

การแก้ปัญหาการจัดส่งเลือดด้วยวิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่า

BLOOD VEHICLE ROUTING PROBLEM BY HYBRID CUCKOO SEARCH ALGORITHM

คณน สุจारी¹ และ สิริชัย จิรวงศ์นุสรณ์²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์,
96 หมู่ 3 ถ.พุทธมณฑล สาย 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170,
kanon.suj@rmutr.ac.th

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์,
96 หมู่ 3 ถ.พุทธมณฑล สาย 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170,
sirichai.jir@rmutr.ac.th

Kanon Sujaree¹ และ Sirichai jirawongnuson²

¹Division of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Rattanakosin, 96 Moo 3 Phutthamonthon Sai 5 Rd.
Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand, kanon.suj@rmutr.ac.th

²Division of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Rattanakosin, 96 Moo 3 Phutthamonthon Sai 5 Rd.
Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand, sirichai.jir@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่าประยุกต์กับวิธีค้นหาแบบทามูและวิธีค้นหาแบบเพื่อนบ้านซึ่งเรียกรวมกันว่าวิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่า สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางจัดส่งเลือดของศูนย์รับบริจาคเลือดจังหวัดเชียงใหม่ไปยังโรงพยาบาลในพื้นที่ความรับผิดชอบ เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดสำหรับการจัดส่งเลือด การทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมจึงกำหนดขนาดของปัญหาเป็นสามขนาด และนำเสนอวิธีการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการหาผลเฉลย ปรากฏว่าวิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่าให้ผลเฉลยดีกว่าวิธีทางพันธุกรรม วิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่า และวิธีปฏิบัติยาเคมี สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ 150, 16 และ 12 กิโลเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: วิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่า, ปัญหาการจัดส่งเลือด, การออกแบบการทดลอง

ABSTRACT

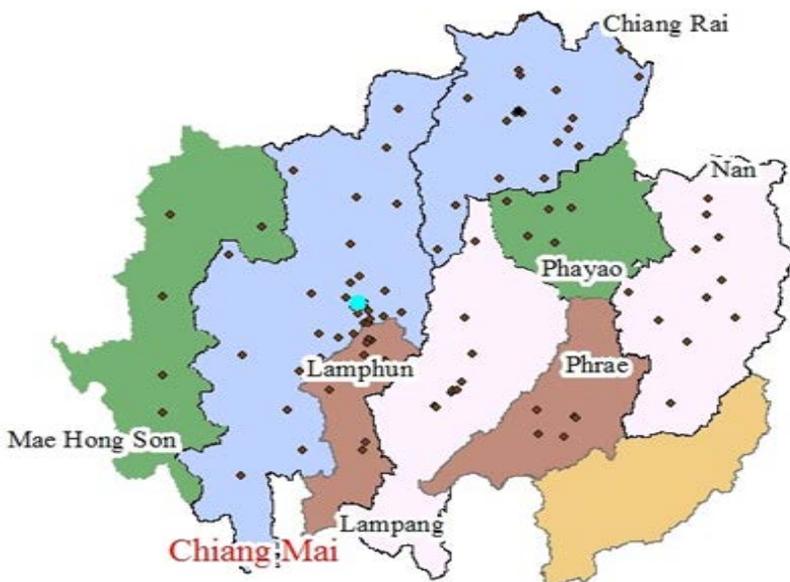
This research proposes the hybrid method between Cuckoo Search, Tabu Search and Neighborhood Search that called the hybrid cuckoo search. The proposed algorithm solves blood routing problem from Chiang Mai blood donation center to hospitals in the responsible area. The aim of this research is to minimize the distances for blood transportation. There are three sizes of comparing dataset to measure the hybrid cuckoo search performance. The design of the experiment and the variance analysis were used to find the appropriate parameters. The hybrid cuckoo search can get the better solution than the Genetic algorithm, Cuckoo search and artificial chemical reaction optimization algorithm in the large problem by 150, 16 and 12 km, respectively.

KEYWORDS: Hybrid cuckoo search, Blood routing problem, Design of experiment

1. บทนำ

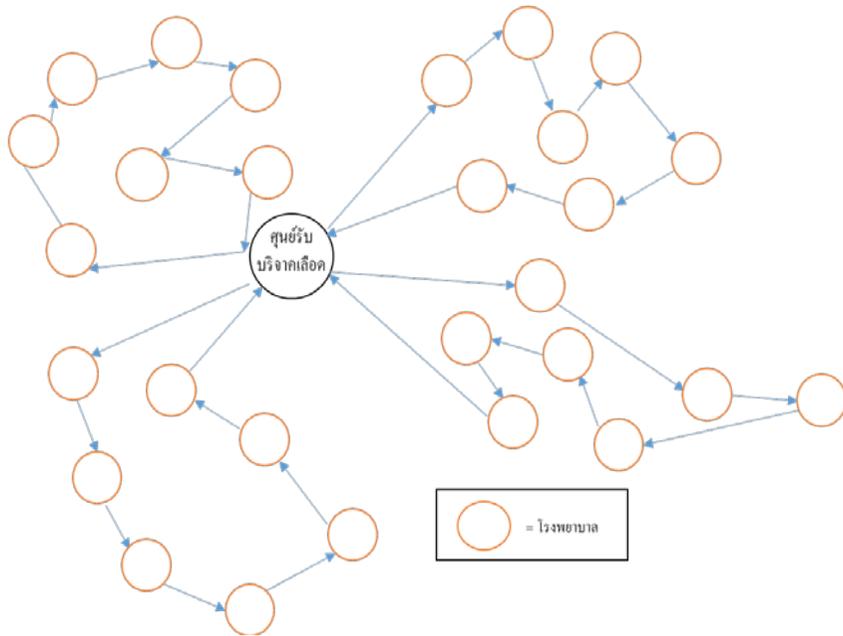
องค์กรหลักที่รับบริจาคเลือดของประเทศไทยคือสภากาชาดไทย ซึ่งเป็นองค์กรที่มีหน้าที่บริการเกี่ยวกับเลือดทั้งรับบริจาคเลือดและให้โรงพยาบาลที่ต้องการเลือดนำเลือดไปบริการคนไข้ โดยดำเนินการจัดตั้งศูนย์โลหิตแห่งชาติ (National Blood Centre: NBC) ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งความต้องการใช้เลือดตามหมู่เลือดในแต่ละวันของประเทศไทย คือ หมู่ A 400 ยูนิต หมู่ B 400 ยูนิต หมู่ O 600 ยูนิต และหมู่ AB 100 ยูนิต โดย 1 ยูนิตจะเท่ากับ 400 ซีซี สำหรับศูนย์รับบริจาคเลือดส่วนภูมิภาค (Regional Blood Centre: RBCs) มีหน้าที่แบบเดียวกันกับ NBC มีจำนวนศูนย์รับบริจาคโลหิตส่วนภูมิภาค 11 แห่งทั่วประเทศกระจายไปตามพื้นที่จังหวัดใหญ่ๆ ที่เป็นศูนย์กลางของแต่ละภูมิภาค โดยทั้ง NBC และ RBCs มีทำหน้าที่ประชาสัมพันธ์การรับบริจาคเลือด การตั้งจุดรับบริจาคเลือดนอกสถานที่การคัดกรองเลือด การสำรองเลือด การบริหารคลังเลือดและจัดส่งเลือดไปยังโรงพยาบาลทั่วประเทศ โดยการกำหนดจากรัฐบาล สำหรับจุดประสงค์หลักของสภากาชาดไทยคือรักษาระดับปริมาณเลือดให้เพียงพอต่อความต้องการและรักษาคุณภาพของเลือดซึ่งจุดประสงค์เหล่านี้เป็นมาตรฐานแบบเดียวกับนานาชาติ ส่วนขั้นตอนการคัดกรองเลือดประกอบไปด้วยการแยกกลุ่มของเลือดและคัดกรองเลือดจากเลือดที่มีเชื้อโรคซิฟิลิส HIV และเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและซี เลือดทั้งหมดถูกทำการแยกอยู่ในรูปของเม็ดเลือดแดง (Single Donor Red Cell) มีอายุอยู่ได้ 21-42 วันแล้วแต่ชนิดของเม็ดเลือดแดง พลาสมา (Single Donor Plasma) อยู่ได้ประมาณ 1 ปี ที่อุณหภูมิติดลบและเกร็ดเลือด (Single Donor Platelets) อยู่ได้ประมาณ 5 วัน เพื่อแจกจ่ายไปยังโรงพยาบาล (ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติสภากาชาดไทย กรุงเทพฯ, 2016) การศึกษาของงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่พื้นที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยสำหรับรองรับความ

ต้องการเลือดของโรงพยาบาลของเขตภาคเหนือตอนบน ซึ่งจุดรับบริจาคจัดตั้งขึ้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ที่ตั้งของศูนย์รับบริจาคเลือดจังหวัดเชียงใหม่ อยู่ที่เลขที่ 196 ถนนราชภาคินัย ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมือง เทศบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งมีหน้าที่รับบริจาคและจัดส่งเลือดไปยังโรงพยาบาลเขตจังหวัดภาคเหนือตอนบน 8 จังหวัด คือ เชียงใหม่ เชียงราย แพร่ น่าน ลำปาง พะเยา และแม่ฮ่องสอน ซึ่งจำนวนโรงพยาบาลที่ต้องจัดส่งเลือด คือ 112 โรงพยาบาล โดยทำการจัดส่งโดยใช้รถตู้ที่กำหนดคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการเก็บรักษาเลือดและกำหนดการจัดส่ง 3 วันต่อการจัดส่ง 1 ครั้ง [1] จุดดำของรูปที่ 1 แสดงตำแหน่งของโรงพยาบาลทั้ง 112 แห่ง



รูปที่ 1 ตำแหน่งของโรงพยาบาลสำหรับจัดส่งเลือด

ขอบเขตของงานวิจัยนี้คือ การจัดส่งเลือดจากศูนย์รับบริจาคเลือดจังหวัดเชียงใหม่ ไปยังโรงพยาบาลต่างๆ 112 โรงพยาบาล โดยการจัดส่งเริ่มจากจุดรับบริจาคเลือดไปส่งยังโรงพยาบาลต่างๆ ตามความต้องการเลือดของแต่ละโรงพยาบาลและเช็คปริมาณเลือดที่เหลืออยู่บนรถ เมื่อส่งเลือดครบหรือปริมาณเลือดที่เหลือบนรถไม่เพียงพอต่อความต้องการของโรงพยาบาลที่จะจัดส่ง จึงกลับมาเติมเลือดที่ศูนย์รับบริจาคเลือดอีกครั้ง หลังจากจัดส่งเลือดครบตามจำนวนที่โรงพยาบาลต้องการแล้วรถจัดส่งเลือดก็จะเดินทางกลับมาประจำที่ศูนย์รับบริจาคเลือด มีรูปแบบการจัดส่งเลือดแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปแบบการจัดส่งเลือดจากศูนย์รับบริจาคเลือดไปยังโรงพยาบาล

ปัญหาการจัดส่งเลือดจัดเป็นรูปแบบของปัญหาการขนส่งชนิดหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าปัญหาการขนส่งแบบมีเงื่อนไขด้านความจุของรถขนส่ง (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP) ซึ่งมีรูปแบบปัญหาคือ รู้ปริมาณที่ลูกค้าต้องการและสถานที่จัดส่งที่แน่นอน (โรงพยาบาลแต่ละโรงพยาบาลแจ้งความต้องการเลือดไปยังศูนย์รับบริจาคเลือด และจัดส่งไปยังโรงพยาบาลนั้นๆ) [2] สำหรับวิธีการแก้ปัญหาการจัดส่งเลือด อยู่ในกลุ่มของปัญหาแบบ Non Polynomial hard (NP Hard) ซึ่งมีความซับซ้อนสำหรับแก้ปัญหา โดยงานวิจัยด้านปัญหาการขนส่งแบบมีเงื่อนไขด้านความจุรถ มีการค้นคว้าอย่างแพร่หลาย วิธีแก้ปัญหาการขนส่งแบบมีเงื่อนไขด้านความจุรถสามารถแบ่งวิธีการแก้ปัญหาออกเป็น 3 วิธีคือวิธีแบบที่หนึ่งคือ วิธีแก้ปัญหาแบบสมการคณิตศาสตร์ (Mathematical model) เช่น Linear Programming (LP) หรือ Dynamic Programming (DP) เหมาะกับปัญหขนาดของข้อมูลไม่มาก ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถหาผลเฉลยที่ดีที่สุดเนื่องจากใช้หลักการทางคณิตศาสตร์เหมาะสมกับปัญหาที่มีขนาดเล็ก เพราะใช้เวลาในการหาผลเฉลยใช้เวลานาน โดยมีเวลาการคำนวณเพิ่มขึ้นเป็นรูปแบบ exponential ตามขนาดของปัญหา วิธีแบบที่สอง คือ วิธีแก้ปัญหาแบบเฉพาะเจาะจงกับชนิดของปัญหา (Specific approach) เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาการแบบเฉพาะเจาะจง หรือเรียกว่า Exact method จึงไม่สามารถนำไปประยุกต์แก้ปัญหาอื่นได้ และไม่การันตีผลเฉลยที่ดีที่สุดเพราะหาผลเฉลยจากการประมาณ (Approximation) โดยวิธีนี้พัฒนาขึ้นเพื่อต้องการลดพื้นที่การค้นหาคำตอบและลดเวลาสำหรับการ

ประมวลผล วิธีการแบบที่สาม คือวิธีแก้ปัญหาแบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligent) หรือเรียกว่า วิธี Metaheuristic หรือวิธี Machine learning เป็นวิธีที่เหมาะสมกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ มีพื้นที่ของผลเฉลยมากปัญหามีความสลับซับซ้อนสูง เพราะวิธีการนี้มีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา เพราะมีการเรียนรู้การสร้างผลเฉลยและพัฒนาผลเฉลยด้วยตัวของอัลกอริทึมเอง เหมาะกับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสม (Optimization) [3] แต่หัวใจสำคัญคือการประยุกต์วิธีแก้ปัญหากับปัญหาให้มีความเหมาะสม วิธีเมตาฮีริสติก (Metaheuristic) ถูกประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในสาขาวิชา เช่น วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ บริหารธุรกิจ การจัดการทรัพยากร เป็นต้น คำว่าเมตาฮีริสติกมาจากรากศัพท์ภาษากรีก โดยแบ่งเป็น 2 คำผสมกันคือคำว่า เมตา แปลว่า เหนือกว่า พิเศษ ถัดไป คำว่า ฮีริสติกส์ แปลว่า การหา การสำรวจ ซึ่งรวมกันมีความหมายว่า วิธีการที่เหนือกว่าวิธีการปกติ หรือพัฒนามาจากทฤษฎีหนึ่งเพื่อแก้ปัญหาอีกทฤษฎีหนึ่ง [4] โดยส่วนมากวิธีการเมตาฮีริสติกพัฒนามาจากแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และสังคม วิธีเมตาฮีริสติกที่พัฒนามาจากพื้นฐานและกฎทางฟิสิกส์เช่น วิธี Gravity Search Algorithm (GSA) [5], วิธี Intelligent Water Drops Algorithm (IWD) [6] เป็นต้น วิธีเมตาฮีริสติกที่พัฒนามาจากพื้นฐานทางชีววิทยาหรือจากพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต เช่น วิธี Ant Colony Optimization (ACO) [7], วิธี Cuckoo Search (CS) [8], วิธี Particle Swarm Optimization (PSO) [9] และ วิธี Genetic Algorithm (GA) [10] เป็นต้น วิธีเมตาฮีริสติกที่พัฒนามาจากพื้นฐานทางเคมี เช่น วิธี Artificial Chemical Reaction Optimization (ACROA) [11] วิธีเมตาฮีริสติกที่พัฒนามาจากพื้นฐานทางสังคมวิทยา เช่น วิธี Imperialist Competitive Algorithm (ICA) [12], วิธี Tabu Search (TS) [13] และวิธี Neighbor Search (NS) [14] วิธีเมตาฮีริสติกที่พัฒนามาจากพื้นฐานทางมานุษยดนตรีวิทยา เช่น วิธี Harmony Search Algorithm (HSA) [15] จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการแบ่งวิธีเมตาฮีริสติกด้วยพื้นฐานการพัฒนาแต่ถ้าแบ่งด้วยวิธีการสร้างประชากรเริ่มต้นแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบสุ่ม (Random) ซึ่งความน่าจะเป็นเท่ากันเช่น GA, PSO และแบบความน่าจะเป็นไปยังตำแหน่งถัดไปเช่น ACO, CFO [16] โดยหัวใจสำคัญของวิธีเมตาฮีริสติก คือการเรียนรู้ด้วยตัวของอัลกอริทึม จากประสบการณ์หรือผลเฉลยก่อนหน้า ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบนำเอาผลเฉลยเก่ามาพัฒนาต่อ เช่นวิธี GA, วิธี PSO ซึ่งนำผลเฉลยจากรอบการคำนวณครั้งก่อนมาเก็บเป็นผลเฉลยเริ่มต้นของรอบการคำนวณถัดมาและวิธีการนำผลเฉลยครั้งก่อนมาแทนด้วยตัวเลขเพื่อแทนผลเฉลยทั้งหมด เช่น วิธีของกลุ่ม ACO งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่า ซึ่งพัฒนาจากงานวิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่าสำหรับการแก้ปัญหาค่าการจัดส่งเลือดในพื้นที่ของศูนย์รับบริจาคเลือดจังหวัดเชียงใหม่ ไปยังโรงพยาบาลในเขตพื้นที่รับผิดชอบ [1]

บทความประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ที่จะอธิบายในหัวข้อถัดไปคือ หัวข้อที่ 2 สมการของปัญหาการจัดส่งเลือด หัวข้อที่ 3 แนวคิดวิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่า หัวข้อที่ 4 การประยุกต์วิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่ากับปัญหาการจัดส่งเลือด หัวข้อที่ 5 การออกแบบการทดลอง

สำหรับหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่า หัวข้อที่ 6 การสรุปผล การทดลอง

2. สมการและเงื่อนไขของปัญหาการจัดส่งเลือด

รูปแบบของสมการปัญหาการจัดส่งเลือด มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดของการจัดส่งเลือดจากศูนย์รับบริจาคเลือดไปยังโรงพยาบาลต่างๆ ในเขตความรับผิดชอบ ครอบคลุมความต้องการเลือดในแต่ละกรุ๊ปของแต่ละโรงพยาบาล ซึ่งกำหนดความหมายของตัวแปรดังต่อไปนี้

Z	ผลรวมระยะทางสำหรับการจัดส่งเลือดจากศูนย์รับบริจาคเลือดไปยังโรงพยาบาล
i	โรงพยาบาล i
j	โรงพยาบาล j
k	รถขนส่งเลือด k
U_i^k	ระยะทางจากโรงพยาบาล i โรงพยาบาล j
N	จำนวนโรงพยาบาลทั้งหมด
K	จำนวนรถทั้งหมด
p	โรงพยาบาล
A	กรุ๊ปเลือด A
B	กรุ๊ปเลือด B
AB	กรุ๊ปเลือด AB
O	กรุ๊ปเลือด O
a_k	ความจุของยานพาหนะ ที่ k
q_i^A	ความต้องการเลือดกรุ๊ป A ของโรงพยาบาล i
q_i^B	ความต้องการเลือดกรุ๊ป B ของโรงพยาบาล i
q_i^{AB}	ความต้องการเลือดกรุ๊ป AB ของโรงพยาบาล i
q_i^O	ความต้องการเลือดกรุ๊ป O ของโรงพยาบาล i
X_{ij}^k	เป็น 1 ถ้ายานพาหนะ k เดินทางจากโรงพยาบาล i ไป j และเป็น 0 ถ้าไม่เดินทาง
Y_i^k	เป็น 1 เมื่อเลือดถูกบรรทุกด้วยยานพาหนะ k และเป็น 0 ถ้าไม่ได้ถูกส่งด้วยพาหนะ k
U_i^k	ค่าตัวแปรสำหรับป้องกันการส่งเลือดไม่ครบ

โดยมีการกำหนดสมการวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

$$\text{Min } Z = \sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^N \sum_{i=0}^N d_{ij} X_{ij}^k \quad (1)$$

เงื่อนไขและข้อจำกัด

$$\sum_{j=1}^N X_{oj}^k \leq 1 \quad (K = 1, 2, 3, \dots, K) \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^N X_{ip}^k - \sum_{j=0}^N X_{pj}^k = 0 \quad (p = 1 \dots N) \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^K Y_i^k = 1 \quad (i = 1, 2, 3 \dots K) \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^N q_i^A Y_i^K \leq a_k^A \quad (k = 1 \dots K) \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N q_i^B Y_i^K \leq a_k^B \quad (k = 1 \dots K) \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^N q_i^O Y_i^K \leq a_k^O \quad (k = 1 \dots K) \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N q_i^{AB} Y_i^K \leq a_k^{AB} \quad (k = 1 \dots K) \quad (8)$$

$$Y_i^k \leq \sum_{j=1}^N X_{ji}^k \quad (i = 1 \dots N), (k = 1 \dots K) \quad (9)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N X_{ij}^k \geq 1 \quad (j = 1, 2, 3 \dots N) \quad (10)$$

$$U_i^k \geq U_j^k + q_i - a_k + (a_k (X_{ij}^k + X_{ji}^k)) - X_{ij}^k (q_i + q_j) \quad (11)$$

$$U_i^k \leq a_k - X_{oi}^k (a_k - q_i) \tag{12}$$

$$U_i^k \leq q_i + \sum_{j=1}^N q_j X_{ji}^k \tag{13}$$

$$X_{ij}^k = \{0,1\} \quad (i=1\dots N), (j=1\dots N), (k=1\dots K) \tag{14}$$

$$Y_i^k = \{0,1\} \quad (i=1\dots N), (k=1\dots K) \tag{15}$$

$$U_i^k \geq 0 \quad (i=1\dots N), (k=1\dots K) \tag{16}$$

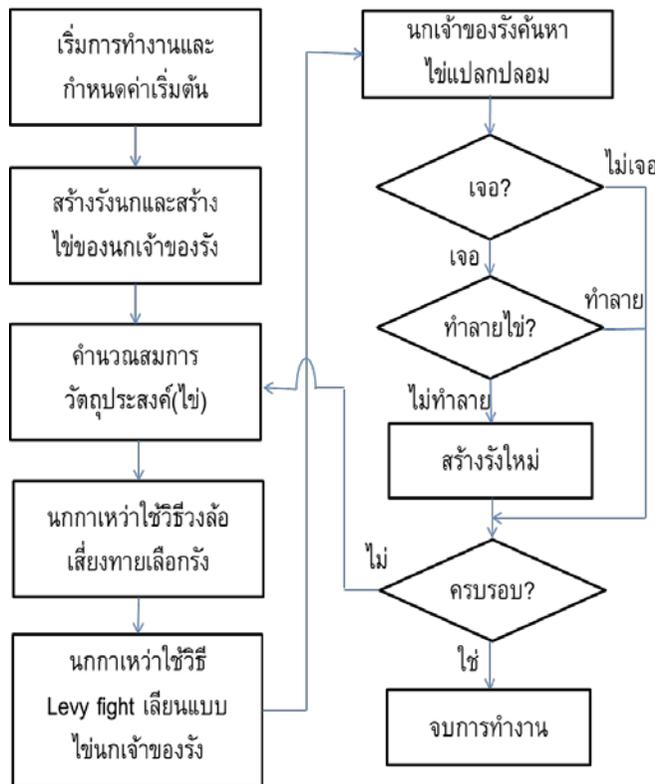
จากสมการที่ 1 เป็นสมการหาผลรวมของระยะทางจากศูนย์รับบริจาคเลือดจังหวัดเชียงใหม่ไปยังโรงพยาบาล สมการที่ 2 เป็นการเช็คเงื่อนไขของรถขนส่งเลือดต้องออกจากโรงพยาบาลที่เป็นศูนย์รับบริจาคเลือด ถ้าไม่ใช่ต้องทำการประมวลผลใหม่ สมการที่ 3 เช็คเงื่อนไขโรงพยาบาลที่ต้องการเลือดจะได้รับเลือด ถ้าไม่ใช่ให้ส่งโรงพยาบาลถัดไป สมการที่ 4 เช็คเงื่อนไขว่ารถขนส่งเลือดเดินทางผ่านโรงพยาบาล ถ้าไม่ใช่ กลับไปเช็คเส้นทางเดินรถใหม่ สมการที่ 5-8 เช็คเงื่อนไขการจัดส่งเลือดตามหมู่ A, B, AB, O ต้องไม่เกินที่รถสามารถบรรทุกได้และเพียงพอต่อโรงพยาบาลที่ต้องการ ถ้าไม่ใช่ให้วันโรงพยาบาลที่จัดส่งเลือดนั้นแล้วไปส่งโรงพยาบาลถัดไป สมการที่ 9 เช็คเงื่อนไข รถขนส่งเลือดเดินทางเข้าโรงพยาบาล i ได้ก็ต่อเมื่อ รถขนส่งเลือด i เดินทางผ่านโรงพยาบาล j ถ้าไม่ใช่ให้เช็คเงื่อนไขใหม่ สมการที่ 10 แสดงโรงพยาบาล j ได้รับการเดินทางผ่านอย่างน้อย 1 ครั้งจากเส้นทางของโรงพยาบาล j ถ้าไม่ใช่ให้ทำซ้ำจนพบเส้นทางรถที่ยังไม่ได้เดินทางผ่าน สมการที่ 11-13 เป็นสมการสำหรับการป้องกันไม่ให้เกิดการขนส่งไม่ครบทุกโรงพยาบาลที่ต้องการเลือดและป้องกันการเกิดทัวร์ย่อยของทุกรอบการคำนวณ ถ้าไม่ใช่ให้ทำซ้ำและค้นหาเส้นทางจนส่งครบทุกโรงพยาบาลที่ต้องการเลือด สมการที่ 14-15 กำหนดให้มีค่าเป็น 0 หรือ 1 ถ้าไม่ใช่ให้กลับมาเช็คเงื่อนไขใหม่ให้ถูกต้อง สมการที่ 16 กำหนดให้มีค่ามากกว่า 0 [17] ถ้าไม่ใช่ให้กลับมาเช็คเงื่อนไขจนกว่าผ่านเงื่อนไข

3. วิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่า (Hybrid Cuckoo Search: HCS)

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีไฮบริดกระบวนการค้นหาแบบนกกาเหว่า ซึ่งมีวิธีการหลักคือวิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่าและนำวิธีค้นหาแบบทิวารีวิธีการค้นหาแบบเพื่อนบ้านมาประยุกต์กับขั้นตอนการสร้างผลเฉลยเริ่มต้นและขั้นตอนการพัฒนาผลเฉลยตามลำดับ เพื่อความเข้าใจเป็นลำดับ

ขั้นตอนหัวข้อนี้มีการอธิบายแนวคิดวิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่า วิธีค้นหาแบบทาปู วิธีค้นหาแบบเพื่อนบ้าน และการวิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่าตามลำดับดังนี้

เมื่อปี 2009 Xin She Ying และ Suash Deb ได้พัฒนาวิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่า ซึ่งพัฒนามาจากพฤติกรรมการวางไข่ (NE) ของนกกาเหว่าที่วางไข่ที่รังของนกชนิดอื่นที่อยู่ในสายพันธุ์เดียวกัน ซึ่งอาจวางไข่พร้อมกันที่ละหลาย ๆ รัง เมื่อวางไข่แล้วนกกาเหว่าทำการเลียนแบบ (λ) ไข่ของตัวเองให้มีความคล้ายกับไข่ของนกชนิดอื่นในรังนั้นให้มากที่สุด โดยพยายามให้นักเจ้าของรังค้นหาไม่เจอว่ามีไข่แปลกปลอมหรือบางทีเรียกว่าไข่เอเลียนเข้ามาในรัง กรณีที่นกเจ้าของรังเจอไข่แปลกปลอมก็มีอยู่ 2 ทางเลือกคือ ทำลายไข่แปลกปลอมโดยการโยนไข่นกกาเหว่าที่แปลกปลอมทิ้งและนกเจ้าของรังทิ้งรัง (Pa) ไปสร้างรังใหม่ [8] ซึ่งแผนภาพขั้นตอนการทำงานของนกกาเหว่าดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพกระบวนการทำงานของวิธีค้นหาแบบนกกาเหว่า

วิธีค้นหาแบบทาปู ถูกนำเสนอครั้งแรก โดย Glover F. ในปี 1986 การค้นหาแบบทาปูใช้สำหรับแก้ปัญหาสำหรับหาคำตอบของสมการคณิตศาสตร์ หรือแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน

4. การประยุกต์วิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่ากับปัญหาการจัดส่งเลือด

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นด้วยการขั้นตอนการกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น เช่นจำนวนรอบการคำนวณ (I) จำนวนไขในแต่ละรัง (NE) อัตราการทิ้งรังของนกเจ้าของรัง (P_r) จำนวนการเลียนแบบไขนกเจ้าของรัง $levy'$ fight (λ) และกำหนดจำนวนไขในแต่ละรัง

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างรังและไขของนกเจ้าของรัง โดยการสร้างไขแต่ฟองมีดังนี้ สุ่มเลือกโรงพยาบาลสำหรับจัดส่งเลือด โดยแต่ละเส้นทางการจัดส่งเลือดแทนไขของนกเจ้าของรัง จัดเก็บเส้นทางการเดินทางและเริ่มสร้างไขฟองต่อไปจนครบและนำไขไปวางในแต่ละรังจนครบตามจำนวนที่กำหนดจากขั้นตอนที่ 1

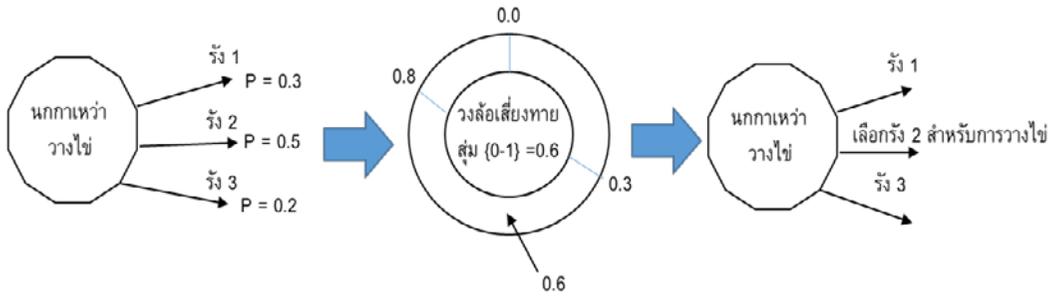
ขั้นตอนที่ 3 การเช็คทาบูลิสต์ เป็นขั้นตอนการป้องกันการสร้างคำตอบเริ่มต้นซ้ำ เพื่อให้คำตอบเริ่มต้นเกิดการกระจายของค่าคำตอบเพื่อโอกาสสำหรับสร้างคำตอบที่ดีขึ้น โดยการจัดเก็บเส้นทางการจัดส่งเลือดไปยังโรงพยาบาลในลักษณะของอาร์เรย์ 2 มิติ ถ้าสร้างคำตอบใหม่ต้องนำเส้นทางการจัดส่งเลือดเข้าไปวนลูปหาเส้นทางที่ซ้ำกันในทาบูลิสต์ กรณีซ้ำกันทุกจุดส่งเลือดให้สร้างคำตอบเริ่มต้นขึ้นมาใหม่ ถ้าไม่ซ้ำกันทุกจุดส่งเลือดให้เก็บเส้นทางการจัดส่งเลือดนั้นเพิ่มไว้ในทาบูลิสต์

ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณสมการวัตถุประสงค์ เมื่อได้เส้นทางการจัดส่งเลือดแล้วก็นำกลับมาคำนวณระยะทาง ซึ่งก็คือค่าสมการวัตถุประสงค์ (สมการที่ 1) และเช็คเงื่อนไขไขของการจัดส่งเลือด (สมการที่ 2-16) ซึ่งข้อมูลระยะทางระหว่างโรงพยาบาลจัดเก็บอยู่ในรูปแบบของตารางเมตริกแบบสมมาตร

ขั้นตอนที่ 5 การเลือกรังด้วยวงล้อเสี่ยงทาย ได้มีการกำหนดจำนวนรังซึ่งโดยปกติกำหนด 15 รัง ถึง 50 รัง [13] หมายถึงกลุ่มของคำตอบของสมการวัตถุประสงค์และเส้นทาง ตัวอย่างเช่นรังนกมีไขของนกเจ้าของรัง 4 ฟอง นั้นหมายความว่า ในกลุ่มของคำตอบนี้ (รัง) ประกอบด้วย เส้นทางการเดินทาง(ไข) 4 เส้นทาง มีการคำนวณผลของระยะทาง 4 คำตอบ ซึ่งต้องไม่ตรงกับเส้นทางที่อยู่ในทาบูลิสต์ และทำการเรียงคำตอบซึ่งหมายถึงระยะทางที่น้อยที่สุดจะถูกเรียงไว้ลำดับแรก โดยให้นกกาเหว่าที่ต้องการฝากไขไว้ที่รังของนกชนิดอื่นให้วิธีวงล้อเสี่ยงทายเลือกรังที่จะไปวางไข ตามความน่าจะเป็นของไข(ระยะทางที่สั้นที่สุด) ที่ดีที่สุดในแต่ละรังนั้น การคำนวณความน่าจะเป็นจากการเปลี่ยนผันให้ระยะทางสั้นมีความน่าจะเป็นมาก แสดงดังรูปที่ 5

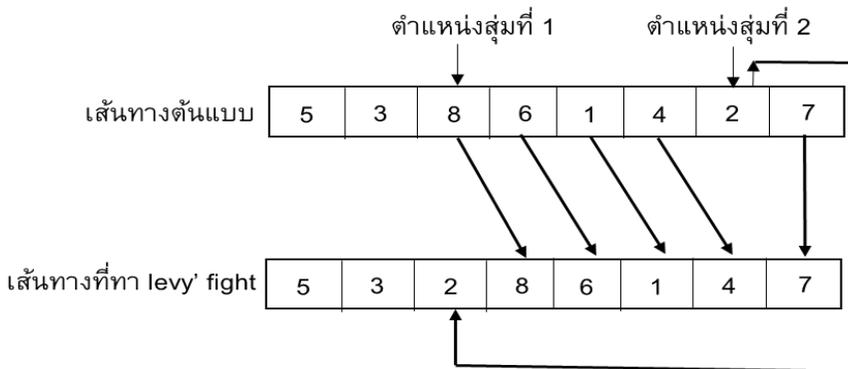
ค่าของแต่ละเส้นทาง (A) = (ระยะทางรวมของทุกเส้นทาง/ระยะทางของเส้นทางนั้น)

ความน่าจะเป็น (P) = (ระยะทางของเส้นทางนั้น/ระยะผลรวมของ A)



รูปที่ 5 แผนภาพกระบวนการเลือกรังด้วยวงล้อเสี่ยงทาย

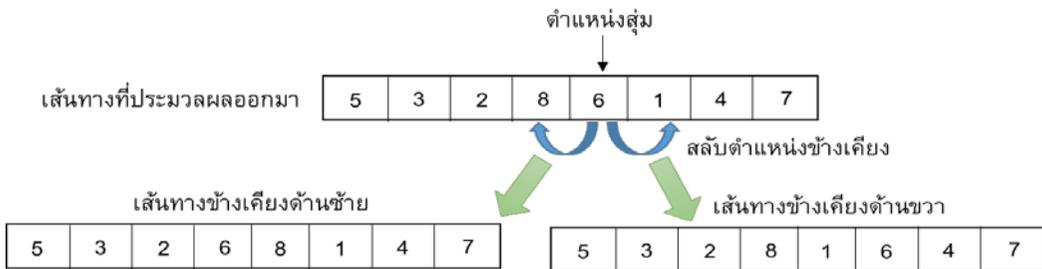
ขั้นตอนที่ 6 การทำ levy' fight (λ) เป็นขั้นตอนการเลียนแบบไขที่ที่ดีที่สุดของรังนั้น ซึ่งทำได้โดยการนำเส้นทางของไขที่ดีที่สุดเป็นตัวโครงสร้างหลักและทำการสุ่มตำแหน่งของโรงพยาบาลที่จัดส่งเลือดแทรกเข้าไประหว่างเส้นทางเพื่อเป็นเส้นทางใหม่และคำนวณระยะทางตามลำดับกำหนดตำแหน่งสำหรับการสุ่มคือ 1-3 ตำแหน่ง ซึ่งรูปแบบคล้ายกับวิธีการมีวเตชันของวิธทางพันธุกรรมและได้เลือกวิธี Shift change เนื่องจากทำให้ค่าผลเฉลยที่ดีกว่าวิธีมีวเตชันแบบอื่นๆ ของวิธทางพันธุกรรม [18] โดยการสุ่มตำแหน่งมา 2 ตำแหน่ง ซึ่งตำแหน่งที่ 2 จะถูกแทรกในตำแหน่งแรก แสดงดังรูป 6



รูปที่ 6 ขั้นตอนการทำ levy' fight (λ) ของนกกาเหว่า

ขั้นตอนที่ 7 นกเจ้าของรังค้นหาไขแปลกปลอมในรัง เนื่องจากว่านกกาเหว่านำไขมาฝากไว้ในรังและทำการเลียนแบบไขของนกเจ้าของรัง ทำให้ไขในรังมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยนกเจ้าของรังพิจารณาจากค่าของสมการวัตถุประสงค์ว่าจะทำลายไขที่ให้ค่าผลเฉลยแย่ที่สุดหรือทิ้งรังนั้นไปเพื่อสร้างรังใหม่ [13]

ขั้นตอนที่ 8 วิธีการค้นหาแบบเพื่อนบ้าน เป็นการนำไขที่ดีที่สุดของแต่ละรัง (ผลเฉลยที่ดีที่สุดของแต่ละรัง) มาทำการพัฒนาคำตอบ โดยการสลับตำแหน่งของโรงพยาบาลในเส้นทางการจัดส่งเลือด และสลับตำแหน่งซ้ายขวา ซึ่งจะได้ผลเฉลยเพิ่มขึ้นมาอีก 2 ผลเฉลย แล้วนำมาเปรียบเทียบกับผลเฉลยที่มีอยู่เดิม ถ้าผลเฉลยของวิธีค้นหาแบบเพื่อนบ้านดีกว่าให้นำผลเฉลยหรือไขนั้นกลับเข้าไปในรังแทนผลเฉลยหรือไขเดิม แสดงดังรูปที่ 7 ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบเพื่อนบ้าน



รูปที่ 7 วิธีการค้นหาแบบเพื่อนบ้าน

ขั้นตอนที่ 9 ขั้นตอนของการนำผลเฉลยที่ดีที่สุดจากไขทุกรังมาเก็บเป็นค่าผลเฉลยที่ดีที่สุดตั้งแต่การคำนวณมา (Best so far) ต่อจากนั้นเช็คเงื่อนไขของรอบการคำนวณที่กำหนดว่าครบหรือไม่ ถ้ายังไม่ครบตามจำนวนที่กำหนดให้กลับไปทำซ้ำกระบวนการเดิม ถ้าครบแล้วให้เลือกคำตอบที่เป็น Best so far มาเป็นคำตอบของรอบการคำนวณนั้น

งานวิจัยนี้ถูกพัฒนาบนชุดของการพัฒนา Visual studio และทำการพัฒนาบนภาษา Visual basic 2012 เวอร์ชันทดลอง (Express edition) ประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ Intel core i7 3.40 GHz Ram 8 GB ซึ่งสามารถเขียนขั้นตอนการประยุกต์วิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่ากับปัญหาการจัดส่งเลือดได้ในรูปแบบของรหัสเทียม (Pseudo code) ดังรูปที่ 8

```

Defining initial parameters (Number of nest, Iteration, Number of eggs, Nesting rate, levy'
fight)
For iteration = 1 to iteration max
    For Generating initial solution (eggs) =1 to max
        Generating eggs by random integer (1-112)
        Checking constraints
        Checking in tabu list
        Calculating objective function
    End for
    Nesting by creating a group of solutions in the array
    Sorting objective function in each nest
    Roulette wheel selection
    levy' fight process
    Checking the number of destroy eggs in each nest by objective function
        If random (0-100%) < destroy eggs rate
            Destroy the worst eggs in each nest
        else
            Generating the new eggs in the new nest by random
        End if
    Selecting the best solution in each nest
    Neighborhood search method
    Comparing the solution in each nest
    Selecting the best so far
End for
Display the best so far
    
```

รูปที่ 8 รหัสเทียมของอัลกอริทึมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดส่งเลือด

5 ผลการศึกษาและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้กำหนดปัญหาเป็น 3 ขนาดเพื่อทดสอบความสามารถของการหาคำตอบของวิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่า กำหนดปัญหขนาดเล็กมี 26 โรงพยาบาล ใช้รถขนส่ง 1 คัน ซึ่งเป็นโรงพยาบาลในจังหวัดเชียงใหม่เท่านั้น ปัญหาขนาดกลางมี 38 โรงพยาบาล ใช้รถขนส่ง 2 คัน ในเขต 3 จังหวัดคือ เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอนและลำพูน และปัญหาขนาดใหญ่จัดส่งเพิ่มอีก 5 จังหวัดคือ น่าน แพร่ เชียงราย พะเยาและลำปาง ใช้รถขนส่ง 3 คัน แต่ละคันสามารถบรรทุกได้ 600 ยูนิตและความต้องการเลือดของแต่ละวันของศูนย์รับบริจาคเลือดจังหวัดเชียงใหม่โดยเฉลี่ยประมาณ 125 ยูนิต ซึ่งโรงพยาบาลบางแห่งได้มีเลือดสำรองไว้อยู่แล้วและได้รับบริจาคเลือดของโรงพยาบาล

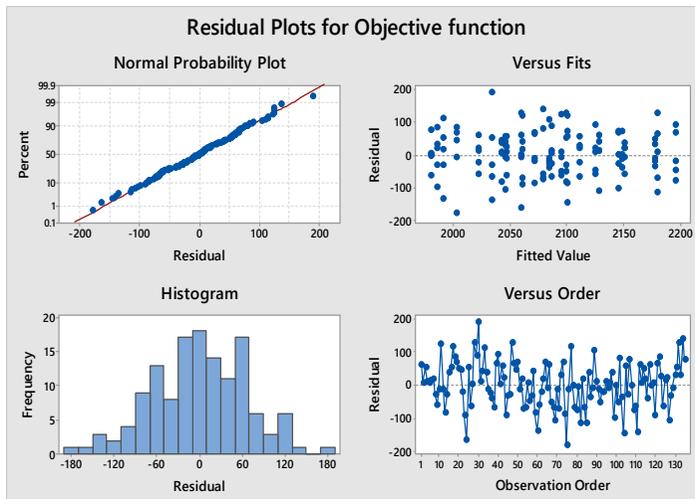
โดยมีการเปรียบเทียบผลการผลเฉลยกับวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) วิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่า (Cuckoo Search: CS) [1] และวิธีปฏิกิริยาเคมี (Artificial Chemical Reaction Optimization Algorithm: ACROA) [19]

เนื่องจากอัลกอริทึมที่นำเสนอมีตัวแปรที่มีผลต่อการหาผลเฉลยหลายตัว เช่น รอบการคำนวณ (Iteration) จำนวนไข่ที่อยู่ในรัง อัตราการทำลายรัง หรือ จำนวนไข่นกกาเหว่าที่การทำ levy' fight จึงนำเสนอวิธีการออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียล 3^k ซึ่ง k เป็นจำนวนปัจจัย โดยกำหนดพารามิเตอร์ 3 ตัว (ปัจจัย) คือ กำหนดรอบการคำนวณ (i) ต่อ จำนวนไข่ (NE) อัตราการทำรังของนกเจ้าของรัง (P_a) และการเลียนแบบไข่นกเจ้าของรัง levy' fight (λ) แต่ละตัวมี 3 ระดับ กำหนดรอบการทำซ้ำ 5 รอบ ซึ่งมีผลการทดลองทั้งหมด $3^k \times 5 = 135$ ครั้ง [1] ซึ่งงานวิจัยนี้ออกแบบการทดลอง ประมวลผลในโปรแกรม Minitab 18 เวอร์ชันทดลองและทดสอบกับปัญหาขนาดใหญ่ที่มี 112 โรงพยาบาลเท่านั้นเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับใช้ในปัญหาขนาดกลางและขนาดเล็กด้วย เนื่องจากรูปแบบของปัญหาคล้ายกัน ปัจจัยและระดับการทดลองแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดระดับพารามิเตอร์ของวิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่า

พารามิเตอร์	ระดับ		
	ต่ำ	กลาง	สูง
กำหนดรอบการคำนวณต่อจำนวนไข่ (i/NE)	50/200	100/100	200/50
อัตราการทำรังของนกเจ้าของรัง (P_a)	25%	35%	45%
การเลียนแบบไข่นกเจ้าของรัง levy' fight (λ)	1	2	3

โดยกำหนดการวิเคราะห์การกระจายตัวของเศษเหลือ (Residual) โดยพิจารณากราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal probability plot) และกราฟแท่ง (Histogram plot) พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติ กราฟ Versus fits และกราฟ Versus order สามารถสรุปข้อมูลได้ว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแปรแบบปกติและข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกันดังแสดงในรูปที่ 9



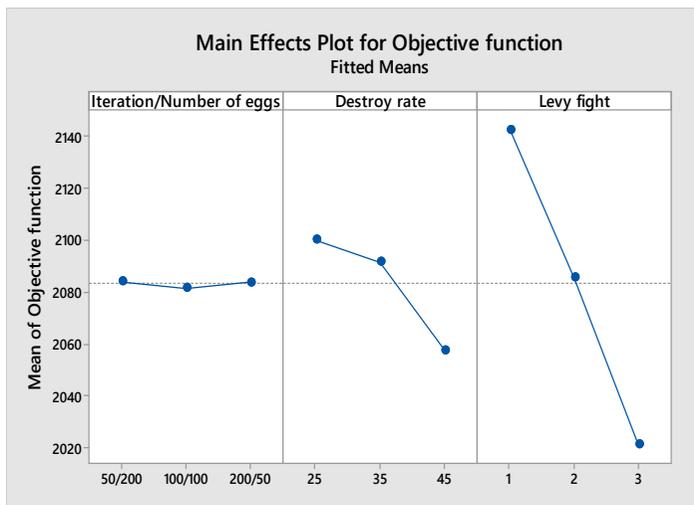
รูปที่ 9 กราฟการวิเคราะห์การกระจายตัวของเศษเหลือ

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อต้องการทดสอบความมีนัยยะสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อค่าสมการวัตถุประสงค์ โดยวิเคราะห์จากค่า P-value ที่กำหนดค่าความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ($1-\alpha$) รายละเอียดปรากฏไว้ในตารางที่ 2

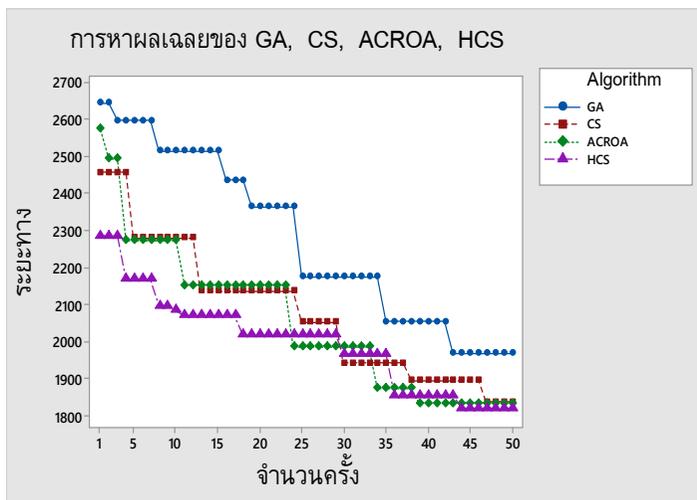
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อสมการวัตถุประสงค์

Source	DF	SS	MS	F	P
i/NE	2	164	82	0.01	0.986
P_a	2	45484	22742	3.99	0.021
λ	2	332124	166062	29.15	0.000
$i/NE * P_a$	4	62678	15669	2.75	0.032
$i/NE * \lambda$	4	8636	2159	0.38	0.823
$P_a * \lambda$	4	15244	3811	0.67	0.615
$i/NE * P_a * \lambda$	8	15709	1964	0.34	0.946
Error	108	615186	5696		
Total	134	1095225			

จากตารางดังกล่าวแสดงว่าปัจจัยของ levy' fight และปัจจัย P_d มีผลต่อการสร้างผลเฉลยของวิธีไฮบริดการค้นหามนกกาเหว่าสำหรับการแก้ปัญหาการจัดส่งเลือด อีกทั้งยังมีปัจจัยร่วมระหว่าง $i/NE * P_d$ ก็มีผลต่อการทดลองเช่นเดียวกัน เนื่องจากมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 จากกราฟปัจจัยผลกระทบหลัก (Main effect plot) ที่แสดงดังรูปที่ 10 ซึ่งสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการหาผลเฉลยคือ ค่า levy' fight (λ) เท่ากับ 3 ตำแหน่ง อัตราการทิ้งรังของนกเจ้าของรัง (P_d) คือ ร้อยละ 45 จำนวนรอบการคำนวณต่อจำนวนไข่ (i/NE) เท่ากับ 100/100 เนื่องจากค่าเฉลี่ยของกราฟผลกระทบหลักน้อยที่สุด ตามลำดับ



รูปที่ 10 กราฟผลกระทบหลักที่มีต่อสมการวัตถุประสงค์



รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบผลเฉลยของ GA, CS, ACROA, HCS

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำคำตอบของวิธี Genetic algorithm (GA) วิธี Cuckoo Search (CS) วิธี Artificial Chemical Reaction Optimization Algorithm (ACROA) และวิธี Hybrid Cuckoo Search (HCS) ได้แสดงดังตารางที่ 3 [1, 19]

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบผลของของแต่ละวิธีการ (หน่วยเป็นกิโลเมตร)

ปัจจัยที่มีผลต่อการหาคำตอบของแต่ละวิธี			
GA	CS	ACROA	HCS
จำนวนรุ่นต่อจำนวนประชากร (G/P) = 50/200	จำนวนรอบการคำนวณต่อจำนวนไข (I/NE) = 100/100	จำนวนรอบการคำนวณต่อจำนวนสารตั้งต้น (I/R) = 200/50	จำนวนรอบการคำนวณต่อจำนวนไข (I/NE) = 100/100
อัตราร้อยละการ Crossover (CR) = 80	อัตราการทิ้งรังของนกเจ้าของรัง (P _a) = 45	ร้อยละการเกิดปฏิกิริยา (PR) = 75	อัตราการทิ้งรังของนกเจ้าของรัง (P _a) = 45
อัตราร้อยละการ Mutation (MR) = 10	จำนวนการทาล Levy' fight (λ) = 3	ร้อยละของโมเลกุลเดี่ยว (PM) = 75	จำนวนการทาล Levy' fight (λ) = 3

เมื่อกำหนดหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากกราฟผลกระทบหลัก ทำการประมวลผลด้วยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม 50 ครั้ง แสดงเปรียบเทียบกับวิธีทางพันธุกรรม วิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่า และวิธีปฏิกิริยาเคมี ซึ่งได้เปรียบเทียบผลเฉลยด้วยวิธีการทดลองที่เหมือนกัน [1, 19] แสดงได้ดังรูปที่ 11 และเมื่อนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมาประมวลผลสำหรับปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาขนาดกลาง และปัญหาขนาดใหญ่ สรุปได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผลของของแต่ละวิธีการ (หน่วยเป็นกิโลเมตร)

ขนาดปัญหา	เปรียบเทียบผลเฉลย GA, CS, ACROA, HCS ภายใน () เป็นเวลาประมวลผลเฉลี่ย หน่วยเป็นวินาที			
	GA	CS	ACROA	HCS
ขนาดเล็ก 26 โรงพยาบาล	389 (18.4)	389 (19.2)	389 (23.3)	389 (26.1)
ขนาดกลาง 38 โรงพยาบาล	735 (41.7)	697 (43.5)	697 (49.2)	697 (55.6)
ขนาดใหญ่ 112 โรงพยาบาล	1968 (191.5)	1836 (213.6)	1832 (231.7)	1818 (264.3)

6. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่า ซึ่งเป็นการรวมกันของวิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่า วิธีค้นหาแบบทาบูลูและวิธีค้นหาแบบเพื่อนบ้าน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการหาผลเฉลยของปัญหาการจัดส่งเลือด ขอบเขตของวิจัยศึกษาการจัดส่งเลือดของศูนย์รับบริจาคเลือดจังหวัดเชียงใหม่ ไปยังโรงพยาบาลในเขตพื้นที่รับผิดชอบ เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดสำหรับการจัดส่งเลือด โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม โดยกำหนดขนาดของปัญหาสามขนาดสำหรับประมวลผล และนำเสนอวิธีการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาพารามิเตอร์หรือปัจจัยที่มีผลต่อการหาผลเฉลย อีกทั้งยังทำการเปรียบเทียบอัลกอริทึมกับงานวิจัยที่แก้ปัญหาการจัดส่งเลือดแบบเดียวกัน สรุปได้ว่าวิธีไฮบริดการค้นหาแบบนกกาเหว่าสามารถหาผลเฉลยได้เท่ากับ วิธีทางพันธุกรรม วิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่า และวิธีปฏิบัติการเคมี และสามารถหาผลเฉลยได้ดีกว่า สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ เนื่องจากว่าวิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่าสามารถสร้างประชากรเริ่มต้นครอบคลุมพื้นที่ของผลเฉลยมากกว่า เพราะมีการกำหนดจำนวนรังของนก และมีการสร้างผลเฉลยเริ่มต้นที่ไม่ซ้ำเดิมด้วยวิธีทาบูลูลิสต์ ทำให้โอกาสในการหาผลเฉลยครอบคลุมพื้นที่ของผลเฉลยมากขึ้น อีกทั้งยังปรับปรุงผลเฉลยแบบพื้นที่ของผลเฉลยที่ดีที่สุดของกลุ่มหรือรังนั้น ทำให้ได้ผลเฉลยที่ดีขึ้น สำหรับงานวิจัยต่อยอดเป็นการจัดเส้นทาง การจัดส่งวัคซีน โดยใช้วิธีเมตาฮีริสติก เนื่องจากวัคซีนต้องมีการควบคุมอุณหภูมิสำหรับการจัดส่งและองค์การอนามัยโลกให้ความสำคัญกับการรักษาคุณภาพวัคซีนจากโรงงานที่ผลิตไปยังผู้รับวัคซีน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

References

- [1] Kanan Sujaree. Cuckoo search algorithm for mobile blood vehicle routing. In: Rajamangala University of Technology Phra nakorn, editors. 1st RMUTP Engineering Conference. 2016 May 28; Nonthaburi, Thailand; 2016. p. 118-8 (In Thai).
- [2] Akhand MAH, Zahrul JP, Sultana T, Mahmud A. Solving Capacitated Vehicle Routing Problem with Route Optimization using Swarm Intelligence. Khunla University of Engineering & Technology, editors. Proceedings of International Conference on Electrical Information and Communication Technology. 2015 December 10-12; Khunla-9203, Bangladesh; 2015. p. 112-6.

- [3] Pupong Pongcharoen, Hicks C, Braiden PM, Stewardson DJ, Metcalfe AV. Using genetic algorithms for scheduling the production of capital goods. Proceedings of the Eleventh International Working Seminar on Production Economics. 2000 Feb 20-23; Innsbruck, Austria; 2000. p. 21-5.
- [4] Lazar A. Heuristic knowledge discovery for archaeological data using genetic algorithm and rough set. In: Ruhul AS, Hessian AA, Charles SN, editors. Heuristic and optimization for knowledge discovery. London. IGI Global; 2002. p. 263-78.
- [5] Rashedi E, Nezamabadi H, Saryazdi S. GSA: a gravatational search algorithm. Journal of Information of Science 2009;179:2232-43.
- [6] Shah-Hosseini H. Optimization with the Nature-Inspired Intelligent Water Drops Algorithm, Evolutionary computation. Rijeka, Croatia. Wellington Pinheiro dos Santos (Ed.); 2009. p. 297-320.
- [7] Dorigo M, Gambardella LM. Ant Colony System: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem. IEEE Transactions on Evolutionary Computation 1997;1(1):53-66.
- [8] Xin SY, Suash D. Cuckoo search via Lévy flights. Mathematical Modeling and Numerical Optimization 2010;1(4):210-5.
- [9] Kennedy J, Eberhart RC. Particle swarm optimization. IEEE Transaction 1995; 4:1942-7.
- [10] Goldberg DE. Genetic Algorithm in Search optimization and Machine Learning. 13th ed. New Jersey, United States: Addison-Wesley Publishing Company Inc; 1989.
- [11] Alatas B. A novel chemistry based metaheuristic optimization method for mining of classification rules. Expert system with application 2012;39:11080-9.
- [12] Gargari AE, Lucas C. Imperialist Competitive Algorithm: An algorithm for optimization inspired by imperialistic competition. IEEE Congress on Evolutionary Computation 2007; 7:4661-7.
- [13] Glover F. Future paths for integer programming and link to artificial intelligence. Computers and Operation Research 1986;13:533-49.
- [14] Knuth D. The Art of Computer Programming. 3rd Revised ed. New Jersey, United States: An Imprint of Addison Wesley Longman Inc; 1973.
- [15] Lee KS, Geem ZW. A new meta-heuristic algorithm for continuous engineering optimization: Harmony search theory and practice. Computer Methods in Applied mechatronic and Engineering 2005;194:3902-31

- [16] Kanon Sujaree, Sattitthep Songthong, Jarirat Jitthumma. Designing blood supply chain network using central force optimization. In: Khonkaen University, editors. IE Network; 2016 July 7-8; Khonkaen, Thailand; 2016. p. 2-9. (In Thai)
- [17] Weena Promtet. Application of genetic algorithm in course timetabling [dissertation]. Phitsanulok: Naresuan University; 2006.
- [18] Kanon Sujaree. Blood vehicle routing network using chemical reaction optimization algorithm. In: Mahidol University, editors. The 2017 Technology Innovation Management and Engineering Science international conference, 2017 November 20-21; Nakhon phathom, Thailand; 2017. p. 189-95
- [19] Montgomery DC. Design and Analysis of Experiments. 8th ed. New York, United States: John Wiley and Sons; 2001

ประวัติผู้เขียนบทความ



คุณ **สุจारी** อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

E-Mail: Kanon.suj@rmutr.ac.th

งานวิจัยที่สนใจ : Metaheuristic approaches, Computer simulation for Industrial Engineering



สิริชัย **จิรวงศ์สุรณ** อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

E-Mail: Sirichai.jir@rmutr.ac.th

งานวิจัยที่สนใจ : Design of experiment, Electric car