การดำเนินการครอสโอเวอร์ที่ช่วยปรับสมดุลภาระงานในขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม สำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางพนักงานสายการบิน

A Workload-Balance Crossover Operation in a Genetic Algorithm for solving an Airline Crew Rostering Problem

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
17 ม.ค. 2556

กชพร อ้นสวน[1] บุญฤทธิ์ อินทิยศ[2] และชวลิต จีนอนันต์[3]

บทคัดย่อ

ปัญหาการจัดตารางเวรพนักงานสายการบินมีความซับซ้อนและยากที่จะหาคำตอบภายในระยะเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากข้อจำกัดมีความซับซ้อน และขนาดของปัญหามีขนาดใหญ่มาก งานวิจัยนี้นำเสนอกระบวนการในการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรพนักงานสายการบินของบริษัทการบินไทย ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักของการจัดการคือ การจัดแบ่งภาระงานและรายได้ของพนักงานแต่ละคนให้มีความเท่าเทียมกัน โดยประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมในการแก้ปัญหา ซึ่งมีการนำเสนอแนวคิดการเข้ารหัสข้อมูลเป็นโครโมโซมโดยใช้ตัวเลขจำนวนเต็ม และแนวคิดการปรับขั้นตอนวิธีการทางพันธุกรรมให้เหมาะสมกับปัญหา งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองใช้วิธีดังกล่าวกับข้อมูลของบริษัทการบินไทย และนำเสนอประสิทธิภาพของการคำนวณด้วยวิธีการดังกล่าว และรวมทั้งวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้

คำสำคัญ : ตารางเวรพนักงาน, ขั้นตอนวิธีการทางพันธุกรรม, ฮิวริสติก

Abstract

The airline crew rostering problem is complex and very difficult to find the answer in a suitable time because the requirements are complicated and the size of the crew and flight are very large. This paper proposes the Genetic Algorithm to find a crew rostering solution for the case study of Thai Airways. The objective is to balance the workload and perdiem for each crew member. A non-binary encoding is used in the chromosome. The mutation and crossover are modified to accommodate the objective of the problem. The algorithm is tested with data from Thai Airways and the efficiency of the algorithm and the analysis of the result are discussed.

Keywords : crew rostering, genetic algorithm, heurictic

[1] นิสิตภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2] อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[3] อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการ สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

1. บทนำ

ปัญหาการจัดตารางพนักงานสายการบิน มีความซับซ้อนและยุ่งยาก เนื่องจากข้อจำกัดที่มีความซับซ้อนและปัญหามีขนาดใหญ่ ทั้งนี้เนื่องด้วยพนักงานและเที่ยวบินที่มีจำนวนมาก ดังนั้นปัญหาดังกล่าวจึงจัดเป็นปัญหาประเภทยากที่จะหาคำตอบได้ภายในระยะเวลาที่เหมาะสม (NP-Hard) โดยทั่วไปทุกบริษัทการบินต้องการจัดตารางพนักงานโดยให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดในการดำเนินการทั้งหมด ค่าใช้จ่ายดังกล่าวรวมถึงค่าใช้จ่ายของพนักงาน ค่าเชื้อเพลิง ค่าดูแลรักษา ค่าจอดเครื่องบินและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางพนักงานสายการบินโดยทั่วไปจะแบ่งปัญหาออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการจับคู่เที่ยวบินเพื่อให้พนักงานเริ่มทำงานและสิ้นสุดการทำงานบนเครื่องบินที่สนามบินเดียวกัน จากนั้นจึงทำการจัดตารางเวรพนักงานสายการบิน ซึ่งจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป โดยขั้นตอนย่อยทั้งสองนี้จะต้องสอดคล้องข้อกำหนดหรือข้อจำกัดต่างๆ ของสายการบิน โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด

ขั้นตอนการจัดตารางเวรพนักงานสายการบินคือการจับคู่ระหว่างคู่เที่ยวบินกับพนักงาน ซึ่งจะต้องครอบคลุมคู่เที่ยวบินและพนักงานทั้งหมด จากการทบทวนงานวิจัยพบว่ามีการนำเสนอการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีต่างๆ มากมาย เช่น การสร้างตัวแบบในรูปแบบของ Set Covering Problem, Set Partitioning Problem [10,13], การใช้เทคนิคต่างๆ ในการแก้ปัญหากำหนดการเชิงจำนวนเต็ม อย่างเช่น Branch and Bound, Branch and Cut, Lagragian Lower Bound [7], Partially Integrated Approach [8], Column Generation [11,14], 0-1 Multi commodity Flow [15,17,18,20], การแก้ปัญหาโดยวิธีฮิวริสติก เช่น Scatter Search Heuristic [9], Tabu Search [12], Simulated Annealing [12,16], Greedy Heuristic [6], Particle Swarm Optimization [19] ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic algorithm) และขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบผสม (Hybrid Genetic Algorithm)

ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมเป็นวิธีทางฮิวริสติกที่ใช้กันแพร่หลายในงานวิจัยด้านการจัดตาราง D. Levine [1] ใช้ ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบผสม ระหว่าง row-oriented heuristic กับ steady-state genetic algorithm (SSGA) ในการแก้ปัญหาการจัดตารางพนักงาน แล้วนำเสนอผลการคำนวณเปรียบเทียบผลระหว่าง SSGAROW hybrid กับ branch and bound และ branch and cut โดย branch and cut สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ในทุกปัญหา แต่ SSGAROW hybrid และ branch and bound ทำไม่ได้ และ SSGAROW hybrid สามารถหาคำตอบที่ดีของปัญหาขนาดใหญ่ได้ แต่ branch and bound ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้

Kotecha et al. [2] นำเสนอขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม โดยใช้การครอสโอเวอร์แบบ Uniform โดยที่มีค่าใช้จ่ายเป็นเงื่อนไข (Cost-base Uniform Crossover:CUC) สำหรับปัญหาการจัดตารางพนักงานสายการบินปัญหาดังกล่าวได้ทำเป็นรูปแบบของ Set Partitioning ซึ่งมีเงื่อนไข คือ ต้องมีพนักงานสำหรับทุกๆ เที่ยวบิน โดยให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และมีการทดสอบวิธีดังกล่าวกับข้อมูลที่มีขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ และเปรียบเทียบผลการคำนวณกับ IP optimal solution และ Levine's GA ซึ่ง Levine's GA เป็นวิธีฮิวริสติกชนิดหนึ่งในการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับในบางปัญหา ผลการคำนวณส่วนใหญ่ของขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบที่ใช้ CUC ใกล้เคียงกับ IP optimal ซึ่งให้คำตอบที่ดีที่สุดมากกว่า Levine's GA.

Souai and Teghem [3] นำเสนอขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบผสม ในการแก้ปัญหาการจัดตารางพนักงานสายการบิน โดยใช้การครอสโอเวอร์แบบหลายจุด (multi-point crossover) ซึ่งคำตอบของปัญหาจะต้องสอดคล้องกับกฎและข้อจำกัดของบริษัทการบิน

Ozdemirand Mohan [4] นำเสนอขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม และสร้างกราฟสำหรับตารางบิน ซึ่งจุดยอดแทนสนามบินหรือเมือง และขอบแทนเที่ยวบินจากเมืองหนึ่งไปอีกเมืองหนึ่ง โดยที่ครอบคลุมทุกชั่วโมงการบิน และจัดแบ่งภาระงานของพนักงานแต่ละคนให้เท่าเทียมกัน ซึ่งสามารถใช้หาคำตอบที่เป็นไปได้ที่มีประสิทธิภาพได้

ZHANG Yinghui, RAO Yunbo and ZHOU Mingtian [5] นำเสนอ multi-objective optimum และขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบผสม ซึ่งประกอบด้วย simulated annealing และ genetic algorithm (GASA)ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางงานเวรของพนักงานสายการบิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมในการแก้ปัญหา ซึ่งสามารถของคำตอบที่เป็นไปได้ที่มีประสิทธิภาพได้

Walid El Moudani, Carlos Alberto Nunes Cosenza, Marc de Coligny and Félix Mora-Camino [6] นำเสนอ greedy heuristic และขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมในการแก้ปัญหาตารางงานเวรพนักงานสายการบินสอดคล้องกับกฎหมายทางการบินและครอบคลุมจำนวนพนักงาน โดยวัตถุประสงค์หลักคือ ทำให้ภาระงานของพนักงานแต่ละคนมีความเท่าเทียมกัน และเปรียบเทียบระหว่าง 2 วิธีการข้างต้น โดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมให้คำตอบที่มีความเท่าเทียมของภาระงานมากกว่า greedy heuristic

P. Lucic and D. Teodorovic [12] นำเสนอการแก้ปัญหาการจัดตารางเวรพนักงานสายการบินโดยใช้วิธี Tabu Search, Simulated Annealing และ Genetic Algo rithm โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแบ่งสรรภาระงานและรายได้ของพนักงานให้เท่าเทียมกัน ภาระงานที่ใช้นิยามในแง่ของชั่วโมงบินและจำนวนวันที่ต้องทำงานช่วงสุดสัปดาห์ จากการแสดงตัวอย่างเชิงตัวเลขโดยใช้ข้อมูลที่มีขนาดเล็กและขนาดกลางโดยที่คำนึงถึงพนักงานที่เป็นนักบินอย่างเดียวพบว่า วิธีทั้งสามที่นำเสนอใช้เวลาในการหาคำตอบ (CPU Time) ประมาณ 4-20 นาที บนเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี Pentium-4 2.4 GHz

ปัญหาการจัดตารางเวรพนักงานสายการบินของบริษัทการบินไทย มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาทำการบินและเวลาปฏิบัติหน้าที่ของพนักงาน เนื่องจากบริษัทการบินไทยมีพนักงานจำนวนมาก จากเงื่อนไขดังกล่าวปัญหานี้จึงจัดเป็นปัญหาขนาดใหญ่ เรานำเสนอวิธีการหาคำตอบโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม ซึ่งเป็นวิธีที่อาศัยความน่าจะเป็นในการสุ่มเลือกตามความเหมาะสมช่วยในการหาคำตอบ

2. การจัดตารางเวรของบริษัทการบินไทย

บริษัทการบินไทยมีเที่ยวบินทั้งในประเทศและต่างประเทศมากมาย และยังมีพนักงานหลายประเภท ตัวอย่างเช่น นักบิน, Inflight Manager (IM), แอร์โฮสเตส และ สจ๊วต เป็นต้นสำหรับขอบเขตของงานวิจัยนี้จะดูเฉพาะปัญหาของสายการบินต่างประเทศและดูเฉพาะพนักงาน IM เท่านั้น

บริษัทการบินไทยใช้ข้อจำกัดเวลาทำการบินและเวลาปฏิบัติหน้าที่ออกโดยกรมการบินพลเรือนในการจัดตารางเวรของพนักงาน โดยข้อจำกัดดังกล่าวจะครอบคลุมชั่วโมงบิน, เวลาปฏิบัติหน้าที่การบิน และเวลาพัก โดยเวลาปฏิบัติหน้าที่การบินเริ่มนับตั้งแต่เวลา 1 ชั่วโมงก่อนเครื่องบินออกและหยุดนับจนถึงเวลา 30 นาที ภายหลังจากเครื่องบินร่อนลงครั้งสุดท้าย ข้อจำกัดที่นำมาใช้ในปัญหาสำหรับงานวิจัยนี้แสดงไว้ด้านล่างและตารางที่ 1 ดังนี้

- ภายในทุกๆ 7 วัน ต่อเนื่องกัน พนักงานจะมีชั่วโมง บินได้ไม่เกิน 34 ชั่วโมง
- ภายในทุกๆ 28 วัน ต่อเนื่องกัน พนักงานจะมีชั่วโมงบินได้ไม่เกิน 110 ชั่วโมง
- ภายในทุกๆ 365 วัน ต่อเนื่องกัน พนักงานจะมีชั่วโมงบินได้ไม่เกิน 1,000 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 เวลาปฏิบัติหน้าที่การบินและเวลาพัก

เวลาปฏิบัติหน้าที่การบิน	เวลาพัก
< 8 ชั่วโมง	≥ 8 ชั่วโมง
8 - 10 ชั่วโมง	≥ 10 ชั่วโมง
10 - 12 ชั่วโมง	≥ 12 ชั่วโมง
12 - 14 ชั่วโมง	≥ 14 ชั่วโมง
14 - 16 ชั่วโมง	≥ 16 ชั่วโมง
16 - 20 ชั่วโมง	≥ 24 ชั่วโมง

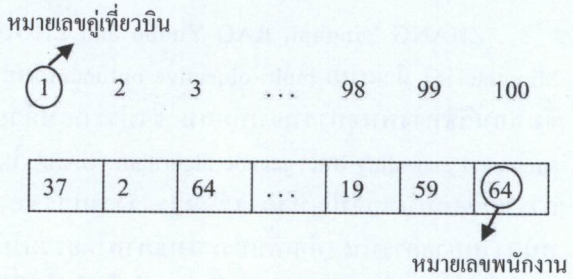
วัตถุประสงค์หลักของปัญหาการจัดตารางเวรพนักงานสำหรับบริษัทการบินไทยคือ การจัดแบ่งภาระงานและรายได้ของพนักงานแต่ละคนให้มีความเท่าเทียม จากที่กล่าวมาในเบื้องต้นปัญหานี้จึงจัดเป็นปัญหาประเภทหลายวัตถุประสงค์

3. ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม(Genetic Algorithm) เป็นขั้นตอนวิธีการที่ใช้เทคนิคความน่าจะเป็นสำหรับการหาผลเฉลย โดยใช้หลักการจากชีววิทยา และการคัดเลือกตามธรรมชาติ นั่นคือ สิ่งมีชีวิตที่มีความสมบูรณ์แข็งแรงกว่าจะมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมเริ่มต้นด้วยสุ่มสร้างประชากร (โครโมโซม) ซึ่งสอดคล้องกับข้อจำกัดของปัญหา จากนั้นจะผ่านกระบวนการหลัก 3 กระบวนการ คือ การคัดเลือกโครโมโซม (Selection) ซึ่งกระบวนการนี้จะทำการเลือกโครโมโซม 2 โครโมโซมเป็นโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่โดยโครโมโซมใดที่มีความสมบูรณ์แข็งแรงมากกว่าจะมีโอกาสได้รับการคัดเลือกมากกว่า, การสับเปลี่ยนยีนระหว่างโครโมโซม (Crossover) กระบวนการนี้เปรียบเสมือนการสร้างลูกขึ้นมาใหม่จากโครโมโซมพ่อและแม่โดยการนำโครโมโซมบางส่วนจากพ่อและบางส่วนจากแม่มาสร้างเป็นโครโมโซมใหม่ และ การกลายพันธุ์ (Mutation) กระบวนการนี้จะสุ่มค่ายีนใหม่มาเปลี่ยนค่ายีนเดิมเพียงยีนเดียว

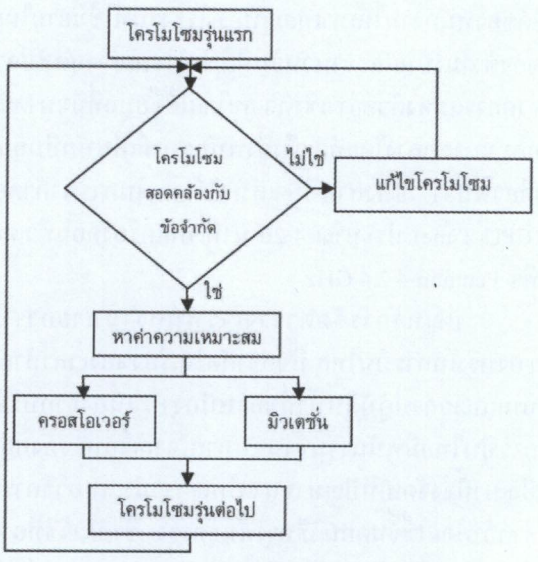
3.1 วิธีการเข้ารหัสข้อมูลโครโมโซม (Chromosome encoding)

โครโมโซมของงานวิจัยนี้เป็นรูปแบบของ non-binary encoding ซึ่งมีลักษณะเป็นแถวลำดับ (array) ที่มีความยาวเท่ากับจำนวนของคู่เที่ยวบิน โดยแต่ละช่องของโครโมโซมจะแทนด้วยหมายเลขของพนักงานแต่ละคน ยกตัวอย่างเช่นโครโมโซมที่แสดงในรูปที่ 1 ที่มีจำนวนพนักงาน 64 คนและมีจำนวนคู่เที่ยวบิน 100 คู่



รูปที่ 1 ตัวอย่างโครโมโซม

โดยโครโมโซมในรุ่นแรกของงานวิจัยนี้เกิดจากการสุ่มโดยสุ่มตัวเลขของพนักงานแต่ละคนมาใส่ในแต่ละคู่เที่ยวบิน เพื่อให้โครโมโซมทุกโครโมโซมสอดคล้องกับข้อกำจัดของปัญหาจึงมีขั้นตอนการตรวจสอบความเป็นไปได้ของโครโมโซม (feasible testing) ถ้าโครโมโซมใดไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดจะดำเนินการแก้ไขเพื่อให้เหมาะสม โดยจะนำตัวเลขของพนักงานที่มีค่าภาระงานต่ำสุดมาแทนในคู่เที่ยวบินที่มีตัวเลขของพนักงานที่มีค่าภาระงานสูงสุดเพียงคู่เที่ยวบินสุดท้ายคู่เที่ยวบินเดียว หลังจากนั้นนำโครโมโซมที่ได้ไปตรวจสอบถ้าโครโมโซมไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดจะนำไปแก้ไขโดยตัวเลขที่นำมาแทนนั้นเป็นตัวเลขของพนักงานที่มีค่าภาระงานต่ำลำดับถัดมาแล้วนำไปตรวจสอบทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ เพื่อให้ได้โครโมโซมที่สอดคล้องกับข้อจำกัด ซึ่งขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมมีขั้นตอนทั้งหมดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม

3.2 การคัดเลือกโครโมโซม (Selection)

การคัดเลือกโครโมโซม (Selection) คือกระบวนการเลือกโครโมโซม โดยพิจารณาจากค่าฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function) ซึ่งโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันค่าความเหมาะสมมากจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่าโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันค่าความเหมาะสมน้อย เนื่องจากวัตถุประสงค์ของปัญหาคือจัดแบ่งภาระงานและรายได้ของพนักงานให้เท่าเทียมกัน ดังนั้นฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness function) จึงนิยามให้เป็นส่วนกลับของผลรวมของค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์โดยรวมของค่าภาระงานและค่ารายได้ของพนักงานแต่ละคนดังนี้

Fitness function: $f(x) = \frac{1}{D_w + D_p}$ *(1)*

$$D_w = \sum_{c=1}^{m} |w_c - \bar{w}| \quad (2)$$

$$w_c = \sum_{i=1}^{n} x_i^c w_i \quad (3)$$

$$\bar{w} = \frac{\sum_{c=1}^{m} w_c}{m} \quad (4)$$

$$D_p = \sum_{c=1}^{m} |p_c - \bar{p}| \quad (5)$$

$$p_c = \sum_{i=1}^{n} x_i^c p_i \quad (6)$$

$$\bar{p} = \frac{\sum_{c=1}^{m} p_c}{m} \quad (7)$$

D_w แทน ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์โดยรวมของภาระงานของโครโมโซม

D_p แทน ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์โดยรวมของรายได้ของโครโมโซม

w_c แทน ค่าภาระงานของพนักงานคนที่ c

$\bar{w}$ แทน ค่าภาระงานเฉลี่ย

w_i แทน ค่าภาระงานที่พนักงานหนึ่งคนจะได้รับจากคู่เที่ยวบินที่ i

p_c แทน ค่ารายได้ของพนักงานคนที่ c

$\bar{p}$ แทน ค่ารายได้เฉลี่ย

p_i แทน ค่ารายได้ที่พนักงานหนึ่งคนจะได้รับจากคู่เที่ยวบินที่ i

$x_i^c = \begin{cases} 1 & ; \text{ พนักงานคนที่ } c \text{ ทำงานคู่เที่ยวบินที่ } i \\ 0 & ; \text{ อื่นๆ} \end{cases}$

m แทน จำนวนพนักงานทั้งหมด

n แทน จำนวนคู่เที่ยวบินทั้งหมด

หลังจากการคัดเลือกโครโมโซมแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเลือกทำ ครอสโอเวอร์ หรือ มิวเตชั่น เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น โดยการเลือกว่าจะทำกระบวนการใดขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นของแต่ละกระบวนการ

3.3 การสับเปลี่ยนยีนระหว่างโครโมโซม (Crossover)

การสับเปลี่ยนยีนระหว่างโครโมโซม (Crossover) การสับเปลี่ยนยีนระหว่างโครโมโซม (Crossover) คือกระบวนการการคำนวณหาตำแหน่งของโครโมโซม เพื่อสับเปลี่ยนยีนระหว่างโครโมโซมตั้งแต่ตำแหน่งนั้นเป็นต้นไป โดยจะคำนวณหาพนักงานที่มีค่าภาระงานสูงสุดของทั้งสองโครโมโซม จากนั้นจะพิจารณาตำแหน่งของทั้งสองโครโมโซม ถ้าเป็นตำแหน่งเดียวกันจะทำการสับเปลี่ยนยีนระหว่างโครโมโซม ณ ตำแหน่งนั้น ถ้าตำแหน่งไม่ตรงกันจะเลือกตำแหน่งที่มีค่าน้อยกว่าทำการสับเปลี่ยนยีนระหว่างโครโมโซม เพื่อให้พนักงานคนที่มีค่าภาระงานสูงสุดของทั้งสองโครโมโซมมีค่าภาระงานที่ต่ำลง และเข้าใกล้ค่าภาระงานเฉลี่ยมากขึ้น

3.4 การกลายพันธุ์ (Mutation)

การกลายพันธุ์ (Mutation) คือกระบวนการคำนวณหาตำแหน่งของโครโมโซมและเปลี่ยนค่าเฉพาะตำแหน่งนั้น โดยจะคำนวณหาพนักงานที่มีค่าภาระงานสูงสุดและค่าภาระงานต่ำสุดในโครโมโซมนั้นๆ แล้วนำพนักงานที่มีค่าภาระงานต่ำสุดมาแทนในตำแหน่งพนักงานที่มีค่าภาระงานสูงสุดเพียงตำแหน่งสุดท้ายตำแหน่งเดียวเท่านั้น เพื่อให้พนักงานคนที่มีค่าภาระงานสูงสุดมีค่าภาระงานน้อย

ลง และพนักงานคนที่มีค่าภาระงานต่ำสุดมีค่าภาระงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าภาระงานของพนักงานทั้งคู่จะมีค่าเข้าใกล้ค่าภาระงานเฉลี่ยมากขึ้น

4. ผลลัพธ์การคำนวณ

วิธีการขั้นตอนทางพันธุกรรม (GA) ใช้ทดสอบกับข้อมูลขนาดเล็กของคู่เที่ยวบินต่างประเทศของบริษัทการบินไทยและดูเฉพาะพนักงานประเภท Inflight Manager เท่านั้น วัตถุประสงค์หลักของปัญหาคือ การจัดแบ่งภาระงานและรายได้ของพนักงานแต่ละคนให้มีความเท่าเทียม โดยมีชุดข้อมูล 3 ชุด ดังนี้ ข้อมูลชุดที่หนึ่งมีจำนวนวัน 5 วัน, จำนวนคู่เที่ยวบินต่อวัน 7 คู่ รวมมี 35 คู่เที่ยวบินและมีพนักงาน 25 คน, ข้อมูลชุดที่สอง มีจำนวนวัน 7 วัน, จำนวนคู่เที่ยวบินต่อวัน 7 คู่ รวมมี 49 คู่เที่ยวบินและมีพนักงาน 35 คน และข้อมูลชุดที่สาม มีจำนวนวัน 14วัน,จำนวนคู่เที่ยวบินต่อวัน 6 คู่ รวมมี 84 คู่เที่ยวบินและจำนวนพนักงาน 40 คน

โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยนี้เขียนขึ้นโดยใช้ภาษาซีชาร์ป (C#) รันบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ Intel Core i3 CPU 2.27GHz Ram 4.00GB สำหรับการทดลองมีการตั้งค่าจำนวนโครโมโซมเป็น 100, 200 และ 300 และจำนวนรุ่นเป็น 10, 20 และ30 โดยการทดลองนี้ทำเพื่อเปรียบเทียบหาจำนวนโครโมโซม และจำนวนรุ่นที่เหมาะสม ซึ่งทำให้มีชุดการทดลองรวมทั้งหมด 9 รูปแบบ โดยทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้งสำหรับแต่ละชุดโดยการทำซ้ำแต่ละครั้งจะใช้ตัวเลขเริ่มต้น (seed number) ที่ต่างกัน จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อวิเคราะห์ดูว่าจำนวนโครโมโซมและจำนวนรุ่นใดให้คำตอบที่ดีที่สุด โดยผลการทดลองจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้สรุปไว้ในตารางที่ 2 สำหรับข้อมูลทั้ง 3 ชุด

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยมีค่าความเชื่อมั่น 95% สรุปได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองทั้ง 9 รูปแบบของข้อมูลทั้ง 3 ชุดจะได้ว่าข้อมูลชุดที่ 1 และข้อมูลชุดที่ 2 รูปแบบที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดคือใช้จำนวนโครโมโซมเป็น 200 และจำนวนรุ่นเป็น 30 ส่วนข้อมูลชุดที่ 3 รูปแบบที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดคือใช้จำนวนโครโมโซมเป็น 300 และจำนวนรุ่นเป็น 30

ตารางที่ 3, 4 และ 5 แสดงฟังก์ชันค่าความเหมาะสมและเวลาการทดลองซ้ำทั้ง 10 ครั้งของรูปแบบจำนวนรุ่นและจำนวนโครโมโซมที่ดีที่สุดของข้อมูลชุดที่ 1, ข้อมูลชุดที่ 2 และข้อมูลชุดที่ 3 ตามลำดับ เมื่อนำคำตอบที่ดีที่สุดมาวาดกราฟแสดงค่าภาระงานและรายได้ของพนักงานแต่ละคนจะได้การแบ่งค่าภาระงานของข้อมูลชุดที่ 1, ข้อมูลชุดที่ 2 และข้อมูลชุดที่ 3 แสดงในรูปที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ และการแบ่งรายได้ของข้อมูลชุดที่ 1, ข้อมูลชุดที่ 2 และข้อมูลชุดที่ 3 แสดงในรูปที่ 6, 7 และ 8 ตามลำดับ จากกราฟจะเห็นว่ากราฟการแบ่งภาระงานของข้อมูลชุดที่1 และข้อมูลชุดที่ 2 มีการกระจายตัวสม่ำเสมอและความเบี่ยงเบนแคบกว่าของข้อมูลชุดที่3เนื่องจากข้อมูลชุดที่ 1 และข้อมูลชุดที่ 2 มีคู่เที่ยวบินที่มีเวลาซ้อนกันน้อยกว่าข้อมูลชุดที่ 3 และกราฟการแบ่งรายได้ของข้อมูลชุดที่ 3 มีการกระจายตัวสม่ำเสมอกว่าข้อมูลชุดที่ 1 และข้อมูลชุดที่ 2 เนื่องจากข้อมูลชุดที่ 1 และข้อมูลชุดที่ 2 ค่ารายได้ของบางคู่เที่ยวบินมีค่าต่างกันมาก

ตารางที่ 2 ผลการทดลอง

	ข้อมูลชุดที่ 1	ข้อมูลชุดที่ 2	ข้อมูลชุดที่ 3
ค่าภาระงานเฉลี่ย	88.636	88.636	107.31
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาระงาน	6.957	7.913	11.85
ค่ารายได้เฉลี่ย	16230.4	16230.4	14440.104
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของรายได้	691.636	1119.048	1709.7

ตารางที่ 3 ค่าความเหมาะสมและเวลาของชุดข้อมูลที่ 1 โดยใช้จำนวนโครโมโซม 200 และจำนวนรุ่น 30

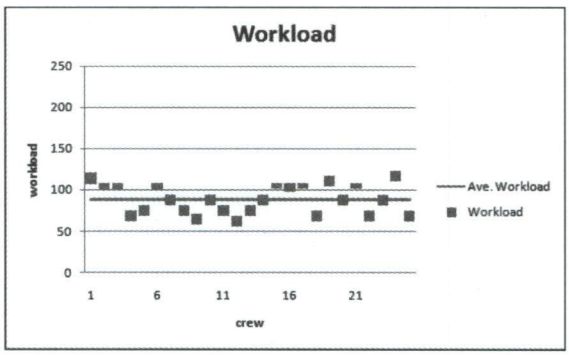
การทดลองซ้ำครั้งที่	Fitness Function	เวลา (นาที)
1	2.63×10^{-5}	15:49
2	2.81×10^{-5}	15:26
3	2.61×10^{-5}	15:04
4	3.06×10^{-5}	15:14
5	2.33×10^{-5}	15:03
6	2.98×10^{-5}	14:20
7	2.41×10^{-5}	15:40
8	2.26×10^{-5}	15:36
9	2.49×10^{-5}	13:50
10	2.47×10^{-5}	15:09
Average	2.6×10^{-5}	15:07
S.D.	2.69968×10^{-6}	0.000426196

ตารางที่ 4 ค่าความเหมาะสมและเวลาของชุดข้อมูลที่ 2 โดยใช้จำนวนโครโมโซม 200 และจำนวนรุ่น 30

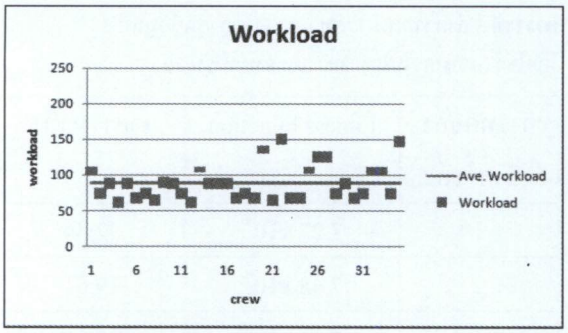
การทดลองซ้ำครั้งที่	Fitness Function	เวลา (นาที)
1	1.03×10^{-5}	15:52
2	1.38×10^{-5}	13:41
3	1.19×10^{-5}	15:42
4	1.02×10^{-5}	16:47
5	1.33×10^{-5}	16:06
6	9.90×10^{-6}	16:49
7	1.30×10^{-5}	14:40
8	1.05×10^{-5}	17:03
9	1.04×10^{-5}	16:02
10	1.49×10^{-5}	14:04
Average	1.18×10^{-5}	15:41
S.D.	1.80797×10^{-6}	0.000815084

ตารางที่ 5 ค่าความเหมาะสมและเวลาของชุดข้อมูลที่ 3 โดยใช้จำนวนโครโมโซม 300 และจำนวนรุ่น 30

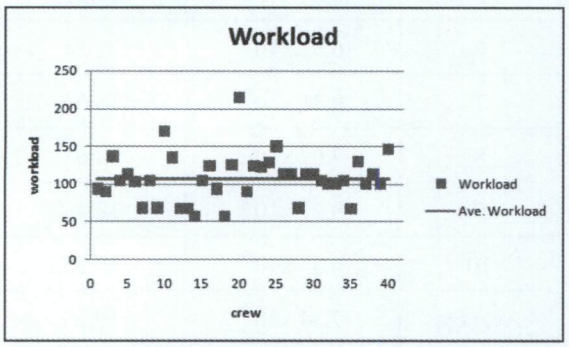
การทดลองซ้ำครั้งที่	Fitness Function	เวลา (นาที)
1	7.27×10^{-6}	22:44
2	7.48×10^{-6}	19:51
3	7.91×10^{-6}	18:10
4	6.47×10^{-6}	24:21
5	6.61×10^{-6}	19:21
6	6.51×10^{-6}	21:24
7	9.31×10^{-6}	16:04
8	7.07×10^{-6}	18:01
9	8.21×10^{-6}	18:43
10	6.59×10^{-6}	15:28
Average	7.34×10^{-6}	19:25
S.D.	9.20131×10^{-7}	0.001940895



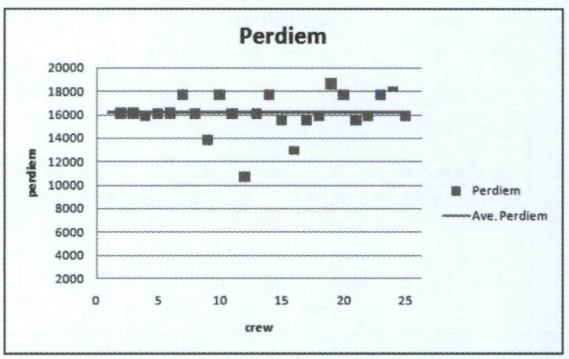
รูปที่ 3 การแบ่งภาระงานโดยใช้จำนวนโครโมโซมและจำนวนรุ่นที่ดีที่สุดของคำตอบของข้อมูลชุดที่ 1



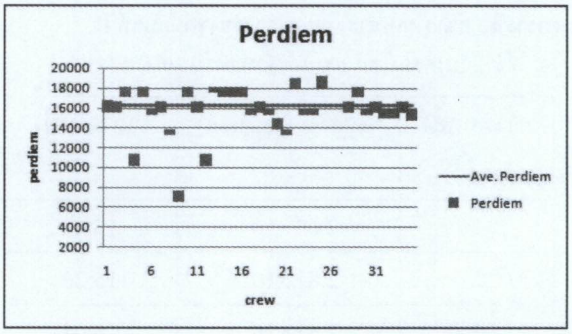
รูปที่ 4 การแบ่งภาระงานโดยใช้จำนวนโครโมโซมและจำนวนรุ่นที่ดีที่สุดของคำตอบของข้อมูลชุดที่ 2



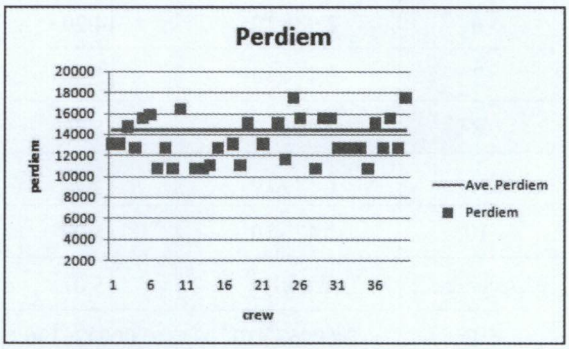
รูปที่ 5 การแบ่งภาระงานโดยใช้จำนวนโครโมโซมและจำนวนรุ่นที่ดีที่สุดของคำตอบของข้อมูลชุดที่ 3



รูปที่ 6 การแบ่งรายได้โดยใช้จำนวนโครโมโซมและจำนวนรุ่นที่ดีที่สุดของคำตอบของข้อมูลชุดที่ 1



รูปที่ 7 การแบ่งรายได้โดยใช้จำนวนโครโมโซมและจำนวนรุ่นที่ดีที่สุดของคำตอบของข้อมูลชุดที่ 2



รูปที่ 8 การแบ่งรายได้โดยใช้จำนวนโครโมโซมและจำนวนรุ่นที่ดีที่สุดของคำตอบของข้อมูลชุดที่ 3

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม ในการแก้ปัญหาการจัดตารางเวรพนักงานสายการบิน วัตถุประสงค์หลักของปัญหาคือ การจัดแบ่งภาระงานและรายได้ของพนักงานแต่ละคนให้มีความเท่าเทียม และทดสอบกับชุดข้อมูลขนาดเล็ก จำนวน 3 ชุดของบริษัทการบินไทย โดยชุดที่ใหญ่ที่สุดมี 84 คู่เที่ยวบิน และพนักงาน 40 คน จากการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ซึ่งประกอบด้วยจำนวนโครโมโซมและจำนวนรุ่น และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า จำนวนโครโมโซมและจำนวนรุ่นมากไม่จำเป็นต้องให้คำตอบที่ดีกว่าเสมอไป โดยทั่วไปถ้าจำนวนโครโมโซมและจำนวนรุ่นมากขึ้นเวลาในการคำนวณก็จะมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ในการคำนวณจากการทดลอง (15-20 นาที) ยังอยู่ในวิสัยที่จะนำไปใช้งานจริงได้

6. คำประกาศกิตติคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและขอขอบคุณบริษัทการบินไทยจำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้ความร่วมมือและข้อมูลสำหรับการทำวิจัยเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] D. Levine, 1996 "Application of a Hybrid Genetic Algorithm to Airline Crew Scheduling," **Computers and Operations Research.** 23, 6(June): 547-558.

[2] K. Kotecha, G. Sanghani, N. Gambhava, 2004 "Genetic Algorithm for Airline Crew Scheduling Problem Using Cost-Based Uniform Crossover," **Applied Computing.** 3285: 84-91.

[3] N. Souai, J. Teghem, 2009 "Genetic algorithm based approach for the integrated airline crew-pairing and rostering problem," **European Journal of Operational Research.** 199,3(December): 674-683.

[4] H.T. Ozdemir, Chilukuri K.Mohan, 2001 "Flight graph based genetic algorithm for crew scheduling in airlines," **Information Sciences.** 133,3-4(April): 165-173.

[5] ZHANG Yinghui, RAO Yunbo, ZHOU Mingtian, 2007 "GASA Hybrid Algorithm Applied in Airline Crew Rostering System," **Tsinghua Science and Technology.** 12, 1 (November):255-259.

[6] W. EL Moudani, Marc de Coligny and Felix Mora-Camino, 2001 "A Bi-Criterion Approach for the Airline Crew Rostering Problem," **Computer Science.** 1993: 486-500.

[7] Alberto Caprara, Paolo Toth, Daniele Vigo, Matteo Fischetti, 1998 "Modeling and Solving the Crew Rostering Problem," **Operations Research.** 46, 6 (November-December) : 820-830.

[8] Yufeng Guo, Taieb Mellouli, Leena Suhl, Markus P. Thiel, 2006 "A partially integrated airline crew scheduling approach with time-dependent crew capacities and multiple home bases," **European Journal of Operational Research.** 171, 3: 1169-1181.

[9] B. Maebhout and Vanhoucke, 2010 "A Hybrid Scatter Search Heuristic for Personalized Crew Rostering in the Airline Industry," **European Journal of Operational Research.** 206, 1: 155-167.

[10] D. M. Ryan, 1992 "The Solution of Massive Generalized Set Partitioning Problems in Aircrew Rostering," **The Journal of the Operational Research Society.** 43, 5(May): 459-467.

[11] Michel Gamache, François Soumis, Gérald Marquis, Jacques Desrosiers, 1999 "A Column Generation Approach for Large-Scale Aircrew Rostering Problems," **Operations Research.** 47, 2(March-April): 247-263.

[12] P. Lucic and D. Teodorovic, 2007 "Metaheuristics approach to the aircrew rostering problem," **Annals of Operations Research.** 155, 1 (November): 311-338.

[13] Paul R. Day and David M. Ryan, 1997 "Flight Attendant Rostering for Short-Haul Airline Operations," **Operations Research.** 45,5(September-October): 649-661.

[14] M. Stojkovic, F. Soumis, J. Desrosiers, 1998 "The Operational Airline Crew Scheduling Problem," **Transportation Science.** 32, 3 (August): 232-245.

[15] Paola Cappanera and Giorgio Gallo, 2004 "A Multicommodity Flow Approach to the Crew Rostering Problem," **Operations Research.** 52, 4 (July-August): 583-596.

[16] Michael J. Brusco and Larry W. Jacobs, 1993 "A Simulated Annealing Approach to the Solution of Flexible Labour Scheduling Problems," **The Journal of the Operational Research Society.** 44, 12 (December): 1191-1200.

[17] Tanet Kato, Chawalit Jeenanunta, 2010 "Crew Rostering Problem: Case of Thai Domestic Low Cost Airline," **The 10th International Conference on Industrial Management,** Beijing, Sep. 16-18, 2010: 480-485.

[18] Chawalit Jeenanunta, Boonyarit Intiyot, Wariya Puttapatimok, 2010 "A Multi-commodity Flow Approach to the Crew Rostering Problem," **The 2nd International Conference on Logistics and Transport,** Queenstown, New Zealand, Dec. 16-18, 2010: 735-742.

[19] V. Limlawan, B. Kasemsontitum, C. Jeenanunta, 2011 "Airline Crew Rostering Problem Using Particle Swarm Optimization," **The 2011 IEEE International Conference on Quality and Reliability,** Bangkok, Thailand, Sep. 14-17, 2011:501-505.

[20] Chawalit Jeenanunta, Boontariga Kasemsontitum, Tawinan Noichawee, 2011 "A Multi- commodity Flow Approach for the Aircraft Routing and Maintenance Problem," **The 2011 IEEE International Conference on Quality and Reliability,** Bangkok, Thailand, Sep. 14-17, 2011:150-155.