19th International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)
Chiang Mai, Thailand, 23-26 November, 2015

การจัดตารางสอบอัตโนมัติโดยใช้ค่าลงโทษหลายระดับ
Automatic Examination Timetabling with Multi-level Penalty Values

ตรีรัตน์ เสริมทรัพย์
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี
E-mail: Treerat54@hotmail.com

บทคัดย่อ

การจัดตารางสอบปลายภาคแบบอัตโนมัติของรายวิชาต่างๆ ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดเป็นงานที่ยากและซับซ้อน โดยในการดำเนินการดังกล่าวตารางสอนที่ได้จะต้องฝ่าฝืนเงื่อนไขให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ในบทความนี้จะนำเสนอขั้นตอนวิธีในการจัดตารางสอบแบบอัตโนมัติด้วยการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีแบบเมเมติก การกำหนดค่าลงโทษแบ่งเป็นหลายระดับ การเลือกโครโมโซมแทนที่โครโมโซมเดิมใช้วิธีเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมดีที่สุดร่วมกับโครโมโซมที่ได้รับเลือกโดยใช้วงล้อรูเลต ข้อมูลที่ใช้ทดลองเป็นข้อมูลของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ซึ่งประกอบด้วยศูนย์สอบ 2 แห่งที่ใช้กรรมการคุมสอบ และวิชาร่วมกัน มีจำนวนชั้นเรียน 426 ชั้นเรียน เพื่อช่วยในการประมวลผลให้เร็วขึ้นได้มีการสร้างฐานข้อมูลไว้ในหน่วยความจำ แต่ละตารางในฐานข้อมูลอยู่ในรูปอาเรย์ และมีแฟ้มปูมสำหรับฟื้นคืนสภาพเมื่อระบบล้มเหลว การทดลองใช้ค่าน้ำหนัก 8 ชุด และค่าลงโทษ 4 แบบ ตารางสอบที่ได้ไม่มีการฝ่าฝืนเงื่อนไขหลัก และมีการฝ่าฝืนเงื่อนไขรองที่มีค่าลงโทษระดับสูงด้วยจำนวนที่น้อยครั้งมาก รูปแบบของค่าลงโทษที่ดีที่สุดคือแบบค่าลงโทษอัตราสูง

คำสำคัญ: การจัดตารางสอบ, ขั้นตอนวิธีแบบเมเมติก

Abstract

Automatic final examination timetabling of individual subjects under requirement constraints has been the complicated and difficult task. In such implementation, the acquired timetable shall violate constraints as less as possible. In this article, the algorithm of automatic examination timetabling will be presented applying memetic algorithm. The penalty determination was classified into several levels. The chromosome in replacement of original chromosome was selected using chromosome selection method with best fitness value together with chromosome that was selected using roulette wheel. The data used for experimentation was the data of Udon Thani Rajabhat University, consisting of 2 examination centers with mutual use of invigilating committee and subject, and 426 classrooms for number of classrooms. In order to help in quicker processing, the database was constructed in memory. Each table in database was in array form and log file was available for recovery when system failed. The experimentation applied 8 sets of weight and 4 forms of penalty, examination timetable without violation of hard constraints and with violation of soft constraints that have had high penalty level for very few numbers of times. The best form of penalty was the one which had a high rate.

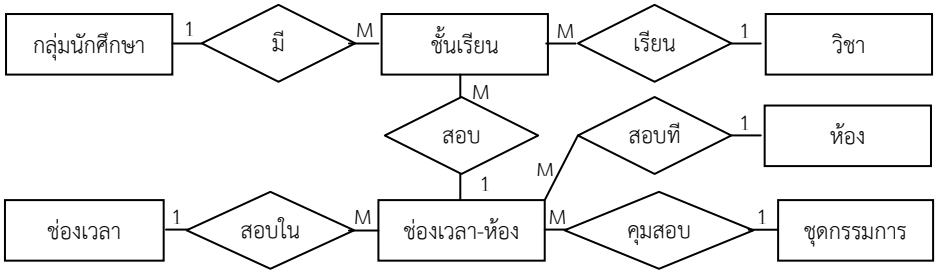
Keywords: examination timetabling, memetic algortithm

1. บทนำ

งานวิจัยนี้นำเสนอการจัดตารางสอบปลายภาคแบบอัตโนมัติโดยใช้ขั้นตอนวิธีเมเมติก [1] ที่มีเงื่อนไขที่ซับซ้อน ระบบจัดตารางสอบของสถานศึกษาที่ต่างกันย่อมพบปัญหาที่ต่างกัน ข้อกำหนดและเงื่อนไขจึงต่างกันด้วย การเลือกตารางสอบหรือโครโมโซมที่ดีงานวิจัยส่วนใหญ่จะใช้วิธีตรวจสอบว่าตรงเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ แต่สำหรับงานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็นหลายระดับความถูกต้อง [2-3] บางงานวิจัยใช้ฟัซซี่เซต [4] ในการกำหนดค่าลงโทษ แต่พบว่าการใช้ฟัซซี่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

สำหรับการแบ่งความถูกต้องตามเงื่อนไขหรือค่าลงโทษของการจัดตารางสอบเป็นหลายระดับ Soemsap [2] ได้พบว่าการจัดตารางสอบวิชาโครงงานขนาดเล็ก ค่าลงโทษในแต่ละระดับจะอยู่ในลักษณะเส้นตรงที่เพิ่มความชันที่ค่าลงโทษระดับสูงให้มีค่ามากๆ จะทำให้พบตารางสอบที่ดีกว่าในเวลาที่รวดเร็ว การทดลองครั้งนี้เช่นเดียวกันได้แบ่งการทดลองเป็น 4 แบบตามชนิดของค่าลงโทษเพื่อหาว่าค่าลงโทษแบบใดที่จะให้ผลการทดลองที่ดีกว่า

Jat และ Yang [1] ได้จัดตารางสอนโดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบเมเมติกประกอบด้วยขั้นตอน การสร้างโครโมโซมเริ่มต้น การปรับปรุงโครโมโซมที่ฝ่าฝืนเงื่อนไขโดยใช้การค้นหาเชิงท้องถิ่น การสลับสายพันธ์แบบยูนิฟอร์ม การผ่าเหล่า การคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนท์ โดยการค้นหาเชิงท้องถิ่นและการผ่าเหล่าประกอบด้วย การย้ายเหตุการณ์จากช่องเวลาหนึ่งไปยังช่องเวลาใหม่ การสลับช่องเวลาของสองเหตุการณ์ และการสลับเหตุการณ์ 3 เหตุการณ์ใน 3 ช่องเวลา



รูปที่ 1 แผนภาพอี-อาร์ของฐานข้อมูลตารางสอบ

ข้อมูลที่ใช้ทดลองเป็นข้อมูลจริงของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ปีการศึกษา 2557 ภาคเรียนที่ 2 ประกอบด้วย 148 กลุ่มนักศึกษา 174 วิชา ศูนย์ตำบลหมากแข้งมี 382 ชั้นเรียน ศูนย์ตำบลสามพร้าวมี 44 ชั้นเรียน กรรมการคุมสอบ 46 คู่ จำนวนห้องสอบที่ศูนย์ตำบลหมากแข้งมี 32 ห้องซึ่งเป็นห้องสอบขนาด 55 คน และห้องสอบขนาด 70 สำหรับห้องสอบศูนย์ตำบลสามพร้าวมีจำนวน 15 ห้อง เป็นห้องขนาด 55 คน และขนาด 100 คน

2. การจัดตารางสอบ

วิชาที่ใช้จัดตารางสอบได้แก่วิชาที่จัดการเรียนการสอนโดยคณะวิทยาศาสตร์ สถานที่การจัดสอบมี 2 ศูนย์ คือ ศูนย์ตำบลหมากแข้งและศูนย์ตำบลสามพร้าว กลุ่มการเรียนหนึ่งจะต้องสอบที่ศูนย์ที่เป็นสถานที่เรียน ชั้นเรียนที่เรียนวิชาเดียวกันอาจสอบที่คนละศูนย์ กรรมการสอบในช่องเวลาหนึ่ง ห้องหนึ่ง ประกอบด้วยอาจารย์ห้องละ 2 คน และเป็นอาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ อาจารย์แต่ละชุดอาจจะต้องเดินทางไปคุมสอบทั้งสองศูนย์ กำหนดการสอบสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนเป็นผู้กำหนด โดยกำหนดให้วิชาแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ วิชาเอก วิชาหมวดการศึกษาทั่วไป และวิชาเลือกเสรี ในภาคเรียนที่ 2 นี้ คณะวิทยาศาสตร์จัดตารางสอบเฉพาะวิชาเอก และวิชาเลือกเสรีบางวิชาตามช่วงเวลาที่ถูกกำหนดไว้แล้ว ซึ่งมีข้อกำหนดว่าชั้นเรียนที่เรียนวิชาเดียวกันจะต้องจัดสอบพร้อมกัน จะต้องไม่มีวิชาประเภทอื่นสอบในช่วงเวลาของวิชาเลือกเสรี และวิชาหมวดการศึกษาทั่วไป ห้องสอบหนึ่งสามารถจัดสอบได้หลายชั้นเรียน แต่จำนวนนักศึกษาจะต้องไม่เกินขนาดของห้อง แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของเอนติตีในฐานข้อมูลมีดังรูปที่ 1

2.1 ช่องเวลาห้อง

ตารางสอบจริงใช้เวลาสอบ 10 วัน ตอนเช้ามี 1 ช่องเวลา ตอนบ่ายมี 2 ช่องเวลา แต่ในการจัดตารางสอบนี้ตอนบ่ายมี 1 ช่องเวลา ที่ศูนย์ตำบลสามพร้าวมีจำนวนวิชาที่น้อยกว่ามากจึงจัดเฉพาะช่วงเช้า จากตารางที่ 1 ศูนย์ตำบลหมากแข้งมี 15 ช่องเวลาที่ใช้จัดสอบ ช่องเวลาที่15 ใช้สอบวิชาเลือกเสรีของคณะวิทยาศาสตร์ ดังนั้นศูนย์หมากแข้งจะมีทั้งหมด 480 ช่องเวลาห้อง ศูนย์สามพร้าวจะมีทั้งหมด 150 ช่องเวลาห้อง

2.2 ฐานข้อมูลในหน่วยความจำ

เนื่องจากโปรแกรมจัดตารางสอบต้องมีการเรียกใช้ข้อมูลในฐานข้อมูลอยู่ตลอดเวลา ซึ่งอาจสร้างความเสียหายให้ดิสก์ที่จัดเก็บข้อมูล

ตารางที่1 ช่องเวลาสอบ

วันที่	9.00-12.00 น.	13.00-15.00 น.
1	1	11
2	2	15 วิชาเลือกเสรี
3	3	12
4	4	13
5	5	14
6	6	วิชาศึกษาทั่วไป
7	7	วิชาศึกษาทั่วไป
8	8	วิชาศึกษาทั่วไป
9	9	วิชาศึกษาทั่วไป
10	10	วิชาศึกษาทั่วไป

จึงมีแนวคิดที่จะแปลงข้อมูลในฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบใหม่ที่สะดวกต่อการเรียกใช้เมื่ออยู่ในหน่วยความจำ เมื่อเริ่มประมวลผลจะโหลดตารางเหล่านี้เข้าสู่หน่วยความจำในรูปแบบอาเรย์ โดยแต่ละอาเรย์จะใช้เลขที่ดัชนีของอาเรย์ทำหน้าที่เป็นกุญแจหลัก(Primary key) และอาจจะมีคอลัมน์ที่ทำหน้าที่เป็นกุญแจนอก (Foreingn key) ที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลไปสู่อีกอาเรย์หนึ่ง การเข้าถึงสามารถเข้าถึงได้โดยตรงซึ่งต่างจากงานวิจัยของ S. Yang [5] ที่ใช้อาเรย์และลิงก์ลิสต์

2.3 การฟื้นคืนสภาพจากความล้มเหลว

ในการประมวลผลเพื่อจัดตารางสอบใช้เวลาค่อนข้างนาน ซึ่งอาจจะมีเหตุการณ์ที่คาดไม่ถึงเกิดขึ้นเช่น ไฟดับ จึงได้มีการสร้างแฟ้มปูมเก็บรายละเอียดการประมวลผลทุกครั้งที่มีการอ่านหรือเขียนลงฐานข้อมูล เพื่อช่วยให้สามารถประมวลผลต่อเมื่อระบบสามารถทำงาน รายละเอียดของแฟ้มปูมที่จัดเก็บได้แก่ วัน เวลา คำสั่งที่ประมวลผล รอบสุดท้ายที่ประมวลผล นาทีที่บันทึก เลขที่โครโมโซมสุดท้ายที่บันทึก เลขที่โครโมโซมสุดท้ายที่ดีที่บันทึก ในกรณีที่ระบบขัดข้องระหว่างที่บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลหรือแฟ้มปูม เมื่อระบบกลับมาทำงานจะทำงานต่อจากจุดที่มีการบันทึกแฟ้มปูมที่สมบูรณ์ โดยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะถูกกำหนดตามแฟ้มปูมระเบียนที่สมบูรณ์ดังนี้

รอบประมวลผล= รอบสุดท้ายที่ประมวลผล + 1 (1)

นาทีที่เริ่มประมวลผล = นาทีที่บันทึก (2)

เลขที่โครโมโซมแรกที่จะบันทึก = เลขที่โครโมโซมสุดท้ายที่บันทึก + 1 (3)

เลขที่โครโมโซมที่ดี = เลขที่โครโมโซมที่ดีสุดท้ายที่บันทึก + 1 (4)

หลังจากนั้นอ่านโครโมโซมที่ได้รับคัดเลือกจากฐานข้อมูล เริ่มจากเลขที่โครโมโซมสุดท้ายที่ได้บันทึกย้อนไป 50 โครโมโซม โครโมโซมที่อยู่ในรุ่นที่ระบบล้มเหลวจะถูกยกเลิกไป

2.4 เงื่อนไขการจัดตารางสอบ

เงื่อนไขนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เงื่อนไขหลัก และเงื่อนไขรอง ทุกตารางสอบที่สร้างขึ้นจะต้องมีลักษณะตามเงื่อนไขหลัก งานวิจัยนี้ได้กำหนดเงื่อนไขหลักประกอบไปด้วย

1) จำนวนนักศึกษาที่เข้าสอบต้องไม่เกินจำนวนเก้าอี้ในห้อง
2) นักศึกษากลุ่มหนึ่ง ณ เวลาหนึ่ง สอบวิชาเดียว และสอบที่ห้องเดียว
3) กรรมการชุดหนึ่ง ณ วันเวลาหนึ่งคุมสอบที่ห้องเดียว
4) ห้องหนึ่ง ณ เวลาหนึ่งใช้จัดสอบได้ไม่เกิน 4 ชั้นเรียน
5) ทุกชั้นเรียนจะต้องถูกจัดสอบ
6) แต่ละชั้นเรียนมีการสอบเพียงครั้งเดียว
7) ทุกชั้นเรียนที่เรียนวิชาเดียวกัน จะต้องสอบพร้อมกัน
8) วิชา 2.30 ชม. สอบตอนเช้า
9) นักศึกษาจะต้องสอบที่ศูนย์ที่เรียน
10) กรรมการชุดหนึ่งในวันหนึ่งจะคุมสอบศูนย์เดียว

สำหรับเงื่อนไขรองเป็นลักษณะของตารางสอบที่ควรจะมีให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ จากการสำรวจความคิดเห็นของอาจารย์ผู้เกี่ยวข้องพบว่าลำดับความสำคัญของเงื่อนไขมีดังตารางที่ 2 จากลำดับความสำคัญในตารางนี้ จะนำไปใช้หาค่าน้ำหนักเริ่มต้นดังสมการที่ 5 เมื่อได้ผลการทดลองที่ใช้ค่าน้ำหนักเบื้องต้นจึงปรับค่าน้ำหนักตามความเหมาะสม

$$w_i = \frac{order_i \times 100}{\sum penalty_i} \qquad (5)$$

ตารางที่ 2 ลำดับความสำคัญของเงื่อนไขรอง

เงื่อนไขรอง	ความสำคัญ
1) วันที่คุม 2.30 ชม. จะคุมเฉพาะช่วงเช้า	3
2) จำนวนครั้งที่คุมสอบ 2.30 ชม. จะคุมไม่เกินค่าเฉลี่ย	3
3) จำนวนครั้งที่คุมสอบเช้าและบ่ายต่อกัน จะคุมไม่เกินค่าเฉลี่ย	3
4) จำนวนครั้งที่คุมที่ศูนย์ตำบลสามพร้าว จะคุมไม่เกินค่าเฉลี่ย	3
5) จัดคุมสอบให้มีจำนวนครั้งที่คุมสอบให้เท่ากันมากที่สุด	4
6) ในช่วงบ่ายสถานที่สอบของนักศึกษากลุ่มหนึ่งจะต้องไม่ไกลกันเกินไป (ภายในศูนย์เดียวกัน)	1
7) ในช่วงบ่ายสถานที่คุมสอบของกรรมการชุดหนึ่งจะต้องไม่ไกลกันเกินไป (ภายในศูนย์เดียวกัน)	1
8) วิชาเดียวกันสถานที่สอบเดียวกันห้องสอบไม่ควรห่างกันมาก (ภายในศูนย์เดียวกัน)	1
9) ใช้ช่องเวลาน้อยที่สุด	2

w_i เป็นค่าน้ำหนักของเงื่อนไขรองที่ i $order_i$ เป็นลำดับความสำคัญของเงื่อนไขรองที่ i $\sum penalty_i$ เป็นผลรวมค่าลงโทษของเงื่อนไขรองที่ i โดยเฉลี่ย 100 โครโมโซมที่ได้จากการทดลองที่ยังไม่กำหนดค่าน้ำหนัก อนึ่งค่าน้ำหนักของเงื่อนไขหลักกำหนดไว้คงที่ที่ 3000

3. การทดลอง

3.1 โครโมโซม

ขั้นตอนวิธีแบบเมเมติกพัฒนามาจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งใช้โครโมโซมเก็บข้อมูลของตาราสอบ ซึ่งในที่นี้จะแบ่งโครโมโซมเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อลดปัญหาการจองเนื้อที่ขนาดใหญ่ ในการทดลองนี้ได้แบ่งโครโมโซมเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 เก็บตารางสอบของศูนย์ตำบลหมากแข้ง ส่วนที่ 2 เก็บตารางสอบของศูนย์ตำบลสามพร้าว ส่วนที่ 3 เก็บแผนที่ของช่องเวลาห้องของทั้งสองศูนย์ดังรูปที่ 2 จากส่วนที่ 1 และ 2 ยังแบ่งเป็น 2 ส่วนย่อย ส่วนย่อยแรกดังรูปที่ 3 เก็บ เลขที่ช่องเวลาห้อง จำนวนเก้าอี้คงเหลือ จำนวนชั้นเรียนที่อยู่ในช่องเวลาห้องนี้ ส่วนย่อยที่สองดังรูปที่ 4 เก็บ ช่องเวลาห้อง เลขที่ชั้นเรียนที่1 เลขที่ชั้นเรียนที่ 2 เลขที่ชั้นเรียนที่ 3 เลขที่ชั้นเรียนที่ 4 และเลขที่กรรมการคุมสอบ

3.2 ขั้นตอนการสร้างโครโมโซมเริ่มต้น

ขั้นตอนการสร้างโครโมโซมเริ่มต้นก็เป็นอีกขั้นตอนที่มีความสำคัญขั้นตอนหนึ่ง ถ้าโครโมโซมเริ่มต้นมีค่าความเหมาะสมดีโครโมโซมต่อไปจะดียิ่งขึ้น โครโมโซมที่เกิดขึ้นจะมี 50 โครโมโซม ขั้นตอนนี้อาศัยหลักการดังต่อไปนี้

1) จัดตารางให้วิชาที่มีนักศึกษาลงทะเบียนเรียนมากกว่า 55 คนต่อชั้นเรียนก่อน [6] ทั้งนี้เพราะห้องที่มีขนาดมากกว่า 55 คนมีจำกัด
2) จัดตารางให้วิชาที่ใช้เวลา 150 นาทีก่อน ทั้งนี้เพราะวิชา

เลขที่ช่องเวลาห้อง	1	2	3	4	5	6	...
เลขที่ช่องเวลา	1			2			...
เลขที่ห้อง	room1	room2	room3	room1	room2	room3	...

รูปที่ 2 แผนที่ช่องเวลาห้องในกรณีมี 3ห้อง

เลขที่ช่องเวลาห้อง	1	2	3	4	5	...
จำนวนคงเหลือ						
จำนวนชั้นเรียน						

รูปที่ 3 ส่วนย่อยแรกของโครโมโซม

เลขที่ช่องเวลาห้อง	1	2	3	4	5	...
ชั้นเรียน 1						
ชั้นเรียน 2						
ชั้นเรียน 3						
ชั้นเรียน 4						
กรรมการคุมสอบ						

รูปที่ 4 ส่วนย่อยที่สองของโครโมโซม

เหล่านี้จัดได้เฉพาะช่วงเช้า

3) เนื่องจากแต่ละวิชาต้องสอบพร้อมกันทุกชั้นเรียน จึงจัดตารางสอบวิชาที่มีการสอบทั้งสองศูนย์ก่อน ตามด้วยวิชาของศูนย์ตำบลหมากแข้ง และศูนย์ตำบลสามพร้าว

4) จากข้อ (1)-(3) ทำให้เกิดกลุ่มสอบหลายกลุ่ม เนื่องจากวิชาของแต่ละกลุ่มสอบมีหลายวิชา ดังนั้นจะสุ่มสลับวิชาภายในกลุ่มเดียวกันเพื่อนำมาจัดให้ได้หลายแบบ

5) ในการจัดตารางของแต่ละวิชาจะจัดชั้นเรียนที่มีขนาดมากกว่าก่อน

6) ห้องสอบหนึ่งจัดสอบได้ไม่เกิน 4 ชั้นเรียน ในหนึ่งช่องเวลา

7) ในแต่ละวันจำนวนห้องที่ใช้จัดสอบต้องไม่เกินจำนวนชุดของกรรมการที่มี

8) จัดอาจารย์คุมสอบโดยสุ่มและในวันหนึ่งกรรมการคุมสอบต้องคุมสอบที่ศูนย์เดียว

3.3 ขั้นตอนปฏิบัติการทางสายพันธ์

ปฏิบัติการทางสายพันธ์มีข้อกำหนดว่าจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขหลัก และประกอบด้วยการดำเนินการต่อไปนี้

1) การเปลี่ยนกรรมการ เริ่มต้นด้วยการสุ่มเลขที่ช่องเวลา-ห้องที่ไม่ว่างแล้วทำการเปลี่ยนกรรมการจำนวน 20 % ของช่องเวลาห้องทั้งหมด ทำ 3 รอบ ทำให้เกิดโครโมโซมใหม่จำนวน 3 เท่า [2] ในขั้นตอนนี้จะช่วยลดค่าลงโทษจากเงื่อนไขรองที่ 1-5

2) การสลับสายพันธ์ ทำการสลับกรรมการกับโครโมโซมอื่นในวันเดียวกัน จำนวน 3 วันต่อโครโมโซม ในขั้นตอนนี้จะช่วยลดค่าลงโทษจากเงื่อนไขรองที่ 1-5

3) การสร้างโครโมโซมใหม่ [2] ทำเช่นเดียวกับการสร้างโครโมโซมเริ่มต้น เพื่อลดค่าลงโทษของเงื่อนไขรองทุกข้อ

3.4 การค้นหาเชิงท้องถิ่น

การสลับห้องจะสลับข้อมูลของสองห้องในช่องเวลาเดียวกันจำนวน 20% ของช่องเวลาห้องทั้งหมด โดยห้องที่จะสลับกันได้ต้องมีขนาดเท่ากัน การสลับทำ 3 รอบ ทำให้เกิดโครโมโซมใหม่ 3 เท่าของจำนวนเดิม [2] ซึ่งวิธีนี้จะช่วยลดค่าลงโทษจากเงื่อนไขรองที่ 6-8

3.5 การแทนที่

โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมดีหรือมีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุดจำนวน 5 โครโมโซม จะได้รับเลือกให้เป็นโครโมโซมแม่ในรุ่นต่อไปร่วมกับโครโมโซมที่ได้รับเลือกจากการใช้วงล้อรูเลต [7] อีกจำนวน 45 โครโมโซม [2]

$$\text{ค่าความเหมาะสม} = \sum_{i=1}^{n} w_i h_i + \sum_{j=1}^{m} w_j s_j \qquad (6)$$

i แทนเงื่อนไขหลักที่ i n แทนจำนวนเงื่อนไขหลัก j แทนเงื่อนไขรองที่ j m แทนจำนวนเงื่อนไขรอง w_i แทนค่าน้ำหนักของเงื่อนไขหลักที่ i h_i แทนผลรวมค่าลงโทษของเงื่อนไขหลักที่ i w_j แทนค่าน้ำหนักของเงื่อนไขรองที่ j s_j แทนผลรวมค่าลงโทษของเงื่อนไขรองที่ j

3.6 ระดับการลงโทษและค่าลงโทษ

ค่าลงโทษเป็นค่าที่เกิดขึ้นเมื่อทำผิดเงื่อนไขซึ่งมีค่าแตกต่างกันไปตามระดับ ระดับการลงโทษและค่าลงโทษได้แบ่งตามตารางที่ 3-4 สำหรับในการทดลองแบบที่ 1-4 ถ้าจำนวนครั้งที่ฝ่าฝืนเงื่อนไขรอง (times)นั้นมีค่าเป็น 0 ค่าลงโทษจะมีค่าเท่ากับ 0 มิเช่นนั้นค่าลงโทษอยู่ในรูปสมการตามตาราง

สำหรับเงื่อนไขรองที่ 1-5 หากนำค่าลงโทษต่อครั้งของการฝ่าฝืน การทดลองแบบแรกมีอัตราเป็นหนึ่ง แบบที่สองและสี่มีอัตราเท่ากันคือ 25 แบบที่สามมีลักษณะเป็นขั้นบันได และมีอัตรา 300

ตารางที่ 3 ระดับการลงโทษ และค่าลงโทษของเงื่อนไขรองที่ 1-5

แบบที่	ระดับการลงโทษเงื่อนไขรอง1-5	ค่าลงโทษของเงื่อนไขรอง1	ค่าลงโทษของเงื่อนไขรอง2-4	ค่าลงโทษของเงื่อนไขรอง5
1	times	times	times	times
2	times	times*25+30	times*25+30	times*25+30
3	times≤1	times*300	300	500
	times>1		times*500	times*1000
4	times	times*25+30	times*25+30	times*25+30

ตารางที่ 4 ระดับการลงโทษ และค่าลงโทษของเงื่อนไขรองที่ 6-9

แบบที่	ระดับการลงโทษเงื่อนไขรอง6-8	ค่าลงโทษของเงื่อนไขรอง6-8	ระดับการลงโทษเงื่อนไขรอง9	ค่าลงโทษของเงื่อนไขรอง9
1	distance	distance	times	times
2	distance	distance*2+100	times	times*25+30
3	distance≤20	distance	times≤1	1
	distance≤100	distance*3	times≤3	times*300
	distance>100	distance*5	times>3	times*500
4	distance	distance*2+100	times≤3	times
			times>3	times*1400

ตารางที่ 5 ค่าลงโทษที่ดีที่สุดของการทดลองแต่ละแบบ

แบบที่	นาทีที่พบ	ค่าลงโทษ1	ค่าลงโทษ2	ค่าลงโทษ3	ค่าลงโทษ4	ค่าลงโทษ5	ค่าลงโทษ6	ค่าลงโทษ7	ค่าลงโทษ8	ค่าลงโทษ9
1	706.43	0.00	62.17	0.00	50.54	370.22	0.00	0.00	392.00	5.00
2	712.39	0.00	60.87	0.00	71.74	144.35	0.00	0.00	418.00	5.00
3	681.74	5.00	58.70	0.00	71.74	220.65	0.00	4.00	378.00	5.00
4	710.84	0.00	65.00	0.00	48.70	233.70	0.00	2.00	331.00	5.00

ตารางที่ 6 ค่าลงโทษโดยเฉลี่ยของ 50 โครโมโซมที่ดีสุดของการทดลองแต่ละแบบ

แบบที่	นาทีที่พบ	ค่าลงโทษ1	ค่าลงโทษ2	ค่าลงโทษ3	ค่าลงโทษ4	ค่าลงโทษ5	ค่าลงโทษ6	ค่าลงโทษ7	ค่าลงโทษ8	ค่าลงโทษ9
1	323.56	4.79	62.94	0.00	101.10	540.62	0.00	1.55	329.61	7.04
2	409.94	2.33	63.24	0.00	78.57	282.06	0.00	0.79	478.66	14.67
3	420.86	4.00	63.28	0.00	82.91	297.70	0.27	2.09	557.75	8.00
4	342.68	3.43	63.29	0.00	79.08	368.49	0.23	0.74	521.41	11.58

ตารางที่ 7 จำนวนครั้งของการฝ่าฝืนเงื่อนไขรองที่มีค่าลงโทษระดับสูงของโครโมโซมที่ดีที่สุดในการทดลองแต่ละแบบ

แบบที่	จำนวนครั้งที่ฝ่าฝืนเงื่อนไขรอง																	
	s12	s13	s22	s23	s32	s33	s42	S43	s52	s53	s64	s65	s74	s75	s84	s85	s92	s93
1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	6	2	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	5	2	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	3	2	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	2	0	0

ถึง 1000

ในเงื่อนไขที่ 6-8 เช่นเดียวกันคือ อัตราระหว่างค่าลงโทษกับระยะทางในแบบที่หนึ่งมีน้อยที่สุด แบบที่สองและสี่คล้ายคลึงกันมีอัตราปานกลาง แบบที่สามมีอัตราสูงสุด

สุดท้ายเงื่อนไขรองที่ 9 การทดลองแบบที่ 3 และ 4 แบ่งระดับการลงโทษเป็นขั้นบันได ช่วงสุดท้ายเป็นช่วงที่ไม่ต้องการให้เกิดมากที่สุด เพราะจะทำให้ซ้อนทับช่องเวลาสอบหมวดการศึกษาทั่วไปจึงเพิ่มอัตราให้สูงขึ้นมาก

จากตารางที่ 3-4 จำนวนครั้งที่ฝ่าฝืนเงื่อนไขรองแทนด้วย times และระยะทางระหว่างอาคารแทนด้วย distance

3.8 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองมี 4 แบบตามชนิดค่าลงโทษ การทดลองแต่ละแบบใช้ค่าน้ำหนัก 8 ชุด ประมวลผล 1000 รอบ จำนวน 2 ครั้ง ประกอบด้วยขั้นตอนวิธีแบบเมเมติกดังต่อไปนี้

1) สร้างโครโมโซมเริ่มต้น 50 โครโมโซม

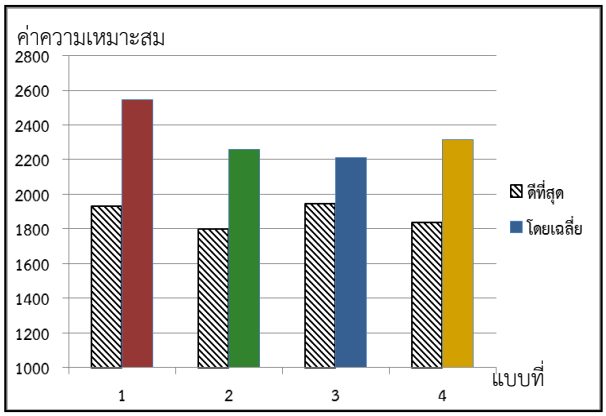
2) ตรวจสอบว่าทำข้อ (3)-(8) ครบ 1000 รอบหรือไม่ ถ้าครบคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุด 50 โครโมโซม และหยุดการทำงาน

3) คัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุด 5 โครโมโซม

4) คัดเลือกโครโมโซมโดยใช้วงล้อรูเลต 45 โครโมโซม

5) แทนที่โครโมโซมรุ่นเดิมด้วยโครโมโซมข้อ (3) และ (4)

6) ทุก 50 รอบ บันทึกโครโมโซมรุ่นใหม่ โครโมโซมที่ดีที่สุด



รูปที่ 6 แผนภูมิค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดและค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ย

และบันทึกข้อมูลลงแฟ้มปูม

7) สลับข้อมูลระหว่างห้อง เปลี่ยนกรรมการ สลับสายพันธ์แลกเปลี่ยนกรรมการระหว่างโครโมโซม และสร้างโครโมโซมใหม่ตามหัวข้อ 3.3 และ 3.4

8) นำโครโมโซมทั้งหมดที่ได้จากข้อ 7 กลับไปทำข้อ (2)

4. อภิปรายผลการทดลอง

เนื่องจากค่าลงโทษของการทดลองแต่ละแบบมีค่าลงโทษต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการทดลองแต่ละแบบ [2]

จึงนำตารางสอบหาค่าความเหมาะสมใหม่ โดยผ่านค่าน้ำหนักและค่าลงโทษที่เหมือนกัน

ผลการทดลองแบบที่ 1-4 พบว่าไม่มีการฝ่าฝืนเงื่อนไขหลักจากตารางที่ 5 และ 6 ในแง่ความเร็วในการค้นพบตารางสอบที่ดีที่สุดไม่สามารถสรุปได้ว่าแบบใดดีกว่าเพราะตารางสอบที่ดีกว่าใช้เวลามากกว่า

ตารางที่ 5 แสดงค่าลงโทษของโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดของแต่ละการทดลอง ตารางที่ 6 แสดงค่าลงโทษโดยเฉลี่ย จากรูปที่ 6 แท่งกราฟทางซ้ายมือแสดงค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุด แท่งทางขวาแสดงค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ย ซึ่งการทดลองแบบที่ 2 ให้ค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุด ค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ยเกิดจากการนำ 50 โครโมโซมที่ดีที่สุดของแต่ละการทดลอง นำมาหาค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ย การทดลองที่มีค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ยดีที่สุดคือการทดลองแบบที่ 3 ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าถ้าแต่ละระดับมีค่าลงโทษแตกต่างกันน้อยตารางสอบที่ไม่ดีจะมีโอกาสถูกคัดเลือกไปรุ่นต่อไปมากขึ้น

ตารางที่ 7 แสดงจำนวนครั้งของการฝ่าฝืนเงื่อนไขรองที่มีค่าลงโทษระดับสูงของโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดในการทดลองแต่ละแบบ s12 หมายถึงจำนวนครั้งที่ฝ่าฝืนเงื่อนไขรองที่ 1 ที่มีค่าลงโทษระดับ 2 s23 หมายถึงจำนวนครั้งที่ฝ่าฝืนเงื่อนไขรองที่ 2 ที่มีค่าลงโทษระดับ 3

5. สรุป

การจัดตารางสอบปลายภาคเป็นงานที่มีเงื่อนไขในการจัดที่ซับซ้อน และใช้เวลาในการประมวลผลมาก จากการทดลองแต่ละแบบที่มีการทดลองย่อย 16 การทดลอง พบว่าการจัดตารางสอบที่มีจำนวนข้อมูลระดับปานกลางด้วยขั้นตอนวิธีแบบเมเมติกที่มีการกำหนดค่าลงโทษแบบที่ 2 ให้ตารางสอบที่มีค่าความเหมาะสมดีที่สุด และการกำหนดค่าลงโทษแบบที่ 3 ให้ตารางสอบที่มีค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ยดีที่สุด ซึ่งระดับการลงโทษทั้งแบบที่ 2 และแบบที่ 3 หากนำค่าลงโทษต่อครั้งที่ฝ่าฝืนหรือระยะทางระหว่างตึกจะมีอัตราสูงอยู่ในช่วง 25-1000 ทั้งนี้เพราะค่าลงโทษที่มีอัตราสูงสามารถช่วยแยกแยะตารางสอบที่ดีได้อย่างชัดเจน สำหรับข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยด้านการจัดตารางสอบต่อไปคือ เพิ่มความยืดหยุ่นในการกำหนดเงื่อนไข ให้ผู้ใช้สามารถเลือกเงื่อนไขในการจัดได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีที่อนุเคราะห์ให้ข้อมูลตลอดจนคอมพิวเตอร์ และสถานที่ที่ใช้ในการประมวลผล

เอกสารอ้างอิง

[1] S. N. Jat, S. Yang, “A Memetic Algorithm for the University Course Timetabling Problem”, Tools with Artificial Intelligence, 2008. ICTAI '08. 20th IEEE International Conference, Dayton, OH, Nov 3-5, 2008: 427-433

[2] T. Soemsap, “Small Project Examination Timetabling Assignment with Multi-level Penalty Values”, The 7th International Conference on Engineering and Technology (ICET 2015), Phuket, Thailand, Jun 19-20, 2015: 108-111.

[3] M. Ayob, A. R. Hamdan, S. Abdullah, Z. Othman, M. Zakree, A. Nazri, K. A. Razak, R. Tan, N. Baharom, H. A. Ghafar, R. M. Dali and N. R. Sabar, “Intelligent Examination Timetabling Software”, Procedia Social and Behavioral Sciences, vol.18, pp.600-608, 2011.

[4] M. S. Kohshori, M. S. Abadeh and H. Sajedi, “A Fuzzy Genetic Algorithm with Local Search for University Course Timetabling”, Data Mining and Intelligent Information Technology Application (ICMiA), 2011 2rd International Conference, Macao, Oct 24-26, 2011: 250-254.

[5] S. Yang, S. N. Jat, “Genetic Algorithms with Guided and Local Search Strategies for University Course Timetabling”, Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions, vol.41, pp.93-106, 2011.

[6] R. Els, N. Pillay, “An evolutionary algorithm hyper-heuristic for producing feasible timetables for the curriculum based university course timetabling problem”, Nature and Biologically Inspired Computing (NaBIC), 2010 Second World Congress, Fukuoka, Japan, Dec. 15-17, 2010: 460-466.

[7] W. Chinnasri, N. Sureerattanan. 2010. “Comparison of performance between different selection strategies on genetic algorithm with course timetabling problem.” Advanced Management Science (ICAMS), 2010 IEEE International Conference. Chengdu, China, Jul. 9-11, 2010: 105-108.