

**การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม  
กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลา อำเภอัญญาศรี จังหวัดขอนแก่น**

**The Study of Suitable Route for Waste Collection using Genetic  
Algorithm: A Case Study of Thasala Subdistrict Administrative  
Organization, Manchakiri District, Khonkean Province**

เชตศักดิ์ สุขศิริพัฒน์พงศ์<sup>1\*</sup> ไพจิตร อุปถัมภ์<sup>2</sup> สุขสันต์ หอพิบูลสุข<sup>2</sup> จิระยุทธ สืบสุข<sup>1</sup>

จักษดา ชำรงวุฒิ<sup>1</sup> ชยภฤต เพชรช่วย<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

<sup>2</sup>หลักสูตรการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง

จ.นครราชสีมา 30000

Cherdsak Suksiripattanapong<sup>1\*</sup> Pijit Aupattam<sup>2</sup> Suksun Horpibulsuk<sup>2</sup> Jirayut Suebsuk<sup>1</sup>

Jaksada Thumrongvut<sup>1</sup> Chayakrit Phetchuay<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,

Rajamangala University of Technology Isan, Muang, Nakhon Ratchasima 30000

<sup>2</sup> Construction and Infrastructure Management Program, School of Civil Engineering, Faculty of

Engineering, Suranaree University of Technology, Muang,

Nakhon Ratchasima 30000

Tel : 08-1760-7722 E-mail: Cherdsak.su@rmuti.ac.th

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันองค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลาได้จัดสรรงบประมาณซึ่งประกอบด้วยค่าจ้างพนักงานเก็บขยะ และค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อใช้จัดเก็บขยะทั้ง 11 หมู่บ้านในความรับผิดชอบ เส้นทางเดินรถจัดเก็บขยะไม่มีรูปแบบให้แก่พนักงานขับรถซึ่งทำให้ใช้ระยะเวลาหลายชั่วโมงต่อวันและสูญเสียเชื้อเพลิง งานวิจัยนี้ศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะในแต่ละหมู่บ้าน โดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) และเปรียบเทียบผลทดสอบกับการเดินรถเก็บขยะแบบดั้งเดิม ผลทดสอบแสดงให้เห็นว่าผลรวมระยะทาง 4 สัปดาห์โดยวิธี GA สั้นกว่าแบบดั้งเดิม 9.4 กิโลเมตร (ร้อยละ 2.67) ผลรวมเวลาปฏิบัติงานโดยวิธี GA น้อยกว่าแบบดั้งเดิม 4 ชั่วโมง 2

นาที (ร้อยละ 4.36) แบบจำลองเส้นทางเดินรถเก็บขยะโดยวิธี GA ช่วยให้ค่าดำเนินการ (ค่าพนักงาน, เชื้อเพลิง และซ่อมบำรุง) ลดลง และสามารถประมาณค่าใช้จ่ายการน้ำมันเชื้อเพลิงได้

**คำหลัก:** การจัดเก็บขยะ วิธีเชิงพันธุกรรม แบบจำลองเส้นทาง

## Abstract

Tasala Subdistrict Administrative Organization has been providing a budget for the wage of bin men and gasoline in order to collect waste in 11 villages. The original route to collect waste was not specified which caused time and gasoline

consuming. This research studies the suitable route for waste collection in each village by using the Genetic Algorithm (GA) and the analysis was compared with the existing route trip. The result showed that within 4 weeks, the total distance by using the GA was shorter than the traditional route 9.4 kilometers (2.67%). The total time spent during collecting waste was less than the traditional one for 4 hours 2 minutes (4.36%). The model of route for waste collection by using the GA enables reduced operation cost (employee, fuel and maintenance), and fuel cost could be estimated definitely.

**Keywords:** waste collection, genetic algorithm, model of route

## 1. บทนำ

องค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลาเริ่มจัดเก็บขยะเมื่อปี พ.ศ. 2554 โดยจัดสรรงบประมาณค่าจ้างพนักงานเก็บขยะ น้ำมันเชื้อเพลิง และค่าซ่อมบำรุงรถบรรทุกขยะที่ผ่านมาทั้ง 11 หมู่บ้านไม่มีแผนเส้นทางการจัดเก็บขยะที่เป็นรูปแบบ ทำให้การจัดเก็บขยะใช้เวลาหลายชั่วโมงต่อวัน ทำให้สูญเสียทั้งด้านงบประมาณและด้านพลังงานเชื้อเพลิง

จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยมีความคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางในการจัดเก็บขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลซึ่งมีพื้นที่รับผิดชอบขนาดเล็ก โดยมีนักวิจัยหลายท่านได้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเส้นทาง เช่น วิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization: ACO) ซึ่งใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ [1-2] และวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms: GA) ซึ่งใช้หาคำตอบที่ดีที่สุด เช่น การจัดเส้นทางรถขนส่ง [3-6] การวางแผนโรงงาน [7-9] การจัดการทรัพยากรน้ำ [10- 11] เป็นต้น วิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization: ACO) ถูกคิดค้นโดย Dorigo และคณะ [12] ซึ่งเลียนแบบพฤติกรรมกรรมการหาอาหารของมดโดยใช้ฟีโรโมน (Pheromone) ที่ปล่อยไว้ระหว่างทางเพื่อให้มดตัวอื่น ๆ เดินตามกลิ่น เมื่อเวลาผ่านไปการระเหยของฟีโรโมนจะมากขึ้น ในขณะที่ระยะทางที่ยาวเกินไปจะทำให้ฟีโรโมนระเหยหมดระหว่างทาง ดังนั้น

มดจะเลือกเส้นทางที่มีปริมาณ Pheromone มากกว่า วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms: GA) พัฒนาโดย Holland [13] ซึ่งมีรากฐานจากทฤษฎีวิวัฒนาการของ Charles Darwin โดยอิงจากแนวคิดเรื่องการอยู่รอดของผู้ที่แข็งแรงที่สุด การทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นจะหาคำตอบแบบคู่ขนาน (parallel search) เพื่อที่จะนำไปสู่การค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดในเรื่องถัดไป โดยใช้หลักการการพัฒนาทางวิวัฒนาการ และการพัฒนาจากรุ่นสู่รุ่น เพื่อได้คำตอบที่ดีที่สุด โดยลักษณะของรุ่นพ่อแม่จะถูกถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกโดยใช้รูปแบบของโครโมโซม (Chromosome) และในโครโมโซมจะประกอบไปด้วยยีน (Gene) และจากวิธีการ Evolutionary Algorithm สิ่งมีชีวิตที่แข็งแรงหรือสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้จะมีโอกาสที่จะสืบสายพันธุ์ต่อไป

ดังนั้น งานวิจัยนี้ศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะโดยใช้วิธี GA กรณีศึกษาขององค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลา จังหวัดขอนแก่น องค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลาประกอบด้วย 11 หมู่บ้าน งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลระยะทางและเส้นทางที่ผ่านตำแหน่งจุดตั้งถังขยะเพื่อหาระยะทางสั้นที่สุด จำนวนสายทางของแต่ละหมู่บ้านขึ้นอยู่กับผังถนนและขนาดของหมู่บ้านแบบจำลองเส้นทางการเดินทางจัดเก็บขยะโดยวิธี GA สามารถทำให้คำดำเนินการ (ค่าพนักงาน, เชื้อเพลิง และค่าซ่อมบำรุง) ลดลง และองค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลาสามารถประมาณค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงได้

## 2. วิธีการทดสอบ

### 2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

รูปที่ 1 แสดงแผนผังเส้นทางตำแหน่งหมู่บ้าน และบ่อขยะขององค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ท่าศาลา ซึ่งประกอบด้วย 11 หมู่บ้าน และบ่อทิ้งขยะแบบฝังกลบหนึ่งแห่ง มีเส้นทางที่ใช้ขนส่งลำเลียงขยะไปทั้ง 2 เส้นทาง โดยเส้นทางที่ 1 เริ่มจากบ้านหัวนาเหนือ หมู่ที่ 6 และเส้นทางที่ 2 เริ่มจากบ้านท่าสวรรค์ หมู่ที่ 11

ตารางที่ 1 แสดงแผนงานการจัดเก็บขยะ ระยะทาง และเวลาการจัดเก็บขยะในหนึ่งสัปดาห์ ขององค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลาซึ่งดำเนินการเก็บขยะหมู่บ้านละ 1 เทียบต่อสัปดาห์ จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่า หมู่บ้านท่าสวรรค์ หมู่ที่ 7 และ 11 มีระยะทางห่างจาก อบต. มากที่สุด (10.245 km) ในขณะที่หมู่บ้านใส่ไก่ หมู่ที่ 1 มี

ระยะทางเก็บขยะรวมมากที่สุด (6.49 km) และหมู่บ้าน โนนจ๊ว หมู่ที่ 8 มีระยะทางเก็บขยะรวมน้อยที่สุด (1.8 km) รูปที่ 2 แสดงแผนผังเส้นทางจัดเก็บขยะของหมู่บ้าน โนนตุน หมู่ที่ 3 จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการใช้เส้นทางในการจัดเก็บขยะไม่มีรูปแบบหรือการวางแผน

เส้นทางจัดเก็บขยะซึ่งทำให้เกิดจุดตัด หรือเส้นทาง ซ้อนทับกันและทำให้การจัดเก็บขยะใช้เวลาหลายชั่วโมง ต่อวัน และทำให้สูญเสียพลังงานเชื้อเพลิง



รูปที่ 1 แผนผังเส้นทาง ตำแหน่งหมู่บ้านและบ่อขยะ

ตารางที่ 1 แผนงานการจัดเก็บขยะ ระยะทางและระยะเวลาการจัดเก็บขยะในหนึ่งสัปดาห์

| วัน      | หมู่บ้าน                 | ระยะทางไป-กลับ<br>อบต.-หมู่บ้าน (km) | ระยะทางในหมู่บ้าน<br>(km) | ระยะเวลา<br>(hr) |
|----------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------|
| จันทร์   | บ้านโนนตุน หมู่ที่ 3     | 12.66                                | 3.22                      | 5                |
|          | บ้านโนนคูน หมู่ที่ 4     |                                      | 4.67                      |                  |
| อังคาร   | บ้านไส้ไก่ หมู่ที่ 1     | 5.07                                 | 6.49                      | 6                |
|          | บ้านท่าศาลา หมู่ที่ 10   |                                      | 2.43                      |                  |
| พุธ      | บ้านท่าศาลา หมู่ที่ 2    | 5.22                                 | 4.05                      | 4.67             |
|          | บ้านหัวนาเหนือ หมู่ที่ 6 |                                      | 3.05                      |                  |
| พฤหัสบดี | บ้านดงเค็ง หมู่ที่ 5     | 9.96                                 | 4.09                      | 5.5              |
|          | บ้านโนนจ๊ว หมู่ที่ 8     |                                      | 1.8                       |                  |
|          | บ้านหัวนากลาง หมู่ที่ 9  |                                      | 2.57                      |                  |
| ศุกร์    | บ้านท่าสวรรค์ หมู่ที่ 7  | 20.49                                | 4.64                      | 3                |
|          | บ้านท่าสวรรค์ หมู่ที่ 11 |                                      |                           |                  |



รูปที่ 2 แผนผังรูปแบบพฤติกรรมของการใช้เส้นทางในการจัดเก็บขยะของบ้านโนนตุ่น หมู่ที่ 3

## 2.2 ขั้นตอนประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม

การหาคำตอบ (solving algorithms) โมเดลปัญหาที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ได้ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และได้เลือกใช้วิธีการหาคำตอบแบบ Genetic Algorithms (GAs) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปคือ Evolver™ ของบริษัท Palisade Corp. [14] ขั้นตอนการใช้งาน Evolver คล้ายคลึงกับโปรแกรม Solver ซึ่งเริ่มจากการกำหนด ส่วนประกอบหลักของโมเดลดังนี้

ส่วนข้อมูลคือพื้นที่ ตำแหน่งถังขยะ และระยะทางระหว่างตำแหน่งถังขยะ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะกำหนดให้เป็นแบบ Minimization เพื่อหาคำตอบผลรวมของระยะทางรวมที่สั้นที่สุด

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^n d_{i,i+1} \quad (1)$$

โดยที่  $d_{i,i+1}$  คือระยะทางระหว่างถังขยะ  $i$  และ  $i+1$

ฟังก์ชันข้อจำกัดกำหนดขอบเขตบนและล่าง ซึ่งจะกำหนดให้น้อยกว่าหรือเท่ากับขอบเขตบนล่างของจำนวนถังขยะโดยพิจารณาจากตำแหน่งที่เริ่มเก็บกับตำแหน่งสิ้นสุดของถังขยะ

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์สำหรับ GA

| Item              | Parameter |
|-------------------|-----------|
| Optimization Goal | Minimum   |
| Constraints       | Hard      |
| Population Size   | 50        |
| Random Number     | Automatic |
| Crossover rate    | 0.5       |
| Mutation rate     | 0.1       |
| Trials            | 2,500     |

ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์สำหรับ GA เพื่อนำไปใช้ในการหาคำตอบของแบบจำลอง เงื่อนไขการสิ้นสุด (Runtime) ที่เหมาะสมกำหนดให้ใช้เป็นร้อยละการปรับปรุงที่ดีขึ้นของคำตอบเท่ากับร้อยละ 0.01 ภายในการลองผิดลองถูก 2,500 รอบ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้การลองผิดลองถูกเท่ากับ 20,000 รอบต่อหนึ่งแบบจำลองเส้นทาง เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด

## 2.3 การจำลองกำหนดตำแหน่งที่ตั้งถังขยะ

รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างแผนผังจำลองจัดวางตำแหน่งที่ตั้งถังขยะและระยะทางของบ้านโนนตุ่น หมู่ที่ 3 การจำลองเพื่อกำหนดตำแหน่งที่ตั้งวางถังขยะทั้ง 11

หมู่บ้าน จะเห็นได้ว่าการกำหนดจำนวนตำแหน่งที่ตั้งถึง  
ขยะของแต่ละหมู่บ้านมีจำนวนแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับ  
สายทาง ผังถนน และขนาดของหมู่บ้าน การกำหนดที่ตั้ง  
ถึงขยะในแบบจำลอง พิจารณาจุดตั้งถึงขยะจริงปัจจุบัน  
ของแต่ละหมู่บ้าน เส้นทางเดินรถจะครอบคลุมทุก

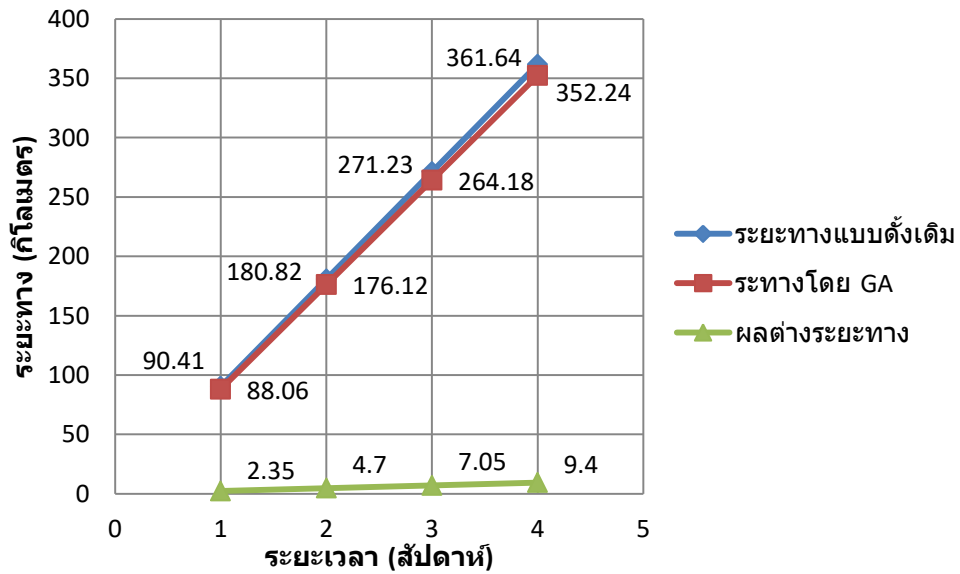
เส้นทางที่ผ่านจุดตั้งถึงขยะ โดยกำหนดจุดตำแหน่งที่ตั้ง  
ถึงขยะช่วงต้นและท้ายของถนนในแต่ละหมู่บ้าน และวัด  
ระยะระหว่างตำแหน่งที่ตั้งถึงขยะ (ตารางที่ 3)



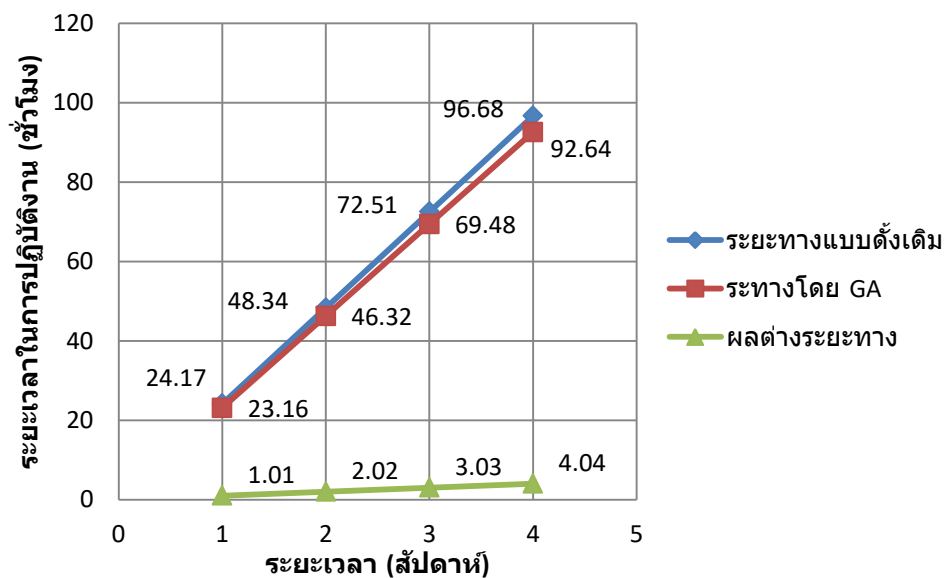
รูปที่ 3 แผนผังจำลองจัดวางตำแหน่งที่ตั้งถึงขยะและระยะทางของบ้านโนนตุน หมู่ที่ 3

ตารางที่ 3 ระยะทางระหว่างตำแหน่งถึงขยะของบ้านโนนตุน หมู่ที่ 3

| Bin | 1    | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9    | 10  | 11  | 12  | 13  |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 0    | 510 | 373 | 431 | 511 | 664 | 621 | 681 | 1091 | 649 | 502 | 500 | 569 |
| 2   | 510  | 0   | 253 | 311 | 391 | 143 | 501 | 561 | 971  | 368 | 382 | 380 | 448 |
| 3   | 373  | 253 | 0   | 58  | 200 | 291 | 310 | 319 | 729  | 276 | 129 | 127 | 196 |
| 4   | 431  | 311 | 58  | 0   | 142 | 233 | 252 | 261 | 671  | 218 | 71  | 69  | 138 |
| 5   | 511  | 391 | 200 | 142 | 0   | 375 | 110 | 280 | 690  | 360 | 71  | 211 | 390 |
| 6   | 664  | 143 | 291 | 233 | 375 | 0   | 485 | 494 | 904  | 225 | 304 | 302 | 305 |
| 7   | 621  | 501 | 310 | 252 | 110 | 485 | 0   | 203 | 613  | 470 | 181 | 321 | 80  |
| 8   | 681  | 561 | 319 | 261 | 280 | 494 | 203 | 0   | 410  | 203 | 241 | 192 | 123 |
| 9   | 1091 | 971 | 729 | 671 | 690 | 904 | 613 | 410 | 0    | 613 | 651 | 602 | 533 |
| 10  | 649  | 368 | 276 | 218 | 360 | 225 | 470 | 203 | 613  | 0   | 289 | 149 | 80  |
| 11  | 502  | 382 | 129 | 71  | 71  | 304 | 181 | 241 | 651  | 289 | 0   | 140 | 209 |
| 12  | 500  | 380 | 127 | 69  | 211 | 302 | 321 | 192 | 602  | 149 | 140 | 0   | 69  |
| 13  | 569  | 448 | 195 | 138 | 390 | 305 | 80  | 123 | 533  | 80  | 209 | 69  | 0   |



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับระยะทางจัดเก็บขยะ



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับเวลาในการปฏิบัติงาน

### 3. ผลทดสอบ

ตารางที่ 4 แสดงผลทดสอบโดยวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งลองผิดลองถูกเท่ากับ 20,000 รอบต่อเส้นทาง ผลลัพธ์เส้นทางเดินรถนำไปใช้สร้างโมเดลเส้นทางเก็บขยะได้ (เส้นสีแดงใน รูปที่ 3) จากการจำลองเส้นทางจัดเก็บขยะทั้ง 11 หมู่บ้าน

ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองเส้นทางไปปฏิบัติการจัดเก็บขยะ 4 สัปดาห์ รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับระยะทาง ระยะทางโดยวิธีเชิงพันธุกรรม (GA) และแบบดั้งเดิมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ผลรวมระยะทางโดยวิธีดั้งเดิมมีค่าสูงกว่าผลรวมระยะทางโดยวิธี GA สัปดาห์ที่ 4 เส้นทางเดินรถตามวิธีการปฏิบัติงานโดยวิธีดั้งเดิมมีระยะทางรวมสะสม 361.64

กิโลเมตร เส้นทางเดินรถจากการจำลองเส้นทางโดยวิธีเชิงพันธุกรรมมีระยะทางสะสม 352.24 กิโลเมตร ผลต่างระยะทาง 9.4 กิโลเมตร (ร้อยละ 2.67)

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับเวลาปฏิบัติงาน ผลต่างของเวลาในการปฏิบัติงานโดยวิธีดั้งเดิมและเวลาในการปฏิบัติงานโดยวิธีเชิงพันธุกรรมมี

ค่าเท่ากับร้อยละ 4.36 สัปดาห์ที่ 4 เวลาการปฏิบัติงานโดยวิธีดั้งเดิมรวมสะสมเท่ากับ 96 ชั่วโมง 40 นาที ในขณะที่เวลาการปฏิบัติงานจากการจำลองเส้นทางโดยวิธี GA รวมสะสมเท่ากับ 90 ชั่วโมง 38 นาที ผลต่างของเวลาเท่ากับ 4 ชั่วโมง 2 นาที

ตารางที่ 4 ผลทดสอบโดยวิธีเชิงพันธุกรรม

| หมู่บ้าน                   | เส้นทางเดินรถการจัดเก็บขยะ                                                             | ระยะทางในหมู่บ้าน (km) | ระยะเวลา (hr) |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|
| บ้านโนนตุ่น หมู่ที่ 3      | 1>3>2>6>4>12>11>5>7>8>9>10>13                                                          | 2.95                   | 4.75          |
| บ้านโนนคูณ หมู่ที่ 4       | 1>2>6>4>15>14>7>18>17>12>19>13>8>16>9>10>11>5>20>3>1                                   | 4.56                   |               |
| บ้านไส้ไก่ หมู่ที่ 1       | 1>5>3>4>2>20>6>10>12>21>11>9>22>8>13>15>14>19>17>18>16>7>1                             | 5.79                   | 5.58          |
| บ้านท่าศาลา หมู่ที่ 10     | 1>3>4>5>7>11>6>9>8>2>10>12                                                             | 2.41                   |               |
| บ้านท่าศาลา หมู่ที่ 2      | 3>3>6>2>9>10>7>5>4>13>22>8>18>23>14>12>21>11>15>16>17>19>20>24                         | 3.91                   | 4.5           |
| บ้านหัวนาเหนือ หมู่ที่ 6   | 1>2>4>5>14>3>7>6>11>9>8>13>12>15>10>16                                                 | 3.05                   |               |
| บ้านดงเค็ง หมู่ที่ 5       | 1>2>24>5>25>3>15>6>9>16>8>13>22>7>23>10>11>21>19>14>20>4>17>12>18>26                   | 3.24                   | 5.5           |
| บ้านโนนจั่ว หมู่ที่ 8      | 1>4>11>7>12>10>2>5>3>6>14>9>8>13>15                                                    | 1.71                   |               |
| บ้านหัวนากลาง หมู่ที่ 9    | 1>2>3>5>8>11>12>7>4>13>6>9>10>14                                                       | 2.46                   |               |
| บ้านท่าสวรรค์ หมู่ที่ 7,11 | 1>4>3>2>7>30>31>8>10>17>18>19>20>24>29>21>23>25>22>16>15>9>14>12>13>11>6>27>5>26>28>32 | 4.58                   | 2.83          |

#### 4. สรุป

การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ โดยการประยุกต์วิธี GA ด้วยการจำลองเส้นทางจัดเก็บขยะในหมู่บ้านที่อยู่ในเขตรับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลา 11 หมู่บ้าน ใช้เวลาทดสอบ 4 สัปดาห์ ระยะทางโดยวิธี GA และแบบดั้งเดิมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ผลรวมระยะทาง 4 สัปดาห์โดยวิธี GA สั้นกว่าแบบดั้งเดิม 9.4 กิโลเมตร (ร้อยละ 2.67) ผลรวมเวลาปฏิบัติงานโดยวิธี GA น้อยกว่าแบบดั้งเดิม 4 ชั่วโมง 2 นาที (ร้อยละ 4.36) แบบจำลองเส้นทางเดินรถโดยวิธี GA เป็นประโยชน์อย่างมากต่อองค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลา เพราะช่วยลดค่าดำเนินการ (ค่าพนักงาน, เชื้อเพลิง และซ่อมบำรุง) ลดลง และสามารถประมาณค่าใช้จ่ายการน้ำมันเชื้อเพลิงได้

#### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สำหรับสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] ฐิตินันท์ ศรีสุวรรณดี และ ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. 2555. การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งยานพาหนะด้วยวิธีการอาณานิคมมด กรณีศึกษา บริษัทเจียรนัยน้ำดื่ม จำกัด. KKU Research Journal; 17(5):706-714.
- [2] ธนา สาตรา กมลนัทร ขวลิตธิติกร ณัฐวดี ชนประเสริฐ และ วิธิตา วีรินทร์. 2555. การประยุกต์ใช้วิธีอาณานิคมมดกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโดยมีข้อจำกัด ด้านกรอบเวลาและพิจารณาระดับการ

- บริการ. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรม  
อุตสาหกรรม. จ. เพชรบุรี. 17-19 ตุลาคม 2555.
- [3] นพจุ สงษ์แบน และ สุรพงษ์ ศิริกุลวัฒนา. 2557. การประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหา  
เส้นทางการขนส่งของโรงกำจัดซากไก่. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 24(3).
- [4] มาโนช โลหะเตพานนท์ คุณัญญ์ สายวรรณะ และ วี  
ระยา ปัญญาสรเสริญ. 2558. แบบจำลอง  
สถานการณ์สำหรับการจัดหลุมจอดอากาศยาน. การ  
ประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 20. จ.  
ชลบุรี. 8-10 กรกฎาคม 2558.
- [5] Tom, V. and Mohan, S. 2003. Transit route  
network design using frequency coded genetic  
algorithm. *Journal of Transportation  
Engineering*; 129;2(186):186-195.
- [6] Chakroborty, P., Deb, K., and Subrahmanyam,  
P. 1995. Optimal scheduling of urban transit  
systems using genetic algorithms. *Journal of  
Transportation Engineering*; 6(544):544-553.
- [7] ปณิธาน พีรพัฒนา. 2549. เจเนติกส์อัลกอริทึมกับ  
ปัญหาการวางแผนโรงงาน. *KKU Engineering  
Journal*; 33(4):313- 324.
- [8] อุดลย์ พุกอินทร์. 2555. การจัดตารางการผลิตโดย  
เปรียบเทียบการจัดตารางทั่วไปและวิธีเจเนติก  
อัลกอริทึม. *KKU Engineering Journal*; 39(1):35-  
46.
- [9] อุดลย์ พุกอินทร์. 2557. วิธีการแก้ปัญหาของการจัด  
ตารางงานโดยใช้วิธีการผสมผสานเจเนติกอัลกอริทึม  
กับโลคอลเสิร์ช. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยี  
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี*; 7(2).
- [10] ยุพา ชิตทอง และเสรี ศุภราทิพย์. 2550. การพัฒนา  
แบบจำลอง Hybrid เพื่อการพยากรณ์ยอดน้ำ  
(กรณีศึกษา เหตุการณ์น้ำท่วมเชียงใหม่ ปี 2548).  
การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12.  
โรงแรมอมรินทร์ลากูน จ.พิษณุโลก. 2-4 พฤษภาคม  
2550.
- [11] อัสภา กิจพุง และ ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง. 2558. การ  
ประยุกต์ใช้แบบจำลองจีเนติกอัลกอริทึมในการหา  
เกณฑ์การระบายน้ำที่เหมาะสมสำหรับอ่างเก็บน้ำ  
เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน. การประชุมวิชาการ  
วิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 20. จ. ชลบุรี. 8-10  
กรกฎาคม 2558.
- [12] Dorigo, M. Maniezzo, V. and Colorni, A. 1996.  
Ant system: optimization by a colony of  
cooperating agents. *IEEE Trans SystMan  
Cybern*; 26(1):29-41.
- [13] Holland, J. 1975. *Adaptation in natural and  
artificial systems*: ann arbor. University of  
Michigan Press.
- [14] Guide to Using Evolver. 2010. The Genetic  
algorithm solver for micro soft excel. Palisade  
Corporation.