การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

วิทยานิพนธ์

ของ

ภิญญาพัชญ์ วังภูงา

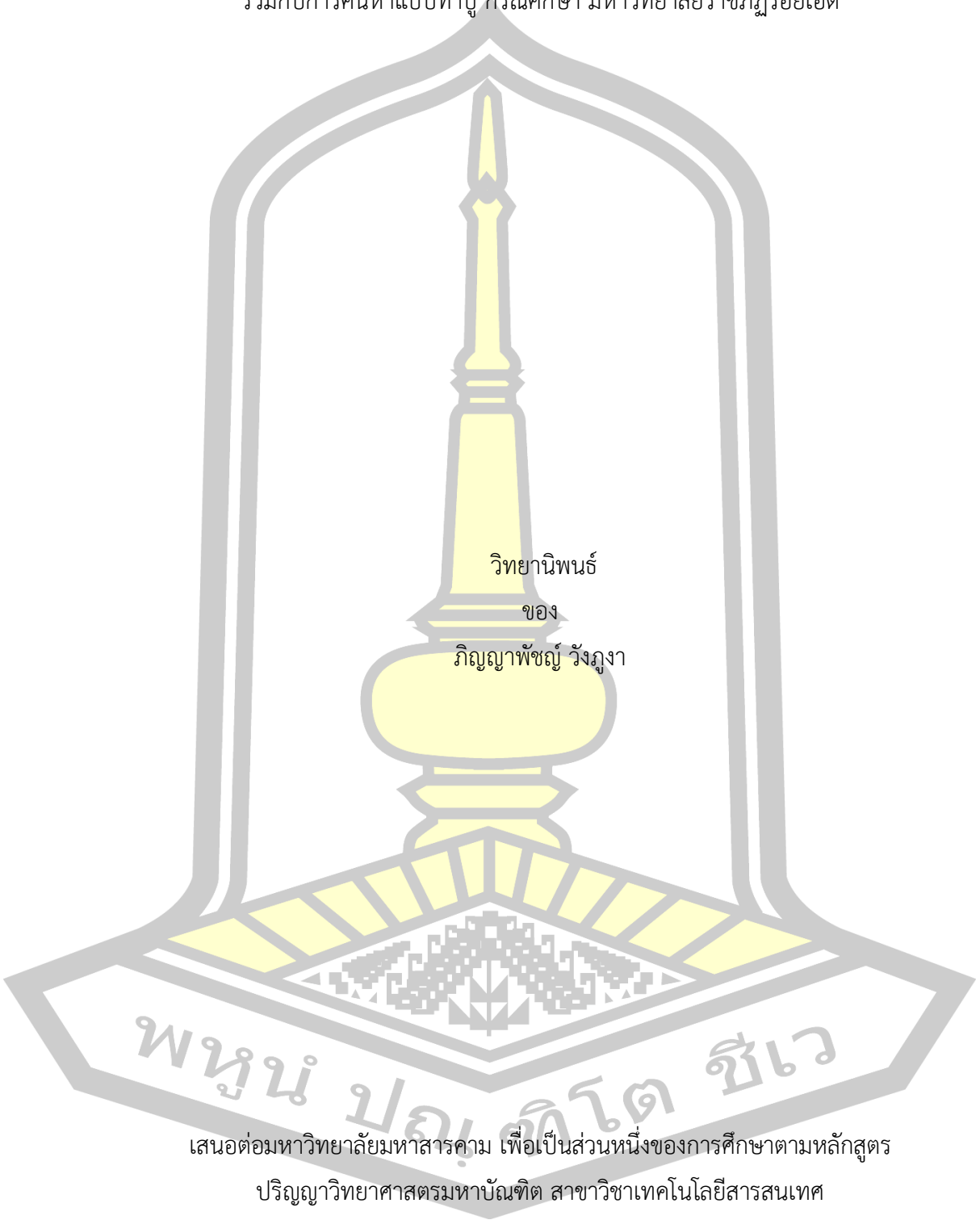
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สิงหาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด



วิทยานิพนธ์

ของ

ภิญญาพัชญ์ วังภูงา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สิงหาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Analysis of appropriate parameters for Schedule management using Genetic Algorithms and Tabu Search : A case study in Roi Et Rajabhat University

Pinyaphat Wangpunga

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Science (Information Technology)

August 2019

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวภิญญาพัชญ์ วังภูงา แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. วรปภา อารีราษฎร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. จิรัฏฐา ภูบุญอบ)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. แกมกาญจน์ สมประเสริฐศรี)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ฉัตรเกล้า เจริญผล)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(ผศ. ศศิธร แก้วมั่น)
คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พหุน ปณฺ ฑิโต ธีโร

ชื่อเรื่อง การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

ผู้วิจัย ภิญญาพัชญ์ วังภูงา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรัฏฐา ภูบุญอบ

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีเมต้าฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด โดยการเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้น จำนวน 3 วิธี ประกอบด้วย วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (GA) วิธีการค้นหาแบบทาบู (TS) และวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู (GATS) มาทำการประมวลผลหาค่าคำตอบและประเมินประสิทธิภาพของระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลผลการทดลองพบว่า วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู มีค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและใช้เวลาในการประมวลผลเป็นที่ยอมรับได้ มากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมและวิธีการค้นหาแบบทาบู

คำสำคัญ : วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม, การจัดตารางสอน, วิธีการค้นหาแบบทาบู

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

TITLE Analysis of appropriate parameters for Schedule management using Genetic Algorithms and Tabu Search : A case study in Roi Et Rajabhat University

AUTHOR Pinyaphat Wangpunga

ADVISORS Assistant Professor Jiratta Phuboon-ob , Ph.D.

DEGREE Master of Science **MAJOR** Information Technology

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2019

ABSTRACT

This work consists in applying Meta-heuristic algorithms to solve the timetable problem of Roi–Et Rajabhat University. In order to find out the most relevant Meta-heuristic algorithm and parameter values,we conducted a comparative study of three algorithms : Genetic Algorithm (GA), Tabu Search Algorithm (TS) and Genetic Algorithm with Tabu Search algorithm (GATS). We analyzed their performance in terms of runtime efficiency and solution quality. The experiment results show that GATS has the best solution quality and runtime efficiency than the other algorithms for solving the timetable problem.

Keyword : Genetic Algorithm, Automatic Timetable, Tabu Search

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างสูงจากบุคลากรกลุ่มงานสารสนเทศและกลุ่มงานหลักสูตรและการสอน สำนักวิชาการและประมวลผล มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการจัดหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการจัดทำวิจัย ตลอดจนให้โอกาสทางการศึกษา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยอย่างยิ่ง

ภิญญาพัชญ์ วังภูงา

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ความสำคัญของการวิจัย 3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ทฤษฎี 4

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 28

3.1 การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการจัดตารางสอน 28

3.2 การประเมินค่าตารางสอน 34

3.3 การออกแบบการทดลอง 37

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา 37

3.5 สถิติที่ใช้ 38

บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 40
4.1 การทดลองที่ 1 การทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการจัดตารางสอนวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม..... 40
4.2 การทดลองที่ 2 การทดลองเปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมในการจัดตารางสอน..... 42
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 47
5.1 สรุปผล..... 47
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 47
บรรณานุกรม..... 49
ประวัติผู้เขียน..... 52

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 จำนวนนักศึกษา ประจำปีการศึกษา 2559 แยกตามคณะ 7

ตาราง 2 อาจารย์ผู้สอนภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559 แยกตามประเภทของพนักงาน..... 7

ตาราง 3 จำนวนรายวิชาที่เปิดสอน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 แยกตามคณะ 7

ตาราง 4 การกำหนดจำนวนคาบเรียน..... 8

ตาราง 5 จำนวนอาคารที่ดำเนินการจัดการเรียนการสอน..... 8

ตาราง 6 ตัวอย่างข้อมูลห้องเรียนอาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 9

ตาราง 7 เงื่อนไขบังคับและเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์..... 9

ตาราง 8 เงื่อนไขบังคับของการจัดตารางสอน..... 28

ตาราง 9 สรุปผลแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดตารางสอนของเงื่อนไขบังคับเพื่อความสมบูรณ์ 29

ตาราง 10 เงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ของการจัดตารางสอน 30

ตาราง 11 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลหมู่เรียน 31

ตาราง 12 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลอาจารย์ผู้สอน 31

ตาราง 13 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลห้องเรียน 31

ตาราง 14 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลรายวิชา..... 32

ตาราง 15 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลรายวิชาเรียนของหมู่เรียน 32

ตาราง 16 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบข้อมูล 40

ตาราง 17 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 41

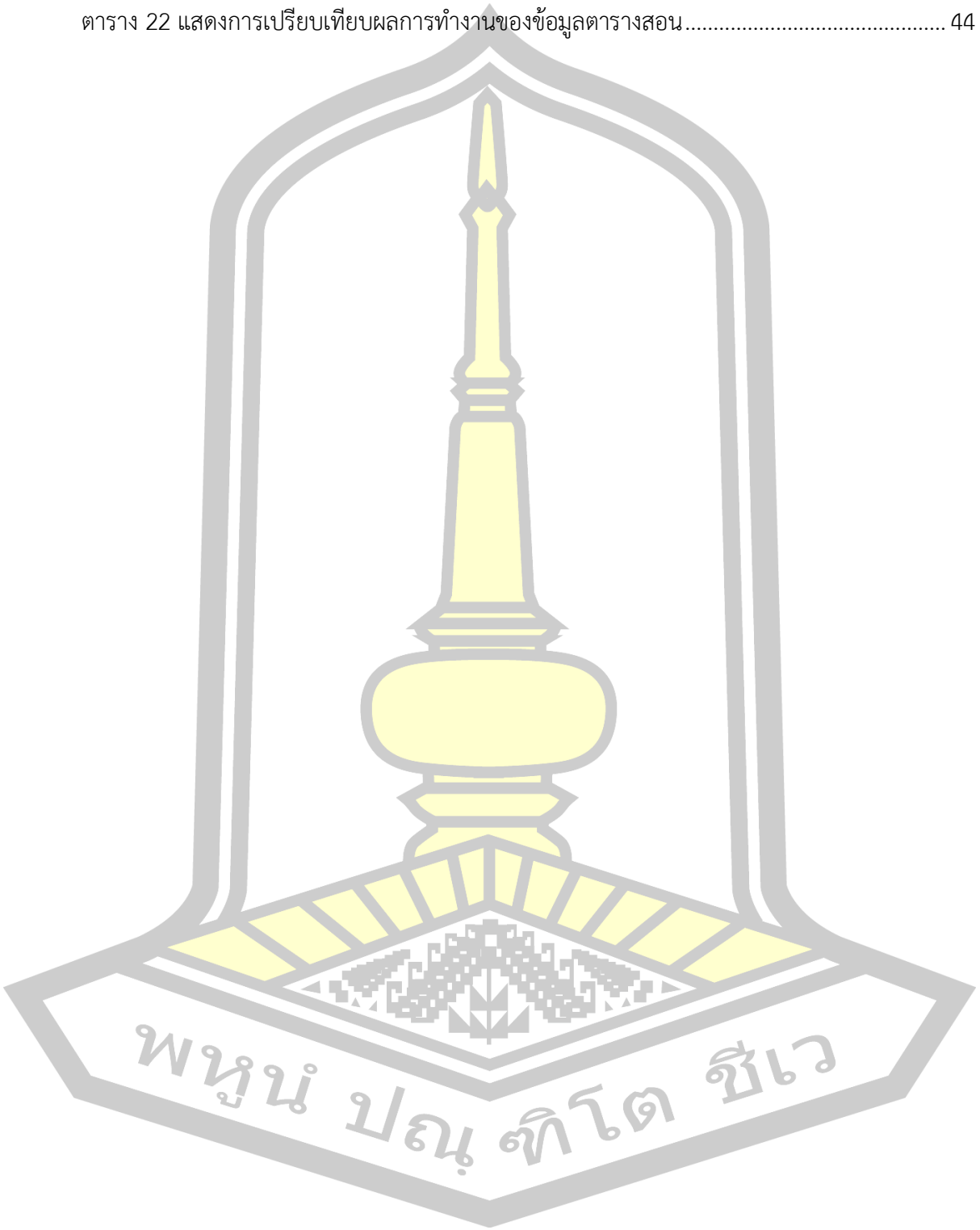
ตาราง 18 แสดงรายละเอียดของข้อมูลตารางสอน สำหรับการทดลองที่ 2..... 42

ตาราง 19 แสดงค่าพารามิเตอร์ของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม..... 42

ตาราง 20 แสดงค่าพารามิเตอร์ของวิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู..... 43

ตาราง 21 แสดงค่าพารามิเตอร์ของวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาคำตอบแบบทาบู 43

ตาราง 22 แสดงการเปรียบเทียบผลการทำงานของข้อมูลตารางสอน..... 44



สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ตารางการใช้ห้อง 4
ภาพที่ 2 ตารางสอนอาจารย์ 5
ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของ GA 12
ภาพที่ 4 เซตของยีนแสดงในเลขฐานสอง 14
ภาพที่ 5 Pseudo Code สำหรับวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม 14
ภาพที่ 6 การผสมยีนแบบจุดเดียว 15
ภาพที่ 7 ตารางผลการทดลอง แสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีการ hybridzed-ABC และ heuristic 24
ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบผลการทดลอง Lubbeckeและ Lach(sing CPLEX11) 25
ภาพที่ 9 แผนภาพกระบวนการวิธีการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม 33
ภาพที่ 10 แผนภาพกระบวนการวิธีการทำงานของวิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู 33
ภาพที่ 11 วิธีการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู 34
ภาพที่ 12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาการทำงาน 44
ภาพที่ 13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าฟิตเนสของอัลกอริทึม 45
ภาพที่ 14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาการทำงานของอัลกอริทึม 46

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด มีอัตราจำนวนอาจารย์ และนักศึกษาเพิ่มขึ้นทุกปี การจัดตารางสอนทำการจัดบนพื้นฐานของหลักสูตร (Curriculum – Based Course TimeTabling: CB-CTT) [1] หมายความว่า การจัดตารางสอนแต่ละหลักสูตร มหาวิทยาลัยจะให้ผู้เรียนทำการลงทะเบียนเรียนตามแผนการเรียนที่หลักสูตรกำหนด แต่การจัดตารางสอนยังใช้วิธีการเดิมคือการจัดตารางสอนโดยใช้มนุษย์ ในการจัดการข้อมูลในแต่ละครั้ง ทำให้ไม่สามารถจัดตารางสอนได้ในครั้งเดียว ต้องมีการจัดทำข้อมูลซ้ำ ๆ จนกว่าจะได้ข้อมูลการจัดตารางที่คิดว่ามีความเหมาะสมที่สุด จึงเกิดปัญหาความไม่สอดคล้องและความซ้ำซ้อนของข้อมูลอาจารย์ นักศึกษา เวลา และห้องเรียน ซึ่งแต่ละภาคเรียนจะมีความต้องการของการจัดการข้อมูลที่แตกต่างกัน ตามกฎระเบียบข้อบังคับหลักและข้อบังคับรองของมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด เช่น ข้อมูลอาจารย์ นักศึกษา รายวิชา ห้องเรียน เพื่อให้มีความเหมาะสมทั้งผู้เรียนและผู้สอน ตัวอย่างปัญหา เช่น ผู้สอนไม่สามารถสอนได้พร้อม ๆ กันในหลาย ๆ หมู่เรียนในเวลาเดียวกัน ผู้เรียนไม่สามารถเรียนได้พร้อมกันเพราะขนาดความจุของห้องเรียนไม่เพียงพอ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอต่อผู้เรียน เป็นต้น การจัดตารางสอนที่ผ่านมา จึงมักประสบปัญหาด้านอาจารย์ผู้สอน ด้านเวลาในการจัดการเรียนการสอน และจำนวนห้องเรียนมีจำนวนไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้เรียน การจัดตารางสอนจึงมีความจำเป็นที่จะต้องบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพและความถูกต้องสูง

การจัดตารางสอนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสถานศึกษาทุกระดับ ซึ่งนับเป็นปัญหาการวิจัยด้านการศึกษาและด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ การจัดตารางสอนอย่างมีประสิทธิภาพนั้น สถานศึกษาต้องจัดตารางสอนให้พร้อมก่อนการเปิดภาคเรียน โดยต้องจัดให้สอดคล้องสัมพันธ์กันระหว่างอาจารย์ผู้สอน ผู้เรียน ห้องเรียน ขนาดของห้องเรียน และเวลาในการสอน เป็นต้น การจัดตารางสอนต้องเป็นไปตามเงื่อนไขหรือข้อบังคับต่าง ๆ ตามที่สถานศึกษากำหนด การจัดตารางสอนให้เหมาะสมกับแต่ละสถานศึกษา จึงเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน โดยเฉพาะเมื่อจัดโดยมนุษย์ จะต้องใช้เวลาและความพยายามเป็นอย่างสูง ทั้งนี้ แต่ละปัญหาจะแตกต่างกันตามเงื่อนไขหรือข้อบังคับของสถานศึกษา เช่น การจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัย หรือการจัดตารางสอนในโรงเรียน

ปัญหาการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัย (University Course Timetabling Problem : UCTP) เป็นปัญหาประเภท NP-Hard หมายถึง ปัญหาการจัดตารางสอนในระดับ

มหาวิทยาลัยเป็นปัญหาที่ยากจะแก้ไขด้วยวิธีการทั่ว ๆ ไป และต้องใช้เวลามากในการแก้ไขปัญหาเพื่อให้เป็นที่พึงพอใจของผู้ใช้งาน นอกจากนั้นระยะเวลาในการแก้ไขปัญหาประเภทนี้จะเพิ่มมากขึ้นตามขนาดของปัญหาด้วย ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการนำวิธีการทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อให้สามารถจัดการกับข้อบังคับด้วยวิธีการที่เหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพ [2]

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีในการจัดตารางสอนที่เกี่ยวข้อง พบว่า วิธีการต่าง ๆ ทางด้านปัญญาประดิษฐ์ได้ถูกนำมาใช้แก้ปัญหาการจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัย สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วย วิธีการแบบซีเควนเชียล(Sequential) วิธีการแบบคลัสเตอร์ (Cluster) วิธีการแบบคอนสเตรนท์เบส (Constraint-based) วิธีการแบบเมตาฮิวริสติก (Meta-heuristic) [3] โดยวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการแบบเมตาฮิวริสติกชนิดหนึ่ง ซึ่งวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นการหาคำตอบในวงกว้าง ทำให้วิธีการดังกล่าวไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุดเสมอไป จึงมีหลายงานวิจัยได้ประยุกต์วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีเมตาฮิวริสติกอื่น เช่น การใช้วิธีการทางพันธุกรรมร่วมกับวิธีการหาคำตอบแบบทาบู [4] วิธีการทางพันธุกรรมร่วมกับวิธีการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) [5] ซึ่งงานวิจัยได้เปรียบเทียบการใช้วิธีเมตาฮิวริสติกแบบผสมกับวิธีการเชิงเดี่ยว โดยผลการวิจัยพบว่าการใช้วิธีเมตาฮิวริสติกแบบผสมให้คำตอบที่ดีและเหมาะสมกับกลุ่มปัญหาขนาดใหญ่ ทั้งนี้วิธีการต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพปัญหาของแต่ละมหาวิทยาลัย

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้น จึงมีความสนใจในการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู เพื่อให้การจัดตารางสอนมีความเหมาะสม ถูกต้อง ลดเวลาที่ใช้ในการจัดตารางสอน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

1.2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตารางสอนอัตโนมัติ ด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

1.3 ความสำคัญของการวิจัย

การจัดการศึกษาระดับมหาวิทยาลัย การจัดตารางสอน ตารางเรียนมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากการจัดตารางสอนที่ผ่านมา มักประสบปัญหาด้านอาจารย์ผู้สอน ด้านเวลาในการจัดการเรียนการสอน และจำนวนห้องเรียนมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนผู้เรียน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดตารางเรียน ตารางสอนให้มีประสิทธิภาพและความถูกต้องสูง เนื่องจากแต่ละภาคเรียนมีความต้องการของการจัดการข้อมูลที่แตกต่างกัน ตามกฎระเบียบข้อบังคับหลัก และข้อบังคับรองของมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด เช่น ข้อมูลอาจารย์ นักศึกษา รายวิชา ห้องเรียน เพื่อให้มีความเหมาะสมทั้งผู้เรียนและผู้สอน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาและวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู
2. ใช้ข้อมูลตารางสอนที่เป็นข้อมูลจริง จากมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
3. วัดประสิทธิภาพของค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ตารางสอนอัตโนมัติ หมายถึง การนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยในการจัดตารางสอน โดยจัดรายวิชา ผู้สอน ผู้เรียน และห้องเรียน ลงในช่วงเวลาที่กำหนดในหนึ่งสัปดาห์ ภายในกรอบข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ซึ่งระบบสามารถประมวลผลได้อย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง

การประเมินประสิทธิภาพ หมายถึง กระบวนการในการวิเคราะห์ และพิจารณาข้อมูลเพื่อให้ทราบถึงจุดเด่นหรือจุดด้อยของระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอน ซึ่งประกอบด้วย ความหมายและความสำคัญของการจัดตารางสอน ปัญหาการจัดตารางสอน

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 การจัดตารางสอน

การจัดตารางสอนเป็นการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ลงในช่วงเวลาที่สถานศึกษากำหนด เพื่อให้เป็นไปตามแนวทางที่ใกล้เคียงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลของนักศึกษา อาจารย์ ห้องเรียน รายวิชา

การจัดตารางสอนมีความสำคัญมากต่อการเรียนการสอน หากมีการบริหารจัดการที่ไม่ดีย่อมก่อให้เกิดปัญหาในการเรียนการสอนได้ เช่น ห้องเรียนไม่เพียงพอ อาจารย์สอน สอนสองวิชาพร้อมกัน วิชาเรียนซ้ำซ้อนกัน เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อนักศึกษา อาจารย์ และย่อมส่งผลกระทบในระยะยาวไปถึงสถาบันการศึกษา ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนจึงต้องมีการจัดการการใช้ทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพ การจัดตารางสอนเป็นการกำหนดวัน เวลา ห้องเรียน รายวิชา ผู้สอน กลุ่มผู้เรียน โดยมักกำหนดไว้เป็นรายสัปดาห์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตารางการใช้ห้อง 3401B
ภาคเรียนที่ 1/2559

วัน/เวลา	1 08.00 08.50	2 08.50 09.40	3 09.40 10.30	4 10.30 11.20	5 11.20 12.10	6 12.10 13.00	7 13.00 13.50	8 13.50 14.40	9 14.40 15.30	10 15.30 16.20	11 16.20 17.10	12 17.10 18.00	13 18.00 18.50
จันทร์	**CSI3105** - การพัฒนาโปรแกรมประยุฯ 3401B - อ.ประวิทย์				**GEN4103** - การศึกษาค้นคว้าและเทฯ 3401B - อ.ณัฐธิดา								
อังคาร	**CSI4102** - มัลติมีเดียและการประฯ 3401B - อ.ประวิทย์				โฮมรูม อ.ที่ปรึกษา - -	**CSI2106** - การเขียนโปรแกรมบนเว็ฯ 3401B - อ.วาทินี							
พุธ		**CSI2103** - การเขียนโปรแกรมเชิงวฯ 3401B - อ.วาทินี					กิจกรรมนักศึกษา - -						
พฤหัสบดี	**CSI2206** - ระบบคอมพิวเตอร์และสถฯ 3401B - อ.ณัฐธิดา								**CSI3106** - การบริการบนเว็บและสถฯ 3401B - อ.ณัฐธิดา				
ศุกร์	**CSI4103** - ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนฯ 3401B - อ.ประวิทย์						**GEN4103** - การศึกษาค้นคว้าและเทฯ 3401B - อ.ฉัตรกมล						
เสาร์													
อาทิตย์													

ภาพที่ 1 ตารางการใช้ห้อง

ตัวอย่างการใช้ห้องเรียน 3401B ตามภาพที่ 1 ประกอบด้วย อาจารย์ผู้สอนที่ใช้ห้องเรียนในแต่ละช่วงเวลา และรายวิชาที่สอน

ตารางสอน อ.ประวิทย์ พิมพิศาล
ภาคเรียนที่ 1/2559

วัน/เวลา	1 08.00 08.50	2 08.50 09.40	3 09.40 10.30	4 10.30 11.20	5 11.20 12.10	6 12.10 13.00	7 13.00 13.50	8 13.50 14.40	9 14.40 15.30	10 15.30 16.20	11 16.20 17.10	12 17.10 18.00	13 18.00 18.50
จันทร์	**CSI3105** - การพัฒนาโปรแกรมประยุฯ 3401B - ประวิทย์--												
อังคาร	**CSI4102** - มัลติมีเดียและการประฯ 3401B - ประวิทย์--				โฮมรูม อ.ที่ปรึกษา - -								
พุธ							กิจกรรมนักศึกษา - -						
พฤหัสบดี													
ศุกร์	**CSI4103** - ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนฯ 3401B - ประวิทย์--								**CSI2105** - คอมพิวเตอร์กราฟิกส์ 3401A - ประวิทย์--				
เสาร์													
อาทิตย์													

ภาพที่ 2 ตารางสอนอาจารย์

ตัวอย่างตารางสอนของอาจารย์ (อาจารย์ประวิทย์ พิมพิศาล) ตามภาพที่ 2 ประกอบด้วยรายวิชาที่สอนในแต่ละวันและช่วงเวลา และห้องเรียน เป็นต้น

2.1.2 ปัญหาการจัดตารางสอน

การจัดตารางสอนนับเป็นปัญหาทางด้านการศึกษาและทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งหากสถานศึกษามีขนาดใหญ่ จะมีความซับซ้อนในการจัดตารางสอนเพิ่มมากขึ้น โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น จำนวนอาจารย์ จำนวนนักศึกษา จำนวนรายวิชา จำนวนห้องเรียน เป็นต้น

ปัญหาการจัดตารางทางการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การจัดตารางสอน (Course Timetabling) และการจัดตารางสอบ (Examination Timetabling) [6, 7] ซึ่งปัญหาทั้ง 2 แบบ มีความคล้ายและแตกต่างกันในด้านของเงื่อนไขและข้อบังคับ ความคล้ายคลึงกัน เช่น นักศึกษาคนเดียวจะต้องไม่มีการเรียนหรือสอบ 2 วิชาในเวลาเดียวกัน ส่วนความแตกต่าง เช่น นักศึกษาต้องการให้มีคาบว่างหลาย ๆ วันต่อสัปดาห์ แต่ในตารางสอบ นักศึกษาจะชอบให้มีวันสอบทั้งสัปดาห์ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกศึกษาการแก้ไขเฉพาะปัญหาการจัดตารางสอนเป็นหัวข้อสำคัญ

2.1.3 ข้อบังคับของปัญหาการจัดตารางสอน

การจัดตารางสอนสามารถแยกเงื่อนไขได้เป็น 2 ประเภท ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอนในทุก ๆ ปัญหา คือ ข้อบังคับหลักหรือเงื่อนไขบังคับ (Hard Constraints) และข้อบังคับรองหรือเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ (Soft Constraints)

ข้อบังคับหลักหรือเงื่อนไขบังคับ (Hard Constraints) เป็นข้อบังคับพื้นฐานสำหรับการจัดตาราง ซึ่งตารางสอนที่จะถือว่าใช้งานได้จะต้องไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก หากตารางที่จัดออกมาแล้วมีการละเมิดข้อบังคับหลักจะถือว่าใช้งานไม่ได้ [8] ตัวอย่างของการกำหนดข้อบังคับหลัก เช่น ช่วงเวลาเดียวกันอาจารย์ต้องมีสอนเพียงหนึ่งวิชา ช่วงเวลาเดียวกันกลุ่มผู้เรียนต้องถูกจัดให้เรียนเพียงหนึ่งวิชา ช่วงเวลาเดียวกันห้องเรียนต้องถูกจัดการเรียนเพียงหนึ่งกลุ่มผู้เรียน เป็นต้น จากตัวอย่างดังกล่าว หากพบว่าละเมิดเงื่อนไขเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนได้ ข้อบังคับหลักจึงมีความสำคัญต่อตารางสอนมาก ซึ่งจะละเมิดข้อบังคับหลักแม้เพียงข้อใดข้อหนึ่งไม่ได้

ข้อบังคับรองหรือเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ (Soft Constraints) เป็นข้อบังคับที่ไม่มีผลกระทบในการใช้งาน แต่จะช่วยปรับปรุงตารางสอนให้มีความเหมาะสม เป็นที่น่าพึงพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นอาจารย์ผู้สอนหรือนักศึกษา ข้อบังคับรองมักจะถูกนำไปใช้กับการประเมินค่าของตารางสอนที่จัดออกมาว่าดีเพียงใด ตัวอย่างการกำหนดข้อบังคับรอง เช่น กลุ่มผู้เรียนไม่ควรมีเรียนในคาบเรียนสุดท้ายของวัน ในบางรายวิชาไม่ควรจัดลงในช่วงค่ำ กลุ่มผู้เรียนควรมีการย้ายห้องเรียนน้อยที่สุด เป็นต้น ข้อบังคับเหล่านี้ หากการละเมิดจะไม่ส่งผลต่อการเรียนการสอน แต่หากทำได้ตามเงื่อนไขย่อมจะส่งผลให้การเรียนการสอนเป็นไปได้ด้วยดีและเกิดความพึงพอใจต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง

2.1.4 แนวทางการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จัดการเรียนการสอนโดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ภาค คือ ภาคปกติและภาค กศ.ปช. (โครงการจัดการศึกษาเพื่อปวงชน) ซึ่งนักศึกษาภาคปกติ จะทำการจัดการเรียนการสอนในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ และภาค กศ.ปช. จะจัดการเรียนการสอนในวันเสาร์และวันอาทิตย์ งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นจัดตารางสอนในภาคปกติ ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูล ดังนี้

1. จำนวนนักศึกษา

จำนวนนักศึกษาในระดับปริญญาตรี ของมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ที่กำลังศึกษาอยู่ในปีการศึกษา 2559 มีจำนวนนักศึกษาทั้งสิ้น 7,775 คน โดยแบ่งออกเป็น 6 คณะ ได้แก่ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจและการบัญชี คณะนิติรัฐศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะพยาบาลศาสตร์ ซึ่งมีจำนวนนักศึกษาแบ่งตามคณะ ดังตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนนักศึกษา ประจำปีการศึกษา 2559 แยกตามคณะ

คณะ	จำนวน (คน)
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์	1,290
คณะครุศาสตร์	4,662
คณะบริหารธุรกิจและการบัญชี	820
คณะนิติรัฐศาสตร์	809
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ	76
คณะพยาบาลศาสตร์	118
รวม	**7,775**

2. จำนวนอาจารย์ผู้สอน

ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559 มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด มีจำนวนอาจารย์ผู้สอน ออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย พนักงานมหาวิทยาลัย และพนักงานประจำตามสัญญา ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 อาจารย์ผู้สอนภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559 แยกตามประเภทของพนักงาน

กลุ่ม	จำนวน (คน)
พนักงานมหาวิทยาลัย	210
พนักงานประจำตามสัญญา	58

3. จำนวนรายวิชา

มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ได้มีการจัดรายวิชาให้นักศึกษาได้ทำการลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ดังตาราง

ตาราง 3 จำนวนรายวิชาที่เปิดสอน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 แยกตามคณะ

คณะ	จำนวน (วิชา)
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์	53
คณะครุศาสตร์	292
คณะบริหารธุรกิจและการบัญชี	174
คณะนิติรัฐศาสตร์	114
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ	33
คณะพยาบาลศาสตร์	22
รวม	**688**

4. ลักษณะชั่วโมงเรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ได้มีการกำหนดจำนวนคาบเรียนในแต่ละวันไว้วันละ 13 คาบเรียน โดยแบ่งเป็นคาบละ 50 นาที ซึ่งมีการแบ่งเวลา ดังตาราง 4

ตาราง 4 การกำหนดจำนวนคาบเรียน

คาบที่	**ช่วงเวลา**
1	08.00 – 08.50 น.
2	08.50 – 09.40 น.
3	09.40 – 10.30 น.
4	10.30 – 11.20 น.
5	11.20 – 12.10 น.
6	12.10 - 13.00 น.
7	13.00 – 13.50 น.
8	13.50 – 14.40 น.
9	14.40 – 15.30 น.
10	15.30 – 16.20 น.
11	16.20 – 17.10 น.
12	17.10 – 18.00 น.
13	18.00 – 18.50 น.

5. อาคารและห้องเรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด มีอาคารและห้องเรียนที่ใช้ในการดำเนินการจัดการเรียนการสอน จำนวน 7 อาคาร ดังตาราง 5

ตาราง 5 จำนวนอาคารที่ดำเนินการจัดการเรียนการสอน

ที่	**ชื่ออาคาร**
1	อาคารเฉลิมพระเกียรติ 50 พรรษา มหาวชิราลงกรณ
2	อาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์
3	อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550
4	อาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา สยามบรมราชกุมารี
5	อาคารปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
6	อาคารคณะครุศาสตร์
7	อาคารศูนย์ฝึกประสบการณ์วิชาชีพราชภัฏกรีนวิว

มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด มีจำนวนห้องเรียน ทั้งสิ้น 163 ห้อง ซึ่งในแต่ละอาคารมีจำนวนห้องเรียนและประเภทห้องเรียนที่แตกต่างกันออกไปตามขนาดของอาคาร และขนาดของห้องเรียน ดังตัวอย่างในตาราง 6

ตาราง 6 ตัวอย่างข้อมูลห้องเรียนอาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550

ที่	ชื่อห้อง	ขนาด (ที่นั่ง)	ชั้น
1	9202	50	2
2	9203	40	2
3	9301	50	3
4	9302	40	3
5	9411	30	4
6	9412	84	4

6. การกำหนดเงื่อนไขของการจัดตารางสอน

การจัดตารางสอนเพื่อให้การดำเนินการจัดตารางเรียนตารางสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องพิจารณาเงื่อนไข อยู่ 2 ประเภท คือ เงื่อนไขบังคับ (Hard Constrains) และเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ (Soft Constrains) โดยเงื่อนไขบังคับเป็นเงื่อนไขที่ไม่สามารถละเมิดในการจัดตารางสอนได้ และเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์เป็นเงื่อนไขที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในการจัดตารางสอนเพื่อให้ได้ตารางสอนที่ตรงกับความต้องการมากที่สุด ดังตาราง 7

ตาราง 7 เงื่อนไขบังคับและเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์

เงื่อนไขบังคับ	เงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์
- ในช่วงเวลาและวันเดียวกัน กำหนดให้นักศึกษาเรียนไม่เกิน 1 รายวิชา - ในช่วงเวลาและวันเดียวกัน กำหนดให้ 1 ห้องเรียน จัดการเรียนการสอนได้ 1 รายวิชา - ในช่วงเวลาและวันเดียวกัน กำหนดให้อาจารย์ 1 คน สอนได้ 1 รายวิชาเท่านั้น - หลีกเลี่ยงช่วงเวลาที่มหาวิทยาลัยห้ามจัดตาราง เช่น คาบ Homeroom, และคาบกิจกรรมนักศึกษา - ขนาดของห้องเรียนต้องเพียงพอต่อผู้เรียน	- การจัดตารางสอนไม่ควรมีเรียนเกิน 2 วิชาต่อวัน - การจัดตารางสอนไม่ควรเรียนในคาบแรกของวัน - กลุ่มผู้เรียนไม่ควรเรียนเกิน 2 วิชา ติดต่อกัน - การจัดตารางสอนไม่ควรเรียนเพียงคาบเดียวต่อวัน - การจัดตารางสอนไม่ควรเรียนในคาบสุดท้ายของวัน

2.1.5 วิธีการที่นำมาใช้แก้ปัญหาในการจัดตารางสอน

การจัดตารางสอนของแต่ละสถานศึกษามีแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกันออกไปตามทรัพยากร ขนาดของสถานศึกษา ห้องเรียน รายวิชา จำนวนอาจารย์ผู้สอน และจำนวนนักศึกษา บางสถานศึกษาได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อใช้ในการจัดตารางสอน บางสถานศึกษาอาจจัดด้วยมือโดยใช้บุคลากรที่มีความชำนาญหรือมีประสบการณ์ในการจัดตาราง พบว่า การจัดตารางสอนแต่ละครั้งต้องใช้เวลานานและใช้ทรัพยากรจำนวนมาก ซึ่งมีงานวิจัยจำนวนมากได้ทำการพัฒนาระบบการจัดตารางสอนโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI : Artificial Intelligence) เข้ามาแก้ไขปัญหาในการจัดตารางสอน สำหรับวิธีการเมตาฮิวริสติก มีลำดับขั้นการแก้ปัญหา (Algorithm) ที่ต่างกัน และใช้เวลาไม่เท่ากัน การคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ดี แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ วิธีที่ได้คำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) และวิธีการทางฮิวริสติก ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้หลากหลายโดยมีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดภายในระยะเวลาอันสั้น

2.1.6 ปัญญาประดิษฐ์

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) [9, 10] หมายถึง เทคโนโลยีสาขาหนึ่งที่มนุษย์ใช้ค้นคว้าและสร้างขึ้นมา เพื่อต้องการให้สิ่งประดิษฐ์มีความคิดความสามารถเทียบเท่ากับมนุษย์ เพื่อสนองความต้องการที่ไม่มีที่สิ้นสุด และนำมาช่วยเหลือส่งเสริมสิ่งที่มนุษย์กระทำหรือมาแทนที่มนุษย์ในบางเรื่อง เช่น ในสภาวะที่มนุษย์ไม่สามารถกระทำ หรือกระทำได้ไม่ดีเท่ากับเครื่องจักร

ปัญญาประดิษฐ์เป็นสาขาหนึ่งในด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมเป็นหลัก แต่ยังรวมถึงศาสตร์ในด้านอื่น ๆ เช่น จิตวิทยา ปรัชญา หรือชีววิทยา ปัญญาประดิษฐ์เป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิด การกระทำ การให้เหตุผล การปรับตัว หรือการอนุมาน การทำงานของสมองให้เรียนรู้และเข้าใจความสามารถของมนุษย์ และมีความตั้งใจที่จะทำให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถคล้ายกับมนุษย์ โดยใช้ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ให้สามารถทำงานแทนมนุษย์ได้

2.1.7 วิธีการเมตาฮิวริสติก

เมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) เป็นวิธีการประมาณคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือ เหมาะสมสำหรับใช้แก้ปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์ ช่วยลดระยะเวลาในการคำนวณปัญหาที่มีขนาดใหญ่ที่แก้ได้ยาก [11]

วิธีการเมตาฮิวริสติก เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาที่มีความยาก ซับซ้อน ซึ่งไม่สามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีการแม่นตรงได้ หรือถ้าแก้ได้อาจจะต้องใช้เวลานานในการแก้ปัญหา ดังนั้นวิธีการเมตาฮิวริสจึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อลดเวลาในการคำนวณ แต่อย่างไรก็ตาม จุดประสงค์ของการพัฒนาวิธีการเมตาฮิวริสติก คือ การหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้น คุณภาพของคำตอบที่ดีย่อมเป็น

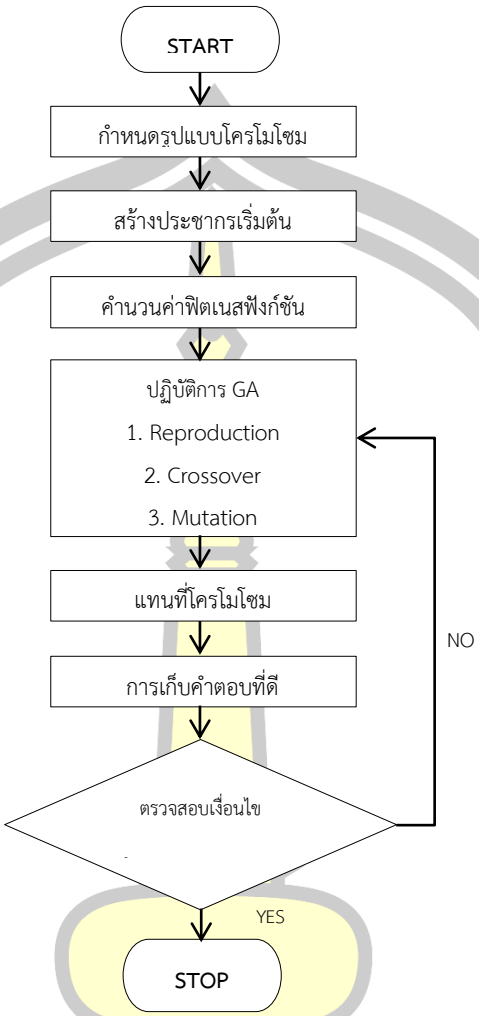
ที่คาดหวังของผู้พัฒนาวิธีการอยู่แล้ว ในการเปรียบเทียบวิธีการเมตาฮิวริสติกที่พัฒนาเพื่อแก้ปัญหาเดียวกัน การที่จะบอกได้ว่าวิธีการใดมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการใด มักจะเปรียบเทียบคุณภาพของคำตอบเมื่อทำการประมวลผลหรือดำเนินการวิธีการในเวลาเท่า ๆ กัน

2.1.8 วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm – GA) เป็นเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์ (AI : artificial intelligence) อย่างหนึ่งที่ใช้ในการค้นหา การเพิ่มประสิทธิภาพ และการเรียนรู้ (Search, Optimization, and Learning) ด้วยการเลียนแบบทฤษฎีการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ โดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีจุดเด่นในด้านความทนทานต่อความผิดพลาดในการค้นหาคำตอบจากแหล่งข้อมูลที่มีความซับซ้อนและยากที่จะสร้างแบบจำลองด้วยสมการคณิตศาสตร์ เนื่องจากเป็นกระบวนการค้นหาที่ไม่มีความเฉพาะเจาะจงกับแบบจำลองหรือลักษณะเฉพาะของข้อมูลแบบใดแบบหนึ่ง ด้วยเหตุนี้ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การจัดตารางเวลา (Timetable Scheduling) การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ (Control System Design) การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบท่อส่งก๊าซ (Gas Pipeline Optimization) การพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI : artificial intelligence) ที่สามารถเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมได้ (Genetic Based Machine Learning) เป็นต้น

โดยหลักการของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม เป็นการเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการตามธรรมชาติ เพื่อพัฒนาหรือทำการวิวัฒนาการคำตอบที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา การทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังแสดงในภาพที่ 3

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของ GA

หลักการของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

ความสำเร็จของกระบวนการวิวัฒนาการในธรรมชาติในการคัดเลือกสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม การกลายพันธุ์เพื่อเปิดโอกาสในการพัฒนาสายพันธุ์ และการอยู่รอดของเผ่าพันธุ์ด้วยการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงการส่งต่อลักษณะทางพันธุกรรมของเผ่าพันธุ์ที่เหมาะสมในลักษณะของการถ่ายทอดและผสมยีนของรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกหลาน ได้กลายเป็นแรงบันดาลใจของมนุษย์ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นแนวคิดที่ริเริ่มโดย John Holland ในการค้นหาคำตอบในการแก้ปัญหาด้วยการเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ

จุดเด่นของการค้นหาด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม คือ ความอ่อนตัวและความทนทานต่อความผิดพลาดและความแตกต่างของแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการค้นหาคำตอบ โดยทั่วไปแล้วการ

แก้ปัญหาและการค้นหาคำตอบจากชุดข้อมูลด้วยกระบวนการค้นหาและทำให้มีผลดีที่สุดแบบดั้งเดิม (Conventional Search and Optimization Techniques) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ การค้นหาด้วยหลักการแคลคูลัส (Calculus Based Search) การค้นหาแบบแจกแจงทีละข้อมูล (Enumerative Search) และการค้นหาแบบสุ่ม (Random Search) ซึ่งแต่ละแบบมีจุดแข็งและจุดอ่อนที่แตกต่างกันตามลักษณะเฉพาะสำหรับชุดข้อมูลที่ต้องการค้นหาคำตอบ

กระบวนการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เป็นการเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ โดยเริ่มต้นจากการกำหนดปัญหาในรูปของยีนและโครโมโซม และการกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในกระบวนการวิวัฒนาการชุดคำตอบ จากนั้นจะกำหนดชุดคำตอบชุดแรก (Initial Generation) ในรูปของโครโมโซมด้วยการสุ่มและนำชุดคำตอบนั้นเข้าสู่กระบวนการวิวัฒนาการ ซึ่งเป็นกระบวนการต่อเนื่องที่ประกอบด้วยตัวดำเนินการ (Operator) ได้แก่ การสืบพันธุ์ (Reproduction) การผสมยีน (Crossover) กับการกลายพันธุ์ (Mutation) และนำไปประเมินความเหมาะสมด้วยฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การกำหนดยีนและโครโมโซมในวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการในวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม มักกำหนดในรูปของแถวของอักขระ (String of Alphabet) หรือแถวของเลขฐานสอง (Bit string) เทียบเท่ากับแถวโครโมโซมที่ประกอบด้วยยีนย่อย ๆ ในลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ การกำหนดโครโมโซมอย่างง่ายในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มักกำหนดเป็นเซตของยีนที่เป็นเลขฐานสอง เช่น โดยตำแหน่งของยีนแต่ละยีนในโครโมโซมจะแทนลักษณะขององค์ประกอบย่อยของชุดคำตอบของปัญหา ซึ่งโครงสร้างของโครโมโซม และชุดคำตอบที่ถอดรหัสจากโครโมโซมมาแล้วจะเทียบได้กับ Genotype และ Phenotype ตามลำดับ ตามทฤษฎีของ Mendel ซึ่งการกำหนดยีนและโครโมโซมสามารถกำหนดในรูปแบบอื่นได้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างขององค์ประกอบย่อยของคำตอบ และลักษณะของปัญหาที่ต้องการแก้ ตัวอย่างเช่น กำหนดโครโมโซมเป็นเซตของยีนที่เป็นเลขฐานสิบ หรือกำหนดโครงสร้างของโครโมโซมเป็น Matrix ของยีนที่เป็นตัวเลขหรือตัวอักษร ตามความต้องการและลักษณะของปัญหา

ตัวอย่างของการกำหนดยีนและโครโมโซมเพื่อใช้แสดงค่าของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ ในช่วงจำนวนเต็ม $x = [0,31]$ สามารถแสดงได้โดยโครโมโซมที่เป็นเซตของยีนที่เป็นเลขฐานสองจำนวน 5 หลัก ตามตัวอย่างดังนี้

โครโมโซม	$f(x) = x^2$
01101	169
11000	576
01000	64
10011	361
01100	144
11001	625
11011	729
10000	256

ภาพที่ 4 เซตของยีนแสดงในเลขฐานสอง

2. ตัวเนินการ (Operator) ที่ใช้ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ประกอบด้วย ตัวดำเนินการหลัก ได้แก่ การสืบพันธุ์ (Reproduction) การผสมยีน (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) โดยมีลำดับการนำไปใช้ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ตาม Pseudo Code ดังนี้

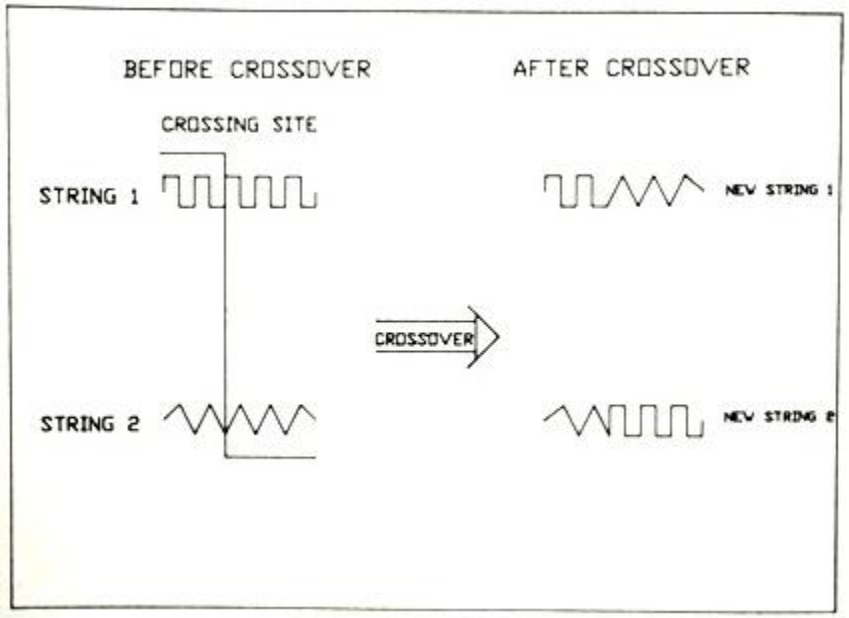
Genetic Algorithm Pseudo Code

```
Begin
Set generation g=0;
Initialize population;
While termination condition is not met, do
        Begin
        Evaluate fitness;
        Select most fit individuals for reproduction;
        Crossover genes from selected individuals;
        Mutation based on probability;
        Replace weak candidates with better offspring;
        Set generation g=g+1;
        End
```

ภาพที่ 5 Pseudo Code สำหรับวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

การสืบพันธุ์ (Reproduction) เป็นการสร้างประชากรใหม่ด้วยการสำเนาซ้ำจากการคัดเลือกประชากรชุดเดิม ด้วยการใช้ความน่าจะเป็นตามคะแนนความเหมาะสมที่ได้จากการประเมินด้วยฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) ซึ่งเป็นการเลียนแบบกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural Selection) โดยสายพันธุ์ตามธรรมชาติที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมมากกว่าจะมีโอกาสในการอยู่รอดและสืบทอดสายพันธุ์ได้มากกว่าวิธีการทั่วไปที่ใช้สำหรับการคัดเลือกประชากรในกระบวนการสืบพันธุ์ของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ได้แก่ การคัดเลือกแบบ Roulette Wheel คือการสุ่มเลือกด้วยการกำหนดความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกตามสัดส่วนของคะแนนความเหมาะสมของประชากรจากผลรวมคะแนนทั้งหมด การคัดเลือกแบบ Tournament คือการสุ่มจับคู่เปรียบเทียบจากกลุ่มประชากรและคัดเลือกผู้ชนะจากการเปรียบเทียบนั้น และการคัดเลือกแบบ Linear Ranking คือการจัดอันดับคะแนนความเหมาะสมของประชากรและกำหนดความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกตามการจัดอันดับนั้น

การผสมยีน (Crossover) เป็นการนำเอาโครโมโซมในประชากรที่ได้จากการสืบพันธุ์มาจับคู่และผสมยีนระหว่างกันให้ได้โครโมโซมใหม่เพื่อหาลักษณะทางพันธุกรรมใหม่ที่มีความเหมาะสมดีกว่า วิธีการผสมยีนที่นิยมใช้คือการผสมยีนแบบจุดเดียว (Single-Point Crossover) คือการสุ่มเลือกจุดผสมยีนเพียงจุดเดียว และสลับยีนระหว่างคู่โครโมโซมพ่อแม่เพื่อให้ได้โครโมโซมลูก นอกจากนี้ ยังมีวิธีการอื่นในการผสมยีน เช่นการผสมยีนแบบสองจุด (Two-Point Crossover) และการผสมยีนแบบสม่ำเสมอ (Uniform Crossover) เป็นต้น



ภาพที่ 6 การผสมยีนแบบจุดเดียว

การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นกระบวนการที่ช่วยเสริมความสมบูรณ์ของการสืบพันธุ์และการผสมยีน เนื่องจากการคัดเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมในกระบวนการสืบพันธุ์และผสมแลกเปลี่ยนยีนจะสามารถสร้างโครโมโซมใหม่ที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีขึ้นกว่าเดิมได้ โดยเป็นการอาศัยข้อมูลจากโครโมโซมเดิมที่มีอยู่แล้ว และอาจไม่สามารถค้นพบโครโมโซมที่ดีกว่าภายนอกข้อมูลในกลุ่มประชากรของโครโมโซมเดิม การกลายพันธุ์เป็นการช่วยให้สามารถค้นพบคำตอบที่อาจไม่มีข้อมูลอยู่ในกลุ่มประชากรของโครโมโซมเดิมได้ด้วยการสุ่มเปลี่ยนยีนในโครโมโซมในอัตราความน่าจะเป็นที่ค่อนข้างต่ำ

3. การกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) เป็นการกำหนดเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของโครโมโซม ฟังก์ชันความเหมาะสมอยู่ในรูปแบบที่สามารถคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เช่น ฟังก์ชันเชิงเส้นหรือฟังก์ชันเมทริก โดยใช้ข้อมูลจากโครโมโซม ได้แก่ ยีนและตำแหน่งของยีนในโครโมโซม นอกจากนี้ ฟังก์ชันความเหมาะสมยังสามารถรวมการคำนวณข้อจำกัด (Constraints) เช่น ค่าใช้จ่ายและทรัพยากรอื่นที่จำเป็น

2.1.9 การค้นหาคำตอบแบบทาบู (Tabu Search)

การค้นหาคำตอบแบบทาบู (Tabu Search) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบแบบเมตาฮิวริสติก (Meta - Heuristics) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากในการนำมาแก้ปัญหาที่ไม่เป็นโพลีเมียล (NP-Problem) เช่น ปัญหาการกำหนดเส้นทางการขนส่งรถบรรทุก หรือปัญหาการจัดตารางการผลิต ซึ่งเป็นการยากที่จะหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปัญหานั้นมีขนาดใหญ่ (NP-hard) การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดอาจใช้เวลาในการคำนวณมาก หรือเป็นไปไม่ได้ที่หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด วิธีการค้นหาคำตอบแบบเมตาฮิวริสติกจึงถูกนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหา เนื่องจากใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่า อีกทั้งยังสามารถให้คำตอบที่ยอมรับได้ในการนำไปใช้งานจริง

การค้นหาคำตอบแบบทาบู [12] ใช้สำหรับแก้ปัญหาคำตอบที่ดีที่สุดในคณิตศาสตร์เชิงการจัดการ เช่น ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling salesman problem) กระบวนการทำงานของการค้นหาคำตอบแบบทาบู คือ ในแต่ละรอบการทำงานปัจจุบัน เมื่อสิ้นสุดการทำงานและพร้อมที่จะไปทำงานในรอบการทำงานถัดไป จะเลือกผลเฉลยบริเวณใกล้เคียงที่มีคะแนนสูงที่สุดจากฟังก์ชันประเมินผลที่กำหนดขึ้น แล้วเคลื่อนย้ายจากผลเฉลยปัจจุบันไปแก้ปัญหาของผลเฉลยบริเวณใกล้เคียง จนกระทั่งพบเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือเข้าเงื่อนไขจบการทำงานจึงหยุดการค้นหา ผลเฉลยที่ถูกแก้และยอมรับแล้วในรอบทำงานปัจจุบันจะถูกบันทึกไว้ในรายการต้องห้าม (tabu list) โดยในการแก้ปัญหาในรอบถัดไปจะรวมการพิจารณาผลจากรายการต้องห้าม ซึ่งเป็นผลเฉลยจากเส้นทางที่ได้เคลื่อนผ่านมาแล้วและหลีกเลี่ยงไม่พิจารณาปัญหาซ้ำอีกครั้งเพราะจะทำให้ไม่สามารถทำงานได้จบ

เป็นการบังคับให้แผ่ขยายขอบเขตการค้นหาไปยังพื้นที่ในส่วนที่ยังไม่ได้รับการค้นหาวิธีการค้นหาแบบทาบูมีความแตกต่างจากเมตาฮิวริสติกแบบอื่น ๆ ตรงที่ไม่ได้อาศัยการสุ่มหรือการเลือกจากความน่าจะเป็น แต่เป็นวิธีการค้นหาแบบดีเทอร์มินิสติก (Deterministic) ซึ่งค้นหาคำตอบจากบริเวณข้างเคียงคำตอบที่ดีที่สุดในขณะนั้น โดยจะมีข้อห้ามไม่ให้ค้นหาซ้ำกับเซ็ตของคำตอบเดิมที่มีอยู่ หรือที่เรียกว่า รายการต้องห้าม(Tabu list) ซึ่งวิธีการห้ามดังกล่าวจะเป็นการห้ามเพื่อมิให้ต้องไปหาผลเฉลยเดิม หรือหลงในวัฏจักร (Cyclic) ซึ่งจะส่งผลไม่สามารถหาคำต้องที่ดีขึ้นได้ วิธีการค้นหาแบบทาบูนั้นเป็นที่ยอมรับว่าสามารถที่จะหลีกเลี่ยงการให้คำตอบสุดท้ายที่เป็นค่า Local optimum และยังสามารถค้นหาต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้คำตอบใกล้เคียงกับค่า Global optimum

วิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบูประกอบไปด้วยรูปแบบการค้นหา 2 รูปแบบที่สำคัญ คือ การค้นหาคำตอบโดยใช้หน่วยความจำระยะสั้น (Short Term Memory) และการค้นหาโดยใช้หน่วยความจำระยะยาว(Long Term Memory) ซึ่งการค้นหาคำตอบโดยใช้หน่วยความจำระยะสั้นถือเป็นหน่วยความจำตามเวลา (Recency Base Memory) หมายถึงการค้นหาอดีตหรือการจดจำประสบการณ์การค้นหาที่ผ่านมาเพียงระยะสั้น ในทางตรงกันข้ามการค้นหาคำตอบโดยใช้หน่วยความจำระยะยาวซึ่งถือเป็นหน่วยความจำความถี่ (Frequency Base Memory) หมายถึงการค้นหาคำตอบที่ต้องจดจำในอดีตหรือประสบการณ์ที่ผ่านมาเพื่อช่วยให้การค้นหาคำตอบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากหลักการการค้นหาคำตอบแบบทาบูสามารถสรุปขั้นตอนการทำงานกับปัญหาการจัดตารางการทำงานได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution)

ในการสร้างเซ็ตของคำตอบเริ่มต้นจากวิธีการสุ่ม (Random) รายวิชาทุก ๆ รายวิชาในตารางสอนเริ่มต้นเพื่อหาเซ็ตคำตอบใกล้เคียง

ขั้นตอนที่ 2 สร้างเซ็ตของคำตอบใกล้เคียง (Best Neighborhood)

โดยการนำเซ็ตคำตอบเริ่มต้นที่ได้มาใช้ในการสร้างเซ็ตของคำตอบข้างเคียง ซึ่งจำนวนของเซ็ตคำตอบข้างเคียงจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนรายวิชา ซึ่งแต่ละเซ็ตคำตอบเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของรายวิชาทีละรายวิชา โดยจะกำหนดให้เซ็ตคำตอบข้างเคียงที่เป็นไปได้ตั้งแต่ 1 ถึง k

ขั้นตอนที่ 3 เลือกเซ็ตคำตอบใกล้เคียงที่ดีที่สุด (Best Neighborhood)

ในการพิจารณาหาเซ็ตคำตอบข้างเคียงที่ดีที่สุดของปัญหาการจัดตารางสอนจะนำเซ็ตคำตอบข้างเคียงทั้งหมดมาประเมินหาค่าฟิตเนส (Fitness) ซึ่งได้จากการตรวจสอบการละเมิดเงื่อนไขที่กำหนดทั้งเงื่อนไขบังคับและเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ เมื่อได้ค่าฟิตเนสของทุกเซ็ตคำตอบจึงเลือกเซ็ตคำตอบข้างเคียงที่ดีที่สุด คือ เซ็ตคำตอบที่มีค่าฟิตเนสสูงที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบรายการต้องห้าม (Tabu List)

เมื่อได้เซ็ตคำตอบข้างเคียงที่ดีที่สุด จะมีการตรวจสอบรายการต้องห้าม หาก

ตารางสอนที่ได้ไม่ตรงกับรายการต้องห้ามจะถูกนำไปเพิ่มในรายการต้องห้าม และใช้เป็นเซ็ตคำตอบเริ่มต้นในการทำงานรอบถัดไป

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบรอบการทำงาน (Stopping Criteria)

เป็นการตรวจสอบรอบการทำงานว่าค้นหาคำตอบครบรอบตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยในการกำหนดจำนวนรอบการทำงานนั้น จะพิจารณาคุณภาพของคำตอบที่ต้องการ เพราะหากต้องการคำตอบที่มีคุณภาพสูงก็ต้องกำหนดจำนวนรอบในการทำงานมากขึ้น

2.1.10 วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู

การจัดตารางสอนด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงได้มีการผสมการทำงานร่วมกันระหว่างวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู โดยหลังจากที่มีการคัดเลือกประชากรเริ่มต้นใหม่เสร็จ จะนำประชากรเหล่านี้มาทำการปรับปรุงด้วยวิธีการหาคำตอบแบบทาบู โดยเริ่มต้นด้วยการสร้างเซ็ตคำตอบข้างเคียง และเลือกประชากรทีละ 1 ตัว มาเข้ากระบวนการหาคำตอบแบบทาบู และนำมาเลือกคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้ตรวจสอบกระบวนการต้องห้ามแล้วมาตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด หากตรงตามเงื่อนไขจะกลับไปทำงานในส่วนของการสร้างเซ็ตคำตอบข้างเคียงใหม่ จนกว่าจะพบเงื่อนไขที่กำหนด

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาการพัฒนาวิธีการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู โดยได้ทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ซึ่งงานวิจัยของฉัตรดนัย พยัคพงษ์ [13] ได้ใช้วิธีการหาคำตอบแบบทาบูมาปรับปรุงกระบวนการคัดเลือก และเพิ่มวิธีการซ่อมแซม และในงานวิจัยของ Jat และ Yang [14] ได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดตารางสอนด้วยการปรับปรุงกระบวนการคัดเลือกของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยการค้นหาแบบทาบู ซึ่งจากงานวิจัยทั้งสองงาน พบว่า การจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู ให้ผลดีกว่าการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยในประเทศ

ฉัตรดนัย พยัคฆพงษ์ [13] ได้พัฒนาวิธีการจัดตารางสอนอัตโนมัติบนพื้นฐานวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสม โดยเพิ่มวิธีการซ่อมแซมและการใช้การค้นหาคำตอบแบบทาบูในกระบวนการคัดเลือก ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง คือ 1) การหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ซึ่งพบว่า ค่าความน่าจะเป็นการข้ามสายพันธุ์ที่มีค่า 0.9 และ

ความน่าจะเป็นการกลายพันธุ์ที่มีค่า 0.3 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด 2) การศึกษาถึงผลกระทบของกระบวนการการซ่อมแซม โดยเป็นการเปรียบเทียบอัลกอริทึมระหว่างวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม จากการทดลองพบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานมากกว่าเล็กน้อย แต่ได้ค่าฟิตเนสที่สูงกว่าแบบปกติอย่างชัดเจน และ 3) การศึกษาถึงผลกระทบของขนาดข้อมูล โดยแบ่งขนาดของข้อมูลเป็นขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ และเปรียบเทียบอัลกอริทึมระหว่างวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู จากผลการทดลองพบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบูให้ค่าฟิตเนสที่ดีที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดในกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่

นุกูล โชตเศรษฐ์ [15] ได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับการจัดตารางสอน ด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมมาปรับปรุงการเข้ารหัส การไขว้เปลี่ยน และการคัดเลือก เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัญหา ซึ่งโปรแกรมประยุกต์นี้สามารถจัดตารางสอนได้โดยอัตโนมัติ โดยได้ออกแบบส่วนประสานกับผู้ใช้ (User Interface) เป็นแบบกราฟิก ซึ่งการจัดตารางสอนไม่มีข้อขัดแย้งกับข้อบังคับหลักและข้อบังคับรอง และใช้เวลาน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดตารางสอนด้วยมือ

วุฒิพงษ์ ชินศรี และคณะ [3] ได้ทำการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ และอภิปราย ด้วยวิธีการในกลุ่มเมตาฮิวริสติก ที่มีการนำมาใช้ในการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัยโดยส่วนใหญ่ ได้แก่ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม วิธีการจำลองการอบเหนียว การค้นหาคำตอบแบบทาบู และการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีอาณานิคมมด และได้นำข้อสรุปและข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

เอกสิทธิ์ คลังเงิน [16] ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยในการจัดตารางสอนโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) โดยใช้ข้อมูลจริงจากภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และกำหนดเงื่อนไข 2 แบบ ได้แก่ เงื่อนไขบังคับ (Hard Constraints) และเงื่อนไขที่อาจผ่อนปรนได้ (Soft Constraints) จากการวิจัยพบว่า ผลลัพธ์ที่ได้มีประสิทธิภาพที่ดี ทั้งในด้านเวลา และความถูกต้องของการสร้างตารางสอน

2.2.2 งานวิจัยต่างประเทศ

EiShwe Sin และNang Saing Moon Kham [17] ในการจัดตารางสอน ในระดับมหาวิทยาลัยเป็นเรื่องยากในการแก้ปัญหาเป็นประจำทุกปีการศึกษา งานวิจัยนี้ได้อภิปราย โดยมุ่งเน้นวิธีการที่เป็นที่รู้จักในกลุ่มเมตาฮิวริสติกที่มีการนำมาใช้แก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัยบนพื้นฐานทฤษฎี hill-climbing ร่วมกับ simulated annealing algorithms โดยมีชื่อ

ใหม่ว่า Great Deluge algorithm ในการแก้ปัญหาข้อมูลขนาดใหญ่ มีข้อจำกัดบังคับที่เข็มงวดในการจัดตารางสอบจากขอบเขตที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปในการมุ่งเน้นวิธีการในกลุ่มฮิวริสติกมี 2 ขั้นตอนหลัก [17] งานวิจัยนี้เน้นไปที่อย่างหลังคือการพัฒนาโครงร่างในกลุ่มฮิวริสติก โดยงานวิจัยนี้สนับสนุนไปที่การใช้งาน Great Deluge (GD) ในการสนับสนุนโครงร่างในกลุ่มฮิวริสติกในการทดสอบกระบวนการในมาตรฐานในแก้ไขปัญหาในการจัดการตารางเรียน ตารางสอนที่ดีที่สุดและการเปรียบเทียบการวิเคราะห์การรายงานผล โดยการทดสอบวิธีการในกลุ่มฮิวริสติก 3 วิธี คือ RL-FD, RL-NLGD ,RL-EGD ด้วยข้อมูล 36 ตัวอย่าง โดยข้อมูลที่ใช้งานในวิจัยได้มาจากการสุ่มข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจากลิงค์ http://www.asap.cs.nott.ac.uk/resources/data.shtml โดยการใช้ภาษา Java ในการทดสอบอัลกอริทึมปัจจุบันยังมีหลายงานวิจัยยังคงหาวิธีที่เหมาะสมในการเลือกวิธีการในกลุ่มฮิวริสติกไปประยุกต์ใช้ในการจัดตารางสอบในระดับมหาวิทยาลัยเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาในการจัดตารางสอบเพื่อลดระยะเวลาและความยุ่งยากในการจัดตารางสอน ปัญหาและข้อเสนอแนะในการเริ่มต้นวิธีการในกลุ่มฮิวริสติก พบว่า เป็นวิธีที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนโดยวิธีการ RL-EGD HH เป็นวิธีการที่เหมาะดีกว่าอีก 2 วิธีการในการแก้ปัญหา

Arindam Chaudhuri และ Kajal De [18] ปัญหาการจัดตารางหลักสูตรมหาวิทยาลัย เป็นกลุ่มความซับซ้อนของปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพซึ่งขาดวิธีการการวิเคราะห์และการแก้ปัญหา ซึ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในช่วงระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมาในระดับมหาวิทยาลัย ในหลายอัลกอริทึมได้เสนอการใช้วิธีการสนกลุ่มฮิวริสติก งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการ Fuzzy Genetic Heuristic Algorithm ในการแก้ไขปัญหา โดยใช้วิธีการขั้นตอนวิธีทางเชิงพันธุกรรมขนาดเล็กและการค้นหาเฉพาะที่ กรณีศึกษาที่ St. Xavier's CollegeIndia โดยการกำหนดรูปแบบเงื่อนไขที่อาจผ่อนปรนได (Soft Constraints) ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่พึงปฏิบัติได้ตามหากทำได้ในวิธีการหาค่าความเหมาะสมในวิธีทางพันธุกรรมที่ไม่แน่นอนในข้อมูล เงื่อนไขบังคับ (Hard Constraints) ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ละเมิดไม่ได้ที่เจ้าหน้าที่ได้กำหนดไว้ ในการเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมเกณฑ์มาตรฐานการลดความซ้ำซ้อนของกระบวนการในอนาคตงานวิจัยนี้ได้นำไปใช้งานในการจัดตารางเรียนตารางสอนของมหาวิทยาลัย St. Xavier's CollegeIndia ในงานวิจัยนี้ใช้ Fuzzy Genetic Heuristicในการนำเสนอเพื่อแก้ไขปัญหาโดยใช้เทคนิคการจัดลำดับความสำคัญทางอ้อมในการจัดสรรเหตุการณ์และการสร้างตารางเรียนตารางสอนที่เหมาะสมขึ้นโดยใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่การกำหนดรูปแบบเงื่อนไขที่ผ่อนปรนได้ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่พึงปฏิบัติได้ตามหากทำได้ ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาที่เหมาะสมนำไปใช้งานจัดตารางเรียนตารางสอนในมหาวิทยาลัย St. Xavier's College ได้อย่างดี อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ยังคงใช้เวลานานในการดำเนินการ และยังมีข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อยอดในอนาคตด้วยการวิธีการอื่นด้วย เช่น Neuro Fuzzy Genetic or Rough Fuzzy Genetic เพื่อแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อน

Juliana Wahid และ NaimahMohdHussin [19] การหาค่าเหมาะสมที่ดีที่สุดด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคในการจัดหลักสูตรตารางเรียนตารางสอน แผนการดำเนินการในขั้นตอนการดำเนินการที่เจาะจงที่มีองค์ประกอบที่เกิดจากการพิจารณาจาก HarmonyMemory (HM) การพิจารณาแบบสุ่มและการปรับระดับเสียง ในการพิจารณาหน่วยความจำค่าของจำนวนที่แน่นอนสำหรับวิธีการแก้ปัญหาใหม่ที่ได้รับการคัดเลือกจากจำนวนหลักสูตรอื่น ๆ ทั้งหมดที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันของหน่วยความจำ งานวิจัยเอกสารนี้ได้นำเสนอการใช้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมากที่สุดของจำนวนหลักสูตรที่ได้กำหนดไว้ในความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน หลักสูตรที่เหลือที่ยังไม่ได้รับการกำหนดค่าจะถูกกำหนดค่าโดยการพิจารณา HM ผ่านการพิจารณาแบบสุ่มจะเลือกแทนที่ในตำแหน่งที่ของ HM ในตำแหน่งที่แย่ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ New HarmonyMemory (NHM) ซึ่งจะแต่ละหลักสูตรจะถูกกำหนดเวลาให้ออกจากการพิจารณาของ HM โดยมีขั้นตอนการพิจารณา 8 ขั้นตอน อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น สำหรับวิธีการที่ปรับเปลี่ยนที่เหมาะสมทำให้วิธีการนี้ทำงานได้ดีขึ้นในการจัดการตารางเรียนตารางสอนและนำเสนอวิธีการ Harmony Search Algorithm (HSA) สำหรับการแก้ปัญหา Curriculum-Based Course Timetabling Problem (CB-CTT) โดยข้อมูลที่ใช้งานการทดสอบ 21 ข้อมูล ได้มาจากข้อมูล ITC-2007 [5, 18, 20-23] วิธีการนำเสนอในการเขียนภาษา C++ ด้วยเครื่องมือ Microsoft Visual Studio 2008 บนระบบปฏิบัติการ Windows Vista คุณสมบัติเครื่อง Intel Machine with Core TM and a 2.16GHz processor and 1GB RAM

Zan Wang และ Jin-lan Liu [20] ได้ค้นพบปัญหาใหม่เกี่ยวกับการร่วมกันระหว่างการร่วมคลาสสำหรับการจัดตารางเรียนตารางสอน ของวิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยเทียนจิน เนื่องจากมีวิธีการซึ่งได้ผลลัพธ์ที่ดีสามารถที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพและลดขั้นตอนที่ซับซ้อนลงในการจัดตารางเรียนตารางสอน ปัญหาที่เหมาะสมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองที่จะค้นหาค่าสูงสุดของกราฟย่อยที่เกี่ยวโยงกันในกราฟที่ไม่เชื่อมต่อกันโดยสิ้นเชิง ขั้นแรกใช้กระบวนการค้นหาในแนวลึกก่อนค้นหาข้อมูลลูกที่ต่ออยู่จะได้รับหมายเลขของกราฟย่อยที่เกี่ยวโยงกัน จากนั้นจำลองวิธีการอบเหนียวก่อนจนกลายเป็นวิธีการลอกแบบ (Memetic algorithm) ที่เพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาสุดท้ายแล้วใช้ข้อมูลตัวอย่างจากฐานข้อมูลกลางในการทดสอบวิธีการดำเนินการ ผลปรากฏว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอมีประสิทธิภาพและทำงานรวมกันได้ประสบความสำเร็จ

Fangming Guo และ Hua Song [24] การแก้ไขปัญหาในการจัดตารางเรียนตารางสอนเน้นการใช้งานทฤษฎีการเรียนรู้แบบเสริมกำลังในการสร้างต้นแบบ แนวความคิดใหม่ในการแก้ไขปัญหาโดยการใช้เส้นทิศทางในการจัดตารางเรียนตารางสอน ในขณะเดียวกันในการทำเหมืองข้อมูลโดยใช้พื้นฐานของในการจำแนกข้อมูลโดยใช้ตัวจำแนกไนท์อีฟเบย์ในดำเนินการออกแบบผลลัพธ์แสดงให้เห็นความรู้ที่ใช้ในการจัดตารางเรียนตารางสอนสามารถจัดได้อย่างรวดเร็วโดยขั้นตอนวิธีการจำแนก

ข้อมูลแบบไนท์อีฟเบย์ การจำแนกตารางเรียนตารางสอนโดยขั้นตอนวิธีการจำแนกข้อมูลแบบไนท์อีฟเบย์มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน [24] โดยใช้ภาษา C++ ในการทดสอบ ระบบฐานข้อมูล Oracle 10g

YANG TING-HONG , DAN QI , S HEN XIAO-NA , ZHAO JING ,XIE LI [22] ให้ความสนใจกับความต้องการของการวางแผนการจัดตารางเรียนสอน ตารางสอนของมหาวิทยาลัย ต้องเร่งรีบในการจัดการตารางเรียน ตารางสอน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเร่งด่วนของงานตารางเวลาขึ้นอยู่กับแต่ละมหาวิทยาลัย วิธีที่ง่ายที่สุดในการแก้ปัญหาของตารางเวลาคือวิธีการแก้ปัญหาแบบการย้อนกลับ แต่ NP-hard เป็นปัญหาที่แตกต่าง ความยากง่ายของปัญหาเพิ่มขึ้นกับการขยายตัวของตารางเรียน ตารางสอนดังนั้นเราจึงไม่สามารถหาทางออกที่ดีที่สุดได้

SehranehGhaemi , Mohammad TaghiVakili Ali,Aghagolzadeh [21] การแก้ไขปัญหาในการจัดตารางเรียน ตารางสอนเป็นเรื่องที่ยากที่จะแก้ไขปัญหาในวิธีการแบบเดิม สามารถแก้ไขปัญหาด้วยวิวัฒนาการใหม่ ซึ่งในการวิจัยนี้ได้นำเสนอใน 2 วิธี คือ 1.Modified genetic algorithm 2.Cooperative genetic algorithm[21] ผลการปรับเปลี่ยนพื้นฐานขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมพบว่าทำงานได้ดีขึ้นโดยมีนัยสำคัญขึ้นอยู่กับผลการปรับเปลี่ยนขั้นพื้นบ้านของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยมีข้อเสนอแนะ คือ ประเภทของโคโมโซมที่เป็นต้นแบบต้องมีจำนวนของแต่ละยีนที่น้อย ดังนั้นอัลกอลิทึมจะใช้เวลาในการทำงานสั้นลง นอกจากนั้นยังมีการแข่งขั้นเพื่ออันดับที่ดีกว่าของโคโมโซมการเลือกให้ค่านำหนักของวิธีการ Modified genetic algorithm และ Cooperative genetic algorithm

Salwani Abdullah และHamzaTurabieh [23] การจัดตารางสอบไม่ได้เป็นเรื่องที่ง่ายในระดับมหาวิทยาลัย เป็นผลที่ในหลายวิธีที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหา ส่วนใหญ่เนื่องจากความซับซ้อนสูง นอกจากนี้แต่ละองค์กรการศึกษามีกฎของตัวเองและมีคุณสมบัติที่ไม่แตกต่างกันงานวิจัยนี้ได้นำเสนอพื้นฐานการค้นหาแบบทาบูขั้นตอนวิธีการลอกแบบร่วมกับขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรมด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบูเพื่อเสนอให้เป็นวิธีที่ใช้ในการจัดตารางสอบ ขั้นตอนวิธีนี้จะทำงานในชุดของโครงสร้างพื้นที่ใกล้เคียงกันในระหว่างขั้นตอนวิธีการค้นหาโดยมีจุดประสงค์ในการปรับปรุงที่สำคัญในการแก้ปัญหาให้มีคุณภาพ ระดับของโครงสร้าง neigh-bourhood ข้อมูลตัวอย่างได้มาจากการซุ่มจากฐานข้อมูลเปิดเผยกลาง ITC2007 [5, 18, 20-23] ซึ่งเป้าหมายโดยรวมของงานที่นำเสนอในบทความนี้คือการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของลำดับของโครงสร้างพื้นที่ใกล้เคียงกันในการแก้ไขปัญหาตารางเรียน ตารางสอบระดับมหาวิทยาลัย วิธีการที่ใช้ในการทดสอบมี 2 วิธี แต่มีประสิทธิภาพและการบริหารจัดการในการสร้างจำนวนผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ทำให้เห็นวิธีการอื่น ๆ ที่นำมาเปรียบเทียบ

Salem M. Al-Yakoob และ Hanif และSherali [25] มีความสนใจการแก้ไขปัญหาการจัดตารางเรียน ตารางสอนในระดับโรงเรียนมัธยมที่มีความแพร่หลายในหลายประเทศทั่วโลก และปัญหานี้ก็เป็นปัญหาในการจัดการตารางเรียน ตารางสอนในประเทศคูเวตเช่นกันปัญหาการจัดตารางเรียน

ตารางสอน ในระดับมัธยม เนื่องจากวิธีการแก้ไขปัญหาในปัจจุบันในการเขียนซอต์ฟแวร์ที่ใช้งานอยู่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอ 2 วิธีการในการแก้ไขปัญหา วิธีการแก้ปัญหาในการสร้างแบบจำลองโดยออกแบบโครงสร้างจำลองโดยกำหนดรายละเอียดของข้อมูลสัปดาห์ เวลา ช่องสำหรับการเรียน ขั้นตอนที่สองได้มอบหมายให้ครูผู้สอนในชั้นเรียน เป็นผู้แทนการสร้างตารางด้วยตัวเอง หลังจากนั้นได้ดำเนินการออกแบบเฟรมเวิกให้ทำงานในแบบโครงสร้างที่พิเศษ

HamedBabaei, JaberKarimpour, Amin [26] ในงานวิจัยนี้ได้เน้นไปที่ปัญหาการจัดหลักสูตรการสอนในระดับมหาวิทยาลัย พบว่าในการจัดตารางสอนประกอบไปด้วยข้อบังคับแบบเข้มงวดและข้อบังคับแบบผ่อนปรนที่มักใช้ในการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัยในงานวิจัยนี้ได้รีวิววิธีการดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วย การวิวัฒนาการขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม การหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอาณาจักรมด การค้นหาแบบทาบู การค้นหาเฉพาะที่
ใช้ฐานข้อมูล ITC-2002 and ITC-2007 [5, 18, 20-23] ในงานวิจัยนี้โดยมีการเปรียบเทียบกับ

- The study and comparison of algorithms on Socha et al. (2002) dataset
- The study and comparison of algorithms on Ben Paechter Dataset
- The study and comparison of algorithms on ITC-2002 dataset
- The study and Comparison of Algorithms on ITC-2007 and ITC-2007 CBCT Datasets
- Comparison of algorithms performances studied in Table 11

การสำรวจได้มุ่งเน้นไปที่วิธีการทำงานแบบหลายคนช่วยในการจัดการตารางเรียนตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัย ข้อดีของการทำงานแบบหลายคนช่วยคือมีความเป็นอิสระต่อกัน

Rakesh P. Badoni, D.K. Gupta , Pallavi Mishra [5] การพัฒนาการจัดตารางเรียนตารางสอนอัตโนมัติเพื่อลดระยะเวลาในการจัดการ ลดข้อผิดพลาด ลดกระบวนการในการทำงานลงปัญหาในการจัดการตารางเรียน ตารางสอน ตารางสอบ เป็นปัญหาที่สำคัญและมีความท้าท้ายในการแก้ไขปัญหาการจัดการตารางเรียน ตารางสอนงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการใหม่โดยการนำขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ มาใช้ในการแก้ไขปัญหาในงานวิจัยนี้ และเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นโดยข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบคือข้อมูลที่เปิดเผยจาก Rossi-Doria et al. datasets และ ITC2002 [5, 18, 20-23] ภาษาที่ใช้งานในทดสอบคือ C++จากการทดลองพบว่าเราจะได้ตารางสอนที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าข้อมูลที่ดี และพบว่า A new hybrid algorithm (NHA) มีประสิทธิภาพดีกว่า Genetic algorithm with local search (GALS) ในบางกรณี กล่าวโดยสรุปแล้วคือ NHA ให้ผลลัพธ์และประสิทธิภาพที่ดีกว่า GLAS

Bellio และ Ruggero [27] วิธีการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการการจำลอง การอบเหนียวกรณีศึกษาของ University Sains Islam Malaysia ในการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการการจำลอง การ

อบเหนียว ซึ่งเน้นที่จำนวนของปัญหาที่สำคัญในการพัฒนาวิธีการทั่วในการจัดตารางหรือปัญหาการ ในงานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการเบื้องต้นในการสร้างฟังก์ชั่นที่เหมาะสมที่นำไปใช้ในการกำหนดลักษณะเด่นของการจัดตารางเรียน ตารางสอน จากการทดลองพบว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในกรณีตัวอย่างของมหาวิทยาลัย

Asaju Bolaji, AhamadTajudinKhader, Mohammed AzmiAl-Betar , Mohammed A. Awadallah [28] การจัดการตารางเรียน ตารางสอน เป็นเรื่องที่ยุ่งยากและซับซ้อน มีทั้งข้อจำกัดของห้องเรียน อาจารย์ หลักสูตร และการกำหนดรูปแบบเงื่อนไขที่อาจผ่อนปรนได (Soft Constraints) ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่พึงปฏิบัติได้ตามหากทำได้ เงื่อนไขบังคับ (Hard Constraints) ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ละเมิดไม่ได้ที่เจ้าหน้าที่ได้กำหนดไว้ มีทั้งการจัดตารางสอนหลังลงทะเบียน (Post-Enrollment Course Timetabling: PE-CTT) ตารางสอนประเภทนี้จะถูกจัดหลังจากมีการลงทะเบียนเรียนของผู้เรียนที่จะทำการลงทะเบียนเรียนในรายวิชาต่าง ๆ และการจัดตารางสอนบนพื้นฐานหลักสูตร (Curriculum-Based Course Timetabling: CB-CTT) ตารางเรียน ตารางสอนประเภทนี้มักจะถูกจัดก่อนที่จะมีการลงทะเบียนเรียน เนื่องจากตารางสอนประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลการลงทะเบียนเรียนในการจัดตารางเรียน ตารางสอน โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิค metaheuristics ด้วยอัลกอริทึมอาณานิคมผึ้งเทียมร่วมกับขั้นตอนการค้นหาแบบปีนเขา ซึ่งได้นำอัลกอริทึมอาณานิคมผึ้งเทียมสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาในการขนส่งและอื่น ๆ

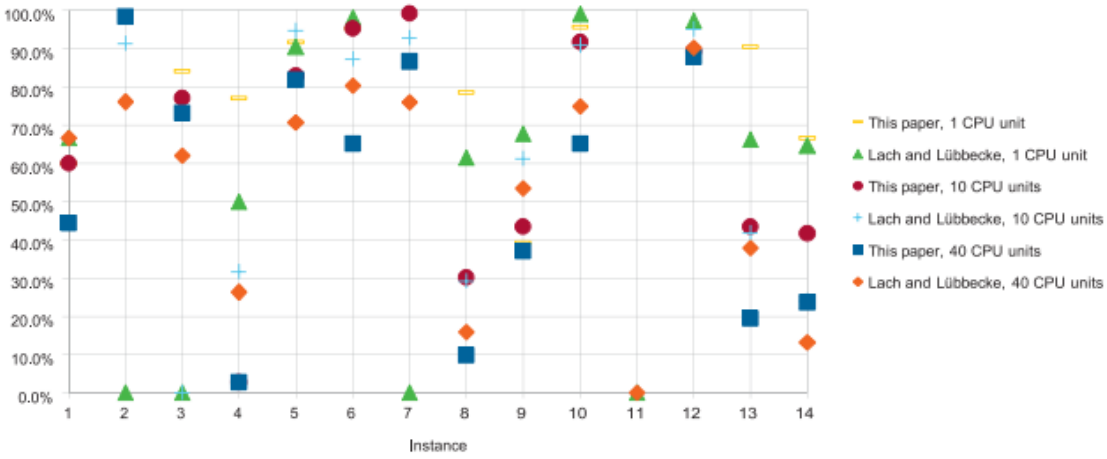
The best results achieved by hybridized-ABC and other heuristic techniques.

	Small 1	Small 2	Small 3	Small 4	Small 5	Medium 1	Medium 2	Medium 3	Medium 4	Medium 5	Large
Hybridized-ABC	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**73**	79	**132**	**69**	**61**	**462**
HHSA	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	99	**73**	135	112	87	498
RRLS	8	11	8	7	5	199	202.5	+	177.5	+	+
THH	1	2	**0**	1	**0**	146	173	267	169	303	1166
VNS	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	317	313	375	247	292	+
FMHO	10	9	7	17	7	243	325	249	285	132	1138
DCFHH	1	3	1	1	**0**	182	164	250	168	222	+
GHH	6	7	3	3	4	372	419	359	348	171	1068
RII	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	242	161	265	181	151	+
GD	17	15	24	21	5	201	190	229	154	222	1066
NGD	3	4	6	6	4	140	130	189	112	141	876
GDTS	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	78	92	135	75	68	556
MPCA	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	105	108	156	84	141	719
LARD	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	149	132	200	138	173	855
EGD	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	80	105	139	88	88	730
MA	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	227	180	235	142	200	+

ภาพที่ 7 ตารางผลการทดลอง แสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีการ hybridzed-ABC และ heuristic

Edmund K. Burkea, JakubMareceka, Andrew J. Parkesa, Hana Rudováb [6] ตั้งแต่ค.ศ. 2007 เป็นต้นมา ปัญหาในการจัดตารางเรียน ตารางซ้อนที่มีความซับซ้อนล่าช้า มีทั้งข้อจำกัดของห้องเรียน อาจารย์ หลักสูตร และการกำหนดรูปแบบเงื่อนไขที่อาจผ่อนปรนได (Soft Constraints) ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่พึงปฏิบัติได้ตามหากทำได้ เงื่อนไขบังคับ (Hard Constraints) ซึ่งเป็น

เงื่อนไขที่ละเมิดไม่ได้ที่เจ้าหน้าที่ได้กำหนดไว้ข้อมูลตัวอย่างได้มาจากการซุ่มจากฐานข้อมูลเปิดเผยกลาง ITC2002 และ ITC2007 [5, 18, 20-23]



ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบผลการทดลอง Lubbeckeและ Lach(sing CPLEX11)

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ hybrid metaheuristic ที่มีการประยุกต์ใช้ในการจัดตารางหลักสูตรของมหาวิทยาลัยที่มีข้อกำหนดรูปแบบเงื่อนไขที่อาจผ่อนปรนได้ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดตารางหลักสูตรmetaheuristic เป็นจุดเริ่มต้นที่ในการนำไปใช้งานแก้ปัญหาในการจัดตารางหลักสูตรของมหาวิทยาลัยที่มีข้อกำหนดรูปแบบเงื่อนไขที่อาจผ่อนปรนได้

E.K. Burke, A.J. Eckersley, B. McCollum, S.Petrovic, R.Qua [6] งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีแก้ไขปัญหาการจัดสอบด้วยวิธีการค้าหาพื้นที่ใกล้เคียง (Variable neighborhood search : VNS) ขั้นตอนพื้นฐานเราจะเตรียมข้อมูลที่แตกต่างกันนำมาให้อยู่ร่วมกันด้วยวิธีการหาความใกล้เคียงกันด้วยวิธีการขั้นตอนทางพันธุกรรมจำนวนข้อมูลที่มีความแตกต่างกันนำมาวิเคราะห์ พบว่า เทคนิคที่นำเสนอมีความสามารถเหมาะสมมีคุณภาพสูงในการแก้ไขปัญหาในความหลากหลายข้อมูลโดยเฉพาะอย่างยิ่ง แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการหาความใกล้เคียงของข้อมูลด้วยวิธีการหาพื้นที่ใกล้เคียงทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีในมุมมองของคุณภาพในการแก้ไขปัญหาในบางกรณี อย่างไรก็ตามใช้เวลาค่อนข้างมากในการทำงาน จากผลการทดลองพบว่าการใช้ VNS ในการแก้ไขปัญหาใช้ตัวแปรน้อยมากในการคำนวณจากการหาพื้นที่ใกล้เคียง พื้นที่ใกล้เคียงสามารถลบและเพิ่ม วิธีการในการค้นหาแบบเฉพาะที่ (Local Search Algorithm) สามารถนำมาใช้ในการย้ายข้อมูล พื้นฐานการทำงานของ VNS อาจมีการปรับปรุงเพราะการทำงานของวิธีการนี้ใช้เวลามากในการแก้ไขปัญหาที่มีขนาดใหญ่อาจจะใช้เวลาถึง 90 นาที ดังนั้น ในการนำไปใช้งานจริงในการจัดตารางสอบแล้ว 1 ปีการศึกษาจะต้องสอบเพียง 1 ครั้งต่อภาคเรียนซึ่งไม่ได้เป็นปัญหาในการใช้วิธีการนี้ในการแก้ไขปัญหาในการจัด

ตารางสอบ อย่างไรก็ตามอนาคตยังเป็นสิ่งที่น่าจะนำไปพัฒนาต่อให้ใช้เวลาให้น้อยลงในกระบวนการทำงาน

V. Cacchiani และCaprara และ Roberti และ Toth [7] ได้นำเสนอวิธีการใหม่ในการจัดตารางโดยการหาขอบเขตที่เล็กในการจัดการตารางหลักสูตร ซึ่งให้มีการกำหนดรายวิชาการบรรยายหลักสูตรมหาวิทยาลัยไปยังห้องพักและเวลาจำนวนมากในสัปดาห์ ซึ่งขอบเขตที่ต่ำจดโดนแยกด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ออกเป็นสองส่วน 1. พิจารณาปัญหาโดยการแยกออกเป็นส่วน ๆ ของการทำงานของแต่ละวัตถุประสงค์ 2. สรุปค่าที่เหมาะสมสอดคล้องหาได้โดยการกำหนดค่าสองส่วนแบบเป็นที่คำตอบเป็นจำนวนจริงเท่านั้น (ILPs) [7] วิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา (ILPs) โดยการใช้ขั้นตอนการฟื้นฟูคอลัมน์ จากการทดลองพบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาขอบเขตที่เล็กดีกว่าการใช้วิธีการอื่นในงานวิจัยนี้ และการทดลองในงานวิจัยนี้ใช้ฐานข้อมูลกลาง ทีม ITC2002 และ ITC2007 [5, 7, 18, 20-23] ในการเปรียบเทียบอัลกอลิทึม

Patrick Peter และ Berghe [29] นำเสนอการแก้ไขการจัดตารางเรียน ตารางสอนด้วยวิธีการ decomposed metaheuristic ได้กล่าวว่า สิ่งสำคัญในการแก้ปัญหานี้ในช่วงเวลาที่ทับซ้อนกันและตารางเวลาสัปดาห์ที่ผิดปกติ ในขั้นตอนแรกแนวทางที่จะช่วยลดจำนวนของอาสาสมัครผ่านการแนะนำของโครงสร้างใหม่ที่เรียกว่า เสา (pillars) ขั้นตอนต่อไปเกี่ยวข้องกับการค้นหาด้วยวิธีการเมตาฮิวริสติก (metaheuristic search) ที่จะแก้ปัญหาข้อจำกัด[29] ซึ่งแทนเราจะพยายามที่จะหาวิธีแก้ปัญหาสำหรับข้อจำกัด ทั้งหมดในครั้งเดียวสุดท้ายแล้วในงานนี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาย่อยสลายสำหรับการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ในที่ซับซ้อนในการแก้ไขปัญหาในการจัดตามรางเรียนตารางสอน ตารางการสอบ ในอนาคตในงานวิจัยนี้จะวัดถึงผลกระทบของการสลับการก่อสร้างเสาและขั้นตอนวิธีการแสดงผล ในการทำซ้ำขั้นตอนการก่อสร้างอาจนำไปสู่การค้นหาความห่างจากจุดที่ดีที่สุดในเฉพาะที่เกิดจากการรวมกันโดยพลการในเรื่องเสา นอกจากนี้ยังจะทดลองกับการปรับเปลี่ยนขนาดของกลุ่มนักศึกษาในระหว่างการค้นหาตามระดับชั้นของนักเรียน ในอนาคตเรายังจะรวมถึงการตั้งค่าส่วนบุคคลของอาจารย์

Daskalaki Birbas และ Housos [30] นำเสนอการแก้ไขปัญหาการจัดตารางเรียนตารางสอนด้วยโปรแกรมเลขจำนวน 0-1 รูปแบบ กฎ และข้อจำกัดความต้องการพบมากในสถานศึกษา เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่าย ด้วยเหตุนี้ จึงพิจารณาในการจัดการตารางเรียน ตารางสอนให้มีความเหมาะสมไม่ว่าเป็นหลักสูตรภาคปกติ หรือหลักสูตรภาคพิเศษก็ตาม วิธีการที่นำเสนอรูปแบบคือการแก้ปัญหาที่มีอยู่ด้วยเครื่องมือซอฟต์แวร์ที่มีแก้ไอพี (IP) สำหรับหน่วยงานขนาดใหญ่เหมือนการคำนวณสูตร ip address ในการจัดสรรทรัพยากร IP ให้กับเครื่องภายในองค์กรผลการทดลองพบว่าการใช้วิธีการจัดการตารางเรียนตารางสอนด้วยวิธีการคำนวณ IP Information สามารถแก้ปัญหาได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลของแต่ละมหาวิทยาลัยไม่เหมือนกัน ในการจัด

ตารางเรียน ตารางสอนเป็นปัญหาซับซ้อน แต่เราสามารถเลือกวิธีการสร้างรูปแบบหรือวิธีการเพื่อแก้ไขปัญหาได้และนี้เป็นอีกวิธีหนึ่งในการแก้ไขปัญหา

Cheng, Hishammuddin และ McMullan [8] นำเสนอวิธีการในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางเรียน ตารางสอน ด้วยวิธีการ great deluge and artificial bee colony algorithm (INMGD-ABC) อัลกอริทึมอาณานิคมผึ้งเทียมเป็นวิธีการที่ได้รับการแนะนำในปีที่ผ่านมาและได้รับการพิสูจน์แล้วว่าประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และการเพิ่มประสิทธิภาพเช่นเดียวกันกับหลาย ๆวิธีการ จุดอ่อนของวิธีการอัลกอริทึมอาณานิคมผึ้งเทียมคือใช้เวลานานในการทำงานจึงนำวิธีการ great deluge algorithm (NMGD) มาช่วยในการแก้ไขจุดอ่อน ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้น

Jat และ Yang [14] ได้ประยุกต์ใช้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมและวิธีการค้นหาแบบทาบูมาประยุกต์ใช้ในการจัดตารางสอน และได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพโดยการวิเคราะห์ความเร็วและผลของการค้นหา โดยการเปรียบเทียบวิธีการกับงานวิจัยต่าง ๆ ที่อยู่ในมาตรฐาน ITC-2007 พบว่าวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบผสม สามารถค้นหาคำตอบได้ใกล้เคียงที่สุด

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า เทคนิคที่ได้รับความนิยมในการนำมาแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนมากที่สุด คือ วิธีเมตาฮิวริสติก ซึ่งแต่ละงานวิจัยได้เลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับปัญหาและเงื่อนไขของสถานศึกษาของตน เนื่องจากวิธีการเมตาฮิวริสติกที่นำมาใช้ในการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัย ไม่สามารถชี้ชัดได้วิธีการใดเหมาะสมที่สุด หากทำการทดสอบกับสภาพปัญหาที่แตกต่างกัน แต่สามารถพิจารณาจุดเด่นของแต่ละวิธีการได้ เช่น วิธีการค้นหาแบบทาบู สามารถค้นหาคำตอบได้รวดเร็ว และมีอัตราความสำเร็จในการค้นหาคำตอบได้ค่อนข้างสูง วิธีการจำลองการอบเหนียวสามารถค้นหาคำตอบที่มีคุณภาพสูงได้ดีในปัญหาขนาดใหญ่ และวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม นิยมไปใช้ผสมผสานกับวิธีการอื่น ๆ และสามารถค้นหาคำตอบที่มีคุณภาพสูงได้ดี

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการ จัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู ได้มีวิธีและกระบวนการในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการจัดตารางสอนอัตโนมัติ ทั้งนี้ ได้รวมไปถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนา การออกแบบรูปแบบการทดลอง การประเมินค่าตารางสอน และสถิติที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

3.1 การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการจัดตารางสอน

3.1.1 กำหนดเงื่อนไขในการจัดตารางสอน

ในการดำเนินการออกแบบโปรแกรมการจัดตารางสอนอัตโนมัติ ได้กำหนดเงื่อนไขในการจัดตารางสอน 2 ประเภท คือ เงื่อนไขบังคับ (Hard Constrains) คือ ข้อบังคับที่จะต้องไม่สามารถละเมิดได้ และเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ (Soft Constrains) คือ ข้อบังคับที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ เพื่อให้ตรงกับความต้องการในการใช้งานของอาจารย์และนักศึกษามากที่สุด

เงื่อนไขบังคับ (Hard Constrains) กำหนดไว้ว่า การจัดตารางสอนที่สามารถใช้งานได้จริงจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขบังคับ หากขัดต่อเงื่อนไขบังคับจะไม่สามารถใช้งานได้แม้แต่ข้อเดียว เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลการจัดตารางสอนจริงจากมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ซึ่งเงื่อนไขบังคับที่กำหนดจึงเป็นไปตามที่มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ดกำหนดไว้ ซึ่งการจัดทำโปรแกรมการจัดตารางสอน ได้มีการสอบถามข้อมูลในการกำหนดเงื่อนไขจากเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบในการจัดตารางสอนของมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ตาราง 8 เงื่อนไขบังคับของการจัดตารางสอน

ข้อที่	เงื่อนไขบังคับ
1	ในช่วงเวลาและวันเดียวกัน กำหนดให้นักศึกษาเรียนไม่เกิน 1 รายวิชา
2	ในช่วงเวลาและวันเดียวกัน กำหนดให้ 1 ห้องเรียน จัดการเรียนการสอน ได้ 1 วิชา
3	ในช่วงเวลาและวันเดียวกัน กำหนดให้อาจารย์ 1 คน สอนได้ 1 รายวิชาเท่านั้น
4	หลีกเลี่ยงช่วงเวลาที่มหาวิทยาลัยห้ามจัดตาราง
5	กำหนดห้องเรียนให้เหมาะสมกับประเภทรายวิชา
6	ขนาดของห้องเพียงพอต่อกลุ่มผู้เรียน

เงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ (Soft Constrains) กำหนดไว้ว่า เป็นข้อบังคับที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ โดยเป็นส่วนที่ปรับปรุงให้ตารางสอนใช้งานได้ดีขึ้น เพื่อให้สามารถดำเนินการจัดการเรียนการสอนได้ และเป็นที่พอใจสำหรับอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษา งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์โดยการสำรวจจากแบบสอบถามจากอาจารย์และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จำนวน 100 คน (อาจารย์ 50 คน นักศึกษา 50 คน) ซึ่งแบบสอบถามประกอบไปด้วยเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ มีจำนวน 10 ข้อ เพื่อให้เลือกประเมินตามความพึงพอใจ มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ทั้งนี้ ได้ทำการสรุปผลแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดตารางสอนของเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ ดังตาราง 8

ตาราง 9 สรุปผลแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดตารางสอนของเงื่อนไขบังคับเพื่อความสมบูรณ์

ลำดับ	แบบสอบถาม	5	4	3	2	1	รวม	คะแนน	เฉลี่ย
1	การจัดตารางสอนไม่ควรมีเรียนเกิน 2 วิชาต่อวัน	37	32	24	5	2	100	397	3.97
2	การจัดตารางสอนไม่ควรเรียนในคาบแรกของวัน	36	28	16	11	9	100	370	3.70
3	ขนาดของห้องเรียนต้องเพียงพอกับกลุ่มผู้เรียน	21	15	18	24	22	100	289	2.89
4	การจัดตารางสอนในแต่ละวันควรกำหนดให้มีการย้ายห้องเรียนน้อยที่สุด	13	27	24	28	8	100	309	3.09
5	กลุ่มผู้เรียนไม่ควรเรียนเกิน 2 วิชา ติดต่อกัน	39	25	22	7	7	100	382	3.82

ตาราง 8 สรุปผลแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดตารางสอนของเงื่อนไขบังคับเพื่อความสมบูรณ์ (ต่อ)

ลำดับ	แบบสอบถาม	5	4	3	2	1	รวม	คะแนน	เฉลี่ย
6	การจัดตารางสอนไม่ควรเรียนเพียงคาบเดียวต่อวัน	31	26	22	11	10	100	357	3.57
7	สามารถจัดตารางสอนตรงตามช่วงเวลาที่อาจารย์กำหนดได้	23	15	26	20	16	100	309	3.09
8	การจัดตารางสอนไม่ควรมีเรียนในคาบสุดท้ายของวัน	39	37	12	5	7	100	396	3.96
9	จัดตารางสอนตามรายวิชาที่อาจารย์กำหนดได้	17	21	19	23	20	100	292	2.92
10	การจัดตารางเรียน ตารางสอนควรให้มีวันที่ว่างตลอดวันมากที่สุด	27	25	24	7	17	100	338	3.38

เมื่อดำเนินการรวบรวมแบบสอบถามจากอาจารย์และนักศึกษา จำนวน 100 ชุด แล้ว จะนำแบบสอบถามทั้งหมดมาสรุปผลในรูปแบบของค่าคะแนนและค่าเฉลี่ย และเลือกหัวข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่า 3.50 มาเป็นเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ ดังตาราง 10

ตาราง 10 เงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ของการจัดตารางสอน

ข้อที่	เงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์
1	การจัดตารางสอนไม่ควรมีเรียนเกิน 2 วิชาต่อวัน
2	การจัดตารางสอนไม่ควรเรียนในคาบแรกของวัน
3	กลุ่มผู้เรียนไม่ควรเรียนเกิน 2 วิชา ติดต่อกัน
4	การจัดตารางสอนไม่ควรเรียนเพียงคาบเดียวต่อวัน
5	การจัดตารางสอนไม่ควรมีเรียนในคาบสุดท้ายของวัน

3.1.2 การวิเคราะห์และออกแบบแฟ้มข้อมูล

เมื่อดำเนินการกำหนดเงื่อนไขเสร็จแล้ว จึงทำการออกแบบแฟ้มข้อมูลการจัดตารางสอน ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลหมู่เรียน อาจารย์ผู้สอน ห้องเรียน และรายวิชาที่นักศึกษาลงทะเบียนเรียน ดังนี้

1) แฟ้มข้อมูลหมู่เรียน ใช้เก็บข้อมูลกลุ่มผู้เรียนของนักศึกษาแต่ละหมู่เรียน ประกอบไปด้วย รหัสกลุ่มและชื่อกลุ่ม

ตาราง 11 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลหมู่เรียน

รหัสหมู่เรียน	ชื่อกลุ่มผู้เรียน
1	Information Technology 1
2	Information Technology 2
3	Information Technology 3
4	Information Technology 4

2) แฟ้มข้อมูลอาจารย์ผู้สอน ใช้เก็บข้อมูลของอาจารย์ผู้สอน ประกอบด้วย รหัสอาจารย์ และชื่ออาจารย์

ตาราง 12 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลอาจารย์ผู้สอน

รหัสหมู่เรียน	ชื่อกลุ่มผู้เรียน
1	Prayad
2	Nattida
3	Sirinya

3) แฟ้มข้อมูลห้องเรียน ใช้เก็บข้อมูลของห้องเรียนทั้งหมดที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย รหัสและชื่อห้องเรียน และขนาดของห้องเรียน (ความจุ)

ตาราง 13 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลห้องเรียน

รหัสห้องเรียน	ชื่อห้องเรียน	ความจุ
001	1501	50
002	9704	40
003	3203	60

4) แฟ้มข้อมูลรายวิชา ใช้เก็บข้อมูลรายวิชาที่นักศึกษาลงทะเบียนเรียน ประกอบไปด้วย รหัสรายวิชา ชื่อรายวิชา และรหัสอาจารย์ผู้สอน

ตาราง 14 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลรายวิชา

รหัสรายวิชา	ชื่อรายวิชา	รหัสอาจารย์
CSI3104	ระบบปฏิบัติการยูนิกซ์	3
CSI4203	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นฐาน	2
COS1102	ระบบคอมพิวเตอร์และสถาปัตยกรรม	1

5) แฟ้มข้อมูลรายวิชาเรียนของหมู่เรียน โดยปกติในการลงทะเบียนเรียนของนักศึกษา มหาวิทยาลัยจะเป็นผู้กำหนดแผนการเรียนตามโครงสร้างของหลักสูตร ซึ่งนักศึกษาแต่ละหมู่เรียนจะลงทะเบียนเรียนในรายวิชาที่เหมือนกัน ประกอบด้วย รหัสโครงสร้าง รหัสหมู่เรียน และรหัสรายวิชา

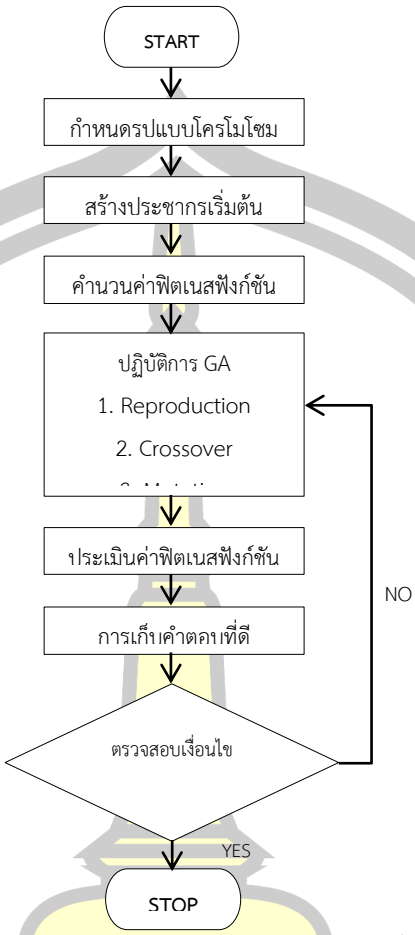
ตาราง 15 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลรายวิชาเรียนของหมู่เรียน

รหัสโครงสร้าง	รหัสหมู่เรียน	รหัสรายวิชา
1	1	CSI3104
2	1	CSI4203
3	2	COS1102

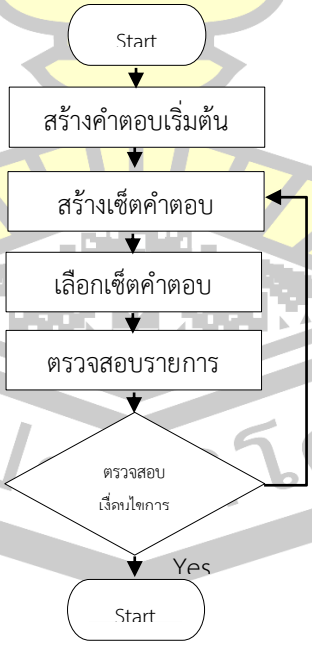
3.1.3 การออกแบบโปรแกรม

การจัดตารางสอนในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ โดยได้ดำเนินการออกแบบบนพื้นฐานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม และนำวิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำเข้ามาปรับปรุงอัลกอริทึมในการทำงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยมีกระบวนการของการทำงานของทั้ง 3 อัลกอริทึม ดังนี้

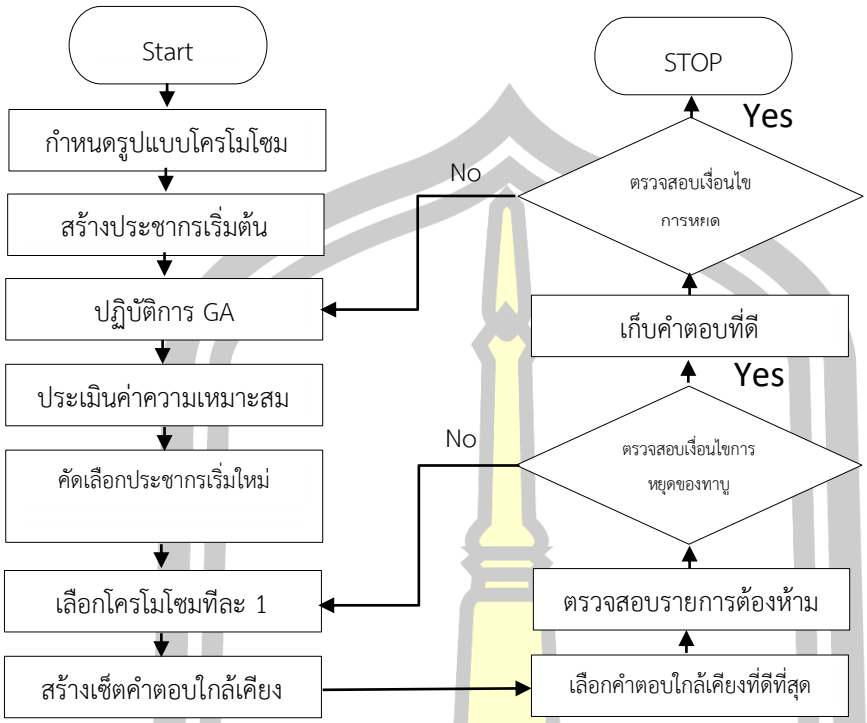
พหุน ปณฺฑิโต ชีเว



ภาพที่ 9 แผนภาพกระบวนการวิธีการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม



ภาพที่ 10 แผนภาพกระบวนการวิธีการทำงานของวิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู



ภาพที่ 11 วิธีการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู

3.2 การประเมินค่าตารางสอน

การประเมินค่าตารางสอนมีความแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นในงานวิจัยนั้น ๆ ซึ่งเงื่อนไขแบ่งเป็นเงื่อนไขบังคับ และเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ ในการประเมินค่าตารางสอนจึงจำเป็นต้องประเมินค่าทั้งในส่วนเงื่อนไขบังคับและเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ โดยส่วนใหญ่เงื่อนไขบังคับ จะพิจารณาเป็นรายวิชาที่มีการเรียนการสอนในแต่ละสัปดาห์ และในส่วนเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์จะพิจารณาเป็นรายข้อของข้อบังคับ

การกำหนดค่าน้ำหนักที่ใช้ในเงื่อนไขเป็นการกำหนดค่าเพื่อเข้ามาช่วยในการจำแนกโครโมโซม โดยกำหนดค่าน้ำหนักของเงื่อนไขบังคับให้มีค่าความแตกต่างกับค่าน้ำหนักของเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ให้มากที่สุด ซึ่งฟังก์ชันความเหมาะสม เป็นดังนี้

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

เมื่อ

n = จำนวนโครโมโซม

H = ค่าฟิตเนสรวมเงื่อนไขบังคับ

m = จำนวนข้อบังคับรอง

s = ค่าฟิตเนสของเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์

จากสมการข้างต้นแสดงให้เห็นว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมมีการตรวจสอบค่าฟิตเนสของประชากรทุกตัวในแต่ละรอบการทำงาน โดยนับค่าจากรายวิชาของแต่ละตาราง หากมีการละเมิดเงื่อนไขทั้ง 2 เงื่อนไข ค่าฟิตเนสจะถูกลบหนึ่ง หากไม่มีการละเมิดจะเพิ่มค่าเข้าไปหนึ่ง เพื่อให้ได้ค่าฟิตเนสของประชากรทุกตัวที่มีค่าแตกต่างกัน และนำเข้าสู่กระบวนการคัดเลือก

3.2.1 ค่าฟิตเนสของเงื่อนไขบังคับ

ในการหาค่าฟิตเนสของเงื่อนไขบังคับ จะมีการนำเงื่อนไขทุกข้อมาคิดรวมกัน เพื่อไม่ให้เกิดการละเมิดเงื่อนไข เพราะหากมีการละเมิดเงื่อนไขจะทำให้ตารางสอนใช้งานไม่ได้ โดยจะมีการหาค่าน้ำหนักตามสมการด้านล่าง

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

เมื่อ

H = ค่าฟิตเนสเงื่อนไขบังคับ

N = จำนวนรายวิชาทั้งหมด

V = การละเมิดเงื่อนไขบังคับของรายวิชา

3.2.2 ค่าฟิตเนสของเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์

การคำนวณหาค่าฟิสเนสของเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ จะทำการคิดเป็นรายข้อ เนื่องจากในแต่ละข้อมีหลักการคำนวณที่แตกต่างกัน

1) การจัดตารางสอนไม่ควรเรียนเกิน 2 วิชาต่อวัน

$$S_1 = \sum_{i=1}^{N} s(i) \qquad (3)$$

เมื่อ

S_1 = ค่าฟิตเนสของเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ ข้อที่ 1

N = จำนวนตารางของหมู่เรียน

S = การนับจำนวนวันที่เรียนไม่เกิน 2 วิชาต่อวัน

2) การจัดตารางสอนไม่ควรเรียนในคาบแรกของวัน

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

เมื่อ

S_2 = ค่าฟิตเนสของเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ ข้อที่ 2

N = จำนวนตารางของหมู่เรียน

f = การนับจำนวนวันที่ไม่เรียนในคาบแรกของวัน

3) กลุ่มผู้เรียนไม่ควรเรียนเกิน 2 วิชา ติดต่อกัน

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

เมื่อ

S_3 = ค่าฟิตเนสของเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ ข้อที่ 3

N = จำนวนตารางของหมู่เรียน

b = การนับจำนวนวันที่ไม่เรียนเกิน 2 วิชาต่อกัน

4) การจัดตารางสอนไม่ควรเรียนคาบเดียวต่อวัน

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

เมื่อ

S_4 = ค่าฟิตเนสของเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ ข้อที่ 4

N = จำนวนตารางของหมู่เรียน

a = การนับจำนวนวันที่ไม่เรียนคาบเดียวต่อวัน

5) การจัดตารางสอนไม่ควรเรียนในคาบสุดท้ายของวัน

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

เมื่อ

S_4 = ค่าฟิตเนสของเงื่อนไขเพื่อความสมบูรณ์ ข้อที่ 4

N = จำนวนตารางของหมู่เรียน

l = การนับจำนวนวันที่ไม่เรียนในคาบสุดท้ายของวัน

3.3 การออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและประเมินประสิทธิภาพของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจัดตารางสอน โดยออกแบบการทดลอง ออกเป็น 2 การทดลอง ซึ่งแต่ละการทดลอง มีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไป ดังนี้

3.3.1 การทดลองเพื่อหาค่าฟิตเนสของพารามิเตอร์ในวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางสอน

การทดลองหาค่าฟิตเนสของพารามิเตอร์ในวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางสอน เป็นการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลตารางสอน ซึ่งค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ขนาดของประชากรเริ่มต้น ค่าการข้ามสายพันธุ์ และค่าการกลายพันธุ์ โดยสามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ได้ โดยทำการประมวลผลเพื่อเก็บข้อมูลเวลา และค่าฟิตเนส (Fitness) ในแต่ละรุ่นการทำงาน

3.3.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของข้อมูลในการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

การจัดตารางสอนด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบู การจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู โดยทำการประมวลผลการทดลองตามข้อมูลและพารามิเตอร์ที่กำหนด ทำการรันโปรแกรมเพื่อประมวลผลแบบละ 5 ครั้ง เพื่อเก็บข้อมูลเวลา (Computational Time) และค่าฟิตเนส (Fitness) ในแต่ละรุ่นการทำงาน จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองไปเปรียบเทียบในลักษณะของกราฟ

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

3.4.1 ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

3.4.1.1 ฮาร์ดแวร์

งานวิจัยนี้ ใช้แล็บท็อปในการทดลองงานวิจัย ซึ่งมีคุณสมบัติของเครื่อง ดังนี้

Processor : Intel ® Core ™ 2 CPU

Memory (RAM) : 4 GB

3.4.1.2 ซอฟต์แวร์

ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro 64 - bit

3.4.2 ภาษาคอมพิวเตอร์

จาวาสคริปต์ (Javascript) คือ ภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ต ที่ได้รับความนิยมอย่างสูง JavaScript เป็น ภาษาสคริปต์เชิงวัตถุ ซึ่งในการสร้างและพัฒนาเว็บไซต์ เพื่อให้เว็บไซต์ของเราดูมีการเคลื่อนไหว สามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้มากขึ้น

Ajax (Asynchronous JavaScript and XML) เป็นเทคนิคที่สามารถทำการรับส่งข้อมูลระหว่าง client กับ server ได้ โดยไม่ต้องทำการ submit ข้อมูลผ่าน form ซึ่งสามารถทำ web application ที่มีการรับส่งข้อมูลระหว่าง client กับ server ได้ โดยที่ไม่ต้องทำการ refresh หน้า browser

Jquery คือ Javascript Library ที่เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างสีสันลูกเล่นต่าง ๆ ให้แก่เว็บ โดยที่ผู้พัฒนาไม่ต้องเสียเวลาในการพัฒนาโค้ดโปรแกรมให้ยุ่งยากซับซ้อน

CSS คือภาษาที่ใช้ตกแต่งเอกสาร HTML/XHTML ให้มีหน้าตา สีสัน ระยะห่าง พื้นหลัง พื้นหลัง เส้นขอบ และอื่น ๆ ตามที่ต้องการ มีลักษณะเป็นภาษาที่มีรูปแบบการเขียน Syntax แบบเฉพาะ

3.5 สถิติที่ใช้

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) ดังสมการที่ 8

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \qquad (8)$$

กำหนดให้

x = ค่าที่ได้จากการประเมิน

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของหัวข้อที่ประเมิน

$\sum x$ = ผลรวมของหัวข้อที่ประเมิน

n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังสมการที่ 9

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum(x-\tilde{x})^2}{n}} \qquad (9)$$

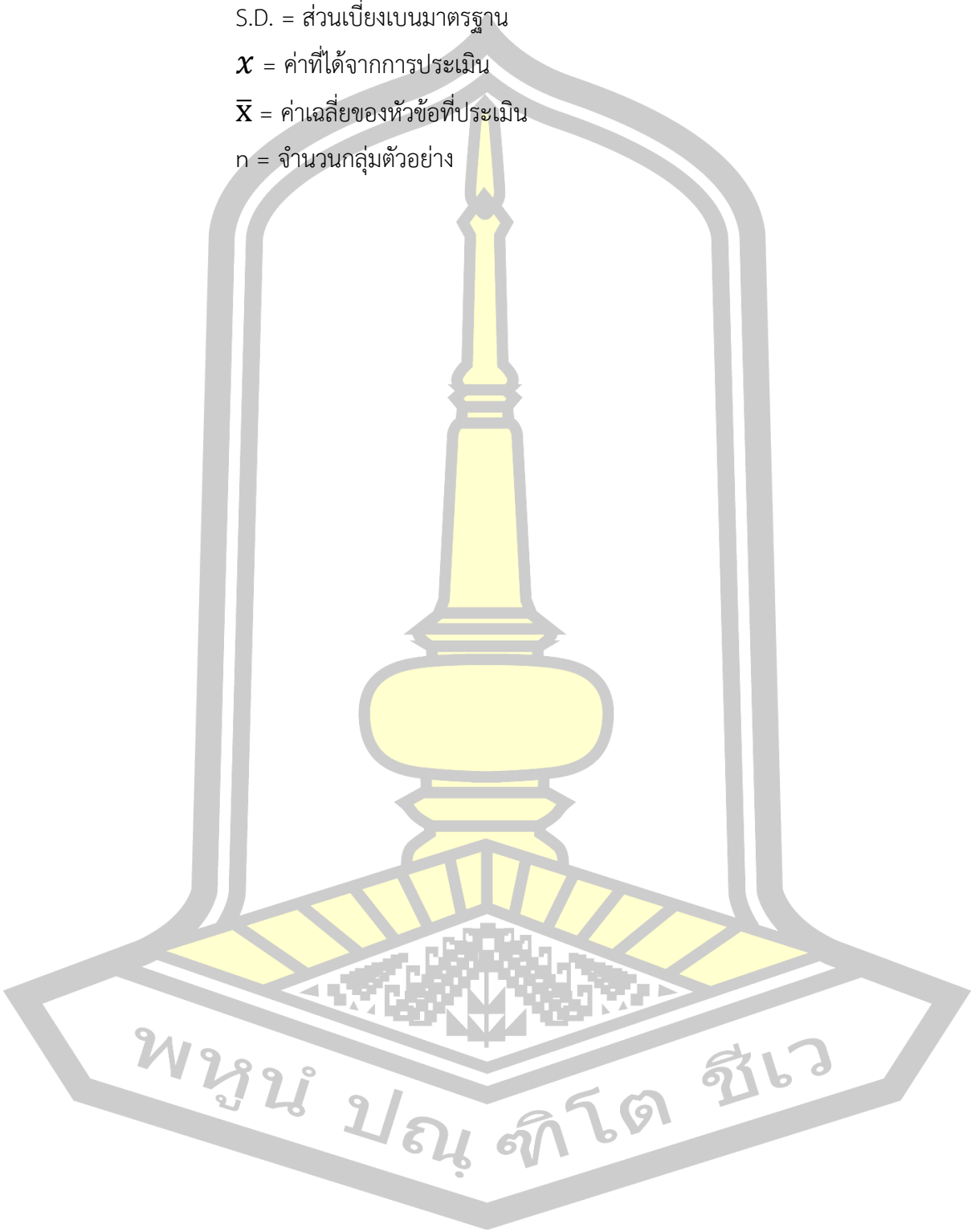
กำหนดให้

S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x = ค่าที่ได้จากการประเมิน

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของหัวข้อที่ประเมิน

n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง



บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้น จำนวน 2 วิธี ประกอบด้วย

การทดลองที่ 1 การทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการจัดตารางสอนวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละขนาดข้อมูล ด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม และวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู

4.1 การทดลองที่ 1 การทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการจัดตารางสอนวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

งานวิจัยนี้ ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ โดยจะทำการวิเคราะห์และเปลี่ยนแปลงค่าความเหมาะสม เมื่อค่าพารามิเตอร์ของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงไป การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบข้อมูล

ข้อมูลและค่าพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
กลุ่มเรียน	18
วิชา	53
อาจารย์	59
ห้องเรียน	22
ขนาดประชากร	50
จำนวนรุ่น	200

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าการข้ามสายพันธุ์ ตั้งแต่ 0.7 ถึง 1.0 และค่าการกลายพันธุ์ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.5 ทั้งหมด 20 ค่า ทำการประมวลผลการทดลองละ 5 ครั้ง เพื่อหาค่าฟิตเนสและเวลาในการทำงานต่อ 1 รอบการทำงาน ซึ่งผลที่ได้แสดงในตาราง 17

ตาราง 17 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1

Crossover Rate	Mutation Rate	ค่าฟิตเนสสูงที่สุด	รอบที่พบค่าสูงสุด	เวลาเฉลี่ยต่อรอบ	เวลารวมที่พบค่าสูงสุด
0.7	0.1	269	117	0.24	28.08
0.8	0.1	271	172	0.24	41.28
0.9	0.1	266	194	0.30	58.20
1.0	0.1	269	198	0.24	47.52
0.7	0.2	265	200	0.26	52.00
0.8	0.2	275	1	0.31	0.31
0.9	0.2	268	184	0.26	47.84
1.0	0.2	269	192	0.24	46.08
0.7	0.3	272	144	0.18	25.92
0.8	0.3	266	112	0.22	24.64
0.9	0.3	270	191	0.28	52.48
1.0	0.3	274	191	0.21	40.11
0.7	0.4	268	1	0.28	0.28
0.8	0.4	270	145	0.19	27.55
0.9	0.4	277	180	0.23	41.40
1.0	0.4	277	84	0.21	17.64
0.7	0.5	270	92	0.17	15.64
0.8	0.5	269	190	0.21	39.90
0.9	0.5	269	199	0.23	45.77
1.0	0.5	279	196	0.18	35.28

จากตาราง 17 พบว่า ในการจัดตารางสอนโดยเปลี่ยนแปลงค่าการข้ามสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์ โดยการประมวลผล 200 รอบการทำงาน ได้ค่าฟิตเนสสูงที่สุด คือ 279 ในด้านของเวลาเฉลี่ยต่อรอบกลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.1 มีเวลาเฉลี่ยต่อรอบ คือ 0.25 วินาที กลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.2 มีเวลาเฉลี่ยต่อรอบ คือ 0.26 กลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.3 มีเวลาเฉลี่ยต่อรอบ คือ 0.22 วินาที กลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.4 มีเวลาเฉลี่ยต่อรอบ คือ 0.22 วินาที กลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.5 มีเวลาเฉลี่ยต่อรอบ คือ 0.19 วินาที

ในด้านของการพบค่าฟิตเนสสูงสุด จะพบว่า การทดลองที่มี Crossover Rate เท่ากับ 1.0 และมี Mutation Rate 0.5 จะพบค่าฟิตเนสสูงสุดในรอบที่ 196 และใช้เวลาเฉลี่ย 0.18 วินาที ต่อรอบการทำงาน โดยใช้เวลารวมเมื่อพบค่าสูงสุด 35.28 วินาที ซึ่งผู้วิจัยจะเลือกใช้ค่าดังกล่าวในการทดลองต่อไป

4.2 การทดลองที่ 2 การทดลองเปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมในการจัดตารางสอน

การทดลองเปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมในการจัดตารางสอน จำนวน 3 วิธี ได้แก่ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม การค้นหาคำตอบแบบทาบู วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาคำตอบแบบทาบู โดยกำหนดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองจัดตารางสอน ประกอบด้วย กลุ่มเรียน วิชา อาจารย์ และห้องเรียน ดังแสดงในตาราง 18

ตาราง 18 แสดงรายละเอียดของข้อมูลตารางสอน สำหรับการทดลองที่ 2

ข้อมูลและค่าพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
กลุ่มเรียน	18
รายวิชา	53
อาจารย์	59
ห้องเรียน	22

การทดลองที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมในการจัดตารางสอนทั้ง 3 วิธี ประกอบด้วย วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม การค้นหาคำตอบแบบทาบู วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาคำตอบแบบทาบู ซึ่งทั้ง 3 วิธี ได้มีการกำหนดพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในตาราง 19

ตาราง 19 แสดงค่าพารามิเตอร์ของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

ข้อมูลและค่าพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
ขนาดของประชากร	50
จำนวนรุ่น	200
ค่าการข้ามสายพันธุ์	1.0
ค่าการกลายพันธุ์	0.5

ตาราง 20 แสดงค่าพารามิเตอร์ของวิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู

ข้อมูลและค่าพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
ขนาดของประชากร	50
จำนวนรุ่น	200
ค่าการข้ามสายพันธุ์	1.0
ค่าการกลายพันธุ์	0.5
จำนวนรอบการวนของทาบู	3
ขนาดทาบูลิสต์	3

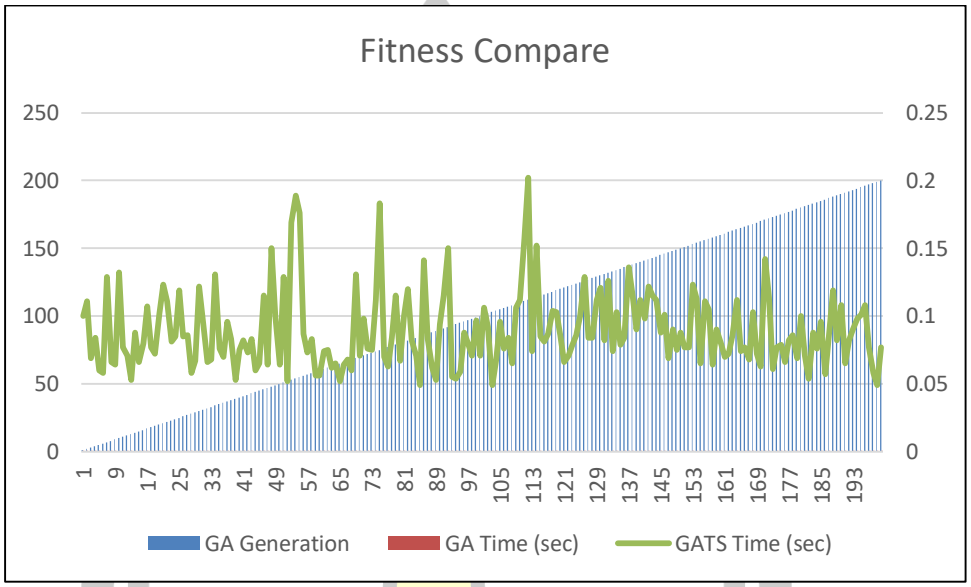
ตาราง 21 แสดงค่าพารามิเตอร์ของวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาคำตอบแบบทาบู

ข้อมูลและค่าพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
ขนาดของประชากร	50
จำนวนรุ่น	200
ค่าการข้ามสายพันธุ์	0.1
ค่าการกลายพันธุ์	0.5
จำนวนรอบการวนของอัลกอริทึม	3
ขนาดทาบูลิสต์	3

การทดลองที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบอัลกอริทึมในด้านของการทำงานในการจัดตารางสอน จำนวน 3 วิธี คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม วิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาคำตอบแบบทาบู ตามพารามิเตอร์ที่กำหนด ทำการประมวลผลแบบละ 5 ครั้ง เพื่อเก็บข้อมูล เวลา และค่าฟิตเนส (Fitness) ในแต่ละรุ่น จากนั้นนำข้อมูลทั้ง 3 แบบเปรียบเทียบในลักษณะของกราฟ ดังภาพที่ 12

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ผลการทดลอง



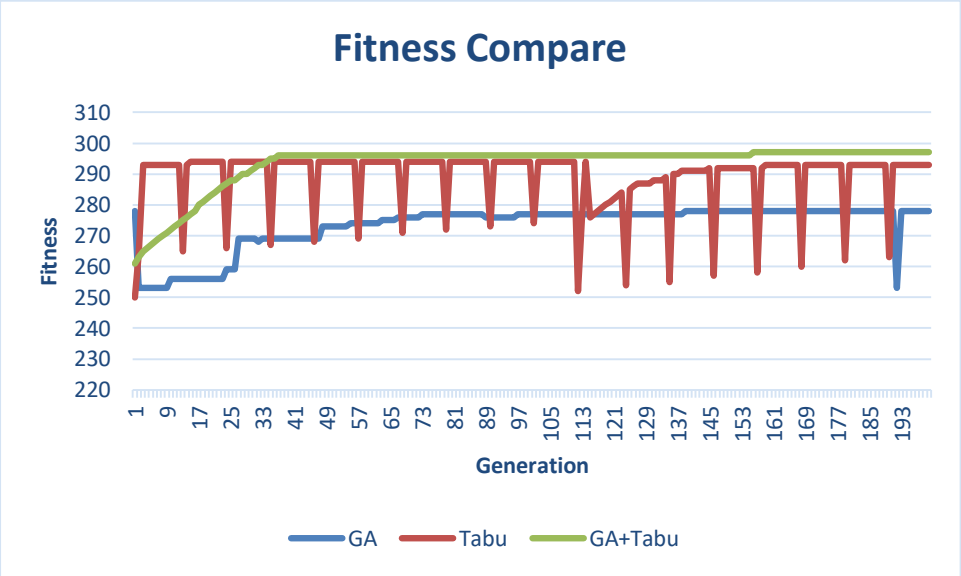
ภาพที่ 12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาการทำงาน

ในการทดลองกับกลุ่มข้อมูล ผลของการทดลองในด้านของเวลาของทั้ง 3 วิธี พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด โดยใช้เวลาเฉลี่ย 0.35 วินาที ต่อรอบการทำงาน ส่วนวิธีการค้นหาแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบูใช้เวลาในการทำงานใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาเฉลี่ย 0.45 วินาที และ 0.46 วินาที ต่อ 1 รอบ การทำงาน ตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาการทำงานมากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู

ตาราง 22 แสดงการเปรียบเทียบผลการทำงานของข้อมูลตารางสอน

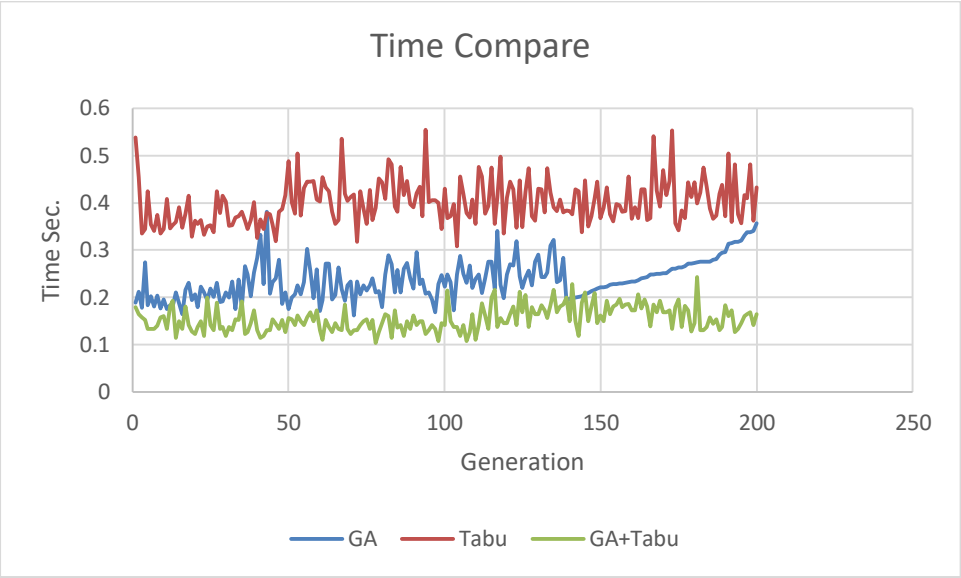
อัลกอริทึม	ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด	รอบที่พบค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด ()	เวลาเฉลี่ยต่อรอบ (วินาที)	เวลารวมที่พบค่าฟิตเนสสูงสุด (วินาที)
GA	278	142	0.18	25.56
Tabu	297	175	0.34	59.50
GA+Tabu	297	198	0.09	17.82

จากตาราง 22 เมื่อเปรียบเทียบในด้านค่าฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม มีค่าความเหมาะสมสูงสุด 278 ใช้เวลา 0.18 วินาที วิธีการค้นหาแบบทาบู มีค่าความเหมาะสมสูงสุด 297 ใช้เวลา 0.34 วินาที และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู ได้ค่าความเหมาะสมสูงสุด คือ 297 และใช้เวลาน้อยที่สุด 0.09 วินาที โดยได้เปรียบเทียบค่าฟิตเนส ได้ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าฟิตเนสของอัลกอริทึม

จากภาพ 13 จะเห็นได้ชัดว่า วิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาคำตอบแบบทาบู มีค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดเท่ากัน คือ 297 เมื่อเปรียบเทียบด้านเวลา พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาคำตอบแบบทาบู ใช้เวลาเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.09 วินาที ต่อรอบการทำงาน แต่วิธีการค้นหาแบบทาบู ใช้เวลาเฉลี่ยคือ 0.34 วินาที ต่อรอบการทำงาน และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม มีค่าฟิตเนสสูงสุด คือ 278 ใช้เวลาเฉลี่ย 0.18 วินาที ต่อรอบการทำงาน ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาการทำงานของอัลกอริทึม

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้สรุปผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบู ซึ่งได้นำข้อมูลจริง จากคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โดยผลของการวิจัยได้ทำการทดลองแบ่งออกเป็น 2 วิธี ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่แตกต่างกัน ดังนี้

5.1 สรุปผล

การทดลองที่ 1 เป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการจัดตารางสอนวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยทำการเปลี่ยนค่าการกลายพันธุ์ค่าการข้ามสายพันธุ์ ในส่วนของผลการทดลองพบว่า ค่าความน่าจะเป็นในการข้ามสายพันธุ์ คือ 1.0 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ คือ 0.5 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากใช้เวลารวมน้อยที่สุดในการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด

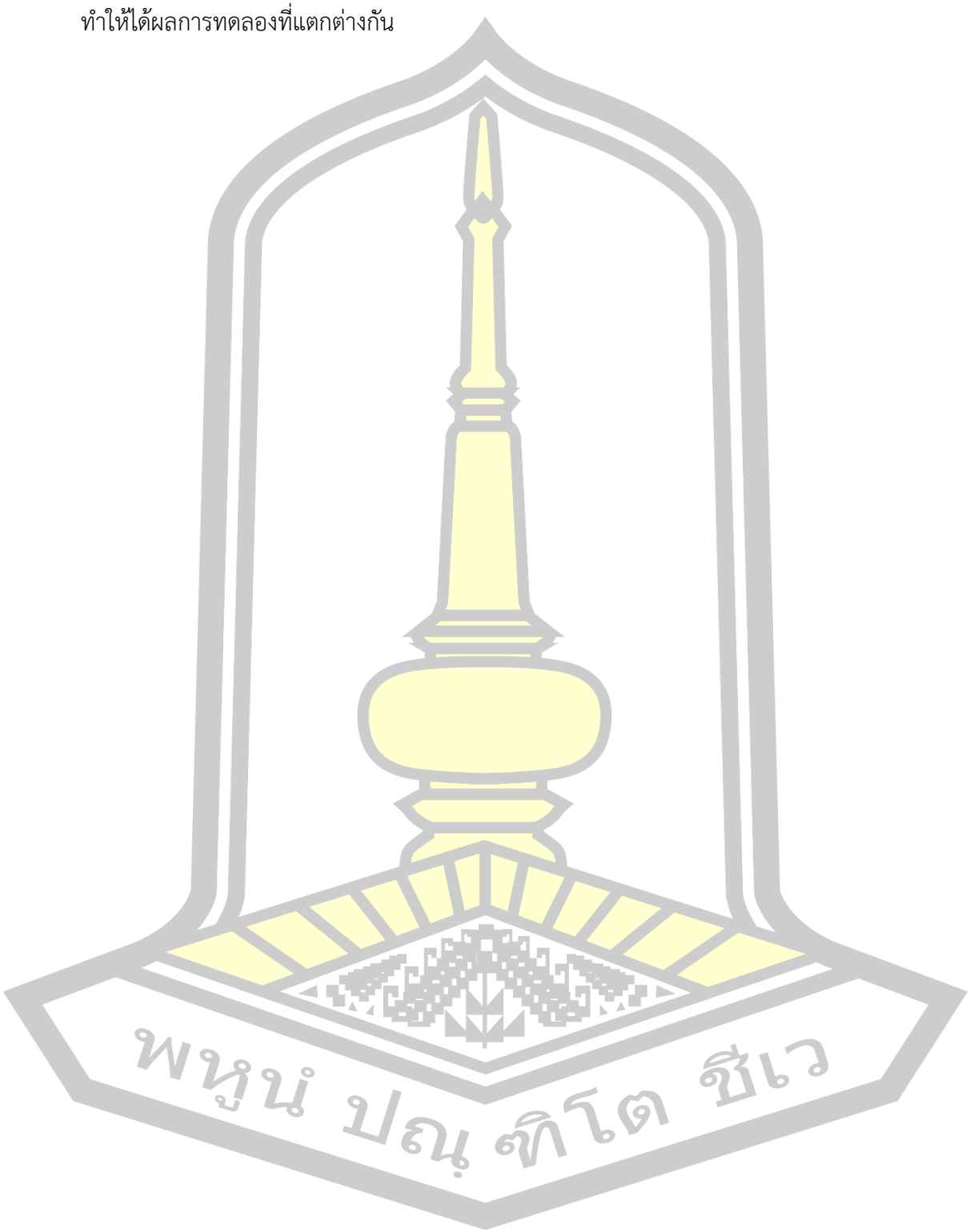
การทดลองที่ 2 เป็นการทดลองเปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมในการจัดตารางสอนจำนวน 3 วิธี ได้แก่ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม การค้นหาคำตอบแบบทาบู วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาคำตอบแบบทาบู

ในด้านค่าฟิตเนส พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาแบบทาบูให้ผลดีที่สุด เนื่องจากมีค่าฟิตเนสที่สูง และใช้เวลาเฉลี่ยต่อรอบการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งแตกต่างจากวิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบูที่มีค่าฟิตเนสสูงเท่ากัน แต่ใช้เวลาเฉลี่ยต่อรอบการทำงานมากกว่า ซึ่งแตกต่างจากวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมที่มีค่าฟิตเนสสูงสุดน้อยกว่า 2 อัลกอริทึมที่กล่าวมา แต่ใช้เวลาเฉลี่ยต่อรอบการทำงานน้อยกว่าวิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู จากการทดลองจึงสรุปได้ว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการค้นหาแบบทาบูได้เข้ามาปรับปรุงการจัดตารางสอนให้เข้าใกล้ค่าฟิตเนสมากที่สุด และสามารถจัดตารางสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ ได้ใช้ข้อมูลจากคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด โดยทำการทดลองกับอัลกอริทึมทั้ง 3 วิธีการ ประกอบด้วย วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม วิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู และวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาคำตอบแบบทาบู เพื่อทำการคัดเลือกประชากรเพื่อให้ได้ตัวแทนประชากรที่มีลักษณะที่ดียิ่งขึ้น ซึ่งการนำข้อมูลเข้ามาทดลองในงานวิจัยนี้ อาจได้ค่าผลการทดลองที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของข้อมูลและเงื่อนไขในการจัด

ตารางสอนที่แตกต่างกัน ฉะนั้น การทดลองเพิ่มขนาดของข้อมูลและการปรับเปลี่ยนเงื่อนไข อาจจะทำให้ได้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน



บรรณานุกรม

[1] สุจรรยา แก้วพรายตา และวนิดา รัตนมณี, "การแก้ปัญหาการจัดตารางสอนที่มีนักศึกษาหลายคณะเรียนร่วมกันโดยประยุกต์ใช้วิธีทางจีเนติกอัลกอริทึม," วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ vol. 24, pp. 119-129, 2560.

[2] Rossi-DoriaO and SampelsM, "A Comparison of the Performance of Different Metaheuristics onthe Timetabling Problem," *Springer Berlin Heidelberg,* pp. 329–51, 2003.

[3] วุฒิพงษ์ ชินศรี, นิดาพรรณ สุรีรัตนันท์ และสรเดช ครุฑจ้อน, "การแก้ปัญหาในการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัยด้วยเมตาฮิวริสติก : การทบทวนวรรณกรรม," *KKU ResJournal,* pp. 639 - 641, 2555.

[4] R. S. Malek Rahoual, "Solving Timetabling Problems by Hybridizing Genetic Algorithms and Taboo Search," *PATAT2006,* pp. 467 - 462, 2006.

[5] R. P. Badoni, D. K. Gupta, and P. Mishra, "A new hybrid algorithm for university course timetabling problem using events based on groupings of students," *Computers & Industrial Engineering,* vol. 78, pp. 12-25, 2014.

[6] E. K. Burke, A. J. Eckersley, B. McCollum, S. Petrovic, and R. Qu, "Hybrid variable neighbourhood approaches to university exam timetabling," *European Journal of Operational Research,* vol. 206, pp. 46-53, 2010.

[7] V. Cacchiani, A. Caprara, R. Roberti, and P. Toth, "A new lower bound for curriculum-based course timetabling," *Computers & Operations Research,* vol. 40, pp. 2466-2477, 2013.

[8] C. W. Fong, H. Asmuni, B. McCollum, P. McMullan, and S. Omatu, "A new hybrid imperialist swarm-based optimization algorithm for university timetabling problems," *Information Sciences,* vol. 283, pp. 1-21, 2014.

[9] บุญเสริม กิจศิริกุล, "เอกสารคำสอน วิชา 2110654 ปัญญาประดิษฐ์," ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

[10] ปริวรรต อังคะนาวิน, "โปรแกรมจัดตารางสอนอัตโนมัติโดยจีเนติกและฮิวริสติก อัลกอริทึม," กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2554.

[11] ระพีพันธ์ ปิตาคะโส, "วิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและการ

จัดการโลจิสติกส์," สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2554.

[12] Hertz., "Tabu Search for large scale timetabling problems," *European Journal of Operational Research,* pp. 39-47, 1991.

[13] ฉัตรดนัย พยัคฆพงษ์, "การจัดตารางสอนอัตโนมัติบนพื้นฐานวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู," วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, vol. 35, pp. 434-444, 2559.

[14] J. SN and Y. S, "A Hybrid Genetic Algorithm and Tabu Search Approach for Post Enrolment Course Timetabling," *Journal of Scheduling manuscript,* 2010.

[15] นุกูล โชตเศรษฐ์, "การพัฒนาโปรแกรมจัดตารางสอนโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2548.

[16] เอกสิทธิ์ คลังเงิน, "ระบบจัดตารางเรียนตารางสอน กรณีศึกษา : ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ," สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ, 2550.

[17] E. S. Sin and N. S. M. Kham, "Hyper heuristic based on great deluge and its variants for exam timetabling problem," *arXiv preprint arXiv:1202.1891,* 2012.

[18] A. Chaudhuri and K. De, "Fuzzy genetic heuristic for university course timetable problem," *International journal of Advance Soft Computing Application,* vol. 2, 2010.

[19] J. Wahid and N. M. Hussin, "Harmony Search Algorithm for Curriculum-Based Course Timetabling Problem," *arXiv preprint arXiv:1401.5156,* 2014.

[20] Z. Wang and J.-l. Liu, "Hybrid Memetic Algorithm for Uniting Classes of University Timetabling Problem," pp. 97-101, 2009.

[21] S. Ghaemi, M. T. Vakili, and A. Aghagolzadeh, "Using a genetic algorithm optimizer tool to solve University timetable scheduling problem," in *Signal Processing and Its Applications, 2007. ISSPA 2007. 9th International Symposium on*, 2007, pp. 1-4.

[22] Y. Ting-Hong, D. Qi, S. Xiao-Na, Z. Jing, and X. Li, "The urgency of timetable task in course timetable planning," in *Apperceiving Computing and Intelligence Analysis (ICACIA), 2010 International Conference on*, 2010, pp. 203-207.

[23] S. Abdullah and H. Turabieh, "On the use of multi neighbourhood structures within a Tabu-based memetic approach to university timetabling problems," *Information Sciences,* vol. 191, pp. 146-168, 2012.

[24] F. Guo and H. Song, "Research and application of data-mining technique in timetable scheduling," in *Computer Engineering and Technology (ICCET), 2010 2nd International Conference on*, 2010, pp. V1-409-V1-412.

[25] S. M. Al-Yakoob and H. D. Sherali, "Mathematical models and algorithms for a high school timetabling problem," *Computers & Operations Research,* vol. 61, pp. 56-68, 2015.

[26] H. Babaei, J. Karimpour, and A. Hadidi, "A survey of approaches for university course timetabling problem," *Computers & Industrial Engineering,* 2014.

[27] R. Bellio, S. Ceschia, L. Di Gaspero, A. Schaerf, and T. Urli, "Feature-based tuning of simulated annealing applied to the curriculum-based course timetabling problem," *arXiv preprint arXiv:1409.7186,* 2014.

[28] A. L. a. Bolaji, A. T. Khader, M. A. Al-Betar, and M. A. Awadallah, "University course timetabling using hybridized artificial bee colony with hill climbing optimizer," *Journal of Computational Science,* vol. 5, pp. 809-818, 2014.

[29] P. De Causmaecker, P. Demeester, and G. Vanden Berghe, "A decomposed metaheuristic approach for a real-world university timetabling problem," *European Journal of Operational Research,* vol. 195, pp. 307-318, 2009.

[30] S. Daskalaki, T. Birbas, and E. Housos, "An integer programming formulation for a case study in university timetabling," *European Journal of Operational Research,* vol. 153, pp. 117-135, 2004.

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวภิญญาพัชญ์ วังภูงา
วันเกิด	วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2531
สถานที่เกิด	อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 145 หมู่ 3 บ้านหนองนกทา ตำบลโพธิ์ศรี อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45230
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ชั้น 1 อาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์ ตำบลเกาะแก้ว อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด 45120
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2545 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านโพธิ์ศรี ตำบลโพธิ์ศรี อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2548 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโพธิ์ชัยชนูปถัมภ์ ตำบลขามเปี้ย อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2553 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว