# การประยุกต์ใช้กระบวนการเชิงพันธุกรรมในการจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่าง กรณีศึกษา โรงพยาบาลนครปฐม

# Applying Genetic Algorithm for Vehicle Routing Problem of Specimen management Case Study: Nakon Pathom Hospital

ศิริลักษณ์ อเนกบุญลาภ[†1], ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน[‡2], ธีรพล เปียฉ่ำ[§3], ธนกรณ์ แน่นหนา[#4]

[†] *สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น*

[‡] *หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น*

*1771/1 ซอยพัฒนาการ 37 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250*

[1] siriluck@tni.ac.th

[2] dumrongkiat@tni.ac.th

[§] *ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิกและเทคโนโลยีประยุกต์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล*

[#] *หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล*

*999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบล ศาลายา อำเภอ พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170*

[3] theeraphon.pia@mahidol.ac.th

[4] thanakorn.nae@mahidol.ac.th

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างจากโรงพยาบาล (รพ.) ที่อยู่ใต้การดูแลของรพ.นครปฐม และส่งผลวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างกลับไปยังรพ.นั้น ๆ โดยกำหนดให้รถที่ออกไปรับกลุ่มตัวอย่างต้องกลับมายังรพ.นครปฐม ภายใน 3 ชั่วโมง นับตั้งแต่รถเริ่มออกเดินทาง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านบรรจุภัณฑ์ ด้านสภาพแวดล้อมภายนอก อาจทำให้ผลการวิเคราะห์ขาดประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้แบ่งวิธีการพัฒนาหาคำตอบเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1: จัดกลุ่มรพ.ที่อยู่ใต้การดูแลของรพ.นครปฐมตามเงื่อนไขเวลาที่กำหนด ขั้นตอนที่ 2: สร้างคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธีปมข้างเคียงที่ใกล้ที่สุด (Nearest neighbor Algorithm: NN) และขั้นตอน 3: นำคำตอบในขั้นตอนที่ 2 มาปรับปรุงเส้นทางด้วยกระบวนการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนารูปแบบวิธีการหาคำตอบโดยมีเป้าหมายเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลการวิเคราะห์ที่ต้นทุนการขนส่ง ผลการเปรียบเทียบพบว่าการปรับปรุงเส้นทางด้วย GA จาก NN ที่มีจำนวนรพ. และตำแหน่งที่ตั้งรพ.เหมือนกัน สามารถลดระยะทางรวมจากการจัดเส้นทางเดินรถจากความชำนาญของคนขับรถ ได้ถึงร้อยละ 22.037

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นเดินรถ, กระบวนการเชิงพันธุกรรม, วิธีปมข้างเคียงที่ใกล้ที่สุด, เงื่อนไขการจำกัดเวลาเดินรถ

**Abstract**

The research presents The Genetic Algorithm (GA) to solve the vehicle routing problems a sample with traffic time restriction for trucks the hospital that under the care of the Nakon Pathom hospital. As a result, the sample was returned to the hospital to analyze in the laboratory of the hospital within 3 hours since leave from Nakon Pathom hospital. Due to the limitations of the stuffing and the external environment may reduce effective of sample and can't analysts. The proposed method is composed of 3 steps as follow: grouping the hospital base on area of traffic time restriction, applying Neatest Neighbor algorithm (NN) to construct and initial feasible solution, improving the solution by GA. The computational result show that NN hybridized GA provided the base solution. In this research was conducted and developed a method to solve problem with the goal that provide the route map. Transportation cost of sample and analysis are low. A comparison show that use Genetic Algorithm from Nearest neighbor Algorithm with same quantity and same hospital can reduce distance from old process with expert for driving up to 22.037 average

Keywords: Vehicle Routing Problem, Genetic Algorithm, Nearest Neighbors Algorithm

## 1. บทนำ

การวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง หมายถึงการวิเคราะห์เลือด เม็ดเลือด ปัสสาวะ และอุจาระของผู้ป่วย เพื่อให้แพทย์นำผลการวิเคราะห์มาใช้ประกอบการวินิจฉัยโรคให้กับผู้ป่วยได้อย่างแม่นยำ ในการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างมีหลายรูปแบบ ตั้งแต่การสังเกตด้วยตา จนถึงการวิเคราะห์ด้วยอุปกรณ์ ซึ่งในการใช้อุปกรณ์วิเคราะห์จำเป็นต้องใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง บางรพ.ไม่สามารถมีอุปกรณ์ที่ทันสมัยในการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างได้ ทางรพ.นครปฐมจึงมีนโยบายในการรับกลุ่มตัวอย่างจากรพ.ที่อยู่ภายใต้การดูแลมาวิเคราะห์ผล และนำผลการวิเคราะห์ส่งกลับไปใช้ประกอบการวินิจฉัยโรค

ให้กับผู้ป่วย โดยอ้างอิงระบบการดูแลรพ.ตามการจัดสรรงบประมาณของกระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย

กระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย แบ่งการดูแลรพ.ในแต่ละจังหวัดออกเป็น 3 ระดับ เรียงตามความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับ ได้แก่ โรงพยาบาลศูนย์ (รพ.ศ.) โรงพยาบาลชุมชน (รพ.ช.) และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) ในจังหวัดนครปฐมมีรพ.ทั้งหมด 165 โรง ประกอบด้วย รพ.ศ. 1 โรง รพ.ช. 8 โรง รพ.สต. 156 โรง ในงานวิจัยฉบับนี้เน้นการจัดเส้นทางเดินรถ โดยศึกษาจากรพ.ที่อยู่ภายใต้การดูแลของรพ.นครปฐมทั้งหมด 45 โรง ประกอบด้วย รพ.ช. 8 โรง และรพ.สต. 37 โรง

ในการจัดเส้นทางเดินรถเป็นปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการขนส่ง จึงทำให้เกิดการวิจัยฉบับนี้ขึ้น เพื่อศึกษาหาวิธีการจัดเส้นทางเดินรถที่มีระยะทางรวมลดลงจากเดิม เพื่อลดต้นทุนทางการขนส่งลง ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจริงของรพ.นครปฐม โดยมีเงื่อนไขในการจัดเส้นทางเดินรถ 2 เงื่อนไข ได้แก่ ระยะเวลาเดินรถ และช่วงเวลาในการเดินรถ

ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนี้ โดยจัดกลุ่มรพ.ตามเงื่อนไขรอบเวลา และสร้างคำตอบเริ่มต้นด้วย NN จากนั้นนำคำตอบที่ได้มาปรับปรุงด้วย GA โดยมีเป้าหมายเพื่อหาเส้นทางเดินรถที่มีระยะทางรวมลดลง

## 2. ทบทวนวรรณกรรม

ปัญหาการเดินรถออกไปรับสินค้าหรือกระจายสินค้าเป็นการจัดการที่เน้นจัดการกับต้นทุนการขนส่ง [1] ซึ่งกระบวนการจัดเส้นทางเดินรถจะเน้นไปที่ความรวดเร็ว และความถูกต้องตรงตามตารางเวลาที่ได้วางแผนไว้ การวางแผนเส้นทางการเดินรถต้องคำนึงถึง ชนิดสินค้า จำนวนลูกค้า ความจุของรถ เป็นต้น [2] ดังนั้นในการออกแบบระบบการจัดเส้นทางเดินรถส่วนมากจะพยายามใช้เส้นทางที่เหมาะสมและลดต้นทุนในการขนส่งให้ลดลงมากที่สุด

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเป็นปัญหาการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนในระดับเอ็นพีฮาร์ด (NP – Hard Problem) ทำให้การหาผลเฉลยที่เหมาะสมด้วยวิธีแม่นตรง (Exact Method) เป็นวิธีในการหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยการคำนวณหาจากทุกกรณีที่สามารถเป็นไปได้มาเปรียบเทียบกัน การคำนวณทำได้ยากเมื่อมีจำนวนปัญหาขนาดใหญ่และมีเงื่อนไขจำนวนมาก ในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถในปี ค.ศ. 1959 กลุ่มนักวิจัย Dantzig ได้ทำการวิจัยพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการจัดเส้นทางต่าง ๆ ไว้สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถที่มีขนาดใหญ่ และมีเงื่อนไขจำนวนมาก ซึ่งใช้กันมาจนถึงปัจจุบัน [3]

ในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถมีหลากหลายวิธี โดยสามารถแบ่งออกได้ 3 กลุ่มได้แก่ วิธีการแม่นตรง วิธีฮิวริสติกส์ วิธีเมต้าฮิวริสติกส์ [4] ซึ่งผู้วิจัยหลาย ๆ ท่านได้นำการแก้ไขปัญหาทั้ง 3 กลุ่มมาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถในรูปแบบต่าง ๆ

การใช้วิธีการ Branch and Bound Algorithm ที่เป็นวิธีการแม่นตรงในการหาเส้นทางเดินรถ จากการแตกเส้นทางออกเป็นเส้นทางย่อยทั้งหมด และค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด แต่วิธีการนี้ใช้เวลาในการหาคำตอบนาน หากขนาดของปัญหามีขนาดใหญ่ก็จะต้องใช้เวลาในการหาคำตอบนานขึ้น ทำให้ไม่เหมาะกับปัญหาที่มีความซับซ้อน จำนวนลูกค้าค่อนมาก และมีความต้องการที่รวดเร็ว [5, 6]

การใช้วิธีกระบวนการเซฟวิ่ง [7] เป็นการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์เพื่อให้ได้ระยะทางรวมต่ำที่สุด ในการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์สามารถช่วยแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น และสามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว แต่อาจจะได้ความแม่นยำที่ต่ำ [8]

การใช้ NN เป็นการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์อีกอย่างหนึ่งที่ง่ายและสามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว ไม่ซับซ้อน แต่อาจจะได้ความแม่นยำที่ต่ำเช่นเดียวกับวิธีกระบวนการเซฟวิ่ง ในการหาคำตอบแบบ NN จะใช้ข้อมูลระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละจุด ในการตัดสินใจหาลูกค้าที่ใกล้ที่สุดก่อนจะออกเดินทาง และลูกค้าผู้นั้นต้องไม่เคยอยู่ในเส้นทางเดินรถมาก่อน [9]

การใช้ GA เป็นการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ ที่เพิ่มความซับซ้อนในการวิเคราะห์ผล โดยใช้แนวคิดเดียวกับการพัฒนาพันธุกรรมของมนุษย์มาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถ [10] ซึ่ง GA ถือเป็นวิธีที่หาคำตอบได้ใกล้เคียงกับวิธีการหาคำตอบแบบแม่นตรง อีกทั้งยังสามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว และมีความแม่นย่าค่อนข้างสูง หากเป็นปัญหามีขนาดเล็ก อีกทั้งความแม่นตรงยังแปรผันตรงกับขนาดและความซับซ้อนของปัญหาอีกด้วย

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมา วิธีการแบบฮิวริสติกส์เป็นวิธีการที่นิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ ซึ่งวิธีการที่นำมาใช้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการจัดเส้นทาง ข้อจำกัด และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจัดเส้นทางเดินรถ ทั้งนี้วิธีฮิวริสติกส์สามารถแก้ไขปัญหาได้ใกล้เคียงค่าความแม่นตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำ NN และ GA มาประยุกต์ใช้ โดยการหาคำตอบเริ่มต้นจาก NN ก่อน จากนั้นนำคำตอบที่ได้มาปรับปรุงด้วย GA โดยมีเงื่อนไขในการจัดเส้นทางตามข้อจำกัดตามหน้างานจริง

## 3. การรวบรวมข้อมูล

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างของเดือนเมษายน ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย ข้อมูลความต้องการส่งกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลระยะทางในการจัดเส้นทางเดินรถ ประเภทและความจุของรถที่ใช้ และเงื่อนไขในการจัดเส้นทางเดินรถ สำหรับนำมาวิเคราะห์หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการออกแบบระบบให้ผู้ใช้งานทั้งรพ.นครปฐม และรพ.ชหรือรพ.สต.ได้ใช้ในการรับจำนวนความต้องการในการส่งกลุ่มตัวอย่างในแต่ละวัน และจัดเส้นทางเดินรถตามจำนวนความต้องการนั้น ๆ ได้อย่างแม่นยำ ถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และเป็นเส้นทางเดินรถที่มีระยะทางรวมน้อยลง รวดเร็วทันเวลาที่สุด

3.1. ข้อมูลความต้องการส่งกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลการจัดเส้นทางเดินรถ ภายในเดือนเมษายน ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 ทำให้เห็นความแตกต่างของความต้องการในการส่งกลุ่มตัวอย่างในแต่ละวันได้อย่างชัดเจน โดยความต้องการในแต่ละวันขึ้นกับวันที่หน่วยแพทย์ลงพื้นที่ตรวจตาม รพ. นั้น ๆ

3.2. ข้อมูลระยะทางในการจัดเส้นทางเดินรถ

ระยะทางในการเดินทางในงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการเดินทางไปและกลับที่มีระยะทางไม่เท่ากัน (Asymmetric) โดยอ้างอิงจุดพิกัดละติจูดและลองติจูดของรพ.ทั้งหมด 45 โรง จากกระทรวงสาธารณะสุขประเทศไทย (http://www.ezymaps.com) และคำนวณระยะทางจากกูเกิ้ลแมพ (https://maps.google.co.th/maps?hl=th) เพื่อนำข้อมูลมาสร้างเป็นเมตริกระยะทาง ดังตัวอย่างตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างเมตริกระยะทาง

| | **1** | **2** | **…** | **45** |
|---|---|---|---|---|
| **1** | 0 | 4.8 | … | 23.7 |
| **2** | 6.57 | 0 | … | 23.5 |
| **:** | : | : | 0 | : |
| **45** | 4.26 | 7.631 | … | 23 |

3.3. ประเภทและความจุของรถที่ใช้

ในกรณีศึกษานี้ เป็นการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับเดินทางออกไปรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลการวิเคราะห์ระหว่างรพ.นครปฐมกับรพ.ภายใต้การดูแลของรพ.นครปฐม โดยรถที่ใช้ในการขนส่งมีความสามารถในการบรรจุกลุ่มตัวอย่างไม่จำกัด และไม่มีบรรจุภัณฑ์สำหรับเก็บรักษาอุณหภูมิหรือกันกระแทกให้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.4. วิธีการจัดเส้นทางเดินรถของกรณีศึกษาในปัจจุบัน

จากการสอบถามข้อมูลจากคณะแพทย์ที่ดูแลงานด้านการจัดเส้นทางเดินรถในช่วงเมษายน ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 พบว่าเส้นทางเดินรถเกิดจากประสบการณ์ของคนขับรถ มีรูปแบบการจัดเส้นทางที่มีแนวคิดใกล้เคียงกับ NN โดยคำนึงถึงระยะเวลาในการเดินรถ 3 ชั่วโมง เริ่มนับจากรถออกจากรพ.นครปฐมจนนำกลุ่มตัวอย่างกลับมายังรพ.นครปฐมในขั้นตอนสุดท้าย

3.5. เงื่อนไขในการจัดเส้นทางเดินรถ

การจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลการวิเคราะห์ในกรณีศึกษานี้ เป็นการจัดเส้นทางเดินรถระหว่างรพ.ไม่เกิน 45 โรง ขึ้นกับความต้องการในแต่ละวัน ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

- มีความต้องการไม่แน่นอน
- ระยะทางไป – กลับไม่เท่ากัน
- รถที่ใช้ในการเดินทางมีความจุไม่จำกัด
- รถที่ใช้ในการเดินทางวิ่งด้วยอัตราความเร็ว 70 กม./ชม.
- รถทุกคันจะต้องกลับมายังจุดเริ่มต้น ภายใน 3 ชม.

3.6. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลการวิเคราะห์ในกรณีศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการขนส่งลง ในการจัดเส้นทางเดินรถแบบความต้องการไม่แน่นอน สามารถอธิบายได้ด้วยกราฟ G (V,A) เมื่อ V = {0,1, … ,N} และ A = {(i,j) : i,j $\in$ V, I $\neq$ j}

**ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective function)**

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} C_{ij}x_{ij} \qquad \text{… (1)}$$

**สมการขอบข่าย (Subject to)**

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{v=1}^{NV} x_{ij}^{v} = 1 \quad (j = 2, \dots, n) \qquad \text{… (2)}$$

$$\sum_{j=1}^{N}\sum_{v=1}^{NV} x_{ij}^{v} = 1 \quad (i = 2, \dots, n) \qquad \text{… (3)}$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_{iv_0}^{v} - \sum_{j=1}^{N} x_{v_0 i}^{v} = 0 \qquad \text{… (4)}$$

$$x_{ij}^{v} = 0 \text{ or } 1 \text{ for all i, j, v} \qquad \text{… (5)}$$

**ดัชนี**

- i ลำดับโรงพยาบาล i (i = 1, 2, … ,N)
- j ลำดับโรงพยาบาล j (j = 1, 2, … ,N)
- v ลำดับรถที่ใช้ในการเดินทาง v (v = 1, 2, … , NV)

**พารามิเตอร์**

- V เซตของโรงพยาบาล
- $V_0$ โรงพยาบาลนครปฐม
- A เซตเส้นเชื่อมระหว่างโรงพยาบาล i ไป j
- N จำนวนโรงพยาบาลทั้งหมด เท่ากับ 45 โรงพยาบาล
- $C_{ij}$ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างโรงพยาบาล i ไป j
- $x_{ij}$ เส้นทางในการเดินทางระหว่างโรงพยาบาล I ไป j
- NV จำนวนรถที่ใช้ในการเดินทาง

สมการที่ (1) คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สำหรับหาค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่น้อยที่สุดที่เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเส้นทางในการเดินทางเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด สมการที่ (2) และ (3) เป็นการประกันว่ารพ.ทุกรพ.จะได้มีรถเพียง 1 คันใน 1 วันเท่านั้นที่จะเข้าไปรับกลุ่มตัวอย่าง สมการที่ (4) เป็นการประกันว่าเมื่อรถเข้ามายังจุดรับกลุ่มตัวอย่างแล้วจะต้องออกเดินทางไปรับกลุ่มตัวอย่างจากรพ.ในลำดับถัดไป สมการที่ (5) กำหนดให้ $x_{ij}$ เป็น 1 ก็ต่อเมื่อเส้นทางจากจุด i และ j เชื่อมโยงกันในแผนการเดินรถ และ $x_{ij}$ เป็น 0 ก็ต่อเมื่อเส้นทางจากจุด i และ j ไม่เชื่อมโยงกันในแผนการเดินรถ

**4. การพัฒนาวิธีการหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ**

งานวิจัยฉบับนี้พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนี้ โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดกลุ่มรพ.ที่อยู่ภายใต้การดูแลของรพ.นครปฐมตามเงื่อนไขเวลาที่กำหนด โดยรพ.ที่อยู่ภายใต้การดูแลของรพ.นครปฐมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ รพ.ช. และรพ.สต.

**โรงพยาบาลชุมชน** แต่ละรพ.จะต้องดูแลรพ.สต.ที่อยู่ภายใต้การดูแลของตัวเองอีกจำนวนหนึ่ง ดังนั้นการส่งกลุ่มตัวอย่างในบางวันจะไม่สามารถระบุช่วงเวลาที่แน่นอนได้ รพ.นครปฐมจึงเปิดให้รพ.ช.เข้ามาส่งกลุ่มตัวอย่างได้ตลอดเวลาทำการ ผู้วิจัยจึงออกแบบโดยแบ่งเป็นรอบการส่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 รอบ คือ รอบเช้าและรอบบ่าย

**โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล** แต่ละรพ.จะได้รับการดูแลจากรพ.นครปฐมหรือรพ.ช. แบ่งเป็น 3 รอบตามวันที่หน่วยแพทย์ลงพื้นที่คือ วันอังคาร วันพุธ และวันพฤหัส

**ขั้นตอนที่ 2** สร้างคำตอบเริ่มต้นด้วย NN สำหรับจัดเส้นทางการเดินรถตามความต้องการจากรพ.แต่ละแห่งในแต่ละวัน ตามข้อจำกัด โดยขั้นตอนของ NN มีกระบวนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1) กำหนดให้รพ.นครปฐมเป็นรพ.เริ่มต้นของเส้นทาง

2) ค้นหารพ.ที่มีระยะทางใกล้กับรพ.ก่อนหน้ามากที่สุด

3) ตรวจสอบเงื่อนไขว่า รพ.นั้นยังไม่เคยถูกจัดลงในเส้นทางหรือไม่ และเวลาในการเดินทางไม่เกิน 3 ชั่วโมงตามเงื่อนไขที่กำหนด

4) ถ้าหากถูกต้องตามเงื่อนไขใน 3) ให้รพ.ที่ได้นั้นเป็นรพ.ถัดไปในการเดินทาง

5) ตรวจสอบว่าในเส้นทางที่จัดมีครบทุกรพ.ที่กำหนดหรือยัง

6) หากเงื่อนไขใน 5) ไม่ครบ ให้วนทำ 2) - 5) จน 5) จะครบ

**ขั้นตอนที่ 3** เป็นการนำคำตอบที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาปรับปรุงเส้นทางด้วย GA ที่ถูกคิดค้นโดย Holland ในปี ค.ศ. 1975 ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากทฤษฎีของ Darwin เกี่ยวกับวิวัฒนาการและการสืบทอดสายพันธุกรรมของมนุษย์ โดยมนุษย์แต่ละคนมีโครโมโซมที่ไม่เหมือนกัน โครโมโซมของพ่อและโครโมโซมของแม่ส่งผลมายังโครโมโซมลูก GA ถูกจัดอยู่ในการแก้ปัญหาแบบเมต้าฮิวริสติกส์ และขั้นตอนของ GA มีกระบวนการวิเคราะห์ดังรูปที่ 1

GA มีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ดังต่อไปนี้

1) การออกแบบโครโมโซม (Chromosome Encoding) โดยการใช้โคโมโซมแบบลำดับ เช่น รพ.นครปฐม - รพ.ดอยยายหอม - รพ.ดอนตูม - รพ.อ้อยอี้เตี้ย - รพ.นครปฐม แทนด้วย 0 - 2 - 3 - 1 – 0

2) การสร้างประชากรเริ่มต้น โดยการสุ่มแบบความน่าจะเป็นไม่เท่ากัน (Greedy Random) กำหนดให้รพ.แรกและรพ.สุดท้ายในการเดินทางของทุกเส้นทางคือรพ.นครปฐม โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$p_i = \frac{\frac{1}{d_{ij}}}{\sum_{j \in s} \frac{1}{d_{ij}}} \quad \text{... (6)}$$

**พารามิเตอร์**

S เซตของโรงพยาบาลที่ยังไม่ถูกเลือก

$d_{ij}$ ระยะทางระหว่างโรงพยาบาล i ไปโรงพยาบาล j

3) ค่าฟิตเนสฟังก์ชั่น (Fitness Function) คือ การหาค่าความเหมาะสมในการเลือกเส้นทาง โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$f(x) = \sum_{i=0, j=0}^{I,J} x_{ij} d_{ij} \quad \text{... (7)}$$

**พารามิเตอร์**

I,J จำนวนโรงพยาบาลทั้งหมดที่ต้องเดินผ่าน

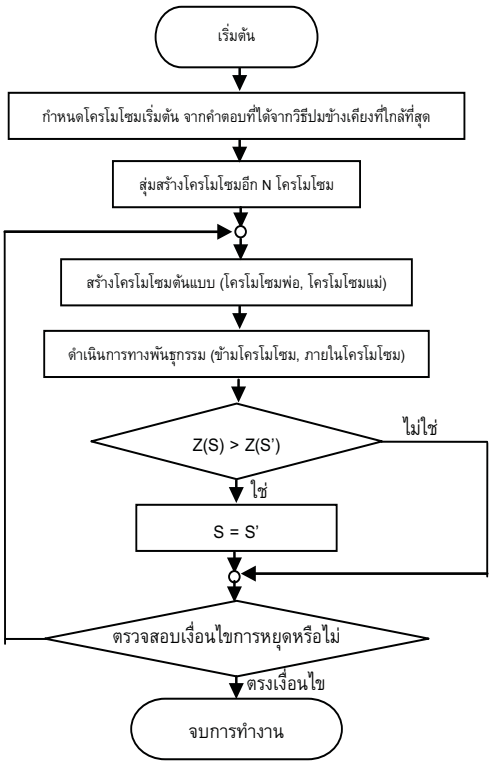
4) ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม คือ ตัวดำเนินการเพื่อให้เกิดการถ่ายทอดจากประชากรรุ่นหนึ่งสู่ประชากรอีกรุ่นหนึ่ง

4.1) การแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซม มีการกำหนดค่าความน่าจะเป็น (Pc) ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 60 – 95% หากการสุ่มค่าความน่าจะเป็นได้อยู่ในช่วงที่กำหนด ระบบจะทำการแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมแบบวนรอบ (Cycle Crossover: CX)

4.2) การแลกเปลี่ยนยีนภายในโครโมโซม มีการกำหนดค่าความน่า ($P_m$) ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0 – 10% นั่นหมายความว่า มีเพียงร้อยละ 0.1 เท่านั้นที่จะเกิดการกลายพันธ์

5) ขนาดของประชากรในแต่ละรุ่น (Population Size) จำนวนประชากรในแต่ละรุ่นช่วยให้เกิดคำตอบที่หลากหลาย

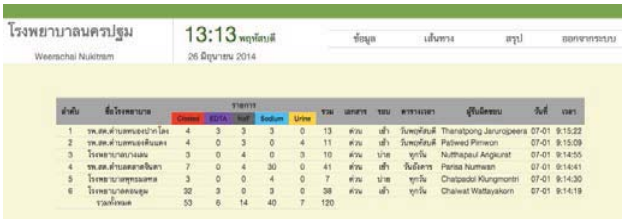
6) เงื่อนไขในการหยุดทำงาน (Stop Condition) ในงานวิจัยฉบับนี้ได้กำหนดไว้ว่า หากได้คำตอบเดียวกันซ้ำเกินค่าที่กำหนดไว้ ให้หยุดการประมวลผล และยึดคำตอบสุดท้ายเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด




รูปที่ 1 ขั้นตอนการจัดเส้นทางเดินรถด้วยกระบวนการเชิงพันธุกรรม

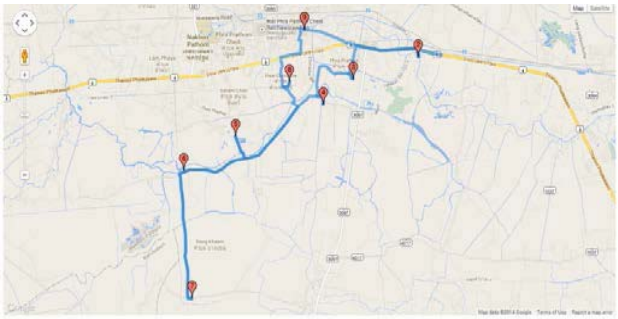
## ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบการจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลการวิเคราะห์คำสั่งภาษา Personal Home Page (PHP) สำหรับสร้างเว็บไซต์ และทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Macbook white, CPU 2.13 GHz, Intel Core 2 Duo, Ram 3 GB, DDR2, SDRAM บนระบบปฏิบัติการ OS X Mavericks 10.9.4 เพื่อให้แพทย์และพนักงานผู้เกี่ยวข้องใช้งานได้ง่ายขึ้น ดังตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมในรูปที่ 2 โปรแกรมสามารถรับความต้องการในการส่งกลุ่มตัวอย่าง ของแต่ละรพ. มาใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถให้กับผู้ขับรถตามเงื่อนไขต่าง ๆ โดยใช้ 3 ขั้นตอนในการจัดเส้นทาง นั่นคือการจับกลุ่มรพ.ตามข้อกำหนด การหาคำตอบเริ่มต้นด้วย NN และปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นด้วย GA




(a) หน้าจอแสดงความต้องการจากโรงพยาบาลต่าง ๆ

(b) หน้าจอแสดงลำดับเส้นทางการเดินรถ



(b) หน้าจอแสดงลำดับเส้นทางการเดินรถ โดยอ้างอิงจาก Google map

รูปที่ 2 ตัวอย่างหน้าจอของเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลรวมระยะทางของทั้ง 2 ขั้นตอนจากการจัดเส้นทางเดินรถ ด้วยการหาคำตอบเริ่มต้นด้วย NN และการปรับปรุงคำตอบด้วย GA ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 3 โดยเปรียบเทียบระยะทางรวมจากการจัดเส้นทางเดินรถที่มีจำนวนรพ. เท่ากัน ความต้องการเท่ากัน ตำแหน่งเดียวกัน และช่วงเวลาเดียวกัน

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบระยะทางรวมระหว่าง NN กับ GA

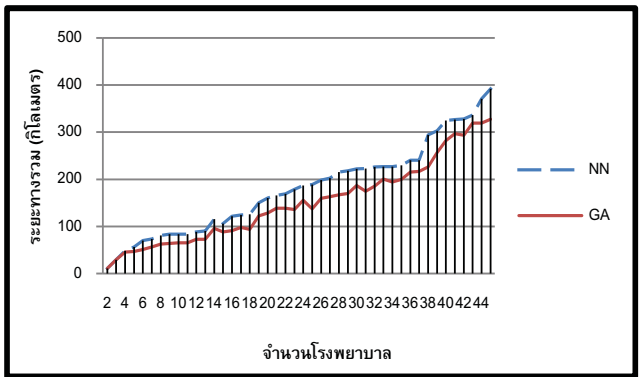
| No* | NN** | GA*** | No* | NN** | GA*** | No* | NN** | GA*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | - | - | 16 | 121.94 | 91.27 | 31 | 222.93 | 174.89 |
| 2 | 11.37 | 11.37 | 17 | 124.38 | 98.11 | 32 | 226.09 | 185.60 |
| 3 | 29.30 | 29.30 | 18 | 126.02 | 93.80 | 33 | 227.28 | 200.57 |
| 4 | 48.76 | 45.60 | 19 | 150.12 | 122.57 | 34 | 227.28 | 194.11 |
| 5 | 56.38 | 47.11 | 20 | 160.74 | 128.82 | 35 | 229.58 | 199.98 |
| 6 | 70.00 | 51.47 | 21 | 165.74 | 138.51 | 36 | 240.38 | 215.40 |
| 7 | 73.31 | 56.47 | 22 | 169.29 | 139.08 | 37 | 240.44 | 217.06 |
| 8 | 81.38 | 62.98 | 23 | 178.55 | 136.23 | 38 | 294.24 | 226.26 |
| 9 | 83.87 | 64.09 | 24 | 187.06 | 155.43 | 39 | 303.04 | 257.17 |
| 10 | 83.95 | 65.57 | 25 | 189.01 | 137.33 | 40 | 324.94 | 281.99 |
| 11 | 84.07 | 65.70 | 26 | 198.18 | 159.47 | 41 | 327.03 | 296.86 |
| 12 | 88.58 | 73.24 | 27 | 202.47 | 163.13 | 42 | 328.09 | 293.45 |
| 13 | 90.91 | 73.07 | 28 | 215.41 | 167.10 | 43 | 336.29 | 319.41 |
| 14 | 115.64 | 95.77 | 29 | 218.30 | 169.90 | 44 | 370.89 | 319.25 |
| 15 | 106.26 | 88.87 | 30 | 222.37 | 187.03 | 45 | 391.99 | 327.21 |
| | | | | | | รวม | 7873.85 | 6488.79 |
| | | | | | | เฉลี่ย | 78.82 | 69.85 |

*No. จำนวนโรงพยาบาล

**NN การจัดเส้นทางด้วยวิธีปมข้างเคียงที่ใกล้ที่สุด

***GA การจัดเส้นทางด้วยกระบวนการเชิงพันธุกรรม

จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบด้วยค่าเฉลี่ยผลต่างของระยะทางรวมระหว่างการหาคำตอบเริ่มด้วย NN และการนำ GA มาปรับปรุงคำตอบเริ่มต้น GA สามารถลดได้ถึง 11.94 กิโลเมตร หรือคิดเป็น 7.12% เมื่อเพิ่มจำนวนรพ.มากขึ้นค่าความต่างของระยะทางเดินรถจะมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในการจัดเส้นทางด้วย GA สามารถช่วยลดระยะทางรวมได้มากสุดถึง 67.98 กิโลเมตร หรือคิดเป็น 30.05%




รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบระยะทางรวมระหว่าง GA กับ NN

ผู้วิจัยได้นำระบบเข้าไปใช้กับรพ.นครปฐม และรพ.ที่เกี่ยวข้องในช่วงเดือนกรกฎาคม 2557 ที่ผ่านมา โดยให้รพ.ช.และรพ.สต. ส่งความต้องการเข้ามายังรพ.นครปฐม เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปจัดเส้นทางเดินรถ ซึ่งจากข้อมูลที่ทางรพ.นครปฐมยอมให้เปิดเผยได้ในตารางที่ 3 นั้น จะเป็นการเปรียบเทียบระยะทางรวมที่ได้จากการจัดเส้นทางระหว่างระบบที่ออกแบบโดยผู้วิจัย ที่เน้นการหาเส้นทางเดินรถจากการปรับปรุงคำตอบ NN ด้วย GA กับ การจัดเส้นทางเดินรถด้วยคนขับรถที่ยึดความชำนาญการเป็นหลัก

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบระยะทางรวมจากการจัดเส้นทางในปัจจุบันกับระบบที่ผู้วิจัยได้ประยุกต์ขึ้นมาสำหรับงานวิจัยฉบับนี้

| วันที่เดินทาง | จำนวน รพ. | ระยะทางรวมปัจจุบัน | ระยะทางรวมของระบบ | ส่วนต่าง | % ส่วนต่าง |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 ก.ค. 57 | 9 | 65.20 | 48.03 | 17.17 | 26.34% |
| 16 ก.ค. 57 | 13 | 96.60 | 72.27 | 24.33 | 25.19% |
| 18 ก.ค. 57 | 10 | 78.80 | 67.31 | 11.49 | 14.58% |
| | | | | เฉลี่ย | 22.037% |

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของระยะทางรวมในการจัดเส้นทางเดินรถ 3 วันทำการจริงของรพ.นครปฐม สำหรับการจัดรถออกไปรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลวิเคราะห์กลับไปยังรพ.นั้น ๆ ทำให้เห็นว่าการจัดเส้นทางด้วยระบบที่ทางผู้วิจัยได้ออกแบบมานั้นสามารถลดระยะทางได้สูงสุด 24.33 กิโลเมตร หรือร้อยละ 22.037 โดยเฉลี่ยจากข้อมูลทั้ง 3 วันที่ทางรพ.สามารถให้ข้อมูลได้

## 5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลวิเคราะห์ของกรณีศึกษารพ.นครปฐม โดยพิจารณาจากเงื่อนไขข้อจำกัดด้านของเวลาในการเดินรถ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางรวมของเส้นทางในแต่ละวัน โดยในกรณีศึกษานี้มีรพ.นครปฐมเป็นศูนย์กลางในการจัดเส้นทาง เนื่องจากทุกรพ.ในกรณีศึกษาจะต้องส่งกลุ่มตัวอย่างมาให้กับรพ.นครปฐม เพื่อไปวิเคราะห์ผล เพื่อนำผลกลับไปใช้ประกอบการตัดสินใจของหน่วยแพทย์ ในงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอวิธีการ 3 ขั้นตอนประกอบด้วย ขั้นตอนแรกจัดกลุ่มรพ.ตามเงื่อนไขเวลาที่กำหนด ขั้นตอนที่สอง สร้างคำตอบเริ่มต้นด้วย NN และขั้นตอนสุดท้ายนำคำตอบที่ได้มาปรับปรุงเส้นทางโดย GA

ในการทำงานวิจัยฉบับนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลา เนื่องจากขาดอุปกรณ์ในการรักษาสภาพของกลุ่มตัวอย่าง ถ้าหากในอนาคตมีกล่องรักษาอุณหภูมิหรือกล่องกันกระแทกสำหรับใส่กลุ่มตัวอย่าง จะทำให้ข้อจำกัดในด้านเวลาการเดินทางมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จากระบบเดิมคือการจัดเส้นทางเดินรถที่ความชำนาญของคนขับ ดังนั้นการวางแผนการเดินรถของผู้วิจัยฉบับนี้อาจจะนำไปใช้กับการทำงานจริงได้ยาก หากผู้ปฏิบัติงานอยู่ในปัจจุบันไม่เปิดใจยอมรับการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการทำงาน แนวคิดในการพัฒนางานวิจัยในอนาคตมีดังต่อไปนี้

1) พัฒนาวิธีการจัดเส้นทางเดินรถที่มีข้อจำกัดในด้านของปริมาณกลุ่มตัวอย่างในแต่รอบการเดินทาง หากในอนาคตมีการเพิ่มกล่องรักษาอุณหภูมิหรือกล่องกันกระแทก เท่ากับสามารถเพิ่มปริมาณกลุ่มตัวอย่างในแต่เที่ยวการเดินรถ

2) นำคำตอบที่ดีที่สุดหรือค่าขอบเขตต่ำสุด (Lower Bound) มาเปรียบเทียบ เพื่อทดสอบความแม่นยำของระบบ

3) พัฒนาระบบ RFID (Radio-frequency identification) ในการตรวจสอบสถานะของรถที่ออกไปรับกลุ่มตัวอย่าง ว่าอยู่ในเส้นทางเดินรถที่ได้วางแผนไว้หรือไม่

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยมหิดล คณะเทคนิคการแพทย์ ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิกและเทคโนโลยีประยุกต์ มหาวิทยาลัยมหิดล คณะบริหารธุรกิจ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น และคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น และได้รับความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยฉบับนี้จากทีมแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งกลุ่มตัวอย่างของรพ.นครปฐม ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

## เอกสารอ้างอิง

[1] สุดารัตน์ สุ่มมาตย์. "การใช้วิธีเชิงฮิวริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะและการบรรจุ." วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.

[2] Tantikorn Pichpibul, Ruengsak Kawtummachai. "A Heuristic Approach Based on Clarke-Wright Algorithm for Open Vehicle Routing Problem." The Scientific World Journal 2013: 11.

[3] Dantzig, G. B. and J. H. Ramser. "The Truck Dispatching Problem." Management Science 6, no. 1 (1959): 80-91.

[4] ณกร อินทร์พยุง. การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

[5] Jeon, Geonwook, Herman R. Leep and Jae Young Shim. "A Vehicle Routing Problem Solved by Using a Hybrid Genetic Algorithm." Computers & Industrial Engineering 53, no. 4 (2007): 680-692.

[6] กวี ศรีเมือง. "การหาจำนวนรถบรรทักที่เหมาะสมในการขนส่งสินค้าในธุรกิจค้าปลีก : กรณีศึกษาท๊อปส์ซุปเปอร์มาร์เก็ต." วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[7] Clarke, G. and J. W. Wright. "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points." Operations Research 12, no. 4 (1964): 568-581.

[8] Zanakis, Stelios H. and James R. Evans. "Heuristic “Optimization”: Why, When, and How to Use It." Interfaces 11, no. 5 (1981): 84-91.

[9] Liu, Ran, Xiaolan Xie, Vincent Augusto and Carlos Rodriguez. "Heuristic Algorithms for a Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup and Time Windows in Home Health Care." European Journal of Operational Research 230, no. 3 (2013): 475-486.

[10] Baker, Barrie M. and M. A. Ayechew. "A Genetic Algorithm for the Vehicle Routing Problem." Comput. Oper. Res. 30, no. 5 (2003): 787-800.