# การจัดการเส้นทางการเดินรถขยะมูลฝอยกรณีศึกษา เทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

**อุไรรัตน์ ทองเกิด[1], กันตภน ชัยเสนา[2]**
[1]นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
[2]อาจารย์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการเดินรถเก็บขยะในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต โดยการจัดเส้นทางใหม่เพื่อให้มีระยะทางรวมที่น้อยลง ส่งผลต่อการลดต้นทุนและประหยัดเวลาในการทำงานของรถเก็บขยะ ทั้งนี้เทศบาลนครภูเก็ตมีพื้นที่รับผิดชอบ 12.562 ตารางกิโลเมตรแบ่งออกเป็น 2 ตำบล ใช้รถเก็ยขยะหลายคันและมีหลายประเภท ในการวิจัยนี้ได้ใช้รถเก็บขยะ ประเภทเปิดข้างเทท้าย หมายเลขทะเบียน 80-8751 มีจุดจอดเก็บขยะทั้งสิ้น 39 จุด ผู้วิจัยได้จัดเส้นทาง ได้เส้นทางรวมที่มีระยะทางน้อยที่สุด คือ วิธีการ Nearest Neighbor Algorithm รวมระยะทาง 20.4 กิโลเมตร วิธี Saving Algorithm รวมระยะทาง 32.0 กิโลเมตร และวิธีการหาคำตอบโดยใช้ Excel Solver รวมระยะทาง 30.7 กิโลเมตร ผลการศึกษาพบว่า วิธีการ Nearest Neighbor Algorithm ให้ระยะทางที่น้อยที่สุด สามารถลดระยะทางจากเดิมได้ 14.3 กิโลเมตร ต่อวัน

**คำสำคัญ:** การจัดเส้นทางเดินรถ,วิธีการแบบประหยัด,วิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด,เอ็กเซลล์ โซเวอร์

## Abstract

The objectives of this study to solve problem of the garbage truck route in Phuket municipality at Phuket province by rearrange the new route for minimize total distance and it will reduce cost and time saving for garbage truck. Phuket municipality has responsibility area 12.562 square kilometers, divided into 2 sub-districts and using many garbage trucks also many types of trucks. This research using a garbage truck number 80-8751 has responsibility 39 stop point for collect garbage. The researcher rearranges the new route by using totally 3 methods for minimize distance. The first 20.4 km distance is the answer of The Nearest Neighbor Algorithm method. The second 32.0 km distance is the answer of Saving Algorithm Method and The last 30.7 km is the answer of Excel Solver Method and The results showed that the Nearest Neighbor Algorithm Method gave the least distance which can reduce the normal distance 14.3 kilometers per day.

**Keywords**: Vehicle Routing, Saving Algorithm, Nearest Neighbor Algorithm, Excel solver

## บทนำ

จังหวัดภูเก็ตเป็นจังหวัดที่มีประชากรอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก ปัญหาที่ตามมาคือขยะหรือของเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ภายในจังหวัดจะต้องมีการจัดเก็บขยะที่ดีจึงจะทำให้การจัดเก็บขยะที่มีอยู่เป็นจำนวนมากถูกจัดการอย่างเป็นระเบียบ ในการจัดการขยะจะต้องจัดเก็บโดยใช้รถจัดเก็บขยะตามประเภทของขยะ เมื่อศึกษาเขตพื้นที่ของเทศบาลนครภูเก็ตทำให้เห็นถึงปริมาณขยะและการจัดเก็บขยะในแต่ละประเภท ปัญหาขยะมูลฝอยส่วนใหญ่มาจาก

บ้านเรือน ร้านอาหาร ตลาด ต้องใช้รถในการจัดเก็บขยะที่มีปริมาณมากและยังเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆจากการอุปโภคบริโภค ของประชาชนในพื้นที่เขตเทศบาลนครภูเก็ต

จากการศึกษาข้างต้นพบว่า การจัดเส้นทางการเดินรถขยะของปัจจุบันมีการเดินรถอย่างไม่เป็นระเบียบและเส้นทางการจัดเก็บที่ไม่แน่นอน จึงทำให้สิ้นเปลืองค่าน้ำมันเชื้อเพลิงรวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจัดเก็บขยะ ดังนั้น เพื่อให้เกิดการจัดการเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นจึงต้องทำการศึกษาวางแผนเส้นทางการจัดเก็บขยะ เพื่อให้เกิดแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นและส่งผลดีต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและเปรียบเทียบผลการจัดเส้นทางเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้เส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะของเขตเทศบาลนครภูเก็ต

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1.เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การจัดการเส้นทางรถจัดเก็บขยะ ในพื้นที่เทศบาลนครภูเก็ต

2.เพื่อจัดการเส้นทางการเดินรถเก็บขยะในพื้นที่เทศบาลนครภูเก็ตที่เหมาะสมและลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

## วิธีการวิจัย

**1. ศึกษาสภาพปัจจุบัน**

เทศบาลนครภูเก็ตมีพื้นที่รับผิดชอบ 12.562 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็น 2 ตำบล คือ ตลาดเหนือและตลาดใหญ่ ในการใช้รถเก็บขนขยะของเขตเทศบาลมีการใช้รถหลายประเภท รถแต่ละคันจะมีพื้นที่รับผิดชอบ ในการวิจัยนี้ได้นำรถเก็บขยะของเขตเทศบาลมาทำการวิจัยในกรณีศึกษา โดยใช้รถเก็บขยะประเภทเปิดข้างเทท้าย หมายเลขทะเบียน 80-8751 โดยมีพื้นที่รับผิดชอบ ดังตารางในรูปที่ 1

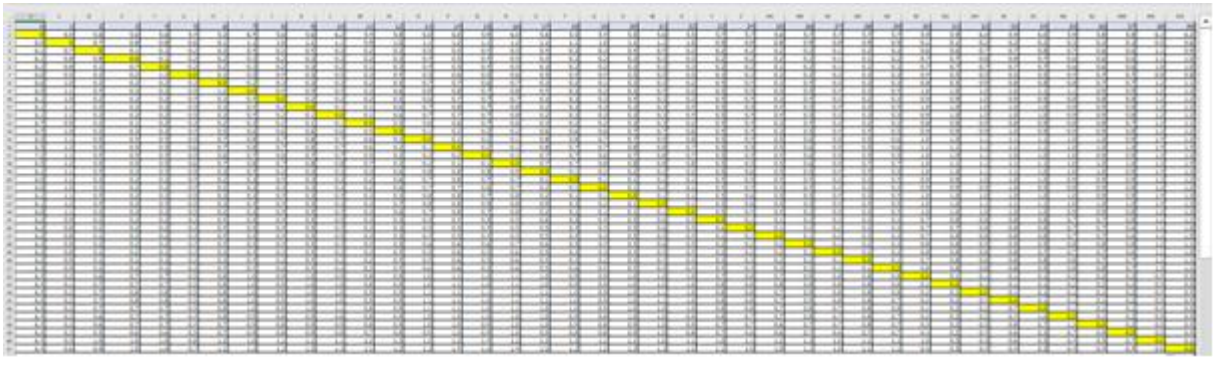
ตารางที่ 1 จุดจอดเก็บขยะ

| จุดที่ | จุดจอดเก็บขยะ | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| 0 | โรงเผาขยะมูลฝอยจังหวัดภูเก็ต | |
| 1 | หลังศาลเจ้า | *ซอยพะเนียง |
| 2 | ข้างร้านสเต็ก | *ถนนหงษ์หยกอุทิศ |
| 3 | ข้างคลินิกหมอญาดา | *ถนนหงษ์หยกอุทิศ |
| 4 | ตรงข้ามคลินิกหมอญาดา | *ถนนหงษ์หยกอุทิศ |
| 5 | ข้างสวนหย่อมโรงพยาบาลกรุงเทพ | *ถนนหงษ์หยกอุทิศ |
| 6 | ตรงข้ามสนาม | *ซอยหางนกยูง |
| 7 | ทางโค้งในซอย | *ซอยราชพฤกษ์ |
| 8 | ข้างกำแพง | *ซอยประยูร 1 |
| 9 | หน้าอพาร์ทเม้นท์ | *ซอยประยูร 2 |
| 10 | ข้างถนน | *ซอยประยูร 2 |
| 11 | ทางโค้งในซอย | *ซอยประยูร 2 |
| 12 | ข้างทาง | *ซอยประยูร 2/1 |
| 13 | หน้าอพาร์ทเม้นท์ | *ซอยประยูร 2/2 |
| 14 | หน้าห้องเช่า | *ซอยประยูร 2/2 |
| 15 | ข้างทาง | *ซอยประยูร 2/4 |
| 16 | ข้างทาง | *ซอยประยูร 2/4 |

| | | |
|---|---|---|
| 17 | ข้างถนน | *ซอยประยูร 3 |
| 18 | ข้างถนน | *ซอยประยูร 3 |
| 19 | ตรงเสาไฟฟ้า | *ซอยประยูร 3 |
| 20 | ข้างห้องเช่า | *ซอยประยูร 3/1 |
| 21 | ข้างทาง | *ซอยประยูร 3/1 |
| 22 | ข้างทาง | *ซอยประยูร 3/1 |
| 23 | ข้างป้ายหนองโพ | *ซอยสามัคคี 1 |
| 24 | ข้างทาง | *ซอยสามัคคี 1 |
| 25 | ข้างทาง | *ซอยสามัคคี 1 |
| 26 | ใต้ต้นมะม่วง | *ซอยสามัคคี 2 |
| 27 | ข้างทาง | *ซอยสามัคคี 2 |
| 28 | ข้างทาง | *ซอยสามัคคี 3 |
| 29 | ตรงเสาไฟฟ้า | *ซอยสามัคคี 3 |
| 30 | ปากซอย | *เยาวราชซอย 1 |
| 31 | ร้านขายเหล็ก | *เยาวราชซอย 1 |
| 32 | ใต้ต้นไม้ | *เยาวราชซอย 2 |
| 33 | ข้างทางในหมู่บ้าน | *เยาวราชซอย 2 |
| 34 | ใต้ต้นไม้ | *เยาวราชซอย 2/1 |
| 35 | ข้างทาง | *เยาวราชซอย 2/3 |
| 36 | ข้างทาง | *เยาวราชซอย 2/3 |
| 37 | ข้างทาง | *เยาวราชซอย 2/3 |
| 38 | ในซอย 3/1 | *เยาวราชซอย 3/1 |
| 39 | ตรงเสาไฟฟ้า | *เยาวราชซอย 3/2 |

จากข้อมูลพื้นฐานที่ได้สามารถนำมาสร้างตารางแสดงระยะทาง โดยใช้แผนที่จากกูเกิ้ลแมพ (Google Map) ในการหาระยะทางระหว่างจุดเก็บขยะในจุดต่าง ๆ โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้ในการใช้เส้นทางของตารางแสดงระยะทางที่ใช้ในการจัดเส้นทาง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงระยะทางแต่ละจุด



ตารางที่ 3 น้ำหนักเฉลี่ยแต่ละจุด

| จุดที่ | น้ำหนักขยะ | จุดที่ | น้ำหนักขยะ | จุดที่ | น้ำหนักขยะ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 47 กิโลกรัม | 14 | 70.5 กิโลกรัม | 27 | 23.5 กิโลกรัม |
| 2 | 23.5 กิโลกรัม | 15 | 47 กิโลกรัม | 28 | 70.5 กิโลกรัม |
| 3 | 23.5 กิโลกรัม | 16 | 47 กิโลกรัม | 29 | 94 กิโลกรัม |
| 4 | 23.5 กิโลกรัม | 17 | 70.5 กิโลกรัม | 30 | 47 กิโลกรัม |
| 5 | 94 กิโลกรัม | 18 | 47 กิโลกรัม | 31 | 94 กิโลกรัม |
| 6 | 70.5 กิโลกรัม | 19 | 23.5 กิโลกรัม | 32 | 70.5กิโลกรัม |
| 7 | 23.5 กิโลกรัม | 20 | 23.5 กิโลกรัม | 33 | 211.5 กิโลกรัม |
| 8 | 47 กิโลกรัม | 21 | 23.5 กิโลกรัม | 34 | 94 กิโลกรัม |
| 9 | 47 กิโลกรัม | 22 | 47 กิโลกรัม | 35 | 70.5 กิโลกรัม |
| 10 | 141 กิโลกรัม | 23 | 70.5 กิโลกรัม | 36 | 70.5 กิโลกรัม |
| 11 | 23.5 กิโลกรัม | 24 | 47 กิโลกรัม | 37 | 70.5 กิโลกรัม |
| 12 | 117.5 กิโลกรัม | 25 | 47 กิโลกรัม | 38 | 47 กิโลกรัม |
| 13 | 23.5 กิโลกรัม | 26 | 47 กิโลกรัม | 39 | 47 กิโลกรัม |

**2. วิธีการดำเนินงาน**

ในการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถขยะมูลฝอย กรณีศึกษา เทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต สามารถสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

**สมการเป้าหมาย (Objective Function)**

$$Minimize\ Z = \sum_{i=0}^{N} \sum_{j=0}^{N} d_{ij} x_{ij} \qquad (1)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{i=0}^{N} x_{ij} = 1 \qquad \forall j = 1,2,...,N \qquad (2)$$

$$\sum_{j=0}^{N} x_{ij} = 1 \qquad \forall i = 1,2,...,N \qquad (3)$$

$$\sum_{\substack{i=0 \\ i \neq p}}^{N} x_{ip} - \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq p}} x_{ij} = 0 \qquad \forall p = 1,2,...,N \qquad (4)$$

$$\sum_{i=0}^{N} q_i \left( \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{N} x_{ij} \right) \leq Q \qquad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{N} x_{0j} \leq 1 \qquad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_{i0} \leq 1 \qquad (7)$$

$$u_i - u_j + N x_{ij} \leq N - 1 \qquad \forall i, j; i \neq j \qquad (8)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i, j \in \{1,2,...,N\} \qquad (9)$$

โดยกำหนดให้

$N$ คือ จำนวนจุดจอดเก็บขยะ

$0$ คือ โรงเผาขยะมูลฝอยจังหวัดภูเก็ต

$i, j$ คือ จุดจอดเก็บขยะในจุดต่าง ๆ เมื่อ $i, j \in \{1,2,...,N\}$

$q_i$ คือ ปริมาณขยะที่ต้องเก็บในจุดที่ $i$

$Q$ คือ ปริมาณความจุของรถเก็บขยะ

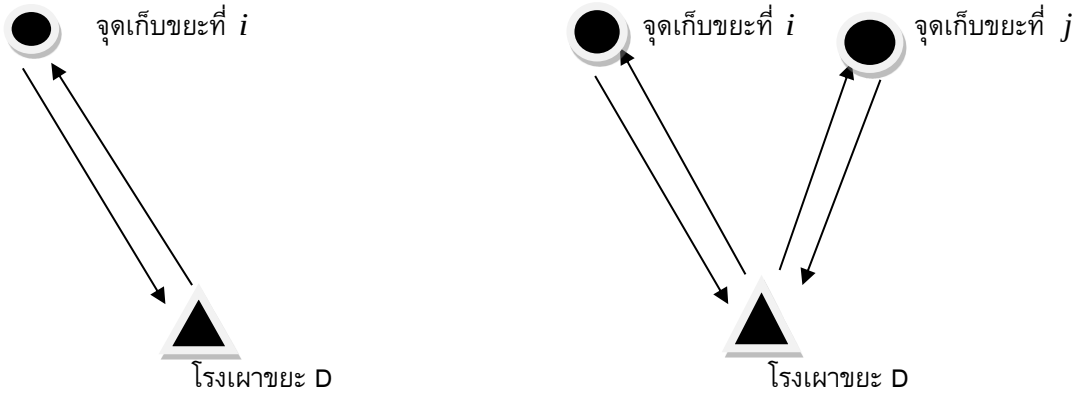
$d_{ij}$ คือ ระยทางจากจุดจอดเก็บขยะที่ $i$ ไปยังจุดจอดเก็บขยะที่ $j$

$x_{ij}$ คือ ตัวแปรตัดสินใจแบบไบนารี (“0” หรือ “1”) ในการสร้างเส้นทางจากจุดจอกเก็บขยะที่ $i$ ไปยังจุดจอดเก็บขยะที่ $j$ (นั่นคือ จะมีค่าเป็น 1 ถ้ามีการเดินรถระหว่างจุดจอดเก็บขยะในจุดต่าง ๆ)

สำหรับแต่ละสมการมีความหมายดังนี้ คือ สมการที่ 1 เป็นสมการวัตถุประสงค์ เพื่อหาระยะทางรวมในการขนส่งทุกเที่ยววิ่งที่ต่ำที่สุด สมการที่2-4 เป็นสมการที่จะประกันว่ารถเก็บขยะจะเดินทางผ่านเข้า-ออก เพื่อเก็บขยะที่จุดรวบรวมขยะต่าง ๆที่กำหนดไว้ สมการที่5 กำหนดให้รถเก็บขยะต้องรับน้ำหนักขยะไม่เกินความสามารถในการบรรทุกขยะ สมการที่6 และ 7 ประกันว่าจะมีจำนวนรถ 1 เที่ยวเท่านั้น ที่ออกเดินทางจากจุดจอดรถเพื่อไปเก็บขยะที่จุดรวบรวมขยะต่าง ๆ และเดินทางกลับมายังจุดจอดเมื่อเก็บขยะครบทุกจุดในเส้นทางจนครบตามเงื่อนไข สมการที่8 เป็นสมการที่มีไว้เพื่อป้องกันการเกิดเส้นทางย่อย (Subtour) ขึ้นในคำตอบ (เส้นทางย่อย คือ เส้นทางที่ไม่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นทางอยู่ที่จุดจอดรถเก็บขยะ) สมการที่9 กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจในการเลือกเดินรถเก็บขยะบนเส้นทางระหว่างจุดทิ้งเก็บขยะ2จุดใด ๆ

**2.1 วิธีการแบบประหยัด (saving Algorithm)**

ในการจัดเส้นทางการเดินรถเก็บขยะด้วยวิธีการแบบประหยัด จะจัดเส้นทางในการเก็บขยะจากจุดทิ้งขยะทุก ๆ จุดที่นำมาพิจารณาขึ้นอยู่กับนโยบายการจุดกลุ่ม โดยมีเงื่อนไขคือ แต่ละเส้นทางต้องมีน้ำหนักขยะรวมไม่เกินความจุของน้ำหนักรถบรรทุก แนวคิดแบบวิธีการประหยัดเป็นการพิจารณาการขนส่งจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าแต่ละราย ดังรูปที่ 2




รูปที่ 1 การส่งสินค้าแบบ 1 เที่ยว ต่อ 1 ลูกค้า

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดให้ “0” เป็นจุดเริ่มต้นของจุดจอดรถเก็ยขยะ

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดตำแหน่งจุดรวบรวมขยะ จากจุด $i$ ไป $j$ ใด ๆ $(i, j)$ เพื่อเชื่อมโยงเส้นทาง และคำนวณค่าประหยัดของระยะทาง ดังสมการที่ (10)

$$S_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - d_{ij} \qquad (10)$$

เมื่อ $S_{ij}$ คือ ค่าระยะทางประหยัดระหว่างจุดจอด $i$ และจุดจอด $j$

$d_{0j}$ คือ ระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้น 0 และจุดจอด $j$

$d_{io}$ คือ ระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้น 0 และจุดจอด $i$

$d_{ij}$ คือ ระยะทางระหว่างจุดจอด $i$ และจุดจอด $j$

ขั้นตอนที่ 3 เรียงลำดับระยะทาง $S_{ij}$ จากมากไปหาน้อย

ขั้นตอนที่ 4 เชื่อมโยงเส้นทางของจุดจอดรถโดยการเชื่อมจุด $i$ และจุด $j$ ที่มีค่า $S_{ij}$ มากที่สุดเป็นอันดับแรกที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 จนครบทุกจุด

ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำจากขั้นตอนที่ 1-4 จนครบทุกจุด การสร้างเส้นทางมีเงื่อนไขของข้อจำกัดในการเดินทางต้องบรรทุกสินค้าไม่เกินความจุของรถ บรรทุก

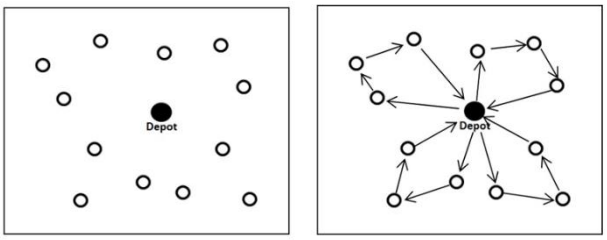
**2.2 วิธี Nearest Neighbor Algorithm**

วิธีมาตรฐานของ Nearest Neighbor Heuristic (NNH) วิธีการนี้จะมีกฎเกณฑ์ในการค้นหา จุดส่งโดยการหาจุดส่งที่มีระยะทางในการขนส่งไปยังจุดถัดไปน้อยที่สุด ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดส่ง (Node) ที่เป็นจุดที่เริ่มต้นของเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 2 หาจุดที่ระยะทางจากจุดส่งที่ถูกจัดให้อยู่ในเส้นทางแล้วไปยังจุดส่งข้างเคียงน้อยที่สุดและนำจุดส่งที่เลือกเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 3 ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 จนสามารถผ่านจุดส่งทุกจุด แล้วจึงบรรจบจุดส่งสุดท้ายเข้ากับจุดส่งที่เริ่มต้น




รูปที่ 2 การจัดเส้นทางการเดินรถแบบมาตรฐานของ Nearest Neighbor Heuristic (NNH)

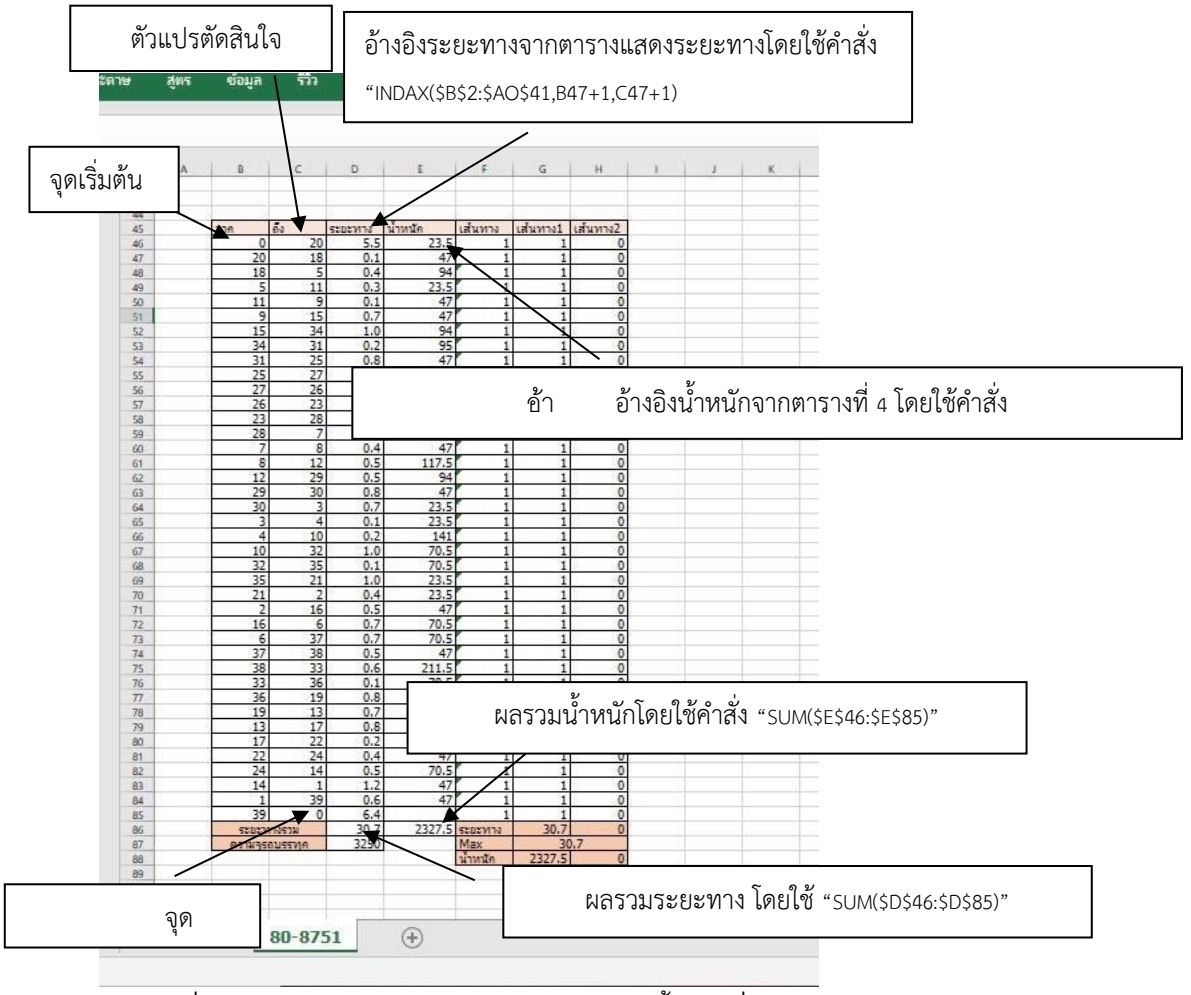
ข้อดีของวิธีนี้ คือ วิธีการไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อนมากจนเกินไป แต่มีข้อเสียไม่เหมาะสมกับปัญหาที่มีระยะทางห่างกันมาก ๆ

**2.3 การหาคำตอบโดยใช้ Excel Solver**

สำหรับการจัดเส้นทางเดินรถขยะด้วยในโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล (Microsoft Excel)นั้น จะดำเนินการโดยฟังก์ชัน “Evolutionary” ในเครื่องมือโซลเวอร์ (Solver) ซึ่งพัฒนามาจากวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยจัดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะจากจุดรวบรวมขยะทุกจุด และต้องมีน้ำหนักขยะรวมแต่ละเส้นทางไม่เกินความจุของรถบรรทุก สำหรับการจัดเส้นทางด้วยวิธีนี้ ผู้วิจัยจะอธิบายการค้นหาคำตอบเฉพาะกรณีเดินรถ 2 เส้นทางเพื่อให้มีการปรับปรุงสมดุลภาระงาน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

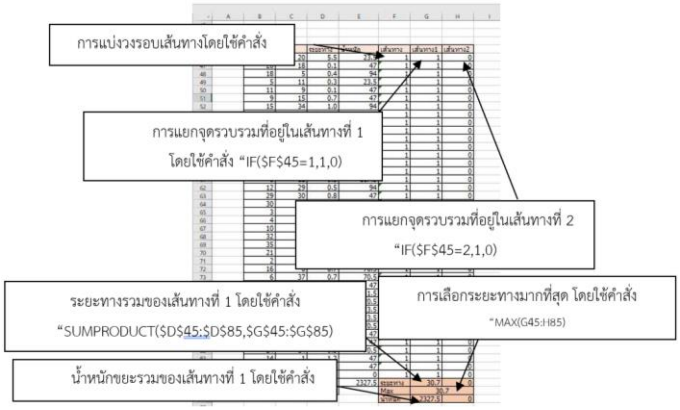
ขั้นตอนที่ 1 นำข้อมูลน้ำหนักขยะเฉลี่ยของแต่ละจุด และตารางแสดงระยะทาง ดังตารางที่ 2 มาสร้างในโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล

ขั้นตอนที่ 2 สร้างตัวแบบสำหรับค้นหาคำตอบในโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล โดยกำหนดตัวเป็นตัดสินใจการแปลงรูปแบบการเดินทางให้เป็นระยะทางการหาผลรวมระยะทางของเส้นทาง การอ้างอิงค่าน้ำหนักขยะ และการหาผลรวมน้ำหนักขยะจากจุดจอดรวบรวมขยะ ดังแสดงในรูปที่ 3



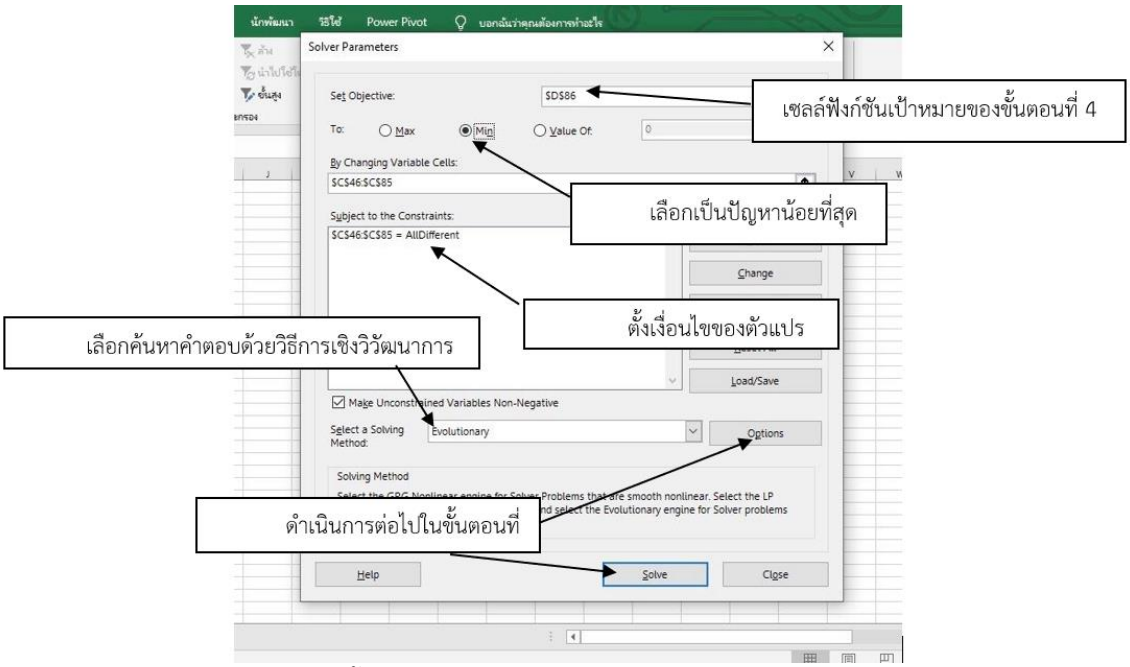

รูปที่ 3 การสร้างตัวแบบสำหรับการค้นหาคำตอบขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 3 การแบ่งวงรอบเส้นทาง การแยกจุดรวบรวมขยะที่อยู่ในแต่ละเส้นทาง การหาระยะทางรวมและน้ำหนักขยะรวมในตาละเส้นทาง การเลือกระยะทางมากที่สุดเพื่อนำไปตั้งเป็นเป้าหมาย ดังแสดงรูปที่ 4



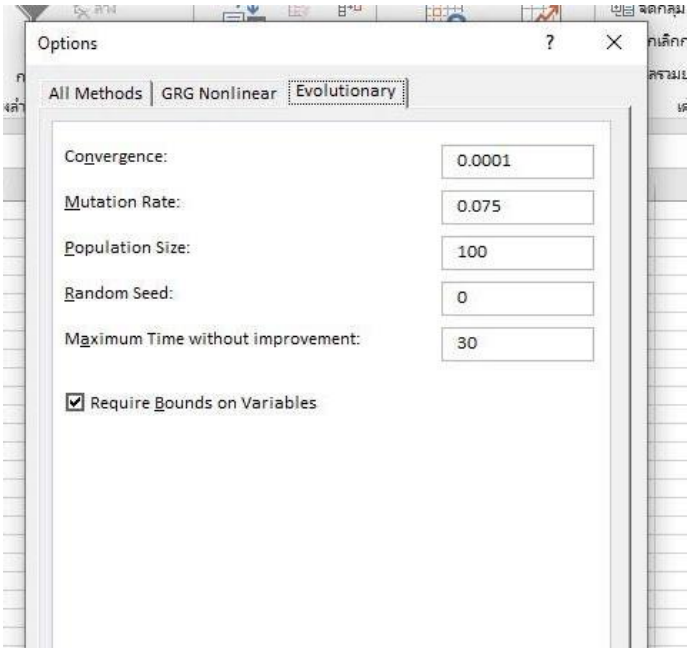

รูปที่ 4 แสดงตัวแบบสำหรับการค้นหาคำตอบของขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 4 หลังจากสร้างตัวแบบสำหรับการหาคำตอบแล้ว จึกเรียกใช้เครื่องมือโซลเวอร์มาช่วยในการหาคำตอบ โดยการตั้งค่าหาคำตอบสำหรับเป้าหมายที่ 1 ดังนี้ คือ การกำหนดให้ค่ามากที่สุดของระยะทางรวมของเส้นทางที่ได้จากทั้งสองเส้นทาง (เซลล์ $G$87) และกำหนดให้เป็น “Min” เพื่อหาค่าระยะทางมากที่สุดของเส้นทางที่น้อยที่สุด การกำหนดเซลล์ของตัวแปรตัดสินใจใน “Changing Variable Cells”และกำหนดให้ค่าในเซลล์ดังกล่าวเป็นตัวเลขจำนวนเต็มที่แตกต่างกันด้วยเงื่อนไข “AllDifferent” ใน “Constraints” และการกำหนดวิธีค้นหาคำตอบโดยเลือกใช้ฟังก์ชัน “Evolutionary” ดังแสดงในรูปที่ 5



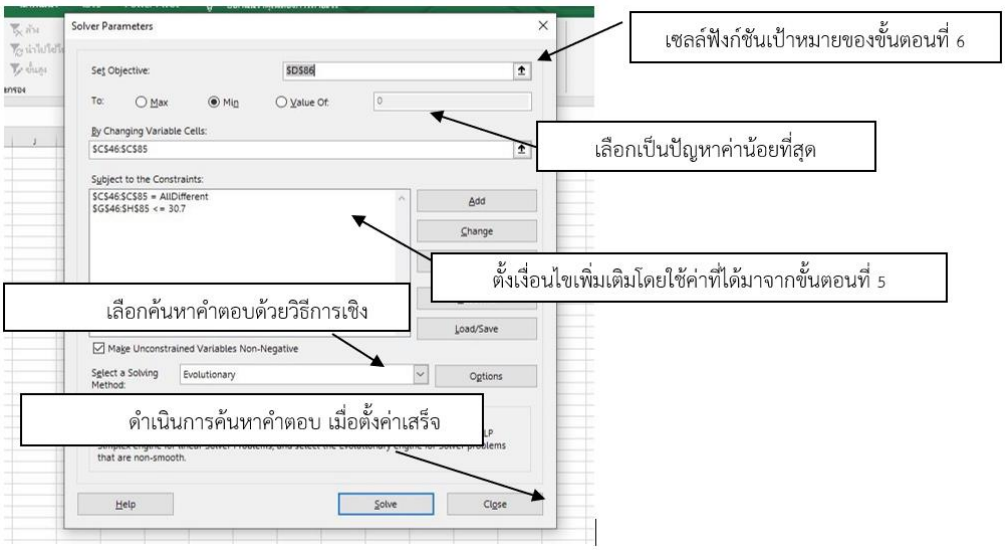

รูปที่ 5 การตั้งค่าในเครื่องมือโซลเวอร์ของการค้นหาคำตอบรอบที่ 1

ขั้นตอนที่ 5 หลังจากตั้งค่าต่าง ๆ และเลือก “Option” เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่ามาตรฐาน (DeFault) ของฟังก์ชัน “Evolutionary” ดังแสดงในรูปที่ 6 แล้วจึงกด “Solver”(ดังรูปที่ 5 ) เพื่อให้โปรแกรมค้นหาคำตอบโดยการจัดเรียงลำดับจุดจอดเก็บขยะที่อยู่ในเส้นทาง จนกระทั่งได้ค่าเป้าหมายที่ 1 ในขั้นตอนที่ 4




รูปที่ 6 ค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชัน “Evolutionary” ที่ใช้

ขั้นตอนที่ 6 หลังจากได้คำตอบในการค้นหารอบที่ 1 แล้วจึงเรียกใช้เครื่องมือโซลเวอร์มาช่วยในการค้นหาคำตอบสำหรับเป้าหมายที่ 2 ดังนี้ คือ การกำหนดผลรวมระยะทางจากทุกเส้นทางเป็นเซลล์ฟังก์ชันเป้าหมายใน “Set Objective” และกำหนดให้เป็น “Min” เพื่อหาค่าที่น้อยที่สุด และเพิ่มเงื่อนไขใน “Constraints” โดยกำหนดให้ค่าระยะทางมากที่สุดของแต่ละเส้นทางไม่เกินค่าเป้าหมายที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 และค้นหาคำตอบโดยเลือกใช้ฟังก์ชัน “Evolutionary” ดังแสดงในรูปที่ 7




รูปที่ 7 การตั้งค่าในเครื่องมือโซลเวอร์ของการค้นหาคำตอบรอบที่ 2

## ผลการวิจัย

ผลจากการจัดเส้นทางการเดินรถเก็บขยะด้วยวิธีการวิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm), วิธี Nearest Neighbor Algorithm และวิธีการหาคำตอบโดยโปรแกรม Excel Solver ได้ผลการคำนวณดังต่อไปนี้

- ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm)

เส้นทางที่ได้คือ 0 >15 >29 >6 >38 >13 >33 >12 >31 >34 >9 >14 >30 >32 >35 >37 >11 >36 >26 >24 >28 >39 >7 >24 >25 >27 >2 >3 >20 >8 >17 >10 >21 >4 >16 >19 >18 >22 >5 >1 >0

มีระยะทางรวมเท่ากับ 31.2 กิโลเมตร ต่อวัน

- ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธี Nearest Neighbor Algorithm

เส้นทางที่ได้คือ 0>6 >19 >18 >17 >20 >21 >22 >3 >27 >2 >4 >11 >9 >10 >8 >28 >29 >5 >25 >26 >7 >23 >12 >13 >16 >14 >15 >24 >1 >36 >31 >30 >32 >34 >35 >37 >39 >38 >0

มีระยะทางรวมเท่ากับ 20.4 กิโลเมตร ต่อวัน

- ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการหาคำตอบโดยโปรแกรม Excel Solver

เส้นทางที่ได้คือ 0 >20 >18 >5 >11 >9 >15 >34 >31 >25 >27 >26 >23 >28 >7 >8 >12 >29 >30 >3 >4 >10 >32 >35 >21 >2 >16 >6 >37 >38 >33 >36 >19 >13 >17 >22 >24 >14 >1 >39 >0

มีระยะทางรวมเท่ากับ 30.7 กิโลเมตร ต่อวัน

## ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยข้างต้นพบว่า งานวิจัยฉบับนี้นั้น ยังไม่ได้พิจารณาเงื่อนไขเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการขนเก็บขยะแต่ละวันมาเป็นตัวแปรในการตัดสินใจ หากในอนาคตอาจจะมีการศึกษาเงื่อนไขเรื่องเวลามาเกี่ยวข้องในการจัดเส้นทางการเดินรถมาพิจารณาอาจจะมีความเหมาะสมในการนำผลที่ได้ไปใช้งานจริงของพื้นที่เขตเทศบาลนครภูเก็ตได้มากขึ้นกว่าเดิม

## สรุปผล

การจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอย กรณีศึกษา เทศบาลนครภูเก็ต ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเส้นทางรถเก็บขนขยะ ในพื้นที่เทศบาลนครภูเก็ต มีเป้าหมายเพื่อระยะทางการเก็บขนขยะที่มีระยะทางสั้นที่สุด และเปรียบเทียบผลการคำนวณจากวิธีที่ใช้ได้แก่ วิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm), วิธี Nearest Neighbor Algorithm และวิธีการหาคำตอบโดยโปรแกรม Excel Solver จากการคำนวณเส้นทางทั้ง 3 วิธีนี้ เส้นทางการเก็บขนขยะของหมายเลขทะเบียน 80-8751 พบว่า วิธี Nearest Neighbor Algorithm มีระยะทางรวมน้อยที่สุด 20.4 กิโลเมตร ต่อวัน วิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm) มีระยะทางรวม 31.2 กิโลเมตร ต่อวัน และวิธีการหาคำตอบโดยโปรแกรม Excel Solver มีระยะทางรวม 30.7 กิโลเมตรต่อวัน ผลที่คำนวณถือเป็นทางเลือกในการตัดสินใจของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการนำผลลัพธ์ที่ได้ไปปฏิบัติงานในการทำงานของรถขยะในเขตพื้นที่ กรณีศึกษา เทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์กันตภน ชัยเสนา ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย และขอบคืณอาจารย์ในสาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ที่ให้คำปรึกษา และสถานที่ในการดำเนินงานจัดทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

ขนิษฐา รัตนพงษ์พร, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิราพร ระโหฐาน. (2558). **การจัดเส้นทางการให้บริการับ-ส่งของรถยก: กรณีศึกษา หจก. สินชัย ออโต้**. วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี หน้า 55-64

คลอเคลีย วจนะวิชากร และกนกกาญจน์ ศรีสุรินทร์. (2562). **วิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอย กรณีศึกษาเทศบาลตำบลอุบลจังหวัดอุบลราชธานี**. วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. (ปีที่ 11), หน้า 41-52

จีรพันธ์ โกมุทพันธ์. (2556). **ศึกษาข้อมูลเส้นทางการใช้รถเก็บขยะเพื่อวางแผนจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ: กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา**. โครงงานหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ณัชณิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล, อินทุอร ศรีสว่างและวนัฐฌพงษ์ คงแก้ว. (2559). **การประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการเก็บขยะมูลฝอย กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่**. วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน (ปีที่ 4) หน้า 19-30

ปัญญวัฒน์ จันทร์ชัยภักดิ์. (2561). **การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียน:กรณีศึกษาโรงเรียนประสิทธิ์ศึกษาสงเคราะห์**. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สนธิกิจ ลิมปนาวานิช. (2562). **การวิเคราะห์ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าสำหรับโซนภาคใต้ กรณีศึกษา บริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง**. สารนิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์