การจัดตารางสอนอัตโนมัติบนพื้นฐานวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู

Automated Course Timetabling using Hybrid Genetic Algorithms with Repair Function and Tabu Search

ฉัตรดนัย พยัคฆพงษ์[1], ฉัตรเกล้า เจริญผล[2]

Chatdanai Payakkapong[1], Chatklaw Jareonpon[2]

Received: 4 November 2015; Accepted: 24 February 2016

บทคัดย่อ

การจัดตารางสอนเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ปัจจุบันมีการนำปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยในการจัดตารางสอนหลายวิธี ซึ่งวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอน แต่ยังเป็นวิธีการหาคำตอบในวงกว้างเท่านั้นและไม่เจาะจงค้นหาเฉพาะที่ ทำให้คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมเสมอไป และยังพบปัญหาการค้นหาคำตอบได้ล่าช้า งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบผสมในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการเพิ่มกระบวนการซ่อมแซมและนำวิธีการหาคำตอบแบบทาบูมาใช้ปรับปรุงกระบวนการคัดเลือก โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง คือ 1) การหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ซึ่งพบว่า ค่าความน่าจะเป็นการข้ามสายพันธุ์ที่มีค่า 0.9 และความน่าจะเป็นการกลายพันธุ์ที่มีค่า 0.3 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด 2) การศึกษาถึงผลกระทบของกระบวนการการซ่อมแซม โดยเป็นการเปรียบเทียบอัลกอริทึมระหว่างวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม จากการทดลองพบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานมากกว่าเล็กน้อย แต่ได้ค่าฟิตเนสที่สูงกว่าแบบปกติอย่างชัดเจน และ 3) การศึกษาถึงผลกระทบของขนาดข้อมูล โดยแบ่งขนาดของข้อมูลเป็นขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ และเปรียบเทียบอัลกอริทึมระหว่าง วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู จากผลการทดลองพบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบูให้ค่าฟิตเนสที่ดีที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดในกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่

คำสำคัญ: วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม วิธีการหาคำตอบแบบทาบู การจัดตารางสอน

Abstract

A timetable is an important part of teaching, and artificial intelligence can be used to help this task. A Genetic algorithm is always used to solve the problems of timetable arrangement. This algorithm is a search algorithm that possibly finds an optimized solution, not necossarally the best solution. Moreover, it is time consuming. This research proposes a hybrid algorithm between a Genetic algorithm with improving fitness value and Tabu search for improving the selected process. This research experiment was divided into 3 experiments. 1) Finding the parameter of the Genetic Algorithm. The best crossover rate was 0.9 and the best mutation rate was 0.3. 2) Learning about the impact of the repairing process by comparing between 3 algorithms (normal Genetic algorithm, Genetic algorithm with improving the fitness value, and our hybrid algorithm). The result showed that the fitness value of the hybrid algorithm is explicitly higher than others, but the computational time only slightly increased. 3) Testing on the various sizes of datasels by classifying the data into small, medium, and large sizes. From all datasets, our hybrid algorithm preformed the best fitness value, especially in large size of classrooms dataset.

Keywords: Genetic Algorithm, Tabu Search, Course Timetabling

---

[1] *นิสิตปริญญาโท,* [2] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150,*

[1] *master degree student,* [2] *Assist. Prof., Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.*

บทนำ

การจัดตารางสอนมีความสำคัญมากต่อการเรียนการสอนในมหาวิทยาลัย หากขาดการจัดการที่ดีย่อมก่อให้เกิดปัญหาในการเรียนการสอนได้ จึงมีความจำเป็นต้องบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งปัญหาการจัดตารางสอนเป็นปัญหาในกลุ่มของปัญหาที่ซับซ้อนยากต่อการหาคำตอบที่ดีที่สุด[1] (NP-hard) กลุ่มของอัลกอริทึมที่ใช้แก้ไขปัญหาประเภทนี้คือ อัลกอริทึมกลุ่มเมต้าฮิวรีสติกส์[2] (Metaheuristic)

วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการทางเมต้าฮิวรีสติกส์ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นวิธีการที่ถูกใช้งานกันอย่างกว้างขวาง และเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการจัดตารางสอน เช่น ในงานวิจัยของ Wang[3] ภูพงษ์ พงษ์เจริญ[4] และวีณา พรหมเทศ[5] ที่ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางสอน ซึ่งทั้งสามงานวิจัยทำให้ทราบว่าการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมทำงานได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นการค้นหาคำตอบในวงกว้างเท่านั้นและเป็นกระบวนการค้นหาที่ไม่มีความเฉพาะเจาะจงกับแบบจำลองหรือลักษณะเฉพาะของข้อมูลแบบใดแบบหนึ่ง ทำให้คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมเสมอไป และยังพบปัญหาการค้นหาคำตอบได้ล่าช้ากับขนาดของข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งจะเห็นได้จากในหลายๆ งานวิจัยได้ทำการปรับปรุงวิธีการขั้นตอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับ Sequential local search[6] การใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่[7] การปรับปรุงกระบวนการกลายพันธุ์และการข้ามสายพันธุ์ใหม่[8] การเพิ่มกระบวนการซ่อมแซมเข้าไปก่อนกระบวนการคัดเลือก[5] นอกจากปรับปรุงกระบวนการแล้วยังมีการประยุกต์วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับเมต้าฮิวรีสติกส์ชนิดอื่น เช่น การใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการหาคำตอบแบบทาบู[9] จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการเมต้าฮิวรีสติกส์แบบผสมโดยการใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการหาคำตอบแบบทาบู โดย Sadaf Naseem Jat และ Shengxiang Yang[9] มีการใช้ข้อบังคับในการจัดตารางสอนที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้มากที่สุด และความน่าสนใจของการกระบวนการซ่อมแซมในงานวิจัยของ วีณา พรหมเทศ[5] ซึ่งหากนำความสามารถของทั้งสองงานวิจัยมาใช้ร่วมกัน น่าจะทำให้ประสิทธิภาพของการจัดตารางสอนทำได้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนากระบวนการการซ่อมแซมสำหรับการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการค้นหาแบบทาบู

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การจัดตารางสอน คือ การกำหนดคาบเวลาที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละวันให้กับวิชาเรียนทั้งหมดในแต่ละสัปดาห์ภายใต้ข้อบังคับหรือข้อจำกัดต่างๆ ของทรัพยากรทางการศึกษา เช่น จำนวนของอาจารย์ จำนวนของห้องเรียน ประเภทของห้องเรียน จำนวนวิชา และเงินทุน เป็นต้น ในการจัดตารางสอน ส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุดคือข้อบังคับของตารางสอน ซึ่งข้อบังคับทำให้ตารางสอนสามารถดำเนินการเรียนการสอนไปได้อย่างราบรื่น โดยการจัดตารางสอนเกี่ยวข้องกับการกำหนดข้อบังคับอยู่สองประเภท คือ ข้อบังคับหลัก (Hard constraints) และข้อบังคับรอง (Soft constraints)

ข้อบังคับหลัก คือ การกำหนดให้ตารางสอนที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงจะต้องไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก หากมีการละเมิดข้อบังคับหลักแม้แต่ข้อเดียว จะทำให้ตารางสอนนั้นๆ ไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางสอนของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เพราะฉะนั้นข้อบังคับหลักจึงเป็นไปตามที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมากำหนดไว้สำหรับการจัดตารางสอน ดัง (Table 1)

Table 1 Hard Constraint

Number	Constraint
1	At the same time, a lecturer must have only one class for teaching.
2	At the same time, a student must have only one class for studying.
3	At the same time, a classroom must be used for only one class for studying.
4	Avoid the period that be not allowed for taking class.
5	A type of classroom must be match with a type of subject.
6	A size of room must be enough for a group of students.

ข้อบังคับรอง คือ ข้อบังคับที่จะไม่มีผลต่อการใช้งานของตารางสอน แต่ข้อบังคับรองเป็นข้อบังคับที่ทำให้ตารางสอนนั้นๆ เป็นที่พอใจสำหรับอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษามากยิ่งขึ้น เปรียบเสมือนส่วนที่ปรับปรุงให้ตารางสอนใช้งานได้ดีขึ้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อบังคับรองจากการสำรวจด้วยแบบสอบถามจากอาจารย์และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ซึ่งแบ่งเป็นอาจารย์จำนวน 100 คน และนักศึกษา จำนวน 100 คน รวมเป็น 200 คน โดยแบบสอบถามเป็นแบบสอบถามที่รวมข้อบังคับรองของการจัดตารางสอนที่

ได้จากงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดตารางสอนนำมารวมรวมทำเป็นแบบสอบถาม เพื่อถามอาจารย์และนักศึกษาเลือกข้อบังคับที่มีผลหรือมีประโยชน์กับผู้ให้ข้อมูล ในลักษณะของตัวเลือกความสำคัญจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด เพื่อนำผลมาวิเคราะห์เพื่อหาข้อบังคับรองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับงานวิจัยนี้ ซึ่งผลของแบบสอบถามทำให้ได้ข้อบังคับรองดัง (Table 2)

Table 2 Soft Constraint

Number	Constraint
1	Lecturers should have many free days per week.
2	Students shouldn't have a class in the last period of day.
3	There shouldn't be only one class per day.
4	Lecturers and students prefer to have no gab between the two classes.
5	Students shouldn't have a class in the first period of day.
6	There shouldn't be more than 2 classes per day.

ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาการจัดตารางสอนอัตโนมัติโดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการหาคำตอบของทาบูและกระบวนการซ่อมแซม

เนื่องจากงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสมในการพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ เพราะฉะนั้นในการออกแบบจึงต้องออกแบบบนพื้นฐานของวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยมีบางส่วนในการนำวิธีการหาคำตอบแบบทาบูมาใช้ปรับปรุงอัลกอริทึมให้ทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ก่อนการพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสม สิ่งแรกที่ต้องทำคือการกำหนดรูปแบบของข้อมูล โครงสร้างของวิธีการเชิงพันธุกรรมมีลักษณะคล้ายกับการจำลองการทำงานของโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตดัง (Figure 1)

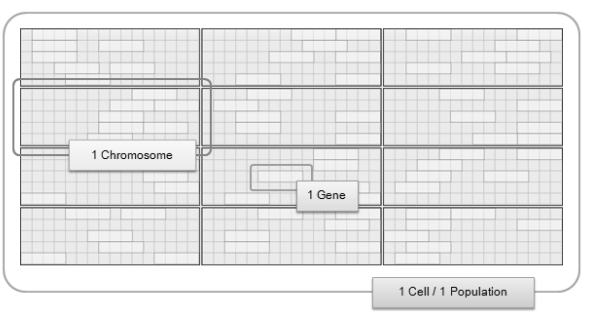

Figure 1 Chromosome Representation

จาก (Figure 1) สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดหรือเรียกในทางวิธีการเชิงพันธุกรรมเรียกได้ว่าเป็นประชากร (Population) ประกอบด้วยโครโมโซมหลายๆ ตัวรวมกัน โดยโครโมโซม 1 ตัว จะประกอบด้วยหน่วยพันธุกรรม (Gene) ในด้านการจัดตารางเรียนตารางสอนจะต้องมีกำหนดรูปแบบของโครโมโซมเช่นเดียวกัน โดยให้ตารางสอนหนึ่งตารางสอนที่ประกอบด้วยตารางเรียนของทุกหมู่เรียนกำหนดให้เป็นหนึ่งหน่วยของประชากร ในตารางเรียนของหนึ่งหมู่เรียนประกอบเป็นหนึ่งโครโมโซม และคาบเรียน (Period) หนึ่งคาบเรียนเป็นหนึ่งหน่วยพันธุกรรม

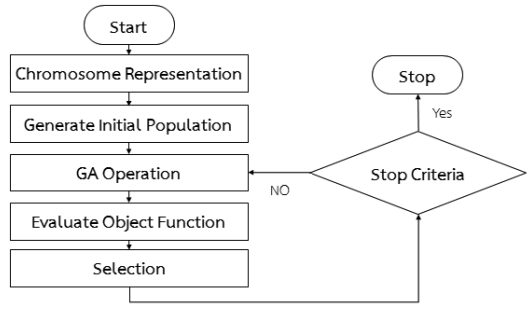

Figure 2 Genetic Algorithm

จาก (Figure 2) เป็นรูปภาพแสดงอัลกอริทึมของวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบปกติ จะเห็นได้ว่ามีขั้นตอนการทำงานขั้นตอนหลัก คือ กำหนดรูปแบบโครโมโซม สร้างประชากรเริ่มต้น ปฏิบัติการ GA การประเมินค่าฟิตเนส กลไกการคัดเลือก และตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด จากอัลกอริทึมดังกล่าวเป็นอัลกอริทึมของวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบปกติซึ่งไม่มีการปรับปรุงกระบวนการ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น การปฏิบัติการ GA จะมีโอกาสที่ประชากรจะละเมิดข้อบังคับหลัก ซึ่งทำให้ประชากรตัวนั้นมีลักษณะที่ไม่ดี เมื่อเข้าสู่การคัดเลือกในรุ่นถัดไปประชากรกลุ่มนี้จะทำให้การหาคำตอบทำได้ช้าลง จากการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการในงานวิจัยของวีณา พรหมเทศ[5] จึงมีการเพิ่มกระบวนการซ่อมแซมเพื่อทำให้ประชากรลูกทุกตัวมีลักษณะที่ดีก่อนการคัดเลือกคือไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก โดยกระบวนการซ่อมแซมจะแสดงใน (Figure 3)

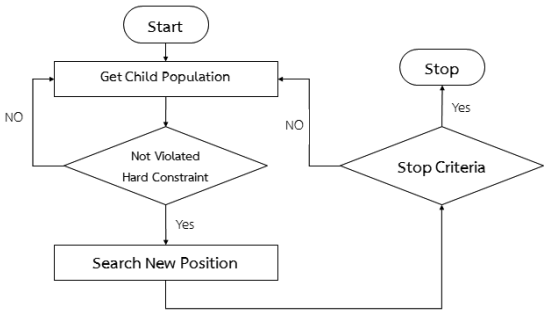

Figure 3 Repair Function

กระบวนการซ่อมแซมเริ่มต้นตั้งแต่การรับค่าประชากรลูกที่ได้จากการปฏิบัติการ GA ทุกตัว นำเข้าสู่การตรวจสอบการละเมิดข้อบังคับหลัก หากมีการละเมิดข้อบังหลักจะได้รับการซ่อมแซม คือ การหาตำแหน่งให้กับรายวิชาที่มีการละเมิดข้อบังคับหลักลงใหม่ ซึ่งตำแหน่งของรายวิชาคือคาบเรียนที่แบ่งออกเป็น 16 คาบต่อวันทั้งหมด 5 วัน จากวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ในการหาตำแหน่งใหม่จะทำในลักษณะของการสุ่มตำแหน่งของคาบวิชาให้กับรายวิชาที่มีการละเมิดข้อบังคับหลักใหม่ ซึ่งในการสุ่มตำแหน่งของคาบวิชาจะต้องเป็นตำแหน่งที่ไม่ละเมิดข้อบังคับหลักด้วย โดยทำการหาตำแหน่งจนได้ตำแหน่งที่ไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก ทำเช่นนี้ทีละรายวิชาจนครบประชากรลูกทุกตัว เป็นอันจบการทำงาน หลังจากผ่านกระบวนการซ่อมแซมจะได้ประชากรลูกทุกตัวที่มีลักษณะที่ดี คือ ไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก โดยกระบวนการซ่อมแซมจะเพิ่มลงไปหลังกระบวนการปฏิบัติการ GA ดัง (Figure 4)

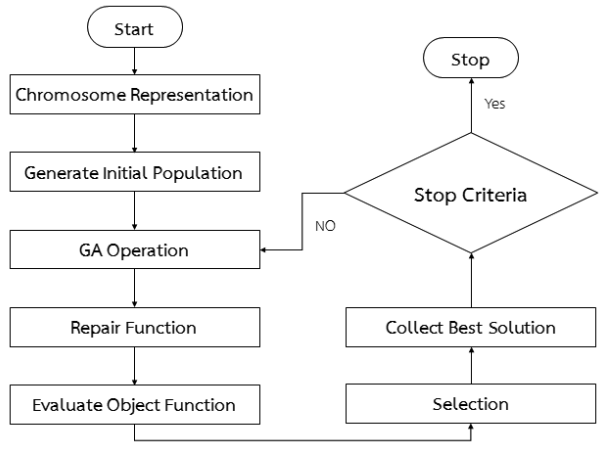

Figure 4 Genetic Algorithm with Repair Function

นอกจากกระบวนการซ่อมแซมที่ถูกเพิ่มเข้าไปในวิธีการเชิงพันธุกรรมแล้ว งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมการปรับปรุงวิธีการเชิงพันธุกรรมของ Sadaf Naseem Jat และ Shengxiang Yang[9] ที่ได้นำวิธีการหาคำตอบแบบทาบูมาเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยการทำงานของวิธีการหาคำตอบแบบทาบูมีขั้นตอนดัง (Figure 5)

วิธีการหาคำตอบแบบทาบู มีขั้นตอนการทำงานอยู่ 5 กระบวนการ คือ สร้างคำตอบเริ่มต้น สร้างเซ็ตคำตอบใกล้เคียง เลือกเซ็ตคำตอบใกล้เคียงที่ดีที่สุด ตรวจสอบรายการต้องห้าม และตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด โดยวิธีการหาคำตอบแบบทาบู จะสามารถการันตีได้ว่าประชากรที่เข้าสู่การหาคำตอบแบบทาบูจะได้ค่าของคำตอบที่ดีขึ้นหรือเท่าเดิม โดยค่าที่ได้จะไม่แย่ลงไปกว่าค่าเริ่มต้น ด้วยเหตุผลนี้ หากนำมาใช้ในการปรับปรุงประชากรของวิธีการเชิงพันธุกรรมย่อมทำให้ได้ประชากรที่มีลักษณะที่ดีขึ้นตามไปด้วย

งานวิจัยนี้จึงนำมาใช้ในการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรมในส่วนของกระบวนการคัดเลือก หากประชากรตัวใดได้รับการคัดเลือก ก่อนที่จะเข้าสู่การหาคำตอบในรอบถัดไป ประชากรทุกตัวจะได้รับการปรับปรุงด้วยวิธีการหาคำตอบแบบทาบูก่อน เพื่อให้ประชากรมีลักษณะที่ดีขึ้น ดัง (Figure 6)

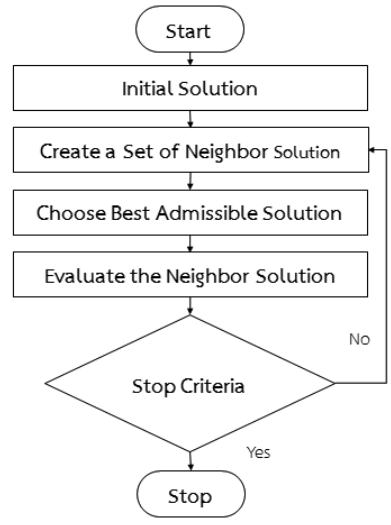

Figure 5 Tabu Search

การประเมินค่าฟิตเนส

ในกระบวนการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในทุกรอบการทำงานต้องมีการตรวจสอบค่าฟิตเนสของประชากรทุกตัว ซึ่งค่าฟิตเนสคิดจาก 2 ส่วน คือ จากข้อบังคับหลัก และจากข้อบังคับรอง โดยจะต้องนับค่าจากวิชาเรียนของแต่ละตาราง หากมีการละเมิดข้อบังคับทั้งข้อบังคับหลักและรอง ค่าฟิตเนสจะถูกลบหนึ่ง หากไม่มีการละเมิดจะเพิ่มค่าเข้าไปหนึ่ง ทำเช่นนี้ในทุกรายวิชา สุดท้ายจะได้ค่าฟิตเนสของทุกๆ ประชากรซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันออกไป เพื่อนำเข้าสู่กลไกการคัดเลือก ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$fitness\ value = \sum_{i=1}^{n} H_i + \sum_{j=1}^{m} S_j \qquad (1)$$

เมื่อ n = จำนวนโครโมโซม
H = ค่าฟิตเนสรวมข้อบังคับหลัก
m = จำนวนข้อบังคับรอง
S = ค่าฟิตเนสของข้อบังคับรอง

ในการหาค่าฟิตเนสของข้อบังคับหลักจะทำการคิดรวมทุกข้อบังคับ เนื่องจากหากมีการละเมิดข้อบังคับแม้แต่ข้อเดียวจะทำให้ตารางสอนนั้นใช้งานไม่ได้ ลักษณะการคำนวณจะแสดงให้เห็นในสมการด้านล่าง

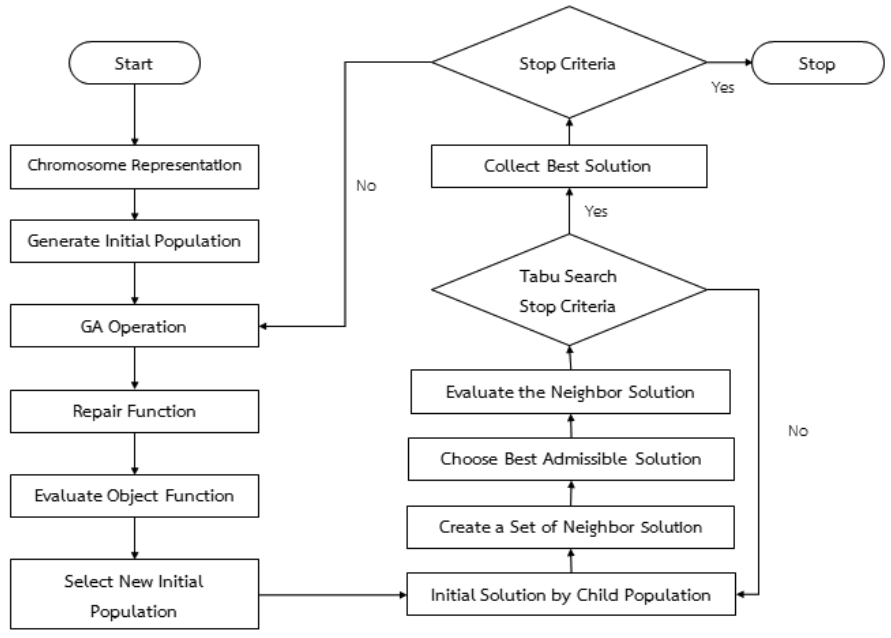

Figure 6 Genetic Algorithms with Repair Function and Tabu Search

$$H = N - \sum_{i=1}^{N} v(i) \quad (2)$$

เมื่อ H = ค่าฟิตเนสข้อบังคับหลัก

N = จำนวนรายวิชาทั้งหมด

v = การละเมิดข้อบังคับหลักของรายวิชา

ในกรณีการคำนวณค่าฟิตเนสของข้อบังคับรองจะคิดเป็นรายข้อบังคับ เนื่องจากแต่ละข้อบังคับมีหลักการคำนวณที่ความแตกต่างกันออกไป

1) ตารางสอนของอาจารย์ควรกำหนดให้มีวันที่ว่างตลอดวันให้มากที่สุด

$$S_1 = \sum_{i=1}^{N} d(i) \quad (3)$$

เมื่อ S_1 = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1

N = จำนวนตารางของหมู่เรียน

d= การนับจำนวนวันที่ว่างตลอดทั้งวัน

2) กลุ่มผู้เรียนไม่ควรมีเรียนในคาบสุดท้ายของวัน

$$S_2 = \sum_{i=1}^{N} l(i) \quad (4)$$

เมื่อ S_2 = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1

N = จำนวนตารางของหมู่เรียน

l = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนในคาบสุดท้ายของวัน

3) ไม่ควรมีเรียนเพียงคาบเรียนเดียวต่อวัน

$$S_3 = \sum_{i=1}^{N} c(i) \quad (5)$$

เมื่อ S_3 = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1

N = จำนวนตารางของหมู่เรียน

c = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนคาบเรียนเดียว

4) กลุ่มผู้เรียนและอาจารย์ไม่ชอบตารางที่มีช่วงเวลาว่างระหว่าง 2 วิชาที่จัดตารางไว้ในวันเดียวกัน

$$S_4 = \sum_{i=1}^{N} k(i) \quad (6)$$

เมื่อ S_4 = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1

N = จำนวนตารางของหมู่เรียน

k = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนไม่มีตารางที่มีช่วงเวลาว่างระหว่าง 2 วิชาที่จัดตารางไว้ในวันเดียวกัน

5) กลุ่มผู้เรียนไม่ควรมีเรียนในคาบแรกของวัน

$$S_5 = \sum_{i=1}^{N} f(i) \quad (7)$$

เมื่อ S_5 = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1

N = จำนวนตารางของหมู่เรียน

f = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนในคาบแรกของวัน

6) กลุ่มผู้เรียนไม่ควรมีเรียนเกิน 2 วิชาต่อวัน

$$S_6 = \sum_{i=1}^{N} t(i) \quad (8)$$

เมื่อ S_6 = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1

N = จำนวนตารางของหมู่เรียน

t = การนับจำนวนวันที่เรียนไม่เกิน 2 วิชาต่อวัน

การออกแบบและการทดลอง

ในการทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ 1) การทดลองหาค่าฟิตเนสของพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมของงานวิจัย 2) การทดลองผลกระทบกระบวนการการซ่อมแซมในการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม 3) การทดลองขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู

การทดลองที่ 1 การทดลองหาค่าฟิตเนสของพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมของงานวิจัย

ในการทดลองนี้เป็นการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัย จึงต้องมีการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าการข้ามสายพันธุ์ (Crossover Rate) และค่าการกลายพันธุ์ (Mutation Rate) ในหลาย ๆ ค่า ซึ่งเลือกขอบเขตการทดลองจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอนขอบเขตทดลองของค่าการข้ามสายพันธุ์ตั้งแต่ 0.7 ถึง 1.0 และค่าการกลายพันธุ์ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.5 จากค่าที่เลือกมาจะได้การทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงค่าทั้งหมดจำนวน 20 ค่า ซึ่งจะนำค่าเหล่านี้ไปทำการทดลองโดยใช้กลุ่มข้อมูลตารางสอนขนาดเล็ก มีรายละเอียดดัง (Table 3)

Table 3 Small dataset

Parameters	Size
Number of Classroom	90
Number of Section	14
Number of Course	30
Number of Teacher	29
Number of Room	20
Number of Population	50
Number of Generations	200

การทดลองที่ 2 การทดลองผลกระทบกระบวนการการซ่อมแซมในการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

การทดลองผลกระทบจากกระบวนการการซ่อมแซมในการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ได้มีการแบ่งอัลกอริทึมออกเป็น 2 ส่วน คือ อัลกอริทึมที่ใช้กระบวนการซ่อมแซมและอัลกอริทึมที่ไม่ใช้กระบวนการซ่อมแซม ทดลองโดยการประมวลผลทั้ง 2 อัลกอริทึมตามข้อมูลและพารามิเตอร์ที่กำหนด ทำการประมวลผลแบบละ 5 ครั้งเพื่อเก็บข้อมูล เวลาและค่าฟิตเนส (Fitness) ในแต่ละรุ่นการทำงาน จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองแบบมาเปรียบเทียบในลักษณะของกราฟ โดยค่าพารามิเตอร์ในการทดลองเดียวกันกับการทดลองที่ 1 ใน (Table 3) และใช้ค่าความน่าจะเป็นการข้ามสายพันธุ์ที่ 0.7 และความน่าจะเป็นการกลายพันธุ์ที่ 0.5

การทดลองที่ 3 การทดลองขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู

การทดลองผลของการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการค้นหาแบบทาบูในด้านขนาดของข้อมูล ซึ่งการจัดตารางสอนขนาดของข้อมูลมีความสำคัญต่อการจัดตารางในด้านของเวลาที่ใช้ในการจัด ไม่ว่าจะเป็นจำนวนคลาสเรียน รายวิชา อาจารย์ ห้องเรียน ซึ่งหากข้อมูลเหล่านี้มีจำนวนมาก และเงื่อนไขมีจำนวนมากย่อมทำให้การจัดตารางในแต่ละครั้งใช้เวลาในการจัดตารางเป็นเวลานาน เพราะฉะนั้นในการทดลองที่ 3 ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ซึ่งในการทดลองจะได้เห็นถึงผลของขนาดข้อมูลที่มีความแตกต่างกันออกไป โดยเปรียบเทียบกันกับอัลกอริทึมที่มีความแตกต่างกัน

ในการออกแบบการทดลองได้มีการแบ่งอัลกอริทึมออกเป็น 3 ส่วน คือ อัลกอริทึมที่ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู[9] และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู ทดลองโดยการประมวลผลทั้ง 4 อัลกอริทึมตามข้อมูลและพารามิเตอร์ที่กำหนด ทำการประมวลผลแบบละ 5 ครั้ง เพื่อเก็บข้อมูลเวลาและค่าฟิตเนส (Fitness) ในแต่ละรุ่นการทำงาน จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองแบบเปรียบเทียบในลักษณะของกราฟ ทำเช่นนี้โดยทดลองกับข้อมูล 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ค่าพารามิเตอร์กำหนดเช่นเดียวกับการทดลองหาผลกระทบของกระบวนการซ่อมแซม แต่มีความแตกต่างกันในด้านของขนาดข้อมูลตารางสอนที่ใช้ในการทดลอง มีรายละเอียดดัง (Table 4-5)

Table 4 Medium dataset

Parameters	Size
Number of Classroom	249
Number of Section	43
Number of Course	147
Number of Teacher	105
Number of Room	120

Table 5 Large dataset

Parameters	Size
Number of Classroom	512
Number of Section	91
Number of Course	248
Number of Teacher	171
Number of Room	200

ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 1 การทดลองเพื่อศึกษาหาค่าฟิตเนสของพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมของงานวิจัย

จากการทดลองปรับเปลี่ยนค่าการข้ามสายพันธุ์ และค่าการกลายพันธุ์ ทั้งหมด 20 ค่า โดยแต่ละการทดลองทำการประมวลผลการทดลองละ 5 ครั้ง เพื่อเก็บค่าฟิตเนสและเวลาในการทำงานต่อ 1 รอบการทำงาน ซึ่งผลที่ได้มีรายละเอียดดัง (Table 6)

Table 6 Parameters for experiments 1

CR	MR	Max Fit	Round	Average Time	All Time
0.7	0.1	320	200	0.41	82.00
0.8	0.1	322	124	0.42	52.08
0.9	0.1	322	150	0.43	64.50
1.0	0.1	322	182	0.40	72.80
0.7	0.2	322	121	0.34	41.14
0.8	0.2	322	79	0.38	30.02
0.9	0.2	321	200	0.40	80.00
1.0	0.2	322	109	0.36	39.24
0.7	0.3	322	70	0.33	23.10
0.8	0.3	322	58	0.36	20.88
0.9	0.3	322	106	0.39	41.34
1.0	0.3	322	63	0.34	21.42
0.7	0.4	322	66	0.37	24.42
0.8	0.4	322	75	0.36	27.00
0.9	0.4	322	71	0.36	25.56
1.0	0.4	322	89	0.32	28.48
0.7	0.5	322	60	0.33	19.80
0.8	0.5	322	70	0.35	24.50
0.9	0.5	322	68	0.36	24.48
1.0	0.5	322	71	0.30	21.30

จากการทดลองพบว่า ในการจัดตารางสอนโดยเปลี่ยนแปลงค่าการข้ามสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์ โดยการประมวลผล 200 รอบการทำงาน ส่วนใหญ่ได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดเท่ากันคือ 322 จำนวน 18 การทดลอง ซึ่งมีเพียง 2 การทดลองที่ได้ค่าสูงสุดที่ 320 และ 321 ซึ่งผลค่าฟิสเนสของการจัดตารางสอนจะขึ้นอยู่กับข้อมูลของตารางสอน โดยการนับจำนวนของค่าฟิตเนสแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ได้มาจากข้อบังคับหลัก และส่วนที่ได้จากข้อบังคับรอง ในส่วนของข้อบังคับหลักจะเท่ากับจำนวนของรายวิชาซึ่งนับจำนวนของรายวิชาที่ไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก ในส่วนของข้อบังคับรองจะคำนวณตามข้อบังคับ ซึ่งมีความแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของข้อบังคับ เมื่อคำนวณเสร็จจึงนำมารวมกันได้เป็นค่าฟิตเนส ลักษณะของค่าฟิตเนสของการจัดตารางสอนจึงขึ้นอยู่กับขนาดของข้อมูล คือ จำนวนรายวิชา จำนวนและลักษณะของข้อบังคับรอง ในการรันโปรแกรมเพื่อจัดตารางในทุกๆการทดลองจะมีลักษณะที่คล้ายกันคือ เมื่อรันจนถึงจุดหนึ่งที่ได้ตารางสอนที่ดีที่สุด คือการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด

การทดลองในด้านของเวลาเฉลี่ยต่อรอบกลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.1 มีเวลาเฉลี่ยต่อรอบมากกว่ากลุ่มอื่นคือมากกว่า 0.40 วินาทีทั้งหมด และยังมีการพบค่าฟิตเนสสูงสุดในรอบที่มากกว่ากลุ่มอื่นด้วย กลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.2 และ 0.3 มีผลการทดลองที่ใกล้เคียงกันทั้งในด้านของเวลาและการพบค่าสูงสุด แต่ส่วนใหญ่ยังใช้เวลาเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.4 และ 0.5 ซึ่งมีเวลาเฉลี่ยส่วนใหญ่น้อยกว่า 0.35 วินาที แต่ก็มีเวลาเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันต่างกันเพียงไม่เกิน 0.1 วินาที หากมองที่การพบค่าฟิตเนสสูงสุด จะปรากฏในการทดลองที่มี Crossover Rate เท่ากับ 0.7 และ Mutation Rate เท่ากับ 0.5 พบการทดลองนี้พบค่าฟิตเนตสูงสุดในรอบที่ 60 ซึ่งน้อยที่สุด และใช้เวลาเฉลี่ย 0.33 วินาทีต่อรอบการทำงาน โดยใช้เวลารวมเมื่อพบค่า

ฟิตเนสสูงสุดเท่ากับ 19.80 วินาที ซึ่งเป็นเวลารวมที่น้อยที่สุด โดยงานวิจัยฉบับนี้จึงเลือกใช้ค่าดังกล่าวในการทดลองในลำดับต่อไป

ผลการทดลองที่ 2 การทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบกระบวนการการซ่อมแซมสำหรับการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

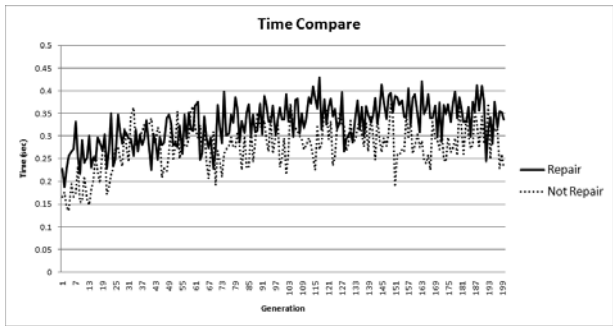

Figure 7 Time compare between GA with repair function and GA not repair function

ผลการทดลองในด้านของเวลาจาก (Figure 7) เวลาการทำงานของทั้ง 2 แบบใช้เวลาการทำงานที่ใกล้เคียงกัน แต่วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบไม่ใช้กระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาการทำงานที่น้อยกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใช้กระบวนการซ่อมแซมเล็กน้อย

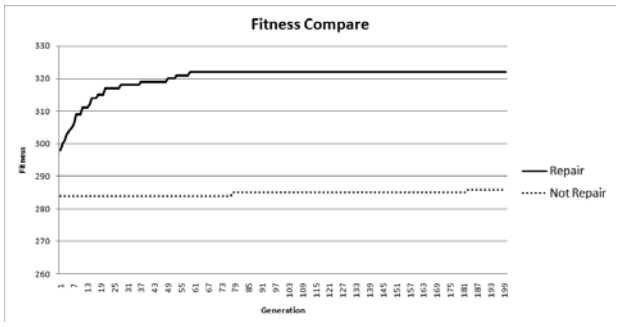

Figure 8 Fitness compare between GA with repair function and GA not repair function

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนสจาก (Figure 8) ปรากฏว่า ได้ลักษณะเดียวกันคือข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีความแตกต่างกันในด้านของฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบไม่ใช้กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสที่เพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในแต่ละรุ่น ในส่วนของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใช้กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงรุ่นการทำงานตั้งแต่ 1 ถึงประมาณรุ่นที่ 20 จากนั้นค่าฟิตเนสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และหยุดการเพิ่มในช่วงรุ่นที่ 60 ซึ่งได้ค่าฟิตเนสที่ต่างกัน คือ วิธีที่ใช้กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสสูงสุดที่ 322 ส่วนวิธีการที่ไม่ใช้กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสสูงสุดเพียง 286 ดัง (Figure 8)

ผลการทดลองที่ 3 การทดลองเปรียบเทียบผลกระทบของขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู

ผลการทดลองกลุ่มข้อมูลขนาดเล็ก

ในการทดลองของกลุ่มข้อมูลขนาดเล็ก ผลของการทดลองในด้านของเวลา ดัง (Figure 9) พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด โดยใช้เวลาเฉลี่ย 0.33 วินาทีต่อ 1 รอบการทำงาน ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูใช้เวลาในการทำงานที่ใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาเฉลี่ย 0.45 วินาที และ 0.46 วินาที ต่อ 1 รอบการทำงานตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาการทำงานมากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมอยู่พอสมควร เนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นการรวมวิธีการแบบทาบูเข้าไปปรับปรุงวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติย่อมทำให้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

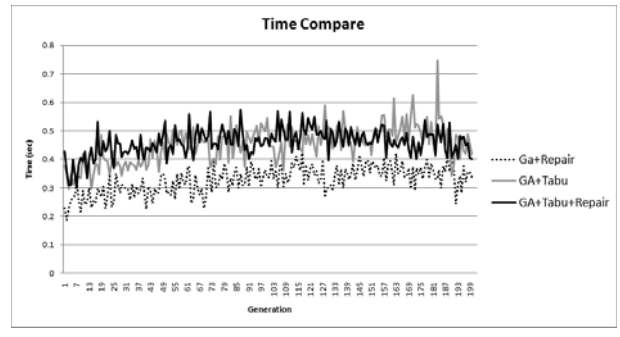

Figure 9 Time compare for small dataset

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนส ดัง (Figure 10) พบว่า ได้กราฟลักษณะเดียวกันคือข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งทั้ง 3 อัลกอริทึม ได้ค่าฟิตเนสสูงสุดที่เท่ากัน คือ 322 แต่ทั้ง 3 อัลกอริทึมมีกราฟที่มีลักษณะแตกต่างกัน คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมมีการเพิ่มขึ้นของค่าฟิตเนสทีละเล็กน้อย โดยได้ค่าสูงสุดในรอบการทำงานที่ 60 ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู เป็นกราฟที่มีการเพิ่มของค่าฟิตเนสอยู่รวดเร็ว

ในช่วงแรกและจะหยุดเพิ่มเมื่อได้ค่าสูงสุด โดยได้ค่าสูงสุดในรอบการทำงานที่ 47 และ 34 ตามลำดับ หากเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยและจำนวนรอบของการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดได้ผล คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ 0.33*60 = 19.80 วินาที วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู ใช้เวลาการได้ค่าสูงสุด คือ 0.45*47 = 21.15 วินาที และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูใช้เวลาการได้ค่าสูงสุด คือ 0.46*34 = 15.64 วินาที

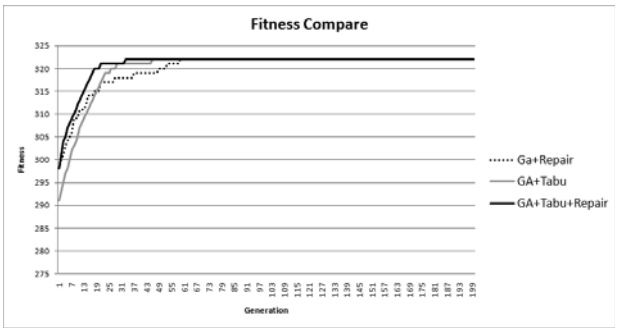

Figure 10 Fitness compare for small dataset

ผลการทดลองกลุ่มข้อมูลขนาดกลาง

ในการทดลองของกลุ่มข้อมูลขนาดกลาง ผลของการทดลองในด้านของเวลา ดัง (Figure 11) พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด โดยใช้เวลาเฉลี่ย 1.12 วินาทีต่อ 1 รอบการทำงาน ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูใช้เวลาในการทำงานที่ใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาเฉลี่ย 2.34 วินาที และ 2.45 วินาที ต่อ 1 รอบการทำงานตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาการทำงานมากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมอยู่พอสมควร เนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นการรวมวิธีการแบบทาบูเข้าไปปรับปรุงวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติย่อมทำให้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

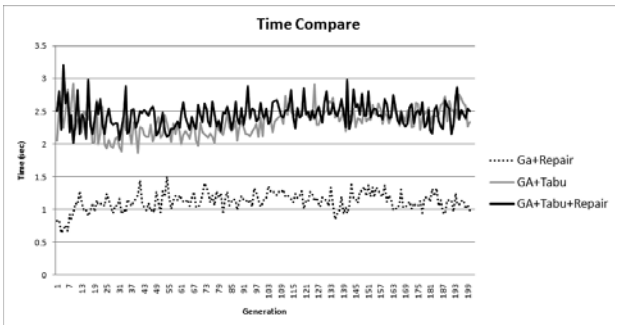

Figure 11 Time compare for medium dataset

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนส ดัง (Figure 12) พบว่า ได้กราฟลักษณะเดียวกัน คือ ข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีความแตกต่างกันในด้านของค่าฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมและวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบูได้ค่าสูงสุดที่ 973 และ 974 ตามลำดับ ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูได้ค่าสูงสุดที่ 976 หากเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยและจำนวนรอบของการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดที่ 976 ได้ผลคือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ 1.12 *200 = 224 วินาที วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบูใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ 2.34*200 = 468 วินาที และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ 2.45*73 = 178.85 วินาที จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูใช้เวลาในการทำงานในการหาได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดน้อยที่สุดคือ 178.85 วินาที และยังสามารถหาค่าฟิตเนสสุดท้ายที่สูงกว่า 2 อัลกอริทึมแรกอีกด้วย

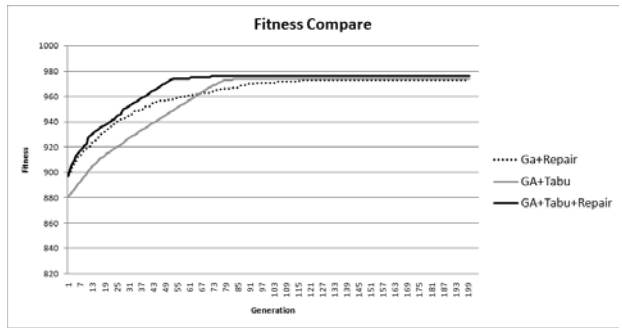

Figure 12 Fitness compare for medium dataset

ผลการทดลองกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่

ในการทดลองของกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่ ผลของการทดลองในด้านของเวลา ดัง (Figure 13) พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด โดยใช้เวลาเฉลี่ย 2.44 วินาทีต่อ 1 รอบการทำงาน ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูใช้เวลาในการทำงานที่ใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาเฉลี่ย 10.91 วินาที และ 9.69 วินาที ต่อ 1 รอบการทำงานตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาการทำงานมากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมอยู่พอสมควร เนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นการรวมวิธีการแบบทาบูเข้าไปปรับปรุงวิธี

ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติย่อมทำให้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

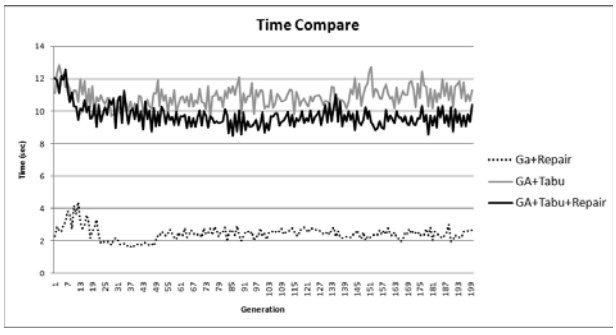

Figure 13 Time compare for large dataset

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนส ดัง (Figure 14) พบว่า ได้กราฟลักษณะเดียวกันคือข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีความแตกต่างกันในด้านของค่าฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมค่าสูงสุดที่ 2,045 วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบูได้ค่าสูงสุดที่ 2,061 และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูได้ค่าสูงสุดที่ 2,064 จากผลที่ได้ทำให้ทราบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูทำงานได้ดีที่สุดเนื่องจากได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด ถึงแม้ว่าในด้านของเวลาจะใช้เวลามากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมอยู่พอประมาณ แต่ในการจัดตารางสอนจะมุ่งเน้นผลของค่าฟิตเนสเป็นหลัก

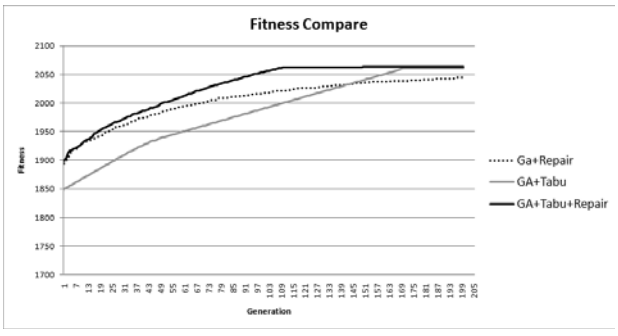

Figure 14 Fitness compare for large dataset

จากการทดลองทั้ง 3 ขนาดข้อมูล ในทุกๆ การทดลองให้ผลในด้านของตารางสอนในรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน การจัดตารางสอนบนพื้นฐานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ไม่ว่าจะเป็นการใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู เมื่อทำการจัดตาราง ตารางสอนสุดท้ายที่ได้คือตารางสอนที่มีค่าฟิตเนสสูงที่สุด คือทุกตารางสอนไม่มีการละเมิดข้อบังคับหลักแม้เพียงข้อเดียว และเป็นตารางสอนที่มีการละเมิดข้อบังคับรองน้อยที่สุดหรือการได้ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองมาก ซึ่งข้อบังคับรองเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าตารางสอนนั้นๆเหมาะสมกับผู้ใช้งานมากน้อยเพียงใด ยิ่งละเมิดข้อบังคับรองน้อย นั่นหมายความว่าเหมาะสมกับผู้ใช้งานมากตามไปด้วย เพราะฉะนั้นเมื่อทำการจัดตารางทั้ง 3 อัลกอริทึมเสร็จสิ้นจะได้ตารางสอนที่เหมาะสมที่สุดคือมีค่าฟิตเนสที่มากที่สุดเช่นกัน แต่สิ่งที่แตกต่างกันของทั้ง 3 อัลกอริทึมคือเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

วิจารณ์และสรุปผล

การทดลองที่ 1 เป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยทำการเปลี่ยนค่าการกลายพันธุ์และค่าการข้ามสายพันธุ์ ในส่วนของผลการทดลองพบว่าค่า 0.7 ของค่าการข้ามสายพันธุ์ และค่า 0.5 ของค่าการกลายพันธุ์ เป็นค่าพารามิเตอร์มีที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากใช้เวลารวมน้อยที่สุดในการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลกระทบกระบวนการการซ่อมแซมของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยการทดลองนั้นทดลองกับข้อมูลตารางสอนขนาดเล็ก ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง 2 อัลกอริทึม คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติและวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม โดยผลที่ได้ในด้านของเวลาวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติทำงานได้เร็วกว่าเล็กน้อย แต่ในด้านของค่าฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม ได้ค่าฟิตเนสที่สูงกว่าแบบปกติอย่างชัดเจน ฉะนั้นวิธีการซ่อมแซมจึงส่งผลต่อกระบวนการจัดตารางสอน โดยวิธีการซ่อมแซมเป็นส่วนที่ใช้ในการปรับปรุงค่าฟิตเนสของประชากรในแต่ละรอบกระบวนการทำงานให้ดียิ่งขึ้นก่อนที่จะเข้าสู่รอบการทำงานถัดไป

การทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาผลกระทบของขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอน โดยใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยการเพิ่มวิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู ซึ่งเป็นการทดลองโดยแบ่งขนาดของข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม คือข้อมูลขนาดเล็ก ข้อมูลขนาดกลาง และข้อมูลขนาดใหญ่ โดยแต่ละการทดลองได้เปรียบเทียบอัลกอริทึมจำนวน 3 อัลกอริทึม คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู จากผลการทดลองของทั้ง 3 กลุ่มข้อมูล พบว่า

วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมใช้เวลาการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานของอัลกอริทึมที่น้อยที่สุด แต่ค่าฟิตเนสที่ได้จากอัลกอริทึมในทั้ง 3 กลุ่มข้อมูลได้ค่าที่น้อยกว่าอีก 2 อัลกอริทึม หากเปรียบเทียบในด้านของค่าฟิตเนสวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูให้ผลที่ดีที่สุดในทั้ง 3 กลุ่มข้อมูล จะเห็นได้ชัดในกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งให้ค่าฟิตเนสที่สูงแตกต่างจากอีก 2 อัลกอริทึมอย่างชัดเจน อันเนื่องมาจากการรวมวิธีการซ่อมแซมในการปรับปรุงประชากรให้ดีขึ้นในแต่ละรอบกระบวนการทำงาน และรวมกับการหาคำตอบแบบทาบูเข้ามาปรับปรุงให้การจัดตารางสอนเข้าใกล้ค่าฟิตเนสที่สุดที่สุดได้เร็วยิ่งขึ้น เพราะฉะนั้น วิธีการซ่อมแซมและการหาคำตอบแบบทาบูจึงมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.ฉัตรเกล้า เจริญผล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนวทางในการดำเนินงาน รวมทั้งให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำวิจัยอย่างดียิ่ง และได้รับการช่วยเหลือในการติดตามข้อมูลการจัดตารางสอนจาก คุณสุดา ทิพย์ประเสริฐ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลสำหรับการจัดตารางสอนเพื่อใช้ในการทดลองที่เป็นประโยชน์อย่างมาก จนงานวิจัยนี้สำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์ พร้อมทั้งการสนับสนุนเรื่องทุนการศึกษาซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. Blondel V, Tsitsiklis JN. NP-Hardness of Som Linear Control Design Problems. Siam J Control Optim 1997; 35[6]: 2118–2127.
2. Said GAE-NA, Mahmoud AM, El-Horbaty E-SM. A Comparative Study of Meta-heuristic Algorithms for Solving Quadratic Assignment Problem. International Journal of Advanced Computer Science and Applications 2014; 5[1]: 1-6.
3. Wang YZ. Using genetic algorithm methods to solve course scheduling problem. Expert Systems with Applications 2003; 25[1]: 39-50.
4. Pongcharoen P, Promtet W, Yenradee P, Hickks C. Stochastic Optimisation Timetabling Tool for university course scheduling. International Journal of Production Economics 2008; 112[2]: 903-918.
5. วีณา พรหมเทศ. การจัดตารางสอนอัตโนมัติแบบยืดหยุ่นโดยใช้ Genetic Algorithms. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย; 2550.
6. Abdullah S, Turabieh H, McCollum B, Burke EK. “An Investigation of a Genetic Algorithm and Sequential Local Search Approach for Curriculum-based Course Timetabling Problems”. Multidisciplinary International Conference on Scheduling : Theory and Applications (MISTA 2009). Dublin, Ireland, 2009.
7. Bratkovic Z, Herman T, Omrcen V, Cupic M, Jakobovic D. “University Course Timetabling with Genetic Algorithm: a Laboratory Excercises Case Study”. 2010.
8. Rahoual M, Saad R. Solving Timetabling Problems by Hybridizing Genetic Algorithms and Tabu Search. PATAT 2006 2006: 467–472.
9. Jat SN, Yang S. A Hybrid Genetic Algorithm and Tabu Search Approach for Post Enrolment Course Timetabling. Journal of Scheduling manuscript 2010