การพัฒนาโปรแกรมจัดตารางสอนโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

นายนุกูล โชตเศรษฐ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548
ISBN 974-17-5573-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED LECTURE TIMETABLING PROGRAM USING GENETIC ALGORITHMS

Mr. Nukoon Chottasast

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Computer Science
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2005

ISBN 974-17-5573-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาโปรแกรมจัดตารางสอนโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม
โดย	นายนุกูล โชตเศรษฐ์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เศรษฐา ปานงาม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ตะวัน ปภาพจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ ตะวัน ปภาพจน์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อรรถสิทธิ์ สุรฤกษ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. พิษณุ คนองชัยยศ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นุกูล โชตเศรษฐ์ : การพัฒนาโปรแกรมจัดตารางสอนโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED LECTURE TIMETABLING PROGRAM USING GENETIC ALGORITHMS) อ. ที่ปรึกษา : อ. ดร. เศรษฐา ปานงาม, อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ. ตะวัน ปภาพจน์ 72 หน้า. ISBN 974-17-5573-2

สำหรับสถาบันการศึกษามีงานต้องทำอยู่เสมอคือการจัดตารางสอนที่ใช้เวลานานในการจัดด้วยมือแต่ละครั้ง มีงานวิจัยอยู่จำนวนมากที่พยายามแก้ปัญหานี้ แต่งานวิจัยเหล่านี้มุ่งที่จะแก้ปัญหาการจัดตารางสอนที่มีลักษณะเฉพาะของสถาบันการศึกษาหนึ่งเท่านั้น ลักษณะเฉพาะเช่นคาบเวลาสอนไม่เท่ากัน เวลาสอน เวลาหยุดพัก จัดตอนเรียน และอื่นๆ ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีหาคำตอบค่าเหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ที่มีความง่ายในการปรับให้เข้ากับปัญหา

ในงานวิจัยนี้จึงจัดทำโปรแกรมประยุกต์สำหรับจัดตารางสอน โดยนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาปรับปรุงการเข้ารหัส การไขว้เปลี่ยน การคัดเลือกความหลากหลาย เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพของปัญหา โดยใช้ข้อมูลการจัดตารางสอนของคณะเศรษฐศาสตร์ เป็นต้นแบบ โปรแกรมประยุกต์นี้สามารถจัดตารางสอนได้โดยอัตโนมัติ มีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) เป็นแบบกราฟิก ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพียงเครื่องเดียว จัดตารางสอนได้โดยไม่มีข้อขัดแย้งกับเงื่อนไขหลักและเงื่อนไขรอง ในการทดลองจัดด้วยจำนวนห้อง 20 ห้อง 400 ชั้นเรียน โปรแกรมสามารถจัดเสร็จได้ในจำนวนรุ่นที่น้อย และ เวลาที่น้อย เมื่อเทียบกับการจัดด้วยมือ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา...วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา เศรษฐา ปานงาม

ปีการศึกษา...2548.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4671414521 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEY WORD: GENETIC ALGORITHM / TIMETABLING PROBLEM / SCHEDULING PROBLEM

NUKOON CHOTTASAST : DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED LECTURE TIMETABLING PROGRAM USING GENETIC ALGORITHMS. THESIS ADVISOR : SETHA PAN-NGUM,Ph.D, THESIS COADVISOR : TAWAN PAPHAPOTE,M.S., 72 pp. ISBN 974-17-5573-2

The timetabling problem comes up every year in educational institutions, which has often been solved by human. There have been a lot of research to solve this problem . The problem usually varies significantly from institution to institution in terms of specific requirements and constraints such as time-slot period , teaching time , break time ,sections etc. Many current university timetabling systems are often applied only in the institutions where they were designed. Genetic Algorithm is optimization method that is easy to implement , and to adapt to optimization problem .

This work adopted and modified chromosome representation , crossover and selection of Genetic Algorithm to develop an automated timetabling program, with information of the faculty of Economic, Chulalongkorn University, as a prototype. The application is able to work on a stand alone computer. and run on Windows with graphic user interface. It can produce the timetables under hard and soft constraints . The program produces satisfied results within acceptable time and number of generations for 20 rooms and 400 classes problem.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department.....Computer Engineering....Student's signature .....

Field of study.....Computer Science..... Advisor's signature .....

Academic year.....2005.....Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ตะวัน ปภาพจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้วิจัย และช่วยกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากที่สุด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ประภาส จงสถิตย์วัฒนา อาจารย์ ดร. อรรถสิทธิ์ สุรฤกษ์ และ อาจารย์ ดร. พิษณุ คนองชัยยศ ที่ช่วยให้คำแนะนำแนวทาง และตรวจสอบวิทยานิพธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของคณะเศรษฐศาสตร์ ที่ช่วยให้ข้อมูลการจัดตารางสอน ข้อคิดเห็นในการจัดตารางสอน และตรวจสอบการใช้งานโปรแกรม

ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 1
1.3 ขอบเขตการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1.1 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm,GA) 4
2.1.2 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm) 5
2.1.3 การไขว้เปลี่ยนและการกลายพันธุ์ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem) 9
2.1.4 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมกับปัญหาตารางสอน 12
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
2.3 สรุป 21
3 ขั้นตอนวิธีจัดตารางสอน 22
3.1 ลักษณะของปัญหา 22
3.2 การเข้ารหัสโครโมโซม 23
3.3 ลักษณะของเหตุการณ์ (Event) 24
3.4 การวางเหตุการณ์จองห้องในโครโมโซม 25
3.5 การวางเหตุการณ์อิสระในโครโมโซม 25

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

3.6 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ใช้ในการจัดตารางสอน.....26
3.7 สร้างประชากรเริ่มต้น (Initial) 26
3.8 การไขว้เปลี่ยน 27
3.9 การกลายพันธุ์.....28
3.10 การประเมินค่าความเหมาะสม.....30
3.11 การคัดเลือก (Selection) 31
3.12 ลักษณะโครโมโซมที่มีโอกาสวางเหตุการณ์ได้สำเร็จน้อย.....32
4 การออกแบบระบบ 33
4.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ.....33
4.2 ลักษณะฐานข้อมูล.....34
4.3 ลักษณะส่วนต่อประสาน..... 41
5 รายงานผลการวิจัย 49
5.1 สภาพแวดล้อมในการพัฒนา.....49
5.2 สภาพแวดล้อมในการทดสอบระบบ 49
5.3 ผลการทดสอบนำข้อมูลเข้า..... 50
5.4 ทดลองจัดตารางสอนและนำข้อมูลการจัดครั้งที่แล้วมาใช้.....53
5.5 การแสดงผลการจัดตารางสอน 55
5.6 การทดลองเชิงประสิทธิภาพในการจัดตารางสอนด้วยข้อมูลที่สร้างขึ้น.....59
5.7 ผลการทดสอบการจัดตารางสอนด้วยข้อมูลนำเข้าของคณะเศรษฐศาสตร์.....63
5.8 วิเคราะห์ผลการวิจัย 64
6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 65
6.1 สรุปผลการวิจัย 65
6.2 ข้อเสนอแนะ.....66

รายการอ้างอิง 67
ภาคผนวก 68
ภาคผนวก ก ข้อมูลการจัดตารางสอน..... 69
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 72

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงรายการโครโมโซมสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย 6

ตารางที่ 2.2 ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย 6

ตารางที่ 2.3 โครโมโซมและค่าความเหมาะสมสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย 8
เมื่อทำการไขว้เปลี่ยนแล้ว

ตารางที่ 4.1 ตารางข้อมูลห้อง..... 35

ตารางที่ 4.2 ตารางข้อมูลวิชา..... 35

ตารางที่ 4.3 ตารางข้อมูลอาจารย์ 36

ตารางที่ 4.4 ตารางข้อมูลชั้นเรียน 37

ตารางที่ 4.5 ตารางข้อมูลเหตุการณ์ 38

ตารางที่ 4.6 ตารางข้อมูลโครโมโซม 39

ตารางที่ 4.7 ตารางข้อมูลตัวแปร 40

ตารางที่ 4.8 ตารางประวัติในการหาคำตอบ.....40

ตารางที่ 4.9 อัตราการดำเนินการ 48

ตารางที่ 4.10 ค่าทำโทษ 48

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลห้องเรียนสำหรับทดสอบ 54

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลวิชาสำหรับทดสอบ 54

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลอาจารย์สำหรับทดสอบ 54

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลชั้นเรียนสำหรับทดสอบ 55

ตารางที่ 5.5 ข้อมูลชั้นเรียนที่จองห้องสำหรับทดสอบ 55

ตารางที่ 5.6 แสดงผลการจัดตารางสอนกรณีที่ 1 60

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการจัดตารางสอนกรณีที่ 2 61

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการจัดตารางสอนกรณีที่ 3 62

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการจัดตารางสอนด้วยข้อมูลนำเข้าของคณะเศรษฐศาสตร์ 63

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย 5
รูปที่ 2.2 วงล้อรูลเล็ท 7
รูปที่ 2.3 การไขว้เปลี่ยนสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย 7
รูปที่ 2.4 การไขว้เปลี่ยนแบบอิงตำแหน่ง 10
รูปที่ 2.5 การไขว้เปลี่ยนแบบเลือกบางส่วน 11
รูปที่ 2.6 การกลายพันธุ์แบบแทรก 11
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างตารางสอนที่มีคาบเวลาสอนแต่ละชั้นเรียน 1 ช.ม 12
รูปที่ 2.8 รูปแบบทั่วไปของโครโมโซมที่ใช้ในการจัดตารางสอน 14
รูปที่ 2.9 ขั้นตอนวิธีสร้างโครโมโซมเริ่มต้น 14
รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Sector-based PMX 15
รูปที่ 2.11 แสดงการครอสโอเวอร์แบบ Sector-based PMX 16
รูปที่ 2.12 ลักษณะโครโมโซม ของงานวิจัยเรื่อง Lecture Timetabling Using Genetic Algorithms 18
รูปที่ 2.13 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ที่ใช้กับ Combined Rank Method 20
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างตารางสอนของคณะเศรษฐศาสตร์ หลักสูตรศิลปศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ (หลักสูตรนานาชาติ) 23
รูปที่ 3.2 ลักษณะของโครโมโซม 24
รูปที่ 3.3 ลักษณะของโครโมโซมที่วางเหตุการณ์แล้ว 25
รูปที่ 3.4 การวางเหตุการณ์อิสระ V7 แทรกระหว่างเหตุการณ์อิสระ V5 กับ V6 25
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ใช้ในการจัดตารางสอน 26
รูปที่ 3.6 แสดงการไขว้เปลี่ยน 27
รูปที่ 3.7 แสดงการกลายพันธุ์ 29
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างโครโมโซมที่มีโอกาสวางเหตุการณ์ได้สำเร็จน้อย 32
รูปที่ 4.1 แผนภาพความสัมพันธ์เอนทิตี (ER-Diagram) 34
รูปที่ 4.2 ส่วนต่อประสานหลัก 41
รูปที่ 4.3 ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลห้อง 42
รูปที่ 4.4 ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลวิชา 43
รูปที่ 4.5 ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลอาจารย์ 44

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.6 ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลชั้นเรียน 45
รูปที่ 4.7 ส่วนต่อประสานการจัดตารางสอน.....46
รูปที่ 4.8 ส่วนต่อประสานสำหรับตั้งค่า 48
รูปที่ 5.1 นำเข้าข้อมูลอาจารย์ 100 ท่าน.....50
รูปที่ 5.2 นำเข้าข้อมูลวิชา 100 วิชา.....51
รูปที่ 5.3 นำเข้าข้อมูลห้อง 20 ห้อง 52
รูปที่ 5.4 สร้างชั้นเรียนจำนวน 400 ชั้นเรียน 53
รูปที่ 5.5 ตารางใช้ห้อง R01 56
รูปที่ 5.6 ตารางใช้ห้อง R02 56
รูปที่ 5.7 ตารางใช้ห้อง R03 57
รูปที่ 5.8 ตารางใช้ห้อง R04 57
รูปที่ 5.9 ตารางใช้ห้อง R05 57
รูปที่ 5.10 ตารางสอนของ อ.ดร. นามสมมุติ01 57
รูปที่ 5.11 ตารางสอนของ อ.ดร. นามสมมุติ02 58
รูปที่ 5.12 ตารางสอนของ อ.ดร. นามสมมุติ03 58
รูปที่ 5.13 ตารางสอนของ อ.ดร. นามสมมุติ04 58
รูปที่ 5.14 แสดงรายการวิชา.....59

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำหรับมหาวิทยาลัย โรงเรียน หรือสถานศึกษา มีงานต้องทำอยู่เสมองานหนึ่งคือ จัดตารางสอนประจำภาคการศึกษา ที่ต้องคำนึงถึง ชั้นเรียน วิชาที่เปิดสอน ห้อง ขนาดห้อง ความจุห้อง เวลาสอนของอาจารย์ เป็นต้น ต้องจัดให้สอดคล้องลงตัวจึงจะสามารถเปิดการเรียนการสอนได้ ในการจัดตารางสอนแต่ละครั้งต้องใช้เวลานาน และเมื่อจัดแล้วมักจะมีเงื่อนไขเปลี่ยนแปลงทำให้ต้องจัดใหม่อยู่บ่อยครั้ง ในทางวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์เรียกปัญหาการจัดตารางสอนนี้ว่าปัญหาตารางเวลา (Timetabling Problem) จัดอยู่ในกลุ่มของปัญหาเอ็นพีฮาร์ด (NP-Hard) ที่ต้องใช้เวลาในการหาคำตอบนานมาก จนอาจถือได้ว่าไม่สามารถหาคำตอบได้ในทางปฏิบัติ มีงานวิจัยอยู่เป็นจำนวนมากที่พยายามแก้ปัญหานี้ [1] เช่น วิธีให้สีกราฟ (Graph Coloring) วิธีโปรแกรมเชิงเลข (Integer Program) วิธีซีแอลพี (CLP, Constraint Logic Programming) วิธีเชิงสำนึก (Heuristics) และวิธีที่รวมหลายวิธีเข้าด้วยกัน ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นหนึ่งในวิธีที่นิยมใช้ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการค้นหาแบบทั่วทั้งหมด (Global Search) มีขั้นตอนง่ายสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายปัญหา

ปัญหาการจัดตารางสอน เป็นปัญหาที่มีสภาพเงื่อนไขและวิธีในการจัดตารางสอนเฉพาะของแต่ละมหาวิทยาลัย ของแต่ละคณะ ซึ่งมีความแตกต่างกัน การนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้จึงต้องได้รับการปรับแต่งให้สอดคล้องกับปัญหาเฉพาะนั้นๆ จึงจะสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการ งานวิจัยนี้จึงนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาปรับปรุงให้เข้ากับสภาพปัญหาโดยใช้ข้อมูลการจัดตารางสอนของคณะเศรษฐศาสตร์เป็นต้นแบบ แล้วจัดทำเป็นโปรแกรมประยุกต์สำหรับจัดตารางสอน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับจัดตารางสอนโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ศึกษาและนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาปรับแต่งใช้กับการจัดตารางสอน

1.3.2 ออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ให้เป็นแบบกราฟิก

1.3.3 ออกแบบฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บข้อมูลนำเข้า ข้อมูลนำออก และการประมวลผล

1.3.4 โปรแกรมประยุกต์นี้จะทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว (Stand Alone)

1.3.5 ใช้ไมโครซอฟต์วิชวลสตูดิโอและไมโครซอฟต์ออฟฟิตเป็นเครื่องมือทำโปรแกรมประยุกต์

1.3.6 โปรแกรมประยุกต์มีฟังก์ชันหลักดังนี้

1.3.6.1 รับข้อมูลอาจารย์ได้ไม่น้อยกว่า 70 ท่าน

1.3.6.2 รับข้อมูลวิชาได้ไม่น้อยกว่า 100 วิชา

1.3.6.3 รับข้อมูลห้องได้ไม่น้อยกว่า 20 ห้อง

1.3.6.4 สร้างชั้นเรียน โดยนำข้อมูลอาจารย์ ข้อมูลวิชา และข้อมูลห้องมาจัดสร้าง

1.3.6.5 สามารถเก็บตารางสอนที่จัดแล้วมาเป็นหลักในการจัดครั้งต่อไปได้

1.3.6.6 ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจัดตารางสอน ให้สอดคล้องกับเงื่อนไขหลักคือ

- ขนาดห้องใหญ่พอรับชั้นเรียนได้
- ประเภทห้องสอดคล้องกับวิชาที่สอน
- เวลาสอนเป็นเวลาที่อาจารย์ประจำวิชาแจ้งไว้
- แต่ละชั้นเรียนต้องปรากฏอยู่ที่เดียวในตารางสอน
- อาจารย์ผู้สอนไม่สอนซ้ำเวลาเดียวกัน

และให้สอดคล้องกับเงื่อนไขรองคือ

- ควรมีอุปกรณ์ประกอบการสอนตรงตามวิชาที่สอน

1.3.7 แสดงข้อมูลนำออกเป็นตารางการใช้ห้อง

1.3.8 แสดงข้อมูลนำออกเป็นตารางสอนสำหรับอาจารย์แต่ละท่าน

1.3.9 แสดงข้อมูลนำออกเป็นรายการรายวิชา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นไปช่วยจัดตารางสอนได้อย่างรวดเร็ว

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาและวิเคราะห์การจัดตารางสอนของคณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5.2 ศึกษา และนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาปรับแต่งเพื่อใช้ในการจัดตารางสอน

1.5.3 ออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface)

1.5.4 ออกแบบฐานข้อมูลสำหรับใช้จัดเก็บข้อมูลนำเข้า ข้อมูลนำออก และการประมวลผล

1.5.5 เขียนโปรแกรมจัดตารางสอน

1.5.6 ทดสอบ ประเมินผลกับผู้ใช้ และ ปรับปรุงโปรแกรม

1.5.7 สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm,GA) [2]

จอน ฮอลแลนด์ (John Holland) ร่วมกับนักศึกษามหาวิทยาลัยมิชิแกน (Michigan) ศึกษาขบวนการปรับเปลี่ยนตัวเองตามธรรมชาติ ที่มีกลไกคัดเลือกพันธุกรรมและการถ่ายทอดพันธุกรรม เพื่อออกแบบระบบซอฟต์แวร์เลียนแบบกลไกนี้ แล้วเรียกว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมใช้สายอักขระ (String) แทนโครโมโซมตามธรรมชาติ มีการสุ่มเลือกจับคู่โครโมโซมนำมาแลกเปลี่ยนบางส่วนกัน ในระหว่างแลกเปลี่ยนนี้อาจนำวิธีการค้นหาอื่นมาช่วยด้วยได้ ผลการแลกเปลี่ยนทำให้เกิดโครโมโซมลูกที่มีส่วนประกอบมาจากโครโมโซมพ่อแม่ โครโมโซมลูกถูกนำไปประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness) ตามเงื่อนไขในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

การหาคำตอบที่เหมาะที่สุด (Optimal Solution) สามารถหาได้โดยใช้วิธีเชิงอนุพันธ์ ซึ่งเป็นวิธีที่อาศัยขบวนการทางคณิตศาสตร์นำทางไปสู่คำตอบที่เหมาะสมที่สุด แต่ตามธรรมชาติแล้วไม่ได้เป็นเช่นนี้ หากลองพิจารณาจากขบวนการตัดสินใจของนักธุรกิจ ที่ใช้ปัจจัยทางธุรกิจที่มีอยู่มาทำการตัดสินใจ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ปัจจัยที่ดีที่สุดมาทำการตัดสิน การตัดสินใจนี้เป็นการตัดสินใจที่ดีหรือไม่ดี ดูได้จากเวลาที่ใช้ ทรัพยากรที่ใช้ ความสามารถในการแข่งขันเชิงธุรกิจได้ มีประสิทธิภาพในการทำตลาด และเป็นการส่งเสริมการขายที่ดีขึ้น เป็นต้น หากการตัดสินใจนี้ต้องรอให้ได้ปัจจัยที่สมบูรณ์ครบถ้วนก่อนตัดสินใจ โดยหวังว่าจะได้ผลการตัดสินใจที่สมบูรณ์แบบแล้ว อาจทำให้ไม่สามารถตัดสินใจได้ ส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจเป็นอย่างมาก จากที่กล่าวนี้อาจกล่าวได้ว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือคำตอบที่ดีพอ สามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว และไม่จำเป็นต้องเป็นคำตอบที่สมบูรณ์แบบที่สุด

ข้อแตกต่างของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมกับวิธีอื่น

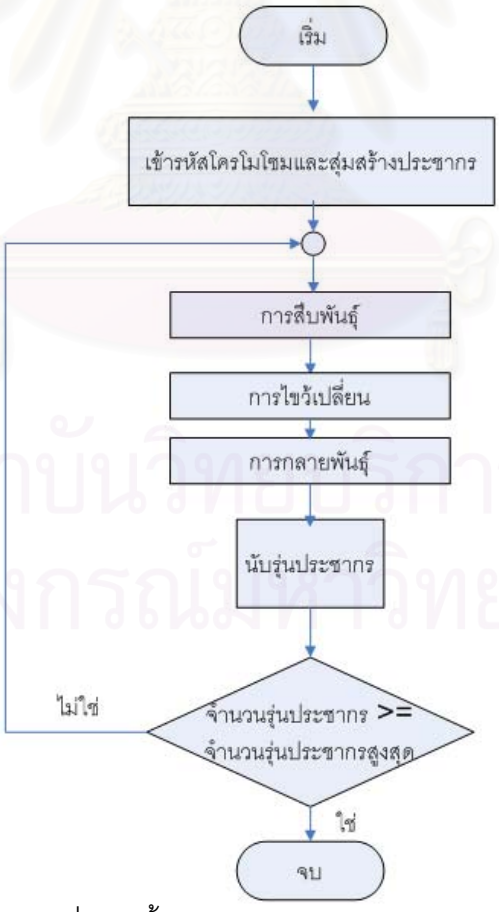
- ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมทำงานด้วยการเข้ารหัสชุดของพารามิเตอร์
- ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมทำการค้นหาจากประชากรในหลายจุด ไม่ใช่จุดเดียว

- ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมใช้ฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function) เป็นข้อมูล ไม่ใช้อนุพันธ์หรือความรู้อื่นช่วย
- ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีเชิงความน่าจะเป็น (Probabilistic Transition) ไม่ใช่วิธีเชิงกำหนด (Deterministic)

ในการอธิบายขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมนั้น ได้ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่ายเป็นตัวอย่างในการอธิบายซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

2.1.2 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm) [2]

ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่ายนี้ แสดงให้เห็นวิธีแก้ปัญหาการหาค่ามากที่สุดของ $f(x) = x^2$ โดย x มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 31 ซึ่งโดยปกติอาจหาค่ามากสุดได้โดยการแทนค่า x ไปเรื่อยๆ เพื่อหาค่าสูงสุด แต่สำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่ายแล้วมีขั้นตอนวิธีดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย

2.1.2.1 เข้ารหัสโครโมโซมและสุ่มสร้างประชากร

การเข้ารหัสโครโมโซมเป็นการพิจารณาจัดสร้างโครโมโซมที่ใช้ในการแก้ปัญหา ในที่นี้พิจารณาที่ค่าของ x มีค่าเป็นจำนวนเต็มได้ตั้งแต่ 0 ถึง 31 ค่า x เหล่านี้สามารถแทนได้ด้วยสายอักขระ (String) ของเลขไบนารียาว 5 บิต ซึ่งจะใช้สายอักขระนี้เป็นโครโมโซม

เมื่อได้วิธีเข้ารหัสโครโมโซมแล้วจึงเริ่มสร้างโครโมโซมเริ่มต้น โดยสุ่มเลขไบนารี 0 หรือ 1 นำมาต่อกันเป็นสายอักขระยาว 5 บิต ได้เป็นโครโมโซม 1 ตัว โครโมโซมนี้อาจเรียกว่าเป็นโครโมโซมพ่อแม่ (Parent Chromosome) ในตัวอย่างนี้สร้างโครโมโซมพ่อแม่ขึ้นมา 4 ตัว สมมุติได้ตามตารางที่ 2.1 และโครโมโซมพ่อแม่ 4 ตัวที่สร้างขึ้นมานี้คือประชากร

ตารางที่ 2.1 แสดงรายการโครโมโซมสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย

ลำดับ	โครโมโซม
1	01101
2	11000
3	01000
4	10011

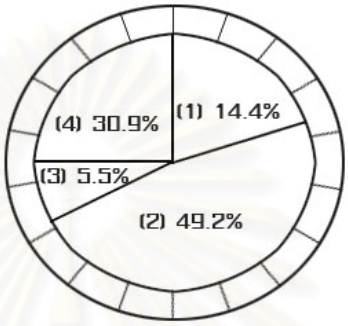
2.1.2.2 การสืบพันธุ์ (Reproduction)

การสืบพันธุ์เป็นการคัดเลือกจับคู่โครโมโซมสำหรับสืบพันธุ์ต่อไป โดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูงจะมีโอกาสมากที่จะถูกจับคู่ ดังนั้นเมื่อได้โครโมโซมพ่อแม่แล้วจะต้องนำโครโมโซมพ่อแม่มาหาค่าความเหมาะสม (Fitness) จากฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function) ในปัญหานี้คือ $f(x) = x^2$ โดยการแปลงค่าของโครโมโซมซึ่งเป็นสายอักขระให้เป็นเลขจำนวนเต็มฐานสิบแล้วแทนค่าในฟังก์ชันค่าเหมาะสม ได้ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย

ลำดับ	โครโมโซม	ค่าความเหมาะสม ($f(x) = x^2$)	% ของค่าความเหมาะสม
1	01101	169	14.40
2	11000	576	49.20
3	01000	64	5.50
4	10011	361	30.90
	รวม	1170	100
	เฉลี่ย	293	

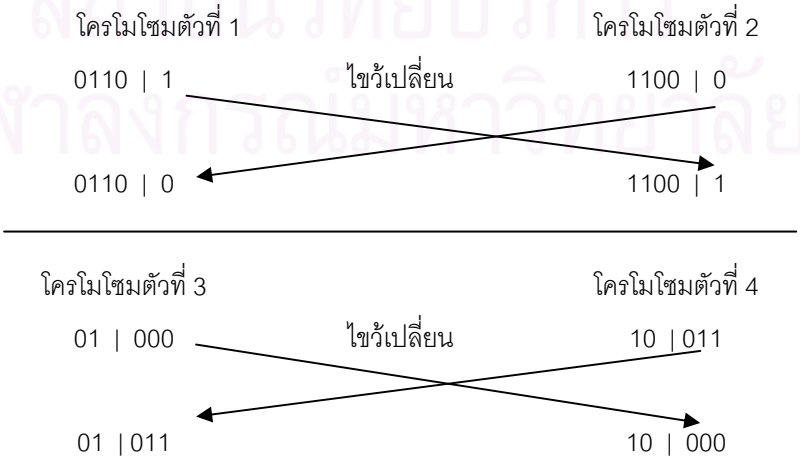
โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูง อาจมองว่าเป็นประชากรที่มีความแข็งแรง ย่อมมีโอกาสจับคู่กับโครโมโซมที่มีความแข็งแรงเพื่อให้มีลูกหลานที่มีความแข็งแรงมากขึ้นหรือมีค่าความเหมาะสมสูงขึ้น ในการจับคู่นี้ใช้หลักการสุ่มในรูปแบบของวงล้อรูลเล็ทที่มีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนโครโมโซม และมีขนาดช่องตามเปอร์เซ็นค่าความเหมาะสม ซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ 2.2 เมื่อได้วงล้อรูลเล็ทแล้วจึงทำการหมุนเพื่อเลือกจับคู่โครโมโซม



รูปที่ 2.2 วงล้อรูลเล็ท

2.1.2.3 การไขว้เปลี่ยน (Crossover)

การไขว้เปลี่ยนเป็นการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมของคู่โครโมโซมที่จับคู่กันทำให้ได้โครโมโซมลูกที่คาดหวังว่าจะมีค่าความเหมาะสมสูงกว่าโครโมโซมพ่อแม่ ในที่นี้สมมุติว่าจากการจับคู่ด้วยวงล้อรูลเล็ท ได้โครโมโซมตัวที่ 1 จับคู่กับ โครโมโซมตัวที่ 2 และโครโมโซมตัวที่ 3 จับคู่กับโครโมโซมตัวที่ 4 นำคู่โครโมโซมมาสุ่มหาตำแหน่งที่จะทำการไขว้เปลี่ยนโดยสมมุติว่าโครโมโซมตัวที่ 1 กับ 2 สุ่มได้ตำแหน่งไขว้เปลี่ยนตำแหน่งที่ 4 และ โครโมโซมตัวที่ 3 กับ 4 สุ่มได้ตำแหน่งไขว้เปลี่ยนตำแหน่งที่ 2 จากนั้นทำการไขว้ เปลี่ยนดังรูปที่ 2.3 แล้วได้ผลตามตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การไขว้เปลี่ยนสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย

ตารางที่ 2.3 โครโมโซมและค่าความเหมาะสมสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย เมื่อทำการไขว้เปลี่ยนแล้ว

ลำดับ	โครโมโซมพ่อแม่	โครโมโซมลูก	ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมลูก ($f(x) = x^2$)
1	0110 | 1	0110 | 0	144
2	1100 | 0	1100 | 1	625
3	01 | 000	01 | 011	729
4	10 | 011	10 | 000	256
		รวม	1754
		เฉลี่ย	439

จากการไขว้เปลี่ยนสังเกตได้ว่าค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของโครโมโซมมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมมีค่า 293 เป็น 439 เหตุที่ทำให้ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นนี้มาจากการจับคู่ประชากรที่มีค่าความเหมาะสมสูงทำการไขว้เปลี่ยนกัน และถ้าทำการไขว้เปลี่ยนในรุ่นต่อไปอีกก็จะทำให้ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมมีค่าเพิ่มขึ้นอีก ทำให้ในที่สุดหาค่า x ที่ให้ค่าสูงสุดได้

2.1.2.4 การกลายพันธุ์ (Mutation)

การกลายพันธุ์เป็นการสุ่มทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบางส่วนของโครโมโซมซึ่งเลียนแบบการกลายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติที่อาจจะทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตพันธุ์ใหม่ที่ดีขึ้น ในที่นี้แม้ว่าได้มีการไขว้เปลี่ยนตามข้างต้นแล้ว แต่การไขว้เปลี่ยนก็มีโอกาสทำให้สูญเสียข้อมูลสำคัญที่ไม่สามารถเรียกคืนมาได้ และในบางครั้งการหาคำตอบก็อาจจะติดอยู่ในค่าเหมาะสมเฉพาะที่ (Local Optima) ดังนั้นการกลายพันธุ์โดยสุ่มเปลี่ยนบิตจาก 1 เป็น 0 หรือจาก 0 เป็น 1 จะช่วยแก้ปัญหาได้ แต่อัตราการกลายพันธุ์นี้ควรมีอัตราที่ต่ำ สำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่ายที่แสดงนี้ใช้อัตราการกลายพันธุ์ 0.001

2.1.2.5 จำนวนรุ่นประชากร และ ตรวจจำนวนรุ่นประชากร

เมื่อผ่านการคัดเลือก การไขว้เปลี่ยน และการกลายพันธุ์แล้ว ได้ประชากรลูก ซึ่งนำไปเป็นประชากรพ่อแม่ต่อไป การทำงานจะวนอยู่จนครบตามจำนวนรุ่นที่กำหนด

2.1.3 <u>การไขว้เปลี่ยนและการกลายพันธุ์ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem)</u> [3]

การไขว้เปลี่ยนและการกลายพันธุ์ในปัญหาการเดินทางของพนักงานขายนี้เป็นตัวอย่างของการดำเนินการไขว้เปลี่ยนและกลายพันธุ์ที่ทำไปพร้อมๆ กับการแก้ไขโครโมโซมให้เป็นคำตอบที่เป็นไปได้อยู่เสมอ

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเป็นปัญหาในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่จะเดินทางผ่านเมืองต่างๆ ให้ครบทุกเมืองแล้วกลับมาที่จุดเริ่มต้น โดยแต่ละเมืองจะเดินผ่านได้เพียงครั้งเดียว การแก้ปัญหานี้สามารถแก้ได้โดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และสามารถเข้ารหัสปัญหานี้ได้ด้วยสายอักขระของเลขเมือง เช่นถ้าในปัญหามี 8 เมือง และต้องการเดินทางจากเมือง 3 ไป 2 ไป 4 ไป 1 ไป 7 ไป 5 ไป 8 ไป 6 สามารถแทนได้ด้วยสายอักขระคือ

(32417586)

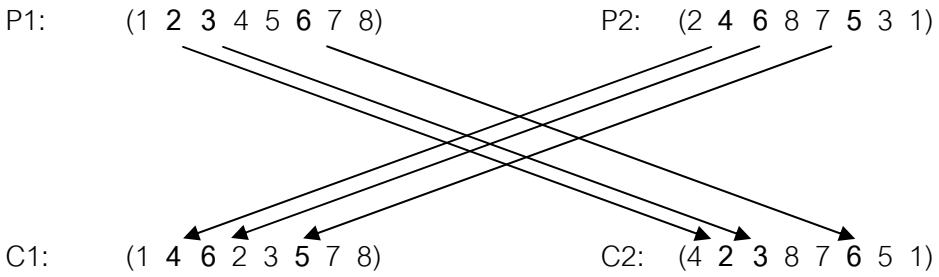
สายอักขระนี้นำไปใช้เป็นโครโมโซม ซึ่งสามารถทำการไขว้เปลี่ยนและกลายพันธุ์ได้หลายวิธี ในที่นี้จะแสดงบางวิธีที่จะนำไปใช้ในการจัดตารางสอนเท่านั้น

2.1.3.1 การไขว้เปลี่ยนแบบอิงตำแหน่ง (Position Based Crossover)

เริ่มต้นจะสุ่มตำแหน่งในโครโมโซมพ่อแม่เพื่อทำการไขว้เปลี่ยนไปเป็นโครโมโซมลูก โดยในขณะไขว้เปลี่ยนจะทำการซ่อมแซมโครโมโซมไปด้วย ตัวอย่างมีโครโมโซมพ่อแม่ดังนี้

(12345678) และ (24687531)

ได้ทำการสุ่มเลือกตำแหน่งทำการไขว้เปลี่ยนได้เป็นตำแหน่งที่ 2 , 3 และ 6 ผลการไขว้เปลี่ยนเป็นดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 การไขว้เปลี่ยนแบบอิงตำแหน่ง

เริ่มต้นโครโมโซมลูกตัวแรก (C1) ทำสำเนามาจากโครโมโซมพ่อแม่ตัวแรก (P1) ทำให้ได้โครโมโซมลูกตัวแรกเป็น

(1 2 3 4 5 6 7 8)

เริ่มทำการไขว้เปลี่ยนโดย ตำแหน่งที่ 2 ของโครโมโซมลูกตัวแรกจะได้มาจากโครโมโซมพ่อแม่ตัวที่สอง (P2) ซึ่งมีค่า เป็น 4 เมื่อนำมาใส่ในโครโมโซมลูกตัวแรกจะทำให้มีค่า 4 สองตัว จึงต้องทำการซ่อมแซมโดยนำค่าในตำแหน่งที่สองของโครโมโซมลูกตัวแรกซึ่งมีค่าเป็น 2 ไปสลับกับ ค่า 4 ในโครโมโซมลูกตัวแรก ทำให้ได้โครโมโซมลูกตัวแรกเป็น

(1 4 3 2 5 6 7 8)

ทำเช่นนี้กับตำแหน่งที่ 3 และ 6 ทำให้ได้โครโมโซมลูกตัวแรกเป็น

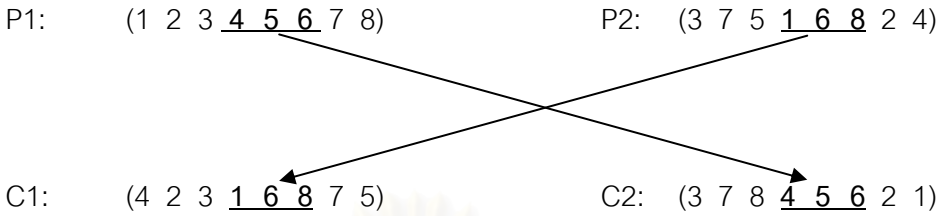
(1 4 6 2 3 5 7 8)

2.1.3.2 การไขว้เปลี่ยนแบบเลือกบางส่วน (Partially-Mapped Crossover)

เริ่มสุ่มเลือกส่วนของโครโมโซม แล้วจึงทำการไขว้เปลี่ยน โดยทำการซ่อมแซมโครโมโซมไปด้วย ตัวอย่างมีโครโมโซมพ่อแม่ดังนี้

(1 2 3 4 5 6 7 8) และ (3 7 5 1 6 8 2 4)

สุ่มเลือกส่วนของโครโมโซมคือ ส่วนตั้งแต่ตำแหน่งที่ 4 ถึง 6 แล้วทำการไขว้เปลี่ยนได้ตามรูปที่ 2.5



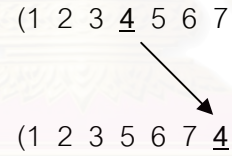
รูปที่ 2.5 การไขว้เปลี่ยนแบบเลือกบางส่วน

2.1.3.3 การกลายพันธุ์แบบแทรก (Insertion Mutation)

เริ่มสุ่มเลือกเมืองแล้วสุ่มเลือกตำแหน่งเพื่อนำเมืองที่เลือกไปแทรกไว้ ตัวอย่างมีโครโมโซมดังนี้

(1 2 3 4 5 6 7 8)

สุ่มเลือกได้เมืองที่ 4 สุ่มเลือกได้ตำแหน่งที่ 7 แล้วทำการกลายพันธุ์ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การกลายพันธุ์แบบแทรก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.4 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมกับปัญหาตารางสอน [1]

2.1.4.1 ลักษณะทั่วไปของตารางสอน

สำหรับตารางสอนทั่วไปมีลักษณะเป็นตาราง แนวนอนแสดงวันของสัปดาห์ แนวตั้งแสดงเวลา มีช่องเวลาใช้บรรจุด้วยชั้นเรียนหรือเหตุการณ์ ตัวอย่างในรูปที่ 2.7

ห้อง 101

	Time				
	8.00-9.00	9.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00
Mon		2601120 Fin Acctg Aj Dee1			
Tue					2952165 FE II Aj Dee3
Wed			2952301 Micro (Dis) Aj Dee2		

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างตารางสอนที่มีคาบเวลาสอนแต่ละชั้นเรียน 1 ช.ม.

จากรูปตารางสอนมีองค์ประกอบคือ

- ห้อง (Room) คือ สถานที่ที่ใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งมีหลายห้อง และมีประเภทห้องเช่นห้องฟังบรรยาย (Lecture)
- ช่องเวลา (Time-Slot) คือ ช่วงเวลาที่ห้องว่าง สามารถบรรจุชั้นเรียนลงไปเพื่อจัดตารางสอน
- วิชา (Subject) คือ วิชาที่มีอยู่
- อาจารย์ (Teacher) คือ ผู้สอน ซึ่งจะมีช่วงเวลาที่สามารถสอนได้
- ชั้นเรียน (Class) คือ การนำวิชา และอาจารย์ผู้สอนมา จัดเป็นชั้นเรียน เช่น ชั้นเรียนของวิชาสถิติเบื้องต้น สอนโดยอาจารย์ ดร. มานะฯ เป็นต้น และกำหนดระยะเวลาสอนในแต่ละชั้นเรียน เช่น 1 ช.ม. 2 ช.ม. หรือ 3 ช.ม.
- เหตุการณ์ (Event) คือ ชั้นเรียนที่นำไปจัดวางลงในตารางสอน เพื่อเปิดสอน

ในการจัดตารางสอนจะต้องพิจารณาเงื่อนไขหลักและเงื่อนไขรอง

เงื่อนไขหลักสามารถกำหนดได้ดังนี้

- ขนาดห้องใหญ่พอรับชั้นเรียนได้
- ประเภทห้องสอดคล้องกับวิชาที่สอน
- ทุกชั้นเรียนต้องได้รับการจัดให้อยู่ในตารางสอน
- แต่ละชั้นเรียนต้องปรากฏอยู่ที่เดียวในตารางสอน
- อาจารย์ผู้สอนไม่สอนซ้ำเวลาเดียวกัน

และเงื่อนไขรองสามารถกำหนดได้ดังนี้

- ควรมีอุปกรณ์ประกอบการสอนตรงตามวิชาที่สอน

2.1.4.2 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ใช้ในการจัดตารางสอน

ในการจัดตารางสอนด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย ตามรูปที่ 2.1

2.1.4.3 การเข้ารหัสโครโมโซม

การเข้ารหัสโครโมโซมในปัญหาการจัดตารางสอนสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับสภาพและเป้าหมายในการหาคำตอบ โดยวัตถุประสงค์ในการเข้ารหัสเพื่อให้มีความง่ายในการตรวจสอบข้อขัดแย้ง ง่ายในการนำไปใช้งาน และ มีความรวดเร็วในการหาคำตอบ [4] วิธีเข้ารหัสแบบจัดห้องเป็นกลุ่ม (Sector Based) เป็นวิธีที่มีความง่ายในการตรวจสอบข้อขัดแย้ง ง่ายในการทำความเข้าใจ มีขั้นตอนการเข้ารหัสดังนี้

ในการเข้ารหัสโครโมโซมจะนำตารางสอนปกติมาจัดเรียงใหม่ โดยใช้แนวตั้งเป็นช่องเวลา มีช่องเวลาแรกคือวันจันทร์ 8.00 - 9.00 เรียกว่า Mon1 ช่องเวลาที่สอง 9.00 – 10.00 เรียกว่า Mon2 ช่องเวลาที่สาม 10.00-11.00 เรียกว่า Mon3 จนถึงช่องเวลาที่ 5 เรียกว่า Mon5 แล้วต่อด้วยวันอังคารช่องเวลาที่ 1 เรียกว่า Tue1 ต่อด้วยช่องเวลาที่ 2 เรียกว่า Tue2 ต่อไปจนถึงวันอาทิตย์ช่องเวลาที่ 5 เรียกว่า Sun5 ในหนึ่งแถวแนวนอนจัดเป็นห้องหนึ่งห้อง ซึ่งจะทำการจัดห้องประเภทเดียวกันอยู่ติดเป็นกลุ่มเดียวกัน (Sector Based) นอกจากนี้ยังจัดเรียงขนาดห้องจากใหญ่ไปเล็ก โดยห้องใหญ่อยู่ด้านบน ตัวอย่างตามรูปที่ 2.8 ได้จัดห้องไว้สองกลุ่มคือ T1 มีขนาดห้อง C50 C40 C30 และ T2 มีขนาดห้อง C50 C30

	Time					
	Mon1	Mon2	Mon3	…	Sun4	Sun5
R1 T1 C50		Event 1	Event 8			Event 2
R2 T1 C40	Event 3					Event 4
R3 T1 C30			Event 5		Event 6	
R4 T2 C50						
R4 T2 C30		Event 7				

รูปที่ 2.8 รูปแบบทั่วไปของโครโมโซมที่ใช้ในการจัดตารางสอน

2.1.4.4 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initialization)

ในการสร้างประชากรเริ่มต้น เริ่มจากการวางเหตุการณ์จองห้อง ซึ่งได้ระบุช่องเวลาที่แน่นอนแล้ว พร้อมตรวจสอบว่ามีข้อขัดแย้งกับเงื่อนไขหลักหรือไม่ จากนั้นจึงทำการวางเหตุการณ์อิสระซึ่งเป็นเหตุการณ์ต้องทำการจัดตารางสอนที่ละเหตุการณ์จนหมด และก่อนวางจะตรวจดูว่าเหตุการณ์อิสระนี้สามารถวางในห้องกลุ่มใดได้บ้าง จึงสุ่มวางลงไป การทำเช่นนี้ทำให้ไม่เกิดข้อขัดแย้งกับเงื่อนไขหลักกรณีทุกชั้นเรียนต้องได้รับการจัดให้อยู่ในตารางสอน กรณีแต่ละชั้นเรียนต้องปรากฏอยู่ที่เดียวในตารางสอน กรณีประเภทห้องต้องสอดคล้องกับวิชาที่สอน ขั้นตอนวิธีเป็นดังรูปที่ 2.9

โปรแกรมย่อย สร้างประชากรเริ่มต้น สำหรับทุกโครโมโซม

ขั้นที่ 1: ทำการวางเหตุการณ์จองห้องลงในโครโมโซม พร้อมตรวจสอบความขัดแย้งกับเงื่อนไขหลัก

ขั้นที่ 2: เมื่อดำเนินการขั้นที่ 1 เสร็จแล้วทำดังนี้

2.1 ตรวจสอบว่าเหตุการณ์อิสระ e_i สามารถวางในกลุ่มห้องใดได้

2.2 สุ่มเลือกช่องเวลาสำหรับวาง e_i

2.3 ตรวจสอบว่า e_i ขัดแย้งกับเงื่อนไขหลักหรือไม่ ถ้าขัดแย้งให้ทำขั้นที่ 2.2 ใหม่ ถ้าไม่ขัดแย้งให้ทำขั้นที่ 2.4

2.4 วาง e_i ลงในช่องเวลาที่เลือก

รูปที่ 2.9 ขั้นตอนวิธีสร้างประชากรเริ่มต้น

2.1.4.5 การประเมินค่าความเหมาะสม

โครโมโซมทุกตัวจะต้องนำมาประเมินค่าความเหมาะสม และค่าทำโทษ (Penalty) เพื่อใช้ในการจับคู่ทำการไขว้เปลี่ยน หรือใช้ในการเลือกโครโมโซมให้เป็นประชากรพ่อแม่ในรุ่นต่อไป การประเมินค่าทำโทษสามารถหาได้จากเหตุการณ์ที่วางในโครโมโซมขัดแย้งกับเงื่อนไขหลักหรือขัดแย้งกับเงื่อนไขรอง โดยปกติค่าทำโทษกรณีขัดแย้งกับเงื่อนไขหลักจะมีค่ามาก ส่วนค่าทำโทษกรณีขัดแย้งกับเงื่อนไขรองจะมีค่าน้อย ซึ่งการกำหนดค่าทำโทษนี้ไม่มีวิธีชัดเจนว่าควรกำหนดเท่าไร เมื่อได้ค่าทำโทษแล้วจึงประเมินค่าความเหมาะสมตามฟังก์ชัน ดังนี้

$$Eval.(f) = 1 / (1 + cost(f))$$

cost(f) คือค่าทำโทษทั้งหมดรวมกัน

Eval.(f) คือค่าความเหมาะสม

2.1.4.6 การคัดเลือกโครโมโซม (Selection)

การคัดเลือกโครโมโซมใช้วิธีเดียวกับวงล้อรูเล็ท ที่ใช้ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย

2.1.4.7 การไขว้เปลี่ยน

การไขว้เปลี่ยนนำเอาวิธีไขว้เปลี่ยนบางส่วน (PMX) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการจัดแบ่งห้องในโครโมโซมเป็นกลุ่ม ซึ่งมีขั้นตอนวิธีดังรูปที่ 2.10 และ ตัวอย่างตามรูปที่ 2.11

โปรแกรมย่อย Sector-based PMX

ขั้นที่ 1 : สุ่มสร้างกรอบของซับเซต S1 และ S2 เพื่อเลือกส่วนที่จะทำการไขว้เปลี่ยน

ขั้นที่ 2 : นำซับเซตที่ได้มาตรวจว่ามีกลุ่มห้องใดอยู่บ้าง

ขั้นที่ 3 : นำ PMX มาประยุกต์ใช้โดยทำระหว่างกลุ่มห้องเดียวกัน ;

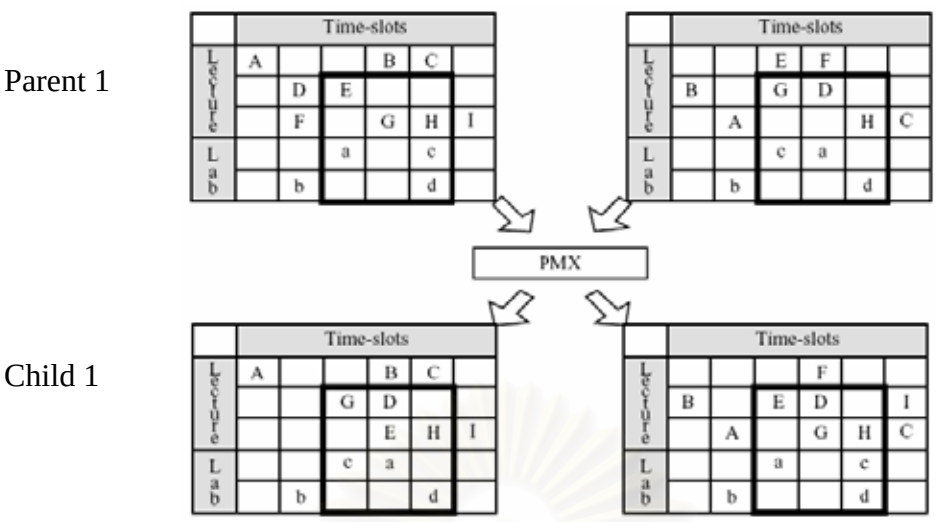
3.1 ตรวจว่ามีเหตุการณ์ใดใน S1 และ S2 ที่เป็นกลุ่มห้องเดียวกัน

3.2 ทำการไขว้เปลี่ยนเหตุการณ์

3.3 ตรวจสอบและแก้ไขข้อขัดแย้งกับเงื่อนไขหลัก

ขั้นที่ 4 ได้โครโมโซม Child1 และ Child2

รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Sector-based PMX



รูปที่ 2.11 แสดงการครอสโอเวอร์แบบ Sector-based PMX

จากรูปแสดงการครอสโอเวอร์แบบ Sector-based PMX ข้างต้น จะทำการไขว้เปลี่ยนระหว่าง Parent 1 กับ Parent 2

ขั้นที่ 1 เริ่มจากสุ่มสร้างซับเซตได้ S1 แสดงเป็นกรอบสีดำเข้มที่ Parent 1 และ S2 แสดงเป็นกรอบสีดำเข้มที่ Parent 2

ขั้นที่ 2 ซับเซ็ตที่ได้มีกลุ่มห้องคือ ห้องบรรยาย (Lecture) และห้องทดลอง (Lab)

ขั้นที่ 3 ใช้ PMX ทำกับกลุ่มห้องบรรยาย และ กลุ่มห้องทดลอง

ขั้นที่ 3.1 ในกลุ่มห้องบรรยาย โครโมโซม Parent1 มีเหตุการณ์ E , G , H และ ใน Parent2 มีเหตุการณ์ G , D , H ในกลุ่มห้องทดลอง โครโมโซม Parent1 มีเหตุการณ์ a , c , d และ ใน Parent2 มีเหตุการณ์ a , c , d

ขั้นที่ 3.2 ในกลุ่มห้องบรรยายทำการไขว้เปลี่ยนเหตุการณ์ E , G , H ใน Parent1 ให้ไปอยู่ใน Parent 2 โดยใช้หลักการของ PMX ทำการไขว้เปลี่ยนเหตุการณ์ G , D , H ใน Parent2 ให้ไปอยู่ใน Parent1 โดยใช้หลักการของ PMX ในกลุ่มห้องทดลอง ทำการไขว้เปลี่ยนเหตุการณ์ a , c ,d ใน Parent1 ให้ไปอยู่ใน Parent 2 โดยใช้หลักการของ PMX และ ทำการไขว้เปลี่ยนเหตุการณ์ a , c , d ใน Parent2 ให้ไปอยู่ใน Parent1 โดยใช้หลักการของ PMX

ขั้นที่ 3.3 ทำการตรวจสอบและแก้ไขข้อขัดแย้งกรณีขนาดห้องใหญ่พอรับชั้นเรียนได้ และกรณีอาจารย์ผู้สอนสอนซ้ำเวลาเดียวกัน

ขั้นที่ 4 ได้โครโมโซม Child 1 และ Child 2

ในการตรวจสอบข้อขัดแย้งกับเงื่อนไขหลักนั้น มีเงื่อนไขที่ต้องตรวจสอบและแก้ไข คือ ขนาดห้องใหญ่พอรับชั้นเรียนได้และอาจารย์ผู้สอนไม่สอนซ้ำเวลาเดียวกัน ส่วนเงื่อนไขหลักอื่นไม่ต้องตรวจสอบเนื่องจากในการสร้างประชากรเริ่มต้นไม่ทำให้เกิดข้อขัดแย้งขึ้น

ในการตรวจสอบและแก้ไขข้อขัดแย้งกรณีขนาดห้องใหญ่พอรับชั้นเรียนได้ สามารถทำได้โดย หากตรวจพบเหตุการณ์ที่ขนาดห้องเล็กไป ให้ทำการขยับเหตุการณ์ในโครโมโซมขึ้นไปอีกหนึ่งห้อง เนื่องจากโครโมโซมได้จัดเรียงลำดับขนาดห้องจากใหญ่ไปเล็กไว้

ในการตรวจสอบและแก้ไขข้อขัดแย้งกรณีอาจารย์ผู้สอนสอนซ้ำเวลาเดียวกัน สามารถทำได้โดยตรวจสอบในแต่ละช่วงเวลาซึ่งคือการตรวจสอบในแนวตั้งของโครโมโซมถ้าพบว่าอาจารย์สอนซ้ำกันให้ทำการเปลี่ยนช่วงเวลาโดยขยับเหตุการณ์ไปทางซ้ายหรือขวาที่จะทำให้ไม่เกิดอาจารย์สอนซ้ำกัน

2.1.4.8 การกลายพันธุ์

การกลายพันธุ์ทำได้โดยสุ่มเลือกเหตุการณ์ด้วยอัตราการกลายพันธุ์ที่กำหนด แล้วสุ่มวางเหตุการณ์นั้นลงในกลุ่มห้องที่เหตุการณ์สามารถวางได้โดยไม่ขัดแย้งกับประเภทห้องที่เหตุการณ์ต้องการ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Automated Timetabling: The State of the Art [5]

การจัดตารางสอน เป็นปัญหาที่ใหญ่และซับซ้อน และมีความแตกต่างกันในแต่ละคณะในมหาวิทยาลัยซึ่งมีวิธีการจัดของตนเอง ปัญหาการจัดตารางสอนมีหลายวิธีที่สามารถแก้ปัญหาได้ แต่ยังไม่มีวิธีมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีเหล่านี้ ในเอกสารนี้ได้รวบรวมวิธีแก้ปัญหาตารางเวลา มีดังนี้

- ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms)
- ขั้นตอนวิธีแบบ memetic (Memetic Algorithms)
- Simulated Annealing
- Tabu Search
- Constraint Logic Programming

2.2.2 Recent Research Directions in Automated Timetabling [6]

ในเอกสารนี้ได้รวบรวมวิธีในการหาคำตอบของปัญหาตารางเวลา ซึ่งรวบรวมเฉพาะที่ทำใน Optimization and Planning Research Group (ASAP) มีวิธีดังนี้

- Sequential Methods
- Cluster Methods
- Constraint Based Methods
- Meta-heuristic Methods ประกอบด้วย 2 วิธีคือ
  - Hybrid Heuristic Methods
  - Genetic and Memetic Algorithms for Timetabling

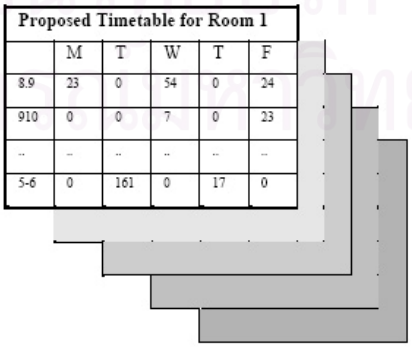
2.2.3 Lecture Timetabling Using Genetic Algorithms [7]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ทดสอบความสามารถของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาตารางสอนที่มหาวิทยาลัยควีนแลนด์ โดยจะใช้ข้อมูลการจัดตารางสอนบางส่วนของมหาวิทยาลัยเท่านั้น ในการจัดตาราสอนนี้จะจัดตารางสอนให้สอดคล้องกับเงื่อนไขหลัก โดยไม่พิจารณาเงื่อนไขรอง

เงื่อนไขหลักมีดังนี้

- ชั้นเรียนหนึ่งต้องมีที่เดียวในตารางสอนเท่านั้น
- ห้องเรียนต้องมีความจุพอรับชั้นเรียนได้
- ผู้สอนต้องไม่สอนซ้ำเวลาเดียวกัน
- ต้องจัดให้เวลาสอนเป็นเวลาที่ผู้สอนว่าง

ในการเข้ารหัสโครโมโซมจะนำตารางสอนปกติมาวางซ้อนกันแล้วได้เป็นโครโมโซมตามรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ลักษณะโครโมโซม ของงานวิจัยเรื่อง Lecture Timetabling Using Genetic Algorithms

ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการจัดตารางสอนมีลักษณะเช่นเดียวกับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย แต่เพิ่มกลยุทธ์การแก้ไขและซ่อมแซมโครโมโซมไม่ให้เกิดเหตุการณ์เดียวกันอยู่สองที่ในโครโมโซม

ผลการทดลองพบว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเมื่อนำมาใช้กับการจัดตารางสอนสามารถจัดตารางสอนที่ได้โดยไม่มีข้อขัดแย้งกับเงื่อนไขหลัก และในขณะจัดตารางสอนค่าความขัดแย้งจะลดลงไปเรื่อยๆ ตามรุ่นของการจัดที่เพิ่มขึ้น จนได้คำตอบที่ไม่มีข้อขัดแย้ง

2.2.4 A Genetic Algorithm for a University Weekly Courses Timetabling Problem [1]

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการเข้ารหัสโครโมโซมโดยจัดห้องเป็นกลุ่ม (Sector) เสนอการไขว้เป็นแบบ Sector-Based PMX และ นำเสนอการกลายพันธุ์ที่ใช้กับโครโมโซมที่นำเสนอ ผลการวิจัยแสดงว่าวิธีที่เสนอนี้สามารถลดการตรวจสอบเงื่อนไขหลัก กรณีทุกเหตุการณ์ต้องได้รับการจัดตารางสอน ต้องไม่มีเหตุการณ์เดียวอยู่สองที่ในโครโมโซม ประเภทห้องไม่ตรงตามที่ต้องการ ส่วนเงื่อนไขอื่นๆที่เหลือใช้การซ่อมแซมแก้ไขให้โครโมโซมไม่มีข้อขัดแย้งกับเงื่อนไขหลัก

2.2.5 การไขว้เปลี่ยนหรือการกลายพันธุ์ [8]

ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีตัวดำเนินการที่สำคัญคือ การไขว้เปลี่ยน และ การกลายพันธุ์ ที่มีบทบาทและหน้าที่สำคัญในการหาคำตอบ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีทฤษฎีที่จะอธิบายได้ว่า การไขว้เปลี่ยนหรือการกลายพันธุ์มีความสำคัญมากกว่ากันอย่างไร

การไขว้เปลี่ยนเป็นตัวดำเนินการที่เหมือนเป็นตัวเร่งให้เกิดการลู่เข้าหาคำตอบ ส่วนการกลายพันธุ์เป็นตัวดำเนินการที่ทำให้เกิดความหลากหลายขึ้นในหมู่ประชากรทั้งหมด และการรักษาความสมดุลระหว่างตัวดำเนินการทั้งสองนี้ส่งผลให้มีประสิทธิภาพที่ดี หากขาดการไขว้เปลี่ยน อาจทำให้เกิดความแปรปรวนขึ้นในการหาคำตอบ หากขาดการกลายพันธุ์ จะทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดความหลากหลาย

2.2.6 Diversity-Guided Evolutionary Algorithms [9]

ในการหาคำตอบด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจะเกิดการลู่เข้าไปสู่คำตอบ แต่เมื่อใกล้คำตอบมากขึ้นมักเกิดปัญหาว่าการไขว้เปลี่ยนไม่เกิดผลเนื่องจากโครโมโซมของประชากรมีความเหมือนกันหรือคล้ายกันมาก และยังผลให้เกิดการลู่เข้าไปสู่จุดที่ไม่ใช่คำตอบ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การลู่เข้าไปในที่ไม่ควร (Premature Convergence) ดังนั้นความหลากหลายของโครโมโซมจึงควรต้องรักษาไว้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบ

2.2.7 <u>การเปรียบเทียบระหว่าง Tournament Selection และ Combined Rank Method สำหรับ Mimetic Evolvable Hardware</u> [10]

งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบความพยายามเชิงคำนวณในการคัดเลือกประชากรของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ระหว่างวิธี Tournament Selection กับ Combined Rank Method ซึ่งจะนำไปใช้ในการออกแบบวงจรเชิงตรรก ซึ่งสรุปว่า Tournament Selection ใช้ความพยายามเชิงคำนวณไม่มากไปกว่า Combined Rank Method

อย่างไรก็ตามแม้ว่างานวิจัยนี้ไม่ได้เป็นงานวิจัยเรื่องการจัดตารางสอน แต่งานวิจัยนี้มีขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและการเลือกด้วยวิธี Combined Rank Method ตามรูปที่ 2.13 ซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีคัดเลือกโครโมโซมจากค่าความเหมาะสมกับความหลากหลายแทนที่จะทำการคัดเลือกจากค่าความเหมาะสมเพียงอย่างเดียว

```
Generation = 0;
สร้างประชากรเริ่มต้น  P ;
While (terminate condition not met) and (generation < MAXGEN) Do
    ทำการไขว้เปลี่ยนโดยสุ่มเลือกโครโมโซม1 คู่จาก P  มาทำการไขว้เปลี่ยนได้โครโมโซมลูกเก็บไว้ใน Q
    ทำการกลายพันธุ์โดยสุ่มเลือกโครโมโซม 1 ตัวจาก P มาทำการกลายพันธุ์ได้โครโมโซมลูกเก็บไว้ใน  R
    เลือก  P จาก  P  U  Q  U  R;
    Generation = Generation + 1;
End  While
```

การเลือก P ด้วยวิธี Combined Rank Method มีลักษณะดังนี้

- ขั้นแรก ประชากรตัวที่ดีที่สุดจะถูกเลือก
- ต่อมา นำประชากรที่เหลือมาเรียงโดยใช้ค่าความเหมาะสม และเรียงโดยใช้ความหลากหลาย ซึ่งความหลากหลายวัดโดยนำประชากรตัวนั้นไปเปรียบเทียบกับประชากรตัวอื่นๆ ทุกตัว และความหลากหลายคือผลรวมจำนวนบิตที่แตกต่างกันกับประชากรตัวอื่นๆ
- ทำการเลือกประชากรที่มีอันดับในการเรียงด้วยค่าความเหมาะสม บวกกับอันดับที่จากการเรียงโดยความหลากหลายน้อยที่สุด ไปเป็นประชากรรุ่นถัดไป

รูปที่ 2.13 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ที่ใช้กับ Combined Rank Method

2.3 สรุป

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่ายเป็นขั้นตอนวิธีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดตารางสอนได้ ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการคัดเลือกจากความหลากหลายของโครโมโซมร่วมกับค่าความเหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบ การเข้ารหัสโครโมโซมสามารถทำได้โดยนำห้องมาวางเรียงซ้อนกันแล้วใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมหาคำตอบได้ การเข้ารหัสโครโมโซมแบบที่จัดห้องเป็นกลุ่ม (Sector-Based) แล้วใช้การวางเหตุการณ์ การไขว้เปลี่ยนแบบ Sector-Base PMX และการกลายพันธุ์ ในลักษณะที่พิจารณาประเภทห้องให้ถูกต้องตามที่เหตุการณ์ต้องการอยู่เสมอ ช่วยให้ไม่เกิดข้อขัดแย้งกับเงื่อนไขหลัก กรณีทุกชั้นเรียนต้องได้รับการจัดให้อยู่ในตารางสอน กรณีแต่ละชั้นเรียนต้องปรากฏอยู่ที่เดียวในตารางสอน กรณีประเภทห้องต้องสอดคล้องกับวิชาที่สอน และช่วยลดเวลาในการตรวจสอบเงื่อนไขหลัก

การไขว้เปลี่ยนแบบอิงตำแหน่ง การกลายพันธุ์แบบแทรก เป็นวิธีที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดตารางสอน ซึ่งจะกล่าวในบทถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
ขั้นตอนวิธีจัดตารางสอน

3.1 ลักษณะของปัญหา

ลักษณะการจัดตารางสอนของคณะเศรษฐศาสตร์ ตามรูปที่ 3.1 มีลักษณะของชั้นเรียนมีคาบเวลาสอนตั้งแต่ 1 ชม. 1.30 ชม. 2 ชม. 2.30 ชม. 3 ชม. 3.30 ชม. ถึง 4 ชม. บางชั้นเรียนสอนหนึ่งครั้งในหนึ่งสัปดาห์ บางชั้นเรียนแบ่งสอนสองครั้งในหนึ่งสัปดาห์ เช่น ชั้นเรียน 3.30 ชม. แบ่งสอนสองครั้ง ครั้งแรก 2 ชม. และครั้งที่สอง 1.30 ชม. มีการนำชั้นเรียนที่ได้เคยจัดไว้แล้วมาใช้ร่วมในการจัดใหม่โดยให้คงห้องและเวลาสอนตามเดิม มีอุปกรณ์ประกอบการสอนคือโปรเจกเตอร์ วิชวลไลเซอร์ อุปกรณ์โสต และ มีเงื่อนไขหลักและเงื่อนไขรองดังนี้

- เงื่อนไขหลัก
  - ขนาดห้องใหญ่พอรับชั้นเรียนได้
  - ประเภทห้องสอดคล้องกับวิชาที่สอน
  - เวลาสอนเป็นเวลาที่อาจารย์ประจำวิชาแจ้งไว้
  - แต่ละชั้นเรียนต้องปรากฏอยู่ที่เดียวในตารางสอน
  - อาจารย์ผู้สอนไม่สอนซ้ำเวลาเดียวกัน
  - ผู้เรียนกลุ่มเดียวกันต้องไม่เรียนซ้ำเวลาเดียวกัน
- เงื่อนไขรอง
  - ควรมีอุปกรณ์ประกอบการสอนตรงตามวิชาที่สอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	8.00 8.30	8.30 9.00	9.00 9.30	9.30 10.00	10.00 10.30	10.30 11.00	11.00 11.30	11.30 12.00	12.00 12.30	12.30 13.00	13.00 13.30	13.30 14.00	14.00 14.30	14.30 15.00	15.00 15.30	15.30 16.00	16.00 16.30	16.30 17.00
Mon			2601120 Fin Acctg Aj Dee1								5500116 FE II Aj Dee2							
Tue						2952352 Math Econ II Aj Dee3												
Wed	5500116 FE II Aj Dee4										5500116 FE II Aj Dee5							
Thu		5500116 FE II Aj Dee6									2952301 Micro Th I Aj Dee7							
Fri											2952301 Micro Th I Aj Dee8							
Sat					2952301 Micro (Dis) Aj Dee9						2952352 Math Econ II Aj Dee10							

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างตารางสอนของคณะเศรษฐศาสตร์ หลักสูตรศิลปศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ (หลักสูตรนานาชาติ)

3.2 การเข้ารหัสโครโมโซม

โครโมโซมมีลักษณะเป็นตารางที่จะนำเหตุการณ์มาวางลงไปเพื่อทำการจัดตารางสอน แถวแนวตั้งของโครโมโซมแทนวันเวลา คือ แถวที่ 1 (Mon1) แทนวันจันทร์ 8.00 – 8.30 แถวที่ 2 (Mon2) แทนวันจันทร์ 8.30 – 9.00 แถวที่ 3 (Mon3) แทน 9.00-9.30 ไปจนถึง แถวที่ 20 (Mon20) แทนวันจันทร์ 17.30-18.00 แถวที่ 21(Tue1) แทนวันอังคาร 8.00-8.30 แถวที่ 22 (Tue2) แทนวันอังคาร 8.30-9.00 จนถึงแถวที่ 140 (Sun20) แทนวันอาทิตย์ 17.30-18.00 แถวแนวนอนของโครโมโซมแต่ละแถวแทนห้องหนึ่งห้อง ใช้แนวคิดของการจัดห้องประเภทเดียวกันให้อยู่เป็นกลุ่มเดียวกัน (จัดเป็น Sector-Based) เพื่อให้การวางเหตุการณ์สามารถวางได้ถูกต้องกับประเภทห้อง และได้ขยายแนวคิดให้เรียงลำดับความจุห้องจากมากไปน้อยด้วย เพื่อให้ในการวางเหตุการณ์สามารถตรวจสอบได้ว่าห้องมีความจุพอรับชั้นเรียนหรือไม่

	Mon1	Mon2	Mon3	Mon4	…	Sun18	Sun19	Sun20
Room1 Lecture Capacity 70								
Room2 Lecture Capacity 50								
Room3 Lecture Capacity 50								
Room4 Lab Capacity 60								
Room5 Lab Capacity 40								

รูปที่ 3.2 ลักษณะของโครโมโซม

3.3 **ลักษณะของเหตุการณ์** (Event)

เหตุการณ์ได้มาจากข้อมูลชั้นเรียน โดยชั้นเรียนที่มีการสอนครั้งเดียวในหนึ่งสัปดาห์จะถูกแปลงเป็นหนึ่งเหตุการณ์ เช่นชั้นเรียนที่มีคาบเวลาสอน 2 ชั่วโมงและสอน 1 ครั้งในหนึ่งสัปดาห์ จะเป็นเหตุการณ์ 1 เหตุการณ์ มีขนาด 4 ช่องเวลา (2 ชั่วโมง) สำหรับชั้นเรียนที่มีการสอนสองครั้งในหนึ่งสัปดาห์ จะถูกแปลงเป็น 2 เหตุการณ์ เช่น ชั้นเรียนที่มีคาบเวลาสอน 3.30 ชั่วโมง สอนสองครั้งต่อสัปดาห์ จะถูกแปลงเป็นเหตุการณ์ที่ 1 มีขนาด 4 ช่องเวลา (2.00 ชั่วโมง) และ เหตุการณ์ที่ 2 มีขนาด 3 ช่องเวลา (1.30 ชั่วโมง) เป็นต้น เหตุการณ์แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ เหตุการณ์จองห้อง ได้มาจากการแปลงชั้นเรียนที่กำหนดช่องเวลาและกำหนดห้องแล้ว และ เหตุการณ์อิสระ ได้มาจากชั้นเรียนที่ต้องการให้โปรแกรมทำการจัดตารางสอนให้โครโมโซมที่ได้วางเหตุการณ์แล้ว มีลักษณะดังรูป 3.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	Mon1	Mon2	Mon3	Mon4	…	Sun18	Sun19	Sun20
Room1 Lecture Capacity 70	Ev6	Ev6	Ev6				Ev7	Ev7
Room2 Lecture Capacity 50			Ev1	Ev1				
Room3 Lecture Capacity 50								
Room4 Lab Capacity 60		Ev3	Ev3	Ev3			Ev5	Ev5
Room5 Lab Capacity 40	Ev2	Ev2	Ev2	Ev2			Ev4	Ev4

รูปที่ 3.3 ลักษณะของโครโมโซมที่วางเหตุการณ์แล้ว

3.4 การวางเหตุการณ์จองห้องในโครโมโซม

เหตุการณ์จองห้องจะถูกวางไว้โครโมโซมทุกตัวในตำแหน่งช่องเวลา และ ห้องที่ได้กำหนดไว้ เหตุการณ์จองห้องนี้จะอยู่ในตำแหน่งเดิมตลอดเวลาโดยไม่ถูกเปลี่ยนตำแหน่งเนื่องจากการวางแทรกเหตุการณ์อิสระ การไขว้เปลี่ยน หรือ การกลายพันธุ์

3.5 การวางเหตุการณ์อิสระในโครโมโซม

การสุ่มวางเหตุการณ์อิสระ ทุกครั้งจะต้องพิจารณาช่องเวลาที่มีประเภทห้องตรงตามความต้องการ ความจุห้องไม่น้อยกว่าที่ต้องการ จึงสุ่มวางเหตุการณ์ลงไปได้ และในการวางเหตุการณ์อิสระจะใช้การวางแบบแทรกลงไป เช่นสุ่มได้ว่าต้องวางเหตุการณ์อิสระ V7 ลงระหว่างเหตุการณ์อิสระ V5 กับ V6 ได้ผลตามรูปที่ 3.4

	Time-Slot						
R1	V2	V2				V3	V3
R2		V1	V1	V1			
L1				V4	V4	V4	
L2		V6	V6		V5	V5	

ก่อนวางเหตุการณ์อิสระ V7

	Time-Slot						
R1	V2	V2				V3	V3
R2		V1	V1	V1			
L1				V4	V4	V4	
L2	V6	V6	**V7**	**V7**	**V7**	V5	V5

หลังวางเหตุการณ์อิสระ V7

รูปที่ 3.4 การวางเหตุการณ์อิสระ V7 แทรกระหว่างเหตุการณ์อิสระ V5 กับ V6

ในกรณีที่เหตุการณ์อิสระมีหลายขนาด (จำนวนช่องเวลาที่เหตุการณ์อิสระใช้) จะพิจารณาเลือกวางเหตุการณ์ที่มีขนาดใหญ่วางก่อน ตามด้วยเหตุการณ์ที่มีขนาดเล็ก

3.6 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ใช้ในการจัดตารางสอน

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ใช้เป็นขั้นตอนวิธีที่ได้พิจารณาเห็นว่าสามารถลดการทำงานในส่วนของการคัดเลือกแบบวงล้อรูลเล็ตลงได้ และมีการรักษาความหลากหลายของประชากรในระหว่างที่ทำการคัดเลือก (Selection) ทำให้มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบ ซึ่งมีขั้นตอนวิธีตามรูปที่ 3.5

```
Generation = 0;
สร้างประชากรเริ่มต้น P;
While (terminate condition not met) Do
    การไขว้เปลี่ยนทำโดยสุ่มเลือกโครโมโซม1 คู่จาก P มาทำการไขว้เปลี่ยนได้โครโมโซมลูกเก็บไว้ใน Q
    การกลายพันธุ์ทำโดยสุ่มเลือกโครโมโซม 1 ตัวจาก P มาทำการกลายพันธุ์ได้โครโมโซมลูกเก็บไว้ใน R
    เลือก P จาก P U Q U R;
    Generation = Generation + 1;
End While
```

รูปที่ 3.5 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ใช้ในการจัดตารางสอน [4]

ในโปรแกรมได้กำหนดจำนวนของ P มีค่าโดยปริยาย (Default Value) เป็น 1000 จำนวนของ Q มีค่าโดยปริยายเป็น 100% ของ P นั่นคือมีจำนวนเป็น 1000 จำนวนของ R มีค่าโดยปริยายเป็น 100% ของ P นั่นคือมีจำนวนเป็น 1000 เงื่อนไขที่ใช้ในการจบขั้นตอนวิธี (terminate condition) คือจนกว่าจะได้คำตอบที่มีค่าทำโทษเป็นศูนย์ หรือผู้ใช้งานสั่งให้หยุดหาคำตอบ

3.7 สร้างประชากรเริ่มต้น (Initial)

ประชากรเริ่มต้นสร้างโดยวางเหตุการณ์จองห้องลงในโครโมโซม จากนั้นใช้การสุ่มวางเหตุการณ์อิสระลงในโครโมโซม โดยการวางจะพิจารณาประเภทห้องให้สอดคล้องกับที่เหตุการณ์ต้องการ และความจุห้องต้องมากพอที่รับชั้นเรียนได้

3.8 การไขว้เปลี่ยน

การไขว้เปลี่ยนได้นำแนวคิดของการไขว้เปลี่ยนบางส่วนโดยมีการแบ่งกลุ่ม (Sector-Base PMX) กับการไขว้เปลี่ยนแบบอิงตำแหน่ง (Position Based Crossover) มาปรับใช้และปรับเปลี่ยนการสร้างกรอบเลือกเหตุการณ์ในโครโมโซม เปลี่ยนเป็นสุ่มเลือกเหตุการณ์อิสระที่จะทำการไขว้เปลี่ยนจากเหตุการณ์อิสระทั้งหมด นำเหตุการณ์อิสระที่เลือกมาทำการไขว้เปลี่ยนโดยให้คงตำแหน่งเดิมในโครโมโซม สาเหตุที่ใช้การสุ่มเลือกเหตุการณ์อิสระจากเหตุการณ์อิสระทั้งหมดเพื่อให้เกิดการไขว้เปลี่ยนเหตุการณ์อิสระในทุกครั้งที่ทำการไขว้เปลี่ยน และ ไม่เกิดการไขว้เปลี่ยนเหตุการณ์จองห้อง หรือ เกิดการไขว้เปลี่ยนช่องเวลาว่างของโครโมโซม ตัวอย่างการไขว้เปลี่ยนตามรูปที่ 3.6

	Time-Slot						
R1	V2	V2				V3	V3
R2		V1	V1	V1			
L1		V7	V7	V4	V4	V4	
	V6	V6			V5	V5	

Chromosome P1

	Time-Slot						
R1		V3	V3	V1	V1	V1	
R2					V2	V2	
L1	V4	V4	V4				
L2	V7	V7	V6	V6		V5	V5

Chromosome P2

	Time-Slot						
R1	V2	V2		V1	V1	V1	
R2				V3	V3		
L1				V4	V4	V4	
L2	V7	V7	V6	V6	V5	V5	

Chromosome C1

	Time-Slot						
R1		V3	V3				
R2		V1	V1	V1	V2	V2	
L1		V7	V7		V4	V4	V4
L2	V6	V6				V5	V5

Chromosome C2

รูปที่ 3.6 แสดงการไขว้เปลี่ยน

จากรูปสมมุติว่าสุ่มเลือกเหตุการณ์อิสระได้ V1 V6 และ V7 จากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนในการสร้าง C1 , C2 ดังนี้

ขั้นตอนการสร้าง C1

- สร้างโครโมโซม C1 โดยสำเนามาจากโครโมโซม P1
- ถอดเหตุการณ์อิสระ V1 V6 และ V7 ในโครโมโซม C1 ออก
- วางเหตุการณ์อิสระ V1 V6 และ V7 ลงไปอีกครั้งโดยวางให้มีตำแหน่งเดียวกับ เหตุการณ์อิสระ V1 V6 และ V7 ในโครโมโซม P2
- ถ้าในการวางเหตุการณ์อิสระมีเหตุการณ์อิสระที่จะถูกวางทับให้ถอดเหตุการณ์อิสระนั้นออกก่อนจึงทำการวาง ในตัวอย่างนี้จะถอดเหตุการณ์อิสระ V3 ออก
- นำเหตุการณ์อิสระที่ถูกถอดออกสุ่มวางแทรกลงในโครโมโซมอีกครั้งโดยในการสุ่มวางให้พิจารณาประเภทห้อง และความจุห้องให้ตรงตามที่เหตุการณ์ต้องการ

ขั้นตอนการสร้าง C2

- สร้างโครโมโซม C2 โดยสำเนามาจากโครโมโซม P2
- ถอดเหตุการณ์อิสระ V1 V6 และ V7 ในโครโมโซม C2 ออก
- วางเหตุการณ์อิสระ V1 V6 และ V7 ลงไปอีกครั้งโดยวางให้มีตำแหน่งเดียวกับ เหตุการณ์อิสระ V1 V6 และ V7 ในโครโมโซม P1
- ถ้าในการวางเหตุการณ์อิสระมีเหตุการณ์อิสระที่จะถูกวางทับให้ถอดเหตุการณ์นั้นออกก่อนจึงทำการวาง ในตัวอย่างนี้ไม่มีเหตุการณ์อิสระถอดออก

ในโปรแกรมกำหนดค่าโดยปริยายของการไขว้เปลี่ยนกำหนดเป็น 70 % หมายความว่าในการสุ่มเลือกเหตุการณ์อิสระเพื่อทำการไขว้เปลี่ยนจะสุ่มเลือกไม่เกิน 70% ของจำนวนเหตุการณ์อิสระทั้งหมดที่มี

3.9 การกลายพันธุ์

การกลายพันธุ์นำหลักการกลายพันธุ์แบบแทรก (Insertion Mutation) ร่วมกับการกลายพันธุ์แบบที่มีการแบ่งกลุ่มห้องมาใช้ คือจะสุ่มเลือกเหตุการณ์อิสระที่จะทำการกลายพันธุ์จากเหตุการณ์อิสระทั้งหมดที่มี เมื่อได้เหตุการณ์อิสระแล้วทำการถอดเหตุการณ์อิสระนี้ออกโครโมโซม แล้วสุ่มวางเหตุการณ์กลับลงในโครโมโซมในตำแหน่งที่ไม่ขัดแย้งกับประเภทห้อง ความจุห้อง และไม่วางทับเหตุการณ์จองห้อง หากในการวางเกิดวางทับเหตุการณ์อิสระใดให้ถอดเหตุการณ์อิสระนั้นออกก่อนจึงทำการวาง จากนั้นนำเหตุการณ์ที่ถูกถอดออกมาสุ่มวางโดยใช้การวางแทรก ตัวอย่างการกลายพันธุ์ตามรูปที่ 3.7

	Time-Slot						
	V2	V2				V3	V3
R2		V1	V1	V1			
L1		V7	V7	V4	V4	V4	
L2	V6	V6			V5	V5	

Chromosome P1

Mutation →

	Time-Slot						
R1				V2	V2	V3	V3
R2		V1	V1	V1			
L1				V4	V4	V4	
L2	V6	V6	V7	V7	V5	V5	

Chromosome C1

รูปที่ 3.7 แสดงการกลายพันธุ์

จากรูป สมมุติว่าสุ่มเลือกจำนวนเหตุการณ์ที่จะทำการกลายพันธุ์ได้ V2 และ V7 จากนั้นดำเนินการดังนี้

- สร้างโครโมโซม C1 โดยสำเนามาจากโครโมโซม P1
- ถอด V2 และ V7 ในโครโมโซม C1 ออก
- สุ่มช่องเวลาที่จะวาง V2 และ V7 กลับลงในโครโมโซม C1 ในตำแหน่งที่สามารถวางได้ ไม่ขัดแย้งกับประเภทห้องและความจุห้อง
- ถ้าช่องเวลาที่สุ่มได้มีเหตุการณ์อิสระอยู่ให้ถอดออก แล้วจึงวาง V2 และ V7
- นำเหตุการณ์อิสระที่ถูกถอดออกสุ่มวางแทรกลงในโครโมโซมอีกครั้งโดยในการสุ่มวางให้พิจารณาวางในห้องที่มีประเภทห้อง และความจุ ให้ตรงตามที่เหตุการณ์อิสระต้องการ

ในการกลายพันธุ์นี้เป็นความพยายามที่จะทำให้ในทุกครั้งที่ทำการกลายพันธุ์เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของเหตุการณ์อิสระ ซึ่งคาดว่าจะเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งเหตุการณ์อิสระที่ไม่ถูกต้องให้ถูกต้อง และคาดว่าจะทำให้เกิดความหลากหลายขึ้นในประชากร ค่าโดยปริยายของการกลายพันธุ์กำหนดเป็น 2% หมายความว่าในการสุ่มเลือกเหตุการณ์อิสระเพื่อทำการกลายพันธุ์จะสุ่มเลือกเหตุการณ์อิสระได้ไม่เกิน 2% ของจำนวนเหตุการณ์อิสระทั้งหมดที่มี

3.10 การประเมินค่าความเหมาะสม

ค่าความเหมาะสมสามารถหาได้จากฟังก์ชัน [3] ดังนี้

$$Eval.(f) = 1 / (1 + cost(f))$$

cost(f) คือค่าทำโทษทั้งหมดรวมกัน

Eval.(f) คือค่าความเหมาะสม

เนื่องจากในการวางเหตุการณ์ในโครโมโซม การไขว้เปลี่ยน และการกลายพันธุ์เป็นขั้นตอนที่ไม่ทำให้เกิดเหตุการณ์เดียวสองที่ในโครโมโซม และได้คำนึงถึง ประเภทห้อง ความจุห้อง อยู่ด้วยแล้ว จึงทำให้ไม่ต้องหาค่าทำโทษกรณีประเภทห้องไม่สอดคล้อง กรณีขนาดห้องไม่ใหญ่พอรับชั้นเรียน และกรณีชั้นเรียนต้องปรากฏอยู่ที่เดียวในตารางสอน ยังคงเหลือที่ต้องหาค่าทำโทษกรณีเวลาสอนเป็นเวลาที่อาจารย์ประจำวิชาแจ้งไว้ หาค่าทำโทษกรณีอาจารย์ผู้สอนไม่สอนซ้ำเวลาเดียวกัน หาค่าทำโทษกรณีผู้เรียนกลุ่มเดียวกันต้องไม่เรียนซ้ำเวลาเดียวกัน และหาค่าทำโทษกรณีอุปกรณ์ประกอบการสอนไม่ตรงตามวิชาที่สอน

- การหาค่าทำโทษกรณีเวลาสอนเป็นเวลาที่อาจารย์ประจำวิชาแจ้งไว้

จะทำการตรวจสอบช่องเวลาที่เหตุการณ์อิสระวางอยู่ในโครโมโซม หากช่องเวลานี้ไม่ตรงกับเวลาที่อาจารย์ประจำวิชาแจ้งไว้ให้คิดค่าทำโทษ (Penalty) เพิ่มขึ้นตามที่ผู้ใช้กำหนด หรือตามค่าโดยปริยายกำหนดไว้เป็น 20

- การหาค่าทำโทษกรณีอาจารย์ผู้สอนไม่สอนซ้ำเวลาเดียวกัน

จะทำการตรวจสอบในแต่ละช่วงเวลา เช่นช่วงเวลาวันจันทร์ 8.00-8.30 ตรวจทุกห้อง ถ้าพบว่ามีอาจารย์ท่านเดียวสอนปรากฏมากกว่า 1 เหตุการณ์ แสดงว่าอาจารย์สอนซ้ำเวลาเดียวกัน ให้คิดค่าทำโทษเพิ่มขึ้นตามที่ผู้ใช้กำหนด หรือตามค่าโดยปริยาย กำหนดไว้เป็น 100

- การหาค่าทำโทษกรณีผู้เรียนกลุ่มเดียวกันต้องไม่เรียนซ้ำเวลาเดียวกัน

จะทำการตรวจสอบในแต่ละช่วงเวลา เช่นช่วงเวลาวันจันทร์ 8.00-8.30 ตรวจทุกห้อง ถ้าพบว่ามีกลุ่มผู้เรียนเดียวกันปรากฏมากกว่า 1 เหตุการณ์ แสดงว่ามีกลุ่มผู้เรียนซ้ำเวลาเดียวกัน ให้คิดค่าทำโทษเพิ่มขึ้นตามที่ผู้ใช้กำหนด หรือตามค่าโดยปริยาย กำหนดไว้เป็น 100

- การหาค่าทำโทษกรณีอุปกรณ์ประกอบการสอนไม่ตรงตามวิชาที่สอน

จะทำการตรวจสอบช่องเวลาที่เหตุการณ์อิสระวางอยู่ในโครโมโซม หากช่องเวลาอยู่ในห้องที่ไม่มีอุปกรณ์ประกอบการสอนตรงตามความต้องการให้คิดค่าทำโทษเพิ่มขึ้นตามที่ผู้ใช้กำหนด หรือตามค่าโดยปริยายกำหนดไว้ ถ้าไม่มีโปรเจกเตอร์มีค่า 1 ถ้าไม่มีวิชวลไลเซอร์มีค่า 1 ถ้าไม่มีอุปกรณ์โสตมีค่า 1

หลักในการกำหนดค่าทำโทษ ให้กำหนดค่าทำโทษกรณีของเงื่อนไขหลักให้มีค่ามากกว่าค่าทำโทษจากกรณีของเงื่อนไขรอง

3.11 **การคัดเลือก** (Selection)

การคัดเลือกได้นำแนวคิดของ Combined rank method [4] ที่เลือกประชากรจากค่าความเหมาะสม กับค่าความหลากหลาย (Diversity) มาใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบ โดยได้กำหนดวิธีหาความหลากหลายและวิธีคัดเลือกดังนี้

ความหลากหลายของโครโมโซมสามารถพิจารณาจากค่าทำโทษของโครโมโซมหากมีค่าต่างจากโครโมโซมทั้งหมดแสดงว่ามีตำแหน่งของเหตุการณ์อิสระอย่างน้อยหนึ่งเหตุการณ์ต่างกัน แต่ถ้าค่าทำโทษเท่ากันจะต้องเปรียบเทียบตำแหน่งของเหตุการณ์อิสระทั้งหมดเพื่อตรวจว่ามีข้อแตกต่างหรือไม่ ดังนั้นในการหาความหลากหลายของโครโมโซมจึงสามารถหาได้โดยนำโครโมโซมทั้งหมดมาทำการตรวจค่าทำโทษและตำแหน่งของเหตุการณ์อิสระดังนี้

- ถ้าโครโมโซมที่ตรวจสอบมีค่าทำโทษต่างจากโครโมโซมทั้งหมด แสดงว่าโครโมโซมที่ตรวจสอบมีความหลากหลาย
- ถ้าโครโมโซมที่ตรวจสอบมีค่าทำโทษเท่ากับโครโมโซมอื่น ให้นำโครโมโซมที่ตรวจสอบมาเปรียบเทียบกับโครโมโซมที่มีค่าทำโทษเท่ากันที่ละตัว โดยเปรียบเทียบตำแหน่งของเหตุการณ์อิสระ ถ้าพบว่ามีอย่างน้อยหนึ่งเหตุการณ์อิสระที่มีตำแหน่งต่างกัน แสดงว่าโครโมโซมที่ทำการตรวจสอบนี้ มีความแตกต่าง ถ้าโครโมโซมที่ทำการตรวจสอบมีความแตกต่างจากโครโมโซมทั้งหมดที่มีค่าทำโทษเท่ากัน แสดงว่าโครโมโซมที่ตรวจสอบมีความหลากหลาย

เมื่อได้ทำการตรวจสอบความหลากหลายของโครโมโซมแล้วจึงทำการคัดเลือกโดยพิจารณาจากค่าทำโทษและความหลากหลาย ค่าทำโทษนี้สามารถใช้แทนค่าความเหมาะสมได้เนื่องจากค่าความเหมาะสมเป็นฟังก์ชันส่วนกลับของค่าทำโทษ การคัดเลือกทำดังนี้

- เลือกประชากรจากโครโมโซมที่มีค่าทำโทษต่ำและมีความหลากหลาย เลือกจนกว่าได้ประชากรครบตามจำนวนประชากรหรือจนกว่าหมดโครโมโซม
- ถ้าได้ประชากรไม่ครบจำนวนประชากร ให้นำโครโมโซมที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการกลายพันธุ์ และประเมินค่าความเหมาะสม แล้วใส่กลับไปเป็นประชากร ทั้งนี้ให้ทำตั้งแต่โครโมโซมที่มีค่าทำโทษน้อยไปมาก ทำจนได้โครโมโซมครบตามจำนวนประชากร

ในการเลือกประชากรข้างต้นจากโครโมโซมที่มีค่าทำโทษต่ำและมีความหลากหลายนั้น หากในขณะนั้นมีโครโมโซมที่เหมือนกันอยู่เป็นจำนวนมากจะทำให้ได้จำนวนประชากรไม่ครบ ดังนั้นจึงต้องนำโครโมโซมที่ไม่ได้เลือกมาทำการกลายพันธุ์โดยคาดหวังว่าโครโมโซมที่กลายพันธุ์แล้วจะเป็นโครโมโซมที่หลากหลายจากนั้นทำการประเมินค่าความเหมาะสมแล้วใส่กลับไปเป็นประชากร

3.12 ลักษณะโครโมโซมที่มีโอกาสวางเหตุการณ์อิสระได้สำเร็จน้อย

เนื่องจากเหตุการณ์ในการจัดตารางสอนมีขนาดไม่เท่ากัน และในตารางสอนสามารถกำหนดเวลาในการเข้าใช้ห้อง ดังนั้นจึงทำให้เกิดโครโมโซมบางลักษณะที่มีโอกาสวางเหตุการณ์อิสระได้สำเร็จน้อย ตัวอย่างในรูปที่ 3.8

	Time-Slot							
R1		V5	V5			V1	V1	V1
R2	V6	V6				V2	V2	V2
L1	V3	V3	V3			V7	V7	
L2	V4	V4	V4			V8	V8	

วางเหตุการณ์ไม่สำเร็จ

	Time-Slot						
R1	V1	V1	V1			V5	V5
R2	V2	V2	V2			V6	V6
L1	V3	V3	V3			V7	V7
L2	V4	V4	V4			V8	V8

วางเหตุการณ์สำเร็จ

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างโครโมโซมที่มีโอกาสวางเหตุการณ์ได้สำเร็จน้อย

โครโมโซมที่มีโอกาสวางเหตุการณ์อิสระได้สำเร็จน้อยนี้ทำให้ในการสร้างประชากรเริ่มต้น การไขว้เปลี่ยน และการกลายพันธุ์ มีโอกาสสำเร็จน้อย ในโปรแกรมจัดตารางสอนนี้ได้ให้โปรแกรมพยายามสร้างประชากรเริ่มต้น และตัดโครโมโซมที่ทำการไขว้เปลี่ยน และ การกลายพันธุ์ไม่สำเร็จทิ้ง ดังนี้

ในขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นระหว่างที่มีการสุ่มวางเหตุการณ์ถ้าเกิดกรณีที่เกิดวางเหตุการณ์ไม่ได้ โปรแกรมจะเริ่มสุ่มวางใหม่ทั้งหมด ถ้ามีจำนวนครั้งที่วางไม่ได้มากกว่า 10,000 ครั้ง โปรแกรมจะแจ้งเตือนว่าไม่สามารถทำการจัดตารางสอนได้ ในขั้นตอนของการไขว้เปลี่ยน และ ในขั้นตอนการกลายพันธุ์ ถ้าเกิดเหตุการณ์วางเหตุการณ์ไม่ได้จะตัดโครโมโซมที่วางเหตุการณ์นั้นไม่ได้ทิ้ง ถ้ามีจำนวนโครโมโซมที่เหลือไม่พอจำนวนประชากรจะทำการสุ่มสร้างโครโมโซมเพิ่มเติมให้พอกับจำนวนประชากร ในการสุ่มสร้างนี้จะสุ่มสร้างเป็นจำนวน 10,000 ครั้งถ้าไม่สำเร็จ โปรแกรมจะแจ้งเตือนว่าไม่สามารถทำการจัดตารางสอนได้

บทที่ 4
การออกแบบระบบ

4.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

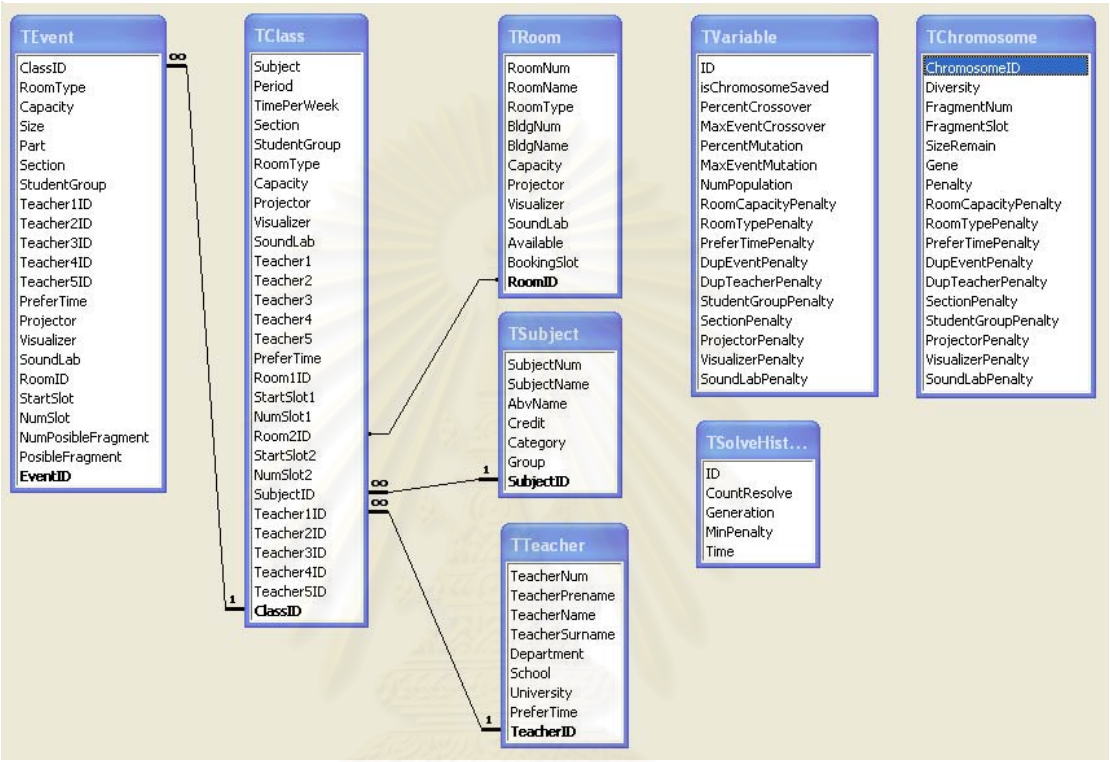
ในการออกแบบการทำงานของระบบได้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถเข้าทำงานกับส่วนต่อประสานต่างๆ ได้โดยอิสระ ไม่ต้องเข้าเรียงลำดับก่อนหลัง หากต้องการแก้ไขข้อมูลห้อง หรือต้องการจัดตารางสอน สามารถเข้าทำการจัดได้ทันที ซึ่งทำให้มีความสะดวกในการใช้ ส่วนต่อประสานประกอบด้วย

- ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลห้อง ใช้สำหรับ เพิ่มข้อมูลห้อง ปรับปรุงข้อมูลห้อง หรือลบข้อมูลห้อง
- ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลวิชา ใช้สำหรับ เพิ่มข้อมูลวิชา ปรับปรุงข้อมูลวิชา หรือลบข้อมูลวิชา
- ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลอาจารย์ ใช้สำหรับ เพิ่มข้อมูลอาจารย์ ปรับปรุงข้อมูลอาจารย์ หรือลบข้อมูลอาจารย์
- ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลชั้นเรียน ใช้สำหรับ เพิ่มข้อมูลชั้นเรียน ปรับปรุงข้อมูลชั้นเรียน หรือลบข้อมูลชั้นเรียน
- ส่วนต่อประสานสำหรับจัดตารางสอน ใช้สำหรับ จัดตารางสอน และเมื่อจัดแล้วสามารถแสดงผลการจัดตารางสอน ทำการพิมพ์ผลการจัดตารางสอน ตรวจสอบรายการข้อขัดแย้ง จัดเก็บผลการจัดเป็นแฟ้มข้อความ (Text File) และจัดเก็บผลการจัดตารางสอนเป็นชั้นเรียนที่มีการจองห้องไว้เพื่อใช้ในการจัดต่อไป
- ส่วนต่อประสานสำหรับตั้งค่า ใช้สำหรับ ปรับค่าที่ใช้ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และปรับตั้งค่าการจัดเก็บอัตโนมัติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ลักษณะฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลนี้สำหรับจัดเก็บข้อมูลวิชา ข้อมูลห้อง ข้อมูลอาจารย์ ข้อมูลชั้นเรียน ข้อมูลเหตุการณ์ ข้อมูลโครโมโซม ข้อมูลตัวแปร และข้อมูลประวัติการหาคำตอบ ซึ่งมีลักษณะดังรูป ที่ 4.1 และได้อธิบายไว้ในตารางที่ 4.1 ถึง 4.7



รูปที่ 4.1 แผนภาพความสัมพันธ์เอนทิตี (ER-Diagram)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ตารางข้อมูลห้อง

ตาราง : TRoom ใช้เก็บข้อมูลห้อง		
เขตข้อมูล	**ชนิดข้อมูล**	**คำอธิบาย**
RoomID	AutoNumber	<Primary Key>
RoomNum	Text	หมายเลขห้อง เช่น 302 หรือ R107
RoomName	Text	ชื่อห้อง
RoomType	Text	ประเภทห้อง
BldgNum	Text	หมายเลขอาคาร
BldgName	Text	ชื่ออาคาร
Capacity	Number	ความจุห้อง
Projector	Yes/No	มีโปรเจกเตอร์หรือไม่
Visualizer	Yes/No	มีวิชวลไลเซอร์หรือไม่
SoundLab	Yes/No	มีอุปกรณ์โสตหรือไม่
Available	Text	สายอักขระแสดงสถานะช่องเวลาของห้อง ถ้ามีค่าเป็น 1 แสดงว่าว่าง เป็น 0 แสดงว่า ไม่ว่าง มีลักษณะของข้อมูลคือ 111100000110000111 ... 10110
BookingSlot	Memo	สายอักขระแสดงสถานะช่องเวลาที่ถูกจอง ถ้ามีค่าเป็น ค่า ClassID แสดงว่าถูกจองไว้ ถ้ามีค่าเป็น 0 แสดงว่าว่าง มีลักษณะของข้อมูลคือ 0,0,2,10,0,0,...,0,0,0,0,0,51,0

ตารางที่ 4.2 ตารางข้อมูลวิชา

ตาราง : TSubject ใช้เก็บข้อมูลวิชา		
เขตข้อมูล	**ชนิดข้อมูล**	**คำอธิบาย**
SubjectID	AutoNumber	<Primary Key>
SubjectNum	Text	รหัสวิชา
SubjectName	Text	ชื่อวิชา
AbvName	Text	ชื่อย่อวิชา Eco 1
Credit	Number	จำนวนเครดิต
Category	Text	ประเภทของวิชา
Group	Text	กลุ่มของวิชา

ตารางที่ 4.3 ตารางข้อมูลอาจารย์

ตาราง : TTeacher ใช้เก็บข้อมูลอาจารย์		
เขตข้อมูล	**ชนิดข้อมูล**	**คำอธิบาย**
TeacherID	AutoNumber	<Primary Key>
TeacherNum	Text	รหัสประจำตัวอาจารย์
TeacherPrename	Text	คำนำหน้าชื่ออาจารย์
TeacherName	Text	ชื่ออาจารย์
TeacherSurname	Text	นามสกุลอาจารย์
Department	Text	ภาควิชา
School	Text	คณะ
University	Text	มหาวิทยาลัย
PreferTime	Text	สายอักขระแสดงช่องเวลาที่อาจารย์ว่าง ถ้ามีค่าเป็น 1 หมายถึงว่าง เป็น 0 หมายถึงไม่ว่าง มีลักษณะของข้อมูลคือ 11110 ... 0001101

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ตารางข้อมูลชั้นเรียน

ตาราง : TClass ใช้เก็บข้อมูลชั้นเรียน		
เขตข้อมูล	**ชนิดข้อมูล**	**คำอธิบาย**
ClassID	AutoNumber	<Primary Key>
Subject	Text	ใช้เก็บรหัสวิชา ชื่อวิชา และอื่นๆ ซึ่งนำมาจากตาราง TSubject
Period	Text	ระยะเวลาสอน มีค่าเป็น 1:00 1:30 2:00 2:30 … 4:00
TimePerWeek	Number	ครั้งที่สอนต่อสัปดาห์ มีค่า 1 สอนครั้งเดียว มีค่า 2 สอนสองครั้ง
Section	Text	ตอนเรียน (Sec.)
StudentGroup	Text	กลุ่มผู้เรียน
RoomType	Text	ประเภทห้องที่ต้องการ
Capacity	Number	ความจุห้องที่ต้องการใช้
Projector	Yes/No	ต้องการใช้โปรเจคเตอร์ หรือไม่
Visualizer	Yes/No	ต้องการใช้วิชวลไลเซอร์ หรือไม่
SoundLab	Yes/No	ต้องการใช้อุปกรณ์โสต หรือไม่
Teacher1	Text	ใช้เก็บ ข้อมูลของอาจารย์ท่านที่1 โดยเก็บ รหัสประจำตัว คำนำหน้าชื่อ ชื่อ นามสกุล ซึ่งนำมาจากตาราง TTeacher
Teacher2	Text	ใช้เก็บข้อมูลของอาจารย์ท่านที่ 2 โดยเก็บเช่นเดียวกับ Teacher1
Teacher3	Text	ใช้เก็บข้อมูลของอาจารย์ท่านที่ 3 โดยเก็บเช่นเดียวกับ Teacher1
Teacher4	Text	ใช้เก็บข้อมูลของอาจารย์ท่านที่ 4 โดยเก็บเช่นเดียวกับ Teacher1
Teacher5	Text	ใช้เก็บข้อมูลของอาจารย์ท่านที่ 5 โดยเก็บเช่นเดียวกับ Teacher1
PreferTime	Text	สายอักขระแสดงช่องเวลาที่อาจารย์ว่าง ซึ่งนำมาจากตาราง TTeacher
Room1ID	Number	ถ้ามีค่า 0 ไม่มีการจองห้อง ถ้ามีค่า RoomID แสดงว่าจองห้องไว้
StartSlot1	Number	ช่องเวลาเริ่มต้นที่จองห้อง
NumSlot1	Number	จำนวนช่องเวลาที่จองห้อง
Room2ID	Number	ใช้แสดงการจองห้องของชั้นเรียน ของส่วนที่สองของชั้นเรียน ในกรณีที่แบ่งสอนเป็น 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ถ้ามีค่า 0 แสดงว่าไม่มีการจองห้อง ถ้ามีค่าเป็นค่าของ RoomID แสดงว่าจองห้องไว้
StartSlot2	Number	ช่องเวลาเริ่มต้นที่จองห้อง ของส่วนที่สองของชั้นเรียน
NumSlot2	Number	จำนวนช่องเวลาที่จองห้อง ของส่วนที่สองของชั้นเรียน
SubjectID	Number	เก็บ SubjectID ของวิชาที่สอน
Teacher1ID	Number	เก็บ TeacherID ของอาจารย์ท่านที่ 1
Teacher2ID	Number	เก็บ TeacherID ของอาจารย์ท่านที่ 2
Teacher3ID	Number	เก็บ TeacherID ของอาจารย์ท่านที่ 3
Teacher4ID	Number	เก็บ TeacherID ของอาจารย์ท่านที่ 4
Teacher5ID	Number	เก็บ TeacherID ของอาจารย์ท่านที่ 5

ตารางที่ 4.5 ตารางข้อมูลเหตุการณ์

ตาราง : TEvent ใช้เก็บข้อมูลเหตุการณ์		
เขตข้อมูล	**ชนิดข้อมูล**	**คำอธิบาย**
EventID	AutoNumber	<Primary Key>
ClassID	Number	เก็บ ClassID
RoomType	Text	ประเภทห้องที่ต้องการ
Capacity	Number	ความจุห้องที่ต้องการ
Size	Number	จำนวนช่องเวลาที่เหตุการณ์ใช้ในการวางลงในโครโมโซม
Part	Number	หมายเลขส่วนของชั้นเรียน ถ้ามีค่าเป็น 1 หมายถึงส่วนแรก ถ้ามีค่าเป็น 2 หมายถึงส่วนที่ สอง
Section	Text	หมายเลขตอนเรียน
StudentGroup	Text	กลุ่มผู้เรียน
Teacher1ID	Number	เก็บ TeacherID ของอาจารย์ท่านที่ 1
Teacher2ID	Number	เก็บ TeacherID ของอาจารย์ท่านที่ 2
Teacher3ID	Number	เก็บ TeacherID ของอาจารย์ท่านที่ 3
Teacher4ID	Number	เก็บ TeacherID ของอาจารย์ท่านที่ 4
Teacher5ID	Number	เก็บ TeacherID ของอาจารย์ท่านที่ 5
PreferTime	Text	สายอักขระแสดงช่องเวลาที่อาจารย์ว่าง ซึ่งนำมาจากตาราง TTeacher
Projector	Yes/No	ต้องการใช้โปรเจคเตอร์ หรือไม่
Visualizer	Yes/No	ต้องการใช้วิชวลไลเซอร์ หรือไม่
SoundLab	Yes/No	ต้องการใช้อุปกรณ์โสต หรือไม่
RoomID	Number	ใช้แสดงการจองห้องของชั้นเรียน ถ้ามีค่า 0 แสดงว่าไม่มีการจองห้อง ถ้ามีค่าเป็นค่าของ RoomID แสดงว่าจองห้องไว้
StartSlot	Number	ช่องเวลาเริ่มต้นที่จองห้อง
NumSlot	Number	จำนวนช่องเวลาที่จองห้อง
NumPosibleFragment	Number	จำนวนส่วนของโครโมโซมที่สามารถวางเหตุการณ์นี้ได้
PosibleFragment	Memo	สายอักขระเก็บค่าหมายเลขส่วนของโคโมโซมที่เหตุการณ์สามารถวางได้

ตารางที่ 4.6 ตารางข้อมูลโครโมโซม

ตาราง : TChromosome ใช้เก็บข้อมูลโครโมโซมทั้งหมด		
เขตข้อมูล	**ชนิดข้อมูล**	**คำอธิบาย**
ChromosomeID	Number	<Primary Key> เก็บหมายเลขรายการโครโมโซม ที่อยู่ในหน่วยความจำ
Diversity	Yes/No	เก็บสถานะว่าโครโมโซมนี้มีหรือไม่มีความแตกต่างจากโครโมโซมอื่น
FragmentNum	Memo	สายอักขระเก็บหมายเลขส่วนของโครโมโซม ที่เหตุการณ์วางอยู่ สายอักขระมีความยาวเท่ากับจำนวนเหตุการณ์ เช่น 10,9,6,... หมายถึง เหตุการณ์ที่ 1 อยู่ในส่วนที่ 10 , เหตุการณ์ที่ 2 อยู่ในส่วนที่ 9 , เหตุการณ์ที่ 3 อยู่ส่วนที่ 6 , ...
FragmentSlot	Memo	สายอักขระเก็บช่องเวลาแรกในส่วนของโครโมโซมที่เหตุการณ์วางอยู่ สายอักขระมีความยาวเท่ากับจำนวนเหตุการณ์ เช่น 3,1,4, .. หมายถึง เหตุการณ์ที่ 1 วางอยู่ในช่องเวลาที่ 3 ของส่วนของโครโมโซม , เหตุการณ์ที่ 2 วางอยู่ในช่องเวลาที่ 1 ของส่วนของโครโมโซม , เหตุการณ์ที่ 3 วางอยู่ในช่องเวลาที่ 4 ของส่วนของโครโมโซม , ...
SizeRemain	Memo	สายอักขระเก็บขนาดที่เหลือของส่วนของโครโมโซมหลังวางเหตุการณ์
Gene	Memo	สายอักขระของค่าที่เก็บในช่องเวลาในโครโมโซม
Penalty	Number	ค่าทำโทษรวมทั้งหมดทุกกรณี
RoomCapacityPenalty	Number	ค่าทำโทษรวม กรณีความจุห้องไม่เหมาะสมกับความจุที่ชั้นเรียนต้องการ
RoomTypePenalty	Number	ค่าทำโทษรวม กรณีประเภทห้องไม่ตรงกับที่ชั้นเรียนต้องการ
PreferTimePenalty	Number	ค่าทำโทษรวม กรณีเวลาสอนไม่ตรงกับเวลาที่อาจารย์ว่าง
DupEventPenalty	Number	ค่าทำโทษรวม กรณีวางเหตุการณ์เดียวสองครั้งในโครโมโซมเดียว
DupTeacherPenalty	Number	ค่าทำโทษรวม กรณีอาจารย์สอนเวลาเดียวกันมากกว่าหนึ่งครั้ง
StudentGroupPenalty	Number	ค่าทำโทษรวม กรณีกลุ่มผู้เรียนเรียนเวลาเดียวกันมากกว่าหนึ่งครั้ง
ProjectorPenalty	Number	ค่าทำโทษรวม กรณีชั้นเรียนต้องการใช้โปรเจกเตอร์แต่ห้องไม่มี
VisualizerPenalty	Number	ค่าทำโทษรวม กรณีชั้นเรียนต้องการใช้วิชวลไลเซอร์แต่ห้องไม่มี
SoundLabPenalty	Number	ค่าทำโทษรวม กรณีชั้นเรียนต้องการใช้อุปกรณ์โสตแต่ห้องไม่มี

ตารางที่ 4.7 ตารางข้อมูลตัวแปร

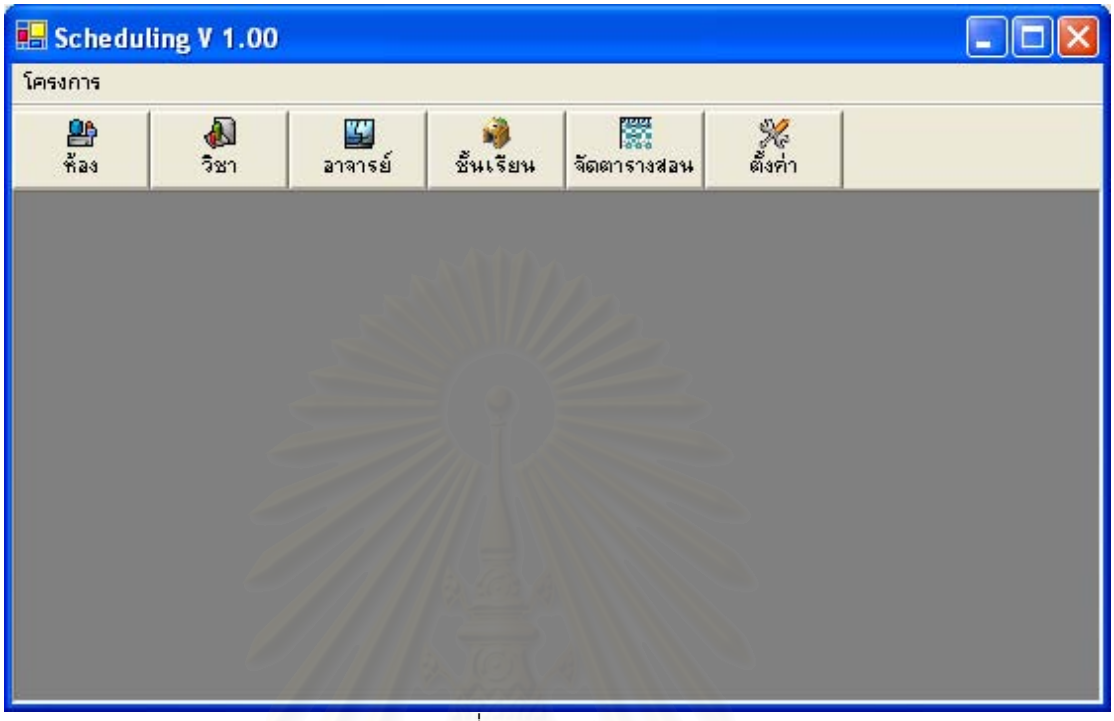
ตาราง : TVariable ใช้เก็บตัวแปรที่ผู้ใช้ตั้งไว้		
เขตข้อมูล	**ชนิดข้อมูล**	**คำอธิบาย**
ID	AutoNumber	<Primary Key>
isChromosomeSaved	Yes/No	เก็บสถานะว่าโครโมโซมที่อยู่ในหน่วยความจำถูกจัดเก็บแล้วหรือไม่
PercentCrossover	Number	เปอร์เซนต์โครโมโซมที่ทำการไขว้เปลี่ยน เทียบกับจำนวนประชากร
MaxEventCrossover	Number	เปอร์เซนต์สูงสุดของจำนวนเหตุการณ์ที่ให้ทำการไขว้เปลี่ยน
PercentMutation	Number	เปอร์เซ็นต์โครโมโซมที่ทำการกลายพันธุ์ เทียบกับจำนวนประชากร
MaxEventMutation	Number	เปอร์เซนต์สูงสุดของจำนวนเหตุการณ์ที่ให้ทำการกลายพันธุ์
NumPopulation	Number	จำนวนประชากร
RoomCapacityPenalty	Number	ค่าทำโทษ กรณีขนาดห้องไม่ใหญ่พอรับชั้นเรียนได้
RoomTypePenalty	Number	ค่าทำโทษ กรณีประเภทห้องไม่สอดคล้องกับวิชาที่สอน
PreferTimePenalty	Number	ค่าทำโทษ กรณีเวลาสอนไม่เป็นเวลาที่อาจารย์ประจำวิชาแจ้งไว้
DupEventPenalty	Number	ค่าทำโทษ กรณีชั้นเรียนปรากฏมากกว่าหนึ่งที่ในตารางสอน
TeacherPenalty	Number	ค่าทำโทษ กรณีอาจารย์สอนซ้ำเวลาเดียวกัน
StudentGroupPenalty	Number	ค่าทำโทษ กรณีกลุ่มผู้เรียนเรียนเวลาเดียวกันมากกว่าหนึ่งครั้ง
ProjectorPenalty	Number	ค่าทำโทษ กรณีชั้นเรียนต้องการใช้โปรเจกเตอร์แต่ห้องไม่มี
VisualizerPenalty	Number	ค่าทำโทษ กรณีชั้นเรียนต้องการใช้วิชวลไลเซอร์แต่ห้องไม่มี
SoundLabPenalty	Number	ค่าทำโทษ กรณีชั้นเรียนต้องการใช้อุปกรณ์โสตแต่ห้องไม่มี

ตารางที่ 4.8 ตารางประวัติในการหาคำตอบ

ตาราง : TSolveHistory ใช้เก็บประวัติในการหาคำตอบ		
เขตข้อมูล	**ชนิดข้อมูล**	**คำอธิบาย**
ID	AutoNumber	<Primary Key>
CountResolve	Number	จำนวนครั้งในการหาคำตอบ
Generation	Number	จำนวนรุ่นในการหาคำตอบแต่ละครั้ง
MinPenalty	Number	ค่าทำโทษต่ำสุด
Time	Text	เวลา

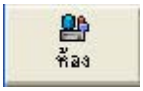
4.3 ลักษณะส่วนต่อประสาน

4.3.1 ส่วนต่อประสานหลัก

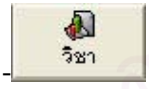


รูปที่ 4.2 ส่วนต่อประสานหลัก

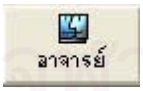
เป็นส่วนต่อประสานที่ใช้ควบคุมส่วนต่อประสานอื่นทั้งหมด มีเมนู“ โครงการ “ ซึ่งมีเมนูย่อย คือ “เริ่มใหม่” “เปิดโครงการ” “ปิดโครงการ” “จบโครงการ” และมีปุ่มที่ใช้เรียกส่วนต่อประสานอื่นดังนี้



ปุ่มกดแสดงส่วนต่อประสานข้อมูลนำเข้าสำหรับข้อมูลห้อง



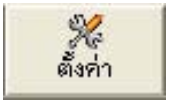
ปุ่มกดแสดงส่วนต่อประสานข้อมูลนำเข้าสำหรับข้อมูลวิชา



ปุ่มกดแสดงส่วนต่อประสานข้อมูลนำเข้าสำหรับข้อมูลอาจารย์

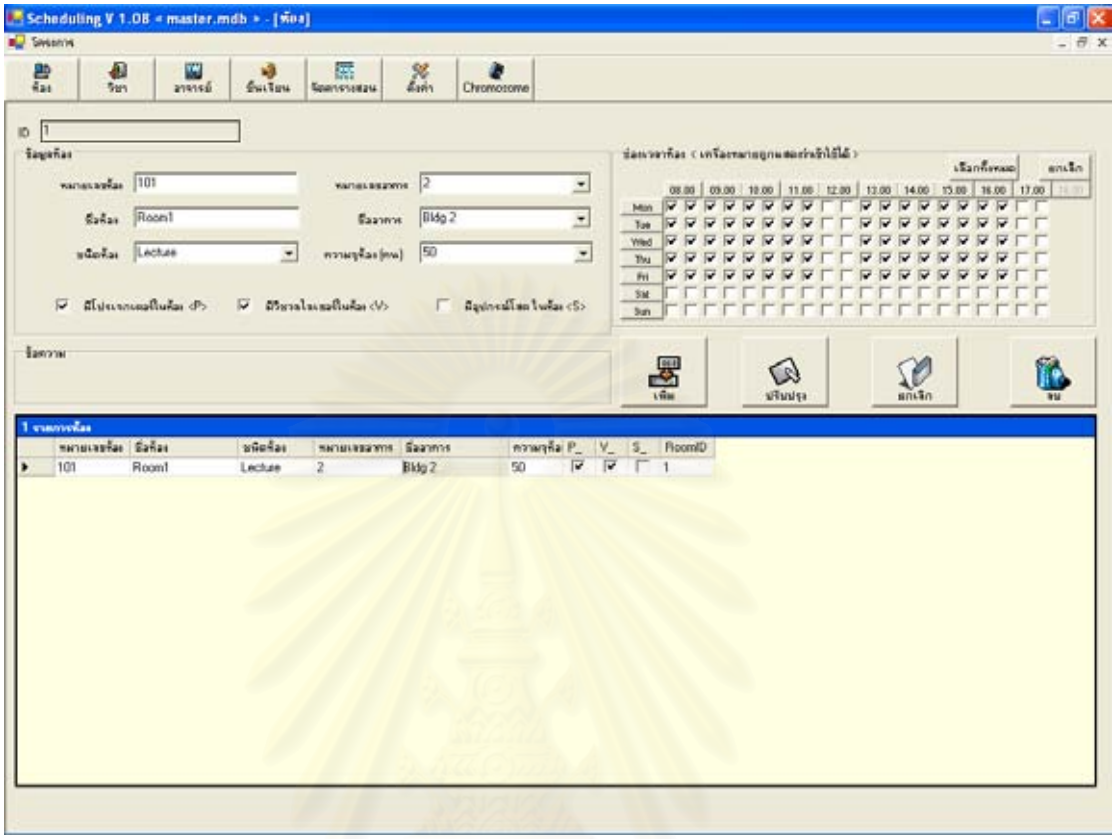
ปุ่มกดแสดงส่วนต่อประสานข้อมูลนำเข้าสำหรับข้อมูลชั้นเรียน

ปุ่มกดแสดงส่วนต่อประสานข้อมูลนำเข้าสำหรับจัดตารางสอน



ปุ่มกดแสดงส่วนต่อประสานข้อมูลนำเข้าสำหรับตั้งค่า

4.3.2 ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลห้อง

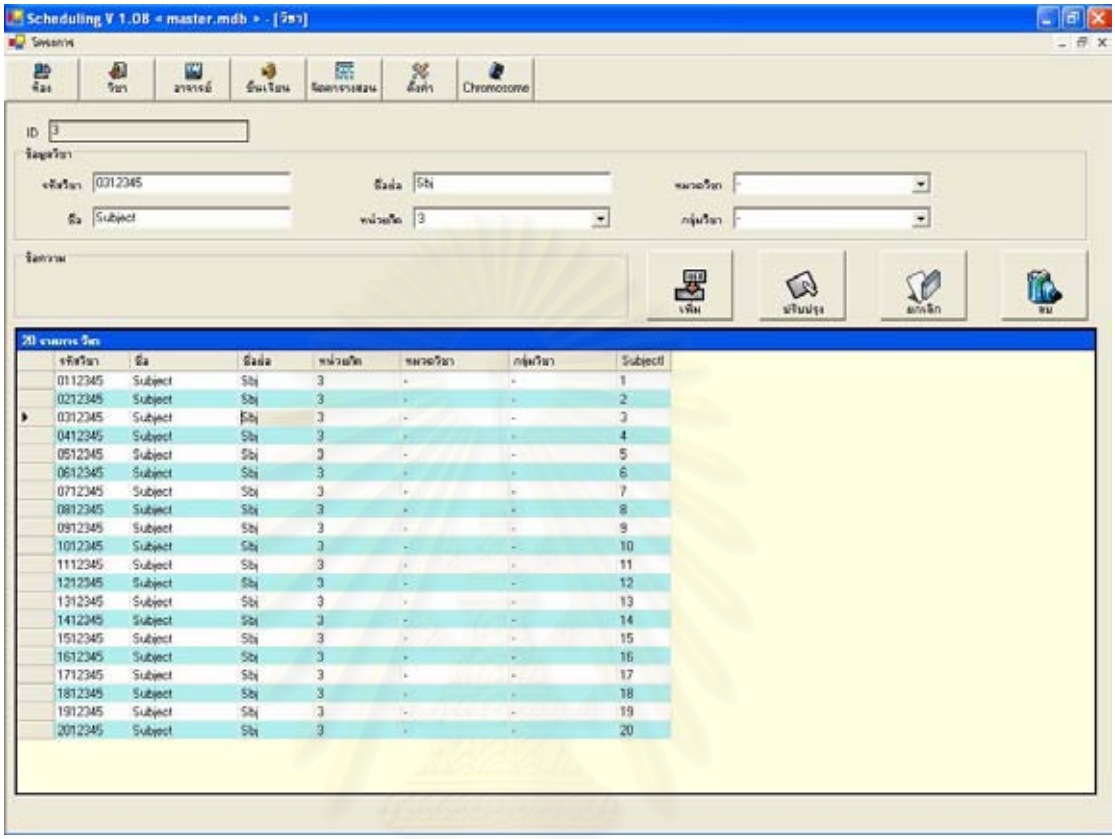


รูปที่ 4.3 ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลห้อง

ใช้สำหรับป้อน ปรับปรุง ลบ ข้อมูลห้อง แบ่งออกเป็น 5 ส่วนคือ

1) “ข้อมูลห้อง” ใช้ในการป้อน ปรับปรุง ข้อมูลห้อง
2) “ช่องเวลาห้อง” ใช้กำหนดช่องเวลาของห้อง ถ้าเป็นเครื่องหมายถูกหมายถึงเข้าใช้ได้
3) “ข้อความ” ใช้เป็นส่วนแสดงข้อความแจ้งให้ผู้ใช้ทราบสถานะการเพิ่ม ปรับปรุง ลบข้อมูล
4) “รายการห้อง” ใช้แสดงข้อมูลห้องทั้งหมดที่มี และสามารถคลิกเลือกห้องได้
5) ปุ่มเพิ่ม ปุ่มปรับปรุง ปุ่มยกเลิก ปุ่มลบ ใช้เพิ่ม ปรับปรุง ยกเลิก และลบข้อมูลในฐานข้อมูล

4.3.3 ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลวิชา

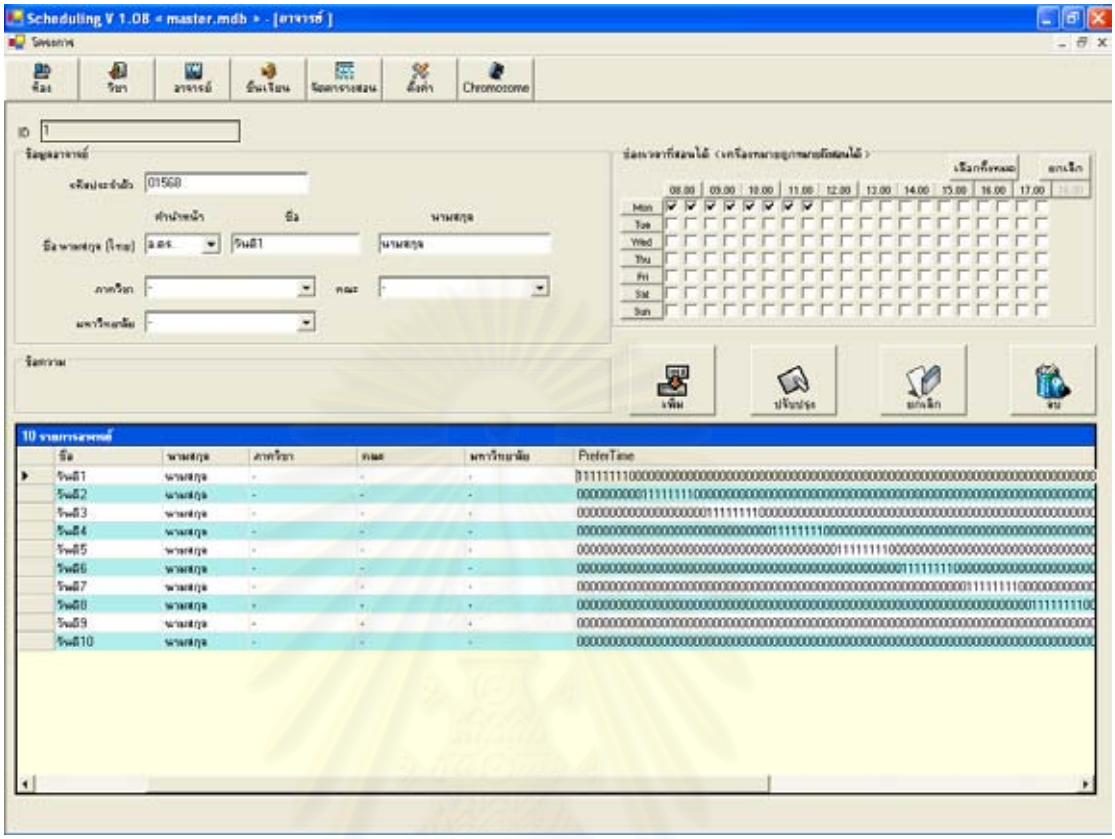


รูปที่ 4.4 ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลวิชา

ใช้สำหรับป้อน ปรับปรุง ลบ ข้อมูลวิชา แบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ

1) “ข้อมูลวิชา” ใช้ในการป้อน ปรับปรุง ข้อมูลวิชา
2) “ข้อความ” ใช้เป็นส่วนแสดงข้อความแจ้งให้ผู้ใช้ทราบสถานะการเพิ่ม ปรับปรุง ลบข้อมูล
3) “รายการวิชา” ใช้แสดงข้อมูลวิชาทั้งหมดที่มี และสามารถคลิกเลือกวิชาได้
4) ปุ่มเพิ่ม ปุ่มปรับปรุง ปุ่มยกเลิก ปุ่มลบ ใช้เพิ่ม ปรับปรุง ยกเลิก และลบข้อมูลในฐานข้อมูล

4.3.4 ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลอาจารย์

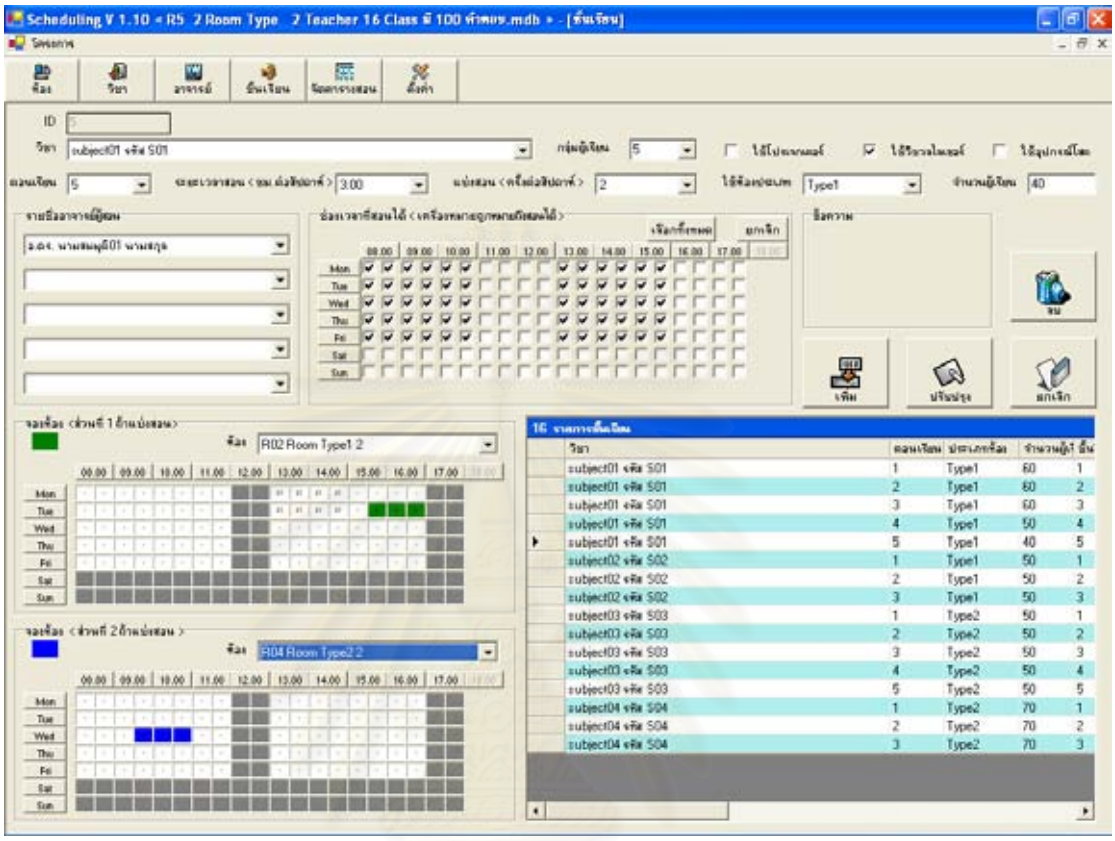


รูปที่ 4.5 ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลอาจารย์

ใช้สำหรับป้อน ปรับปรุง ลบ ข้อมูลห้อง แบ่งออกเป็น 5 ส่วนคือ

1) “ข้อมูลอาจารย์” ใช้ในการป้อน ปรับปรุง ข้อมูลห้อง
2) “ช่องเวลาที่อาจารย์สอนได้” ใช้กำหนดช่องเวลาที่อาจารย์แจ้งไว้ว่าสามารถสอนได้ ถ้าเป็นเครื่องหมายถูกหมายถึงสามารถสอนได้
3) “ข้อความ” ใช้เป็นส่วนแสดงข้อความแจ้งให้ผู้ใช้ทราบสถานะการเพิ่ม ปรับปรุง ลบข้อมูล
4) “รายการอาจารย์” ใช้แสดงข้อมูลอาจารย์ทั้งหมด และสามารถคลิกเลือกอาจารย์ได้
5) ปุ่มเพิ่ม ปุ่มปรับปรุง ปุ่มยกเลิก ปุ่มลบ ใช้เพิ่ม ปรับปรุง ยกเลิก และลบข้อมูลในฐานข้อมูล

4.3.5 ส่วนต่อประสานสำหรับชั้นเรียน



รูปที่ 4.6 ส่วนต่อประสานสำหรับข้อมูลชั้นเรียน

ใช้สำหรับสร้างข้อมูล ปรับปรุง ลบ ข้อมูลชั้นเรียน โดยสร้างจากข้อมูลห้อง วิชา และข้อมูลอาจารย์ที่ต้องมีมาก่อน แบ่งออกเป็น 7 ส่วนคือ

1) “ข้อมูลชั้นเรียน” เป็นส่วนบนสุด ใช้ในการกำหนดวิชา กลุ่มผู้เรียน ความต้องการใช้อุปกรณ์ ระยะเวลาสอน การแบ่งสอน ประเภทห้องที่ใช้ และความจุห้องที่ต้องการ
2) “รายชื่ออาจารย์ผู้สอน” ใช้กำหนดว่าอาจารย์ท่านใดสอนชั้นเรียนนี้บ้าง สามารถกำหนดได้ไม่เกิน 5 ท่าน
3) “ช่องเวลาที่อาจารย์สอนได้” ใช้แสดงช่องเวลาที่อาจารย์สอนได้ ถ้ากำหนดอาจารย์ที่สอนมากกว่า 1 ท่าน ช่องเวลานี้จะแสดงผลอินเตอร์เซกชัน (Intersection) ของช่องเวลาที่อาจารย์แต่ละท่านสอนได้

4) “ข้อความ” ใช้เป็นส่วนแสดงข้อความแจ้งให้ผู้ใช้ทราบสถานะการเพิ่ม ปรับปรุง ลบข้อมูล

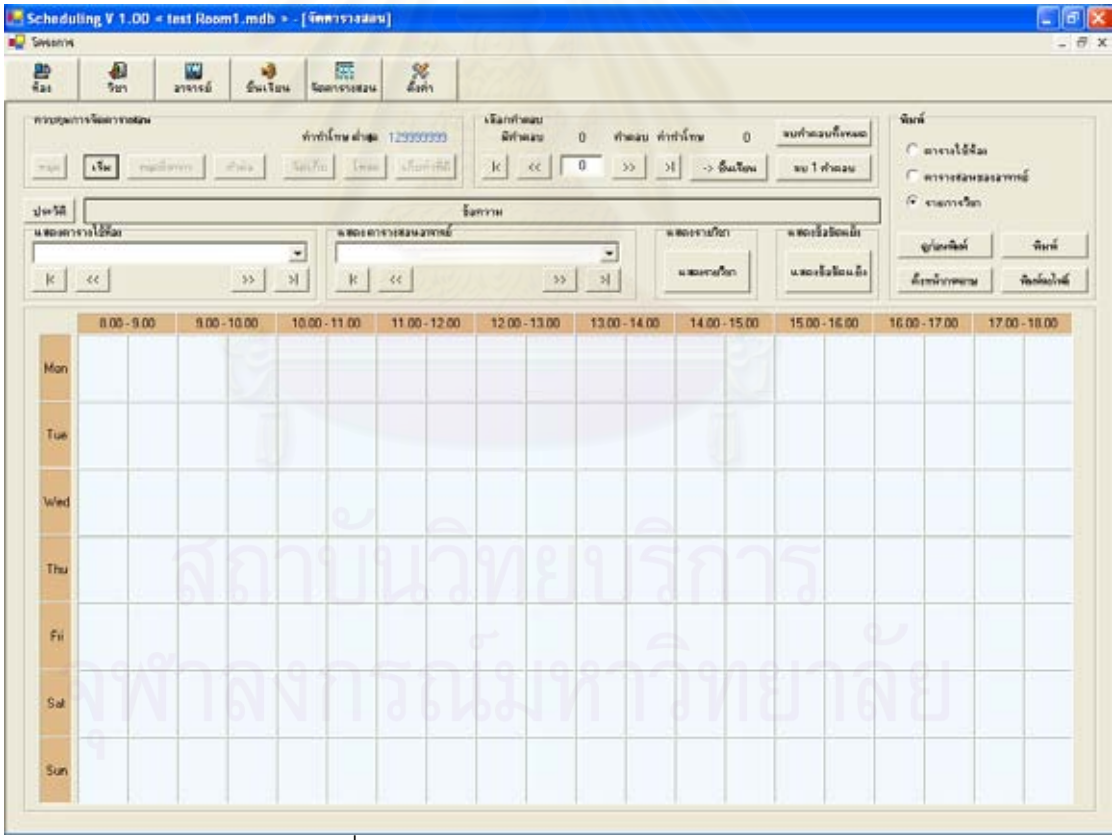
5) “รายการชั้นเรียน “ ใช้แสดงรายละเอียดชั้นเรียนทั้งหมดที่มีเป็นรายการ

6) “จองห้อง <ส่วนที่ 1 ถ้าแบ่งสอน>” ใช้กำหนด แสดง ยกเลิก การจองห้องสำหรับชั้นเรียน ถ้ามีการแบ่งสอนส่วนนี้จะเป็นส่วนแสดงครึ่งแรกของส่วนที่แบ่งสอน

7) “จองห้อง <ส่วนที่ 2 ถ้าแบ่งสอน>” ใช้กำหนด แสดง ยกเลิก การจองห้องสำหรับชั้นเรียน ในส่วนที่สองสำหรับกรณีที่มีการแบ่งสอน

6) ปุ่มเพิ่ม ปุ่มปรับปรุง ปุ่มยกเลิก ปุ่มลบ ใช้เพิ่ม ปรับปรุง ยกเลิก และลบข้อมูลในฐานข้อมูล

4.3.6 <u>ส่วนต่อประสานการจัดตารางสอน</u>



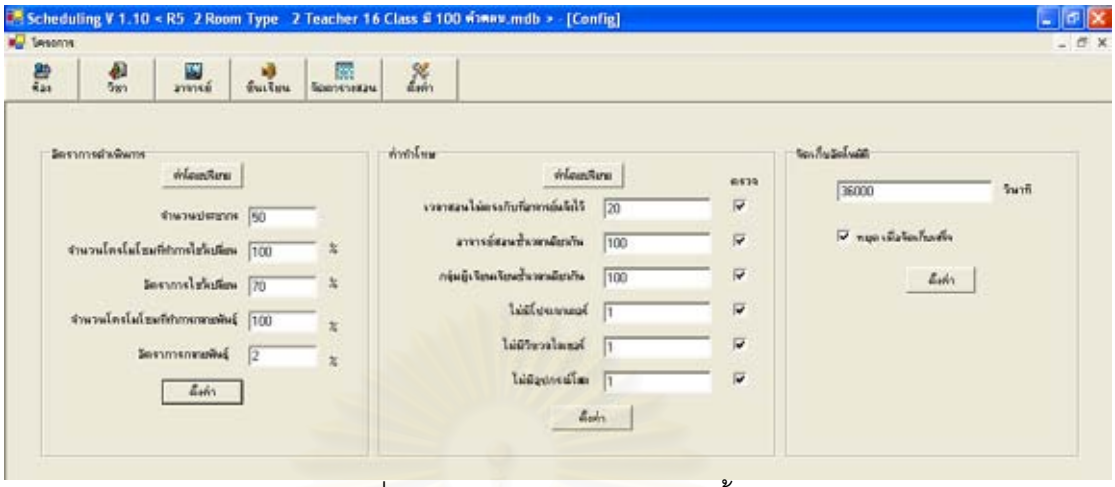
รูปที่ 4.7 ส่วนต่อประสานการจัดตารางสอน

ภายหลังจากสร้างข้อมูลชั้นเรียนแล้ว จึงสามารถใช้ส่วนต่อประสานนี้จัดตารางสอน ซึ่งแบ่งเป็น 9 ส่วนคือ

1) “ควบคุมการจัดตารางสอน” ใช้ปุ่ม “หยุด” “เริ่ม” “หยุดชั่วคราว” “ทำต่อ” เพื่อควบคุมการจัด ถ้าจัดแล้วได้คำตอบที่มีค่าทำโทษเป็นศูนย์ คำตอบจะถูกจัดเก็บและแสดงจำนวนคำตอบที่ส่วน “เลือกคำตอบ” นอกจากนี้มีปุ่ม “จัดเก็บ “ ใช้สำหรับเก็บโครโมโซมและค่าสถานะทั้งหมดลงในฐานข้อมูล ปุ่ม “โหลด “ ใช้โหลดโครโมโซมและค่าสถานะทั้งหมดจากฐานข้อมูล ปุ่ม “ เก็บค่าที่ดี “ ใช้ในการบังคับให้เก็บโครโมโซมที่มีค่าทำโทษต่ำที่สุดไปเป็นคำตอบ
2) “เลือกคำตอบ” ใช้แสดงจำนวนคำตอบที่มีอยู่ ซึ่งมีได้ 100 คำตอบ และใช้เลือกคำตอบเพื่อแสดงผล มีปุ่ม “ -> ชั้นเรียน” ใช้สำหรับเก็บคำตอบที่เลือกไปเป็นชั้นเรียนที่จองห้องไว้เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดครั้งต่อไป นอกจากนี้มีปุ่ม “ลบ 1 คำตอบ” และ ปุ่ม “ ลบคำตอบทั้งหมด“ เพื่อใช้ลบคำตอบที่ไม่ต้องการ
3) “ประวัติ” เป็นปุ่มเปิดปิดรายการค่าทำโทษ และเวลาในการจัดแต่ละครั้ง
4) “ข้อความ“ ใช้เป็นส่วนแสดงข้อความแจ้งให้ผู้ใช้ทราบสถานะการเพิ่ม ปรับปรุง ลบข้อมูล
5) “แสดงตารางการใช้ห้อง” ใช้หลังจากเลือกคำตอบแล้ว เพื่อเลือกห้องที่ต้องการให้แสดงผลคำตอบ โดยแสดงที่ส่วนล่างของส่วนต่อประสาน
6) “แสดงตารางสอนอาจารย์” ใช้หลังจากเลือกคำตอบแล้ว เพื่อเลือกอาจารย์ที่ต้องการให้แสดงผลคำตอบ โดยแสดงที่ส่วนล่างของส่วนต่อประสาน
7) “แสดงตารางสอนอาจารย์” ใช้หลังจากเลือกคำตอบแล้ว เพื่อเลือกอาจารย์ที่ต้องการให้แสดงผลคำตอบ โดยแสดงที่ส่วนล่างของส่วนต่อประสาน
8) “แสดงรายวิชา” ใช้หลังจากเลือกคำตอบแล้ว เพื่อแสดงข้อมูลชั้นเรียนที่ได้รับการจัดตารางสอนแล้ว ที่ส่วนล่างของส่วนต่อประสาน
9) “แสดงข้อขัดแย้ง” ใช้หลังจากเลือกคำตอบแล้ว เพื่อแสดงรายการข้อขัดแย้งที่ยังคงมีอยู่ในคำตอบ
10) “พิมพ์” เป็นส่วนที่ใช้แสดงผลออกทางเครื่องพิมพ์ และแสดงผลเป็นรายวิชาออกเป็นเท็กซ์ไฟล์ (Text File)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.7 ส่วนต่อประสานสำหรับตั้งค่า



รูปที่ 4.8 ส่วนต่อประสานสำหรับตั้งค่า

ใช้สำหรับตั้งค่าต่างๆ แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1) “อัตราการดำเนินการ” กำหนดตามตารางที่ 4.9
2) “ค่าทำโทษ” กำหนดตามตารางที่ 4.10 และถ้าต้องการให้ตรวจค่าทำโทษที่เงื่อนไขใดสามารถกำหนดได้ โดยทำเครื่องหมายถูก
3) “จัดเก็บอัตโนมัติ” ใช้กำหนดเวลาที่ต้องการให้จัดเก็บอัตโนมัติ และเลือกให้หยุดจัดตารางสอนเมื่อจัดเก็บแล้ว

ตารางที่ 4.9 อัตราการดำเนินการ

รายการอัตราการดำเนินการ	ค่าน้อยสุด	ค่าโดยปริยาย	ค่ามากสุด
จำนวนประชากร	2	1,000	10,000
จำนวนโครโมโซมที่ทำการไขว้เปลี่ยน	1%	100%	200%
อัตราการไขว้เปลี่ยน	1%	70%	100%
จำนวนโครโมโซมที่ทำการกลายพันธุ์	1%	100%	200%
อัตราการกลายพันธุ์	1%	2%	100%

ตารางที่ 4.10 ค่าทำโทษ

รายการค่าทำโทษ	ค่าน้อยสุด	ค่าโดยปริยาย	ค่ามากสุด
เวลาสอนไม่ตรงกับที่อาจารย์แจ้งไว้	0	20	1,000
อาจารย์สอนซ้ำเวลาเดียวกัน	0	100	1,000
กลุ่มผู้เรียนเรียนซ้ำเวลาเดียวกัน	0	100	1,000
ไม่มีโปรเจกเตอร์	0	1	1,000
ไม่มีวิชวลไลเซอร์	0	1	1,000
ไม่มีอุปกรณ์โสต	0	1	1,000

บทที่ 5
รายงานผลการวิจัย

5.1 สภาพแวดล้อมในการพัฒนา

สภาพแวดล้อมของฮาร์ดแวร์ และ ซอฟท์แวร์ ที่ใช้ในการพัฒนาเป็นดังนี้

1) หน่วยประมวลผลกลางตระกูลอินเทลรุ่น เพนเทียม เอ็ม 1.4 กิกะเฮิร์ทซ์
2) หน่วยความจำ 512 เมกกะไบต์
3) ฮาร์ดดิส 40 กิกะไบต์
4) ระบบปฏิบัติการวินโดว์ เอ็กซ์พี 2002
5) ไมโครซอฟต์วิชวลสตูดิโอ ดอตเน็ต ภาษาวิชวลเบสิก
6) ไมโครซอฟต์ออฟฟิต 2003

5.2 สภาพแวดล้อมในการทดสอบระบบ

ในการทดสอบใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 2 เครื่อง ที่มีสภาพแวดล้อมของฮาร์ดแวร์ และ ซอฟท์แวร์ ดังนี้

5.2.1 <u>เครื่องที่ 1</u>

1) หน่วยประมวลผลกลางตระกูลอินเทลรุ่น เพนเทียม โฟว์ 2.8 กิกะเฮิร์ทซ์
2) หน่วยความจำ 256 เมกกะไบต์
3) ฮาร์ดดิส 40 กิกะไบต์
4) ระบบปฏิบัติการวินโดว์ เอ็กซ์พี 2002
5) ไมโครซอฟต์วิชวลสตูดิโอ ดอตเน็ต ภาษาวิชวลเบสิก
6) ไมโครซอฟต์ออฟฟิต 2003

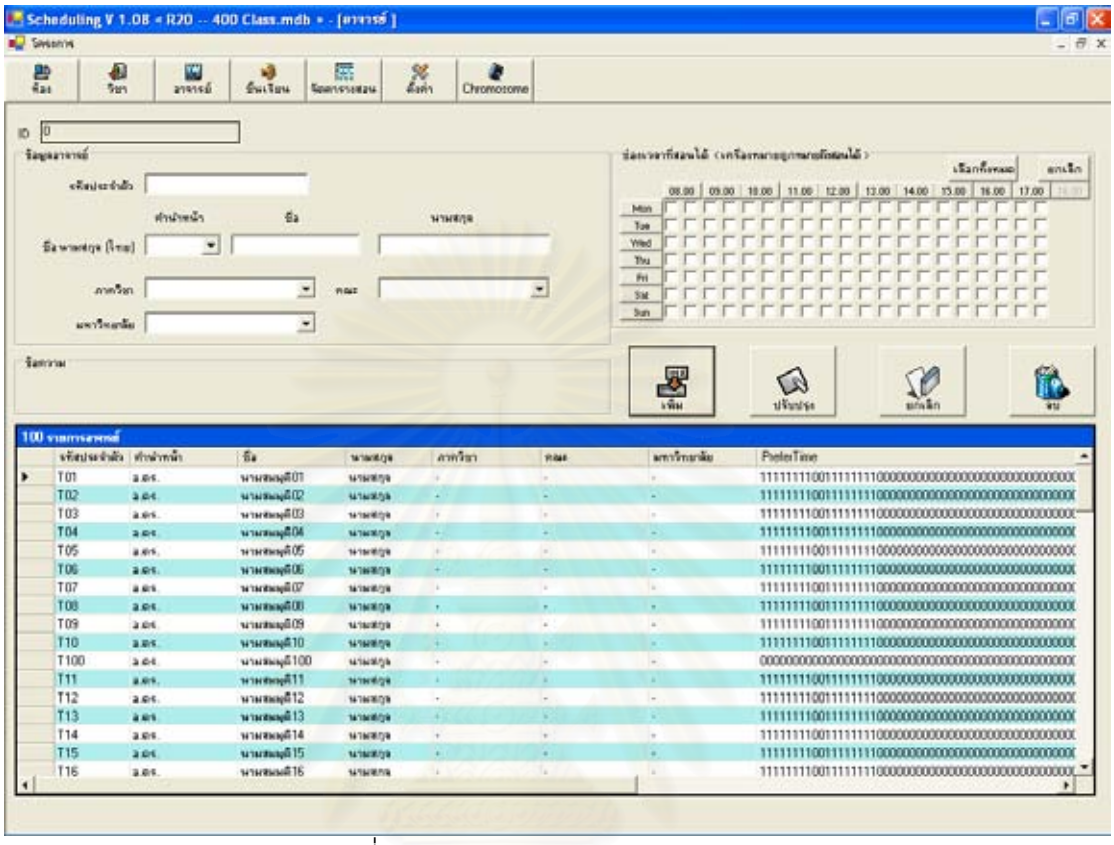
5.2.2 <u>เครื่องที่ 2</u>

1) หน่วยประมวลผลกลางตระกูลอินเทลรุ่น เพนเทียม เอ็ม 1.4 กิกะเฮิร์ทซ์
2) หน่วยความจำ 512 เมกกะไบต์
3) ฮาร์ดดิส 40 กิกะไบต์
4) ระบบปฏิบัติการวินโดว์ เอ็กซ์พี 2002
5) ไมโครซอฟต์วิชวลสตูดิโอ ดอตเน็ต ภาษาวิชวลเบสิก
6) ไมโครซอฟต์ออฟฟิต 2003

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 ผลการทดสอบนำข้อมูลเข้า

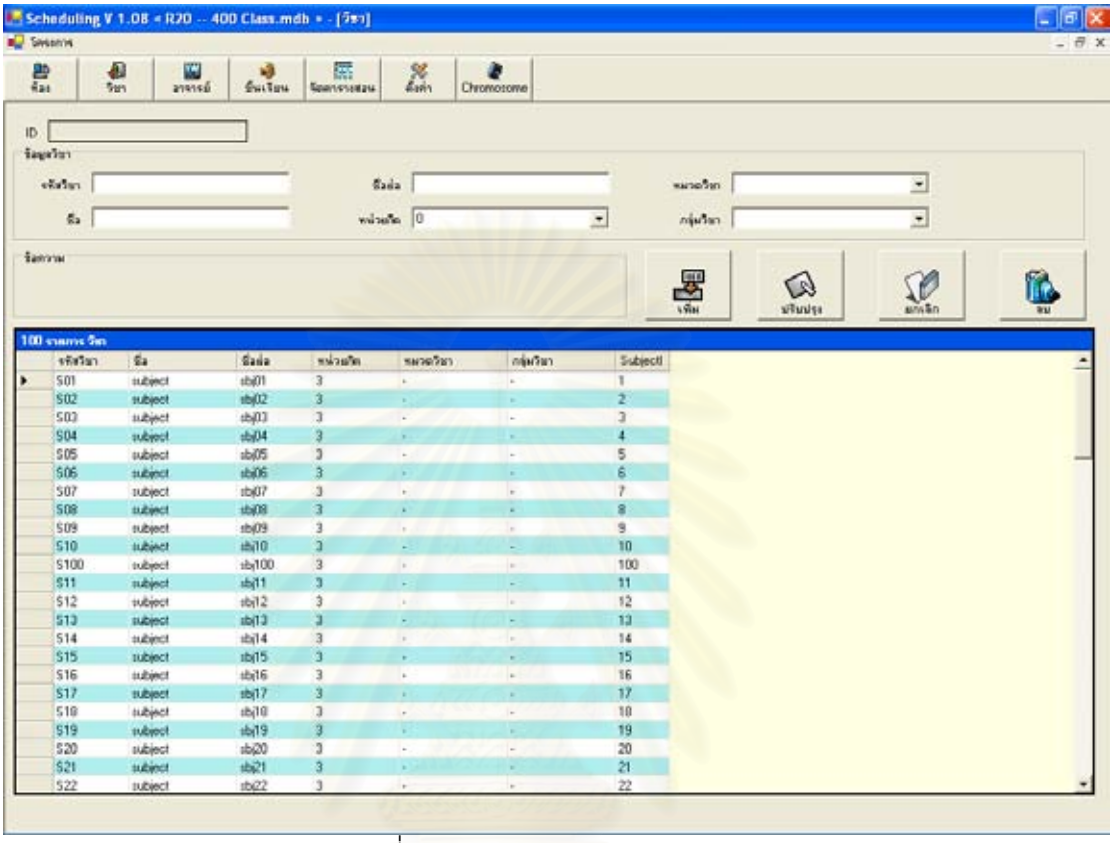
5.3.1 ผลการทดสอบนำเข้าข้อมูลอาจารย์จำนวน 100 ท่าน



รูปที่ 5.1 นำเข้าข้อมูลอาจารย์ 100 ท่าน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

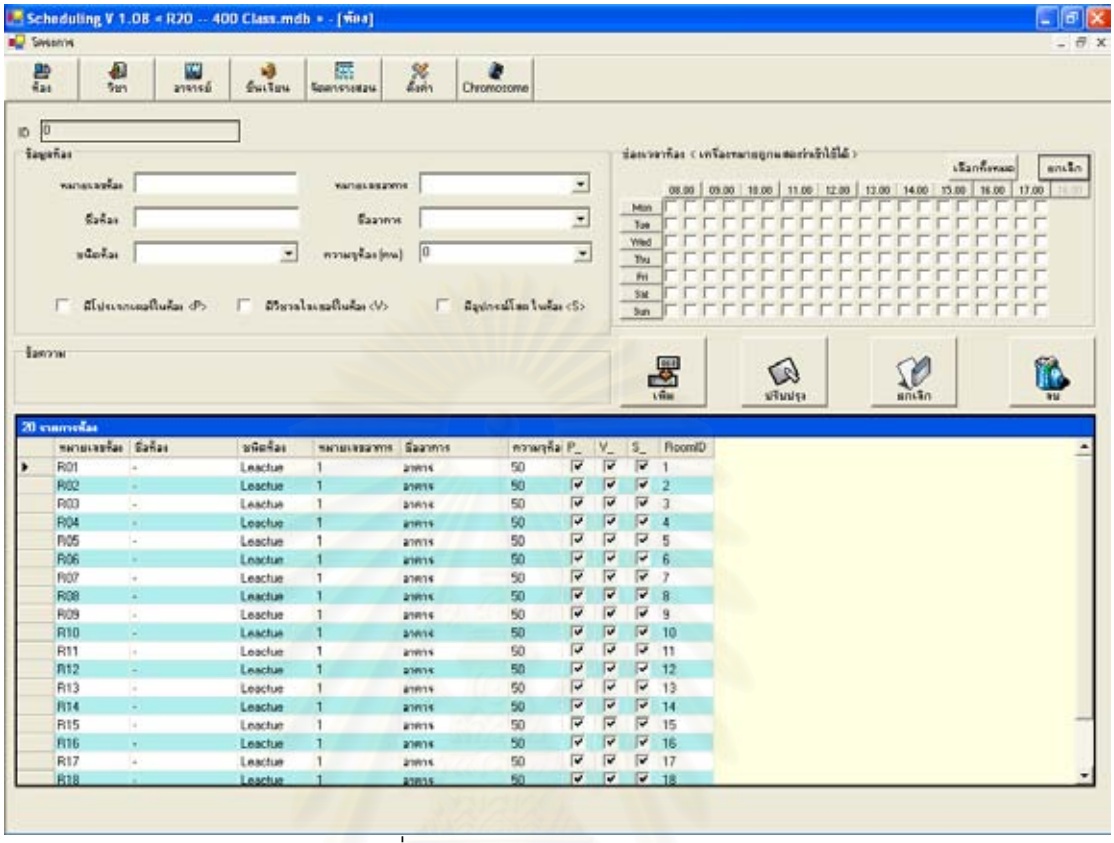
5.3.2 ผลการทดสอบนำเข้าข้อมูลวิชาจำนวน 100 วิชา



รูปที่ 5.2 นำเข้าข้อมูลวิชา 100 วิชา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

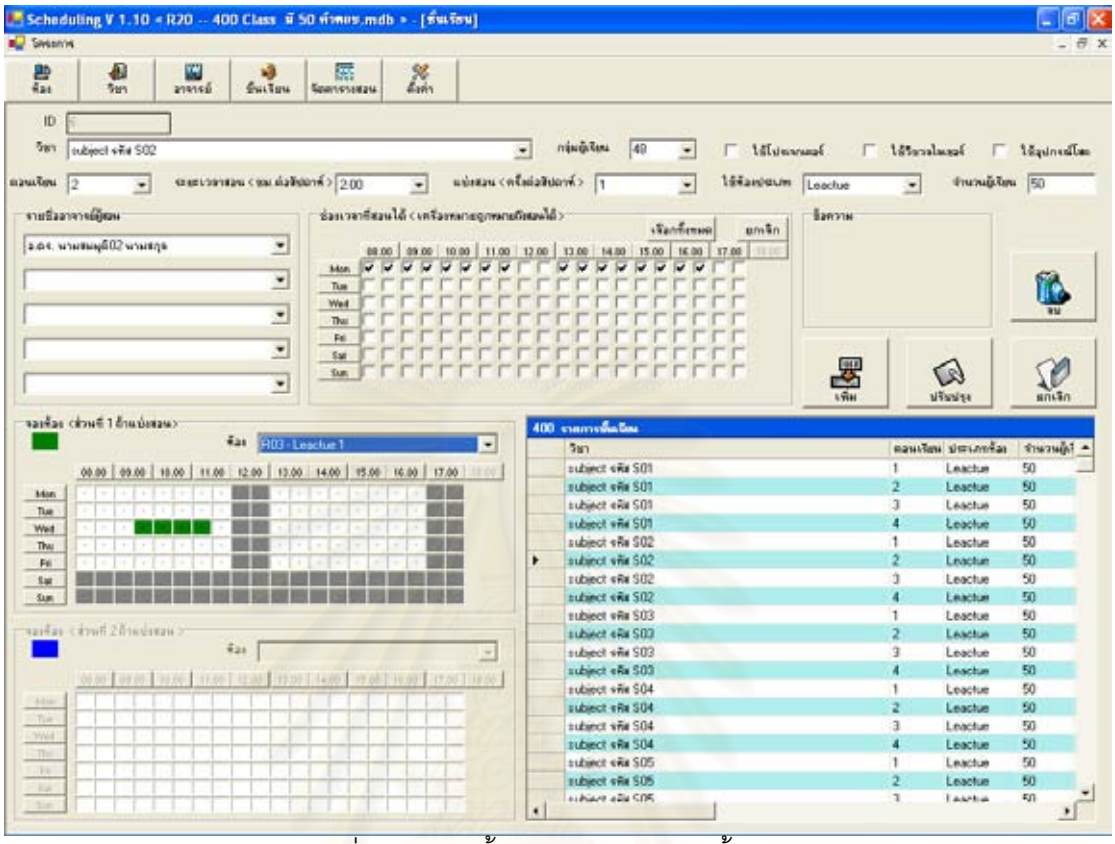
5.3.3 ผลการทดสอบนำเข้าข้อมูลห้องจำนวน 20 ห้อง



รูปที่ 5.3 นำเข้าข้อมูลห้อง 20 ห้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.4 ผลการทดสอบสร้างชั้นเรียนจำนวน 400 ชั้นเรียน



รูปที่ 5.4 สร้างชั้นเรียนจำนวน 400 ชั้นเรียน

5.4 ทดลองจัดตารางสอนและนำข้อมูลการจัดครั้งที่แล้วมาใช้

ในการทดลองจัดตารางสอนนี้จะแสดงให้เห็นว่าสามารถจัดตารางสอนที่มี ชั้นเรียนขนาดต่างกัน มีความต้องการห้อง อุปกรณ์ ขนาดห้องต่างกัน มีการแบ่งสอน 2 ครั้งและไม่แบ่งสอน ห้องมีประเภทต่างๆ ในที่นี้ทดลองให้ห้องมี 2 ประเภท มีอุปกรณ์ประกอบการสอนต่างกัน มีตอนเรียน และ จะแสดงให้เห็นว่าสามารถทำการกำหนดให้ชั้นเรียนจองห้องไว้ได้ ซึ่งการจองห้องนี้อาจเป็นการนำข้อมูลจากการจัดครั้งที่แล้วมาใช้ รายละเอียดข้อมูลมีดังนี้

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลห้องเรียนสำหรับทดสอบ

ข้อมูลห้องเรียน						
หมายเลข	ประเภท	ความจุ	อุปกรณ์ประกอบการสอน			เวลาเข้าใช้ห้องได้
			P	V	S	
R01	Type1	70	มี	มี	ไม่มี	8.00-12.00 13.00-17.00 จันทร์- เสาร์
R02	Type1	50	ไม่มี	ไม่มี	มี	8.00-12.00 13.00-17.00 จันทร์- เสาร์
R03	Type1	50	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	8.00-12.00 13.00-17.00 จันทร์- เสาร์
R04	Type2	70	มี	มี	ไม่มี	8.00-12.00 13.00-17.00 จันทร์- เสาร์
R05	Type2	50	มี	มี	ไม่มี	8.00-12.00 13.00-17.00 จันทร์- เสาร์

P: โปรเจกเตอร์ , V : วิชวลไลเซอร์ , S : อุปกรณ์โสต

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลวิชาสำหรับทดสอบ

ข้อมูลวิชา		
รหัสวิชา	ชื่อวิชา	ชื่อย่อ
S01	Subject01	Sbj01
S02	Subject02	Sbj02
S03	Subject03	Sbj03
S04	Subject04	Sbj04
S05	Subject05	Sbj05

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลอาจารย์สำหรับทดสอบ

ข้อมูลอาจารย์		
รหัสประจำตัว	ชื่อ-นามสกุล	เวลาที่สอนได้
T01	อ.ดร. นามสมมุติ01 -	8.00-10.00 , 13.00-16.00 จันทร์ ถึง ศุกร์
T02	อ.ดร. นามสมมุติ02 -	8.00-12.00 , 13.00-17.00 จันทร์ ถึง ศุกร์
T03	อ.ดร. นามสมมุติ03 -	9.00-11.00 , 14.00-17.00 จันทร์ ถึง ศุกร์
T04	อ.ดร. นามสมมุติ04 -	8.00-12.00 , 13.00-17.00 จันทร์ ถึง ศุกร์

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลชั้นเรียนสำหรับทดสอบ

ข้อมูลชั้นเรียน									
วิชา	กลุ่มผู้เรียน	ประเภทห้อง	จำนวนผู้เรียน	ระยะเวลาสอน	แบ่งสอน (ครั้งต่อสัปดาห์)	อาจารย์	ต้องการอุปกรณ์		
							P	V	S
Subject01	1	Type1	60	3 ชม	1	อ.ดร.นามสมมุติ01	-	ใช่	-
Subject01	2	Type1	60	3 ชม	1	อ.ดร.นามสมมุติ01	-	ใช่	-
Subject01	3	Type1	60	3 ชม	1	อ.ดร.นามสมมุติ01	-	ใช่	-
Subject01	4	Type1	50	3 ชม	1	อ.ดร.นามสมมุติ01	-	ใช่	-
Subject01	5	Type1	40	3 ชม	1	อ.ดร.นามสมมุติ01	-	ใช่	-
Subject02	1	Type1	50	4 ชม	2	อ.ดร.นามสมมุติ02	-	-	ใช่
Subject02	2	Type1	50	4 ชม	2	อ.ดร.นามสมมุติ02	-	-	ใช่
Subject02	3	Type1	50	4 ชม	2	อ.ดร.นามสมมุติ02	-	-	ใช่
Subject03	1	Type2	50	3 ชม	1	อ.ดร.นามสมมุติ03	ใช่	-	-
Subject03	2	Type2	50	3 ชม	1	อ.ดร.นามสมมุติ03	ใช่	-	-
Subject03	3	Type2	50	3 ชม	1	อ.ดร.นามสมมุติ03	ใช่	-	-
Subject03	4	Type2	50	3 ชม	1	อ.ดร.นามสมมุติ03	ใช่	-	-
Subject03	5	Type2	50	3 ชม	1	อ.ดร.นามสมมุติ03	ใช่	-	-
Subject04	1	Type2	70	3 ชม	2	อ.ดร.นามสมมุติ04	ใช่	-	-
Subject04	2	Type2	70	3 ชม	2	อ.ดร.นามสมมุติ04	ใช่	-	-
Subject04	3	Type2	70	3 ชม	2	อ.ดร.นามสมมุติ04	ใช่	-	-

P: โปรเจกเตอร์ , V : วิชวลไลเซอร์ , S : อุปกรณ์โสต

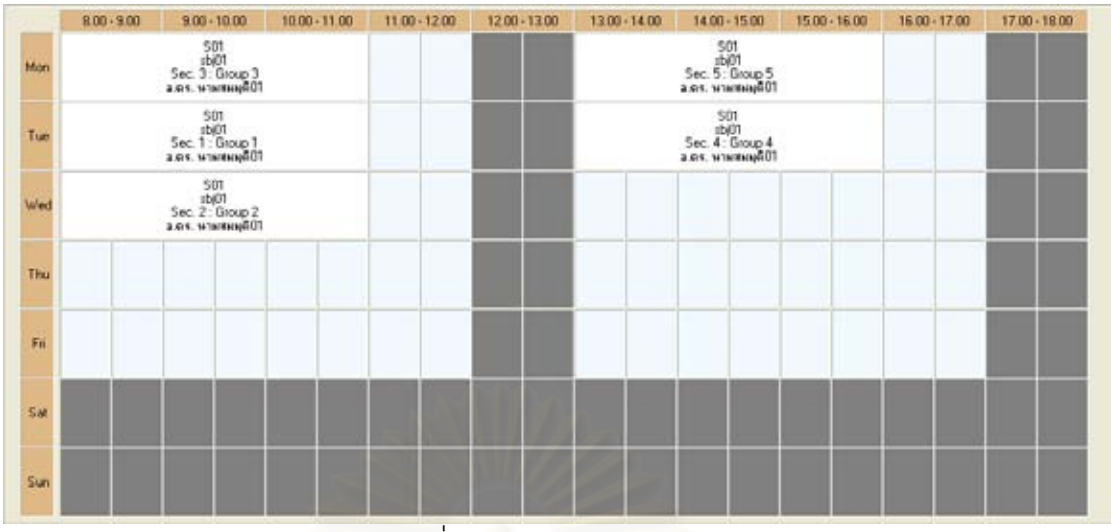
ตารางที่ 5.5 ข้อมูลชั้นเรียนที่จองห้องสำหรับทดสอบ

ข้อมูลชั้นเรียนที่จองห้อง
วิชา Subject02 กลุ่มผู้เรียน 1 แบ่งสอน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ จองห้อง R02 วันจันทร์ เวลา 1300-15.00 และจองห้องR02 วันอังคาร เวลา 13.00-15.00

ในการจัดใช้ประชากร 50 ตัว โครโมโซมที่ทำการไขว้เปลี่ยน 100 % ของประชากร อัตราการไขว้เปลี่ยน 70% โครโมโซมที่ทำการกลายพันธุ์ 100 % ของประชากร อัตราการกลายพันธุ์ 2% หาคำตอบได้ในรุ่นที่ 23 ใช้เวลาประมาณ 1 วินาที จะแสดงผลในหัวข้อถัดไป

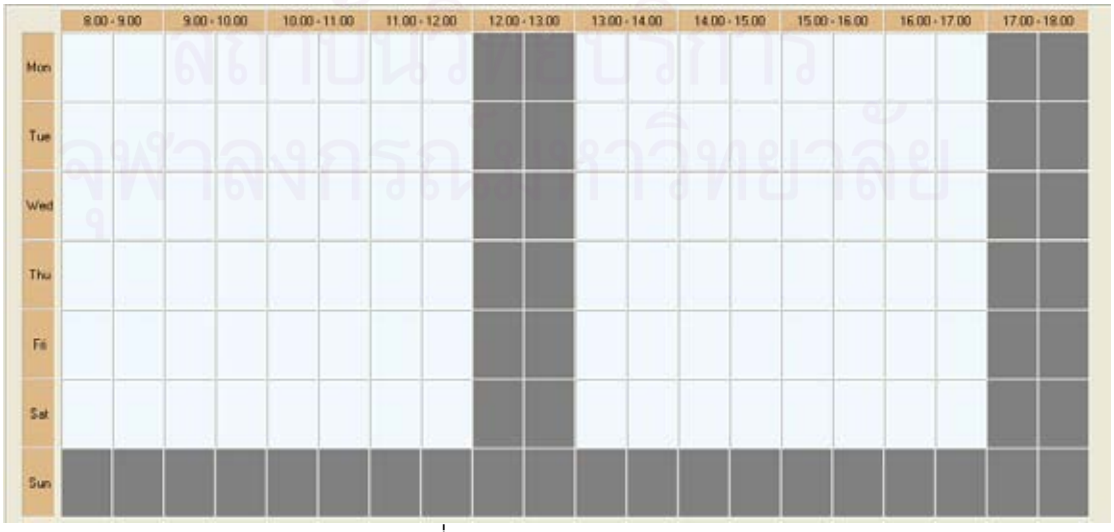
5.5 การแสดงผลการจัดตารางสอน

จากการจัดตารางสอนในหัวข้อที่ผ่านมาสามารถแสดงผลการจัดเป็น ตารางการใช้ห้อง ตารางสอนสำหรับอาจารย์ และ รายการรายวิชา ดังนี้



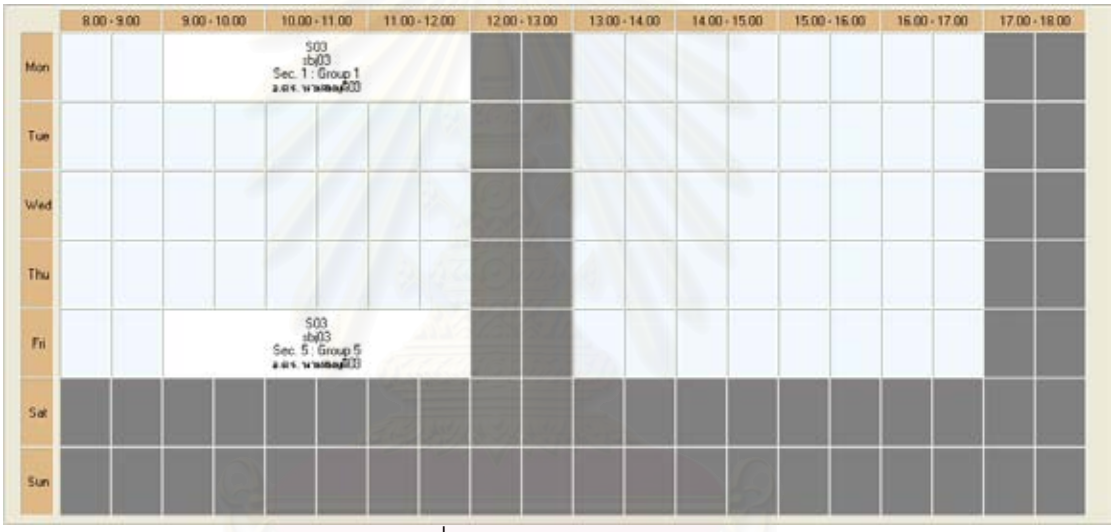
รูปที่ 5.5 ตารางใช้ห้อง R01

รูปที่ 5.6 ตารางใช้ห้อง R02



รูปที่ 5.7 ตารางใช้ห้อง R03

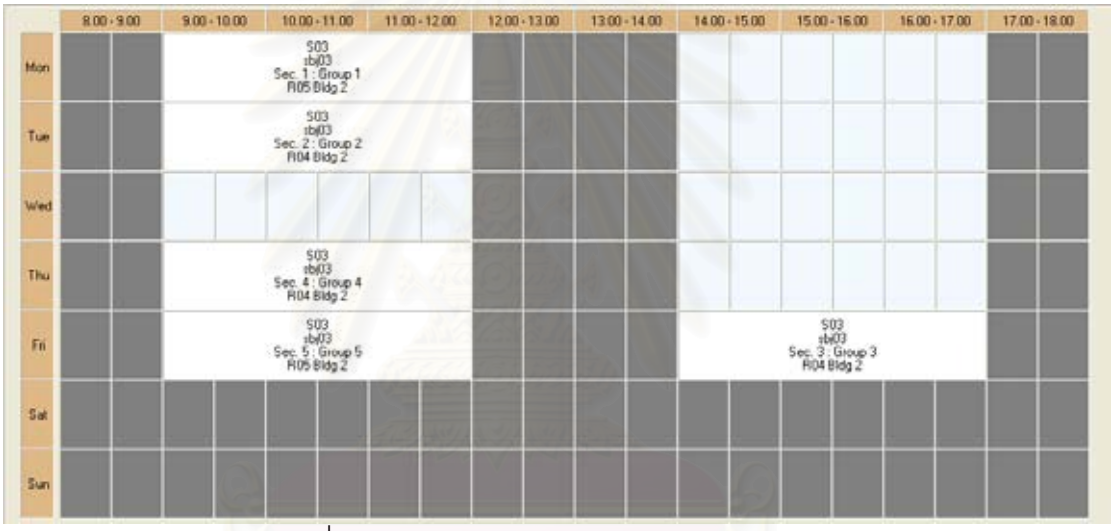
รูปที่ 5.8 ตารางใช้ห้อง R04



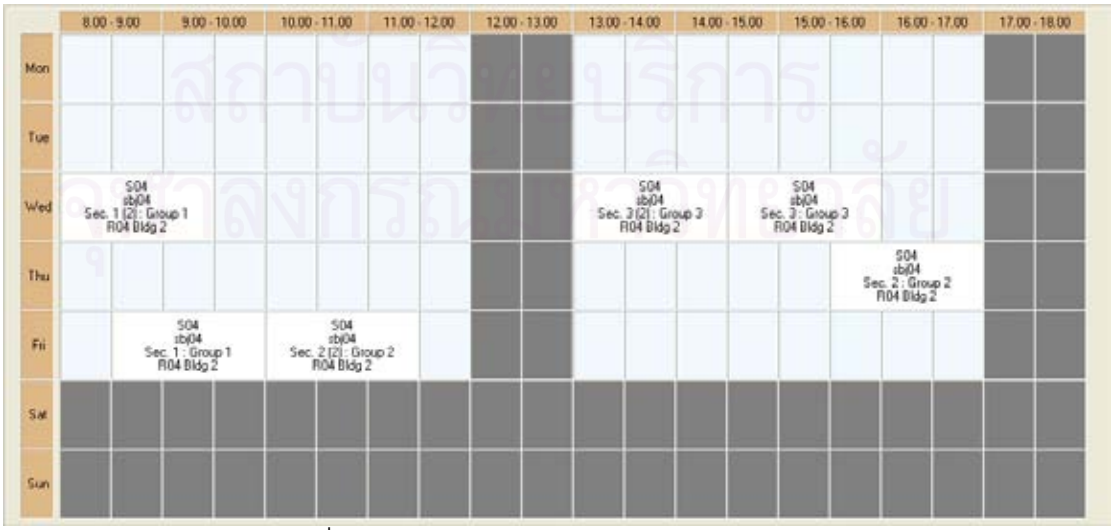
รูปที่ 5.9 ตารางใช้ห้อง R05

รูปที่ 5.10 ตารางสอนของ อ.ดร. นามสมมุติ01

รูปที่ 5.11 ตารางสอนของ อ.ดร. นามสมมุติ02



รูปที่ 5.12 ตารางสอนของ อ.ดร. นามสมมุติ03



รูปที่ 5.13 ตารางสอนของ อ.ดร. นามสมมุติ04

รูปที่ 5.14 แสดงรายการวิชา

5.6 การทดลองเชิงประสิทธิภาพในการจัดตารางสอนด้วยข้อมูลที่สร้างขึ้น

การทดลองนี้ต้องการตรวจสอบจำนวนรุ่น และเวลาที่ใช้ในการจัดตารางสอน โดยจะทดลองใน 3 กรณี ดังนี้

5.6.1 <u>กรณีที่ 1</u> มีข้อมูลดังนี้

ข้อมูลห้อง : มี 1 ห้องเรียน มีเวลาเข้าใช้ห้องได้ตั้งแต่ 8.00-17.00 จันทร์-ศุกร์

ข้อมูลวิชา : มีวิชาทั้งหมด 20 วิชา

ข้อมูลอาจารย์ : มีอาจารย์ทั้งหมด 10 ท่านแต่ละท่านมีเวลาสอนในหนึ่งสัปดาห์เป็น 2 ช่วง ช่วงแรก 2 ชม. ช่วงหลัง 2 ชม. และ แต่ละท่านสอน 2 ชั้นเรียน

ข้อมูลชั้นเรียน : มีชั้นเรียนจำนวน 20 ชั้นเรียน

ในการจัดใช้ จำนวนประชากร 50 ตัว จำนวนโครโมโซมที่ทำการไขว้เปลี่ยน 100 % ของจำนวนประชากร อัตราการไขว้เปลี่ยน 70% จำนวนโครโมโซมที่ทำการกลายพันธุ์ 100 % ของจำนวนประชากร อัตราการกลายพันธุ์ 2% ใช้เครื่องเพนเทียม เอ็ม 1.4 กิกะเฮิร์ทซ์ ได้ผลการจัดเป็นดังนี้

ตารางที่ 5.6 แสดงผลการจัดตารางสอนกรณีที่ 1

ครั้งที่จัด	จำนวนรุ่น	เวลาที่ใช้ (H:M:S)
1	28	0:00:02
2	36	0:00:01
3	28	0:00:02
4	32	0:00:02
5	35	0:00:01
6	27	0:00:02
7	29	0:00:01
8	30	0:00:02
9	30	0:00:01
10	34	0:00:02
11	40	0:00:02
12	29	0:00:01
13	34	0:00:02
14	27	0:00:02
15	23	0:00:01

ครั้งที่จัด	จำนวนรุ่น	เวลาที่ใช้ (H:M:S)
16	32	0:00:01
17	34	0:00:02
18	32	0:00:02
19	35	0:00:01
20	35	0:00:02
21	30	0:00:02
22	28	0:00:01
23	31	0:00:02
24	33	0:00:01
25	40	0:00:03
26	30	0:00:01
27	34	0:00:02
28	37	0:00:02
29	36	0:00:02
30	27	0:00:01
เฉลี่ย	31.87	0:00:02
SD	4.01	0:00:01

5.6.2 <u>กรณีที่ 2</u> มีข้อมูลดังนี้

ข้อมูลห้อง : มี 5 ห้องเรียน มีเวลาเข้าใช้ห้องได้ตั้งแต่ 8.00-12.00 13.00 - 17.00 จันทร์-ศุกร์

ข้อมูลวิชา : มีวิชาทั้งหมด 20 วิชา

ข้อมูลอาจารย์ : มีอาจารย์ทั้งหมด 10 ท่าน 5 ท่านแรกมีเวลาสอน 8.00-10.00 13.00-15.00 จันทร์-ศุกร์ และอีก 5 ท่าน มีเวลาสอน 10.00-12.00 15.00-17.00 จันทร์-ศุกร์

ข้อมูลชั้นเรียน : มีชั้นเรียนจำนวน 100 ชั้นเรียน ชั้นเรียนละ 2 ชม. จัดให้อาจารย์หนึ่งท่านสอน 10 ชั้นเรียน

ในการจัดใช้ จำนวนประชากร 500 ตัว จำนวนโครโมโซมที่ทำการไขว้เปลี่ยน 100 % ของจำนวนประชากร อัตราการไขว้เปลี่ยน 70% จำนวนโครโมโซมที่ทำการกลายพันธุ์ 100 % ของจำนวนประชากร อัตราการกลายพันธุ์ 2% ใช้เครื่องเพนเทียม เอ็ม 1.4 กิกะเฮิร์ทซ์ ได้ผลการจัดเป็นดังนี้

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการจัดตารางสอนกรณีที่ 2

ครั้งที่จัด	จำนวนรุ่น	เวลาที่ใช้ (H:M:S)	ครั้งที่จัด	จำนวนรุ่น	เวลาที่ใช้ (H:M:S)
1	262	0:00:50	16	212	0:00:41
2	253	0:00:47	17	180	0:00:34
3	224	0:00:42	18	213	0:00:39
4	231	0:00:43	19	229	0:00:43
5	214	0:00:41	20	228	0:00:42
6	229	0:00:43	21	175	0:00:33
7	206	0:00:39	22	184	0:00:34
8	210	0:00:39	23	224	0:00:42
9	180	0:00:34	24	201	0:00:37
10	198	0:00:37	25	220	0:00:41
11	245	0:00:46	26	212	0:00:39
12	207	0:00:39	27	237	0:00:45
13	204	0:00:38	28	231	0:00:50
14	203	0:00:37	29	209	0:00:41
15	536	0:01:52	30	277	0:00:54
			เฉลี่ย	227.8	0:00:43
			SD	62.77	0:00:14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6.3 <u>กรณีที่ 3</u> มีข้อมูลดังนี้

ข้อมูลห้อง : มี 20 ห้องเรียน มีเวลาเข้าใช้ห้องได้ตั้งแต่ 8.00-12.00 13.00 - 17.00 จันทร์-ศุกร์

ข้อมูลวิชา : มีวิชาทั้งหมด 100 วิชา

ข้อมูลอาจารย์ : มีอาจารย์ทั้งหมด 100 ท่าน แต่ละท่านมีเวลาสอนในหนึ่งสัปดาห์ ท่านละ 8 ชั่วโมง

ข้อมูลชั้นเรียน : มีชั้นเรียนจำนวน 400 ชั้นเรียน ชั้นเรียนละ 2 ชม. จัดให้อาจารย์หนึ่งท่านสอน 4 ชั้นเรียน

ในการจัดใช้จำนวนประชากร 3000 ตัว จำนวนโครโมโซมที่ทำการไขว้เปลี่ยน 100 % ของจำนวนประชากร อัตราการไขว้เปลี่ยน 70% จำนวนโครโมโซมที่ทำการกลายพันธุ์ 100 % ของจำนวนประชากร อัตราการกลายพันธุ์ 2% ใช้เครื่องเพนเทียม โฟว์ 2.8 กิกะเฮิร์ทซ์ ได้ผลการจัดเป็นดังนี้

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการจัดตารางสอนกรณีที่ 3

ครั้งที่จัด	จำนวนรุ่น	เวลาที่ใช้ (H:M:S)
1	1134	1:07:55
2	1325	1:12:22
3	1342	1:13:28
4	1145	1:03:34
5	1070	0:59:19
6	1536	1:23:44
7	1147	1:03:19
8	1162	1:04:23
9	1139	1:03:09
10	1078	0:59:51
11	1137	1:03:12
12	1764	1:35:43
13	1084	1:00:09
14	1074	1:15:15
15	1172	1:04:32

ครั้งที่จัด	จำนวนรุ่น	เวลาที่ใช้ (H:M:S)
16	1266	1:09:15
17	1145	1:03:08
18	1205	1:06:54
19	1023	0:56:54
20	1409	1:16:56
21	1107	1:01:59
22	1142	1:03:09
23	1023	0:56:47
24	1115	1:01:03
25	1164	1:03:59
26	1065	0:58:51
27	1154	1:03:32
28	1097	1:23:53
29	1484	1:20:53
30	1049	0:58:17
เฉลี่ย	1191.9	1:07:11
SD	176.61	0:09:18

5.7 ผลการทดสอบการจัดตารางสอนด้วยข้อมูลนำเข้าของคณะเศรษฐศาสตร์

ข้อมูลที่นำมาเป็นข้อมูลการจัดตารางสอนของคณะเศรษฐศาสตร์หลักสูตรศิลปศาสตรบัณฑิต ภาคปลาย ปีการศึกษา 2547 รายละเอียดที่ภาคผนวก ก. สรุปได้ดังนี้

ข้อมูลห้อง : มี 10 ห้องเรียน มีเวลาเข้าใช้ห้องได้ตั้งแต่ 8.00- 17.00 จันทร์-เสาร์

ข้อมูลวิชา : มีวิชาทั้งหมด 21 วิชา

ข้อมูลอาจารย์ : มีอาจารย์ทั้งหมด 35 ท่าน กำหนดให้แต่ละท่านมีเวลาสอนในหนึ่งสัปดาห์ ท่านละ 8 ชั่วโมง

ข้อมูลชั้นเรียน : มีชั้นเรียนจำนวน 27 ชั้นเรียน

ในการจัดใช้จำนวนประชากร 1000 ตัว จำนวนโครโมโซมที่ทำการไขว้เปลี่ยน 100 % ของจำนวนประชากร อัตราการไขว้เปลี่ยน 70% จำนวนโครโมโซมที่ทำการกลายพันธุ์ 100 % ของจำนวนประชากร อัตราการกลายพันธุ์ 2% ใช้เครื่องเพนเทียม เอ็ม 1.4 กิกะเฮิร์ทซ์ ได้ผลการจัดเป็นดังนี้

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการจัดตารางสอนด้วยข้อมูลนำเข้าของคณะเศรษฐศาสตร์

ครั้งที่จัด	จำนวนรุ่น	เวลาที่ใช้ (H:M:S)	ครั้งที่จัด	จำนวนรุ่น	เวลาที่ใช้ (H:M:S)
1	62	0:00:21	16	55	0:00:20
2	51	0:00:19	17	47	0:00:17
3	53	0:00:19	18	57	0:00:21
4	52	0:00:18	19	52	0:00:19
5	56	0:00:21	20	55	0:00:20
6	55	0:00:20	21	57	0:00:21
7	57	0:00:22	22	51	0:00:19
8	55	0:00:21	23	59	0:00:22
9	55	0:00:21	24	46	0:00:17
10	77	0:00:29	25	56	0:00:21
11	48	0:00:18	26	62	0:00:22
12	51	0:00:19	27	58	0:00:21
13	57	0:00:21	28	85	0:00:32
14	54	0:00:20	29	62	0:00:23
15	54	0:00:21	30	48	0:00:17
			เฉลี่ย	56.23	0:00:21
			SD	7.97	3.11

5.8 วิเคราะห์ผลการวิจัย

โปรแกรมสามารถรับข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลอาจารย์ 100 ท่าน ข้อมูลวิชา 100 วิชา ข้อมูลห้อง 20 ห้อง แล้วนำข้อมูลอาจารย์ วิชา ห้อง มาจัดสร้างชั้นเรียนจำนวน 400 ชั้นเรียนได้ หลังจากโปรแกรมทำการจัดตารางสอนแล้วสามารถแสดงผลข้อมูลนำออกเป็นตารางการใช้ห้อง ตารางสอนสำหรับอาจารย์ และรายการวิชาได้ และมีส่วนต่อประสานในส่วนของข้อมูลนำเข้า ข้อมูลนำออก และการจัดตารางสอนเป็นแบบกราฟิก

ในการจัดตารางสอนที่มีชั้นเรียนขนาดต่างกัน มีความต้องการห้องต่างกัน ต้องการอุปกรณ์ประกอบการสอนต่างกัน ต้องการขนาดห้องต่างกัน และมีการนำข้อมูลในการจัดครั้งที่แล้วมาเป็นข้อมูลในการจองห้องให้ชั้นเรียน โปรแกรมสามารถจัดได้โดยไม่มีข้อขัดแย้งกับเงื่อนไขหลัก และเงื่อนไขรอง ในการทดลองเชิงประสิทธิภาพด้วยข้อมูลที่สร้างขึ้นให้มีชั้นเรียนเต็มเวลาที่เข้าใช้ห้องได้และจัดให้อาจารย์ว่างเท่ากับเวลาที่อาจารย์ต้องสอนในชั้นเรียน โดยได้ทดสอบในกรณีที่ 1 มี 1 ห้อง 20 ชั้นเรียน มีผลการจัดตารางสอนได้ในเวลาเฉลี่ย 2.0 วินาที ในกรณีที่ 2 มี 5 ห้อง 100 ชั้นเรียน มีผลการจัดตารางสอนได้ในเวลาเฉลี่ย 43 วินาที และในกรณีที่ 3 มี 20 ห้อง 400 ชั้นเรียน มีผลการจัดตารางสอนได้ในเวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง 7 นาที 11 วินาที ในการจัดทั้ง 3 กรณีนี้แม้ว่าจะใช้เครื่องที่มีประสิทธิภาพต่างกัน แต่ผลการจัดแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมสามารถจัดตารางสอนได้อย่างรวดเร็ว ใช้เวลาน้อยเมื่อเทียบกับการจัดด้วยมือ และในการจัดตารางสอนด้วยข้อมูลจากคณะเศรษฐศาสตร์ หลักสูตรศิลปศาสตรบัณฑิตมาทดลองจัด โปรแกรมสามารถจัดได้อย่างรวดเร็วในเวลาเฉลี่ย 21 วินาที

ในการจัดตารางสอนนี้สังเกตได้ว่าสามารถจัดตารางสอนได้หลายกรณีด้วยอัตราการไขว้เปลี่ยนและอัตราการกลายพันธุ์ที่คงที่ แต่จะต้องเพิ่มจำนวนประชากรตามจำนวนชั้นเรียนที่เพิ่มขึ้น หากไม่เพิ่มจำนวนประชากรแล้วจะทำให้นานกว่าจะหาคำตอบได้ นอกจากนี้จำนวนห้องที่เพิ่มขึ้นทำให้ขนาดโครโมโซมใหญ่ขึ้น และทำให้ต้องใช้เวลานานขึ้นในการตรวจสอบข้อขัดแย้งกับเงื่อนไข เมื่อต้องเพิ่มประชากรและขนาดโครโมโซมใหญ่ขึ้นทำให้ต้องใช้เวลาในการคำนวณแต่ละรุ่นนานขึ้น ดังนั้นในปัญหาขนาดใหญ่ที่มีจำนวนห้องมาก และจำนวนชั้นเรียนมากจะต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหาที่นานด้วยเช่นกัน

ในการนำแนวความคิดในการคัดเลือกโครโมโซมจากค่าเหมาะสมและความหลากหลายมาใช้ในการจัดตารางสอนช่วยทำให้ปัญหาที่มีห้อง 20 ห้อง 400 ชั้นเรียนสามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็วเฉลี่ย 1 ชั่วโมง 7 นาที 11 วินาที

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ได้โปรแกรมจัดตารางสอนโดยอัตโนมัติ ที่มีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) เป็นแบบกราฟิก ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพียงเครื่องเดียว สามารถจัดตารางสอนที่ชั้นเรียนที่มีคาบเวลาสอนต่างกัน จัดตารางสอนที่มีชั้นเรียนจองห้องไว้ มีห้องได้ตั้งแต่ 1 ห้อง ถึง 20 ห้อง ได้ตามเงื่อนไขหลัก และเงื่อนไขรอง และสามารถแสดงผลข้อมูลนำออกเป็นตารางการใช้ห้อง ตารางสอนสำหรับอาจารย์แต่ละท่าน และแสดงรายการวิชา ได้

งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมดังนี้

1) ได้ขยายแนวความคิดในการเข้ารหัสโครโมโซมที่มีการจัดกลุ่มห้อง (Sector-Based) ให้มีการเรียงลำดับความจุห้อง และ ใช้ในการพิจารณาวางเหตุการณ์ลงในโครโมโซม ไม่ให้ขัดแย้งกับเงื่อนไขหลักกรณีประเภทห้องต้องสอดคล้องกับวิชาที่สอน และกรณีขนาดห้องใหญ่พอรับชั้นเรียนได้
2) การไขว้เปลี่ยน ใช้การเลือกเหตุการณ์อิสระจากเหตุการณ์อิสระทั้งหมดมาทำการไขว้เปลี่ยน ซึ่งคาดว่าจะช่วยให้เกิดการไขว้เปลี่ยนเหตุการณ์อิสระทุกครั้งที่ทำการไขว้เปลี่ยน และคาดว่าจะช่วยให้ประสิทธิภาพการไขว้เปลี่ยนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ในการไขว้เปลี่ยนโดยสุ่มสร้างกรอบเลือกเหตุการณ์จากโครโมโซม เห็นได้ชัดว่าอาจมีเหตุการณ์จองห้องถูกเลือก หรือช่องเวลาว่างของโครโมโซมถูกเลือก หรือเหตุการณ์อิสระอาจไม่ถูกเลือกเลย ซึ่งจะทำให้การไขว้เปลี่ยนไม่เกิดผล
3) ในขั้นตอนการคัดเลือก ได้ปรับปรุงขั้นตอนการเลือกประชากร โดยพิจารณาจากความหลากหลาย และค่าทำโทษ ซึ่งโครโมโซมที่มีค่าทำโทษต่ำและมีความหลากหลายจะถูกเลือก ถ้าเลือกแล้วได้ประชากรไม่พอให้นำโครโมโซมที่ไม่ได้ถูกเลือกตอนแรก มาทำการกลายพันธุ์และประเมินค่าความเหมาะสม โดยจะทำเรียงลำดับตั้งแต่โครโมโซมที่มีค่าทำโทษน้อยไปมาก และทำจนได้ประชากรครบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) ความหลากหลายตรวจได้จาก ถ้าโครโมโซมที่ตรวจสอบมีค่าทำโทษต่างจากโครโมโซมทั้งหมด แสดงว่าโครโมโซมที่ตรวจสอบมีความหลากหลาย ถ้าโครโมโซมที่ตรวจสอบมีค่าทำโทษเท่ากับโครโมโซมอื่น ให้นำโครโมโซมที่ตรวจสอบมาเปรียบเทียบกับโครโมโซมที่มีค่าทำโทษเท่ากันทีละตัว โดยเปรียบเทียบตำแหน่งของเหตุการณ์อิสระ ถ้ามีอย่างน้อยหนึ่งเหตุการณ์อิสระที่มีตำแหน่งต่างกันว่า แสดงว่าโครโมโซมที่ทำการตรวจสอบนี้ มีความแตกต่าง ถ้าโครโมโซมที่ทำการตรวจสอบมีความแตกต่างจากโครโมโซมทั้งหมดที่มีค่าทำโทษเท่ากัน แสดงว่าโครโมโซมที่ตรวจสอบมีความหลากหลาย

6.2 ข้อเสนอแนะ

1) ปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถเพิ่มลดเงื่อนไขหลัก และเงื่อนไขรองได้ เพื่อโปรแกรมสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายสภาพปัญหา
2) หาวิธีเข้ารหัสโครโมโซมให้มีขนาดเล็ก หรือ นำแนวคิดเรื่องการบีบอัดข้อมูลมาใช้ลดขนาดของโครโมโซมที่อยู่ในหน่วยความจำให้มีขนาดเล็ก เพื่อที่จะได้สามารถสร้างจำนวนโครโมโซมได้มากขึ้น และจะสามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพียงเครื่องเดียว
3) จัดทำเป็นโปรแกรมกึ่งอัตโนมัติ ให้ผู้ใช้เป็นผู้จัดตารางสอนเองบางส่วน หรือทั้งหมด ถ้ามีส่วนที่เหลือจึงใช้แบบอัตโนมัติช่วยในการจัดตารางสอน ทั้งนี้เพื่อช่วยลดจำนวนเหตุการณ์ที่ต้องจัดแบบอัตโนมัติมีน้อยลง และสามารถจัดตารางสอนเสร็จได้เร็วขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. E. Yu and K. Sung A Genetic Algorithm for a University Weekly Courses Timetabling Problem. International Transactions In Operational Research 9 , 2002
2. D.E. Goldberg Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. MA : Addison Wesley Longman Inc., 1989.
3. P. Larrañaga, C.M.H. Kuijpers, R.H. Murga Genetic Algorithms for the Travelling Salesman Problem: A Review of Representations and Operators. [Online] Available from : http://CiteSeer .ist , 1993
4. S. Gyori., Z. Petres, and A. R. Várkonyi-Kóczy, Genetic Algorithm in Timetabling. A New Approach. MFT Periodica ,2001
5. E.K. Burke, K.S. Jackson, J.H. Kingston and R.F. Weare Automated Timetabling: The State of the Art . The Computer Journal, Vol. 40, No. 9 , 1997
6. E.K. Burke , S. Petrovic Recent Research Directions in Automated Timetabling. European Journal of Operational Research – EJOR, 2002.
7. L. Bambrick Lecture Timetabling Using Genetic Algorithms. Undergraduate Thesis Bachelor of Computer Systems Engineer , School of Engineering , University of Queensland , 1997
8. M.S. William Crossover or Mutation? Proceedings of Foundations of Genetic Algorithms , 1992
9. R.K. Ursem Diversity-Guided Evolutionary Algorithms. In: Proceedings of Parallel Problem Solving from Nature VII , 2002 : 462-471.
10. P. Bavonparadon, P. Chongstitvatana Comparison Between Tournament Selection and Combined Rank Method for a Mimetic Evolvable Hardware. Proc. of 4th National Computer Science and Engineering Conference, Bangkok, November 16-17, 2000 :182-189 (in Thai)

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการจัดตารางสอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักสูตรศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ (หลักสูตรนานาชาติ)
ภาคปลาย ปีการศึกษา 2547

ชั้นปี	รหัสวิชา	ชื่อวิชา	ชื่ออาจารย์ผู้สอน	วัน/เวลาสอน	ห้องเรียน	จำนวนผู้เรียน
ปี 1	5500116	Foundation English II	Aj Dr Wandee1	Tue. 8.30 -10.00 a.m. Thu. 14.00 - 15.30 p.m	309	30
ปี 1	5500116	Foundation English II	Aj Dr Wandee2	Mon. 13.00 - 15.00 p.m. Wed 8.00 - 10.00 a.m.	309	30
ปี 1	5500116	Foundation English II	Aj Dr Wandee3	Wed. 13.00 - 15.00 p.m. Thu. 8.30 - 10.00 a.m.	309	30
ปี 1	2952352	Mathematics for Economists II	Aj Dr Wandee4	Tue. 10.30 - 12.00 a.m. Fri. 10.00 - 12.00 a.m.	409	43
ปี 1	2952352	Mathematics for Economists II	Aj Dr Wandee5	Tue. 10.30 - 12.00 a.m. Sat. 10.00 - 12.00 a.m.	309	43
ปี 1	2952301	Microeconomic Theory I	Aj Dr Wandee6	Thu. 10.30 - 12.00 a.m Fri. 8.00 - 10.00 a.m	309	43
ปี 1	2952302	Microeconomic Theory I	Aj Dr Wandee7	Thu. 13.30 - 14.00 p.m Fri. 13.00 - 15.00 p.m	312	43
ปี 1	2952301	Microeconomic Theory I (Discussion)	Aj Dr Wandee8	Sat. 9.00 - 10.00 a.m. Sat. 10.00 - 11.00 a.m.	312	43
ปี 1	2601120	Financial Accounting	Aj Dr Wandee9	Mon. 9.00 - 12.00 a.m.	309	43
ปี 1	2300152	Science Today	Aj Dr Wandee10 Aj Dr Wandee11 Aj Dr Wandee12 Aj Dr Wandee13	Tue. 13.00 - 14.30 p.m. Fri. 13.00 - 15.00 p.m.	309	43
ปี 1	2601123	Intermediate Accounting	Aj Dr Wandee14	Wed. 8.30 - 11.30 a.m.	409	43
ปี 1	2952165	Introduction to Computer Applicatioin for Economists	Aj Dr Wandee15	True. 13.30 - 15.00 p.m. Wed. 10.00 - 12.00 a.m.	312 316	43
ปี 1	2952351	Mathematics for Economists I	Aj Dr Wandee16			43

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักสูตรศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ (หลักสูตรนานาชาติ)
ภาคปลาย ปีการศึกษา 2547

ชั้นปี	รหัสวิชา	ชื่อวิชา	ชื่ออาจารย์ผู้สอน	วัน/เวลาสอน	ห้องเรียน	จำนวนผู้เรียน
ปี 2	5500236	English Writing for Economists	Aj Dr Wandee17	Tue.14.30 -16.00 p.m. Thu. 13.00 - 14.30 p.m	313/1	25
ปี 2	5500236	English Writing for Economists	Aj Dr Wandee18	Mon. 8.00 - 10.00 a.m. Wed 15.00 - 17.00 p.m.	313/2	25
ปี 2	5500236	English Writing for Economists	Aj Dr Wandee19	Tue. 14.30 - 16.00 p.m. Thu. 13.00 - 14.30 p.m.	309 409	25
ปี 2	5500333	Oral English Communication	Aj Dr Wandee20	Tue. 8.30 - 10.00 a.m. Fri. 8.00 - 10.00 a.m.	312	39
ปี 2	2952353	Statistics for Economists	Aj Dr Wandee21	Mon. 8.00 - 10.00 a.m. Fri. 8.00 - 10.00 p.m.	411	39
ปี 2	2952341	Economics of Money and Financial Market	Aj Dr Wandee22 Aj Dr Wandee23	Mon. 13.00 - 14.00 p.m. Wed. 13.00 - 15.00 pm	312	39
ปี 2	2952361	Corporate Finance for Economists	Aj Dr Wandee24	Thu. 10.30 - 12.00 a.m Fri. 10.00 - 12.00 a.m	410	39
ปี 2	0201232	Multidisciplinary Study for Rural Development	Aj Dr Wandee25	Wed. 10.00 - 12.00 a.m.	309	39
ปี 2	0201233	Multidisciplinary Study for Rural Development	Aj Dr Wandee26	Wed. 13.00 - 15.00 a.m.	409	39
ปี 2	2952303	Microeconomic Theory II	Aj Dr Wandee27	Wed. 8.00 - 10.00 a.m. Sat. 8.00 - 10.30 a.m.	412	39
ปี 2	2952304	Microeconomic Theory II	Aj Dr Wandee28	Mon. 13.00 - 15.00 p.m Wed. 10.00 - 12.00 a.m.	409 411	39
ปี 2	21952315	Thai Economy	Aj Dr Wandee29	Tue. 10.30 - 12.00 a.m. Fri. 10.00 - 12.00 a.m.	411 309	39
ปี 2	2223002	Japanese II	Aj Dr Wandee30 Aj Dr Wandee31	Mon. 10.00 - 12.00 a.m. Thu. 10.30 - 12.00 a.m.	313/1	25
ปี 2	2233002	Spanish II	Aj Dr Wandee32	Mon. 10.00 - 12.00 am. Tue. 13.00 - 14.30 p.m.	408	25
ปี 2	2232008	German II	Aj Dr Wandee33	Tue. 13.00 - 14.30 p.m. Thu. 10.30 - 12.00 a.m.	412 409	25
ปี 2	2952311	Economic Development	Aj Dr Wandee34	Tue. 8.30 - 10.00 a.m. Thu. 14.30 - 16.00 p.m.	409	39
ปี 2	2952316	East Asian Economics	Aj Dr Wandee35	Fri. 13.00 - 16.00 p.m.	412	39

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายนุกูล โชตเศรษฐ์ เกิดวันที่ 24 ตุลาคม 2514 จังหวัดกำแพงเพชร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ในปีการศึกษา 2536 ขณะทำวิทยานิพนธ์ (ปี 2548) ทำงานอยู่ที่ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ตำแหน่ง วิศวกร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย