ยาง/หนัง ผ้า อื่นๆ เพื่อบ่งบอก ลักษณะองค์ประกอบทางกายภาพ เพื่อนำมาวิเคราะห์และหาความเหมาะสมจากข้อมูลที่มีเพื่อกำหนดฟังก์ชั่นเงื่อนไข จึงกำหนดสมมุติฐานดังนี้

1. ขยะส่วนที่รีไซเคิล และสามารถนำมาขายเมื่อผ่านกระบวนการรีไซเคิล ประกอบด้วย กระดาษ กระดาษ แก้ว โลหะ ทั้งหมด 4 องค์ประกอบนอกนั้นจะเป็นส่วนที่เหลือนำไปกำจัดต่อไป

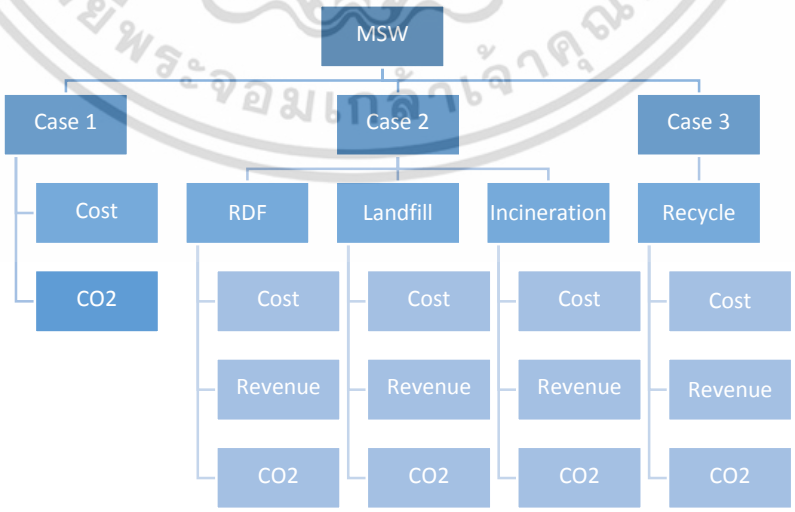
2. กำหนดให้ แบบจำลองมีทางเลือกขั้นที่ 1 ทั้งหมด 3 กรณี

- กรณี 1 จ้างเพื่อกำจัดขยะมูลฝอยกับต่างเทศบาลที่มีกระบวนการกำจัดอย่างครบวงจร
- กรณี 2 ทางเทศบาลนำขยะทั้งหมด มาเข้าสู่กระบวนการกำจัดอย่างครบวงจร ด้วยตัวเอง โดยไม่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลก่อน
- กรณี 3 ทางเทศบาลนำขยะทั้งหมด มาเข้าสู่กระบวนการกำจัดอย่างครบวงจร ด้วยตัวเอง โดยผ่านกระบวนการรีไซเคิลก่อน

3. กระบวนการกำจัด ประกอบด้วย การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) กระบวนการ การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel) หรือ กระบวนการ RDF และเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration Technology)

4. กำหนดให้สถานที่กำจัดของทุกกระบวนการอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน จึงไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างเนื่องจากค่าขนส่ง

โดยกรณีที่ 2 จัดทำขึ้นมาเพื่อการตัดสินใจจากการบริหารจัดการขยะที่มีอยู่เดิมของประเทศไทย สำหรับกรณีที่ 1 และ 3 ทางผู้วิจัยเสนอเป็นทางเลือกเพื่อเพิ่มความหลากหลายของการตัดสินใจ



รูปที่ 3.2 แสดงการกำหนดให้แบบจำลองมีทางเลือกขั้นที่ 1 ทั้งหมด 3 กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ศึกษาปัญหา วิเคราะห์ปัญหา หาข้อมูลความสัมพันธ์ของปัญหา และ พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในงานวิจัย

3.3.1 การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

3.3.1.1 คาดการณ์แก๊สที่จะเกิดจากการฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล (LFG)

โดยใช้โปรแกรม Thailand Landfill Gas Model Version 1.0 ที่ถูกสร้างขึ้นโดย Landfill Methane Outreach Program U.S. Environmental Protection Agency Washington, D.C. เพื่อคาดการณ์ปริมาณแก๊สที่จะเกิดขึ้น โดยตั้งสมมุติฐานไว้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การกำหนด Criteria Determining Collection Efficiency ที่ผู้สร้างโปรแกรมให้เรากำหนดเพื่อคาดการณ์ปริมาณแก๊ส LFG

Is the waste placed in the landfill properly compacted on an ongoing basis?	Yes
Does the landfill have a focused tipping area?	Yes
Are there leachate seeps appearing along the landfill sideslopes? Or is there ponding of water/leachate on the landfill surface?	No
Is the average depth of waste 10m or greater?	Yes
Is any daily or weekly cover material applied to newly deposited waste?	Yes
Is any intermediate/final cover applied to areas of the landfill that have reached interim or final grade?	Yes
Does the landfill have a geosynthetic or clay liner?	Yes
In which bracket (I to V) does the LFG System Area Coverage Percentage fall?	I (80-100%)
Year Opened:	2015
Year Closed/Projected to Close:	2035
Expected Methane Content of LFG:	50%

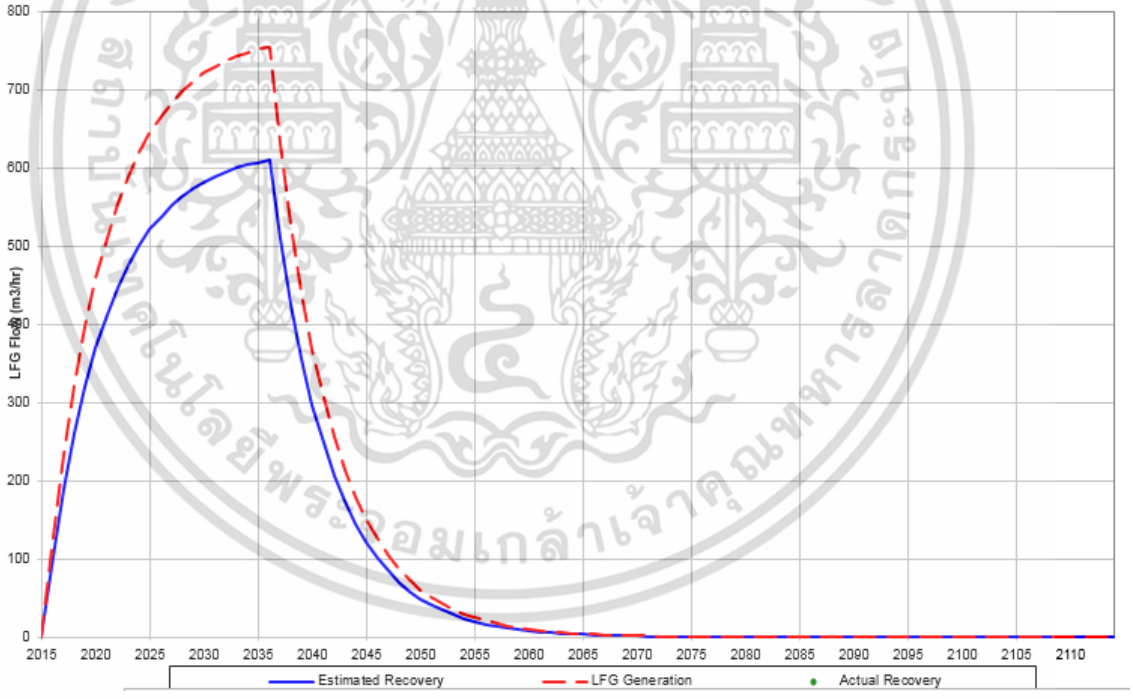
ตารางที่ 3.2 Modeling Parameters ที่ผู้สร้างโปรแกรมใช้งาน

k (1/yr)	0.18
L_0 (m^3/metric tonne)	60
Collection Efficiency	81%
Fire Discount Factor	30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และได้ทราบถึงว่า โรงงานไฟฟ้า LFG ขนาด 1 MW สามารถลองรับขยะได้ประมาณ 80,000 ตันต่อปี หรือ 220 ตัน/วัน จากการแทนค่าลงในโปรแกรม

Year	Disposal Rate	Waste In-Place	LFG Generation Rate		Collection System Efficiency	LFG Recovery from Existing and Planned System			Energy Output From Direct Use Project[a]	Energy Output From Electric Generation Project[b]
	metric tonnes/yr	metric tonnes	(m^3/min)	(m^3/hr)	(%)	(m^3/min)	(m^3/hr)	$MTCO_2e$	(MJ/hr)	(MW)
2015	80,000	80,000	0	0	81%	0	0	0	0	0.000
2016	80,000	160,000	2	127	81%	2	103	6,786	1,737	0.166
2017	80,000	240,000	4	234	81%	3	189	12,455	3,187	0.304
2018	80,000	320,000	5	323	81%	4	261	17,189	4,399	0.420
2019	80,000	400,000	7	397	81%	5	321	21,144	5,410	0.516
2020	80,000	480,000	8	459	81%	6	371	24,447	6,256	0.597
2021	80,000	560,000	9	511	81%	7	413	27,206	6,962	0.664
2022	80,000	640,000	9	554	81%	7	447	29,511	7,551	0.720
2023	80,000	720,000	10	590	81%	8	477	31,436	8,044	0.767
2024	80,000	800,000	10	620	81%	8	501	33,044	8,455	0.807
2025	80,000	880,000	11	646	81%	9	521	34,387	8,799	0.839
2026	80,000	960,000	11	667	81%	9	538	35,508	9,086	0.867
2027	80,000	1,040,000	11	684	81%	9	553	36,445	9,326	0.890
2028	80,000	1,120,000	12	699	81%	9	564	37,228	9,526	0.909
2029	80,000	1,200,000	12	711	81%	10	574	37,882	9,693	0.925
2030	80,000	1,280,000	12	722	81%	10	583	38,428	9,833	0.938
2031	80,000	1,360,000	12	730	81%	10	590	38,884	9,950	0.949
2032	80,000	1,440,000	12	737	81%	10	595	39,265	10,047	0.959
2033	80,000	1,520,000	12	743	81%	10	600	39,583	10,129	0.966
2034	80,000	1,600,000	12	748	81%	10	604	39,849	10,197	0.973
2035	80,000	1,680,000	13	752	81%	10	608	40,071	10,254	0.978



รูปที่ 3.3 แสดงผลการ คาดการณ์แก๊สที่จะเกิดจากการฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล (LFG) โดยใช้โปรแกรม Thailand Landfill Gas Model Version 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 ค่าลงทุนระบบและค่าบริหารจัดการ

กำหนดให้ในแบบจำลอง ขนาดของระบบ การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) เป็น ระบบที่สามารถพลังงานไฟฟ้า จากไบโอแก๊ส มีขนาดของระบบผลิตต่ำกว่า 1 MW ซึ่งจากข้อมูลได้มากจากการ หาข้อมูล จากบริษัทผู้เชี่ยวชาญและข้อมูลทุติยภูมิ ในบางส่วนที่ไม่มีการเก็บค่าในประเทศไทย

ตารางที่ 3.3 แสดงราคาค่าลงทุนและราคาค่า บริหารจัดการและบำรุง ระบบสำหรับ การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

เทคโนโลยี	ขนาดที่เหมาะสมสำหรับระบบ	ปริมาณขยะ (ตัน/ปี)	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	ค่าลงทุน (Baht/kW)*	ค่าบริหารจัดการและบำรุง (Baht/kW)*
Microturbine	1 MW หรือต่ำกว่า	80,000	220	98,736	8,110
Small internal combustion engine	799 kW หรือต่ำกว่า	65,000	180	84,631	7,757
Large internal combustion engine	800 kW หรือมากกว่า	>65,000	>180	63,473	6,347
Gas turbine	3 MW หรือมากกว่า	-	-	49,368	4,584

Fact Sheet from Landfill Methane Environmental and Energy Study Institute 2013
Baht/kW: Baht per kilowatt kW: kilowatt MW: megawatt, 1 $ = 35.26 Baht

เมื่อทราบถึงค่าลงทุนและ ค่าบริหารจัดการและบำรุง นำมาปรับเพื่อให้ทราบ ราคาลงทุนทั้งหมดของระบบ โดยเครื่องจักรมีอายุการใช้งานทั้งสิ้น 20 ปี เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูล ที่มีหน่วยเป็น ดอลลาร์ต่อกิโลวัตต์ จึงทำการปรับหน่วยให้เป็นค่าลงทุน บาท/ตัน/วัน ซึ่งในงานวิจัยเลือกใช้ระบบ Gasturbine

$$\text{ค่าลงทุนระบบ}(\text{บาท}/\text{ตัน}/\text{วัน}) = \frac{98{,}736 \times 10^{-3} \times 10^{6}}{220 \times 20 \times 365} = 61.48 \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ค่าบริหารจัดการและบำรุง } (\text{บาท}/\text{ตัน}/\text{วัน}) = \frac{8{,}110 \times 10^{-3} \times 10^{6}}{220 \times 20 \times 365} = 5.04 \quad (3.2)$$

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงรายได้สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าจาก Landfill ขนาดเล็ก

Project Benefit VSPP= Very Small Power Producer	Unit	
Adder	2.50	Baht/kWh
Electricity Price (Average)	2.50	Baht/kWh
Total	5	Baht/kWh

$$\text{รายได้ กำไรต่อหน่วย } (\text{บาท}/\text{ตัน}/\text{วัน}) = \frac{5 \times 10^{-3} \times 10^{6}}{220} = 22.72 \quad (3.3)$$

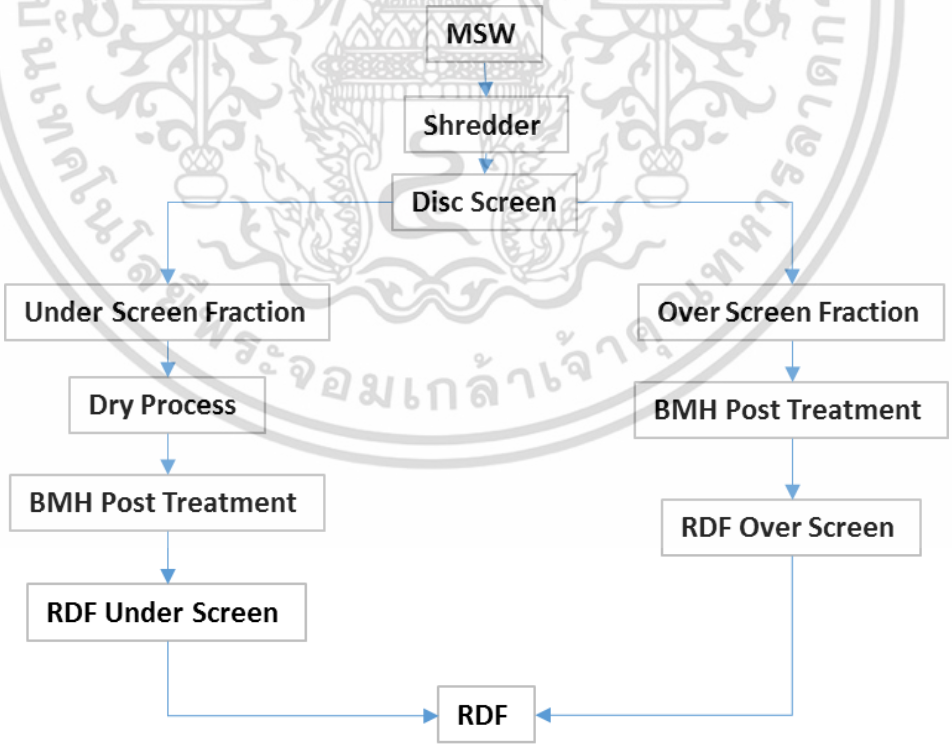
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel)

การใช้ขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้ นำไปเผาไหม้โดยตรงมักก่อให้เกิดความยุ่งยากในการใช้งาน เนื่องจากองค์ประกอบที่ไม่แน่นอนของขยะมูลฝอย ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามชุมชน และตามฤดูกาล อีกทั้งขยะมูลฝอยเหล่านี้มีค่าความร้อนต่ำ มีปริมาณเถ้า และความชื้นสูง ซึ่งทำให้การออกแบบเตาเผาและผู้ปฏิบัติงานควบคุมผลกระทบที่เกิดกับสิ่งแวดล้อมได้ยาก แต่การนำขยะมูลฝอยมาผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการย่อยขนาด กระบวนการคัดแยก และกระบวนการอื่นๆทำให้คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานได้ ซึ่งง่ายต่อการควบคุมผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เพราะเชื้อเพลิงพลังงานที่ผ่านการย่อยขนาด และคัดแยกมาแล้วจะมีขนาดที่ใกล้เคียงกันทั้งหมด และสิ่งที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ปนอยู่ในเชื้อเพลิงน้อยมาก ทำให้มลพิษที่เกิดขึ้นน้อยลงมากเมื่อเทียบกับการนำขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้ไปเผาไหม้โดยตรง

3.3.2.1 ค่าลงทุนระบบและค่าบริหารจัดการระบบการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel)

กำหนดให้ในแบบจำลองใช้เครื่องจักรสำหรับกระบวนการ RDF จะประกอบไปด้วย Shredder, Disc Screen, Under Screen Fraction, Dry Process, BMH Post Treatment, RDF Under Screen



รูปที่ 3.4 แสดงเครื่องจักรทั้งหมดในระบบการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าลงทุนระบบโดยรวมข้อมูลจากบริษัทผู้เชี่ยวชาญ ค่าลงทุนระบบโดยรวมสำหรับเครื่องจักร 20 ton ต่อชม.โดยเป็นราคาที่สามารถขนส่งมาที่ สถานที่กำจัดและรวมค่าติดตั้งระบบทั้งหมด 130 ล้านบาท โดยราคาค่าบริหารจัดการต่อตันขยะที่เข้าระบบ 50 บาท และราคาค่าบำรุงรักษา 55 บาท ต่อตันขยะที่เข้าสู่ระบบ โดยระบบมีอายุการใช้งานทั้งหมด 20 ปี และ การทำงานของเครื่องจักรทั้งหมด 8 ชม/วัน

นั้นหมายความว่าเมื่อนำมาหาค่า ต้นทุนสำหรับการบริหารจัดการขยะสำหรับวิธี การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel) จะคำนวณได้ดังนี้ โดยเป็นข้อมูลทุติยภูมิซึ่งทำการสอบถามโดยตรง จากบริษัทนำเข้าและผลิตเทคโนโลยี RDF

$$\text{ค่าลงทุนระบบ}(\text{บาท}/\text{ตัน}/\text{วัน}) = \frac{130{,}000{,}000}{20 \times 8 \times 365 \times 20} = 111.30 \quad (3.4)$$

$$\text{ค่าบริหารจัดการและบำรุง}(\text{บาท}/\text{ตัน}/\text{วัน}) = 50 + 55 = 105 \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงการลงทุนในโครงการแปลงขยะเป็นพลังงาน

ปริมาณ	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิต	มูลค่าการลงทุนผลิต RDF
ขยะ ≥ 200 ตัน/วัน รวมกับขยะในบ่อฝังกลบ	5-6 MW	400 ล้านบาท
ขยะ ≥ 400 ตัน/วัน รวมกับขยะในบ่อฝังกลบ	8-10 MW	600 ล้านบาท
ขยะ ≥ 1,000 ตัน/วัน รวมกับขยะในบ่อฝังกลบ	16-20 MW	800 ล้านบาท

หมายเหตุ ราคาโรงไฟฟ้าขึ้นอยู่กับแต่ละเทคโนโลยี

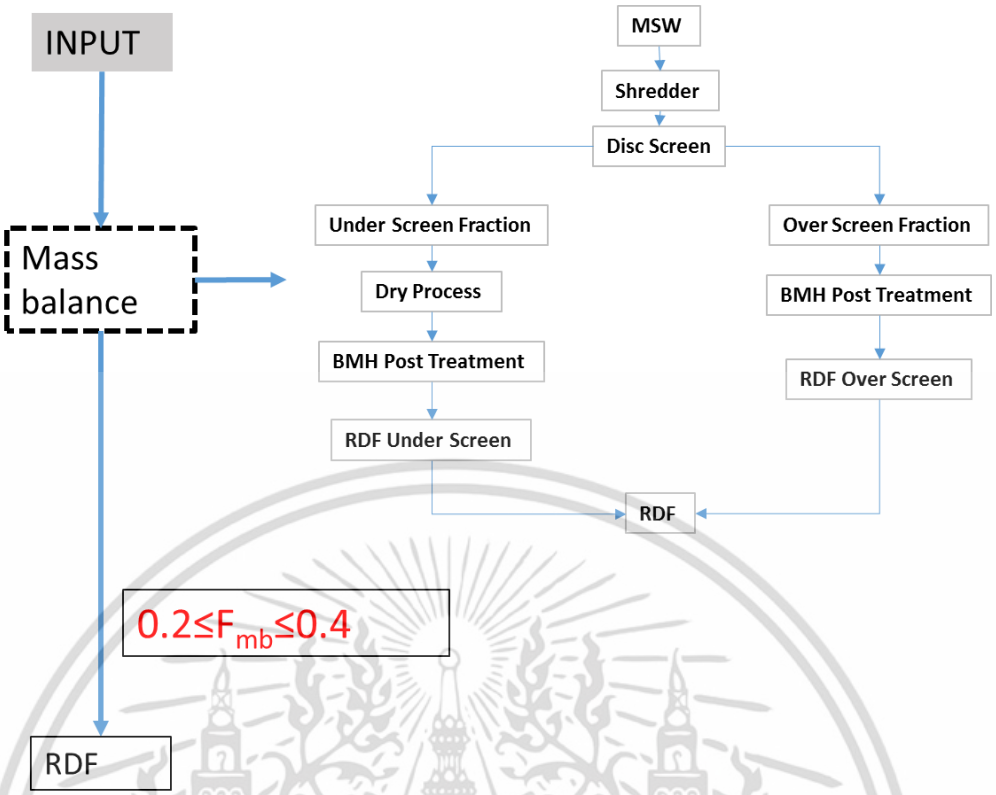
3.3.2.2 คุณสมบัติของ RDF และราคาในการขาย

กำหนดให้โมเดลสามารถนำ ขยะมาแปรรูปเป็น RDF ประเภทที่ 3 อธิบายโดยสังเขปนั้น หมายถึง ขยะชุมชนที่ผ่านการคัดแยกและตัดย่อยแบบหยาบๆ มีขนาดไม่เกิน 100 มม. ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงเกณฑ์คุณสมบัติและราคา RDF ประเภทที่ 3

ITEM	UNIT	SPEC.	PRICE/TON
GCV (AR)	Kcal/kg	3500 Kcal (MIN.)	ค่า GCVx0.20 บาท/Cal + 400 บาท
Sulfur(30%Moisture)	%	1.0%(MAX)	
Chloride(30%Moisture)	%	0.6%(MAX)	
Total Moisture	%	35%(MAX)	
Particle Size	%	95% Passed Sieve 100mm	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แผนภูมิการการดำเนินการของกระบวนการ RDF และแสดงให้เห็นถึงผลผลิตที่ได้

จากรูปจะเห็นได้ว่า การที่มีขยะเข้าสู่ระบบในกระบวนการการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel) จะสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ RDF ได้มีค่าประมาณ 20 % ถึง 40 % ของขยะที่นำเข้าสู่ระบบ โดยเป็นข้อมูลทุติยภูมิซึ่งทำการสอบถามโดยตรง จากบริษัทนำเข้าและผลิตเทคโนโลยี RDF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration Technology)

3.3.3.1 ค่าลงทุนระบบและค่าบริหารจัดการ

ข้อมูลการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะ ด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) โดยเป็นข้อมูลทุติยภูมิจาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พพ. กระทรวงพลังงาน โดยขนาดของระบบ มีขนาด 500 ตัน/วัน

2.1 ขนาดของโครงการ			
- ขีดความสามารถในการรองรับขยะ(2x250 ตันต่อวัน)	ตันต่อวัน	500.00	
- ปริมาณขยะเข้าสู่เตาเผา	ตันต่อวัน	500.00	
	ตันต่อชั่วโมง	20.83	
- ค่าความร้อนของขยะ	kJ/kg	7,536.24	
	Kcal/kg	1,800	
- ชั่วโมงเดินระบบในรอบปี	ชั่วโมง	8,000	7,680
- ประสิทธิภาพโรงเตาเผา (Heat rate)	%	22.32	21.50
2.2 ผลผลิต			
- พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด	MWh	77,920	72,013
	MW	9.74	9.38
- พลังงานไฟฟ้าที่คาดจะจำหน่ายเข้าระบบ	MW	8.32	7.97
- ประสิทธิภาพการเดินระบบ (Plant Factor)	%	91.45	91.45
- กากตัดทิ้งและเถ้าที่ต้องกำจัด	ตันต่อวัน	50	50
- ปริมาณน้ำเสียจากหลุมรับขยะและขยะอินทรีย์อื่นๆ	ตันต่อวัน	50	50

รูปที่ 3.6 แสดงข้อมูลพื้นฐานระบบของเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 แสดงการแจกแจงอัตราเฉลี่ยต้นทุนและรายรับของโครงการต่อหน่วยน้ำหนักขยะมูลฝอย

อายุโครงการ 20 ปี	**อัตราเฉลี่ยต่อปี(ล้านบาท)**	**อัตราเฉลี่ยต่อน้ำหนัก (บาท/ตัน/วัน)**
ต้นทุนการลงทุน (Capital Cost)	138.50	759.15
ต้นทุนเดินระบบและบำรุงรักษา (Operation Cost)	90.11	493.74
รายรับจากการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า	323.58	1,773.03

ที่มา : การศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะ ด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 เทคโนโลยีการรีไซเคิล (Recycle Technology)

3.3.4.1 ค่าลงทุนระบบและค่าบริหารจัดการ

สมมุติฐานของโมเดล เทคโนโลยีในการรีไซเคิลโดยอาศัยเครื่องจักร ทำงานเป็นหลักซึ่งในประเทศไทยจากข้อมูลที่ทำการค้นหาและสอบถาม มีผู้ผลิตและจัดจำหน่ายราคาเทคโนโลยีค่อนข้างถูกเนื่องจากเป็นการคิดค้นโดยคนไทยเองอีกทั้งไม่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ประกอบไปด้วยคุณสมบัติระบบค่าลงทุนและค่าบริหารจัดการต่างๆดังนี้ โดยเป็นข้อมูลทุติยภูมิซึ่งทำการสอบถามโดยตรง จากบริษัทผลิตเครื่องจักรกลในประเทศไทย

ตารางที่ 3.8 แสดงคุณสมบัติของเทคโนโลยีการรีไซเคิล (Recycle Technology)

คุณสมบัติ	**หน่วย**
ความสามารถนำขยะเข้าสู่ระบบ (ตัน/วัน)	80
อายุการใช้งานเครื่องจักร (ปี)	15
Fix Cost (บาท/ตัน/วัน)	20.58
O&M (บาท/ตัน/วัน)	20.83

โดยสามารถคัดแยกขยะที่นำกลับมาขาย ได้เป็น พลาสติก แก้ว กระดาษ และโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในงานวิจัย เกี่ยวกับการปล่อย CO2eq

ตารางที่ 3.9 แสดงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากองค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย

Waste type	Landfill	Closed Loop Recycling	Combustion	Open Loop Recycling
Food and Drink Waste	450	0	-89	0
Glass	26	-366	26	16
Steel Cans	21	-1702	31	0
Paper	580	-157	-529	-157
Average plastic rigid	34	-2148	1057	0
Textiles	30	-850	600	0
Wood	792	-523	-827	-381

หมายเหตุ หน่วย KgCO2e emiited per tonne wastes treated

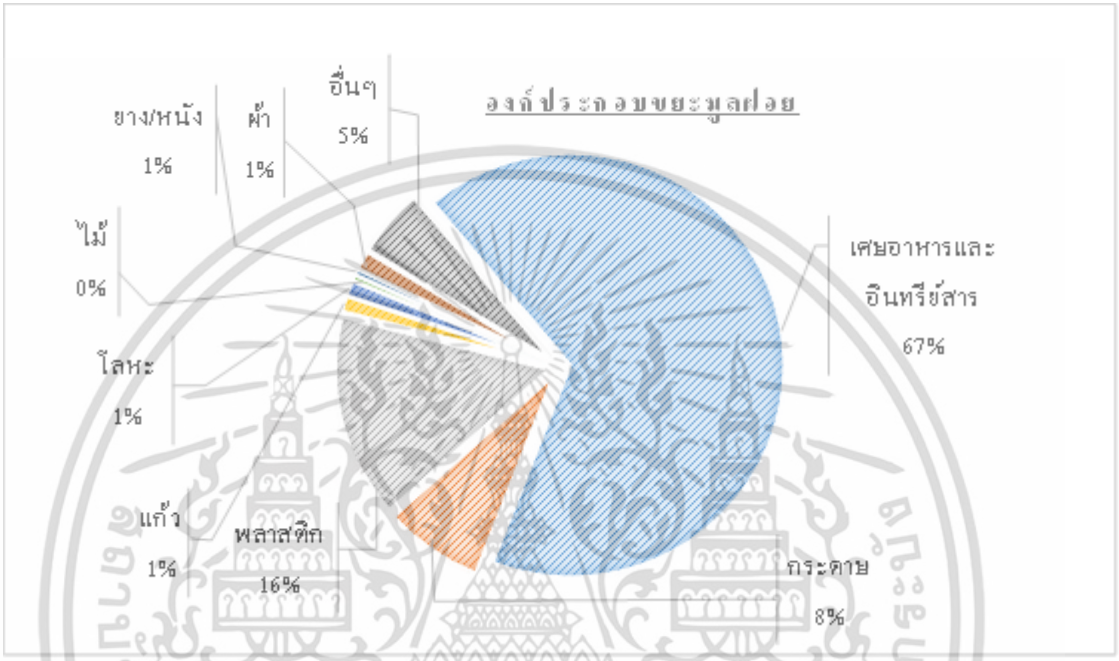
ตารางที่ 3.10 แสดงพารามิเตอร์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในงานวิจัย จากองค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย

Waste type	Landfill	Closed Loop Recycling	Combustion	Open Loop Recycling
Food and Drink Waste	EL_FW	Erdf_FW	EWTE_FW	Er_FW
Glass	EL_GL	Erdf_GL	EWTE_GL	Er_GL
Steel Cans	EL_MT	Erdf_MT	EWTE_MT	Er_MT
Paper	EL_PP	Erdf_PP	EWTE_PP	Er_PP
Average plastic rigid	EL_PT	Erdf_PT	EWTE_PT	Er_PT
Textiles	EL_TT	Erdf_TT	EWTE_TT	Er_TT
Wood	EL_WD	Erdf_WD	EWTE_WD	Er_WD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ศึกษาข้อมูลขยะ ของเมืองโบราณอู่ทอง

องค์ประกอบทางกายภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยของเทศบาลทั่วประเทศ กรมควบคุมมลพิษ นำมาวิเคราะห์และแบ่งแยก องค์ประกอบทางกายภาพต่างๆได้ดังนี้



รูปที่ 3.7 แสดงองค์ประกอบทางกายภาพ พื้นที่ศึกษาเมืองโบราณอู่ทอง

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาองค์ประกอบของมูลฝอยที่เป็นตัวแทนของพื้นที่แห่งนี้พบว่า องค์ประกอบของขยะมูลฝอย ประกอบด้วย องค์ประกอบประเภทเศษอาหารและอินทรีย์สาร จำนวน 67 % กระดาษ จำนวน 8% พลาสติก จำนวน 16% ผ้า ไม้ โลหะ แก้ว ยาง/หนัง และอื่นๆ อีก รวม 8% และในตัวอย่างพบมูลฝอยอันตรายน้อยมาก และความหนาแน่นปกติเฉลี่ย 215.56 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และ จากข้อมูลโครงการ แผนการพัฒนาเมืองโบราณอู่ทองพบว่า ปริมาณขยะมูลฝอยรวมของเทศบาล ตำบลอู่ทองซึ่งมีเท่ากับ 32 ตัน เมื่อปี 2557 จากตารางภาคผนวก ค สามารถนำมาคำนวณปริมาณมูลฝอย จำแนกตามองค์ประกอบได้ดัง ตารางที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

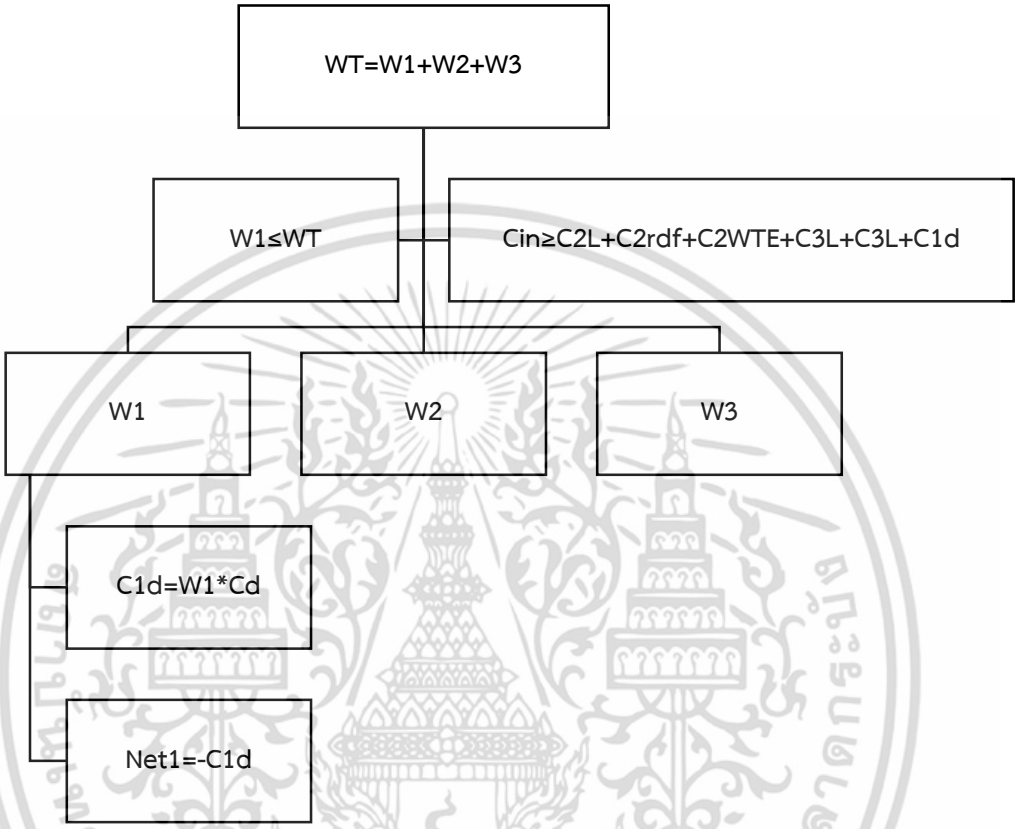
ตารางที่ 3.11 แสดงปริมาณมูลฝอย ตามองค์ประกอบทางกายภาพ

รายการองค์ประกอบขยะมูลฝอย	**ปริมาณขยะ(ตัน)**
เศษอาหารและอินทรีย์สาร	21.45
กระดาษ	2.40
พลาสติก	4.97
แก้ว	0.38
โลหะ	0.37
ไม้	0.14
ยาง/หนัง	0.15
ผ้า	0.45
อื่นๆ	1.67
รวม	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 เขียนปัญหาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรทางคณิตศาสตร์ เพื่อ Maximize profit

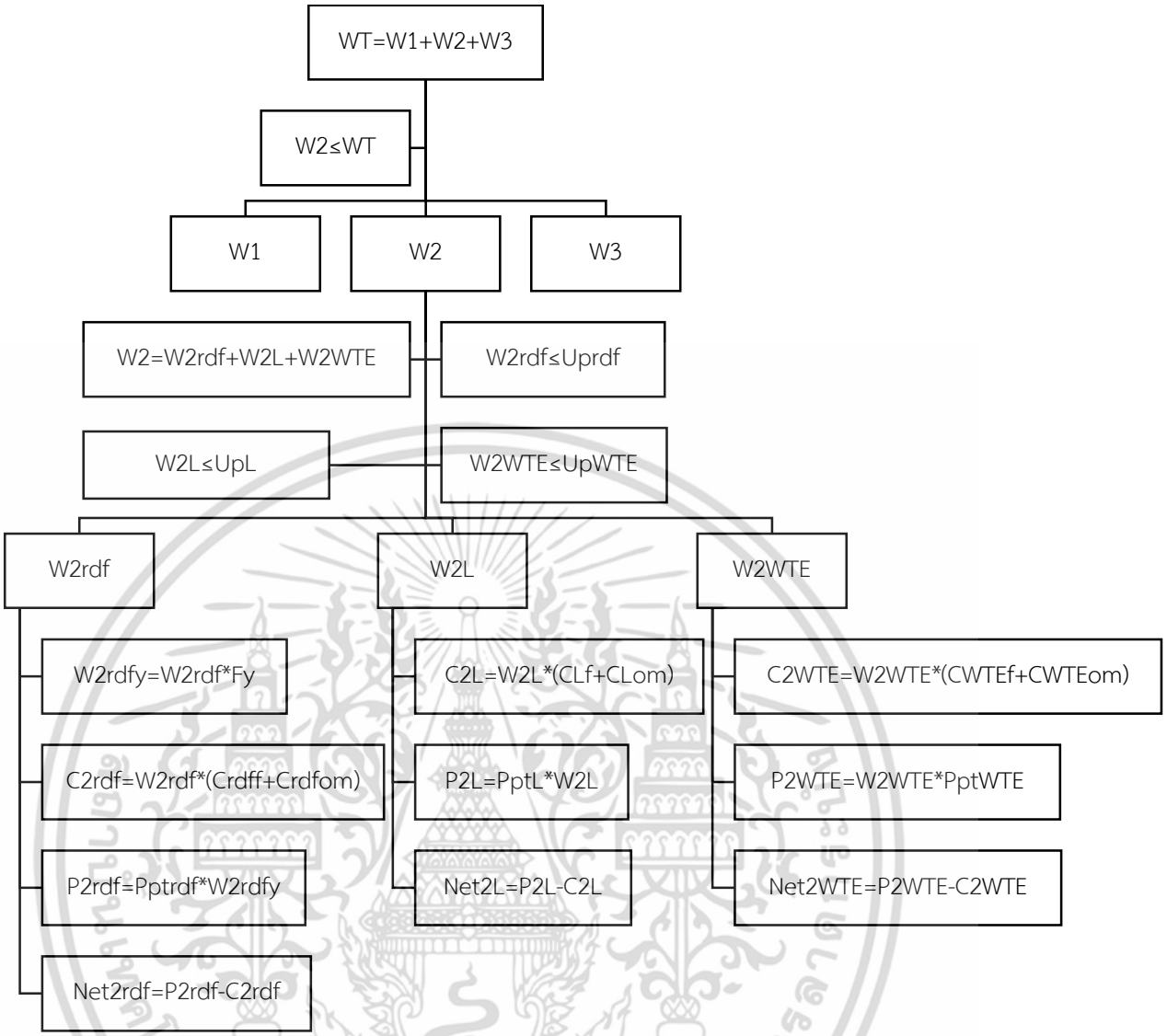
นำสมมุติฐาน ข้อจำกัด และพารามิเตอร์ต่างๆที่ หาข้อมูลมาข้างต้นนำมาสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ กำหนดตัวแปรให้กับโมเดล สร้างสมการความสัมพันธ์ และ สมการข้อจำกัด ของทั้งสามกรณีตามสมมุติฐานได้ดังนี้



รูปที่ 3.8 เขียนปัญหาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรทางคณิตศาสตร์ สำหรับกรณีที่ 1

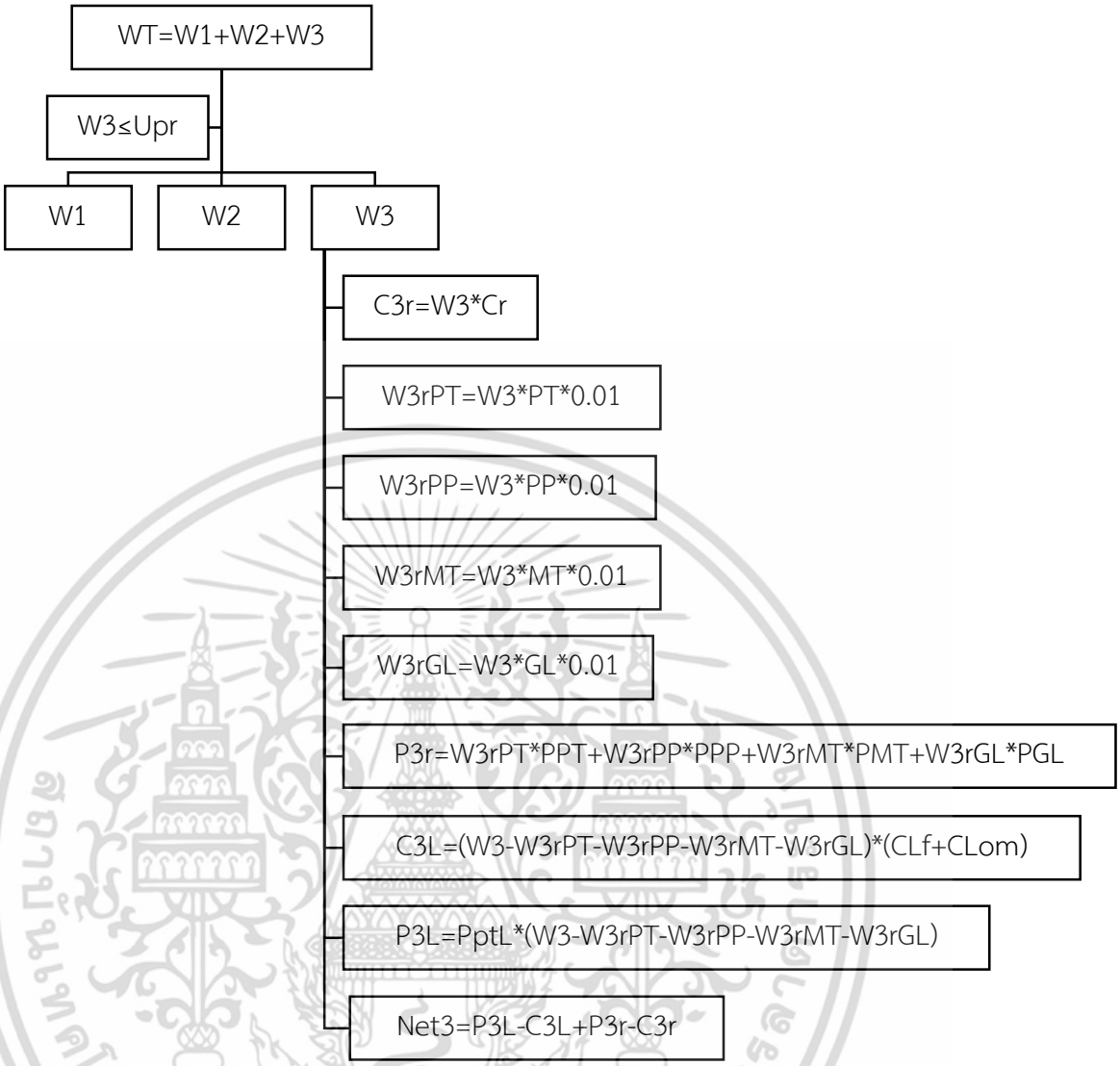
Maximize Profit value; Obj_profit=Net1+Net2rdf+Net2L+Net2WTE+Net3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 เขียนปัญหาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรทางคณิตศาสตร์ สำหรับกรณีที่ 2

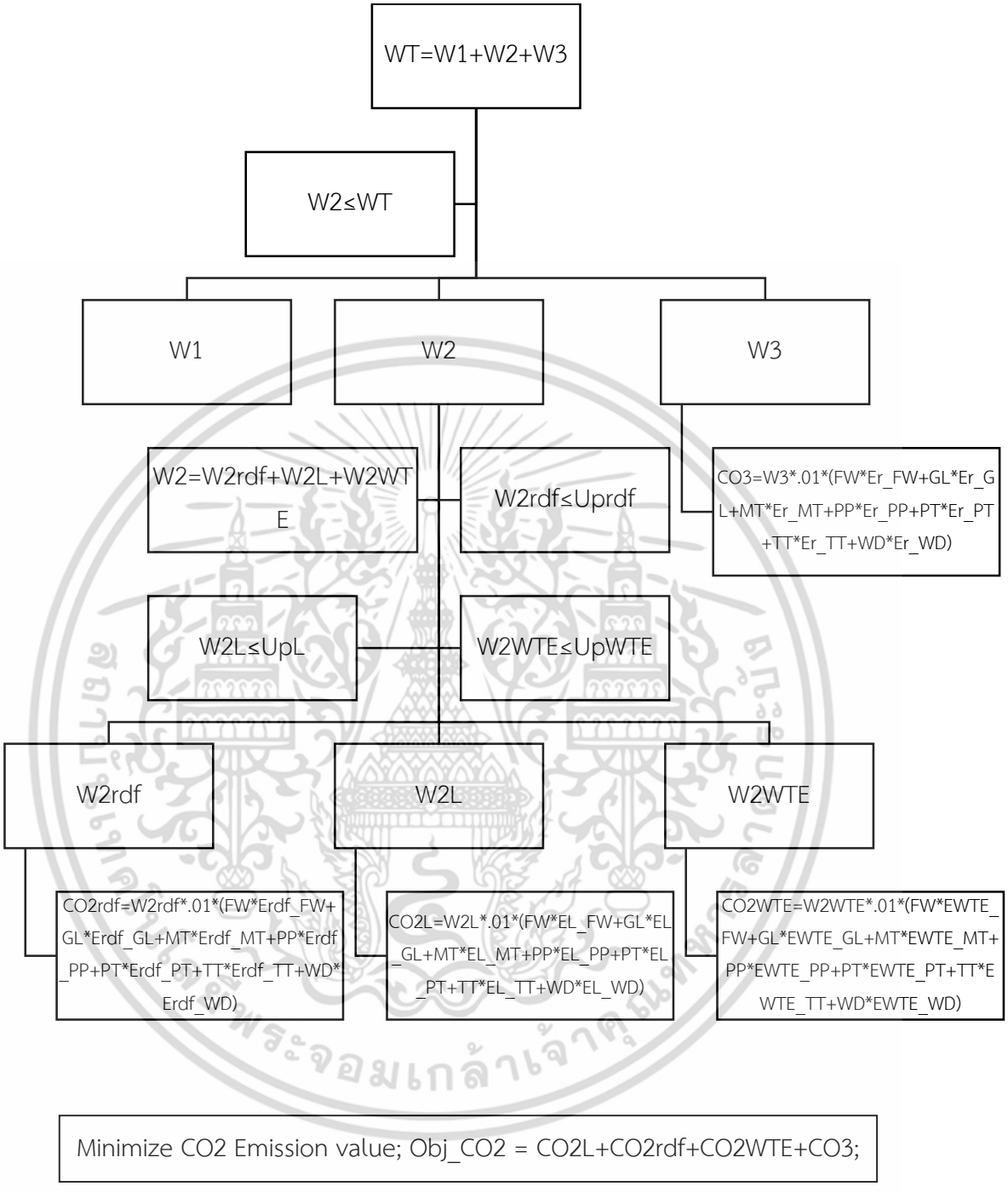
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 เขียนปัญหาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรทางคณิตศาสตร์ สำหรับกรณีที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 เขียนปัญหาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรทางคณิตศาสตร์ เพื่อ Minimize CO2



Minimize CO2 Emission value; Obj_CO2 = CO2L+CO2rdf+CO2WTE+CO3;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 นิยามตัวแปรตัดสินใจ

3.7.1 ตัวแปรตัดสินใจที่ใช้สำหรับ Maximize Profit

ตารางที่ 3.12 ตารางแสดงการนิยามตัวแปร (Variable) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับ Maximize Profit

Positive Variable	Description	Unit
C1d	รายจ่าย ในการส่งกำจัด	(Baht/day)
C2L	รายจ่าย ในกระบวนการ Landfill (case 2)	(Baht/day)
C2rdf	รายจ่าย ในกระบวนการ RDF (case 2)	(Baht/day)
C2WTE	รายจ่าย ในกระบวนการ WTE (case 2)	(Baht/day)
C3L	รายจ่าย ในกระบวนการ Landfill (case 3)	(Baht/day)
C3r	รายจ่าย ในกระบวนการ Recycle (case 3)	(Baht/day)
Net2L	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ Landfill (case 2)	(Baht/day)
Net2rdf	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ RDF (case 2)	(Baht/day)
Net2WTE	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ WTE (case 2)	(Baht/day)
Net3	รายได้สุทธิ รวมทั้งหมด (case 3)	(Baht/day)
P2L	รายรับ ในกระบวนการ Landfill (case 2)	(Baht/day)
P2rdf	รายรับ ในกระบวนการ RDF (case 2)	(Baht/day)
P2WTE	รายรับ ในกระบวนการ WTE (case 2)	(Baht/day)
P3L	รายรับ ในกระบวนการ Landfill (case 3)	(Baht/day)
P3r	รายรับ ในกระบวนการ Recycle (case 3)	(Baht/day)
W1	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการ (case 1)	(Ton/day)
W2	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการ (case 2)	(Ton/day)
W2L	ปริมาณขยะที่เข้าสู่กระบวนการ Landfill (case 2)	(Ton/day)
W2rdf	ปริมาณขยะที่เข้าสู่กระบวนการ RDF (case 2)	(Ton/day)
W2rdfy	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการ RDF (case 2)	(Ton/day)
W2WTE	ปริมาณขยะที่เข้าสู่กระบวนการ WTE (case 2)	(Ton/day)
W3	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการ (case 3)	(Ton/day)
W3rGL	ปริมาณขยะประเภทแก้ว (case3)	(Ton/day)
W3rMT	ปริมาณขยะประเภทโลหะ (case3)	(Ton/day)
W3rPP	ปริมาณขยะประเภทกระดาษ (case3)	(Ton/day)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12(ต่อ) ตารางแสดงการนิยามตัวแปร (Variable) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับ Maximize Profit

W3rPT	ปริมาณขยะประเภทพลาสติก (case3)	(Ton/day)
VARIABLE	DESCRIPTION	UNIT
Net1	รายได้สุทธิ รวมทั้งหมด (case 1)	(Baht/day)
Obj_profit	ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ของการ Maximize profit	(Baht/day)

3.7.2 ตัวแปรตัดสินใจที่ใช้สำหรับ Minimize CO2e

ตารางที่ 3.13 ตารางแสดงการนิยามตัวแปร (Variable) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับ Minimize CO2e

Positive Variable	Description	Unit
W1	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการ (case 1)	(Ton/day)
W2	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการ (case 2)	(Ton/day)
W2L	ปริมาณขยะที่เข้าสู่กระบวนการ Landfill (case 2)	(Ton/day)
W2rdf	ปริมาณขยะที่เข้าสู่กระบวนการ RDF (case 2)	(Ton/day)
W2WTE	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการ RDF (case 2)	(Ton/day)
W3	ปริมาณขยะที่เข้าสู่กระบวนการ WTE (case 2)	(Ton/day)
Variable	Description	Unit
CO2L	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ Landfill (case 2)	(KgCO2eq/Day)
CO2rdf	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ RDF (case 2)	(KgCO2eq/Day)
CO2WTE	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ WTE (case 2)	(KgCO2eq/Day)
CO3	ปริมาณการปล่อย CO2 emission ทั้งหมด (case 3)	(KgCO2eq/Day)
Obj_CO2	ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ของการ Minimize CO2 emission	(KgCO2eq/Day)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 ตัวแปรตัดสินใจที่ใช้สำหรับ การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

ตารางที่ 3.14 ตารางแสดงการนิยามตัวแปร (Variable) และ คำอธิบาย (Description) การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

Positive Variable	Description	Unit
C1d	รายจ่าย ในการส่งกำจัด	(Baht/day)
C2L	รายจ่าย ในกระบวนการ Landfill (case 2)	(Baht/day)
C2rdf	รายจ่าย ในกระบวนการ RDF (case 2)	(Baht/day)
C2WTE	รายจ่าย ในกระบวนการ WTE (case 2)	(Baht/day)
C3L	รายจ่าย ในกระบวนการ Landfill (case 3)	(Baht/day)
C3r	รายจ่าย ในกระบวนการ Recycle (case 3)	(Baht/day)
Net2L	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ Landfill (case 2)	(Baht/day)
Net2rdf	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ RDF (case 2)	(Baht/day)
Net2WTE	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ WTE (case 2)	(Baht/day)
Net3	รายได้สุทธิ รวมทั้งหมด (case 3)	(Baht/day)
P2L	รายรับ ในกระบวนการ Landfill (case 2)	(Baht/day)
P2rdf	รายรับ ในกระบวนการ RDF (case 2)	(Baht/day)
P2WTE	รายรับ ในกระบวนการ WTE (case 2)	(Baht/day)
P3L	รายรับ ในกระบวนการ Landfill (case 3)	(Baht/day)
P3r	รายรับ ในกระบวนการ Recycle (case 3)	(Baht/day)
W1	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการ (case 1)	(Ton/day)
W2	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการ (case 2)	(Ton/day)
W2L	ปริมาณขยะที่เข้าสู่กระบวนการ Landfill (case 2)	(Ton/day)
W2rdf	ปริมาณขยะที่เข้าสู่กระบวนการ RDF (case 2)	(Ton/day)
W2rdfy	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการ RDF (case 2)	(Ton/day)
W2WTE	ปริมาณขยะที่เข้าสู่กระบวนการ WTE (case 2)	(Ton/day)
W3	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการ (case 3)	(Ton/day)
W3rGL	ปริมาณขยะประเภทแก้ว (case3)	(Ton/day)
W3rMT	ปริมาณขยะประเภทโลหะ (case3)	(Ton/day)
W3rPP	ปริมาณขยะประเภทกระดาษ (case3)	(Ton/day)
W3rPT	ปริมาณขยะประเภทพลาสติก (case3)	(Ton/day)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.14 (ต่อ) ตารางแสดงการนิยามตัวแปร (Variable) และ คำอธิบาย (Description) การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

VARIABLE	DESCRIPTION	UNIT
Net1	รายได้สุทธิ รวมทั้งหมด (case 1)	(Baht/day)
CO2L	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ Landfill (case 2)	(KgCO2eq/Day)
CO2rdf	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ RDF (case 2)	(KgCO2eq/Day)
CO2WTE	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ WTE (case 2)	(KgCO2eq/Day)
CO3	ปริมาณการปล่อย CO2 emission ทั้งหมด (case 3)	(KgCO2eq/Day)
Obj_profit	ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ของการ Maximize profit	(Baht/day)
Obj_CO2	ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ของการ Minimize CO2 emission	(KgCO2eq/Day)
Multi_Obj	ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ สำหรับหลายวัตถุประสงค์	(Baht/day)

3.8 นิยามพารามิเตอร์ (Parameters)

3.8.1 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับ Maximize Profit

ตารางที่ 3.15 ตารางแสดงการนิยามพารามิเตอร์ (Parameters) และ คำอธิบาย (Description) ที่ใช้สำหรับ Maximize Profit

Parameter	Description	Unit
Cd	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย ในการส่งกำจัด	(Baht/Day)
CLf	ต้นทุนคงที่ สำหรับกระบวนการ Landfill	(Baht/Day)
CLom	ต้นทุนการบริหารจัดการ สำหรับกระบวนการ Landfill	(Baht/Day)
Cr	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย สำหรับกระบวนการ Recycle	(Baht/Day)
Crdff	ต้นทุนคงที่ สำหรับกระบวนการ RDF	(Baht/Day)
Crdfom	ต้นทุนการบริหารจัดการ สำหรับกระบวนการ RDF	(Baht/Day)
CWTEf	ต้นทุนคงที่ สำหรับกระบวนการ WTE	(Baht/Day)
CWTEom	ต้นทุนการบริหารจัดการ สำหรับกระบวนการ WTE	(Baht/Day)
Fy	ค่าคงที่ การได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ RDF	
GL	มูลค่าต่อหน่วย ของขยะประเภท แก้ว	(Baht/Day)
MT	มูลค่าต่อหน่วย ของขยะประเภท โลหะ	(Baht/Day)
PGL	มูลค่าต่อหน่วย ของขยะประเภท กระดาษ	(Baht/Day)
PMT	มูลค่าต่อหน่วย ของขยะประเภท พลาสติก	(Baht/Day)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.15 (ต่อ) ตารางแสดงการนิยามพารามิเตอร์ (Parameters) และ คำอธิบาย (Description) ที่ใช้สำหรับ Maximize Profit

PP	รายได้ต่อหน่วย สำหรับกระบวนการ Landfill	(Baht/Day)
PPP	รายได้ต่อหน่วย สำหรับกระบวนการ RDF	(Baht/Day)
PPT	รายได้ต่อหน่วย สำหรับกระบวนการ WTE	(Baht/Day)
PptL	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ Landfill	(Ton/day)
Pptrdf	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ Recycle	(Ton/day)
PptWTE	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ RDF	(Ton/day)
PT	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ WTE	(Ton/day)
UpL	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบ	(Ton/day)
Upr	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย ในการส่งกำจัด	(Baht/Day)
Uprdf	ต้นทุนคงที่ สำหรับกระบวนการ Landfill	(Baht/Day)
UpWTE	ต้นทุนการบริหารจัดการ สำหรับกระบวนการ Landfill	(Baht/Day)
WT	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย สำหรับกระบวนการ Recycle	(Baht/Day)

3.8.2 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับ Minimize CO2e

ตารางที่ 3.16 ตารางแสดงการนิยามพารามิเตอร์ (Parameters) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับ Minimize CO2e

Parameter	Description	Unit
FW	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท เศษอาหารและอินทรีย์สาร	(Percent)
GL	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท แก้ว	(Percent)
MT	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท โลหะ	(Percent)
PP	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท กระดาษ	(Percent)
PT	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท พลาสติก	(Percent)
TT	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท ยาง/หนัง	(Percent)
WD	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท ไม้	(Percent)
UpL	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ Landfill	(Ton/day)
Upr	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ Recycle	(Ton/day)
Uprdf	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ RDF	(Ton/day)
UpWTE	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ WTE	(Ton/day)
WT	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบ	(Ton/day)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.16 (ต่อ) ตารางแสดงการนิยามพารามิเตอร์ (Parameters) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับ Minimize CO2e

EL_FW	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ FW	(KgCO2eq/Ton)
EL_GL	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ GL	(KgCO2eq/Ton)
EL_MT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ MT	(KgCO2eq/Ton)
EL_PP	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ PP	(KgCO2eq/Ton)
EL_PT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ PT	(KgCO2eq/Ton)
EL_TT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ TT	(KgCO2eq/Ton)
EL_WD	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ WD	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_FW	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ FW	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_GL	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ GL	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_MT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ MT	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_PP	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ PP	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_PT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ PT	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_TT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ TT	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_WD	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ WD	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_FW	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ FW	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_GL	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ GL	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_MT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ MT	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_PP	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ PP	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_PT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ PT	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_TT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ TT	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_WD	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ WD	(KgCO2eq/Ton)
Er_FW	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Recycle สำหรับ FW	(KgCO2eq/Ton)
Er_GL	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Recycle สำหรับ GL	(KgCO2eq/Ton)
Er_MT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Recycle สำหรับ MT	(KgCO2eq/Ton)
Er_PP	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Recycle สำหรับ PP	(KgCO2eq/Ton)
Er_PT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Recycle สำหรับ PT	(KgCO2eq/Ton)
Er_TT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Recycle สำหรับ TT	(KgCO2eq/Ton)
Er_WD	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Recycle สำหรับ WD	(KgCO2eq/Ton)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.3 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับ การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

ตารางที่ 3.17 ตารางแสดงการนิยามพารามิเตอร์ (Parameters) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับ การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

Parameter	Description	Unit
Cd	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย ในการส่งกำจัด	(Baht/Day)
CLf	ต้นทุนคงที่ สำหรับกระบวนการ Landfill	(Baht/Day)
CLom	ต้นทุนการบริหารจัดการ สำหรับกระบวนการ Landfill	(Baht/Day)
Cr	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย สำหรับกระบวนการ Recycle	(Baht/Day)
Crdff	ต้นทุนคงที่ สำหรับกระบวนการ RDF	(Baht/Day)
Crdfom	ต้นทุนการบริหารจัดการ สำหรับกระบวนการ RDF	(Baht/Day)
CWTEf	ต้นทุนคงที่ สำหรับกระบวนการ WTE	(Baht/Day)
CWTEom	ต้นทุนการบริหารจัดการ สำหรับกระบวนการ WTE	(Baht/Day)
Fy	ค่าคงที่ การได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ RDF	
GL	มูลค่าต่อหน่วย ของขยะประเภท แก้ว	(Baht/Day)
MT	มูลค่าต่อหน่วย ของขยะประเภท โลหะ	(Baht/Day)
PGL	มูลค่าต่อหน่วย ของขยะประเภท กระดาษ	(Baht/Day)
PMT	มูลค่าต่อหน่วย ของขยะประเภท พลาสติก	(Baht/Day)
PP	รายได้ต่อหน่วย สำหรับกระบวนการ Landfill	(Baht/Day)
PPP	รายได้ต่อหน่วย สำหรับกระบวนการ RDF	(Baht/Day)
PPT	รายได้ต่อหน่วย สำหรับกระบวนการ WTE	(Baht/Day)
PptL	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ Landfill	(Ton/day)
Pptrdf	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ Recycle	(Ton/day)
PptWTE	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ RDF	(Ton/day)
PT	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ WTE	(Ton/day)
UpL	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบ	(Ton/day)
FW	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท เศษอาหารและอินทรีย์สาร	(Percent)
GL	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท แก้ว	(Percent)
MT	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท โลหะ	(Percent)
PP	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท กระดาษ	(Percent)
PT	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท พลาสติก	(Percent)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.17 (ต่อ) ตารางแสดงการนิยามพารามิเตอร์ (Parameters) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับ การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

TT	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท ยาง/หนัง	(Percent)
WD	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะประเภท ไม้	(Percent)
UpL	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ Landfill	(Ton/day)
Upr	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ Recycle	(Ton/day)
Uprdf	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ RDF	(Ton/day)
UpWTE	ขอบเขตจำกัดสูงสุด ของปริมาณขยะ สำหรับกระบวนการ WTE	(Ton/day)
WT	ปริมาณขยะทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบ	(Ton/day)
EL_FW	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ FW	(KgCO2eq/Ton)
EL_GL	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ GL	(KgCO2eq/Ton)
EL_MT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ MT	(KgCO2eq/Ton)
EL_PP	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ PP	(KgCO2eq/Ton)
EL_PT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ PT	(KgCO2eq/Ton)
EL_TT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ TT	(KgCO2eq/Ton)
EL_WD	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Landfill สำหรับ WD	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_FW	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ FW	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_GL	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ GL	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_MT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ MT	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_PP	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ PP	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_PT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ PT	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_TT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ TT	(KgCO2eq/Ton)
Erdf_WD	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ RDF สำหรับ WD	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_FW	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ FW	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_GL	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ GL	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_MT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ MT	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_PP	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ PP	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_PT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ PT	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_TT	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ TT	(KgCO2eq/Ton)
EWTE_WD	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ WTE สำหรับ WD	(KgCO2eq/Ton)
Er_FW	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Recycle สำหรับ FW	(KgCO2eq/Ton)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.17 (ต่อ) ตารางแสดงการนิยามพารามิเตอร์ (Parameters) และ คำอธิบาย (Description) ใช้สำหรับ การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

Er_GL	ปริมาณการปล่อย CO2 ต่อหน่วย จากกระบวนการ Recycle สำหรับ GL	(KgCO2eq/Ton)
A1	ค่าน้ำหนักสำหรับการวิเคราะห์ Multi-Objective แบบ Weighting Method Approach	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 นิยามสมการ (Equations)

3.9.1 สมการที่ใช้สำหรับ Maximize Profit

ตารางที่ 3.18 ตารางแสดงการนิยามสมการ (Equations) คำอธิบาย (Description) และ สมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้สำหรับ Maximize Profit

Equations	Description
E1: WT=W1+W2+W3;	สมดุลมวลขยะทั้งหมด
E2: W1=WT;	ขอบเขตจำกัดบนของ W1
E3: C1d=W1*Cd;	รายจ่ายในการส่งกำจัด
E4: Net1=-C1d;	รายได้สุทธิ (case 1)
E5: W2≤WT;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2
E6: W2=W2rdf+W2L+W2WTE;	สมดุลมวลขยะ สำหรับ W2
E7: W2rdf≤Uprdf;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2rdf
E8: W2rdfy=W2rdf*Fy;	ผลิตภัณฑ์ ของ RDF (case 2)
E9: C2rdf=W2rdfy*(Crdff+Crdfom);	รายจ่ายในกระบวนการ RDF (case 2)
E10: P2rdf=Pptrdf*W2rdfy;	รายรับในกระบวนการ RDF (case 2)
E11: Net2rdf=P2rdf-C2rdf;	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ RDF (case 2)
E12: W2L≤UpL;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2L
E13: C2L=W2L*(CLf+CLom);	รายจ่ายในกระบวนการ Landfill (case 2)
E14: P2L=PptL*W2L;	รายรับในกระบวนการ Landfill (case 2)
E15: Net2L=P2L-C2L;	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ Landfill (case 2)
E16: W2WTE≤UpWTE;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2WTE
E17: C2WTE=W2WTE*(CWTEf+CWTEom);	รายจ่ายในกระบวนการ WTE (case 2)
E18: P2WTE=W2WTE*PptWTE;	รายรับในกระบวนการ WTE (case 2)
E19: Net2WTE=P2WTE-C2WTE;	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ WTE (case 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.18 (ต่อ) ตารางแสดงการนิยามสมการ (Equations) คำอธิบาย (Description) และสมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้สำหรับ Maximize Profit

E20: W3≤Upr;	ขอบเขตจำกัดบนของ W3
E21: C3r=W3*Cr;	รายจ่ายในกระบวนการ Recycle (case 3)
E22: W3rPT=W3*PT*.01;	ปริมาณขยะประเภทพลาสติก (case3)
E23: W3rPP=W3*PP*.01;	ปริมาณขยะประเภทกระดาษ (case3)
E24: W3rMT=W3*MT*.01;	ปริมาณขยะประเภทโลหะ (case3)
E25: W3rGL=W3*GL*.01;	ปริมาณขยะประเภทแก้ว (case3)
E26: P3r=W3rPT*PPT+W3rPP*PPP+W3rMT*PMT+W3rGL*PGL;	รายรับในกระบวนการ Recycle (case 3)
E27: C3L=(W3-W3rPT-W3rPP-W3rMT-W3rGL)*(CLf+CLom);	รายจ่ายในกระบวนการ Landfill (case 3)
E28: P3L=PptL*(W3-W3rPT-W3rPP-W3rMT-W3rGL);	รายรับในกระบวนการ Landfill (case 3)
E29: Cin≤C2L+C2rdf+C2WTE+C3L+C3L+C1d;	ขอบเขตจำกัดบนของ การลงทุน
E30: Net3=P3L-C3L+P3r-C3r;	รายได้สุทธิ (case 3)
E31: Obj_profit=Net1+Net2rdf+Net2L+Net2WTE+Net3;	ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ของการ Maximize profit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.2 สมการที่ใช้สำหรับ Minimize CO2e

ตารางที่ 3.19 ตารางแสดงการนิยามสมการ (Equations) คำอธิบาย (Description) และ สมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้สำหรับ Minimize CO2e

Equations	Description
E1: WT=W1+W2+W3;	สมดุลมวลขยะทั้งหมด
E2: W1≤WT;	ขอบเขตจำกัดบนของ W1
E5: W2≤WT;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2
E6: W2=W2rdf+W2L+W2WTE;	สมดุลมวลขยะ สำหรับ W2
E7: W2rdf≤Uprdf;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2rdf
E8: W2rdfy=W2rdf*Fy;	ผลิตภัณฑ์ ของ RDF (case 2)
E12: W2L≤UpL;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2L
E16: W2WTE≤UpWTE;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2WTE
E20: W3≤Upr;	ขอบเขตจำกัดบนของ W3
E21: C3r=W3*Cr;	รายจ่ายในกระบวนการ Recycle (case 3)
E22: W3rPT=W3*PT*.01;	ปริมาณขยะประเภทพลาสติก (case3)
E23: W3rPP=W3*PP*.01;	ปริมาณขยะประเภทกระดาษ (case3)
E24: W3rMT=W3*MT*.01;	ปริมาณขยะประเภทโละหะ (case3)
E25: W3rGL=W3*GL*.01;	ปริมาณขยะประเภทแก้ว (case3)
E29: Cin≥C2L+C2rdf+C2WTE+C3L+C3L+C1d;	ขอบเขตจำกัดบนของ การลงทุน
E32: CO2rdf=W2rdf*.01*(FW*Erdf_FW+GL*Erdf_GL+MT*Erdf_MT+PP*Erdf_PP+PT*Erdf_PT+TT*Erdf_TT+WD*Erdf_WD);	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ RDF (case 2)
E33: CO2L=W2L*.01*(FW*EL_FW+GL*EL_GL+MT*EL_MT+PP*EL_PP+PT*EL_PT+TT*EL_TT+WD*EL_WD);	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ Landfill (case 2)
E34: CO2WTE=W2WTE*.01*(FW*EWTE_FW+GL*EWTE_GL+MT*EWTE_MT+PP*EWTE_PP+PT*EWTE_PT+TT*EWTE_TT+WD*EWTE_WD);	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ WTE (case 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.20 (ต่อ) ตารางแสดงการนิยามสมการ (Equations) คำอธิบาย (Description) และสมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้สำหรับ Minimize CO2e

E35: CO3=W3*.01*(FW*Er_FW+GL*Er_GL+MT*Er_MT +PP*Er_PP+PT*Er_PT+TT*Er_TT+WD*Er_WD);	ปริมาณการปล่อย CO2 emission ทั้งหมด (case 3)
E36: Obj_CO2=CO2L+CO2rdf+CO2WTE+CO3;	ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ของการ Minimize CO2 emission

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.3 สมการที่ใช้สำหรับ การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

ตารางที่ 3.21 ตารางแสดงการนิยามสมการ (Equations) คำอธิบาย (Description) และ สมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

Equations	Description
E1: WT=W1+W2+W3;	สมดุลมวลขยะทั้งหมด
E2: W1≤WT;	ขอบเขตจำกัดบนของ W1
E3: C1d=W1*Cd;	รายจ่ายในการส่งกำจัด
E4: Net1=-C1d;	รายได้สุทธิ (case 1)
E5: W2≤WT;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2
E6: W2=W2rdf+W2L+W2WTE;	สมดุลมวลขยะ สำหรับ W2
E7: W2rdf≤Uprdf;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2rdf
E8: W2rdfy=W2rdf*Fy;	ผลิตภัณฑ์ ของ RDF (case 2)
E9: C2rdf=W2rdfy*(Crdff+Crdfom);	รายจ่ายในกระบวนการ RDF (case 2)
E10: P2rdf=Pptrdf*W2rdfy;	รายรับในกระบวนการ RDF (case 2)
E11: Net2rdf=P2rdf-C2rdf;	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ RDF (case 2)
E12: W2L≤UpL;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2L
E13: C2L=W2L*(CLf+CLom);	รายจ่ายในกระบวนการ Landfill (case 2)
E14: P2L=PptL*W2L;	รายรับในกระบวนการ Landfill (case 2)
E15: Net2L=P2L-C2L;	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ Landfill (case 2)
E16: W2WTE≤UpWTE;	ขอบเขตจำกัดบนของ W2WTE
E17: C2WTE=W2WTE*(CWTEf+CWTEom);	รายจ่ายในกระบวนการ WTE (case 2)
E18: P2WTE=W2WTE*PptWTE;	รายรับในกระบวนการ WTE (case 2)
E19: Net2WTE=P2WTE-C2WTE;	รายได้สุทธิ ในกระบวนการ WTE (case 2)
E20: W3≤Upr;	ขอบเขตจำกัดบนของ W3
E21: C3r=W3*Cr;	รายจ่ายในกระบวนการ Recycle (case 3)
E22: W3rPT=W3*PT*.01;	ปริมาณขยะประเภทพลาสติก (case3)
E23: W3rPP=W3*PP*.01;	ปริมาณขยะประเภทกระดาษ (case3)
E24: W3rMT=W3*MT*.01;	ปริมาณขยะประเภทโลหะ (case3)
E25: W3rGL=W3*GL*.01;	ปริมาณขยะประเภทแก้ว (case3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.22 (ต่อ) ตารางแสดงการนิยามสมการ (Equations) คำอธิบาย (Description) และสมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

E26: P3r=W3rPT*PPT+W3rPP*PPP+W3rMT*PMT+W3rGL*PGL;	รายรับในกระบวนการ Recycle (case 3)
E27: C3L=(W3-W3rPT-W3rPP-W3rMT-W3rGL)*(CLf+CLom);	รายจ่ายในกระบวนการ Landfill (case 3)
E28: P3L=PptL*(W3-W3rPT-W3rPP-W3rMT-W3rGL);	รายรับในกระบวนการ Landfill (case 3)
E29: Cin≤C2L+C2rdf+C2WTE+C3L+C3L+C1d;	ขอบเขตจำกัดบนของ การลงทุน
E30: Net3=P3L-C3L+P3r-C3r;	รายได้สุทธิ (case 3)
E31: Obj_profit=Net1+Net2rdf+Net2L+Net2WTE+Net3;	ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ของการ Maximize profit
E32: CO2rdf=W2rdf*.01*(FW*Erdf_FW+GL*Erdf_GL+MT*Erdf_MT+PP*Erdf_PP+PT*Erdf_PT+TT*Erdf_TT+WD*Erdf_WD);	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ RDF (case 2)
E33: CO2L=W2L*.01*(FW*EL_FW+GL*EL_GL+MT*EL_MT+PP*EL_PP+PT*EL_PT+TT*EL_TT+WD*EL_WD);	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ Landfill (case 2)
E34: CO2WTE=W2WTE*.01*(FW*EWTE_FW+GL*EWTE_GL+MT*EWTE_MT+PP*EWTE_PP+PT*EWTE_PT+TT*EWTE_TT+WD*EWTE_WD);	ปริมาณการปล่อย CO2 emission จากกระบวนการ WTE (case 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.23 (ต่อ) ตารางแสดงการนิยามสมการ (Equations) คำอธิบาย (Description) และสมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

E35: CO3=W3*.01*(FW*Er_FW+GL*Er_GL+MT*Er_MT+PP*Er_PP+PT*Er_PT+TT*Er_TT+WD*Er_WD);	ปริมาณการปล่อย CO2 emission ทั้งหมด (case 3)
E36: Obj_CO2=CO2L+CO2rdf+CO2WTE+CO3;	ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ของการ Minimize CO2 emission
E37: Multi_Obj=A1*Obj_profit+(1-A1)*(-Obj_CO2);	Multi-Objective แบบ Weighting Method Approach

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 เรียกใช้งานโปรแกรม GAMS สำหรับแก้ไขปัญหา Optimization

โดยการใช้งานโปรแกรม GAMS จำทำการใช้งานผ่านระบบ Windowns (gamside)

- เรียกใช้งานโปรแกรม GAMS
- เปิดไฟล์เดิม หรือ ทำการสร้างไฟล์ใหม่และตั้งชื่อ โดยนามสกุลของไฟล์ คือ .gms
- สั่งให้ GAMS ประมวลผลโดยการกดปุ่ม F9 หรือ ไปที่คำสั่ง File > Run
- วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากไฟล์ .lst
- ตรวจสอบผลที่ได้ ถ้าสามารถนำไปใช้ได้ ปิดโปรแกรม File > Exit

โดยสามารถสรุปขั้นตอนการเรียกใช้งานโปรแกรมได้ดังนี้

รูปที่ 3.11 สรุปขั้นตอนการเรียกใช้งานโปรแกรม GAMS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองวิจัย

4.1 กล่าวนำ

บทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงผลการทดลองวิจัย โดยจะนำผลที่ได้จากการ ใช้โปรแกรม GAMS เพื่อนำมา วิเคราะห์หาความเหมาะสม Maximize Profit

4.2 ผลการทดลอง เมื่อทำการ Maximize Profit

4.2.1 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน ไม่มีมีเงื่อนไขด้านเงินลงทุน (Cin=∞)

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR C1d	.	.	+INF	.
---- VAR C2L	.	.	+INF	.
---- VAR C2rdf	.	.	+INF	.
---- VAR C2WTE	.	40092.480	+INF	.
---- VAR C3L	.	.	+INF	.
---- VAR C3r	.	.	+INF	.
---- VAR Net2L	.	.	+INF	.
---- VAR Net2rdf	.	.	+INF	.
---- VAR Net2WTE	.	16644.480	+INF	.
---- VAR Net3	.	.	+INF	.
---- VAR P2L	.	.	+INF	.
---- VAR P2rdf	.	.	+INF	.
---- VAR P2WTE	.	56736.960	+INF	.
---- VAR P3L	.	.	+INF	.
---- VAR P3r	.	.	+INF	.
---- VAR W1	.	.	+INF	-1020.140
---- VAR W2	.	32.000	+INF	.
---- VAR W2L	.	.	+INF	-493.642
---- VAR W2rdf	.	.	+INF	.
---- VAR W2rdfy	.	.	+INF	-850.100
---- VAR W2WTE	.	32.000	+INF	.
---- VAR W3	.	.	+INF	-376.842
---- VAR W3rGL	.	.	+INF	.
---- VAR W3rMT	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPP	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPT	.	.	+INF	.
---- VAR Net1	-INF	.	+INF	.
---- VAR z	-INF	16644.480	+INF	.

รูปที่ 4.1 ผลการทดลอง เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน ไม่มีเงื่อนไขสำหรับเงินในการลงทุน

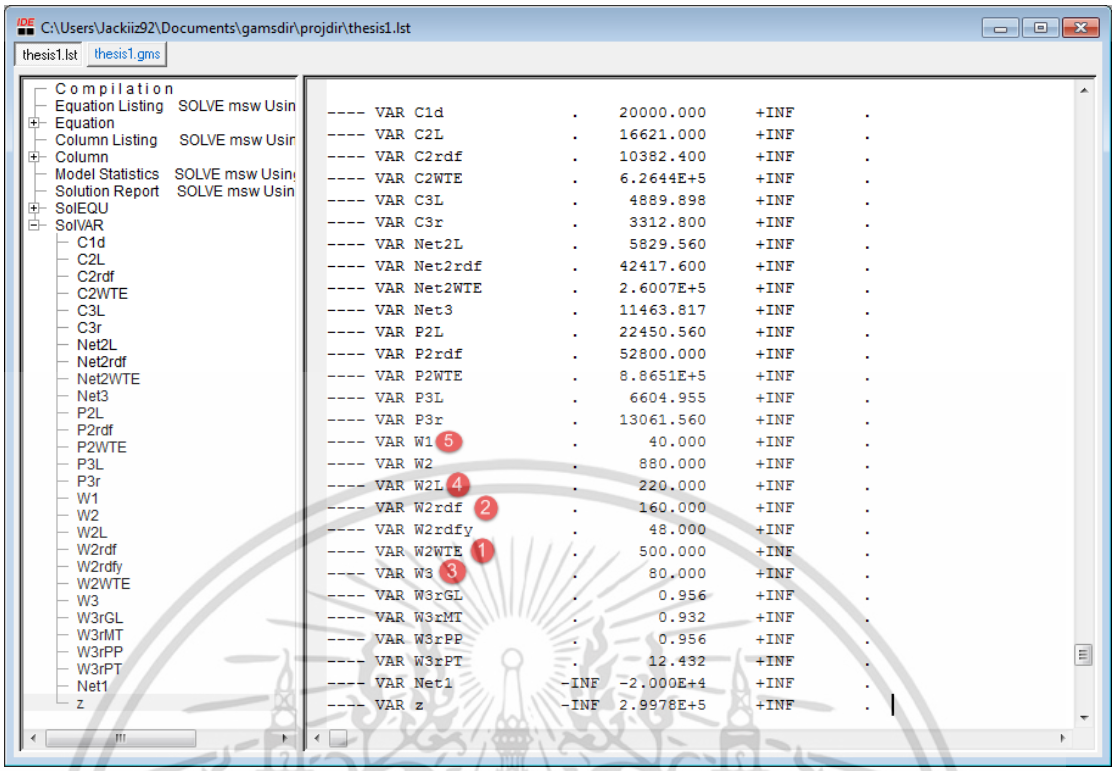
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะที่นำเข้าสู่ระบบให้มีค่ามากๆ เพื่อรองรับ ขยะในอนาคต เพื่อทราบลำดับความคุ้มค่าของการลงทุน

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR C1d	.	20000.000	+INF	.
---- VAR C2L	.	16621.000	+INF	.
---- VAR C2rdf	.	10382.400	+INF	.
---- VAR C2WTE	.	6.2644E+5	+INF	.
---- VAR C3L	.	4889.898	+INF	.
---- VAR C3r	.	3312.800	+INF	.
---- VAR Net2L	.	5829.560	+INF	.
---- VAR Net2rdf	.	42417.600	+INF	.
---- VAR Net2WTE	.	2.6007E+5	+INF	.
---- VAR Net3	.	11463.817	+INF	.
---- VAR P2L	.	22450.560	+INF	.
---- VAR P2rdf	.	52800.000	+INF	.
---- VAR P2WTE	.	8.8651E+5	+INF	.
---- VAR P3L	.	6604.955	+INF	.
---- VAR P3r	.	13061.560	+INF	.
---- VAR W1	.	40.000	+INF	.
---- VAR W2	.	880.000	+INF	.
---- VAR W2L	.	220.000	+INF	.
---- VAR W2rdf	.	160.000	+INF	.
---- VAR W2rdfy	.	48.000	+INF	.
---- VAR W2WTE	.	500.000	+INF	.
---- VAR W3	.	80.000	+INF	.
---- VAR W3rGL	.	0.956	+INF	.
---- VAR W3rMT	.	0.932	+INF	.
---- VAR W3rPP	.	0.956	+INF	.
---- VAR W3rPT	.	12.432	+INF	.
---- VAR Net1	-INF	-2.000E+4	+INF	.
---- VAR z	-INF	2.9978E+5	+INF	.

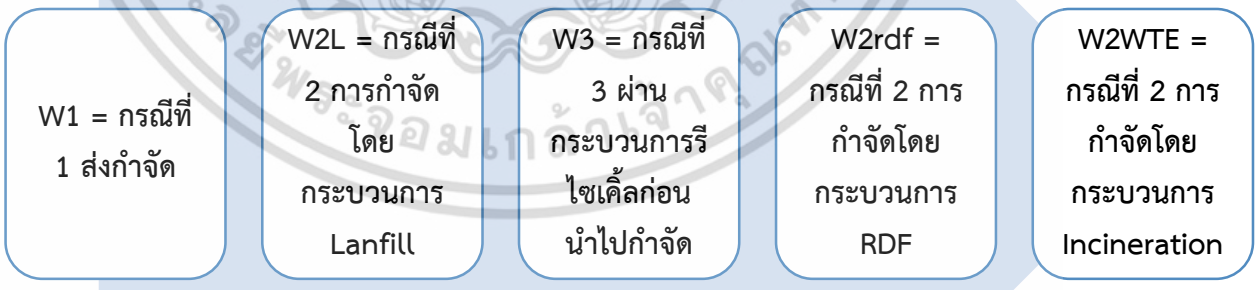
รูปที่ 4.2 ผลการทดลอง เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเพื่อรองรับ ขยะในอนาคต ขยะมากกว่า 500 ตัน/วัน เพื่อทราบลำดับความคุ้มค่าของการลงทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองแสดง ลำดับความคุ้มค่าในการลงทุน

ทราบจากการแทนค่า ปริมาณขยะที่นำเข้า 500 t/d 600t/d 700t/d 800 t/d 1000 t/d ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 แสดงลำดับความคุ้มค่าในการลงทุนเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดลองเมื่อเพิ่มเงื่อนไขการลงทุน ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน

จำนวนเงินลงทุน (ล้านบาท)	อายุระบบ(ปี)	Cin (Baht/day)	Z (Baht/day)
50	20	6849	9508
100	20	13699	10978
200	20	27397	13919
300	20	41096	16644
400	20	54795	16644

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR C1d	.	.	+INF	-1.717
---- VAR C2L	.	.	+INF	-3.189
---- VAR C2rdf	.	1815.799	+INF	.
---- VAR C2WTE	.	5033.201	+INF	.
---- VAR C3L	.	.	+INF	.
---- VAR C3r	.	.	+INF	.
---- VAR Net2L	.	.	+INF	.
---- VAR Net2rdf	.	7418.501	+INF	.
---- VAR Net2WTE	.	2089.544	+INF	.
---- VAR Net3	.	.	+INF	.
---- VAR P2L	.	.	+INF	.
---- VAR P2rdf	.	9234.300	+INF	.
---- VAR P2WTE	.	7122.745	+INF	.
---- VAR P3L	.	.	+INF	.
---- VAR P3r	.	.	+INF	.
---- VAR W1	.	.	+INF	.
---- VAR W2	.	32.000	+INF	.
---- VAR W2L	.	.	+INF	.
---- VAR W2rdf	.	27.983	+INF	.
---- VAR W2rdfy	.	8.395	+INF	.
---- VAR W2WTE	.	4.017	+INF	.
---- VAR W3	.	.	+INF	-134.125
---- VAR W3rGL	.	.	+INF	.
---- VAR W3rMT	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPP	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPT	.	.	+INF	.
---- VAR Net1	-INF	.	+INF	.
---- VAR z	-INF	9508.045	+INF	.

รูปที่ 4.5 ผลการทดลองเมื่อเงินลงทุน เท่ากับ 50 ล้านบาท ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR C1d	.	.	+INF	-1.717
---- VAR C2L	.	.	+INF	-3.189
---- VAR C2rdf	.	1441.644	+INF	.
---- VAR C2WTE	.	12257.356	+INF	.
---- VAR C3L	.	.	+INF	.
---- VAR C3r	.	.	+INF	.
---- VAR Net2L	.	.	+INF	.
---- VAR Net2rdf	.	5889.878	+INF	.
---- VAR Net2WTE	.	5088.668	+INF	.
---- VAR Net3	.	.	+INF	.
---- VAR P2L	.	.	+INF	.
---- VAR P2rdf	.	7331.522	+INF	.
---- VAR P2WTE	.	17346.024	+INF	.
---- VAR P3L	.	.	+INF	.
---- VAR P3r	.	.	+INF	.
---- VAR W1	.	.	+INF	.
---- VAR W2	.	32.000	+INF	.
---- VAR W2L	.	.	+INF	.
---- VAR W2rdf	.	22.217	+INF	.
---- VAR W2rdfy	.	6.665	+INF	.
---- VAR W2WTE	.	9.783	+INF	.
---- VAR W3	.	.	+INF	-134.125
---- VAR W3rGL	.	.	+INF	.
---- VAR W3rMT	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPP	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPT	.	.	+INF	.
---- VAR Net1	-INF	.	+INF	.
---- VAR z	-INF	10978.546	+INF	.

รูปที่ 4.6 ผลการทดลองเมื่อเงินลงทุน เท่ากับ 100 ล้านบาท ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR C1d	.	.	+INF	-1.717
---- VAR C2L	.	.	+INF	-3.189
---- VAR C2rdf	.	693.443	+INF	.
---- VAR C2WTE	.	26703.557	+INF	.
---- VAR C3L	.	.	+INF	.
---- VAR C3r	.	.	+INF	.
---- VAR Net2L	.	.	+INF	.
---- VAR Net2rdf	.	2833.080	+INF	.
---- VAR Net2WTE	.	11086.040	+INF	.
---- VAR Net3	.	.	+INF	.
---- VAR P2L	.	.	+INF	.
---- VAR P2rdf	.	3526.522	+INF	.
---- VAR P2WTE	.	37789.597	+INF	.
---- VAR P3L	.	.	+INF	.
---- VAR P3r	.	.	+INF	.
---- VAR W1	.	.	+INF	.
---- VAR W2	.	32.000	+INF	.
---- VAR W2L	.	.	+INF	.
---- VAR W2rdf	.	10.686	+INF	.
---- VAR W2rdfy	.	3.206	+INF	.
---- VAR W2WTE	.	21.314	+INF	.
---- VAR W3	.	.	+INF	-134.125
---- VAR W3rGL	.	.	+INF	.
---- VAR W3rMT	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPP	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPT	.	.	+INF	.
---- VAR Net1	-INF	.	+INF	.
---- VAR z	-INF	13919.120	+INF	.

รูปที่ 4.7 ผลการทดลองเมื่อเงินลงทุน เท่ากับ 200 ล้านบาท ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR C1d	.	.	+INF	-2.040
---- VAR C2L	.	.	+INF	-6.534
---- VAR C2rdf	.	.	+INF	-3.930
---- VAR C2WTE	.	40092.480	+INF	.
---- VAR C3L	.	.	+INF	.
---- VAR C3r	.	.	+INF	.
---- VAR Net2L	.	.	+INF	.
---- VAR Net2rdf	.	.	+INF	.
---- VAR Net2WTE	.	16644.480	+INF	.
---- VAR Net3	.	.	+INF	.
---- VAR P2L	.	.	+INF	.
---- VAR P2rdf	.	.	+INF	.
---- VAR P2WTE	.	56736.960	+INF	.
---- VAR P3L	.	.	+INF	.
---- VAR P3r	.	.	+INF	.
---- VAR W1	.	.	+INF	.
---- VAR W2	.	32.000	+INF	.
---- VAR W2L	.	.	+INF	.
---- VAR W2rdf	.	.	+INF	.
---- VAR W2rdfy	.	.	+INF	.
---- VAR W2WTE	.	32.000	+INF	.
---- VAR W3	.	.	+INF	-376.842
---- VAR W3rGL	.	.	+INF	.
---- VAR W3rMT	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPP	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPT	.	.	+INF	.
---- VAR Net1	-INF	.	+INF	.
---- VAR z	-INF	16644.480	+INF	.

รูปที่ 4.8 ผลการทดลองเมื่อเงินลงทุน เท่ากับ 300 ล้านบาท ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน

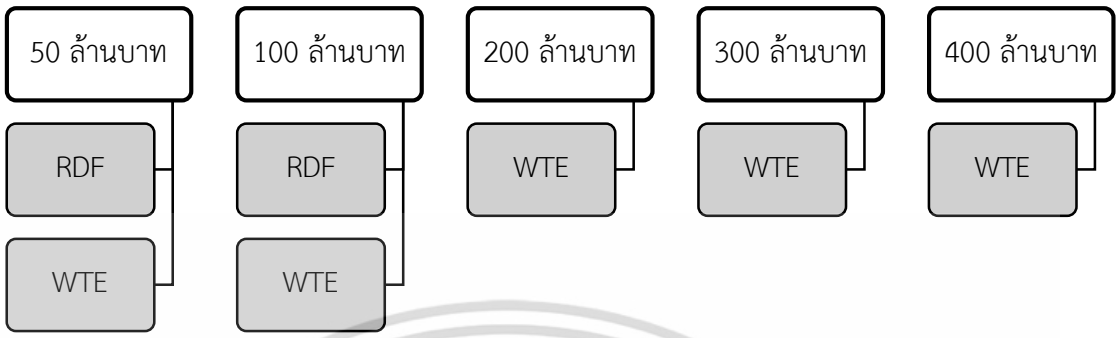
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR C1d	.	.	+INF	-2.040
---- VAR C2L	.	.	+INF	-6.534
---- VAR C2rdf	.	.	+INF	-3.930
---- VAR C2WTE	.	40092.480	+INF	.
---- VAR C3L	.	.	+INF	.
---- VAR C3r	.	.	+INF	.
---- VAR Net2L	.	.	+INF	.
---- VAR Net2rdf	.	.	+INF	.
---- VAR Net2WTE	.	16644.480	+INF	.
---- VAR Net3	.	.	+INF	.
---- VAR P2L	.	.	+INF	.
---- VAR P2rdf	.	.	+INF	.
---- VAR P2WTE	.	56736.960	+INF	.
---- VAR P3L	.	.	+INF	.
---- VAR P3r	.	.	+INF	.
---- VAR W1	.	.	+INF	.
---- VAR W2	.	32.000	+INF	.
---- VAR W2L	.	.	+INF	.
---- VAR W2rdf	.	.	+INF	.
---- VAR W2rdfy	.	.	+INF	.
---- VAR W2WTE	.	32.000	+INF	.
---- VAR W3	.	.	+INF	-376.842
---- VAR W3rGL	.	.	+INF	.
---- VAR W3rMT	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPP	.	.	+INF	.
---- VAR W3rPT	.	.	+INF	.
---- VAR Net1	-INF	.	+INF	.
---- VAR z	-INF	16644.480	+INF	.

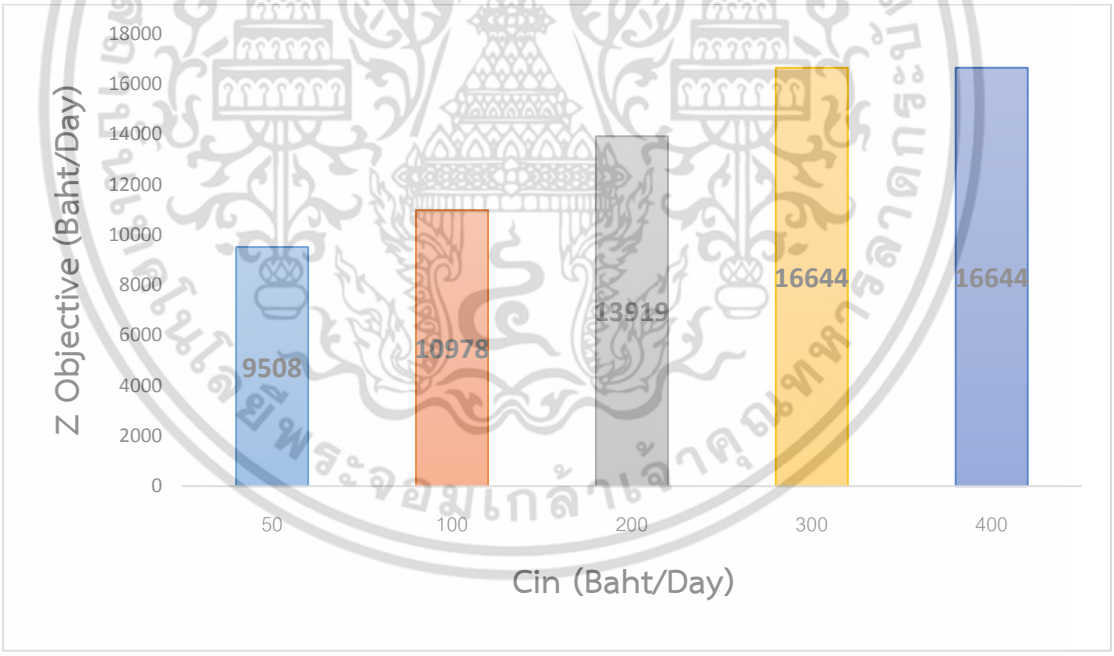
รูปที่ 4.9 ผลการทดลองเมื่อเงินลงทุน เท่ากับ 400 ล้านบาท ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน

จะเห็นได้ว่าเมื่อ มีเงินลงทุนเพิ่มมากขึ้นโมเดลจะทำการเลือก การจัดการขยะที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และ ส่งผลให้ผลกำไรสูงขึ้นตามไปด้วย แต่จะผลกำไรจะคงที่ เนื่องจาก ข้อจำกัด ของปริมาณขยะที่ นำเข้า นั้นหมายความของสมการเงื่อนไขเงินลงทุน เงินลงทุนสำคัญมาก ถึงแม้บางระบบจะให้ผลตอบแทนที่สูง แต่เมื่อไม่มีเงินลงทุน ก็ไม่สามารถเลือกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ผลการทดลองแสดงการเลือกกระบวนการกำจัดขยะตามเงื่อนไขด้านการลงทุน

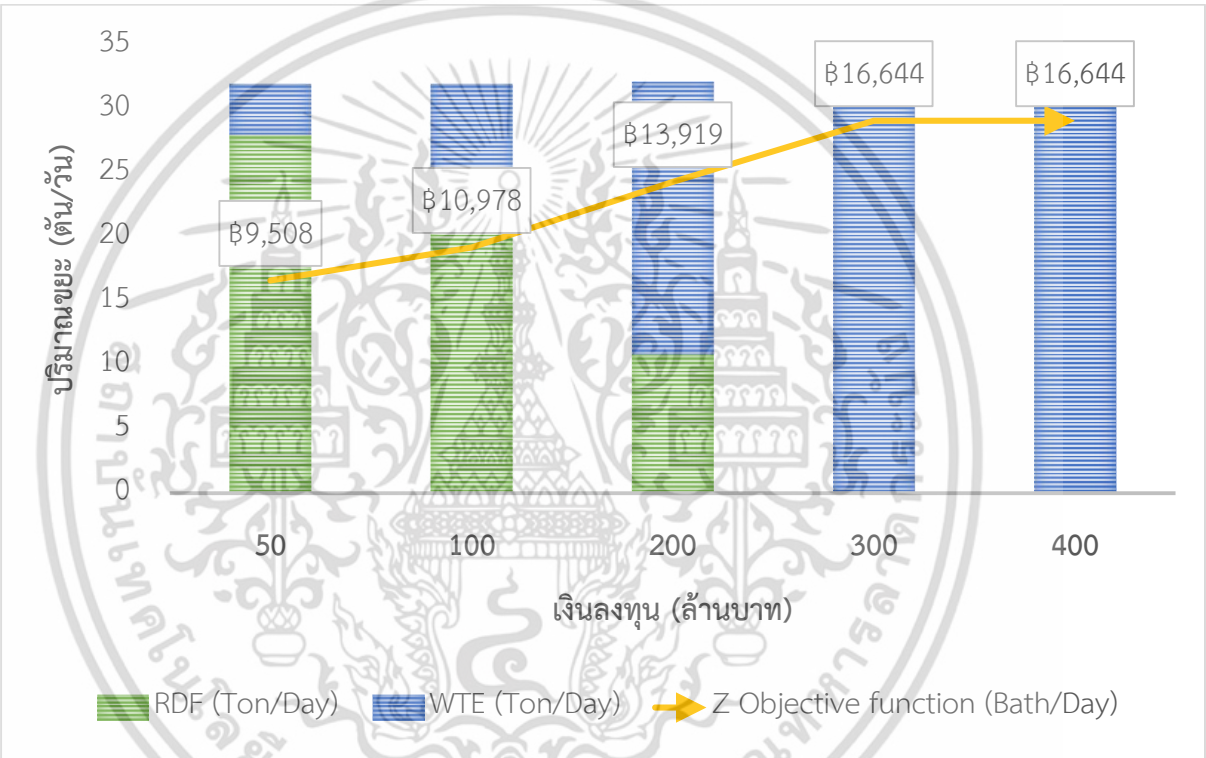


รูปที่ 4.11 ผลการทดลองแสดงค่า Maximize profit ของแต่ละเงื่อนไขการลงทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองแสดงค่า Maximize profit ของแต่ละเงื่อนไขการลงทุน

ค่าลงทุน (ล้านบาท)	RDF (Ton/Day)	WTE (Ton/Day)	MSW (Ton/Day)	Z (Baht/Day)
50	27.983	4.017	32	9508
100	22.217	9.783	32	10978
200	10.868	21.314	32	13919
300	0	32	32	16644
400	0	32	32	16644



รูปที่ 4.12 แสดงผลสรุป วิธีการกำจัด , ปริมาณขยะที่แบบจำลองเลือก และ ค่า Z ของทุกกรณีการลงทุน เมื่อทำการ Maximize Profit เพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง เมื่อทำการ Minimize CO2e

4.3.1 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน

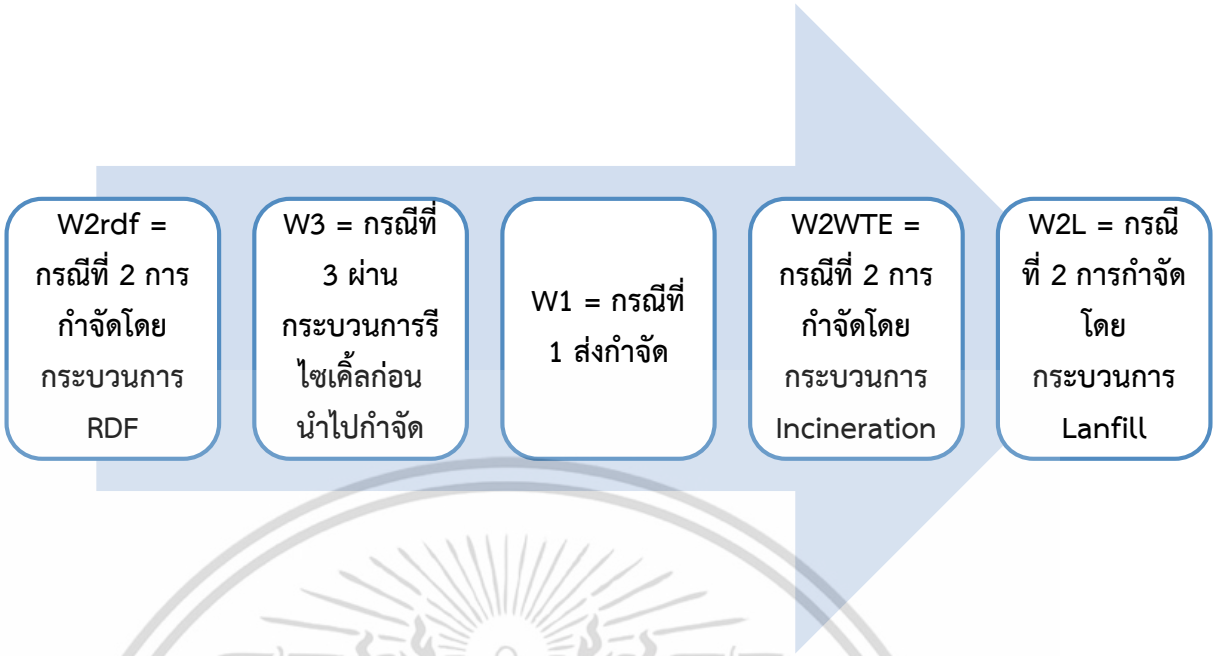
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR W1	.	.	+INF	3.380
---- VAR W2	.	32.000	+INF	.
---- VAR W2L	.	.	+INF	684.271
---- VAR W2rdf	.	32.000	+INF	.
---- VAR W2WTE	.	.	+INF	464.210
---- VAR W3	.	.	+INF	.
---- VAR z	-INF	-1.172E+4	+INF	.
---- VAR CO2L	-INF	.	+INF	.
---- VAR CO2rdf	-INF	-1.172E+4	+INF	.
---- VAR CO2WTE	-INF	.	+INF	.
---- VAR CO3	-INF	.	+INF	.

รูปที่ 4.13 ผลการทดลอง เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน ไม่มีเงื่อนไขสำหรับเงินในการลงทุน เพื่อ Minimize CO2 emission

4.3.2 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะที่นำเข้าสู่ระบบให้มีค่ามากๆ เพื่อรองรับ ขยะในอนาคต และเพื่อทราบลำดับการปล่อย CO2 Emission ในแต่ละกระบวนการกำจัด

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR W1 3	.	500.000	+INF	.
---- VAR W2	.	920.000	+INF	.
---- VAR W2L 5	.	260.000	+INF	.
---- VAR W2rdf 1	.	160.000	+INF	.
---- VAR W2WTE 4	.	500.000	+INF	.
---- VAR W3 2	.	80.000	+INF	.
---- VAR z	-INF	72880.192	+INF	.
---- VAR CO2L	-INF	82709.601	+INF	.
---- VAR CO2rdf	-INF	-5.859E+4	+INF	.
---- VAR CO2WTE	-INF	49026.175	+INF	.
---- VAR CO3	-INF	-270.432	+INF	.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

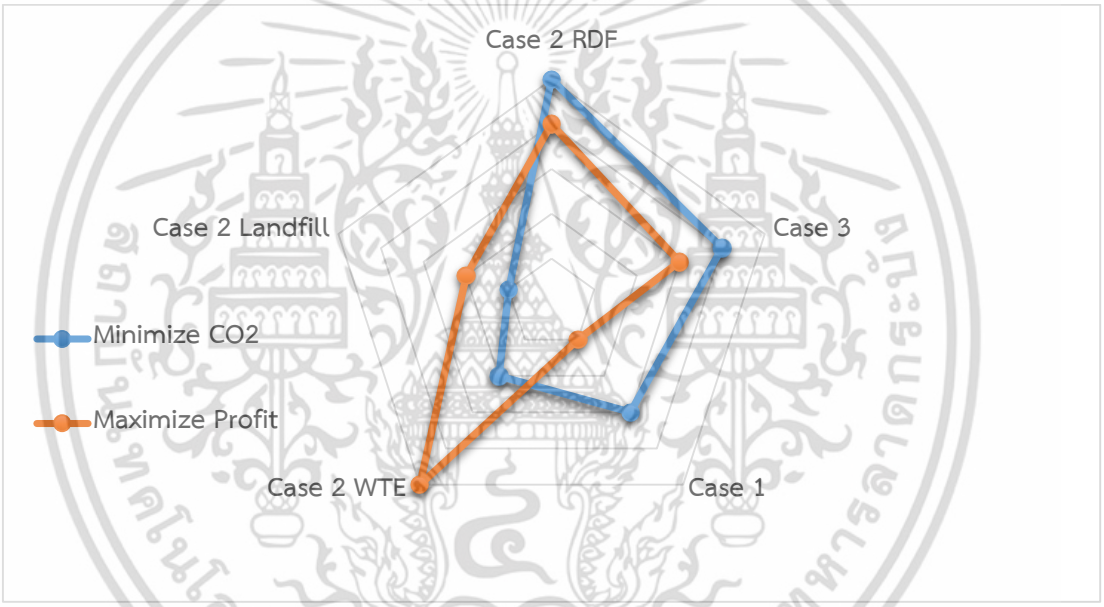


รูปที่ 4.14 แสดงลำดับการปล่อย CO2e เรียงลำดับจากน้อยไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลลำดับความสำคัญของจากการ Minimize CO2 Emission และ Maximize Profit

Variable	ลำดับความสำคัญ Minimize CO2 Emission	ลำดับความสำคัญ Maximize Profit
W2rdf	5	4
W3	4	3
W1	3	1
W2WTE	2	5
W2L	1	2



รูปที่ 4.15 แสดงผลลำดับความสำคัญของจากการ Minimize CO2 Emission และ Maximize Profit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

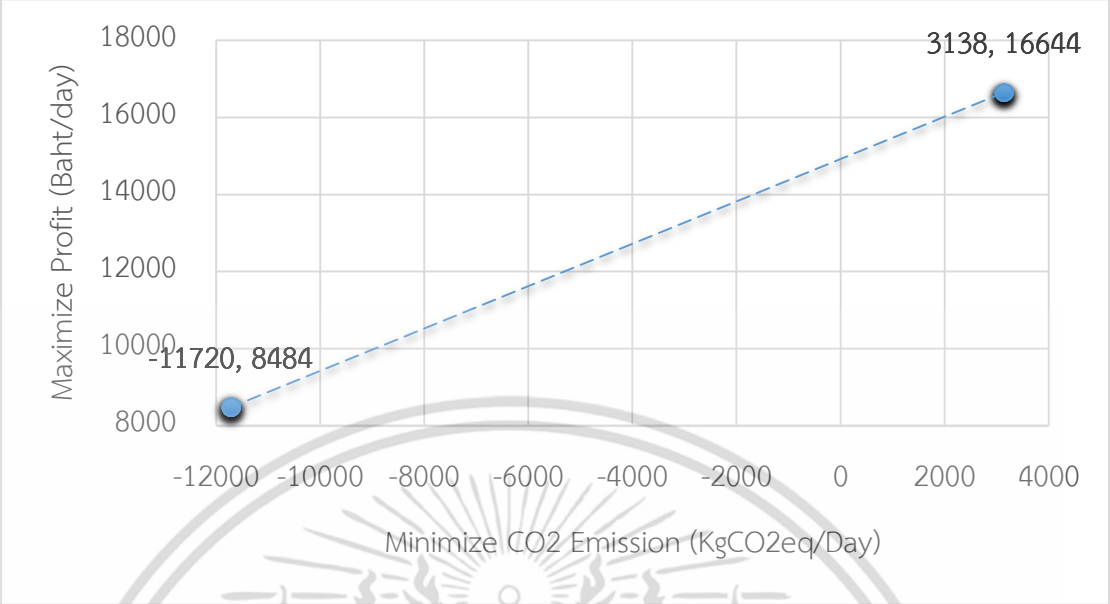
4.4 ผลการทดลอง เมื่อทำการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach

4.4.1 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน และไม่มีมีเงื่อนไขด้านเงินลงทุน (Cin=∞)

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน และไม่มีมีเงื่อนไขด้านเงินลงทุน (Cin=∞)

A1	A2	Maximize Profit	Minimize CO2 Emission	Multi_Obj	W2rdf(Ton)	W2WTE(Ton)
1	0	16644	3138	16644	0	32
0.9	0.1	16644	3138	14666	0	32
0.8	0.2	16644	3138	12688	0	32
0.7	0.3	16644	3138	10710	32	0
0.6	0.4	8484	-11720	9777	32	0
0.5	0.5	8484	-11720	10100	32	0
0.4	0.6	8484	-11720	10424	32	0
0.3	0.7	8484	-11720	10747	32	0
0.2	0.8	8484	-11720	11070	32	0
0.1	0.9	8484	-11720	11394	32	0
0	1	8484	-11720	11717	32	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงผล การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน และไม่มีมีเงื่อนไขด้านเงินลงทุน (Cin=∞)

จากรูปที่ 4.16 แสดงผลของการนำทั้งสองฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์มาพิจารณา โดยวิธีการ Weighting Method Approach ดังสมการที่ 37 โดยทำการพิจารณาค่า A1 ตั้งแต่ 0 – 1 นั้น หมายความว่าถ้า A1 = 1 คือพิจารณาเฉพาะการ Maximize Profit ถ้า A1 = 0 คือพิจารณาเฉพาะการ Minimize CO2 emission จากการทดลองพบว่า A1 = 0.8 – 1 เลือกกำจัดด้วยกระบวนการ W2WTE และ A1 = 0 – 0.7 เลือกกำจัดด้วยกระบวนการ W2RDF

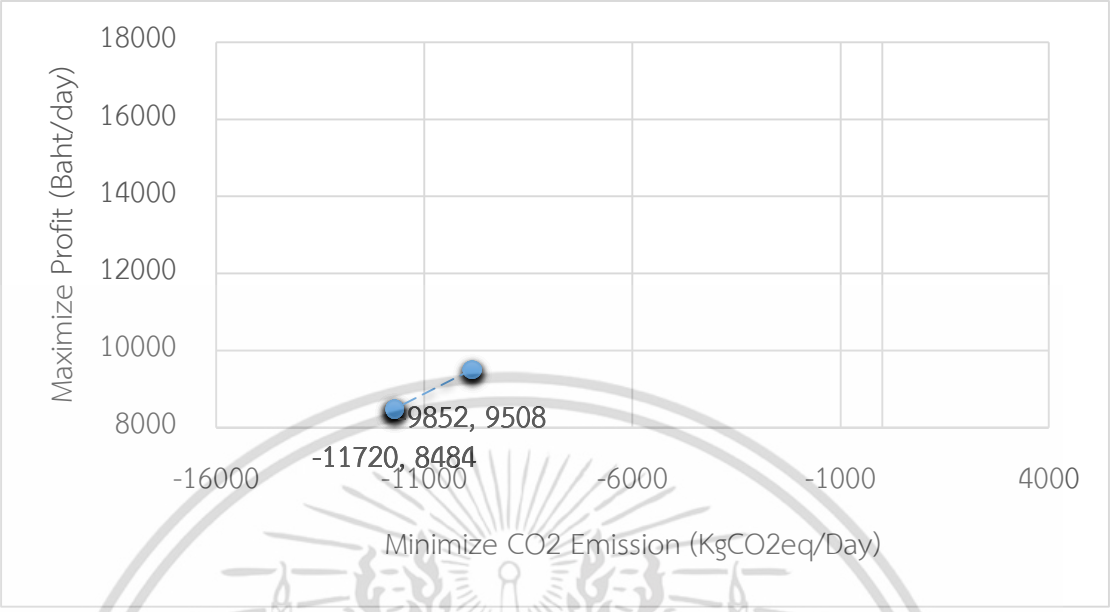
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 ล้านบาท

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 ล้านบาท

A1	A2	Maximize Profit	Minimize CO2 Emission	Multi_Obj	W2rdf(Ton)	W2WTE(Ton)	Investment
1	0	9508	-9852	9508	28	4	6849
0.9	0.1	9508	-9852	9542	28	4	6849
0.8	0.2	9508	-9852	9577	28	4	6849
0.7	0.3	9508	-9852	9611	28	4	6849
0.6	0.4	8484	-11720	9777	32	0	6849
0.5	0.5	8484	-11720	10100	32	0	6849
0.4	0.6	8484	-11720	10424	32	0	6849
0.3	0.7	8484	-11720	10747	32	0	6849
0.2	0.8	8484	-11720	11070	32	0	6849
0.1	0.9	8484	-11720	11394	32	0	6849
0	1	8484	-11720	11717	32	0	6849

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงผล การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงื่อนไขเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 ล้านบาท

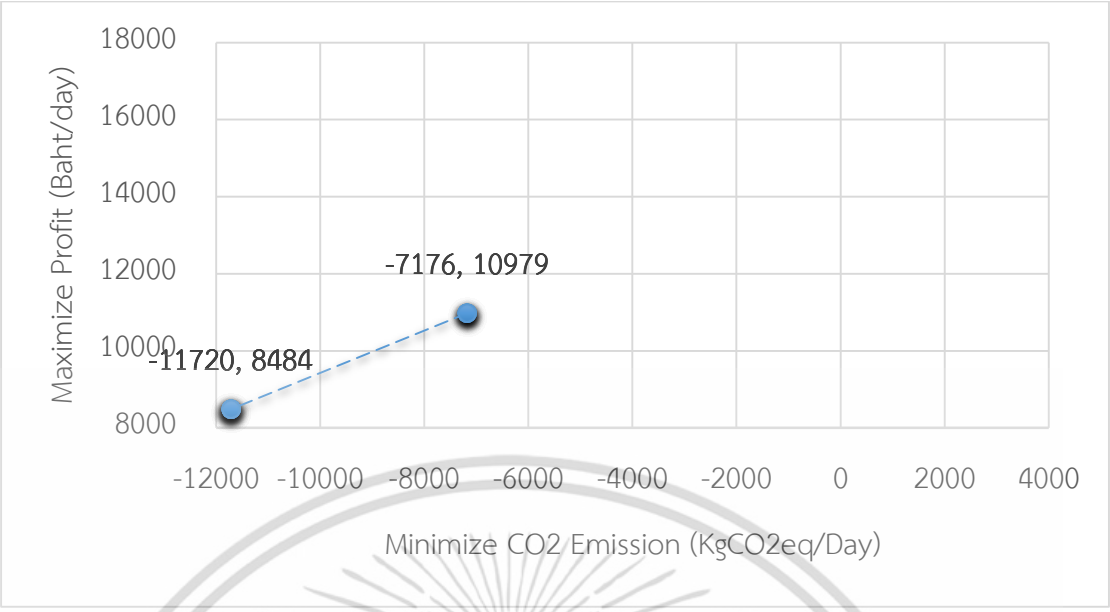
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 ล้านบาท

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 ล้านบาท

A1	A2	Maximize Profit	Minimize CO2 Emission	Multi_Obj	W2rdf	W2WTE	Investment
1	0	10979	-7176	10979	22	10	13699
0.9	0.1	10979	-7176	10598	22	10	13699
0.8	0.2	10979	-7176	10218	22	10	13699
0.7	0.3	10979	-7176	9838	22	10	13699
0.6	0.4	8484	-11720	9777	32	0	13699
0.5	0.5	8484	-11720	10100	32	0	13699
0.4	0.6	8484	-11720	10424	32	0	13699
0.3	0.7	8484	-11720	10747	32	0	13699
0.2	0.8	8484	-11720	11070	32	0	13699
0.1	0.9	8484	-11720	11394	32	0	13699
0	1	8484	-11720	11717	32	0	13699

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงผล การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงื่อนไขเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 ล้านบาท

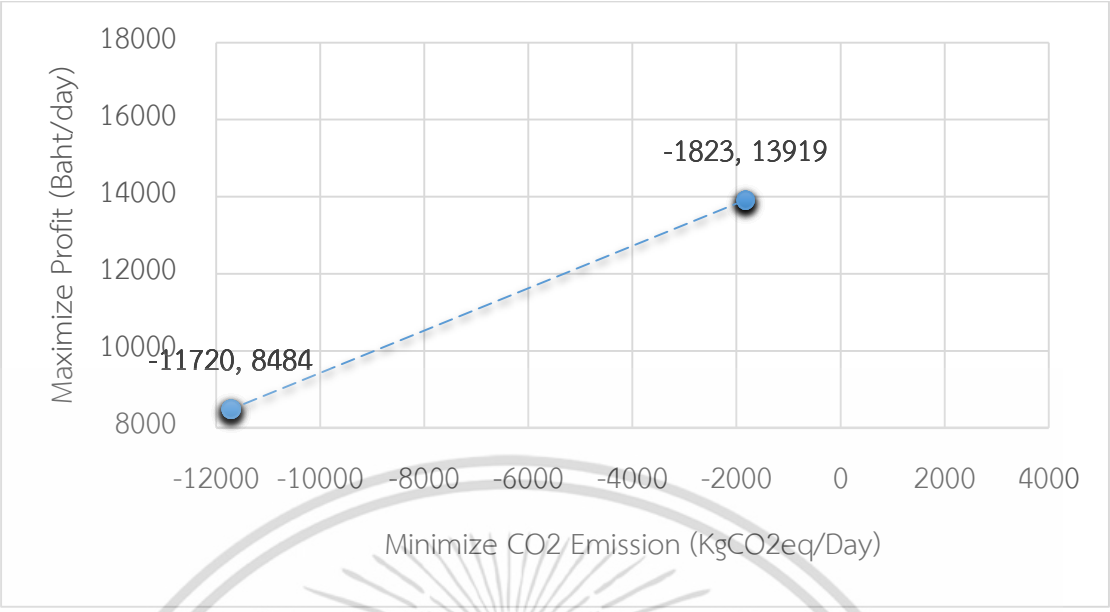
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 ล้านบาท

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 ล้านบาท

A1	A2	Maximize Profit	Minimize CO2 Emission	Multi_Obj	W2rdf	W2WTE	Investment
1	0	13919	-1823	13919	11	21	27397
0.9	0.1	13919	-1823	12710	11	21	27397
0.8	0.2	13919	-1823	11500	11	21	27397
0.7	0.3	13919	-1823	10290	11	21	27397
0.6	0.4	8484	-11720	9777	32	0	27397
0.5	0.5	8484	-11720	10100	32	0	27397
0.4	0.6	8484	-11720	10424	32	0	27397
0.3	0.7	8484	-11720	10747	32	0	27397
0.2	0.8	8484	-11720	11070	32	0	27397
0.1	0.9	8484	-11720	11394	32	0	27397
0	1	8484	-11720	11717	32	0	27397

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผล การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงื่อนไขเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 ล้านบาท

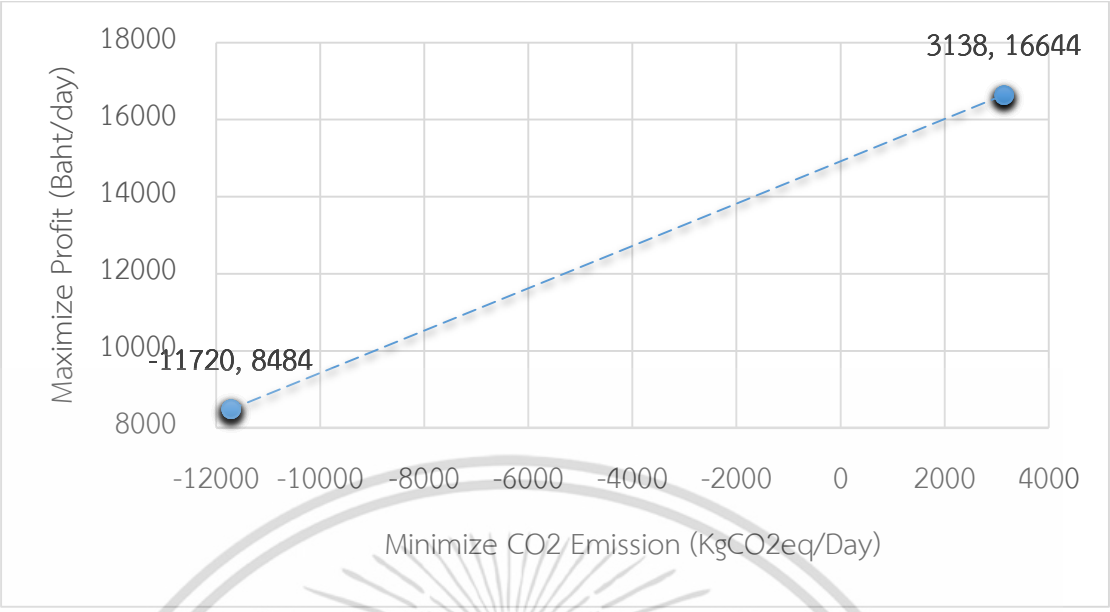
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 300 ล้านบาท

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach เมื่อกำหนด ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 300 ล้านบาท

A1	A2	Maximize Profit	Minimize CO2 Emission	Multi_Obj	W2rdf	W2WTE	Investment
1	0	16644	3138	16644	0	32	41096
0.9	0.1	16644	3138	14666	0	32	41096
0.8	0.2	16644	3138	12688	0	32	41096
0.7	0.3	16644	3138	10710	0	32	41096
0.6	0.4	8484	-11720	9777	32	0	41096
0.5	0.5	8484	-11720	10100	32	0	41096
0.4	0.6	8484	-11720	-11720	32	0	41096
0.3	0.7	8484	-11720	10747	32	0	41096
0.2	0.8	8484	-11720	11070	32	0	41096
0.1	0.9	8484	-11720	11394	32	0	41096
0	1	8484	-11720	11717	32	0	41096

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงผล การวิเคราะห์ Multi-objective โดยวิธี Weighting Method Approach ปริมาณขยะเท่ากับปริมาณขยะจริง 32 ตัน/วัน สำหรับเงื่อนไขเงินลงทุน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 300 ล้านบาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นเครื่องมือเพื่อช่วยในการตัดสินใจพบว่า เมืองโบราณอู่ทอง จ.สุพรรณบุรี ถ้ามีเงื่อนไขด้านการลงทุนสูง ประกอบกันกับเป็นไปตาม ฟังก์ชั่นเงื่อนไข และ พารามิเตอร์ ในแบบจำลอง ถ้าพิจารณาการเฉพาะการ Maximize Profit การกำจัดโดยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration Technology: WTE) เป็นกระบวนการที่เหมาะสมที่สุด แต่ถ้าพิจารณาเฉพาะ Minimize CO_2 Emission การกำจัดโดย การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) เป็นกระบวนการที่เหมาะสมที่สุด ถ้าพิจารณาทั้งสองฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ซึ่งหมายความว่า ต้องให้ได้ผลตอบแทนที่ดี อีกทั้งยัง ต้องเลือกวิธีที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากเกินไปเนื่องจากการปล่อย CO_2 การกำจัดโดย การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) จะเป็นกระบวนการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการบริหารจัดการขยะ เนื่องจากให้ผลการ Maximize Profit เป็นลำดับที่สองอีกทั้งผลของการ Minimize CO_2 Emission เป็นลำดับที่ 1 อีกทั้งยังได้โมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในตัดสินใจสำหรับการหาความเหมาะสมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยน พารามิเตอร์ในโมเดลเพื่อให้เข้ากับพื้นที่ศึกษานั้นๆ ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. 2551. **คู่มือแนวทางและข้อกำหนดเบื้องต้นการลดและใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย.** กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558. **“แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ 2559-2564”** [Online]. Available : http://www.pcd.go.th/

มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2556. **คู่มือแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยและสิ่งแวดล้อมโดยชุมชน กรุงเทพมหานคร.** กรุงเทพฯ: สำนักสิ่งแวดล้อม

ธเรศ ศรีสถิตย์. 2557. **วิศวกรรมการจัดการมูลฝอยชุมชน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรุง สินอภิรมย์สราญ. 2545. **การแก้ปัญหาที่เหมาะที่สุดในเชิงปฏิบัติสำหรับอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.

Badran, M., & El-Haggar, S. 2006. “Optimization of municipal solid waste management in Port Said–Egypt”. **Waste Management**, 26(5), 534-545.

Dieleman, B. 2015, **“LMOP Workshop: LFG Energy Project Development Discussion”** [Online]. Available : http://www3.epa.gov/lmop/ .2014

Gallardo, A., Carlos, M., Peris, M., & Colomer, F. 2015. “Methodology to design a municipal solid waste pre-collection system. A case study.” **Waste Management**, 36, 1-11.

Liamsanguan, C., & Gheewala, S. H. 2008. “LCA: A decision support tool for environmental assessment of MSW management systems.” **Journal of Environmental Management**, 87(1), 132-138.

Minoglou, M., & Komilis, D. (2013). “Optimizing the treatment and disposal of municipal solid wastes using mathematical programming a case study in a Greek region. “**Resources, Conservation and Recycling**”, 80, 46-57.

U-tapao, C., Gabriel, S. A., Peot, C., & Ramirez, M. 2014. “Stochastic, Multiobjective, Mixed-Integer Optimization Model for Wastewater-Derived Energy.” **Journal of Energy Engineering**, 141(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิที่ได้ศึกษา เพื่อนำมาประกอบในการสร้างแบบจำลองการประเมินค่าทางคณิตศาสตร์เพื่อบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรณีศึกษา เมืองโบราณอู่ทอง จ.สุพรรณบุรี

ประชากรในพื้นที่ศึกษา

จากการคาดการณ์จำนวนประชากรทั้งประชากรตามทะเบียนราษฎร ประชากรแฝง และนักท่องเที่ยวของพื้นที่ศึกษา บริเวณเมืองโบราณอู่ทอง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ออกแบบระบบจัดการขยะมูลฝอย ในอนาคต 20 ปี (พ.ศ.2557-2577) เพื่อนำไปใช้ในการคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอย ดังตาราง

ตารางที่ 1 จำนวนประชากรบริเวณพื้นที่ศึกษา

รายการ	หน่วย	ปี 2557	ปี 2577
จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ (1)	คน	23,869	111,250
จำนวนประชากรแฝงและนักท่องเที่ยว (2)	คน	1,644	98,656
จำนวนประชากรรวม (1+2=3)	คน	25,513	209,906

การคาดการณ์ปริมาณขยะ

ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาจะทำการคาดการณ์ได้จาก คนไทยแต่ละคนจะผลิตขยะมูลฝอย 0.65 กิโลกรัมต่อวันเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 17 ระหว่างปี 2537 ถึง 2544 (Thailand Environment Monitor 2003, World Bank) แม้การบริโภคจะลดลงบ้างในช่วงวิกฤตเศรษฐกิจใน ปี พ.ศ. 2540 โดยทั่วไปชุมชนเมืองจะก่อให้เกิดขยะมูลฝอยประมาณ 0.5-1.7 กก./คน/วันสูงกว่าชุมชนชนบทถึง 3 เท่า โดยชุมชนชนบทก่อให้เกิดขยะมูลฝอยประมาณ 0.4-0.6 กก./คน/วัน ทั้งหมดนี้เนื่องมาจากธุรกิจและบริการในชุมชนเมืองที่มีปริมาณสูงกว่าขยะมูลฝอยส่วนใหญ่เพิ่มจากแหล่งที่มิใช่ครัวเรือน เช่น ร้านค้าสำนักงานและโรงแรม เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2544) นอกจากนี้ นักท่องเที่ยวยังมีส่วนในการเพิ่มปริมาณขยะมูลฝอยโดยที่แหล่งท่องเที่ยวในประเทศไทยถูกจัดอยู่ในกลุ่มพื้นที่ที่มีการผลิตขยะมูลฝอยต่อคนสูงสุดเนื่องจากมีนักท่องเที่ยวและมีกิจกรรมเกี่ยวข้องจำนวนมากตัวอย่างเช่นนักท่องเที่ยว 1 คนที่หาดป่าตองจังหวัดภูเก็ต ก่อให้เกิดขยะมูลฝอย 2.2 กก./วัน (Ban-Chang-BFI, 1995) เมื่อขยะมูลฝอยจากการท่องเที่ยวรวมกับขยะมูลฝอยจากผู้อยู่อาศัยในพื้นที่ เป็นเหตุให้ปริมาณขยะมูลฝอยต่อคนในเขตหาดป่าตองสูงกว่ากรุงเทพฯ ถึง 3 เท่าตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากเกณฑ์ในการคำนวณตามที่กรมควบคุมมลพิษแนะนำแล้ว ในส่วนของโครงการที่ต้องมีการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามที่กฎหมายที่เกี่ยวข้องกำหนด ยังมีเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดสำหรับใช้ในการศึกษา ประเมิน และจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการพัฒนาและดำเนินโครงการที่อาจนำมาประกอบการพิจารณาคำนวณในรายละเอียด ดังนี้

- ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากที่พักอาศัยให้เตรียมการไว้สำหรับมูลฝอยไม่น้อยกว่า 3 ลิตร/คน/วัน หรือ 1 กก./คน/วัน

- ปริมาณมูลฝอยจากโรงพยาบาลให้เตรียมการไว้สำหรับมูลฝอยติดเชื้อไม่น้อยกว่า 0.3 กก./เตียง/วัน และมูลฝอยทั่วไปไม่น้อยกว่า 1 กก./เตียง/วัน

- กรณีประเมินปริมาณกากของเสียอันตราย เช่น สารเคมีที่ใช้ในกิจกรรมโรงพยาบาลสารกัมมันตรังสี ยาที่หมดอายุ ฯลฯ พร้อมระบุชนิดและอันตรายของกากของเสียนั้น

สำหรับการประมาณการปริมาณมูลฝอยจากกิจกรรมอื่นๆ เช่น ภัตตาคาร อาคารสำนักงาน เป็นต้น ให้พิจารณาตามที่เกิดจริงอย่างสมเหตุสมผล พร้อมแสดงเอกสารที่ใช้อ้างอิง ส่วนการพิจารณาว่ามูลฝอยประเภทใดเป็นมูลฝอยติดเชื้อ หรือมูลฝอยทั่วไป ให้เป็นไปตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด

การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยในอนาคต

เนื่องจากปัจจุบันองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต่างๆไม่ได้มีการบันทึกปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นที่เป็นปริมาณที่แน่นอนทำให้ไม่สามารถหาอัตราการเกิดขยะมูลฝอยได้แต่จากการสอบถามและเก็บข้อมูลบริเวณพื้นที่ศึกเทศบาลตำบลอู่ทองและเทศบาลตำบลท้าวอู่ทองกรณีคิดเทียบเฉพาะประชากรตามทะเบียนราษฎรมีอัตราการเกิดขยะมูลฝอย 1.34 กก./คน/วันดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ซึ่งมีการแยกคำนวณประชากรตามทะเบียนราษฎรประชากรแฝงและนักท่องเที่ยวจะให้มีอัตราการเกิดขยะมูลฝอยในปัจจุบันเฉลี่ย 1.34กก./คน/วันดังนั้นปัจจุบัน(เนื่องจาก 1.34 กก./คน/วัน มีค่าใกล้เคียง 1 กก./คน/วัน ตามเกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ)ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในเขตพื้นที่ศึกษาซึ่งมีประชากรตามทะเบียนราษฎร์ประชากรแฝงและนักท่องเที่ยวรวมประมาณ 25,513 คน จะมีปริมาณขยะมูลฝอยประมาณ 34.19 ตัน/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณขยะมูลฝอยบริเวณพื้นที่ศึกษา

รายการ	หน่วย	ปี 2557	ปี 2577
จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ (1)	คน	23,869	111,250
จำนวนประชากรแฝงและนักท่องเที่ยว (2)	คน	1,644	98,656
จำนวนประชากรรวม (1+2=3)	คน	25,513	209,906
ปริมาณขยะมูลฝอยจากประชากรตามทะเบียนราษฎร์ (4)	กก/วัน	31,985	149,075
ปริมาณขยะมูลฝอยจากประชากรแฝงและนักท่องเที่ยว (5)	กก/วัน	2,203	132,199
ปริมาณขยะมูลฝอยรวม (4+5=6)	กก/วัน	34,187	281,274

กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงแข็ง (RDF: Refused Derived Fuel Process)

กระบวนการในการผลิตเชื้อเพลิงแข็งประกอบด้วย ส่วนของสายพานลำเลียง ส่วนที่ทำการย่อยขยะมูลฝอยให้มีขนาดเล็กตามความต้องการของผู้ใช้งาน อุปกรณ์คัดแยกโลหะ อโลหะ ตะแกรงกรองแบบละเอียดเพื่อแยกเศษดิน หิน และ อุปกรณ์คัดแยกประเภทของขยะมูลฝอยที่มีน้ำหนักเบาหรือหนัก เช่น เครื่องกำเนิดลม

ส่วนประกอบของเชื้อเพลิง RDF

เชื้อเพลิง RDF หลัก ๆ จะประกอบไปด้วย กระดาษ พลาสติก และเศษผ้า เศษไม้ เศษพรม ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีความสะอาดสูง และมีมลพิษต่ำ เนื่องจากในกระบวนการผลิต RDF นั้นได้มีการคัดแยก กรวด หิน ดิน ทราย เซรามิก เหล็ก โลหะอื่นๆ PVC และขยะอินทรีย์ออกไป ทำให้ได้เชื้อเพลิง RDF มีค่า CO2 Emission ที่ต่ำ การนำเชื้อเพลิงประเภทนี้ไปใช้งานเป็นการลดมลพิษในอากาศ และสามารถจำหน่ายคาร์บอนเครดิต (CDM) เพื่อเพิ่มรายได้ให้โครงการอีกด้วย

เชื้อเพลิงแข็ง RDF นี้สามารถนำไปทดแทนถ่านหินให้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานปูนซีเมนต์ โรงงานถลุงเหล็ก โรงไฟฟ้าชีวมวล หรือโรงงานผลิตหินปูน เป็นต้น RDF ที่ผลิตได้นี้นอกจากจะเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นพลังงานสะอาด (Low carbon fuel) มีคลอรีน และซัลเฟอร์ต่ำ อีกทั้งยังช่วยกำจัดขยะมูลฝอย ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบอัตราปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กับเชื้อเพลิงอื่นๆ ดังตารางดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท

Fuel	Heating value	CO2 emission
Coal	25 MJ/kg	2.41 t CO2t
Pet coke	33 MJ/kg	3.34 t CO2/t
Fuel oil	42 MJ/kg	3.16 t CO2/t
RDF	20 MJ/kg	0.64 t CO2/t

ข้อมูลเมื่อวันที่ 22/10/2554: One CO2 tone costs €10

นอกจากนี้ RDF ยังใช้แทนปริมาณเชื้อเพลิงจากฟอสซิล ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย การใช้เชื้อเพลิงพลังงาน RDF นี้จะช่วยทำให้ลดต้นทุนการผลิต ตัวอย่างเช่น ถ่านหินราคาเริ่มต้น 2,000 บาทต่อตัน ซึ่งสูงกว่าเชื้อเพลิงพลังงาน RDF ถึงประมาณ 50% นอกจากราคาจะถูกกว่าแล้วยังสามารถขายคาร์บอนเครดิต เป็นผลพลอยได้ให้แก่โครงการฯ อีกด้วย

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการใช้ RDF ทดแทนเชื้อเพลิงอื่นๆ

Fossil fuel	RDF replaced by
1 ton of coal	1.3 tons of RDF
1 ton of pet coke	1.7 tons of RDF
1 ton of fuel oil	tons of RDF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายจักรกริช กิตติพงษ์ชัยกิจ
วัน เดือน ปีเกิด	20 มีนาคม 2535 จังหวัด นครพนม
ที่อยู่	358 ถ.ศรีเทพ ต.ในเมือง อ.เมือง จังหวัด นครพนม
อีเมล	Jackiiz0358@gmail.com
ประวัติการศึกษา	2557 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้