

การแก้ปัญหาการเลือกขนาดและการหาตำแหน่งที่ตั้งหลายแห่ง กรณีศึกษา การกำจัดขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลชุมชนในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย

Solving the Problem of the Selection of the Size and Multi Depot Location Case Study : Elimination of Infectious Waste of Community Hospitals in the Upper Part of Northeast Thailand

ภัทราภรณ์ ศรีเสนพิลา* สมบัติ สินธุชวน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

Pattaraporn Sresanpila* Sombat Sindhuchao

Faculty of Engineering, Ubonratchathani University, Warinchamrap, Ubonratchathani 34190

E-mail: Pataraporn.ubon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกขนาดเตาเผาและหาตำแหน่งที่ตั้งของเตาเผาสำหรับการกำจัดขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลชุมชน 109 แห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยมีเป้าหมายให้ต้นทุนรวมของการขนส่งและการดำเนินการมีค่าต่ำที่สุด ในปัญหานี้เตาเผาที่พิจารณามี 3 อัตราการเผาที่แตกต่างกัน คือ 800 2,400 และ 4,800 กิโลกรัมต่อวัน ตำแหน่งที่ตั้งของเตาเผากำหนดให้เป็นตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งของโรงพยาบาลชุมชนใดก็ได้ การขนส่งขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาลไปยังตำแหน่งที่ตั้งของเตาเผา เป็นการเดินทางแบบไป-กลับโดยตรง และรถขนส่งสามารถขนขยะติดเชื้อทั้งหมดของโรงพยาบาลแต่ละแห่งได้ในเที่ยวเดียว แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหานี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นและแก้ปัญหาโดยใช้ โปรแกรม Lingo 11 ผลลัพธ์พบว่ามีการเปิดดำเนินการเตาเผา 5 แห่งซึ่งเตาเผาทั้งหมดเป็นเตาเผาขนาดอัตราการเผา 800 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดเท่ากับ 56,760 บาท/วัน

คำหลัก ขยะติดเชื้อ เตาเผา ตำแหน่งที่ตั้ง

Abstract

The objectives of this research are to select the size and location of incinerators for eliminating infectious waste of 109 community hospitals in the upper part of Northeast Thailand with the goal of minimizing the total cost of transportation and operation. In this problem, there are 3 burning capacity of the incinerator : 800 2,400 and 4,800 kilograms per day . The location of each incinerator can be the location of any community hospitals. The transportation of infectious waste from the hospitals to the location of the incinerator is direct shipping and a vehicle can pick up all infectious waste of each hospital in a single trip. A mathematical model of this problem is developed and it is solved using Lingo 11 program. The result shows that five incinerators are opened for operation and all of them have a burning capacity of 800 kilograms per day with the minimum total cost of 56,760 Baht / day

Keywords: infectious waste, incinerators, location

1. บทนำ

โรงพยาบาลเป็นแหล่งกำเนิดของขยะติดเชื้อ การกำจัดขยะติดเชื้อต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสม เพื่อให้ไม่ให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรค โดยทั่วไปแล้วการกำจัดขยะติดเชื้อจะทำให้ได้โดยการเผาในเตาเผา โรงพยาบาลแต่ละแห่งหากต้องการกำจัดขยะติดเชื้อ ก็จะต้องมีเตาเผาที่มีคุณภาพเป็นของตนเอง จากข้อมูลการสำรวจการบริหารจัดการขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลชุมชน 107 แห่ง ใน 8 จังหวัด ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วย ขอนแก่น กาฬสินธุ์ อุดรธานี หนองคาย เลย หนองบัวลำภู สกลนคร และมหาสารคาม พบว่าโรงพยาบาลชุมชนมีเตาเผาขยะติดเชื้อเป็นของตนเอง แต่ส่วนใหญ่ใช้งานไม่ได้ เนื่องจากการขาดงบประมาณในการซ่อมแซมอุปกรณ์ที่เหมาะสม ไม่มีอะไหล่สำรอง เพราะไม่มีงบประมาณที่เพียงพอ ทำให้โรงพยาบาลต้องว่าจ้างเอกชนให้เป็นผู้กำจัดขยะติดเชื้อแทน [1] ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาปัญหาขยะติดเชื้อและเสนอแนวทางให้มีการเปิดดำเนินการเตาเผาขยะติดเชื้อหลายแห่ง ณ ตำแหน่งที่ตั้งของโรงพยาบาลบางแห่ง เพื่อเปิดบริการรับขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลแห่งอื่น ๆ ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน งานวิจัยนี้จึงเกี่ยวข้องกับปัญหาการหาตำแหน่งที่ตั้งของเตาเผา รวมถึงพิจารณาเลือกขนาดเตาเผาที่เหมาะสม (facility location problem) เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการขนส่งขยะติดเชื้อ และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเผาขยะติดเชื้อ ปัญหานี้จึงมีลักษณะคล้ายกับปัญหา P-median ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องการหาตำแหน่งที่ตั้ง P แห่ง ซึ่งแต่ละแห่งจะมีกลุ่มลูกค้าที่รับผิดชอบที่ทำให้ระยะทางระหว่างตำแหน่งที่ตั้งแต่ละแห่ง กับกลุ่มลูกค้าที่รับผิดชอบมีค่ารวมกันต่ำที่สุด [2] งานวิจัยนี้ได้รวมค่าดำเนินการเผาต่อวันเข้ากับค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเผาขยะติดเชื้อ และเตาเผามีขนาดอัตราการเผา 3 ขนาดคือ 800, 2,400 และ 4,800 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งทั้งค่าใช้จ่ายและขนาดของเตาเผามีความแตกต่างจาก [3] นั้นจำนวนโรงพยาบาลชุมชนที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ยังมีเพิ่มขึ้นอีก 2 แห่ง แต่การหาคำตอบจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่นเดียวกันกับ [3] ซึ่งผลคำตอบที่ได้จะเป็นตำแหน่งที่ตั้งของเตาเผา และขนาดอัตราการเผาของเตาเผาขยะติดเชื้อ ที่ทำให้ต้นทุนรวมมี

ค่าต่ำที่สุด ส่วนวิธีการฮิวริสติกส์ที่ใช้แก้ปัญหาการหาตำแหน่งที่ตั้ง ผู้สนใจสามารถศึกษาได้จาก [4-7] โดยที่ [4] ได้พัฒนา Lagrangian heuristic algorithm ในการแก้ปัญหาที่มี setup cost อยู่ในรูปฟังก์ชันที่ไม่ใช่เชิงเส้นตรง [5] ได้สำรวจวิธีการต่างๆ ที่ใช้แก้ปัญหาการหาตำแหน่งที่ตั้งหลากหลายรูปแบบ [6] ได้เสนอวิธี branch-and-bound ในการแก้ปัญหาการหาตำแหน่งของคลังสินค้า และ [7] ได้พัฒนาวิธี dual-based procedure โดยทดสอบประสิทธิภาพกับปัญหาการหาตำแหน่งที่ตั้งที่ไม่มีข้อจำกัดด้านความจุ ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งและจัดเส้นทางขนส่ง [8-9] มีความซับซ้อนมากกว่าปัญหาของผู้วิจัย โดยทั่วไปแล้วโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป จะไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (optimal solution) ของปัญหาดังกล่าวได้ในระยะเวลาที่เหมาะสม จึงจะต้องมีการพัฒนาใช้การหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพมาประยุกต์ใช้แทน

2. วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยจะเริ่มต้นด้วยการกำหนดลักษณะของปัญหาให้ชัดเจนก่อนที่จะเก็บข้อมูลที่ต้องการในการหาคำนวณหาคำตอบ เมื่อได้ข้อมูลครบถ้วนแล้ว ผู้วิจัยก็จะสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แล้วจึงหาคำตอบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป รายละเอียดของวิธีการวิจัยมีดังนี้

2.1 การกำหนดลักษณะของปัญหางานวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของการกำจัดขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย 109 แห่ง พบว่าโรงพยาบาลได้ว่าจ้างบริษัทเอกชนให้เป็นผู้ดำเนินการกำจัดขยะติดเชื้อ โดยบริษัทเอกชนจะส่งรถออกมารับขยะติดเชื้อตามโรงพยาบาลต่างๆ และขนขยะติดเชื้อกลับไปกำจัดด้วยการเผาในเตาเผา ณ ตำแหน่งที่ตั้งของเตาเผาเพียงแห่งเดียว ผู้วิจัยจึงกำหนดปัญหางานวิจัยที่มีเป้าหมายที่จะลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และค่าใช้จ่ายในด้านการดำเนินการกำจัดขยะติดเชื้อให้มีความรวมกันต่ำที่สุด โดยลักษณะของปัญหามีรายละเอียดดังนี้ มีเตาเผาที่ให้บริการกำจัดขยะติดเชื้ออยู่หลายแห่ง ซึ่งสามารถเปิดดำเนินการได้ ณ ตำแหน่งที่ตั้งของโรงพยาบาลชุมชนใดก็ได้ เตาเผาที่มีหลายขนาดให้เลือกใช้ แต่ละขนาดมีอัตราการเผาที่แตกต่างกัน โดยโรงพยาบาลแต่ละแห่งสามารถ

ให้บริการเตาเผาได้เพียงที่เดียวเท่านั้น เตาเผาแต่ละแห่งจะรับผิดชอบกำจัดขยะติดเชื้อให้กับโรงพยาบาลได้เพียงกลุ่มเดียว ซึ่งปริมาณขยะติดเชื้อต่อวันของโรงพยาบาลกลุ่มนั้นรวมกันแล้ว จะต้องไม่เกินอัตราการเผาของเตาเผาที่ให้บริการ การขนส่งขยะติดเชื้อจะดำเนินการโดยรถที่ประจำอยู่ ณ ตำแหน่งที่ตั้งของเตาเผา ซึ่งรูปแบบการขนส่งในแต่ละเที่ยวจะเป็นแบบเดินทางไป-กลับโดยตรง (direct shipping) มีการแวะขนขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลเพียงแห่งเดียวในแต่ละเที่ยว รถขนส่งจะมีความจุที่เพียงพอที่จะขนขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาลใดก็ได้ สำหรับเตาเผาแต่ละแห่งเมื่อมีการรวบรวมขยะติดเชื้อของกลุ่มโรงพยาบาลได้ครบทุกโรงแล้ว ก็จะดำเนินการกำจัดขยะติดเชื้อด้วยการเผาในเตาเผา

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากจำนวนโรงพยาบาลชุมชน 109 แห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยทั้งหมด 9 จังหวัด ประกอบไปด้วยจังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม สกลนคร อุดรธานี หนองคาย หนองบัวลำภู เลย และบึงกาฬ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากบริษัทที่รับกำจัดขยะติดเชื้อ และบริษัทที่รับสร้างเตาเผาขยะติดเชื้อ ข้อมูล

ที่ได้รับคือ ปริมาณขยะติดเชื้อต่อเดือนที่รับไปกำจัดของแต่ละโรงพยาบาล ความถี่ในการรับขยะติดเชื้อเพื่อไปกำจัด อัตราการเผาของเตาเผาแต่ละขนาด ซึ่งมี 3 ขนาดที่นิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่ คือ ขนาด 800 กิโลกรัม/วัน ราคา 1,995,000 บาท ขนาด 2,400 กิโลกรัม/วัน ราคา 3,745,000 บาท และขนาด 4,800 กิโลกรัม/วัน ราคา 10,165,000 บาท คิดเวลาในการเผาที่ 8 ชั่วโมงของการทำงานต่อวัน เตาเผาแต่ละขนาดมีอายุการใช้งานโดยประมาณ 10 ปี หรือ 3,650 วัน ข้อมูลค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย ค่าขนส่งขยะติดเชื้อคิดเป็น 5 บาทต่อกิโลเมตร ค่าจ้างพนักงาน ค่าบำรุงเตา ค่าสาธารณูปโภค ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าเสื่อมราคา โดยค่าใช้จ่ายรวมของเตาเผาขนาด 800 กิโลกรัม/วัน 2,400 กิโลกรัม/วัน และ 4,800 กิโลกรัม/วัน เท่ากับ 4,556 บาท/วัน 6,509 บาท/วัน และ 11,176 บาท/วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 ในส่วนของระยะทางระหว่างโรงพยาบาลชุมชนทั้งหมด 109 แห่ง ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เส้นละติจูด ลองจิจูด ของที่ตั้งโรงพยาบาลมาหาระยะทางโดยประมวลผลผ่าน Google map หน่วยเป็นกิโลเมตร แล้วนำมาสร้างเป็นตารางเมตริกดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเผาขยะติดเชื้อของเตาเผาแต่ละประเภท

ประเภทค่าใช้จ่าย	ประเภทของเตาเผาตามอัตราการเผา (กิโลกรัมต่อวัน)		
	800	2,400	4,800
ค่าเสื่อมราคา* (บาท/วัน)	547	1,026	2,785
ค่าสาธารณูปโภค (บาท/วัน)	861	1,083	1,466
ค่าบำรุงเตา (บาท/วัน)	421	721	1,021
ค่าจ้างพนักงาน** (บาท/วัน)	1,050	1,050	1,050
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/วัน)	1,677	2,629	4,854
รวม (บาท/วัน)	4,556	6,509	11,176

หมายเหตุ

* ค่าเสื่อมราคาคิดจาก ราคาเตา บาท/อายุการใช้งาน(วัน)

** ค่าจ้างพนักงานคิดจากค่าแรง 350 บาท/วัน/คน(พนักงาน 3 คน)

ตารางที่ 2 เมตริกระยะทางโรงพยาบาลชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย จำนวน 109 แห่ง

โรงพยาบาล	โรงพยาบาล น้ำโสม	โรงพยาบาล สมเด็จพระ ยุพราชบ้าน ดุง	โรงพยาบาล นากลาง	โรงพยาบาล สุวรรณคูหา	โรงพยาบาล บ้านฝาง	..	โรงพยาบาล สมเด็จพระ ยุพราชท่าบ่อ
โรงพยาบาลน้ำโสม	0	157	74	33	207	..	58
โรงพยาบาลสมเด็จพระ ยุพราชบ้านดุง	157	0	149	152	191	..	114
โรงพยาบาลนากลาง	74	149	0	55	137	..	94
โรงพยาบาลสุวรรณคูหา	33	152	55	0	177	..	71
โรงพยาบาลบ้านฝาง	207	191	137	177	0	..	205
:	:	:	:	:	:	0	:
โรงพยาบาลสมเด็จพระ ยุพราชท่าบ่อ	58	114	94	71	205	..	0

2.3 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อเลือกขนาดเตา และที่ตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของปัญหาการหาตำแหน่งที่ตั้งเตาเผา และขนาดเตาเผาที่เปิดดำเนินการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเผาขยะติดเชื้อ โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ตั้งเตาเผาสามารถตั้งอยู่ภายในโรงพยาบาลชุมชนแห่งใดก็ได้ โดยไม่มีการกำหนดจำนวนที่ตั้งของเตาเผาที่ต้องการเปิดให้บริการกำจัดขยะติดเชื้อ โรงพยาบาลที่ถูกเลือกให้เป็นที่ตั้งของเตาเผาทุกแห่งกำหนดให้มีพื้นที่และงบประมาณตลอดจนบุคลากรเพียงพอ และพร้อมที่จะตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อได้ รายละเอียดของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหานี้มีดังต่อไปนี้

2.3.1 ดัชนี (indices)

i แทน ดัชนีของโรงพยาบาลชุมชน
 $i = 1, 2, \dots, m (m = 109)$

j แทน ดัชนีตำแหน่งที่สามารถเปิดเตาเผาขยะติดเชื้อ
 $j = 1, 2, \dots, n (n = 109)$

k แทน ดัชนีของแบบเตาเผาขยะติดเชื้อ
 $k = 1, 2, \dots, K$

โดยที่ 1 หมายถึงแบบเตาเผาที่มีอัตราการเผา 800 กิโลกรัม/วัน

2 หมายถึงแบบเตาเผาที่มีอัตราการเผา 2,400 กิโลกรัม/วัน

3 หมายถึงแบบเตาเผาที่มีอัตราการเผา 4,800 กิโลกรัม/วัน

2.3.2 ตัวแปรกำหนดค่า (parameters)

c_{ij} เป็นระยะทางการขนส่งจากโรงพยาบาลชุมชน i ไปยังลำดับตำแหน่งเตาเผาขยะติดเชื้อ j (กิโลเมตร)

f_k เป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของเตาเผาขยะติดเชื้อเตาเผาแบบที่ k ซึ่งประกอบไปด้วยค่าเสื่อมราคาค่าสาธารณูปโภค ค่าบำรุงเตา ค่าจ้างพนักงาน ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/วัน)

s_k เป็นอัตราการเผาของเตาเผาขยะติดเชื้อเตาเผาแบบที่ k (กิโลกรัม/วัน)

d_i เป็นปริมาณของขยะติดเชื้อเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละโรงพยาบาล i (กิโลกรัม/วัน)

a เป็นต้นทุนค่าขนส่งขยะติดเชื้อมีค่าเท่ากับ 5 บาท/กิโลเมตร

2.3.3 ตัวแปรตัดสินใจ (decision variables)

ในการเลือกขนาดและหาตำแหน่งที่ตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย มีตัวแปรที่

ใช้สำหรับการตัดสินใจดังนี้

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าระยะติดเชื้ของโรงพยาบาลชุมชน } i \\ & \text{ถูกส่งไปเตาเผาที่ตำแหน่ง } j \\ 0 & \text{สำหรับกรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าเปิดดำเนินการเตาเผาระยะติดเชื้ที่} \\ & \text{ตำแหน่ง } j \\ 0 & \text{สำหรับกรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

$$z_{kj} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าใช้เตาเผาระยะติดเชื้แบบ } k \text{ ที่ตำแหน่ง} \\ & \text{เตาเผา } j \\ 0 & \text{สำหรับกรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

2.3.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) และ สมการเป้าหมาย (objective function)

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n ac_{ij}x_{ij} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K f_k z_{kj} \quad (1)$$

ข้อกำหนด (Subject to)

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall \quad i \quad (i=1 \dots m) \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K z_{kj} = y_j \quad \forall \quad j \quad (j=1 \dots n) \quad (3)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad \forall \quad ij \quad (i=1 \dots m), (j=1 \dots n) \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m d_i x_{ij} \leq \sum_{k=1}^k s_k z_{kj} \quad \forall \quad j \quad (j=1 \dots n) \quad (5)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (6)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad (7)$$

$$z_{kj} \in \{0,1\} \quad (8)$$

สมการที่ (1) เป็นสมการเป้าหมายต้นทุนต่ำสุด ซึ่งเป็นผลรวมของต้นทุนการขนส่งระยะติดเชื้และต้นทุนการดำเนินการ สมการที่ (2) เป็นสมการเงื่อนไขบังคับให้โรงพยาบาลชุมชน i แต่ละแห่งสามารถใช้บริการจากเตาเผาได้เพียงแห่งเดียวเท่านั้น สมการที่ (3) กำหนดว่าโรงพยาบาลที่ได้รับเลือกเปิดเตาเผา จะต้องใช้เตาเผาแบบใดแบบหนึ่งเท่านั้น สมการที่ (4) กำหนดว่าโรงพยาบาลทุกแห่ง i สามารถรับบริการกำจัดระยะติดเชื้จากเตาเผาที่เปิดดำเนินการแล้วเท่านั้น สมการที่

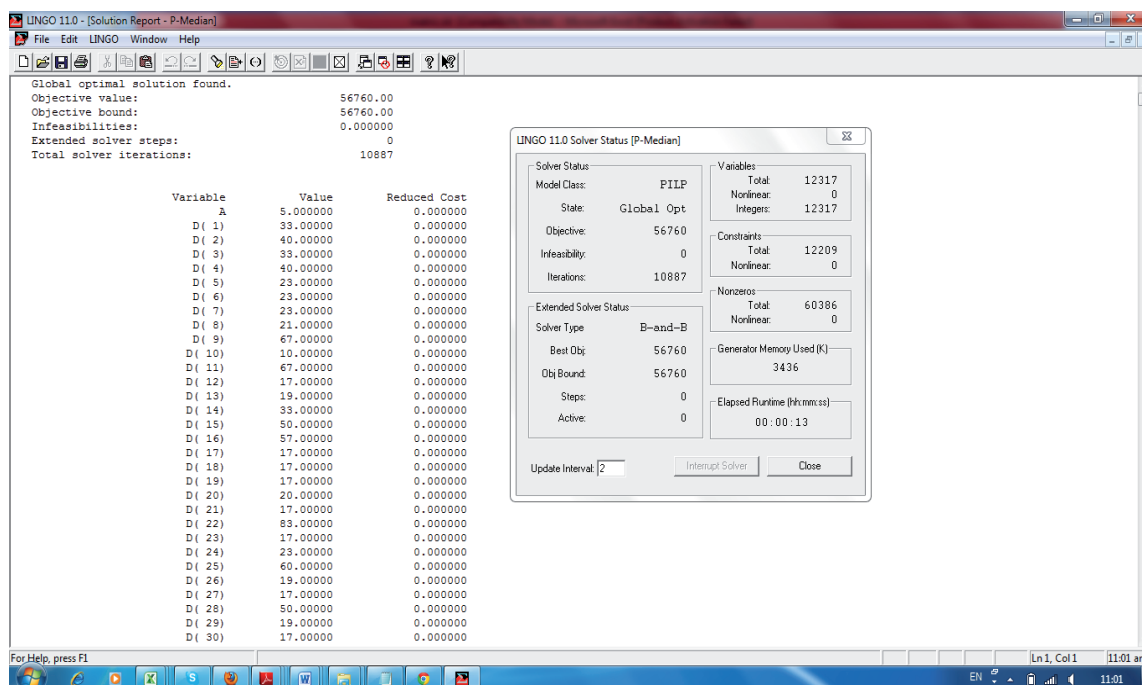
(5) กำหนดว่าปริมาณระยะติดเชื้รวมต่อวันของทุกโรงพยาบาลชุมชน i ที่ได้รับบริการจากเตา แบบ k ที่ถูกใช้ที่ตำแหน่ง j จะต้องไม่เกินขนาดของอัตราการการเผาต่อวันของเตาเผา เงื่อนไขที่ (6),(7) และ (8) เป็นการกำหนดค่าของตัวแปรตัดสินใจ ว่ามีค่าได้เพียง 2 ค่าเท่านั้น คือ 0 หรือ 1

2.4 วิธีการหาคำตอบ

ในการแก้ปัญหาการเลือกขนาดและหาตำแหน่งที่ตั้งเตาเผาระยะติดเชื้สำหรับให้บริการโรงพยาบาลชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนนั้น ผู้วิจัยใช้โปรแกรม LINGO version 11 ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่มีความสามารถในการนำไปใช้เพื่อแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นได้ โปรแกรมนี้ทำงานโดยคำสั่งคอมพิวเตอร์ชุดหนึ่ง ในการหาคำตอบด้วยโปรแกรม LINGO ผู้วิจัยจะต้องเปลี่ยนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในหัวข้อที่ 2.3 ให้เป็นแบบจำลองที่โปรแกรม LINGO เข้าใจได้ แล้วจึงทำการประมวลผลโดยทดสอบกับคอมพิวเตอร์ Note Book ASUS รุ่น Intel Pentium inside CPU Intel Pentium 2.4 GHz, Ram 4 GB ใช้เวลาในการประมวลผล 13 วินาที ก็สามารถได้คำตอบที่ดีที่สุดได้

3. การอภิปรายผลการวิจัย

จากการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม LINGO 11 พบว่า ผลคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดมีต้นทุนรวมต่ำสุดเท่ากับ 56,760 บาทต่อวัน ผลคำตอบจากโปรแกรม LINGO 11 แสดงดังรูปภาพที่ 1 และตารางสรุปผลคำตอบการจัดกลุ่มโรงพยาบาลชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ที่ส่งระยะติดเชื้ไปกำจัดในตำแหน่งเตาเผาที่ถูกเลือกแสดงในตารางที่ 3-7



รูปที่ 1 ผลคำตอบที่ได้จากการประมวลผล โปรแกรม LINGO 11 ปัญหาการเลือกขนาดเตาเผาและที่ตั้งของเตาเผาขยะติดเชื้อ

ตารางที่ 3 ตำแหน่งที่หนึ่งที่เปิดเตาเผาและกลุ่มโรงพยาบาลชุมชนที่รับบริการกำจัดขยะติดเชื้อจากเตาเผาที่เปิดดำเนินการ

ตำแหน่งโรงพยาบาล ที่เปิดเตาเผา	อัตราการผลิต เตาเผาที่เปิด ดำเนินการ (กิโลกรัมต่อวัน)	โรงพยาบาลที่ส่งขยะติดเชื้อให้เตาเผา
โรงพยาบาลบ้านไผ่ ต.ในเมือง อ.บ้านไผ่ จ.ขอนแก่น	800	โรงพยาบาลบ้านฝาง โรงพยาบาลพระยืน โรงพยาบาลน้ำพอง โรงพยาบาลเปือยน้อย โรงพยาบาลพล โรงพยาบาลแวงใหญ่ โรงพยาบาลแวงน้อย โรงพยาบาลหนองสองห้อง โรงพยาบาลภูเวียง โรงพยาบาลมัญจาคีรี โรงพยาบาลชนบท โรงพยาบาลเขาสวนกวาง โรงพยาบาลโนนสะอาด โรงพยาบาลแกดำ โรงพยาบาลโกสุมพิสัย โรงพยาบาลบรบือ โรงพยาบาลนาเชือก โรงพยาบาลพยัคฆภูมิพิสัย โรงพยาบาลวาปีปทุม โรงพยาบาลนาตุ้ม โรงพยาบาลยางสีสุราช โรงพยาบาลกุตุรง โรงพยาบาลหนองเรือ และโรงพยาบาลซำสูง

ตารางที่ 4 ตำแหน่งที่สองที่เปิดเตาเผาและกลุ่มโรงพยาบาลชุมชนที่รับบริการกำจัดขยะติดเชื้อจากเตาเผาที่เปิดดำเนินการ

ตำแหน่งโรงพยาบาลที่ เปิดเตาเผา	อัตราการเผาของ เตาเผาที่เปิด ดำเนินการ (กิโลกรัมต่อวัน)	โรงพยาบาลที่ส่งขยะติดเชื้อให้เตาเผา
โรงพยาบาลเพ็ญ ด.เพ็ญ อ.เพ็ญ จ.อุดรธานี	800	โรงพยาบาลน้ำโสม โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชบ้านดุง โรงพยาบาลกุดจับ โรงพยาบาลหนองวัวซอ โรงพยาบาลกุมภวาปี โรงพยาบาลห้วยเกิ้ง โรงพยาบาลหนองหาน โรงพยาบาลสร้างคอม โรงพยาบาลหนองแสง โรงพยาบาลโพนพิสัย โรงพยาบาลโซ่พิสัย โรงพยาบาลศรีเชียงใหม่ โรงพยาบาลสังคม โรงพยาบาลปากคาด โรงพยาบาลเฝ้าไร่ โรงพยาบาลโพธิ์ตาก โรงพยาบาลพิบูลย์รักษ์ โรงพยาบาลสระใคร โรงพยาบาลบ้านผือ โรงพยาบาลนาูง โรงพยาบาลรัตนวาปี และโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชท่าบ่อ

ตารางที่ 5 ตำแหน่งที่สามที่เปิดเตาเผาและกลุ่มโรงพยาบาลชุมชนที่รับบริการกำจัดขยะติดเชื้อจากเตาเผาที่เปิดดำเนินการ

ตำแหน่งโรงพยาบาลที่ เปิดเตาเผา	อัตราการเผาของ เตาเผาที่เปิด ดำเนินการ (กิโลกรัมต่อวัน)	โรงพยาบาลที่ส่งขยะติดเชื้อให้เตาเผา
โรงพยาบาลวังสะพุง ด.วังสะพุง อ.วังสะพุง จ.เลย	800	โรงพยาบาลนากลาง โรงพยาบาลสุวรรณคูหา โรงพยาบาลสีชมพู โรงพยาบาลภูผาม่าน โรงพยาบาลนาด้วง โรงพยาบาลเชียงคาน โรงพยาบาลปากชม โรงพยาบาลนาแห้ว โรงพยาบาลภูเรือ โรงพยาบาลท่าลี่ โรงพยาบาลภูกระดึง โรงพยาบาลภูหลวง โรงพยาบาลผาขาว โรงพยาบาลชุมแพ โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชด่านซ้าย โรงพยาบาลเอราวัณ และโรงพยาบาลหนองหิน

ตารางที่ 6 ตำแหน่งที่สี่ที่เปิดเตาเผาและกลุ่มโรงพยาบาลชุมชนที่รับบริการกำจัดขยะติดเชื้อจากเตาเผาที่เปิดดำเนินการ

ตำแหน่งโรงพยาบาล ที่เปิดเตาเผา	อัตราการเผาของ เตาเผาที่เปิด ดำเนินการ (กิโลกรัมต่อวัน)	โรงพยาบาลที่ส่งขยะติดเชื้อให้เตาเผา
โรงพยาบาลห้วย ชัน ด.โนนบุรี อ.สหัสขันธ์ จ.กาฬสินธุ์	800	โรงพยาบาลวังสามหมอ โรงพยาบาลกันทรวิชัย โรงพยาบาลนามน โรงพยาบาล กมลาไสย โรงพยาบาลร่องคำ โรงพยาบาลเขาวง โรงพยาบาลยางตลาด โรงพยาบาล ห้วยเม็ก โรงพยาบาลคำม่วง โรงพยาบาลท่าคันโท โรงพยาบาลหนองกุงศรี โรงพยาบาลสมเด็จ โรงพยาบาลห้วยผึ้ง โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชภูจินารายณ์ โรงพยาบาลสามชัย โรงพยาบาลศรีธาตุ และโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชกระนวน

ตารางที่ 7 ตำแหน่งสุดท้ายที่เปิดเตาเผาและกลุ่มโรงพยาบาลชุมชนที่รับบริการกำจัดขยะติดเชื้อจากเตาเผาที่เปิดดำเนินการ

ตำแหน่งโรงพยาบาลที่เปิดเตาเผา	อัตราการเผาของเตาเผาที่เปิดดำเนินการ (กิโลกรัมต่อวัน)	โรงพยาบาลที่ส่งขยะติดเชื้อให้เตาเผา
โรงพยาบาลพังโคน ต.พังโคน อ.พังโคน จ.สกลนคร	800	โรงพยาบาลไชยวาน โรงพยาบาลพรเจริญ โรงพยาบาลเซกา โรงพยาบาลบึงโขงหลง โรงพยาบาลศรีวิไล โรงพยาบาลบึงคล้า โรงพยาบาลเชียงยืน โรงพยาบาลกุสุมาลย์ โรงพยาบาลกุดบาก โรงพยาบาลพระอาจารย์ฝั้นอาจโร โรงพยาบาลวาริชภูมิ โรงพยาบาลนิคมน้ำอุ่น โรงพยาบาลวานรนิวาส โรงพยาบาลคำตากล้า โรงพยาบาลบ้านม่วง โรงพยาบาลอากาศอำนวย โรงพยาบาลส่องดาว โรงพยาบาลเต่างอย โรงพยาบาลโคกศรีสุพรรณ โรงพยาบาลเจริญศิลป์ โรงพยาบาลโพนนาแก้ว โรงพยาบาลทุ่งฝน โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชสว่างแดนดิน และโรงพยาบาลพระอาจารย์แบนธนาโกร

จากตารางที่ 3-7 ผลคำตอบที่ได้จากโปรแกรม LINGO 11 ตำแหน่งที่ถูกเลือกในการตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อมี 5 ตำแหน่ง คือ โรงพยาบาลบ้านไผ่ มีโรงพยาบาลที่ส่งขยะติดเชื้อให้เตาเผาจำนวน 24 แห่ง ตำแหน่งที่สองที่ตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อคือ โรงพยาบาลเพ็ญ มีโรงพยาบาลที่ส่งขยะติดเชื้อให้เตาเผาจำนวน 22 แห่ง ตำแหน่งที่สามที่ถูกเลือกให้ตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อคือ โรงพยาบาลวังสะพุง มีโรงพยาบาลที่ส่งขยะติดเชื้อให้เตาเผาจำนวน 17 แห่ง ตำแหน่งที่สี่ที่ตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อคือ โรงพยาบาลสหัสขันธ์ มีโรงพยาบาลที่ส่งขยะติดเชื้อให้เตาเผาจำนวน 17 แห่ง และตำแหน่งสุดท้ายที่ถูกเลือกให้ตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อคือ โรงพยาบาลพังโคน โดยมีโรงพยาบาลที่ส่งขยะติดเชื้อให้เตาเผาจำนวน 24 แห่ง สาเหตุที่ทำให้เปิดเตาเผาขนาด 800 กิโลกรัมต่อวัน ทั้งหมด 5 แห่ง เนื่องจากค่าเสื่อมราคาของเตาเผาที่มีอัตราการเผาขยะติดเชื้อ 2,400 และ 4,800 กิโลกรัมต่อวัน มีราคาสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาด 800 กิโลกรัมต่อวัน

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความไวโดยการปรับค่าใช้จ่ายต่างๆในตารางที่ 1 ของเตาเผาที่มีอัตราการเผาขยะติดเชื้อ 2,400 และ 4,800 กิโลกรัมต่อวัน ปรับให้เป็นสัดส่วนตามค่าใช้จ่ายของเตาเผาที่มีอัตราการเผาขยะติดเชื้อ 800 กิโลกรัมต่อวัน เช่น ค่าสาธารณูปโภคของเตาเผา 2,400 และ 4,800 กิโลกรัมต่อวัน ปรับค่าเป็น 2,583 และ 5,166 บาทต่อวัน และทดสอบคำตอบปรากฏว่ายังคงเป็น

คำตอบเดิม คือทำการเปิดที่ตั้งเตาเผาทั้งหมด 5 แห่ง และเลือกเตาเผาที่มีอัตราการเผาขยะติดเชื้อ 800 กิโลกรัมต่อวัน

4. สรุปผลการวิจัย

ในการเลือกขนาดและที่ตั้งของเตาเผาขยะติดเชื้อสำหรับโรงพยาบาลชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งประกอบไปด้วยจังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม สกลนคร อุดรธานี หนองคาย หนองบัวลำภู เลย และบึงกาฬ โดยพิจารณาเฉพาะโรงพยาบาลชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย จำนวนทั้งหมด 109 แห่ง ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา ซึ่งมีวัตถุประสงค์ให้ต้นทุนโดยรวมต่ำที่สุด อัตราการเผาของเตาเผาขยะติดเชื้อที่พิจารณามี 3 ขนาด คือ 800 2,400 และ 4,800 กิโลกรัม/วัน และค่าดำเนินการมีค่าเท่ากับ 4,556 6,509 และ 11,176 บาทต่อวัน ตามลำดับ จากการหาคำตอบด้วยโปรแกรม LINGO 11 พบว่าผลคำตอบที่ดีที่สุดมีต้นทุนรวมต่ำสุดเท่ากับ 56,760 บาทต่อวัน โดยมีการเลือกที่ตั้งของเตาเผาขยะติดเชื้อ 5 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งแรกอยู่ที่โรงพยาบาลบ้านไผ่ เลือกเตาเผาขยะติดเชื้อที่มีอัตราการเผาของเตาเผา 800 กิโลกรัม/วัน ตำแหน่งที่สอง คือโรงพยาบาลเพ็ญ เลือกเตาเผาขยะติดเชื้อที่มีอัตราการเผาของเตาเผา 800 กิโลกรัม/วัน ตำแหน่งที่สามคือโรงพยาบาลวังสะพุง เลือกเตาเผาขยะติดเชื้อที่มีอัตราการเผาของเตาเผา 800 กิโลกรัม/วัน

ตำแหน่งที่สี่คือโรงพยาบาลสหพันธ์ เลือกเตาเผาขยะติดเชื้อที่มีอัตราการเผาของเตาเผา 800 กิโลกรัม/วัน และตำแหน่งสุดท้ายคือโรงพยาบาลพังโคน เลือกเตาเผาขนาดเตาเผาขยะติดเชื้อที่มีอัตราการเผาของเตาเผา 800 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ

ในงานวิจัยนี้ต้นทุนที่นำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์เป็นเพียงข้อมูลเชิงตัวเลขเท่านั้น ยังไม่รวมข้อมูลเชิงคุณภาพมาพิจารณาประกอบกัน จากผลที่ได้มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงและงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่นๆได้ แต่ผลที่ออกมา บางโรงพยาบาลมีค่าใช้จ่ายลดลง บางโรงพยาบาลอาจมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น ในการวิจัยต่อไปในอนาคตอาจต้องมีการกำหนดข้อจำกัดด้านงบประมาณที่ยอมรับได้ของแต่ละโรงพยาบาลเข้าไปด้วย จึงจะสามารถนำผลวิจัยไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้จริง

ในอนาคตผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาอีวิริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาการหาสถานที่ตั้ง และการจัดเส้นทางรถขนส่งที่มีที่ตั้งหลายแห่ง เพื่อลดต้นทุนในการเดินทางรับขยะติดเชื้อ และลดค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ รวมถึงเป็นการประหยัดเวลาในการเดินทางอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลในการทำวิจัย ดังนี้

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ส.เรืองโรจน์สระบุรี หมู่ที่ 2 75/1 ตำบลสร้างโคก อำเภอบ้านหม้อ จังหวัดสระบุรี 18130 โทร 036-226494

ห้างหุ้นส่วนจำกัด แมส เอนไวรอนเม้นท์ เซอร์วิส 239 ตำบลเมืองศรีไค อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

SIAM INCINERATOR.CO.,LTD เลขที่ 69 หมู่ที่ 6 ปทุมธานีสายใน จังหวัดปทุมธานี 12000

เอกสารอ้างอิง

[1] กษิธิเดช สิบศิริ. การสำรวจการจัดการเตาเผาขยะติดเชื้อในโรงพยาบาลชุมชนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญา

วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรม

อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2554.

[2] Laporte G. The p-median problem. Springer International Publishing Switzerland. 2015. pp: 21-45.

[3] อนุชา ศรีบุรัมย์, สมบัติ สินธุเชาว์. การเลือกขนาดเตาและที่ตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อ สำหรับโรงพยาบาลชุมชน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย. 2556. การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2556.

[4] Wua, L.Y., Sun, Xiang, Z., Zhangb, J.L.

Capacitated facility location problem with. General setup cost. Computers & Operations Research. 2006; 33:1226 – 1241.

[5] Shmoys, D.B., Tardos, E., Aardal, K.

Approximation algorithms for facility location problems. Project ALCOM-IT: Algorithms and Complexity in Information Technology. August 6, 1998.

[6] Akinc U, Khumawala B. An efficient branch and bound algorithm for the capacitated warehouse location problem. Management Science. 1997; 23(6):585–94.

[7] Erlenkotter D. A dual-based procedure for uncapacitated facility location. Operations Research. 1978;26:992–1009.

[8] Balakrishnan, A., Ward, J.E., Wong, R.T.

Integrated facility location and vehicle routing models: recent work and future prospects. American Journal of Mathematical and Management Sciences. 1987;7:35–61.

[9] จิตติวิธดา คำแหง, สมบัติ สินธุเชาว์. การเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยโดยวิธีฮิวริสติก. วารสารวิจัย มข. 2556; 40(3):341-354.