

การคำนวณส่วนผสมของปริมาณขยะใช้วิธีกลบฝังและวิธีเตาเผาที่ใช้ต้นทุนน้อยที่สุด

Cost Optimization Model for the Mixture of Waste Landfill and Incineration

เรียบเรียงโดย สมพจน์ กรรณนุช

คณะบริหารการพัฒนาลิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

พ.ศ. 2561

การจัดการขยะประกอบด้วยวิธีกลบฝัง (Landfill) และวิธีเตาเผา (Incineration) ซึ่งมีต้นทุนต่างกัน การจัดการขยะโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ต้นทุนน้อยที่สุด (Cost minimization) ใช้หลักการอัตราเปลี่ยนแปลงต้นทุนเท่ากัน (Equi-marginal principle)

สมมติขยะที่ต้องการกำจัดมีปริมาณ 40 ตัน เงินทุนสำหรับวิธีกลบฝัง 10 ล้านบาท เงินทุนสำหรับวิธีเตาเผา 20 ล้านบาท ต้องการคำนวณส่วนผสมของปริมาณขยะใช้วิธีกลบฝัง และปริมาณขยะใช้วิธีเตาเผา ที่ใช้ต้นทุนน้อยที่สุด

การคำนวณต้นทุนสำหรับเปรียบเทียบของ 2 วิธี โดยใช้ตัวแปรใน ตาราง 1 และการคำนวณจากข้อมูลสมมติ และค่าคงที่สมมติ ใน ตาราง 2 มีดังนี้

ตาราง 1 ตัวแปรสำหรับการคำนวณต้นทุน

HH Waste	Household Waste	
Capital Lfill	Capital for Land Fill	
VC Lfill	Variable Cost for Land Fill	$= \frac{HH\ Waste^2}{Capital\ Lfill}$
TC Lfill	Total Cost for Land Fill	$= Capital\ Lfill + VC\ Lfill$
MC Lfill	Marginal Cost for Land Fill	$\frac{\Delta TC\ Lfill}{\Delta HH\ Waste}$
Capital Inc	Capital for Incineration	
VC Inc	Variable Cost for Incineration	$= \frac{HH\ Waste^2}{Capital\ Inc}$
TC Inc	Total Cost for Incineration	$= Capital\ Lfill + VC\ Inc$
MC Inc	Marginal Cost for Incineration	$\frac{\Delta TC\ Inc}{\Delta HH\ Waste}$

ตาราง 2 การคำนวณต้นทุนเปรียบเทียบ 2 วิธี

HH Waste	Capital LFill	VC LFill	TC Lfill	MC Lfill	Capital Inc	VC Inc	TC Inc	MC Inc
0.00	10	0.0000	10.00	-0.100	20	0.00	20.00	-0.05
1.00	10	0.100	10.10	0.100	20	0.05	20.05	0.05
2.00	10	0.40	10.40	0.300	20	0.20	20.20	0.15
3.00	10	0.90	10.90	0.500	20	0.45	20.45	0.25
4.00	10	1.60	11.60	0.700	20	0.80	20.80	0.35
5.00	10	2.50	12.50	0.900	20	1.25	21.25	0.45
6.00	10	3.60	13.60	1.100	20	1.80	21.80	0.55
7.00	10	4.90	14.90	1.300	20	2.45	22.45	0.65
8.00	10	6.40	16.40	1.500	20	3.20	23.20	0.75
9.00	10	8.10	18.10	1.700	20	4.05	24.05	0.85
10.00	10	10.00	20.00	1.900	20	5.00	25.00	0.95
11.00	10	12.10	22.10	2.100	20	6.05	26.05	1.05
12.00	10	14.40	24.40	2.300	20	7.20	27.20	1.15
13.00	10	16.90	26.90	2.500	20	8.45	28.45	1.25
14.00	10	19.60	29.60	2.700	20	9.80	29.80	1.35
15.00	10	22.50	32.50	2.900	20	11.25	31.25	1.45
16.00	10	25.60	35.60	3.100	20	12.80	32.80	1.55
17.00	10	28.90	38.90	3.300	20	14.45	34.45	1.65
18.00	10	32.40	42.40	3.500	20	16.20	36.20	1.75
19.00	10	36.10	46.10	3.700	20	18.05	38.05	1.85
20.00	10	40.00	50.00	3.900	20	20.00	40.00	1.95
21.00	10	44.10	54.10	4.100	20	22.05	42.05	2.05
22.00	10	48.40	58.40	4.300	20	24.20	44.20	2.15
23.00	10	52.90	62.90	4.500	20	26.45	46.45	2.25
24.00	10	57.60	67.60	4.700	20	28.80	48.80	2.35
25.00	10	62.50	72.50	4.900	20	31.25	51.25	2.45
26.00	10	67.60	77.60	5.100	20	33.80	53.80	2.55
27.00	10	72.90	82.90	5.300	20	36.45	56.45	2.65

HH Waste	Capital LFill	VC LFill	TC Lfill	MC Lfill	Capital Inc	VC Inc	TC Inc	MC Inc
28.00	10	78.40	88.40	5.500	20	39.20	59.20	2.75
29.00	10	84.10	94.10	5.700	20	42.05	62.05	2.85
30.00	10	90.00	100.00	5.900	20	45.00	65.00	2.95
31.00	10	96.10	106.10	6.100	20	48.05	68.05	3.05
32.00	10	102.40	112.40	6.300	20	51.20	71.20	3.15
33.00	10	108.90	118.90	6.500	20	54.45	74.45	3.25
34.00	10	115.60	125.60	6.700	20	57.80	77.80	3.35
35.00	10	122.50	132.50	6.900	20	61.25	81.25	3.45
36.00	10	129.60	139.60	7.100	20	64.80	84.80	3.55
37.00	10	136.90	146.90	7.300	20	68.45	88.45	3.65
38.00	10	144.40	154.40	7.500	20	72.20	92.20	3.75
39.00	10	152.10	162.10	7.700	20	76.05	96.05	3.85
40.00	10	160.00	170.00	7.900	20	80.00	100.00	3.95

ตาราง 3 ตัวแปรสำหรับการคำนวณส่วนผสมของวิธีกลบฝัง และวิธีเตาเผา ที่ให้ต้นทุนน้อยที่สุด

Variables used in optimization of the mixture of landfill and incineration.

MC1	Marginal Cost for Landfill
MC2	Marginal Cost for Incineration
MC	Marginal Cost
L	Land Fill Quantity
Inc	Incineration Quantity
C	Constant

ข้อมูลจาก ตาราง 1 จัดเป็นรูปสมการ

$$MC1 = 0.2 L - 0.1$$

$$MC2 = 0.1 Inc - 0.05$$

$$L + Inc = 40$$

หลักการสำหรับการคำนวณต้นทุนน้อยที่สุด (Cost minimization) ได้แก่ MC ของ 2 วิธีเท่ากัน ดังนั้น

$$MC1 = MC2 = MC$$

การจัดรูปสมการ สัมประสิทธิ์ และค่าคงที่ ของตัวแปร แสดงใน ตาราง 4

ตาราง 4 สมการ สัมประสิทธิ์ และค่าคงที่ ของตัวแปร

MC	L	Inc	C
1	-0.2	0	-0.1
1	0	-0.1	-0.05
0	1	1	40

รูปเมตริกซ์ของสมการ สัมประสิทธิ์ และค่าคงที่ ของตัวแปร

$$\begin{bmatrix} 1 & -0.2 & 0 \\ 1 & 0 & -0.1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} MC \\ L \\ Inc \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.1 \\ -0.05 \\ 40 \end{bmatrix}$$

ค่าคำนวณ Inverse ของตัวแปร ค่าคงที่ และ ผลการคำนวณ แสดงใน ตาราง 5

ตาราง 5 ค่าคำนวณ Inverse ของตัวแปร ค่าคงที่ และ ผลการคำนวณ

0.3333	0.6667	0.0667	-0.1	2.6
-3.3333	3.3333	0.3333	-0.05	13.5
3.3333	-3.3333	0.6667	40	26.5

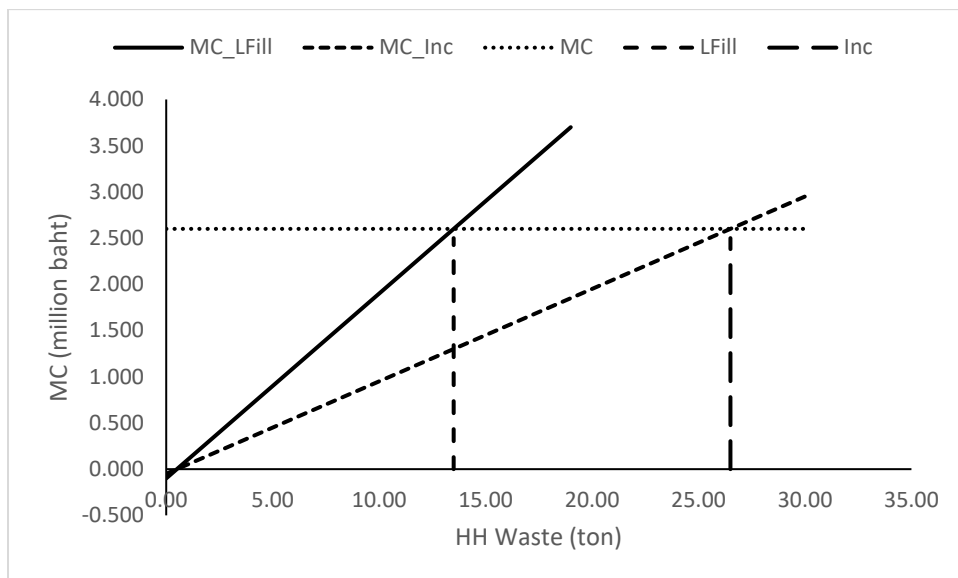
ค่าคำนวณ Inverse ของตัวแปร

$$\begin{bmatrix} 1 & -0.2 & 0 \\ 1 & 0 & -0.1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} 0.3333 & 0.6667 & 0.0667 \\ -3.3333 & 3.3333 & 0.3333 \\ 3.3333 & -3.3333 & 0.6667 \end{bmatrix}$$

ผลการคำนวณต้นทุน ปริมาณขยะใช้วิธีกลบฝัง และปริมาณขยะใช้วิธีเตาเผา

$$\begin{bmatrix} MC \\ L \\ Inc \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3333 & 0.6667 & 0.0667 \\ -3.3333 & 3.3333 & 0.3333 \\ 3.3333 & -3.3333 & 0.6667 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0.1 \\ -0.05 \\ 40 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.6 \\ 13.5 \\ 26.5 \end{bmatrix}$$

ผลการคำนวณต้นทุน MC = 2.6 ล้านบาท ปริมาณขยะใช้วิธีกลบฝัง LFill = 13.5 ตัน และปริมาณขยะใช้วิธีเตาเผา Inc = 26.5 ตัน แสดงใน ภาพ 1



ภาพ 1 ผลการคำนวณต้นทุน ปริมาณขยะใช้วิธีกลบฝัง และปริมาณขยะใช้วิธีเตาเผา

จะรู้ได้ว่าส่วนผสมนี้ใช้ต้นทุนน้อยที่สุดโดยคำนวณ  $VC LFill = 13.5^2/10 = 18.25$  รวมกับเงินลงทุน 10 ล้านบาท เป็น 28.25 ล้านบาท และคำนวณ  $VC Inc = 26.5^2/20 = 35.11$  รวมกับเงินลงทุน 20 ล้านบาท เป็น 55.11 ล้านบาท รวมต้นทุน 2 วิธี 83.36 ล้านบาท

เปรียบเทียบกับวิธีกลบฝังอย่างเดียว คำนวณ  $VC LFill = 40^2/10 = 160$  ล้านบาท รวมกับเงินลงทุน 10 ล้านบาท เป็น 170 ล้านบาท

เปรียบเทียบกับวิธีเตาเผาอย่างเดียว คำนวณ  $VC Inc = 40^2/20 = 80$  ล้านบาท รวมกับเงินลงทุน 20 ล้านบาท เป็น 100 ล้านบาท

แต่ควรสังเกตว่าถ้าขยะมีปริมาณ 25 ตัน จะมีต้นทุนวิธีเตาเผาอย่างเดียวถูกกว่า สาเหตุที่ทำให้ต้นทุนแปรผันเพิ่มเร็วเพราะมีปัจจัยทุนน้อย ต้นทุนแปรผันเพิ่มช้าเพราะมีปัจจัยทุนมาก การค้นหาจุดที่ให้ต้นทุนน้อยที่สุดจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง การลงทุนเพื่อเพิ่มปัจจัยทุนจะทำให้มีต้นทุนรวมต่ำลง การเปลี่ยนแปลงปริมาณขยะจะทำให้ต้นทุนและส่วนผสมเปลี่ยนไป