

การเปรียบเทียบการคัดเลือกและการกลายพันธุ์ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สำหรับแก้ปัญหาการจัดตารางสอบ

วาทีนิ น้อยเพียร* และ อุกฤษฏ์วิวัฒน์ พิมพ์พา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการคัดเลือกและการกลายพันธุ์ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อหาชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด สำหรับปัญหาที่สนใจในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 1) กลุ่มผู้เรียนที่เรียนในรายวิชาเดียวกันต้องสอบพร้อมกัน 2) ผู้เรียนจะต้องสอบ 1 วิชาในช่วงเวลาเดียวกัน 3) ห้องสอบต้องมีขนาดเพียงพอกับผู้เรียน 4) ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรจัดตารางคุมสอบให้อยู่นอกคาบเวลาปกติ 5) ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรจัดตารางสอบให้ผู้เรียนสอบมากเกินไปในแต่ละวัน การคัดเลือกที่นำมาเปรียบเทียบประกอบไปด้วยการคัดเลือก 3 รูปแบบ คือ การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Selection) การคัดเลือกแบบจัดอันดับ (Ranking Selection) และการคัดเลือกแบบจัดการแข่งขัน (Tournament Selection) การกลายพันธุ์ที่นำมาเปรียบเทียบประกอบไปด้วยการกลายพันธุ์ 3 รูปแบบ คือ การกลายพันธุ์แบบสลับที่ (Swap Mutation) การกลายพันธุ์แบบแทรก (Insertion Mutation) และการกลายพันธุ์แบบผกผัน (Inversion Mutation) รวมไปถึงการหาค่าความเหมาะสมของความเป็นในการกลายพันธุ์ จำนวนประชากร และจำนวนรุ่นที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า ชุดพารามิเตอร์ที่ให้ค่าความเหมาะสมเฉลี่ยสูงสุดคือ การคัดเลือกแบบจัดการแข่งขัน การกลายพันธุ์แบบสลับที่ ความเป็นในการกลายพันธุ์เท่ากับ 75 % โดยมีจำนวนประชากรเท่ากับ 20 ซึ่งให้ค่าความเหมาะสมเฉลี่ยอยู่ที่ 6,168 จาก 7,350 และจำนวนรุ่นที่ให้ค่าความเหมาะสมเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 365 รุ่น

คำสำคัญ : เทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม, การจัดตารางสอบ, ปัญหาการจัดตารางเวลา

Comparison of Selection and Mutation in Genetic Algorithms for Examination Schedule Problem

Vatinee Nuipian* and Aukkrithiwat Phimpha

Abstract

The purpose of this study is to present the comparison of selection and mutation in genetic algorithms to identify the most accurate parameter of examination schedule problem. Which includes 1) The group of students studying in the same course must take the same exam. 2) A student will have to take 1 examination at same time. 3) The number of students for each examination must not exceed the class capacity. 4) A proctor cannot supervise more than two sessions in the same day. 5) No student should have examinations on consecutive sessions. This study examined the selection based on three methods: Roulette Wheel Selection, Ranking Selection, and Tournament Selection. Similarly, three different methods were employed for mutation namely Swap Mutation, Insertion Mutation, and Inversion Mutation. In addition, the study investigated the most accurate parameter to determine the result by adjusting the probability of mutation, size of population, and the number of generations in the experiment. The result demonstrated that the most accurate parameter was from Tournament Selection and Swap Mutation where the probability of mutation is 75 %. The results showed that the Fitness Function average was 6,168 from 7,350. The experiment also revealed that the number of generations that provided the highest average Fitness Function was 365 generations.

Keywords : Genetic Algorithms, Examination Scheduling Problem, Timetable Problem

1. บทนำ

การจัดตารางสอบเป็นงานหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนของทุกสถานศึกษา ซึ่งคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือเป็นหน่วยงานที่ต้องจัดตารางคุมสอบ โดยงานจัดตารางคุมสอบนั้นเป็นงานที่มีความซับซ้อนและมีความสำคัญมาก ซึ่งสำนักงานคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จะต้องดำเนินการจัดอาจารย์ประจำห้องสอบ ห้องสอบละ 2 คน ต่อ 1 วิชา จำนวนห้องสอบทั้งหมด 13 ห้อง โดยมีอาจารย์ทั้งหมด 105 คน มีวิชาที่จะต้องคุมสอบมากกว่า 102 วิชา มีการจัดสอบเทอมละ 2 ครั้ง โดย 1 วันที่ทำการสอบประกอบไปด้วย 3 ช่วงเวลา โดยเจ้าหน้าที่ที่ทำหน้าที่จัดตารางคุมสอบต้องพิจารณาเงื่อนไขในการจัดตารางคุมสอบดังนี้ 1) ในหนึ่งช่วงเวลาผู้คุมสอบสามารถคุมสอบได้เพียง 1 วิชา 2) ถ้าเป็นไปได้ผู้คุมสอบที่คุมสอบ 2 ช่วงเวลาใน 1 วัน ควรคุมสอบในช่วงเวลาที่ติดกัน 3) ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรจัดให้กรรมการคุมสอบเกิน 6 ชั่วโมงต่อ 1 วัน 4) อาจารย์ 1 ท่านสามารถคุมสอบได้ 12-15 ชั่วโมง และ 5) อาจารย์ที่มีตำแหน่งบริหารคุมสอบไม่เกิน 6 ชั่วโมง ต่อการคุมสอบในแต่ละครั้ง (กลางภาคหรือปลายภาค) ด้วยเงื่อนไข และตัวแปรของปัญหาที่ได้ยกตัวอย่างทำให้การจัดตารางคุมสอบในแต่ละครั้งเป็นไปได้ด้วยความซับซ้อน

จากความสำคัญของปัญหาการจัดตารางสอบ ทำให้นักวิจัยจำนวนไม่น้อยสนใจที่จะทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการจัดตารางอัตโนมัติ ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การใช้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) [1] ขั้นตอนวิธีหาค่าความเหมาะสมที่สุดแบบนกคูหาว่า (Cuckoo Search) [2] การค้นหาแบบฮิวริสติก (Heuristics) [3] อัลกอริทึมอาณานิคมผึ้งเทียม (Artificial Bee Colony Algorithm)

[4] การใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) [5, 6, 7] ใช้แก้ปัญหาการจัดตารางได้เป็นอย่างดี เพราะสามารถจัดการกับเงื่อนไขที่มีหลายเงื่อนไขได้ดี และมีแนวทางในการหาคำตอบได้หลากหลาย จึงได้รับความนิยมนักวิจัยในการนำมาใช้แก้ปัญหาในเรื่องการจัดตารางเวลา (Timetabling Problem) แต่อย่างไรก็ตามแนวทางในการแก้ปัญหาและการกำหนดพารามิเตอร์ที่นักวิจัยนำเสนอมุ่งเน้นเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะด้านที่นักวิจัยสนใจเท่านั้น

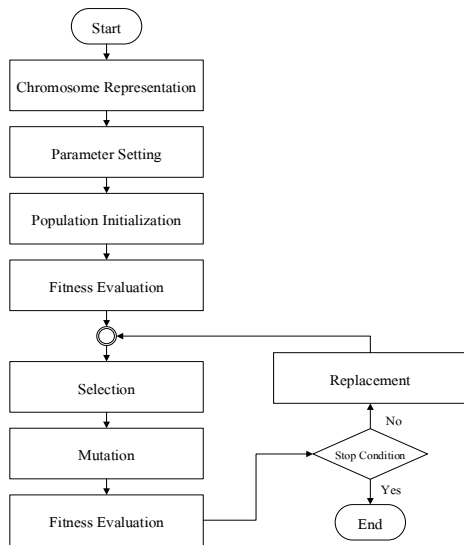
ในงานวิจัยนี้จึงนำขั้นตอนของเทคนิควิธีเชิงพันธุกรรมมาทำการเปรียบเทียบรูปแบบในการคัดเลือกและการกลายพันธุ์ เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดกับลักษณะข้อมูลของงานวิจัยในครั้งนี้นี้ และนำแนวทางนี้ไปใช้แก้ปัญหาการจัดตารางสอบ

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีเงื่อนไขที่พิจารณาในการจัดตารางคุมสอบ 2 ประเภทคือ แบบเข้มงวด (Hard Constraints) และแบบผ่อนปรน (Soft Constraints) เงื่อนไขแบบเข้มงวดเป็นเงื่อนไขที่ไม่สามารถละเมิดได้ คือ 1) กลุ่มผู้เรียนที่เรียนในรายวิชาเดียวกันต้องสอบพร้อมกัน 2) ผู้เรียนต้องสอบ 1 วิชาในช่วงเวลาเดียวกัน 3) ห้องสอบจะต้องมีขนาดเพียงพอกับผู้เรียน

เงื่อนไขแบบผ่อนปรน คือ เงื่อนไขที่ขอมิให้เกิดขึ้นได้ แต่อย่างน้อยที่สุดก็จะตรงกับความต้องการมากที่สุด ซึ่งประกอบด้วย 1) ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรจัดตารางคุมสอบให้อยู่นอกคาบเวลาปกติ 2) ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรจัดตารางสอบให้ผู้เรียน สอบมากเกินไปในแต่ละวัน

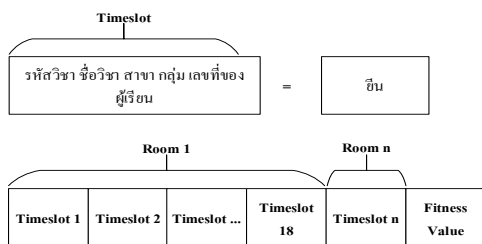
ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยตามประกอบไปด้วยขั้นตอนดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

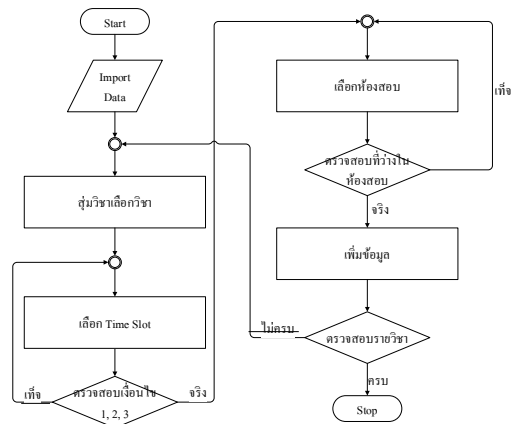
2.1 การกำหนดรูปแบบโครโมโซม (Chromosome Representation)

การกำหนดรูปแบบโครโมโซมให้เข้ากับปัญหาการจัดตารางสอบ ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญของวิธีเชิงพันธุกรรม โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้การเข้ารหัสแบบเรียงสับเปลี่ยน (Permutation Encoding) มีรูปแบบของการเรียงสับเปลี่ยนเซตของจำนวนเต็มทำให้สามารถสร้างโครโมโซมของปัญหาการจัดตารางสอบสำหรับงานวิจัยนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การสร้างยีน และโครโมโซม

สร้างยีน (Gene) ซึ่งประกอบไปด้วย 1) รหัสวิชา 2) ชื่อวิชา 3) สาขา กลุ่ม และเลขที่ของผู้เรียน แล้วนำไปเก็บไว้ในช่วงเวลา (Time Slots) ของห้องสอบที่มีการสอบ จึงสามารถสร้างยีน และโครโมโซม ดังรูปที่ 3 โดยอาร์เรย์ของโครโมโซมจะมีขนาดเท่ากับจำนวนห้องคูณด้วย 18 ช่วงเวลา (ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ห้องสอบทั้งหมด 13 ห้อง) เท่ากับ 234 ตำแหน่ง เมื่อนำไปประเมินค่าความเหมาะสมแล้วจะเพิ่มค่าความเหมาะสมต่อจากตำแหน่งสุดท้ายของโครโมโซมพร้อมทั้ง ID เพื่อใช้ระบุหมายเลขของโครโมโซม ทำให้อาร์เรย์ของโครโมโซมนี้จะมีความยาว 236 ตำแหน่ง ห้องสอบในช่วงเวลาที่ไม่มีการจัดสอบแทนที่ด้วย Missing Value ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 3 แผนผังในการสร้างยีน

1	2	3	4	5
1	COMPUTER AND PR...	COMPUTER AND PR...	COMPUTER AND PR...	COMPUTER AND PR...
2	ENGINEERING MATH...	ENGINEERING MATH...	ENGINEERING MATH...	ENGINEERING MATH...
3	ENGINEERING MATH...	ENGINEERING MATH...	ENGINEERING MATH...	ENGINEERING MATH...
4	CHEMISTRY IN EVER...	CHEMISTRY IN EVER...	CHEMISTRY IN EVER...	CHEMISTRY IN EVER...
5	ENGINEERING MATH...	ENGINEERING MATH...	ENGINEERING MATH...	ENGINEERING MATH...
6	ENGLISH I TM 1(1-25)	ENGLISH I TM 1(26-50)	ENGLISH I TM 1(51-5...	ENGLISH I TP 1(25-3...

รูปที่ 4 ตัวอย่างโครโมโซมตำแหน่งที่ 1

232	233	234	235	236
Missing Value	Missing Value	Missing Value	Missing Value	4750
Missing Value	Missing Value	Missing Value	Missing Value	4800
Missing Value	Missing Value	Missing Value	Missing Value	4725
Missing Value	Missing Value	Missing Value	Missing Value	4750
Missing Value	Missing Value	Missing Value	Missing Value	4825
Missing Value	Missing Value	Missing Value	Missing Value	4825

รูปที่ 5 ตัวอย่างโครโมโซมตำแหน่งที่ 236

2.2 การกำหนดพารามิเตอร์ (Parameter Setting)

สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการจัดตารางสอบสำหรับ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งมีการกำหนดพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดพารามิเตอร์

พารามิเตอร์	ค่าเริ่มต้น
จำนวนประชากร	4, 10, 20
จำนวนรุ่น	100
ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (%)	25, 50, 75, 100

2.3 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population)

เริ่มต้นจากการรับค่าจำนวนประชากรเพื่อทำการจัด ตารางห้องสอบที่มีขนาด 1.5 เท่าของจำนวนประชากร เริ่มต้น ต่อมาทำการสุ่มเลือกตารางที่จัดไว้ให้มีขนาด เท่ากับค่าประชากร เช่น การทดลองที่มีการกำหนด ประชากรเริ่มต้นเท่ากับ 4 จะทำการจัดตารางห้องสอบ ขึ้นมา 6 ตาราง ดังรูปที่ 4

2.4 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

ผู้วิจัยให้ค่าความสำคัญกับทุกข้อบังคับแบบเข้มงวด เท่า ๆ กันเนื่องจากตารางที่นำไปใช้ต้องไม่ละเมิด ข้อบังคับประเภทนี้ แต่ในส่วนของข้อบังคับแบบผ่อน ปรนผู้วิจัยให้น้ำหนักน้อยกว่าค่าน้ำหนักของข้อบังคับ แบบเข้มงวด ผู้วิจัยใช้วิธีประเมินค่าความเหมาะสมของ โครโมโซม จากผลรวมของค่าน้ำหนักรวมของข้อบังคับ แบบเข้มงวดกับค่าน้ำหนักรวมของข้อบังคับแบบผ่อน

ปรน ซึ่งตารางสอบที่มีค่าความเหมาะสมมาก หมายถึง ตารางสอบที่ให้ความพึงพอใจกับผู้ใช้มากกว่าตาราง สอบที่มีค่าความเหมาะสมน้อย โดยฟังก์ชันกำหนดค่า ความเหมาะสม ผู้วิจัยขอนำเสนอผ่านสมการที่ 1

$$fitnessValue = \sum_i^m H_i + \sum_j^n S_j \quad (1)$$

m หมายถึง จำนวนข้อบังคับแบบเข้มงวด

n หมายถึง จำนวนข้อบังคับแบบผ่อนปรน

H_i หมายถึง ค่าน้ำหนักข้อบังคับแบบเข้มงวดข้อที่ i สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

S_j หมายถึง ค่าน้ำหนักข้อบังคับแบบผ่อนปรนข้อที่ j สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$H_i = v \times (100) \quad (2)$$

โดยที่

$$v = 1 \text{ เมื่อไม่เกิดการละเมิดข้อบังคับ } H_i$$

$$v = -1 \text{ เมื่อเกิดการละเมิดข้อบังคับ } H_i$$

$$S_j = v \times (25) \quad (3)$$

โดยที่

$$v = 1 \text{ เมื่อไม่เกิดการละเมิดข้อบังคับ } S_j$$

$$v = -1 \text{ เมื่อเกิดการละเมิดข้อบังคับ } S_j$$

การคำนวณค่าความเหมาะสมของการจัดตารางสอบ ประกอบไปด้วยเงื่อนไขข้อบังคับจำนวน 5 ข้อคือแบบ เข้มงวด 3 ข้อและแบบผ่อนปรน 2 ข้อโดยข้อบังคับแบบ เข้มงวด (2.4.1-2.4.3) โดยกำหนดเกณฑ์เมื่อไม่ละเมิด เงื่อนไขข้อบังคับ 100 คะแนน และถ้ามีการละเมิดให้ค่า

เท่ากับ -100 คะแนน ทำให้ตารางที่ไม่ละเมิดข้อบังคับมีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 1,800 คะแนน

2.4.1 การสอบ 1 รายวิชาทุกกลุ่มผู้เรียนต้องสอบพร้อมกัน

สามารถหาค่าความเหมาะสมได้โดย ขั้นตอนที่ 1 เลือกคอลลัมน์ (ช่วงเวลา) มาครั้งละ 1 คอลลัมน์ ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบรายวิชาที่มีการจัดสอบ ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบรายวิชาให้ครบตามกลุ่มผู้เรียน

2.4.2 การสอบ 1 ช่วงเวลา 1 กลุ่มผู้เรียนต้องสอบ 1 วิชา

สามารถหาค่าความเหมาะสมได้โดย ขั้นตอนที่ 1 เลือกคอลลัมน์ (ช่วงเวลา) มาครั้งละ 1 คอลลัมน์ ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบหาวิชา และกลุ่มผู้เรียนที่ทำการสอบ ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบว่าแต่ละกลุ่มผู้เรียนมีการสอบเพียง 1 วิชา

2.4.3 ห้องสอบมีขนาดเพียงพอกับผู้เรียน

สามารถหาค่าความเหมาะสมได้โดย ขั้นตอนที่ 1 เลือกคอลลัมน์ (ช่วงเวลา) มาครั้งละ 1 คอลลัมน์ ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบการสอบ 1 รายวิชาทุกกลุ่มผู้เรียนต้องสอบพร้อมกัน ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบการสอบ 1 ช่วงเวลา 1 กลุ่มผู้เรียนต้องสอบ 1 วิชา และตรวจสอบให้จำนวนที่ว่างในคอลลัมน์มีขนาดเพียงพอกับผู้เรียน

2.4.4 ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรจัดตารางสอบให้อยู่นอกคาบเวลาปกติ

เงื่อนไขข้อบังคับในข้อนี้ จะทำการตรวจสอบเฉพาะคอลลัมน์ที่เป็นช่วงเวลาที่ 3 ของวัน ซึ่งก็คือ คอลลัมน์ที่ 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 (17.00-20.00 น.) ซึ่งขั้นตอนที่ 1 เลือกคอลลัมน์มาครั้งละ 1 คอลลัมน์ ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบจำนวนห้องสอบที่มีการสอบคือ เมื่อไม่มีการละเมิดให้ทำการ +25 คะแนนส่วนห้องที่มีการละเมิดให้ทำการ -25 คะแนน

ตารางที่ไม่ละเมิดข้อบังคับมีความเหมาะสมในแต่ละคอลลัมน์เท่ากับ 325 คะแนน (25 X 13 ห้อง) คอลลัมน์ที่นำมาพิจารณา มีจำนวน 6 คอลลัมน์ ฉะนั้นทำให้ตารางที่ไม่ละเมิดข้อบังคับมีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 1,950 คะแนน

2.4.5 ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรจัดตารางสอบให้ผู้เรียน สอบมากเกินไปในแต่ละวัน

สามารถหาค่าความเหมาะสมได้โดย ขั้นตอนที่ 1 เลือกคอลลัมน์มาครั้งละ 3 คอลลัมน์ (1 วัน) ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบกลุ่มผู้เรียน ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบแต่ละกลุ่มผู้เรียนที่มีการสอบเกิน 2 วิชา ถ้ามีการละเมิดให้ทำการ -25 คะแนน ต่อกลุ่มผู้เรียนที่ละเมิด

2.5 การคัดเลือก (Selection)

คือ การเลือกโครโมโซมพ่อ และโครโมโซมแม่ตามทฤษฎีของ Charles Darwin เพื่อทำให้เกิดรูปแบบในการเลือกโครโมโซมที่น่าพอใจที่สุดเพื่อนำไปสืบสายพันธุ์

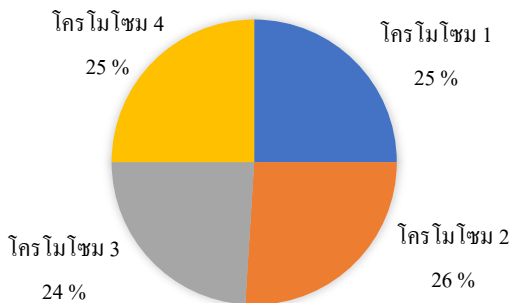
2.5.1 การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต

ขั้นตอนที่ 1 หาผลรวมของค่าความเหมาะสม ขั้นตอนที่ 2 คำนวณสัดส่วนจาก 100 % ขั้นตอนที่ 3 คำนวณพื้นที่ของตารางด้วยค่าความเหมาะสมที่คิดเป็น 100 % ขั้นตอนที่ 4 สุ่มตัวเลขที่ไม่ซ้ำกัน 2 ค่า และเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ของตาราง ห้ามเป็นตารางตัวเดียวกัน ดังตัวอย่างตารางที่ 2 และรูปที่ 6

ตารางที่ 2 การคำนวณพื้นที่การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต

	ค่าความเหมาะสม	สัดส่วนจาก 100 %	ผลรวมสะสม
โครโมโซม 1	4,725	25	1-25
โครโมโซม 2	5,025	26	26-51
โครโมโซม 3	4,600	24	52-75
โครโมโซม 4	4,800	25	76-100
ผลรวม	19,150	100	

ตัวอย่างพื้นที่โครโมโซม



รูปที่ 6 พื้นที่โครโมโซมการคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต

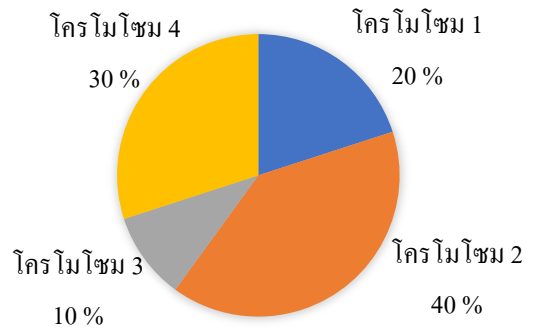
2.5.2 การคัดเลือกแบบจัดอันดับ

ขั้นตอนที่ 1 จัดลำดับด้วยค่าความเหมาะสม ขั้นตอนที่ 2 หาผลรวมของค่าลำดับ และหาสัดส่วนจาก 100 % ขั้นตอนที่ 3 คำนวณพื้นที่ของตารางด้วยค่าความเหมาะสมที่คิดเป็น 100 % ขั้นตอนที่ 4 สุ่มตัวเลขที่ไม่ซ้ำกัน 2 ค่า และเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ของตาราง ห้ามเป็นตารางตัวเดียวกัน ดังตัวอย่างการคำนวณพื้นที่ของโครโมโซมในตารางที่ 3 และรูปที่ 7

ตารางที่ 3 การคำนวณพื้นที่การคัดเลือกแบบจัดอันดับ

	ค่าความเหมาะสม	ลำดับ	สัดส่วนจาก 100 %	ผลรวมสะสม
โครโมโซม 1	4,725	2	20	1-20
โครโมโซม 2	5,025	4	40	21-60
โครโมโซม 3	4,600	1	10	61-70
โครโมโซม 4	4,800	3	30	71-100
ผลรวม		10	100	

ตัวอย่างพื้นที่โครโมโซม



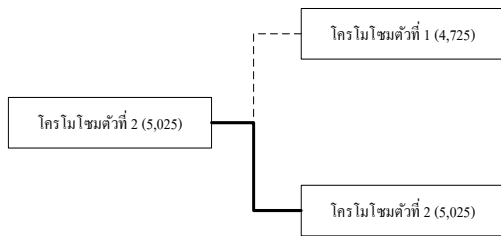
รูปที่ 7 พื้นที่โครโมโซมการคัดเลือกแบบจัดอันดับ

2.5.3 การคัดเลือกแบบจัดการแข่งขัน

ขั้นตอนที่ 1 สุ่มโครโมโซมจำนวนครึ่งหนึ่ง ขั้นตอนที่ 2 ทำการจับคู่โครโมโซมเพื่อเปรียบเทียบค่าความเหมาะสม โครโมโซมตัวใดที่มีค่ามากกว่าจะทำการเก็บค่านั้นไว้ และผ่านเข้ารอบต่อไป ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะเหลือโครโมโซมตัวสุดท้ายที่มีค่าความเหมาะสมมากที่สุด ดังตัวอย่างในตารางที่ 4 และรูปที่ 8

ตารางที่ 4 การคัดเลือกแบบจัดการแข่งขัน

	ค่าความเหมาะสม
โครโมโซม 1	4,725
โครโมโซม 2	5,025
โครโมโซม 3	4,600
โครโมโซม 4	4,800



รูปที่ 8 ตัวอย่างการคัดเลือกแบบจัดการแข่งขัน

2.6 การกลายพันธุ์ (Mutation)

การกลายพันธุ์ผู้วิจัยจะทำการเลือกการกลายพันธุ์ในระดับคอลัมน์ การทำแบบนี้จะทำให้ไม่ละเมิดข้อบังคับแบบเข้มงวด ซึ่งการกลายพันธุ์ที่ทำการทดลองประกอบไปด้วย

2.6.1 การกลายพันธุ์แบบสลับที่

สุ่มตัวเลขที่ไม่ซ้ำกัน 2 ค่าเพื่อสลับคอลัมน์ ดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10-11 แสดงตัวอย่างการกลายพันธุ์ของอารีย์

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	5	4	3	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

รูปที่ 9 ตัวอย่างการกลายพันธุ์แบบสลับที่

1	2	3	4	5	6	7
1 SOFTWARE ENGL... ENGLISH I... TM 1... INNOVATION A... PHYSICS IN DAL... BASIC COMPUT... Missing Val... EDUCATION						
2 SOFTWARE ENGL... ENGLISH I... TM 1... INNOVATION A... PHYSICS IN DAL... BASIC COMPUT... Missing Val... EDUCATION						
3 ENGINEER M... ENGLISH I... TP 1... INNOVATION A... HUMAN RELAT... ADVANCED EL... Missing Val... EDUCATION						
4 ENGINEER M... ENGLISH I... TP 1... INNOVATION A... HUMAN RELAT... ADVANCED EL... Missing Val... EDUCATION						
5 ENGINEER M... ENGLISH I... TT 1... INNOVATION A... HUMAN RELAT... ADVANCED EL... Missing Val... STRENGTH C						
6 ENGINEER M... ENGLISH I... TE 1... ELECTRICAL MA... REINFORCED C... TECHNICAL SU... Missing Val... PHYSICS I T						
7 ENGINEER M... ENGLISH I... CEE 1... ELECTRICAL MA... REINFORCED C... ENGINEERING ... Missing Val... PHYSICS I T						
8 ENGINEER M... ENGLISH I... CEE 1... SOIL MECHAN... SYSTEMATIC A... ENGINEERING ... Missing Val... PHYSICS I TI						
9 ENGINEER M... ENGLISH I... CED ... SOIL MECHAN... SYSTEMATIC A... ELECTROMAGN... Missing Val... PHYSICS I C						
10 FEEDBACK CONT... CONSTRUCTION ... SOIL MECHAN... SYSTEMATIC A... COMPUTER-AL... Missing Val... PHYSICS I C						
11 FEEDBACK CONT... CONSTRUCTION ... ENGINEERING ... SYSTEMATIC A... COMPUTER-AL... Missing Val... ENGLISH FO						
12 HIGHWAY ENGL... ENGINEERING EL... MOBILE APPLIC... POWER ELECTR... TEACHING MET... LANAUAGE... POWER PLAI						
13 MECHANICAL D... ENGINEERING EL... DIGITAL AND L... TEACHING ME... TEACHING MET... GENERAL ... TEACHING P						

รูปที่ 10 ตัวอย่างการกลายพันธุ์ของอารีย์

1	2	3	4	5	6	7
1 SOFTWARE ... ENGLISH I ... BASIC COMPUTER ... PHYSICS IN ... INNOVATION AN ... Missing V... EDUCATIO						
2 SOFTWARE ... ENGLISH I ... BASIC COMPUTER ... PHYSICS IN ... INNOVATION AN ... Missing V... EDUCATIO						
3 ENGINEERL... ENGLISH I ... ADVANCED ELECT... HUMAN R... INNOVATION AN ... Missing V... EDUCATIO						
4 ENGINEERL... ENGLISH I ... ADVANCED ELECT... HUMAN R... INNOVATION AN ... Missing V... EDUCATIO						
5 ENGINEERL... ENGLISH I ... ADVANCED ELECT... HUMAN R... INNOVATION AN ... Missing V... STRENGTI						
6 ENGINEERL... ENGLISH I ... TECHNICAL SUBJE... REINFORC... ELECTRICAL MAC... Missing V... PHYSICS I						
7 ENGINEERL... ENGLISH I ... ENGINEERING HY... REINFORC... ELECTRICAL MAC... Missing V... PHYSICS I						
8 ENGINEERL... ENGLISH I ... ENGINEERING HY... SYSTEMATL... SOIL MECHANICS ... Missing V... PHYSICS I						
9 ENGINEERL... ENGLISH I ... ELECTROMAGNETI... SYSTEMATL... SOIL MECHANICS ... Missing V... PHYSICS I						
10 FEEDBACK ... CONSTRU... COMPUTER-AIDE... SYSTEMATL... SOIL MECHANICS ... Missing V... PHYSICS I						
11 FEEDBACK ... CONSTRU... COMPUTER-AIDE... SYSTEMATL... ENGINEERING DV... Missing V... ENGLISH F						
12 HIGHWAY E... ENGINEERL... TEACHING METH... POWER EL... MOBILE APPLICATIO... LANAUUA... POWER PL						
13 MECHANIC... ENGINEERL... TEACHING METH... TEACHING ... DIGITAL AND LOG... GENERAL ... TEACHING						

รูปที่ 11 ตัวอย่างอารีย์หลังกระบวนการกลายพันธุ์

2.6.2 การกลายพันธุ์แบบแทรก

สุ่มตัวเลขที่ไม่ซ้ำกัน 2 ค่า นำคอลัมน์ที่มีค่ามากกว่ามาอยู่แทนคอลัมน์ที่มีค่าน้อยกว่า ต่อมาให้เลื่อนคอลัมน์ที่เหลือ ดังรูปที่ 12

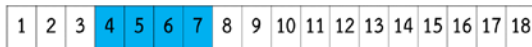
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	11	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

รูปที่ 12 ตัวอย่างอารีย์หลังกระบวนการกลายพันธุ์

2.6.3 การกลายพันธุ์แบบผกผัน

สุ่มตำแหน่งของคอลัมน์จำนวน 4 คอลัมน์ที่อยู่ติดกัน จากนั้นทำการ Inverse ตำแหน่งของคอลัมน์ที่ถูกเลือก ดังรูปที่ 13



รูปที่ 14 ตัวอย่างการกลายพันธุ์แบบผกผัน

2.7 การแทนที่ (Replacement)

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการกลายพันธุ์จะทำการเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมโครโมโซมพ่อกับแม่ที่ผ่านวิธีเชิงพันธุกรรมกับโครโมโซมพ่อกับแม่ก่อนที่จะเริ่มวิธีเชิงพันธุกรรม ถ้ามีโครโมโซมพ่อกับแม่ที่ผ่านวิธีเชิงพันธุกรรมมีค่าความเหมาะสมมากกว่าก็จะแทนที่โครโมโซมเดิม แต่ถ้าค่าความเหมาะสมไม่ดีขึ้นกว่าโครโมโซมเดิมก็จะไปยังวิธีเชิงพันธุกรรมในรุ่นต่อไป

2.8 การหยุดทำงาน (Stop Condition)

เงื่อนไขการหยุดทำงานที่ใช้ในงานวิจัย คือ เมื่อครบจำนวนรุ่นที่กำหนดไว้จะทำการหยุดทำงาน

3. ผลการทดลอง

ผู้วิจัยข้อกำหนดคีย์รหัสเพื่อใช้แทนพารามิเตอร์ดังตารางที่ 5

3.1 ชุดพารามิเตอร์ที่สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด

ชุดพารามิเตอร์ที่สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดคือ ชุดพารามิเตอร์ที่ใช้ประชากร 20 การคัดเลือกแบบจัดการแข่งขัน การกลายพันธุ์แบบสลับที่ ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์เท่ากับ 75 % มีอัตราการหาคำตอบสำเร็จ 100 % และมีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยอยู่ที่ 6,168 ดังผลการทดลองในตารางที่ 6 และรูปที่ 14

ตารางที่ 5 อักษรย่อสำหรับใช้แทนพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

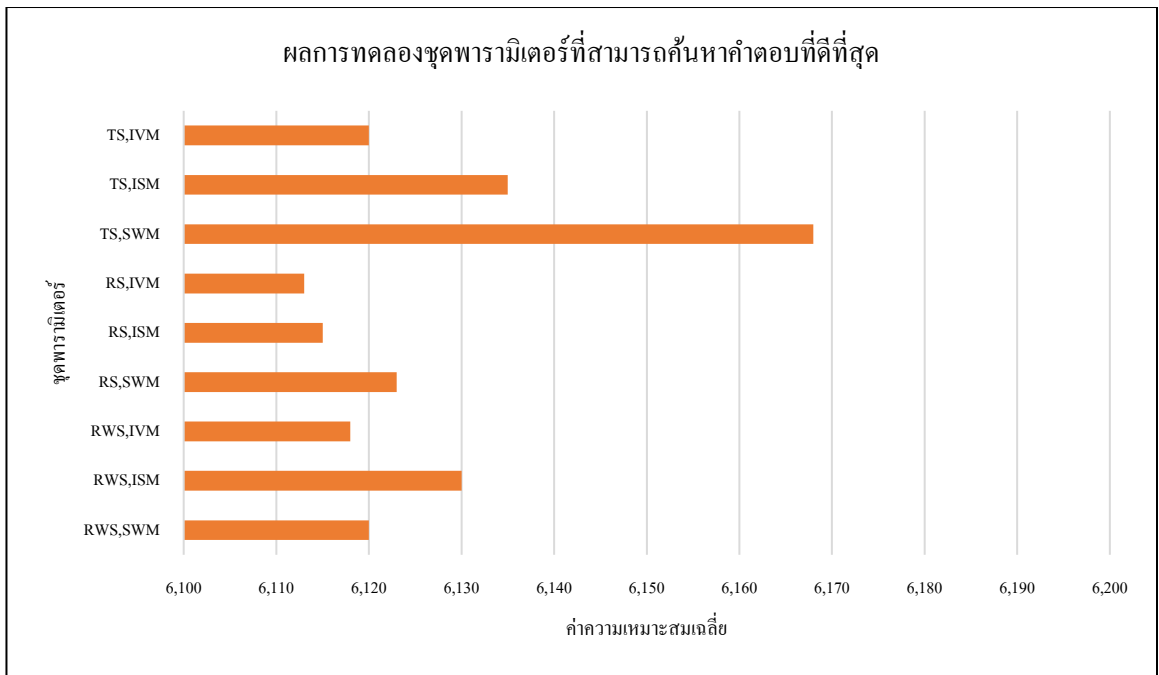
พารามิเตอร์	ชื่อภาษาไทย	ชื่อภาษาอังกฤษ	อักษรย่อ
วิธีการคัดเลือก	การคัดเลือกแบบวงล้อสุ่ม	Roulette Wheel Selection	RWS
	การคัดเลือกแบบจัดลำดับ	Ranking Selection	RS
	การคัดเลือกแบบจัดการแข่งขัน	Tournament Selection	TS
วิธีการกลายพันธุ์	การกลายพันธุ์แบบสลับที่	Swap Mutation	SWM
	การกลายพันธุ์แบบแทรก	Insertion Mutation	ISM
	การกลายพันธุ์แบบผกผัน	Inversion Mutation	IVM



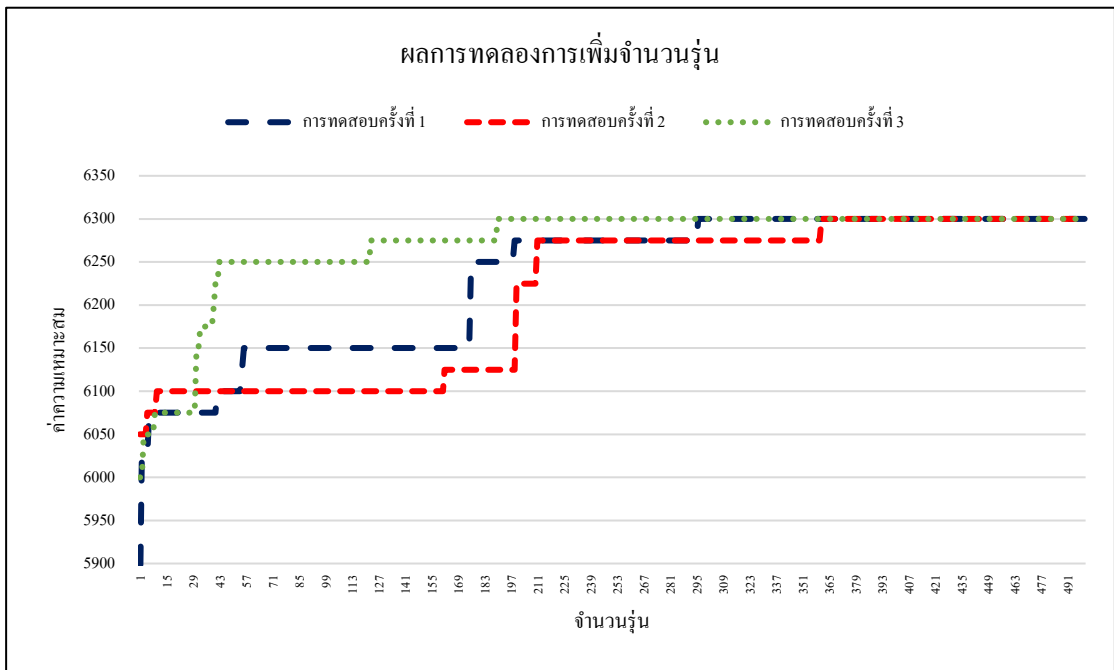
รูปที่ 13 แผนภาพแสดงการทดลอง

ตารางที่ 6 ผลการทดลองชุดพารามิเตอร์ที่สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด

การคัดเลือก	ชุดพารามิเตอร์			ค่าความเหมาะสมเฉลี่ย
	การกลายพันธุ์	จำนวนประชากร	ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์	
RWS	SWM	10	75%	6,120
	ISM	10	75%	6,130
	IVM	10	75%	6,118
RS	SWM	10	50%	6,123
	ISM	20	50%	6,115
	IVM	10	75%	6,113
TS	SWM	20	75%	6,168
	ISM	20	50%	6,135
	IVM	10	75%	6,120



รูปที่ 14 กราฟผลการทดลองชุดพารามิเตอร์ที่สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด



รูปที่ 15 กราฟผลการทดลองการเพิ่มจำนวนรุ่น

3.2 ผลการทดลองเมื่อพิจารณาเฉพาะวิธีการคัดเลือก

การคัดเลือกแบบจัดการแข่งขัน สามารถช่วยให้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยมีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยอยู่ที่ 6,031.97

3.3 ผลการทดลองเมื่อพิจารณาเฉพาะวิธีการกลายพันธุ์

การกลายพันธุ์แบบสลับที่ สามารถช่วยให้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ โดยมีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยอยู่ที่ 6,024.00

3.4 ผลการทดลองการเพิ่มจำนวนรุ่น

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพิ่มจำนวนรุ่น โดยใช้ชุดพารามิเตอร์ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยสูงสุด ทดสอบจำนวน 3 ครั้ง จำนวนรุ่นที่ทดลองคือ 1 ถึง 500 รุ่น ซึ่งผลทดลองแสดงดังกราฟในรูปที่ 15 พบว่าในการทดสอบครั้งที่ 1 (เส้นกราฟสีน้ำเงิน) ค่าความเหมาะสม

สูงสุดหลังจากรุ่นที่ 309 การทดสอบครั้งที่ 2 (เส้นกราฟสีแดง) ค่าความเหมาะสมสูงสุดหลังจากรุ่นที่ 365 การทดสอบครั้งที่ 3 (เส้นกราฟสีเขียว) ค่าความเหมาะสมสูงสุดหลังจากรุ่นที่ 197 จากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง สามารถสรุปได้ว่ากราฟเริ่มคงที่โดยให้ค่าความเหมาะสม 6,300 จำนวนรุ่นสูงสุดอยู่ 365 รุ่น

4. สรุปผล

วิธีการคัดเลือกแบบจัดการแข่งขัน มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยที่ 6,031.97 เนื่องจากวิธีการคัดเลือกแบบจัดการแข่งขันจะให้โอกาสตารางที่มีค่าความเหมาะสมสูงได้รับการคัดเลือกแต่จะเปิดโอกาสให้ตารางที่มีค่าความเหมาะสมต่ำได้รับการคัดเลือกได้พอสมควรเช่นกัน เพราะการคัดเลือกจะคัดเลือกเป็นรอบ ๆ โดยสุ่ม

ตารางมาจำนวนหนึ่งและทำการคัดเลือก ซึ่งแตกต่างกับวิธีการอื่นที่ทำการคัดเลือกจากประชากรทั้งหมด

การกลายพันธุ์แบบสลัดบีให้มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยที่ 6,024.00 เนื่องจากวิธีการกลายพันธุ์แบบสลัดบีที่มีการสลัดบีที่เพียงบางตำแหน่งของโครโมโซม ซึ่งจะช่วยให้ไม่กระทบกับตำแหน่งส่วนใหญ่ของโครโมโซม จึงลดการละเมิดข้อบังคับที่อาจเกิดขึ้นได้เมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ซึ่งมีการเลื่อนตำแหน่งหรือสลัดบีตำแหน่งของโครโมโซมเป็นจำนวนมาก

การกำหนดจำนวนรุ่นและประชากรเริ่มต้นส่งผลต่องานวิจัยเป็นอย่างมาก เนื่องจากหากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถค้นหาคำตอบที่ดีได้สม่ำเสมอในทุก ๆ ครั้งของการกำหนดจำนวนประชากร และจำนวนรุ่นที่น้อยหรือมากเกินไปไม่สามารถช่วยให้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมค้นหาคำตอบที่ดีได้มากขึ้นกว่าเดิม อีกทั้งยังทำให้ต้องใช้ใช้เวลาในการประมวลผลมากขึ้น จากผลการทดลองของงานวิจัยนี้ จำนวนรุ่นและจำนวนโครโมโซมที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 365 รุ่น และจำนวนประชากรเริ่มต้นอยู่ที่ 20 โครโมโซม

5. ข้อเสนอแนะ

ควรประยุกต์ใช้การค้นหาแบบต่าง ๆ เช่น การค้นหาแบบตาบอด (Tabu Search) มาใช้ในกระบวนการกลายพันธุ์ หรือนำรายการต้องห้าม (Tabu List) ซึ่งเป็นแนวคิดของการค้นหาแบบตาบอดที่ช่วยในการป้องกันไม่ให้เกิดการค้นหาซ้ำกับที่ได้ทำการค้นหาไปก่อนหน้านี้ หรือวิธีวิวัฒนาการอื่น ๆ มาทดลองใช้ในขั้นตอนการคัดเลือก รวมไปถึงการนำเทคนิคที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผล เช่น Graphics Processing Units (GPUs), Parallel Computing and

Multithread เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลในขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณข้อมูลจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Y. WANG, Z. Teng, and Z. Zhuang, "The Application of Case-Based Reasoning Retrieve in Course Timetabling", Proceedings of the 2015 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City, Halong Bay, Vietnam, 2015, pp. 830-833.
- [2] M. Dipankar and M. Subhasis, "Cuckoo search algorithm for Constraint Satisfaction and Optimization", Proceedings of the 2016 Second International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN 2016), Kolkata, India, 2016, pp. 235-240.
- [3] R. Ilyas and Z. Iqbal, "Study of Hybrid Approaches used for University Course Timetable Problem (UCTP)", Proceedings of the 2015 IEEE 10th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Auckland, New Zealand, pp. 697-701.

- [4] E. Ghasemi, P. Moradi and M. Fathi, “Integrating ABC With Genetic Grouping For University Course Timetabling Problem”, Proceedings of the 2015 5th International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCKE), Mashhad, Iran, pp. 24-29.
- [5] K. Sujanya and R. Wanida, “Solutions to the Timetable that many Students Learn Together by Applying Genetic Algorithms”, Engineering Journal Chiang Mai University, 2017, pp. 119-129.
- [6] M. Hosny and M. Al-Olayan, “A Mutation-Based Genetic Algorithm for Room and Proctor Assignment in Examination Scheduling”, Proceedings of the 2014 Science and Information Conference, London, UK, pp. 260-268.
- [7] A. Hideg, “Comparing genetic operators for the timetabling problem”, 2015 IEEE 13th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), 2015, pp. 53-57.