

การพัฒนาระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยเทคนิคอานานิคมมด

ทิพวิมล นุชกำแหง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

มิถุนายน 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

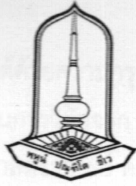


# การพัฒนาระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยเทคนิคอานานิคมมด

ทิพวิมล นุชกำแหง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
มิถุนายน 2557  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม





คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวทิพวิมล นุชกำแหง  
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ.วิรัตน์ พงษ์ศิริ)

ประธานกรรมการ

(อาจารย์บัณฑิตศึกษาประจำคณะ)

(ผศ.ดร.จิรัฏฐา ภูบุญชอบ)

กรรมการ

(ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์)

(รศ.ดร.สิทธิชัย บุขหมั่น)

กรรมการ

(กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์)

(อาจารย์ ดร.คำรณ สุนิติ)

กรรมการ

(ผู้ทรงคุณวุฒิ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

x

(ผศ.ดร.สุจิน บุตรีดีสุวรรณ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ

(ศ.ดร.ประดิษฐ์ เทอดทูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๕ เดือน ๖.๖. พ.ศ. 2557



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างดีตลอดมาในการชี้แนะแนวทางการศึกษา รวมไปถึงการดำเนินการวิจัยจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรัฏฐา ภูบุญอบ ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย บุขหมั่น กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์วิรัตน์ พงษ์ศิริ ประธานกรรมการสอบ และอาจารย์ ดร.คำรณ สุนัฒิ ผู้ทรงคุณวุฒิจาก มหาวิทยาลัยขอนแก่น กรรมการสอบ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรัฏฐา ภูบุญอบ ผู้ซึ่งคอยพรี่าสอน ถ่ายทอดความรู้ความสามารถให้ศิษย์ ด้วยเมตตาจิต ผู้ที่ไม่เห็นแก่ความเหน็ดเหนื่อยของตน และเห็นความสำคัญของศิษย์เป็นหลัก ผู้ที่เสียสละเวลาอันมีค่าให้กับศิษย์อย่างเต็มที่ ผู้ซึ่งมีจิตวิญญาณของความเป็นครูโดยแท้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้ชีวิต ให้แรงพลังทั้งกายและใจ และเป็นกำลังใจให้เสมอมา ผู้ซึ่งหาสิ่งใดเทียบเทียมมิได้

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนสนับสนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน (ปีงบประมาณ 2556) และได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโท) งบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

ขอขอบพระคุณทุกท่านผู้ซึ่งคอยช่วยเหลือในทุกๆ อย่าง ทั้งที่ได้กล่าวถึง และไม่ได้กล่าวถึง

ทิพวิมล นุชกำแหง



ชื่อเรื่อง	การพัฒนากระบวนการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยเทคนิคอานานิคมมด		
ผู้วิจัย	นางสาวทิพวิมล นุชกำแหง		
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
กรรมการควบคุม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรัฏฐา ภูบุญอบ รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย บุขหมั่น		
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2557

### บทคัดย่อ

การจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัยเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนแก้ไขได้ยาก เนื่องจากมีข้อมูลและข้อบังคับที่ต้องพิจารณาเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการจัดตารางสอนจึงจำเป็นต้องเลือกใช้วิธีการที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับปัญหา ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้ ขั้นตอนหนึ่งทำการศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคอานานิคมมด 3 วิธี ได้แก่ วิธีระบบมด ระบบอานานิคมมดและระบบมดแบบสูงสุด-ต่ำสุด โดยพิจารณาจากผลการละเมิดข้อบังคับที่มีค่าน้อยที่สุด ขั้นตอนที่สองนำผลการศึกษามาพัฒนา ระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติและประเมินความพึงพอใจของการใช้งานระบบ ผลการทดลอง พบว่าวิธีการระบบมดแบบสูงสุด-ต่ำสุด มีประสิทธิภาพและความเหมาะสมมากกว่าวิธีการอื่น ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญระบบ ได้ค่าเฉลี่ย 4.27 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้จัดตารางสอน ได้ค่าเฉลี่ย 4.30 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.70 แสดงให้เห็นว่าระบบที่ได้พัฒนามีคุณภาพอยู่ในระดับมาก สามารถนำไปใช้งานได้

**คำสำคัญ** : การจัดตารางสอนอัตโนมัติ; เทคนิคอานานิคมมด



**TITLE** Development of Automatic Course Timetabling System using the Ant Colony Optimization Technique

**AUTHOR** Miss Thipwimon Nuchkamhaeng

**DEGREE** Master Degree of Science **MAJOR** Information Technology

**ADVISORS** Assist. Prof. Jiratta Phuboon-ob, Ph.D.  
Assoc. Prof. Sittichai Busaman, Ph.D.

**UNIVERSITY** Mahasarakham University **DATE** 2014

### ABSTRACT

University Course Timetabling is one of the highly complicated tasks and difficult to derive optimal solutions. There is the number of data and constraints to be considered. Therefore, it is necessary to apply appropriate and efficiency methods to solve the problem which have the steps of research methodology as follows: Firstly, comparative study of three methods for Ant Colony Optimization Technique: Ant System (AS), Ant Colony System (ACS) and MAX-MIN Ant System (MMAS) by considering the lowest number of constraint violations. Secondly, program development from the study results to automatic course timetabling system and estimation of user satisfaction. The experimental results show that the MMAS method has effective and appropriate than others. Results from experts found that the mean value equaled 4.27 with standard deviation at 0.66. Results from general users found that the mean value equaled 4.30 with standard deviation at 0.70. In conclusion, the above results indicate that the system has a good performance level and can be applied to a real world scenario successfully.

**Key Words** : Automatic Course Timetabling System; Ant Colony Optimization Technique



## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ตารางสอน	5
2.2 ปัญญาประดิษฐ์	8
2.3 เทคนิคเมตา-ฮีวริสติก	8
2.4 เทคนิคอาณานิคมมด	9
2.5 วงจรการพัฒนาระบบ	12
2.6 การทดสอบระบบ	14
2.7 การศึกษาความพึงพอใจ	17
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	24
3.1 ศึกษาปัญหา	24
3.2 ศึกษาความเป็นไปได้	24
3.3 การวิเคราะห์	24
3.4 การออกแบบระบบ	29
3.5 การสร้างหรือพัฒนาระบบ	29
3.6 การนำไปใช้งาน	29
3.7 การประเมินผลการใช้งานระบบ	29
3.8 การบำรุงรักษา	31



บทที่ 4 ผลการวิจัย	32
4.1 ผลการศึกษาปัญหา	32
4.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้	32
4.3 ผลการวิเคราะห์ระบบ	33
4.4 ผลการออกแบบระบบ	39
4.5 ผลการพัฒนาระบบ	42
4.6 ผลการนำไปใช้งาน	47
4.7 ผลการประเมินผลการใช้งานระบบ	47
4.8 ผลการบำรุงรักษา	51
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ	52
5.1 สรุปผล	52
5.2 อภิปรายผล	53
5.3 ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	60
ภาคผนวก ก ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการศึกษา	61
ภาคผนวก ข แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ	65
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ	68
ประวัติย่อผู้วิจัย	80





## สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 สรุปขั้นตอนและกิจกรรมในวงจรการพัฒนาระบบ	14
ตาราง 2.2 ตัวอย่างการหาความสอดคล้องระหว่างข้อความกับจุดมุ่งหมายของผู้เชี่ยวชาญ	18
ตาราง 3.1 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินความพึงพอใจ	30
ตาราง 3.2 เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูล	30
ตาราง 4.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์	33
ตาราง 4.2 Teacher_Position: ตำแหน่งอาจารย์	40
ตาราง 4.3 Room_Type: ประเภทห้องเรียน	40
ตาราง 4.4 Teacher: อาจารย์	41
ตาราง 4.5 Room: ห้องเรียน	41
ตาราง 4.6 Course_Type: กลุ่มวิชา	41
ตาราง 4.7 Course: รายวิชา	42
ตาราง 4.8 TimeTabling: ตารางสอน	42
ตาราง 4.9 ข้อมูลการทดสอบระบบ	47
ตาราง 4.10 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน	49
ตาราง 4.11 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านความถูกต้อง	49
ตาราง 4.12 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน	50
ตาราง 4.13 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านความถูกต้อง	50



## สารบัญภาพประกอบ

## หน้า

ภาพประกอบ 2.1 ตารางสอนมุมมองห้องเรียน	6
ภาพประกอบ 2.2 ตารางสอนมุมมองอาจารย์	6
ภาพประกอบ 2.3 รหัสเทียมของเทคนิคอาณานิคมมด	10
ภาพประกอบ 2.4 Black-Box Testing	15
ภาพประกอบ 3.1 รหัสเทียมเทคนิคอาณานิคมมดสำหรับการจัดตารางสอน	25
ภาพประกอบ 3.2 ตัวอย่างการเข้ารหัสตารางเวลา	26
ภาพประกอบ 4.1 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด	34
ภาพประกอบ 4.2 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีระบบอาณานิคมมด (Low Setting)	34
ภาพประกอบ 4.3 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีการระบบมด (Low Setting)	35
ภาพประกอบ 4.4 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด	35
ภาพประกอบ 4.5 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีระบบอาณานิคมมด (Medium Setting)	36
ภาพประกอบ 4.6 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีการระบบมด (Medium Setting)	36
ภาพประกอบ 4.7 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด	37
ภาพประกอบ 4.8 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีระบบอาณานิคมมด (High Setting)	37
ภาพประกอบ 4.9 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีการระบบมด (High Setting)	38
ภาพประกอบ 4.10 สรุปผลลัพธ์ของการละเมิดข้อบังคับที่น้อยที่สุดในแต่ละกลุ่ม	38
ภาพประกอบ 4.11 Flowchart ระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ	39
ภาพประกอบ 4.12 ER-Diagram	40
ภาพประกอบ 4.13 หน้าจอเข้าสู่ระบบ	43
ภาพประกอบ 4.14 ภาพรวมหน้าจอการทำงานของระบบ	43
ภาพประกอบ 4.15 หน้าจอการจัดการข้อมูลห้องเรียน	44
ภาพประกอบ 4.16 สร้างข้อมูลตารางเวลา	44
ภาพประกอบ 4.17 ข้อมูลตารางเวลา	44
ภาพประกอบ 4.18 หน้าจอการจัดการข้อมูลอาจารย์	45
ภาพประกอบ 4.19 หน้าจอการจัดการข้อมูลรายวิชา	45
ภาพประกอบ 4.20 หน้าจอการจัดการข้อมูลปีการศึกษา	46
ภาพประกอบ 4.21 หน้าจอการจัดการข้อมูลภาคเรียน	46
ภาพประกอบ 4.22 หน้าจอหลักสูตรและการจัดตารางสอน	47
ภาพประกอบ 4.23 หน้าจอการจัดตารางสอน	47
ภาพประกอบ 4.24 ระบบแจ้งเตือนจำนวนตารางเวลา (Timeslot) ไม่เพียงพอกับรายวิชา	51
ภาพประกอบ 4.25 ผลตารางสอนที่ตรงกับจำนวนวันและคาบการเรียน	51



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 หลักการและเหตุผล

การจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่มักจะถูกดำเนินการ โดยใช้วิธีการสังเกตและปรับปรุงข้อมูลตารางสอนในแต่ละภาคการศึกษาโดยเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบจนได้ตารางสอนที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งการจัดตารางสอนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีถูกใจผู้ที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นนักศึกษาหรืออาจารย์ผู้สอนนั้นมีความยากลำบากมาก เนื่องจากรูปแบบในการจัดตารางสอนที่เป็นไปได้มีจำนวนมาก แตกต่างกันไป ซึ่งรูปแบบการจัดตารางสอนอาจจะมีจำนวนมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนวิชาเรียน จำนวนอาจารย์ผู้สอน จำนวนเวลาเรียนที่เปิดสอน และจำนวนห้องเรียน การใช้มนุษย์ดำเนินการจัดตารางสอนจึงอาจทำให้มองข้ามรูปแบบของตารางสอนที่มีความเหมาะสมอีกหลายรูปแบบไป ซึ่งตารางสอนที่ถูกมองข้ามไปนั้น อาจจะมีรูปแบบที่ตอบสนองความต้องการและเกิดประโยชน์ต่อทั้งอาจารย์ นักศึกษารวมถึงเป็นประโยชน์ในแง่ของทรัพยากรที่ถูกใช้ได้อย่างเหมาะสมอีกด้วย

ซึ่งการใช้มนุษย์จัดตารางสอนนั้น มักพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการจัดตารางสอนที่ไม่ตรงกับเวลาที่เหมาะสมของอาจารย์ผู้สอน การจัดตารางสอนที่ทำให้อาจารย์ผู้สอนสอนนานเกินไป การจัดตารางสอนที่ไม่สามารถจัดสรรทรัพยากรให้เหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการการจัดตารางสอนเพื่อเลี่ยงเวลาประชุมของอาจารย์และผู้บริหาร การจัดตารางสอนให้นักศึกษามีเวลาว่างที่เหมาะสม เวลาเรียนไม่ติดกันจนเกินไป การจัดตารางสอนเพื่อให้จำนวนนักศึกษาสอดคล้องพอดีกับขนาดของห้องเรียนและอุปกรณ์การเรียน และอื่นๆ อีกมากมายรวมถึงนโยบายและความต้องการของแต่ละมหาวิทยาลัย เป็นต้น นอกจากนี้การจัดตารางสอนภายในมหาวิทยาลัยให้มีประสิทธิภาพนั้น ไม่ใช่แค่เพียงการแก้ปัญหาความลงตัวของตารางสอนสำหรับอาจารย์หรือทรัพยากรเท่านั้น ในส่วนของนักศึกษาก็ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมต่อสภาพการเรียนรู้ของนักศึกษาด้วย เช่น ช่วงเวลาที่เหมาะสมของการเรียนการสอน การเว้นระยะเวลาในการเรียนต่อเนื่องอย่างเหมาะสม ปัญหาเหล่านี้สามารถเอื้อประโยชน์ต่อประสิทธิภาพในการเรียนการสอนด้วยเช่นกัน การจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัยจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมีประโยชน์และน่าสนใจอย่างยิ่งต่อระบบการศึกษาเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้เรียน อาจารย์ผู้สอนและบุคลากรที่เกี่ยวข้องอันจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างมาก

จากการศึกษาวิธีการจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัย พบว่าการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนนั้นมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้นำวิธีการต่างๆ ทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) มาใช้ในการแก้ปัญหา เช่น การใช้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) [1] การใช้เน็ตเวิร์กอัลกอริทึมแบบหลายจุดประสงค์ [2,3] การใช้เน็ตเวิร์กอัลกอริทึม [4,5] การใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) [6] การใช้ทฤษฎีฝูงมด (Ant Colony Theory) [7] การใช้วิธีเชิงพันธุกรรมแบบผสมประมวลผลแบบขนาน [8] แต่เนื่องจากงานวิจัยเหล่านั้นยังคงดำเนินการตามปัญหาและแนวทางการพัฒนาเฉพาะตน ซึ่งปัจจุบันการจัดตารางสอนจะเน้นไปที่ วิธีการค้นหาตารางสอนที่ดีและตรงกับความ ต้องการด้วยวิทยาการคอมพิวเตอร์ ซึ่งความยากของวิธีการนี้ คือ ปัญหาการค้นหาปริภูมิขนาดใหญ่ของ



คอมพิวเตอร์ ที่เรียกว่า ปัญหาเอ็นพี-ฮาร์ด (NP-Hard) ซึ่งหมายความว่า เวลาในการค้นหาของคอมพิวเตอร์กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องไม่เป็นไปตามสัดส่วนของสมการพหุนาม ดังนั้นในกรณีที่ยังมีห้องเรียนจำนวนวิชาและจำนวนชั่วโมงเรียนมากขึ้นเท่าไร เวลาที่ใช้ในการค้นหาก็ยิ่งเพิ่มทวีคูณเท่านั้น ซึ่งอาจจะไม่มีโอกาสหาค่าที่ดีที่สุดได้ และจะทำให้คอมพิวเตอร์หยุดชะงักการทำงานในที่สุด [9] ซึ่งรูปแบบตารางสอนที่เป็นไปได้ทั้งหมดนั้นมีปริมาณจำนวนมากขึ้นอยู่กับวิชาที่เปิดสอน ชั่วโมงเรียนทั้งหมดที่เป็นไปได้ทั้งหมด เท่ากับจำนวนคาบการสอนที่เป็นไปได้คูณกับจำนวนห้องเรียนที่มี ทั้งหมดยกกำลังด้วยจำนวนวิชาเรียน ยกตัวอย่างเช่น มีห้องเรียน 10 ห้อง วิชาเรียน 5 วิชาและคาบการสอนทั้งหมด 14 คาบ จะได้รูปแบบตารางสอนที่เป็นไปได้ทั้งหมด 140 ยกกำลัง 5 ซึ่งเท่ากับ 52,783,400,000 วิธี

ปัจจุบันปัญหาในการค้นหาปริภูมิที่มีขนาดใหญ่ดังกล่าว ถูกแก้ไขด้วยกระบวนการของเทคนิคเมตา-ฮิวริสติก ซึ่งเป็นเทคนิควิธีในการหาค่าที่ดีที่สุดวิธีการหนึ่ง โดยมีหลักการ คือ มีระเบียบวิธีในการหาคำตอบที่ดีภายในพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ มีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น วิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing) วิธีการอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีการอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) เป็นต้น จากงานวิจัยของวุฒิพงษ์ และคณะ[10] ได้สรุปเปรียบเทียบเทคนิคเมตา-ฮิวริสติก ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัย ว่าวิธีการใดเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดนั้น ไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนหากทดสอบกับปัญหาที่แตกต่างกัน แต่สามารถพิจารณาจุดเด่นของแต่ละวิธีได้ ดังนี้ วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) สามารถหาคำตอบได้รวดเร็วและมีอัตราในการหาคำตอบได้สำเร็จค่อนข้างสูง วิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing) สามารถหาคำตอบที่มีคุณภาพสูงได้ดี ในปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลาง วิธีการอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization) สามารถหาคำตอบที่มีคุณภาพสูงได้ดี ในปัญหาขนาดใหญ่ และขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) นิยมนำไปใช้ผสมผสานกับวิธีการอื่นๆ และสามารถหาคำตอบที่มีคุณภาพสูงได้ดี

จากปัญหาดังกล่าว พบว่า กลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ประสบปัญหาในการจัดตารางสอนเช่นเดียวกันและพบว่าเป็นปัญหาขนาดใหญ่ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเทคนิคเมตา-ฮิวริสติก โดยใช้เทคนิคอาณานิคมมด เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาข้างต้น และนำมาพัฒนาระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติเพื่อให้สามารถใช้งานได้  
กรณีศึกษา: กลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาเทคนิคอาณานิคมมด ที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดตารางสอน กรณีศึกษา: กลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติ โดยใช้เทคนิคอาณานิคมมดที่เหมาะสม
- 1.2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้น



### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ศึกษาเทคนิคอาณานิคมมด ที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดตารางสอน ภายในกลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

1.3.2 ได้ระบบการจัดตารางสอนโดยอัตโนมัติ ของกลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

#### 1.4.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ทำการวิจัย คือ ข้อมูลการจัดตารางเรียนตารางสอนของกลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ตั้งแต่ปี 2553 - 2555 ประกอบด้วย

1.4.1.1 ข้อมูลอาจารย์

1.4.1.2 ข้อมูลรายวิชา

1.4.1.3 ข้อมูลสถานที่

1.4.1.4 ข้อบังคับที่ใช้ในการจัดตารางสอน ประกอบด้วย

- 1) ผู้สอนจะต้องสอนเพียงหนึ่งวิชาในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น
- 2) ห้องเรียนจะต้องถูกใช้เรียนเพียงหนึ่งวิชาในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น
- 3) ห้องเรียนควรมีขนาดที่เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน

### 1.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

#### 1.5.1 ด้านฮาร์ดแวร์

- 1) คอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server)
- 2) คอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client)

#### 1.5.2 ด้านซอฟต์แวร์

- 1) ระบบปฏิบัติการ Windows 7 Professional
- 2) เว็บเบราว์เซอร์ (Internet Explorer, Google Chrome, Mozilla Firefox อื่นๆ)
- 3) ภาษาคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่ใช้คือ PHP, HTML, JavaScript, CSS
- 4) ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL

#### 1.5.3 แบบประเมินความพึงพอใจ

แบบประเมินความพึงพอใจมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating - Scale) โดยแบ่งหัวข้อในการทดสอบเป็น 2 ด้าน ดังนี้

- 1) ด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน (Functional Requirement Test)
- 2) ด้านความถูกต้อง (Functional Test)



#### 1.5.4 เทคนิควิธีที่ใช้ในงานวิจัย

เทคนิควิธีที่ใช้ในงานวิจัย คือ เทคนิคอาณานิคมมด 3 วิธี ดังนี้

- 1) ระบบมด (Ant System)
- 2) ระบบอาณานิคมมด (Ant Colony System: ACS)
- 3) วิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด (Max-Min Ant System: MMAS)

#### 1.5.5 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

- 1) ผู้เชี่ยวชาญระบบ จำนวน 3 คน
- 2) ผู้จัดตารางสอน จำนวน 3 คน

### 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 ระบบตารางสอนอัตโนมัติ หมายถึง ระบบที่นำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยจัดตารางสอน ซึ่งเป็นการจัดวิชาเรียน ผู้สอน ผู้เรียน และห้องเรียน ลงในช่วงเวลาที่มีอยู่ในหนึ่งสัปดาห์ โดยต้องคำนึงถึงข้อบังคับต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งระบบสามารถประมวลผลได้อย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง

1.6.2 การพัฒนาระบบ หมายถึง การพัฒนาระบบงานใหม่เพื่อแก้ปัญหาระบบงานเดิม โดยดำเนินการตามวงจรการพัฒนาาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)

1.6.3 เทคนิคอาณานิคมมด หมายถึง วิธีการที่มีแนวคิดมาจากพฤติกรรมการออกหาอาหารของมด ซึ่งมดเหล่านี้ในขณะที่ออกหาอาหารจะปล่อยฟีโรโมน (Pheromone) ไว้ตามทางที่เดินผ่าน โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นการบอกมดตัวอื่นๆ ว่าเส้นทางนี้เป็นเส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทางไปหาอาหารระหว่างอาณาจักรของมันและแหล่งอาหาร ซึ่งมดตัวอื่นที่อยู่ในอาณาจักรเดียวกันก็จะเดินตามเส้นทางที่มีฟีโรโมนอยู่และก็จะปล่อยฟีโรโมนในเส้นทางนั้นด้วย ทำให้เส้นทางนั้นมีการสะสมของฟีโรโมนมากยิ่งขึ้น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะดำเนินซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้เส้นทางที่เหมาะสม หรือจนกว่าจะเป็นไปตามเงื่อนไขในการหยุดทำงาน

1.6.4 ฟีโรโมน หมายถึง สารเคมีที่เป็นกลิ่นของมด ทำหน้าที่เพิ่มความสนใจให้กับเส้นทางที่มดเดินไป ซึ่งมดตัวต่อไปจะเดินตามเส้นทางของมดตัวที่เดินไปก่อนหน้า

1.6.5 ความพึงพอใจ หมายถึง การนำระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ ไปให้กลุ่มเป้าหมายใช้ แล้วให้ตอบแบบสอบถาม จากนั้น นำผลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามไปหาค่าทางสถิติ แล้วแปลผลที่ได้เพื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนากระบวนการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยเทคนิคอาณานิคมมด งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจำเป็นต่อการพัฒนาระบบ โดยมีรายละเอียดของทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย ตารางสอน ปัญญาประดิษฐ์ เทคนิคเมตา-ฮิวริสติก เทคนิคอาณานิคมมด วงจรการพัฒนาระบบ การประเมินความพึงพอใจ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 2.1 ตารางสอน

##### 2.1.1 ความหมายของตารางสอน

ผาณิต จันทรรณู [1] กล่าวว่า ตารางสอน หมายถึง ตารางที่ต้องกำหนดเวลาในแต่ละคาบเรียนว่าแต่ละคาบเรียนนั้นมีเรียนวิชาใด อาจารย์คนใดเป็นผู้สอน และระบุว่าเรียนที่ห้องเรียนใด ซึ่งจะต้องดูจากเงื่อนไขต่างๆ

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ [11] กล่าวว่า ตารางสอน หมายถึง การกำหนดรายวิชาเรียน และเวลาที่จะเรียนประจำวันตลอดสัปดาห์

นงเยาว์ ธาราศรีสุทธิ [12] กล่าวว่า ตารางสอน หมายถึง การนัดหมายระหว่างอาจารย์ผู้สอนกับนักศึกษาเกี่ยวกับ วัน เวลา และรายวิชาที่ใช้เรียนใช้สอนตลอดสัปดาห์

สรุปได้ว่า ตารางสอน หมายถึง การนำข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางสอน ได้แก่ ข้อมูลวิชา ข้อมูลอาจารย์ และข้อมูลของผู้เรียน จัดลงในช่วงเวลาว่างของแต่ละห้องใน 1 สัปดาห์ ตามข้อบังคับที่กำหนด โดยที่ข้อมูลที่ถูกจัดไปแล้วต้องไม่ถูกจัดซ้ำอีกในช่วงเวลาเดียวกันของวัน ตารางสอนนั้นจึงจะสามารถนำไปใช้ได้

ตารางสอนโดยทั่วไปนั้น แรกแรกในแนวนอนจะแสดงเวลาของแต่ละวัน ส่วนแนวตั้งในสดมภ์แรกจะแสดงวันของสัปดาห์ ภายในตารางจะมีเหตุการณ์ระบุไว้ในช่วงเวลาต่างๆ ของแต่ละห้อง [10] ดังตัวอย่างตารางสอนสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ในมุมมองของห้องเรียนและมุมมองของอาจารย์ดังภาพประกอบ 2.1 และภาพประกอบ 2.2



ห้อง 613	08:00-10:00	10:00-12:00	13:00-15:00	15:00-17:00
วันจันทร์	เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อชีวิต		หัวข้อพิเศษเกี่ยวกับ คอมพิวเตอร์	
	อ.ณวัฒน์ นันทะเสน		อ.ณัฐพงษ์ พันธุ์มณี	
วันอังคาร		การวิจัยและ ดำเนินงาน	เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อชีวิต	
		รศ.สิทธิชัย บุขหมั่น	อ.พวงผกา คุณาสีทธิ์	
วันพุธ	การวิเคราะห์และ ออกแบบระบบ			
	อ.สุนันทา กลิ่นถาวร			
วันพฤหัสบดี		เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อชีวิต		
		อ.รักถิ่น เหลาหา		
วันศุกร์	เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อชีวิต	เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อชีวิต		
	รศ.สิทธิชัย บุขหมั่น	อ.กิตติพงษ์ ชินสุข		

ภาพประกอบ 2.1 ตารางสอนมุมมองห้องเรียน

ตัวอย่าง การอ่านข้อมูลจากตารางสอนดังกล่าวประกอบ 2.1 เช่น ชั้นเรียนของวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มีอาจารย์ผู้สอน คือ อ.ณวัฒน์ นันทะเสน ซึ่งจะมีการจัดการเรียนการสอนวันจันทร์ในช่วงเวลา 08:00 น. – 10:00 น. ห้อง 613 เป็นต้น

คาบ/เวลา	08:00-10:00	10:00-12:00	13:00-15:00	15:00-17:00
วันจันทร์	เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อชีวิต		หัวข้อพิเศษ เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์	
	622		627	
วันอังคาร		การวิจัยและ ดำเนินงาน		
		613		
วันพุธ	การวิเคราะห์และ ออกแบบระบบ			
	635			
วันพฤหัสบดี		เทคโนโลยี สารสนเทศเพื่อชีวิต		
		624		
วันศุกร์	เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อชีวิต			
	613			

ภาพประกอบ 2.2 ตารางสอนมุมมองอาจารย์





ตัวอย่าง การอ่านข้อมูลจากตารางสอนดังภาพประกอบ 2.2 ซึ่งจะมีการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต ของ รศ.สิทธิชัย บุขหมั่น ในวันจันทร์ ช่วงเวลา 08:00 น. – 10:00 น. ห้อง 622 เป็นต้น

### 2.1.2 ลักษณะปัญหาการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัย

ลักษณะปัญหาการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัยมีอยู่ 2 ประเภทหลัก ประกอบด้วย

2.1.2.1 การจัดตารางสอนหลังจากการลงทะเบียน (Post-Enrollment Course Time Tabling: PE-CTT) ตารางสอนประเภทนี้จะถูกจัดหลังจากมีการลงทะเบียนของผู้เรียนที่จะทำการลงทะเบียนเรียนในวิชาต่างๆ ทำให้อาจเกิดความเสี่ยงในการจัดตารางสอนได้ หากห้องเรียนมีจำนวนน้อยไม่เพียงพอกับจำนวนผู้เรียน การจัดตารางสอนประเภทนี้จึงต้องคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ ให้มีประสิทธิภาพที่สุดเท่าที่จะทำได้ สำหรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอนประเภทนี้ มีอยู่หลายปัจจัย เช่น วิชาที่จะต้องถูกจัดลงในห้องเรียน ผู้เรียนที่จะเรียนในแต่ละวิชา อุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในห้องเรียน เป็นต้น

2.1.2.2 การจัดตารางสอนบนพื้นฐานของหลักสูตร (Curriculum-Based Course Time Tabling: CB-CTT) ตารางสอนประเภทนี้มักจะถูกจัดก่อนที่จะมีการลงทะเบียน เนื่องจากตารางสอนประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลการลงทะเบียนในการจัดตารางสอน เพราะจะทำการจัดตารางสอนสำหรับแต่ละหลักสูตร ซึ่งมหาวิทยาลัยจะให้ผู้เรียนลงทะเบียนเรียนตามหลักสูตรที่กำหนดให้ สำหรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอนประเภทนี้ มีอยู่หลายปัจจัย เช่น วิชาเรียนที่จะมีการกำหนดว่าจะมีใครเป็นผู้สอนและจะสามารถรองรับผู้เรียนได้จำนวนเท่าไร ห้องเรียนซึ่งจะมีการกำหนดว่าสามารถรองรับผู้เรียนได้จำนวนเท่าไร และเหมาะกับการจัดการเรียนการสอนในวิชาประเภทใด จำนวนวันและช่วงเวลาในแต่ละวันที่สามารถจัดวิชาเรียนลงไปได้ ซึ่งโดยปกติแล้วในแต่ละวันจะมีจำนวนเท่าๆ กัน หลักสูตรที่มีข้อมูลของรายวิชาที่ต้องการจัดให้อยู่ในหลักสูตรนั้น เป็นต้น

### 2.1.3 ข้อบ่งชี้ในการจัดตารางสอน

ข้อบ่งชี้ในการจัดตารางสอนมีอยู่หลากหลายประเภทขึ้นอยู่กับความต้องการของแต่ละที่ การจำแนกประเภทของข้อบ่งชี้ในการจัดตารางสอนนั้นมีประโยชน์เพื่อที่จะทำให้ สามารถรวบรวมข้อมูลได้ถูกต้อง ว่าต้องเตรียมข้อมูลใดบ้าง เพื่อใช้ในการค้นหา สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ ข้อบ่งชี้แบบเข้มงวดและข้อบ่งชี้แบบผ่อนปรน [9, 10] ดังนี้

#### 2.1.3.1 ข้อบ่งชี้แบบเข้มงวด

- 1) ผู้สอนจะต้องสอนเพียงหนึ่งวิชาในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น
- 2) ผู้เรียนจะต้องเรียนเพียงหนึ่งวิชาในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น
- 3) ห้องเรียนจะต้องถูกใช้เรียนเพียงหนึ่งวิชาในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น
- 4) ห้องเรียนจะต้องถูกใช้กับวิชาที่เหมาะสมเท่านั้น
- 5) จะต้องไม่จัดวิชาเรียนลงในช่วงเวลาในห้องเรียนถูกกำหนดไว้ให้ใช้ทำกิจกรรม

อื่นๆ

#### 2.1.3.2 ข้อบ่งชี้แบบผ่อนปรน

- 1) ผู้สอนอาจจะมีช่วงเวลาว่างที่ตนต้องการได้



- 2) ควรใช้เวลาในการเดินทางระหว่างห้องเรียนให้น้อยที่สุดหรือถ้าเป็นไปได้ควรสอนในห้องเรียนเดิม
- 3) ควรมีช่วงเวลาว่างระหว่างการสอนในแต่ละวิชาของวันให้น้อยที่สุด
- 4) ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรมีวิชาเรียนในช่วงเย็นของแต่ละวัน
- 5) ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรมีวิชาเรียนเพียงวิชาเดียวในแต่ละวัน
- 6) ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรมีวิชาเรียนติดต่อกันมากกว่า 2 วิชาในแต่ละวัน
- 7) ห้องเรียนควรมีขนาดที่เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน
- 8) ห้องเรียนควรมีช่วงเวลาว่างที่ไม่ได้ถูกจัดให้มีกิจกรรมใดๆ ให้น้อยที่สุด

## 2.2 ปัญญาประดิษฐ์

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) [14, 15] หมายถึง เทคโนโลยีสาขาหนึ่งที่มนุษย์ค้นคว้าและสร้างขึ้นมา เพื่อต้องการให้สิ่งประดิษฐ์มีความคิดความสามารถเทียบเท่ากับมนุษย์ เพื่อสนองความต้องการที่ไม่มีที่สิ้นสุด และนำมาช่วยเหลือส่งเสริมสิ่งที่มนุษย์กระทำ หรือมาแทนที่มนุษย์ในบางเรื่อง เช่น ในสถานะที่มนุษย์ไม่สามารถกระทำ หรือกระทำไม่ได้ดีเท่ากับเครื่องจักร ปัญญาประดิษฐ์เป็นสาขาหนึ่งในด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ และวิศวกรรมเป็นหลัก แต่ยังรวมถึงศาสตร์ในด้านอื่นๆ อย่างจิตวิทยา ปรัชญา หรือชีววิทยา ซึ่งสาขาปัญญาประดิษฐ์เป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการการคิด การกระทำ การให้เหตุผล การปรับตัว หรือการอนุมาน และการทำงานของสมอง ให้เรียนรู้และเข้าใจความสามารถของมนุษย์ และมีความตั้งใจที่จะทำให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถคล้ายกับมนุษย์ โดยใช้ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เพื่อสามารถทำงานได้แทนมนุษย์ หรือเพื่อส่งเสริมกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ให้ได้ดียิ่งขึ้น

## 2.3 เทคนิคเมตา-ฮิวริสติก

เทคนิคเมตา-ฮิวริสติก (Meta-Heuristic Technique) เป็นวิธีการทางด้านปัญญาประดิษฐ์ โดยจะเริ่มต้นจากการสร้างตัวแทนปัญหาขึ้นมา จากนั้นจะนำมาผ่านกระบวนการที่จะช่วยให้ตัวแทนปัญหานั้นมีคุณภาพที่ดีขึ้น โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแนวทางนี้มักจะมีคุณภาพสูงแต่ก็มักจะใช้ทรัพยากรในการประมวลผลที่สูงด้วย หลักการเบื้องต้นของเทคนิคเมตา-ฮิวริสติก [10, 16] คือ มีระเบียบวิธีในการค้นหาคำตอบที่ดีภายในพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไป มีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดในระยะเวลาอันสั้น เป็นขั้นตอนการประมาณค่า ซึ่งอาจจะเกิดจากการรวมหลากหลายเทคนิคเพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ ใช้ได้กับปัญหาที่มีระเบียบขั้นตอนมาตรฐานที่แน่นอน แต่เทคนิคฮิวริสติกสำหรับปัญหาแต่ละปัญหาต้องดำเนินการตามขั้นตอนหลักของเทคนิคเมตา-ฮิวริสติกดั้งเดิม

เทคนิคเมตา-ฮิวริสติก อาจจะมีทั้งแบบง่ายไม่ซับซ้อน เช่น การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ หรือแบบที่ยุ่ยากซับซ้อนมากกว่า เช่น เทคนิคอาณานิคมมด วิธีการเชิงพันธุกรรม วิธีการค้นหาต้องห้าม วิธีการเลียนแบบการอบอุ่น เป็นต้น



## 2.4 เทคนิคอาณานิคมมด

เทคนิคอาณานิคมมด ได้ถูกนำมาเผยแพร่ครั้งแรกโดย Macro Dorico ในวิทยานิพนธ์ของเขา ในปี ค.ศ. 1992 ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ ACO ถูกเรียกว่า ระบบมด (Ant System: AS) โดย Dorico ประยุกต์ใช้ AS ในปัญหาการเดินทางของบุรุษไปรษณีย์และปัญหาการมอบหมายงานแบบควอดราติกส์ (Quadratic Assignment Problem)

เทคนิคอาณานิคมมด หรือเรียกโดยย่อว่า “ACO” เป็นวิธีการที่มีแนวคิดมาจากพฤติกรรมการออกหาอาหารของมด ซึ่งมดเหล่านี้ในขณะที่ออกหาอาหารจะปล่อยฟีโรโมน (Pheromone) ไว้ตามทางที่เดินผ่าน โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นการบอกมดตัวอื่นๆ ว่าเส้นทางนี้เป็นเส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทางไปหาอาหารระหว่างอาณาจักรของมันและแหล่งอาหาร ซึ่งมดตัวอื่นที่อยู่ในอาณาจักรเดียวกันก็จะเดินตามเส้นทางที่มีฟีโรโมนอยู่และก็จะปล่อยฟีโรโมนในเส้นทางนั้นด้วย ทำให้เส้นทางนั้นมีการสะสมของฟีโรโมนมากยิ่งขึ้น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะดำเนินซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้เส้นทางที่เหมาะสม หรือจนกว่าจะเป็นไปตามเงื่อนไขในการหยุดทำงาน เช่น ครบจำนวนรอบที่กำหนดไว้ [16, 17] เป็นต้น

วิธีการพัฒนาเทคนิคอาณานิคมมด มีวิธีการขั้นพื้นฐานของ ACO โดยทั่วไปประกอบด้วยขั้นตอนง่ายๆ ดังนี้

- 1) เริ่มต้นตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ACO ทั้งหมด
- 2) สร้างคำตอบเริ่มต้นจากพารามิเตอร์เริ่มต้นที่ตั้งไว้
- 3) ปรับพารามิเตอร์ต่างๆ ในข้อ 1
- 4) วนซ้ำข้อ 2-3 จนกระทั่งหยุดการทำงาน

พารามิเตอร์ที่ต้องตั้งค่าไว้ก่อนการเริ่มกระบวนการ มีดังต่อไปนี้

- 1) จำนวนรอบที่ต้องการวนซ้ำ (Iteration) จำนวนรอบในการวนซ้ำหาคำตอบแต่ละรอบประกอบด้วยมด 1 ผึ้งในการหาคำตอบ
- 2) จำนวนประชากรมด (Ant Population) ใน 1 ผึ้ง จำนวนมดใน 1 ผึ้งถ้าในปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย หมายถึง ใน 1 รอบของการเลือกเส้นทางจะประกอบไปด้วยจำนวนที่คำตอบหรือที่เส้นทาง จำนวนเส้นทางจะมีค่าเท่ากับจำนวนประชากรทั้งหมดใน 1 ผึ้งมด
- 3) ค่าฟีโรโมน (Pheromone) ทำหน้าที่เหมือนกับฟีโรโมนของมด และมีหน้าที่เหมือนกัน คือ ทำหน้าที่เพิ่มความสนใจของเส้นทางที่มดตัวต่อๆ ไปจะเดินตามเส้นทางของมดตัวที่เดินไปก่อนหน้า
- 4) เพิ่มความน่าสนใจ (Attractiveness:  $\omega(i, j)$ ) เป็นผลคูณของค่าฟีโรโมนของการเชื่อมเส้นทางระหว่างเมืองหนึ่งกับอีกเมืองหนึ่งกับระยะทางระหว่างเส้นทางเชื่อมสองเมืองนั้น ในปัญหาการเดินทางของพนักงานขายความน่าสนใจจะมี 2 พารามิเตอร์ย่อย คือ แอลฟา ( $\alpha$ ) และบีตา ( $\beta$ ) ซึ่งแอลฟาและบีตาจะถูกตั้งเป็นค่าจำนวนเต็มที่มีค่าระหว่าง 1-5 สมการสำหรับคำนวณหาความน่าสนใจแสดงได้ ดังสมการที่ 2.1

$$\omega(i, j) = \tau_{i,j}^\alpha \times \pi_{i,j}^\beta \quad (2.1)$$



จากสมการที่ 2.1

$\omega(i, j)$  คือ ค่าความสนใจของการเดินทางจากเมือง  $i$  ไปเมือง  $j$   
 $\tau_{i,j}^\alpha$  คือ ค่าฟีโรโมนของการเดินทางระหว่างเมือง  $i$  ไปเมือง  $j$  ที่ให้  
 น้ำหนัก (ยกกำลัง) ด้วยค่าน้ำหนักของฟีโรโมน  
 $\pi_{i,j}^\beta$  คือ ค่าคงที่ค่าหนึ่งในปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย เป็นส่วน  
 กลับของระยะห่างระหว่างเมืองสองเมือง ค่านี้จะให้น้ำหนักเป็นปิตา ซึ่งค่า  $\pi = \frac{1}{d_{i,j}}$  ถ้า  $d_{i,j}$  คือ  
 ระยะระหว่างเมือง  $i$  กับเมือง  $j$  ลำดับชั้นของวิธีระบบมดสามารถเขียนเป็นรหัสเทียม (Pseudo Code)  
 ได้ดัง ภาพประกอบ 2.3

ลำดับชั้นของวิธีการ ACO

ตั้งค่าเริ่มต้นที่จำเป็น	1
เมื่อวนซ้ำยังไม่ครบจำนวนรอบที่กำหนดหรือเงื่อนไขอื่นๆ ที่ส่งผลให้ หยุดการวนซ้ำยังไม่ครบกำหนด ดำเนินการดังนี้	2
เมื่อจำนวนมดยังไม่ครบตามจำนวนที่ตั้งไว้	3
สร้างคำตอบเริ่มต้น	4
ปรับปรุงคำตอบ: Local Search (มีหรือไม่มีก็ได้: Optional)	5
สิ้นสุดการสร้างคำตอบจากมดแต่ละตัว	6
ปรับปรุงค่าฟีโรโมนและพารามิเตอร์ต่างๆ (ด้วยวิธีการแตกต่างกันตาม ประเภทของ ACO)	7
สิ้นสุดการวนซ้ำ	8

ที่มา: [16]

ภาพประกอบ 2.3 รหัสเทียมของเทคนิคอาณานิคมมด

วิธีการ ACO แต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกัน ในขั้นตอนการปรับปรุงค่าฟีโรโมนโดยอาจมีข้อจำกัด  
 และวิธีการที่แตกต่างกันตามลำดับชั้นของเทคนิคอาณานิคมมด ดังที่มา: [16]

ภาพประกอบ 2.3 (บรรทัดที่ 7) ส่วนขั้นตอนอื่นๆ จะมีความคล้ายคลึงกัน ดังจะได้อธิบาย  
 ความแตกต่างในขั้นตอนการปรับปรุงค่าฟีโรโมน ดังนี้

#### 2.4.1 ระบบมด (Ant System)

วิธีการระบบมดหรือ Ant System หรือ AS นี้ มดทุกตัวจะมีสิทธิ์ปล่อยฟีโรโมน แต่การ  
 ปล่อยจะมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน โดยสมการที่ใช้ในการปรับค่าฟีโรโมน [16, 18] ดังแสดงในสมการที่ 2.2

$$\tau_{i,j}^n = (1 - p)(\tau_{i,j}^{n-1}) \quad \text{ถ้า } i, j \text{ ไม่ได้อยู่ในเส้นทางที่มดที่ถูกเลือกมาปรับปรุง}$$

ค่าเดินทางผ่าน

$$\tau_{i,j}^n = (1 - p)(\tau_{i,j}^{n-1}) + \sum_{l=1}^m \nabla \pi_{i,j}^l \quad \text{ถ้า } i, j \text{ อยู่ในเส้นทางที่มดที่ถูกเลือกมาปรับปรุงค่า}$$

เดินทางผ่าน

(2.2)



จากสมการที่ 2.2

$$\begin{aligned} \nabla \pi_{i,j}^l & \text{ คือ } \frac{Q}{L_i} \text{ เมื่อ } Q \text{ คือ ค่าคงที่ใดๆ} \\ L_i & \text{ คือ ระยะทางรวมของมดตัวที่ } i \\ m & \text{ คือ จำนวนมดที่อยู่ใน 1 รอบของการวนซ้ำหรือจำนวนมดในฝูงนั้นนั่นเอง} \end{aligned}$$

#### 2.4.2 ระบบอาณานิคมมด (Ant Colony System: ACS)

วิธีการปรับปรุงค่าฟีโรโมนของ ACS นี้จะมีลักษณะเดียวกันกับตัวอย่างที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น คือ มีสมการการปรับเปลี่ยนค่าฟีโรโมน [16, 17, 18] ดังสมการที่ 2.3

$$\begin{aligned} \tau_{i,j}^n &= (1 - p)(\tau_{i,j}^{n-1}) \quad \text{ถ้า } i, j \text{ ไม่ได้อยู่ในเส้นทางที่มดที่ถูกเลือกมาปรับปรุงค่าเดินทางผ่าน} \\ \tau_{i,j}^n &= (1 - p)(\tau_{i,j}^{n-1}) + \pi^l \text{ กรณีที่มดตัวที่ดีที่สุดเดินทางผ่าน} \end{aligned} \quad (2.3)$$

ส่วนที่ 2 ที่ทำให้ ACS ต่างจากวิธีอื่นๆ คือ การหาค่า  $p_{i,j}$  ในวิธีการอื่นๆ สามารถหาได้ด้วยสมการที่ 2.4

$$p_{i,j} = \frac{\tau_{i,j}^\alpha \times \pi_{i,j}^\beta}{\sum_{j \in S} (\tau_{i,j}^\alpha \times \pi_{i,j}^\beta)} = \frac{\omega(i,j)}{\sum_{j=1}^{J \in S} \omega(i,j)} \quad (2.4)$$

แต่ใน ACS นั้นจะเพิ่มค่าพารามิเตอร์อีก 1 ค่า คือ ค่า  $q_0$  ซึ่งมีค่าตั้งแต่ศูนย์ถึงหนึ่ง  $[0,1]$  หรือ  $q_0 \in [0,1]$  จากนั้นสุ่มตัวเลข  $q$  อีกหนึ่งค่าซึ่ง  $q_0 \in [0,1]$  เช่นกัน จากนั้นใช้สมการที่ 2.5 เพื่อหาความน่าจะเป็นอีกครั้ง

$$p_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } j = \operatorname{argmax}_{j \in S} (\tau_{i,j}^\alpha \times \pi_{i,j}^\beta) \\ 0 & \text{ถ้า เป็นอย่างอื่น} \end{cases} \quad (2.5)$$

ถ้า  $q \leq q_0$

และ  $q > q_0$  ให้ใช้สมการเดิม คือ สมการที่ 2.4

#### 2.4.3 วิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด (Max-Min Ant System:MMAS)

วิธีการระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด หรือ MAX-MIN Ant System หรือ MMAS นี้ ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกในปี 1997 โดย Stutzle กับ Hoos มดตัวที่ดีที่สุดจะมีโอกาสได้รับการปรับปรุงค่าฟีโรโมน ทั้งมดที่ดีที่สุดในแต่ละรอบ (Local-Best) และมดที่ดีที่สุดในทุกรอบที่ผ่านมา ในระยะเริ่มต้นของ MMAS จะปรับปรุงค่าฟีโรโมนด้วยมดที่ดีที่สุดในแต่ละรอบไปเรื่อยๆ ในแต่ละรอบของการวนซ้ำ เมื่อรอบการวนซ้ำผ่านไปจำนวนหนึ่ง [16, 17] เช่น ทุกๆ 100, 200 หรือ 300 รอบ หรือตัวเลขการวนซ้ำอื่นๆ ที่กำหนดไว้ จะปรับปรุงค่าฟีโรโมนด้วยค่าตอบที่ดีที่สุดของการวนรอบทั้งหมด (Global Best) แต่เมื่อมีนักวิจัยนำ MMAS ไปใช้ในงานวิจัยมากขึ้น ในที่สุดการนำเฉพาะค่าคำตอบที่ดี



ที่สุดของการวนรอบทั้งหมด ไปปรับปรุงค่าฟีโรโมนก็เพียงพอที่จะทำให้ MMAS เป็นเมตา-ฮิวริสติกที่ดี เทียบเคียงกับวิธีอื่นได้ สิ่งสำคัญที่สุดของ MMAS คือ การมีระดับฟีโรโมนสูงสุดและต่ำสุด เพื่อให้หมดมี โอกาสเลือกค่าตอบที่ไม่เคยเลือกเลยหรือมีโอกาสที่จะไม่เลือกเส้นทางที่มีฟีโรโมนสูงมากๆ สมการการ ปรับปรุงค่าฟีโรโมนเป็นดังสมการที่ 2.6

$$\tau_{i,j}^n = (1 - p)(\tau_{i,j}^{n-1}) \quad \text{ถ้า } i, j \text{ ไม่ได้อยู่ในเส้นทางที่มดที่ถูกเลือกมาปรับปรุงค่า}$$

เดินทางผ่าน

$$\tau_{i,j}^n = (1 - p)(\tau_{i,j}^{n-1}) + \nabla\pi_{i,j}^{best} \quad \text{ถ้า } i, j \text{ อยู่ในเส้นทางที่มดที่ถูกเลือกมาปรับปรุงค่าเดิน}$$

ทางผ่าน (2.6)

จากสมการที่ 2.6

$\nabla\pi_{i,j}^{best}$  คือ  $\frac{Q}{L_{best}}$  เมื่อ Q คือ ค่าคงที่ใดๆ  
 $L_{best}$  คือ ระยะทางรวมของมดตัวที่ให้ค่าตอบที่ดีที่สุดของการวนรอบทั้งหมด (Global Best) แต่ค่านี้ต้องมีค่าไม่เกินจำนวนที่ระบุได้ล่วงหน้า

## 2.5 วงจรการพัฒนาาระบบ

ธีรวัฒน์ ประกอบผล และคณะ [19] กล่าวว่า วงจรพัฒนาระบบ ประกอบด้วย ระยะการ วางแผนโครงการ ระยะวิเคราะห์ระบบ ระยะออกแบบระบบ ระยะนำไปใช้งาน ระยะประเมินผล และ ระยะการบำรุงรักษา เป็นวิธีที่ใช้ในการพัฒนาวิเคราะห์และออกแบบระบบ ซึ่งต้องวิเคราะห์ระบบที่ ต้องการพัฒนามว่ามีปัญหาหรือปัจจัยใดเกี่ยวข้องบ้าง เมื่อพัฒนาระบบแล้วจะต้องทำการประเมินระบบ เพื่อใช้ในการติดตั้งระบบใหม่

อำไพ พรประเสริฐสกุล [20] กล่าวว่า วงจรการพัฒนาาระบบ SDLC (System Development Life Cycle) คือ ระบบสารสนเทศทั้งหลายมีวงจรชีวิตที่เหมือนกันตั้งแต่เกิดจนตาย วงจรนี้เป็นขั้นตอนที่เป็นลำดับตั้งแต่ต้นจนเสร็จเรียบร้อย เป็นระบบที่ใช้งานได้ โดยระบบที่จะพัฒนา นั้น อาจเริ่มด้วยการพัฒนาระบบใหม่เลยหรือนำระบบเดิมที่มีอยู่แล้วมาปรับเปลี่ยนให้ดียิ่งขึ้น ขั้นตอน ในวงจรการพัฒนาาระบบ ช่วยให้นักวิเคราะห์ระบบสามารถดำเนินการได้อย่างมีแนวทางและเป็นขั้นตอน ทำให้สามารถควบคุมระยะเวลาและงบประมาณในการปฏิบัติงานของโครงการพัฒนาระบบได้ โดย ขั้นตอนการพัฒนาาระบบมีอยู่ด้วยกัน 7 ขั้นตอนด้วยกัน คือ เข้าใจปัญหา (Problem Recognition) ศึกษา ความเป็นไปได้ (Feasibility Study) วิเคราะห์ (Analysis) ออกแบบ (Design) สร้างหรือพัฒนาระบบ (Construction) การปรับเปลี่ยน (Conversion) และการบำรุงรักษา (Maintenance)

James Wetherbe [21] กล่าวว่า ระบบสารสนเทศทั้งหลายมีวงจรชีวิตที่เหมือนกันตั้งแต่เกิด จนตาย วงจรนี้จะขั้นตอนที่เป็นลำดับตั้งแต่ต้นจนเสร็จเรียบร้อยเป็นระบบที่สามารถใช้งานได้ การ วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องทำความเข้าใจให้ดีว่าในแต่ละขั้นตอนทำอะไร และอย่างไร โดยแบ่ง การพัฒนาระบบออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้



1) เข้าใจปัญหา (Problem Recognition) ในการพัฒนาระบบสารสนเทศขั้นได้ ก็ต่อเมื่อผู้บริหารหรือผู้ใช้ตระหนักว่า ระบบสารสนเทศหรือระบบจัดการเดิม ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการในปัจจุบัน การที่จะแก้ไขระบบเดิมที่มีอยู่แล้วไม่ใช่เรื่องที่ยาก หรือแม้แต่การสร้างระบบใหม่ ดังนั้นควรจะมีการศึกษาเสียก่อนว่า ความต้องการของเราเพียงพอที่เป็นไปได้หรือไม่

2) ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) หลังจากทราบว่าเป็นปัญหาคืออะไรและตัดสินใจว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศ หรือการแก้ไขระบบสารสนเทศเดิมมีความเป็นไปได้หรือไม่โดยเสียค่าใช้จ่ายและเวลาน้อยที่สุด และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของระบบเดิม กำหนดขอบเขตของปัญหา สามารถกำหนดเป็นความต้องการของระบบใหม่ และทำการศึกษาความเป็นไปได้ ภายใต้ทรัพยากร และเวลาที่กำหนด ซึ่งขั้นตอนนี้ควรดำเนินการให้แล้วเสร็จโดยเร็ว ไม่ควรใช้เวลานาน

3) การวิเคราะห์ (Analysis) ในขั้นตอนนี้การวิเคราะห์ระบบจะต้องใช้เทคนิคในการเก็บข้อมูล (Fact-Gathering Techniques) ได้แก่ ศึกษาเอกสารที่มีอยู่ ตรวจสอบวิธีการทำงานในปัจจุบัน สัมภาษณ์ผู้ใช้และผู้จัดการที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบ เอกสารที่มีอยู่ ได้แก่ คู่มือการใช้งาน ว่ามีขั้นตอนการดำเนินงานอย่างไร มีข้อบกพร่องในส่วนใด ซึ่งมีขั้นตอนเริ่มตั้งแต่การเลือกใช้วิธีการในการเก็บข้อมูลในสถานการณ์ที่ต่างกัน การออกแบบสอบถามหรือแบบสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูล การวางแผนการสัมภาษณ์ เมื่อจบขั้นตอนนี้จะต้องได้ข้อมูลความต้องการของผู้ใช้ระบบ เพื่อจะทำการสร้างแบบทดลอง (Prototype) ซึ่งเป็นระบบย่อของระบบที่จะทำการพัฒนา โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 3.1) รายละเอียดการทำงานของระบบเดิม
- 3.2) ข้อกำหนดความต้องการของระบบใหม่
- 3.3) ข้อมูล และไฟล์ที่จำเป็น
- 3.4) คำอธิบายวิธีการทำงาน และสิ่งที่จะต้องแก้ไข

รายละเอียดของระบบที่ศึกษาอาจเขียนเป็นรายงานสรุป หรือเขียนเป็นแผนภาพแสดงการทำงานของระบบพร้อมคำบรรยาย เครื่องมือที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้ เช่น พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) แผนภาพกระแสข้อมูล (Data flow Diagram: DFD) เพื่อใช้เครื่องมือดังกล่าวในการวิเคราะห์ระบบที่จะทำการพัฒนาต่อไป

4) การออกแบบ (Design) ขั้นตอนนี้การวิเคราะห์ระบบจะนำการตัดสินใจ ที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์การเลือกซื้อคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ด้วย (ถ้ามีหรือเป็นไปได้) หลังจากนั้นการวิเคราะห์ระบบจะนำแผนภาพต่างๆ ที่เขียนขึ้นในขั้นตอนการวิเคราะห์มาแปลงเป็นแผนภาพลำดับขั้น (แบบต้นไม้) เพื่อให้มองเห็นภาพลักษณะที่แน่นอนของโปรแกรมว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร และโปรแกรมอะไรบ้างที่จะต้องเขียนในระบบ หลังจากนั้นก็เริ่มตัดสินใจว่าจะจัดโครงสร้างจากโปรแกรมอย่างไร การเชื่อมระหว่างโปรแกรมควรจะทำอย่างไร ในการออกแบบโปรแกรมต้องคำนึงถึงความปลอดภัย (Security) ของระบบด้วย เพื่อป้องกันการผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น

5) การสร้างหรือพัฒนาระบบ (Construction) ในขั้นตอนนี้โปรแกรมเมอร์จะเริ่มเขียนและทดสอบโปรแกรมว่า ทำงานถูกต้องหรือไม่ ถ้าทุกอย่างเรียบร้อย เราจะได้โปรแกรมที่พร้อมที่จะนำไปใช้งานจริงต่อไป หลังจากนั้นต้องเตรียมคู่มือการใช้ รวมทั้งเตรียมการฝึกอบรมบุคลากรที่ใช้ระบบ ให้มีความเข้าใจ และสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



6) การปรับเปลี่ยน (Conversion) ขั้นตอนนี้เป็นการนำระบบใหม่มาใช้แทนของเก่า ภายใต้การดูแลของนักวิเคราะห์ระบบ การป้อนข้อมูลต้องทำให้เรียบร้อย จนกระทั่งสามารถเริ่มต้นใช้งานระบบใหม่ได้ การนำระบบเข้ามาควรจะทำอย่างค่อยเป็นค่อยไปที่ละน้อย หรือใช้ระบบใหม่ควบคู่ไปกับระบบเก่าไปสักกระยะหนึ่ง โดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกันแล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าเรียบร้อยก็เอาระบบเก่าออกได้ แล้วใช้ระบบใหม่ต่อไป

7) การบำรุงรักษา (Maintenance) เป็นขั้นตอน การแก้ไขโปรแกรมหลังจากการใช้งานแล้ว สาเหตุที่ต้องแก้ไขโปรแกรมหลังจากใช้งานแล้ว เนื่องจากมีปัญหาในโปรแกรม (Bug) หรือมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการ ซึ่งอาจเกิดจากระยะเวลาที่เปลี่ยนไป ธุรกิจ หรือขนาดขององค์กรเติบโตขึ้น

จากความหมายของวงจรการพัฒนาระบบ สามารถสรุปได้ว่า วงจรการพัฒนาระบบสามารถเรียกสั้นๆ ว่า SDLC เป็นวงจรที่มีลำดับขั้นในการพัฒนาระบบออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 สรุปขั้นตอนและกิจกรรมในวงจรการพัฒนาระบบ

ขั้นตอนดำเนินการ	กิจกรรม
เข้าใจปัญหา (Problem Recognition)	รับทราบ เข้าใจ ตระหนักว่ามีปัญหาในระบบว่ามีอะไรบ้าง
ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study)	รวบรวมข้อมูล คาดคะเนค่าใช้จ่าย ประโยชน์ที่ได้รับ และตัดสินใจว่าจะพัฒนาระบบหรือไม่
วิเคราะห์ (Analysis)	ศึกษาระบบเดิม กำหนดความต้องการของระบบ เขียนแผนภาพระบบเดิม และระบบใหม่
การออกแบบ (Design)	จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อระบบ เขียนแผนภาพขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ออกแบบฟอร์มการนำเข้าข้อมูล ออกแบบรายงาน และการแสดงผลบนจอภาพ ออกแบบฐานข้อมูล
สร้างหรือพัฒนาระบบ (Construction)	เขียนโปรแกรม ทดสอบโปรแกรม เขียนคู่มือ
การปรับเปลี่ยน (Conversion) หรือการนำไปใช้	ป้อนข้อมูล เริ่มใช้งานระบบ
บำรุงรักษา (Maintenance)	เข้าใจปัญหา รวบรวมปัญหา ศึกษาสิ่งที่ต้องแก้ไข

## 2.6 การทดสอบระบบ

สมชาย กิตติชัยกุลกิจ [22] กล่าวว่า การทดสอบระบบ คือ การตรวจสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยต้องทดสอบระบบภายใต้สิ่งแวดล้อมที่มีความใกล้เคียงกับการใช้งานจริงให้มากที่สุด โดยใช้ Software Testing หรือ การทดสอบซอฟต์แวร์ เพื่อช่วยให้ระบบที่พัฒนาขึ้น มีความสมบูรณ์ ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีแนวทางในการทดสอบหลายวิธี แต่วิธีที่นิยม





คือ การตั้งคำถามต่อซอฟต์แวร์ และดำเนินการทดสอบและประเมินว่าระบบสามารถตอบคำถามที่ตั้งไว้ได้ถูกต้องหรือไม่

คำถาม หมายถึง เหตุการณ์หรือวิธีการที่จะกระทำกับตัวซอฟต์แวร์

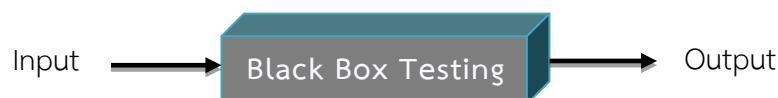
คำตอบ หมายถึง ผลลัพธ์ที่พฤติกรรมของซอฟต์แวร์ต่อคำถามที่เกิดขึ้น

รูปแบบของการทดสอบระบบ Black-Box Testing และ White-Box Testing ของ Parekh [23] ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) Black-Box Testing คือ การทดสอบโดยไม่คำนึงถึงคำสั่งภายในโปรแกรม เป็นการทดสอบฟังก์ชันต่างๆ ของระบบตามความต้องการ โดยทดสอบดูค่า Output จาก Input ที่ให้กับโปรแกรมต้องมีความสอดคล้องกัน

2) White-Box Testing คือ การทดสอบเพื่อพิจารณาภายในของระบบ หรือ ส่วนประกอบ มุ่งเน้นไปที่โครงสร้างภายใน ทดสอบโดยผู้ที่ทำการพัฒนา Code หรือ Developer นั้นเอง

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์ [24] กล่าวว่า การทดสอบระบบวิธี Black Box เป็นกระบวนการทดสอบการทำงานของระบบโดยรวม ซึ่งจะมองจากผลลัพธ์ที่ได้ โดยไม่สนใจว่าระบบมีกระบวนการทำงานเป็นอย่างไร จะใช้มุมมองภายนอกของระบบในการสร้างกรณีทดสอบ โดยไม่คำนึงถึงคำสั่งภายในโปรแกรมว่าถูกต้องหรือไม่ดังภาพประกอบ 2.4



ภาพประกอบ 2.4 Black-Box Testing

จากความหมายของการทดสอบระบบ สามารถสรุปได้ว่า การทดสอบระบบแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Black-Box Testing เป็นการทดสอบระบบโดยไม่คำนึงถึงคำสั่งภายใน เป็นการทดสอบการทำงานของระบบตามความต้องการที่มี ซึ่งการทดสอบจะดูจากผลลัพธ์ที่ได้ Output จาก Input ที่ให้กับระบบมีความสอดคล้องกัน และ White-Box Testing เป็นการทดสอบระบบเพื่อดูโครงสร้างของระบบ โดยสร้างชุดทดสอบเฉพาะสำหรับการทดสอบเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งชุดทดสอบจะต้องสามารถประมวลผลได้อย่างปกติ มุ่งเน้นไปที่โครงสร้างภายใน ทดสอบโดยผู้ที่ทำการพัฒนา Code หรือ Developer นั้นเอง

## 2.7 การศึกษาความพึงพอใจ

### 2.7.1 ความหมายความพึงพอใจ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน [25] ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า พึงพอใจ หมายถึง รัก ชอบใจ และพึงใจ หมายถึง พอใจ ชอบใจ พฤติกรรมเกี่ยวกับความพึงพอใจของมนุษย์ คือ ความพยายามที่จะขจัดความตึงเครียด หรือความกระวนกระวาย หรือภาวะไม่ได้ดูละเอียดในร่างกาย ซึ่งเมื่อมนุษย์สามารถขจัดสิ่งต่างๆ ดังกล่าว ได้แล้ว มนุษย์ย่อมได้รับความพึงพอใจ



กาญจนา อรุณสอนศรี [26] กล่าวว่า ความพึงพอใจของมนุษย์เป็นการแสดงออกทางพฤติกรรมที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่าบุคคลมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน

ดิเรก ฤกษ์สาหร่าย [27] กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึงทัศนคติในทางบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นความรู้สึกหรือทัศนคติที่ดีที่มีต่องานในทางบวก ความสุขของบุคคลอันเกิดจากการปฏิบัติงานและได้รับผลเป็นที่พึงพอใจ ทำให้บุคคลเกิดความกระตือรือร้น มีความสุข ความมุ่งมั่นที่จะทำงาน มีขวัญและมีกำลังใจ และสิ่งเหล่านี้จะส่งผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงาน ทั้งยังส่งผลต่อถึงความก้าวหน้าและความสำเร็จขององค์การอีกด้วย

กิตติมา ปรีดีลล [28] กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบหรือพอใจที่มีต่อสิ่งเร้าภายนอกและสิ่งจูงใจในด้านต่างๆ เมื่อได้รับการตอบสนอง

จากความหมายของความพึงพอใจที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบหรือพอใจ ที่มีต่อสิ่งเร้าภายนอกและสิ่งจูงใจต่างๆ ซึ่งมีทั้งความรู้สึกด้านบวกและด้านลบ ด้านบวกก็คือ เมื่อความรู้สึกเกิดในด้านบวกผลจากการปฏิบัติกิจกรรมจะมีประสิทธิภาพสูงและในทางตรงข้าม เมื่อความรู้สึกเกิดในด้านลบผลจากการปฏิบัติกิจกรรมก็จะมีประสิทธิภาพต่ำ

## 2.7.2 วิธีการศึกษาความพึงพอใจ

### 2.7.2.1 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติ ได้ศึกษาคุณสมบัติเชิงคุณภาพของซอฟต์แวร์ตามมาตรฐานซอฟต์แวร์นานาชาติ ISO/IEC 9126 ซึ่งได้กำหนดคุณสมบัติเชิงคุณภาพไว้ 6 ข้อ [22] ดังนี้

1) ประโยชน์ใช้สอย หมายถึง ซอฟต์แวร์ต้องมีประโยชน์ตรงตามความต้องการของลูกค้า เช่น ซอฟต์แวร์ต้องประมวลผลออกมาถูกต้อง มีความปลอดภัย การทำให้ซอฟต์แวร์มีประโยชน์ใช้สอยที่ดี ต้องเริ่มจากการหาให้ได้ว่าลูกค้าต้องการอะไร

2) ความน่าเชื่อถือ หมายถึง ลูกค้าสามารถใช้งานซอฟต์แวร์ได้อย่างสบายใจ โดยทั่วไปซอฟต์แวร์ที่ผ่านการใช้งานมากเท่าไร ซอฟต์แวร์นั้นก็ผ่านการปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์มากขึ้นเท่านั้น

3) การใช้งาน หมายถึง ซอฟต์แวร์ใช้งานง่าย เข้าใจง่าย จำง่าย

4) ประสิทธิภาพ ใช้ตัววัดหลายอย่าง เช่น

4.1) Throughput หมายถึง ใน 1 ชั่วโมง คำนวณค่าบริการลูกค้าได้กี่ราย

4.1) Response Time หมายถึง ระยะเวลานับตั้งแต่อินพุตข้อมูลลงไปหน้าจอ จนถึงหน้าจอแสดงเอาต์พุตออกมา

4.1) Turnaround Time หมายถึง เวลารับตั้งแต่ส่งอินพุตจนได้เอาต์พุตออกมา ดัชนีเหมาะสมสำหรับการทำงานแบบรอบ

4.1) อื่นๆ

5) การบำรุงรักษา เป็นคุณสมบัติสำคัญสำหรับซอฟต์แวร์ที่ใช้ในธุรกิจ เพราะส่วนมากมักถูกนำไปใช้งานหลายปี เมื่อมีความจำเป็นต้องปรับปรุงซอฟต์แวร์ก็สามารถวิเคราะห์ การทำงานของซอฟต์แวร์นั้นแล้วปรับปรุงทดสอบได้โดยง่าย



6) การโอนย้ายระบบ เป็นคุณสมบัติที่สำคัญเมื่อมีความจำเป็นต้องโอนย้ายระบบตามเทคโนโลยีใหม่ เช่น การเปลี่ยนไปใช้ระบบเว็บเบส (Web-Based) ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ตีควรโอนย้ายได้ง่ายโดยไม่ต้องเขียนซอฟต์แวร์ใหม่

### 2.7.2.2 การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

ความเที่ยงตรง (Validity) มีลักษณะที่เรียกว่า “Measure What to Measure” หมายถึง เครื่องมือวัดในสิ่งที่ต้องการวัดไม่ใช่ต้องการวัดอย่างหนึ่งแล้วได้สิ่งอื่นมาทดแทน ความเที่ยงตรง เป็นความสอดคล้องหรือความเหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่อง หรือเกณฑ์ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับลักษณะที่มุ่งวัด [29] โดยการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือตามเกณฑ์ที่ใช้เทียบในงานวิจัยนี้ คือ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เป็นการตรวจสอบเครื่องมือมีความเป็นตัวแทน หรือครอบคลุมเนื้อหาหรือไม่ โดยพิจารณาจากตารางวิเคราะห์เนื้อหา หรือตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์ที่กำหนด

ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญนั้น ในทางปฏิบัติสามารถตรวจสอบไปพร้อมๆ กันได้ และสามารถวิเคราะห์ออกมาในเชิงปริมาณหรือตัวเลขได้ ด้วยการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะเฉพาะกลุ่มพฤติกรรม หรือ IOC (Index of item Objective Congruence) โดยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปให้ ผู้เชี่ยวชาญในศาสตร์นั้นๆ จำนวน 3-7 คน เพื่อลงสรุป โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนน ดังนี้

- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่
- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

นำคะแนนที่ได้มาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตรดังสมการที่ 2.7

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (2.7)$$

กำหนดให้

- IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
- $\sum R$  แทน ผลรวมของคะแนนจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
- N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าค่า IOC ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ข้อคำถามนั้นก็เป็นตัวแทนลักษณะเฉพาะของกลุ่มพฤติกรรมนั้น ถ้าข้อคำถามใดมีค่าดัชนีต่ำกว่า 0.5 ข้อคำถามนั้นก็ถูกตัดออกไปหรือต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขใหม่ให้ดีขึ้น การคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง แสดงตัวอย่างดังตาราง 2.2 ตัวอย่างการหาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดมุ่งหมายของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คนในการพิจารณาข้อคำถามข้อที่ 1-4 มีดังนี้



ตาราง 2.2 ตัวอย่างการหาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดมุ่งหมายของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อ	คนที่ 1			คนที่ 2			คนที่ 3			ผลรวม	IOC	ผลการวิเคราะห์
	1	0	-1	1	0	-1	1	0	-1			
1	1			1			1			3	1	ใช้ได้
2		0			0			0		0	0	ใช้ไม่ได้
3	1					-1			-1	-1	-0.33	ใช้ไม่ได้
4	1			1				0		2	0.67	ใช้ได้

จากตารางแสดงว่ามีข้อสอบในการหาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดมุ่งหมายมีข้อสอบที่สอดคล้องกับเกณฑ์จำนวน 2 ข้อ คือ ข้อที่ 1 และข้อที่ 4 ที่สามารถนำไปใช้ได้ (ค่า IOC มากกว่า 0.5)

### 2.7.2.3 การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ เกณฑ์การให้คะแนนเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับ [30] ดังนี้

เชิงคุณภาพ ดีมาก	เชิงปริมาณ 5	หมายถึง ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
เชิงคุณภาพ ดี	เชิงปริมาณ 4	หมายถึง ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับมาก
เชิงคุณภาพ ปานกลาง	เชิงปริมาณ 3	หมายถึง ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
เชิงคุณภาพ น้อย	เชิงปริมาณ 2	หมายถึง ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับน้อย
เชิงคุณภาพ น้อยมาก	เชิงปริมาณ 1	หมายถึง ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่านำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละข้อ และใช้เกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

เชิงคุณภาพ ดีมาก	เชิงปริมาณ 4.50 - 5.00	หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
เชิงคุณภาพ ดี	เชิงปริมาณ 3.50 - 4.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
เชิงคุณภาพ ปานกลาง	เชิงปริมาณ 2.50 - 3.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
เชิงคุณภาพ น้อย	เชิงปริมาณ 1.50 - 2.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
เชิงคุณภาพ น้อยมาก	เชิงปริมาณ 1.00 - 1.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

### 2.7.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการประเมินความพึงพอใจ งานวิจัยนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยวัดค่ากลางของข้อมูลด้วยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) และวัดการกระจายของข้อมูลด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังนี้



1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) [30] ดังสมการที่ 2.8

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (2.8)$$

เมื่อกำหนดให้

$\bar{x}$	แทน ค่าเฉลี่ยรวมของหัวข้อที่ประเมิน
$\sum x$	แทน ผลรวมของหัวข้อที่ประเมิน ที่ได้จากผู้ประเมิน
$n$	แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างของผู้ประเมินทั้งหมด

2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) [30] ดังสมการที่ 2.9

$$S. D. = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \quad (2.9)$$

เมื่อกำหนดให้

$S. D.$	แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum x$	แทน ค่าที่ได้จากการประเมิน
$\sum x^2$	แทน ค่าเฉลี่ยรวมของหัวข้อที่ประเมิน
$n$	แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างของผู้ประเมินทั้งหมด

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.8.1 งานวิจัยในประเทศ

ผาณิต จันทร์ธนู [1] ได้พัฒนาระบบสารสนเทศในการจัดตารางเรียนตารางสอน และช่วยจัดเก็บข้อมูลอาจารย์ ข้อมูลรายวิชา ข้อมูลห้องเรียนได้อย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งนำวิธีการของต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เข้ามาช่วยในการจัดตารางเรียน ตารางสอน ทำให้มีการจัดข้อมูลได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วขึ้น โดยเครื่องมือและภาษาที่ใช้พัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ได้แก่ ภาษา PHP และระบบการจัดการฐานข้อมูล MySQL ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบใช้การทดสอบแบบ Black-Box Testing โดยกำหนดกลุ่มการทดสอบ 2 กลุ่ม คือ ผู้เชี่ยวชาญระบบ จำนวน 5 คน และผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 30 คน โดยสถิติที่นำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลของการหาค่าคุณภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญระบบ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 แสดงว่าระบบมีคุณภาพอยู่ในระดับดี และผลของการหาค่าความพึงพอใจของระบบจากผู้ใช้งานทั่วไป ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 ความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับดี สามารถสรุปได้ว่าระบบสามารถนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดี



เรื่องชัย มุททาหัตถการ [2] ได้นำเสนอจีเนติกอัลกอริทึมแบบหลายจุดประสงค์มาแก้ปัญหาการจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัย ซึ่งผลจากการทดสอบจีเนติกอัลกอริทึมแบบหลายจุดประสงค์ ให้ผลลัพธ์ที่ดี เมื่อใช้ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์เป็น 0.9 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์เป็น 0.1 และการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้บริหารฝ่ายวิชาการและอาจารย์ผู้สอนที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในการจัดตารางสอนจำนวน 5 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์จำนวน 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินค่าชนิด 5 ระดับ ผลปรากฏว่าการจัดตารางสอนอัตโนมัติในมหาวิทยาลัยโดยใช้จีเนติกอัลกอริทึมแบบหลายจุดประสงค์มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

สิริลักษณ์ ภูณณทัต และพยุ่ง มีสัจ [3] ได้ใช้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยในการจัดตารางสอน ซึ่งใช้วิธีการดำเนินงานโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบหลายจุดประสงค์ โดยสร้างโปรแกรมประยุกต์ สำหรับแก้ปัญหาการจัดตารางสอนของโรงเรียน ซึ่งผลการดำเนินงานพบว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบหลายจุดประสงค์ สามารถหาคำตอบได้ดี ซึ่งสามารถจัดตารางสอนได้และมีคุณภาพดี ตรงตามเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งประหยัดแรงงาน รวมทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย

นุกูล โชตเศรษฐ์ [4] จัดทำโปรแกรมประยุกต์สำหรับจัดตารางสอน โดยนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาปรับปรุงการเข้ารหัส การไขว้เปลี่ยน การคัดเลือกความหลากหลาย เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพของปัญหา โดยใช้ข้อมูลการจัดตารางสอนของคณะเศรษฐศาสตร์ เป็นต้นแบบ ซึ่งโปรแกรมประยุกต์นี้สามารถจัดตารางสอนได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งมีส่วนประสานกับผู้ใช้ (User Interface) เป็นแบบกราฟิก ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพียงเครื่องเดียว โดยจัดตารางสอนได้โดยไม่มีข้อขัดแย้งกับเงื่อนไขหลักและเงื่อนไขรอง ในการทดลองจัดด้วยจำนวนห้อง 20 ห้อง 400 ชั้นเรียน โปรแกรมสามารถจัดเสร็จได้ในจำนวนรุ่นที่น้อย และเวลาที่น้อยเมื่อเทียบกับการจัดตารางสอนด้วยมือ

สุขแสง คุณนก [8] อธิบายถึงการศึกษากระบวนการแก้ปัญหาเชิงชั้นหลายวัตถุประสงค์โดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบผสมประมวลผลแบบขนาน (Parallel Hybrid Genetic Algorithm for Hierarchical Multi-Objective Problems: PHGA for HMOP) ทั้งนี้จะเป็นการมุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ ที่สามารถแบ่งเป็นเชิงชั้นได้ การแก้ปัญหาก็ใช้เทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบผสม โดยการประมวลผลแบบขนาน ซึ่งจะทำให้สามารถแก้ปัญหาหลายวัตถุประสงค์ที่มีความซับซ้อนของข้อจำกัดต่างๆ ด้วยความรวดเร็ว โดยมีกรณีศึกษาเป็นการจัดตารางสอน ในระดับอุดมศึกษา ซึ่งประกอบด้วยข้อจำกัดของระบบที่ซับซ้อนและมากมาย โดยให้คำตอบได้หลายค่าจากกรณีศึกษา จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน หลายวัตถุประสงค์ให้ง่าย และได้คำตอบที่รวดเร็วขึ้น

วุฒิพงษ์ ชินศรี และคณะ [10] ได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ และอภิปราย โดยมุ่งเน้นวิธีการที่เป็นที่รู้จักในกลุ่มเมตา-ฮิวริสติกที่มีการนำมาใช้แก้ปัญหาการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัย ได้แก่ ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม การจำลองการอบเหนียว การค้นหาแบบตาบอด และการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอาณัติกรรมตลอดจนได้นำเสนอข้อสรุปและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตต่อไป

เอกสิทธิ์ คลังเงิน [13] นำเสนอโปรแกรมเพื่อช่วยในการจัดตารางสอน โดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ซึ่งใช้ข้อมูลตารางเรียนตารางสอนของ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือเป็นกรณีศึกษา ในการแก้ปัญหาาระบบแบ่งชนิดของเงื่อนไขเป็น 2 แบบ คือ เงื่อนไขบังคับ (Hard Constraints) ซึ่งเป็นเงื่อนไข



ที่ละเมิดไม่ได้ และเงื่อนไขที่อาจผ่อนปรนได้ (Soft Constraints) ซึ่งประสิทธิภาพของการสร้างตารางสอนจะขึ้นอยู่กับขั้นตอนการออกแบบโครโมโซม จะเห็นได้ว่าการนำขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมมาใช้ในการสร้างตารางสอน ผลลัพธ์ที่ได้มีประสิทธิภาพที่ดีทั้งในด้านของเวลาที่ใช้ในการสร้างตารางสอน และความถูกต้องในการสร้างตารางสอนระบบจะทำงานขั้นตอนดังกล่าวมาข้างต้นไปเรื่อยๆ จนกระทั่งครบจำนวนรอบที่ได้ตั้งไว้ หรือจนกระทั่งได้โครโมโซมที่มีค่าที่ดีที่สุดเพื่อใช้เป็นผลลัพธ์สำหรับสร้างตารางสอน

สุพรรณ สุคสนธิ์ และสมบัติ สินธุเชาวน์ [17] ได้นำเสนอวิธีการเมตา-ฮิวริสติก สำหรับการจัดการเส้นทางยานพาหนะขนส่ง (Vehicle Routing Problem) ซึ่งเป็นปัญหาเอ็นพี-ฮาร์ด (NP-Hard) ซึ่งผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีระบบลดแบบสูงสุด-ต่ำสุด สำหรับการค้นหาคำตอบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะทางโดยรวมต่ำสุด ภายใต้เงื่อนไขความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายที่แน่นอน ความจุของยานพาหนะมีจำกัด กระบวนการทำงานของ MMAS แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การสร้างคำตอบเริ่มต้น ซึ่งพิจารณาพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไข และระยะที่ 2 เป็นการปรับปรุงคุณภาพคำตอบ โดยวิธี 2-opt/Swap Operator และ Move Exchanges และการปรับปรุงฟีโรโมน ซึ่งผลของการทดสอบพบว่าผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในระดับดี สามารถลดระยะเวลาจากเดิม 154.8 กิโลเมตรต่อวัน เหลือ 119.3 กิโลเมตรต่อวัน คิดเป็น 29.59% โดยใช้เวลาในการประมวลผลที่เหมาะสม

## 2.8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Yu [6] ได้ทดลองและนำเสนอวิธีการใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network Algorithms) ในการกำหนดการจัดตารางสอนในสถาบันการศึกษา ซึ่งความยากของวิธีการนี้ คือ ปัญหาการค้นหาปริภูมิขนาดใหญ่ของคอมพิวเตอร์ ที่เรียกว่า ปัญหาเอ็นพี-คอมพลีต (NP-Complete) และยากที่จะทำการแก้ไข โดย G.C.Fox and W. Furmanski ได้เสนอวิธีการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการย่อยปัญหาออกจากกันอย่างอิสระลงบนเครื่องจักรขนานที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งผู้เขียนได้ระบุขั้นตอนวิธีการเหล่านี้ในการกำหนดการจัดตารางสอน และวิธีการนี้สามารถดำเนินการได้บนเครื่องดิจิทัลคอมพิวเตอร์หรือเครือข่ายประสาทเทียมแบบอนาล็อก

Socha และคณะ [7] กล่าวว่า สิ่งที่ทำทนายมากสำหรับผู้รับผิดชอบที่มีหน้าที่จัดตารางสอนในแต่ละภาคเรียน คือ ไม่เพียงแต่การสร้างตารางสอนที่สามารถใช้งานได้ แต่ต้องหาวิธีว่าทำอย่างไรถึงจะสามารถจัดตารางสอนให้มีเวลาที่เหมาะสมที่สุดในช่วงเวลาเดียวกันได้ ซึ่งการจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัยจัดเป็นปัญหาเอ็นพี (NP) ในงานวิจัยนี้ได้้นำวิธีการมด 2 วิธี มาแก้ปัญหาในการจัดตารางสอนของมหาวิทยาลัยโดยทั่วไป คือ ระบบอาณานิคมมด (Ant Colony System) และระบบลดแบบสูงสุด-ต่ำสุด (MAX-MIN Ant System) โดยได้ทดลองนำไปใช้งานกับชั้นเรียน 3 ชั้นเรียนที่มีปัญหาผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเทียบกับผลการทดลองล่าสุดของเทคนิคในกลุ่ม เมตา-ฮิวริสติก โดยใช้วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบเลือกคำตอบที่ดีที่สุด และวิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบการสุ่มมีการตั้งต้นการค้นหาใหม่ พบว่า เมื่อนำวิธีการมดทั้ง 2 มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองเพิ่มเติมในวิธีนี้ สรุปว่าผลการวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการมดในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเมตา-ฮิวริสติกอื่น รวมถึงการออกแบบ การดำเนินงาน และพารามิเตอร์ของวิธีการมด สามารถแก้ปัญหาการจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัยดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการจำเพาะเจาะจงวิธีการดำเนินการของวิธีการมดมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพ สังเกตได้จากประสิทธิภาพของแต่ละวิธีการ



Al-Betar, Khader [31] กล่าวว่า วิธีการฮาโมนี-เสิร์ช (Harmony Search Algorithm) เป็นเทคนิควิธีในกลุ่มของ เมตา-ฮิวริสติก ตัวใหม่ที่ได้รับคามนิยม ซึ่งได้แนวคิดจากการแต่งเพลงของ นักดนตรี ในการจะหาตัวโน้ตที่เหมาะสม สำหรับเครื่องดนตรีแต่ละชนิด ในการจะเล่นกันเป็นวงดนตรี สามารถบูรณาการเพื่อให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้นำวิธีการฮาโมนี-เสิร์ช (Harmony Search Algorithm) มาใช้ในการจัดตารางสอนของมหาวิทยาลัยด้วยมาตรฐานของ Benchmarks ผลของงานวิจัย พบว่า วิธีการฮาโมนี-เสิร์ช (Harmony Search Algorithm) ที่นำเสนอสามารถจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัยและทำงานได้ดีเมื่อเทียบกับกับการจัดตารางสอน แบบเดิม

Ceschia และคณะ [32] กล่าวว่า การจัดตารางสอนภายหลังการลงทะเบียน (Post-Enrollment Course TimeTabling: PE-CTT) ตารางสอนประเภทนี้จะถูกจัดหลังจากที่มีการ ลงทะเบียนของผู้เรียน การจัดตารางสอนประเภทนี้ต้องคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ให้มี ประสิทธิภาพที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในงานวิจัยนี้เราออกแบบวิธีการของเมตา-ฮิวริสติก บนพื้นฐานของการ จำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing) เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางสอนประเภทนี้ เราได้ พิจารณาข้อบังคับทั้งหมดของปัญหาที่ถูกรับเสนอในวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการจัดตารางสอนและเราได้ ทำการวิเคราะห์และทดลองกับปัญหาในทุกกรณีที่มีอยู่ ผลการทดลองสามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพดีมากในทุกกรณี ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นในการแก้ปัญหา การจัดตารางสอนประเภทนี้

Masri, Ghaith [33] การจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัย เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนมาก ซึ่งการแก้ปัญหาเป็นเรื่องที่ยากมากในการหาจุดที่เหมาะสมที่สุด เพราะการจัดตารางสอนเกี่ยวข้องกับ การกำหนดผู้สอน จำนวนของคาบเรียน และห้องเรียนที่มี ให้ตรงตามความต้องการในขณะที่ตารางสอนที่ได้ ต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัด โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างตารางสอนที่ตรงตามข้อบังคับหรือเงื่อนไขต่างๆ มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการจัดตารางสอน โดยใช้วิธีการ 2 วิธีร่วมกัน ประกอบด้วย วิธีระบบมด (Ant Colony System) ร่วมกับวิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing) และวิธีระบบมด (Ant Colony System) ร่วมกับวิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางสอน โดยกำหนดจำนวนมดที่ใช้ในการสร้างทั้งหมดตามจำนวนรายวิชา โดย ยึดตามหลักสูตรที่จัดไว้ล่วงหน้า ซึ่งมดจะเลือกและแลกเปลี่ยน ตารางเวลาภายในหลักสูตรที่กำหนด ผล การทดสอบกับปัญหาการจัดตารางสอนทั้งสองวิธี คือ ACS-SA และ ACS-TS ซึ่งเห็นว่าได้ผลดีและมี ประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการอื่นๆ

Thatchai และคณะ [34] กล่าวว่า ตารางสอนของอาจารย์ การประชุม การเรียนการสอน หรือการสอบถือเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญสำหรับสถาบันการศึกษาในทุกภาคเรียน เพราะ ตารางสอนที่จะสามารถนำไปใช้ได้จะต้องตรงตามข้อบังคับหลัก และข้อบังคับแบบผ่อนปรน เครื่องมือ ANCOT ได้รับการพัฒนามาสำหรับแก้ปัญหาการจัดตารางสอนสายพันธุ์ใหม่ของอาณานิคมมด เรียกว่า Best-Worst Ant System (BWAS) และ Best-Worst Ant Colony System (BWACS) ซึ่งถูกฝังอยู่ ภายในโปรแกรม ANCOT โดยนำการค้นหาเฉพาะที่มาจากพัฒนาไป BWAS และ BWACS เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพในการทำงาน และช่วยค้นหาตารางสอนที่ดีที่สุด และมีจำนวนในการละเมิดข้อบังคับให้ น้อยที่สุด โปรแกรม ANCOT นี้ถูกวิเคราะห์ ออกแบบ และทดลอง มาใช้ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อ ประสิทธิภาพในการทำงาน BWAS ถูกนำมาใช้สำหรับการประเมินประสิทธิภาพการทำงานกับ 8 ปัญหา





หลัก สำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ BWACS จะสร้างตารางสอนได้ดีและดีกว่าสายพันธุ์อื่น ในตระกูล ACO วิธีการค้นหาเฉพาะที่ เป็นกลยุทธ์ที่เพิ่มประสิทธิภาพของทั้งสองขึ้นถึง 74.5% แต่ยังคงใช้เวลาในการประมวลผลนาน

Rossi-Doria และคณะ [35] ได้ทำการทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพการทำงานของเทคนิคเมตา-ฮิวริสติกที่แตกต่างกัน สำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางสอน โดยพิจารณาเงื่อนไขภายใต้วิธีการของแต่ละวิธี ประกอบด้วย วิธีการจำลองการอบเหนียว วิธีการ อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม เทคนิคอาณานิคมมด วิธีการค้นหาต้องห้าม สรุปผลการเปรียบเทียบได้ ดังนี้ จากตัวอย่างปัญหาขนาดเล็ก การจำลองการอบเหนียวและการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอาณานิคมมดมี ประสิทธิภาพที่ดีกว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและการค้นหาแบบตาบู่ จากตัวอย่างปัญหาขนาดกลาง การจำลองการอบเหนียวมีประสิทธิภาพมากที่สุด ตามมาด้วยการค้นหาแบบตาบู่และขั้นตอนวิธีเชิง พันธุกรรม ส่วนการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอาณานิคมมดมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด จากตัวอย่างปัญหา ขนาดใหญ่ หากมองในมุมของความสามารถในการค้นหาตารางสอนนั้น การค้นหาแบบตาบู่สามารถ ค้นหาตารางสอนได้ดีที่สุด แต่หากมองในมุมของคุณภาพของตารางสอนแล้ว การหาค่าความเหมาะสม ที่สุดด้วยอาณานิคมมดและขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจะสามารถค้นหาตารางสอนที่มีคุณภาพได้มากกว่า การค้นหาแบบตาบู่ ส่วนการจำลองการอบเหนียวนั้น ไม่สามารถค้นหาตารางสอนในตัวอย่างปัญหา ขนาดใหญ่ได้เลย

สรุป จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดตารางสอนจัดเป็นปัญหาเอ็นพี-ฮาร์ด (NP-Hard) และเทคนิคที่ได้รับความนิยมในการนำมาแก้ปัญหาการจัดตารางสอนมากที่สุด คือ เทคนิควิธีในกลุ่มของ เมตา-ฮิวริสติก ซึ่งวิธีการที่ถูกนำมาใช้ในการจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัยนั้น แต่ละงานวิจัยมักจะ เลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมกับปัญหาและข้อบังคับของตน เพราะเทคนิคเมตา-ฮิวริสติก ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัยนั้น ไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนหาก ทดสอบกับปัญหาที่แตกต่างกัน แต่สามารถพิจารณาจุดเด่นของแต่ละวิธีได้ ดังนี้ วิธีการค้นหาต้องห้าม สามารถค้นหาคำตอบได้รวดเร็วและมีอัตราในการค้นหาคำตอบได้สำเร็จค่อนข้างสูง วิธีการจำลองการ อบเหนียว สามารถค้นหาคำตอบที่มีคุณภาพสูงได้ดี ในปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลาง เทคนิคอาณานิคมมด สามารถค้นหาคำตอบที่มีคุณภาพสูงได้ดี ในปัญหาขนาดใหญ่ และขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม นิยมนำไปใช้ผสมผสานกับวิธีการอื่นๆ และสามารถค้นหาคำตอบที่มีคุณภาพสูงได้ดี ซึ่งในงานวิจัยนี้มี แนวคิดที่จะศึกษาเทคนิคอาณานิคมมด เนื่องจากเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ ซึ่งตรงกับปัญหาการจัดตารางสอนของกลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ โดยเทคนิคอาณานิคมมดที่นำมา ศึกษาเปรียบเทียบ ประกอบด้วย ระบบมด ระบบอาณานิคมมด วิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด โดยนำผลลัพธ์ของค่าน้ำหนักการละเมิดข้อบังคับมาเปรียบเทียบกัน หากผลรวมของค่าน้ำหนักใน วิธีการใดน้อย แสดงถึงตารางสอนจากวิธีการนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด จากนั้นจะนำวิธีการที่ได้ไป พัฒนาระบบการจัดตารางสอนโดยอัตโนมัติตามวงจรการพัฒนาระบบ SDLC และประเมินความ พึงพอใจของผู้จัดตารางสอนกับระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติ



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย การพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยเทคนิคอาณานิคมมด ได้ดำเนินการตามหลักของการวิเคราะห์และพัฒนาระบบ SDLC ได้แก่ ศึกษาปัญหา ศึกษาความเป็นไปได้ วิเคราะห์ การออกแบบ สร้างหรือพัฒนาระบบ การปรับเปลี่ยนหรือการนำไปใช้ การประเมินผลการใช้งานระบบ และการบำรุงรักษา ดังนี้

#### 3.1 ศึกษาปัญหา

ในการพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ จำเป็นต้องทราบความต้องการอย่างชัดเจน หรือทราบปัญหาที่ระบบเดิมไม่สามารถตอบสนองความต้องการ ตระหนักว่ามีปัญหาอะไรในระบบเดิม และสรุปว่าปัญหานั้นเป็นอย่างไร เพื่อหาความต้องการของผู้จัดตารางสอนในการพัฒนาระบบงานใหม่ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้จัดตารางสอนได้ ข้อมูลและเปรียบเทียบค่าที่เหมาะสม

#### 3.2 ศึกษาความเป็นไปได้

โดยการศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในด้านต่างๆ เช่น ความเป็นไปได้ด้านค่าใช้จ่าย ความเป็นไปได้ด้านเวลา ความเป็นไปได้ด้านการปฏิบัติงาน ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค

#### 3.3 การวิเคราะห์

ดำเนินการศึกษาการทำงานของระบบเดิม ว่ามีขั้นตอนการดำเนินงานอย่างไร มีข้อบกพร่องในส่วนใด โดยใช้เทคนิคในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาความจริงของระบบ (Fact Gathering Techniques) ด้วยการสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้องในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งบุคคลที่ให้ข้อมูลที่ชัดเจนได้ คือ ผู้จัดตารางสอนและผู้บริหาร

จากนั้น ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าที่เหมาะสมด้วยเทคนิคอาณานิคมมด โดยการศึกษาเทคนิควิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุดกับข้อบังคับต่างๆ ดังนี้

- 1) ระบบมด (Ant System)
- 2) ระบบอาณานิคมมด (Ant Colony System: ACS)
- 3) วิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด (Max-Min Ant System: MMAS)

ซึ่งแบ่งขั้นตอนการประยุกต์ใช้เทคนิคอาณานิคมมดสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางสอน ออกเป็น 5 ส่วนหลัก คือ ขั้นตอนการกำหนดค่าข้อมูล (บรรทัดที่ 1-3) ขั้นตอนการสร้างคำตอบ (บรรทัดที่ 4-11)



ขั้นตอนการปรับปรุงค่าฟีโรโมน (บรรทัดที่ 12-14) ขั้นตอนการตรวจสอบการละเมิดข้อบังคับ (บรรทัดที่ 15) แสดงดัง

ภาพประกอบ 3.1 และขั้นตอนการเปรียบเทียบผลลัพธ์

```

1  upload problem data and assign parameters setting           % Initialisation procedure
2  create candidate list and encode tour components  $\{r_{nr}, d_{nd}, p_{np}\}$ 
3  create events list (E); create pheromone matrix
4  while iteration  $\leq$  maximum_iteration do                   % Construct solution procedure
5      for ant  $m=1$  to max_ants do
6          set empty tour  $T^m$  of ant m
7          for event=1 to n do
8              check feasible timeslots in candidate list
9              choose timeslot into  $T^m$ 
10             calculate Obj of  $T^m$ 
11             record the  $T^{best}$ 
12         pheromone evaporation                               % Pheromone update procedure
13         update pheromone trail of  $T^{best}$ 
14     end while
15     check duplicate constraint ( $CT_1, CT_2, CT_3$ )           % Check constraint
16     output the best timetables( $T^{best}$ )

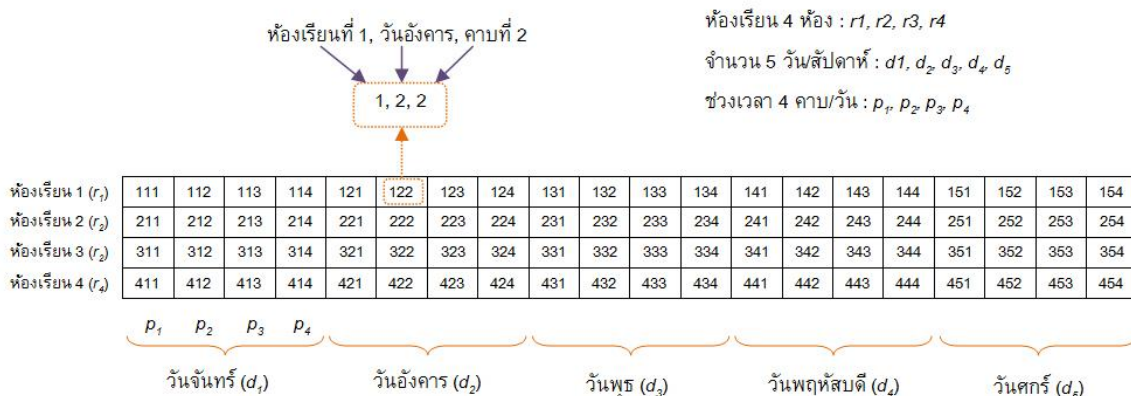
```

ภาพประกอบ 3.1 รหัสเทียมเทคนิคอาณานิคมสำหรับการจัดตารางสอน

### 3.3.1 ขั้นตอนการกำหนดค่าข้อมูล

หลังจากอัปโหลดข้อมูลและกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เรียบร้อยแล้ว สร้างตารางเวลาแทนด้วยตัวแปร  $T$  ซึ่งเป็นเส้นทางที่มดจะเดินทางผ่าน จะแสดงถึงจำนวนเส้นทางทั้งหมดของตารางเวลาที่สามารถใช้งานได้ ประกอบด้วย จำนวนห้องเรียนทั้งหมด ( $nr$ ) จำนวนวันทั้งหมด ( $nd$ ) และจำนวนคาบเรียนทั้งหมด ( $np$ ) ซึ่งได้ถูกเข้ารหัสเป็นค่าจำนวนเต็มไว้ดังภาพประกอบ 3.2 โดยส่วนประกอบของตารางเวลาประกอบด้วยเลขรหัส 3 ชุด  $\{r_{nr}, d_{nd}, p_{np}\}$  ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของห้องเรียน ( $r_1, r_2, r_3, \dots, r_{nr}$ ) ข้อมูลวันที่ใช้ในการเรียนการสอน/สัปดาห์ ( $d_1, d_2, d_3, \dots, d_{nd}$ ) และข้อมูลช่วงเวลาเรียน คาบ/วัน ( $p_1, p_2, p_3, \dots, p_{np}$ ) ดังตัวอย่าง ถ้ามีห้องเรียนทั้งหมด 4 ห้อง มีการเรียนการสอน 5 วันต่อสัปดาห์และมีคาบเรียนวันละ 4 คาบ ตารางเวลาที่ใช้ได้ทั้งหมดจะสามารถแสดงดังภาพประกอบ 3.2





ภาพประกอบ 3.2 ตัวอย่างการเข้ารหัสตารางเวลา

จากนั้น สร้างเหตุการณ์  $n$  เหตุการณ์ ซึ่งถูกกำหนดโดยจำนวนรายวิชาทั้งหมดในหลักสูตรที่เปิดสอน ทำการเรียงลำดับความสำคัญของเหตุการณ์ด้วยหมวดวิชาเรียน โดยเรียงลำดับความสำคัญจากมากไปน้อย ดังนี้ หมวดวิชาแกน หมวดวิชาพื้นฐานทางวิชาชีพ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป หมวดวิชาเลือก แทนชุดของเหตุการณ์  $E$  จำนวน  $n$  เหตุการณ์ ( $e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$ ) และสร้างเมตริกซ์พีโรโมนโดยทั่วไปในเทคนิคอานาคอมมิต จะนิยมตั้งค่าพีโรโมนเริ่มต้นที่ 1 เท่ากันหมดทุกตัว ซึ่งจำนวนของเมตริกซ์ จะมีขนาดเท่ากับตารางเวลาที่สามารถใช้งานได้

3.3.2 ขั้นตอนการสร้างคำตอบ

เริ่มจาก มดตัวที่  $m$  เลือกตารางเวลา  $T_m$  จากชุดตารางเวลา  $T$  โดยการหาค่าความน่าจะเป็น  $\rho$  ของตารางเวลาทุกตัว จากสมการที่ 3.1

$$\rho = \frac{\tau^\alpha}{Obj} \tag{3.1}$$

เมื่อ  $\tau^\alpha$  คือ ค่าพีโรโมนของตารางเวลา (ยกกำลัง) ด้วยค่าน้ำหนักของพีโรโมน

$Obj$  คือ ค่าจุดประสงค์ของการจัดตารางสอนของตารางเวลา

โดยมดตัวที่  $m$  จะทำการเลือกตารางเวลาด้วยการสุ่มตัวเลขมาหนึ่งตัว ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง  $\{0, 1\}$  ถ้าค่าที่สุ่มได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าความน่าจะเป็นของตารางเวลาใดภายในบัญชีคู่แข่งมากที่สุด ตารางเวลานั้นจะถูกเลือกนำไปใช้ในแต่ละเหตุการณ์

จากนั้นทำการหาค่าความเหมาะสมของคำตอบของมดตัวที่  $m$  ด้วยค่าจุดประสงค์  $Obj$  ดังสมการที่ 3.2

$$Obj = (St - Rt) + (Sl * Rl) \tag{3.2}$$

โดย  $St$  คือ จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียน

$Rt$  คือ จำนวนที่นั่งภายในห้องเรียน

$SI$  คือ ความต้องการในการใช้ห้องปฏิบัติการ

$RI$  คือ ประเภทของห้องเรียน

ซึ่งตารางเวลาใดมีค่า  $Obj$  น้อย แสดงว่าผลลัพธ์ของตารางเวลานั้นมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมาก ( $T^{best}$ )

### 3.3.3 ขั้นตอนการปรับปรุงค่าฟีโรโมน

ปรับปรุงค่าฟีโรโมน (ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันตามประเภทของเทคนิคอาณานิคมมด) เมื่อมดตัวที่  $m$  เลือกตารางเวลาที่มีผลลัพธ์ในการจัดที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ( $T^{best}$ ) จะต้องปรับปรุงค่าฟีโรโมน  $\tau_{ij}$  ในตำแหน่งที่เลือกมาด้วย โดยมดทุกตัวจะมีสิทธิ์ปล่อยฟีโรโมน โดยสมการที่ใช้ในการปรับค่าฟีโรโมน แสดงดังสมการที่ 3.3 กรณี  $ij$  ไม่ใช่ตารางเวลาที่มดเลือก และสมการที่ 3.4 กรณี  $ij$  เป็นตารางเวลาที่มดเลือก

$$\tau_{ij} = (1 - ER)(\tau_{ij}) \quad (3.3)$$

$$\tau_{ij} = (1 - ER)(\tau_{ij}) + Obj_{best} \quad (3.4)$$

เมื่อ  $ER$  คือ อัตราการระเหยของฟีโรโมน

$Obj_{best}$  คือ  $Q/Obj_{best}$  เมื่อ  $Q$  คือ ค่าคงที่ใดๆ และ  $Obj_{best}$  ผลรวมของการละเมิดข้อบังคับที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด

### 3.3.4 ขั้นตอนการตรวจสอบการละเมิดข้อบังคับ

1) ผู้สอนจะต้องสอนเพียงหนึ่งวิชาในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น ( $CT_1$ ) คือ การกำหนดให้ในวันและเวลาเดียวกันผู้สอนจะสอนได้หนึ่งกลุ่ม ให้  $C_s$  หมายถึง ผู้สอนคนที่  $s$  เมื่อ  $s=1, \dots, n$   $CB_{sk}$  เป็นการสอนในแต่ละคาบของผู้สอนคนที่  $s$  กลุ่มที่  $k$  เมื่อ  $k=1, \dots, N$  สามารถตรวจสอบผู้สอนแต่ละคนว่าสอนซ้ำหรือไม่ ได้ดังสมการที่ 3.5

$$CB_{sk} = \begin{cases} 0 & \text{if } C_s \neq C_{ijk} \\ 1 & \text{if } C_s = C_{ijk} \end{cases} \quad (3.5)$$

หาผลรวมการสอนซ้ำในช่วงเวลาเดียวกันของอาจารย์ทั้งหมด ได้ดังสมการที่ 3.6

$$CT_1 = \sum_{k=1}^N CB_{sk} \quad (3.6)$$



2) ห้องเรียนจะต้องถูกใช้เรียนเพียงหนึ่งวิชาในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น ( $CT_2$ ) คือ การกำหนดให้ในวันและเวลาเดียวกันสามารถใช้เรียนได้เพียงวิชาเดียว ให้  $R_s$  หมายถึง ห้องเรียนที่  $s$  เมื่อ  $s=1, \dots, n$   $CR_{sk}$  เป็นห้องเรียนห้องที่  $s$  วิชาที่  $k$  เมื่อ  $k=1, \dots, N$  สามารถตรวจสอบห้องเรียนว่าถูกจัดเข้าหรือไม่ ได้ดังสมการที่ 3.7

$$CR_{sk} = \begin{cases} 0 & \text{if } R_s \neq R_{ijk} \\ 1 & \text{if } R_s = R_{ijk} \end{cases} \quad (3.7)$$

หาผลรวมห้องเรียนที่ถูกจัดเข้าในช่วงเวลาเดียวกัน ได้ดังสมการที่ 3.8

$$CT_2 = \sum_{k=1}^N CR_{sk} \quad (3.8)$$

3) ห้องเรียนควรจะมีขนาดที่เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน ( $CT_3$ ) กำหนดให้ขนาดของห้องเรียน ให้  $L_s$  หมายถึง จำนวนที่นั่งในห้องเรียน  $s$  เมื่อ  $s=1, \dots, n$   $CL_{sk}$  เป็นจำนวนที่นั่งในห้องเรียนห้องที่  $s$  ถูกจัดให้ใช้ในวิชาที่  $k$  เมื่อ  $k=1, \dots, N$  โดย  $A_k$  คือ จำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนในวิชาที่  $k$  สามารถหาขนาดของห้องเรียนว่ามีที่นั่งเพียงพอหรือไม่ ได้ดังสมการที่ 3.9

$$CL_{sk} = \begin{cases} 0 & \text{อื่นๆ} \\ 1 & \text{if } L_s < A_k \end{cases} \quad (3.9)$$

หาผลรวมขนาดห้องเรียนมีความเหมาะสมกับจำนวนผู้เรียนหรือไม่ ได้ดังสมการที่ 3.10

$$CT_3 = \sum_{k=1}^N CL_{sk} \quad (3.10)$$

### 3.3.5 ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลลัพธ์

เกณฑ์การเปรียบเทียบผลลัพธ์ ทำได้โดยการนำค่าผลรวมของการละเมิดข้อบังคับทั้ง 3 ข้อ ที่ได้จากขั้นตอนการตรวจสอบการละเมิดข้อบังคับข้างต้นมารวมกัน ดังสมการที่ 3.11

$$SumCT = CT_1 + CT_2 + CT_3 \quad (3.11)$$

- เมื่อ  $SumCT$  คือ ผลรวมของการละเมิดข้อบังคับทั้งหมด  
 $CT_1$  คือ ผลรวมการสอนซ้ำในช่วงเวลาเดียวกันของอาจารย์ทั้งหมด  
 $CT_2$  คือ ผลรวมห้องเรียนที่ถูกจัดเข้าในช่วงเวลาเดียวกัน  
 $CT_3$  คือ ผลรวมขนาดห้องเรียนมีความเหมาะสมกับจำนวนผู้เรียนหรือไม่



จากนั้นนำผลรวมของการละเมิดข้อบังคับทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับ หากผลรวมการละเมิดข้อบังคับวิธีการได้น้อย แสดงถึงตารางสอนจากวิธีการนั้นมีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมมากที่สุด

### 3.4 การออกแบบระบบ

ดำเนินการโดยเขียนอธิบายรูปแบบของผังงาน (Flowchart) ของระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ ออกแบบฐานข้อมูล และสร้างแบบจำลองข้อมูล ซึ่งแสดงโครงสร้างและความสัมพันธ์ระหว่าง Entity โดยใช้สัญลักษณ์ เป็นลักษณะ ER-Diagram

### 3.5 การสร้างหรือพัฒนาระบบ

ทำการพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ด้วยภาษา PHP, HTML, JavaScript, CSS ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ในขั้นตอนนี้โปรแกรมเมอร์จะเขียนและทดสอบระบบด้วยเทคนิค Black-Box Testing และจัดเตรียมคู่มือการใช้งาน

### 3.6 การนำไปใช้งาน

เมื่อพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ และทดสอบระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดำเนินการติดตั้งระบบใหม่ โดยงานวิจัยนี้ได้นำระบบใหม่มาใช้ควบคู่กับระบบงานเดิม ภายใต้การดูแลของนักวิเคราะห์ระบบ จากนั้นทำการป้อนข้อมูลให้เรียบร้อย จนกระทั่งสามารถเริ่มต้นใช้งานระบบใหม่ได้

### 3.7 การประเมินผลการใช้งานระบบ

เมื่อทดสอบระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้จัดตารางสอนทดลองใช้งานระบบเพื่อทดสอบระบบและประเมินความพึงพอใจของผู้จัดตารางสอนที่มีต่อระบบ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินความพึงพอใจของระบบ โดยการประเมินสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

#### 3.7.1 การประเมินความพึงพอใจและคุณภาพของระบบ แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้

1) การประเมินระบบด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน (Functional Requirement Test)

2) การทดสอบระบบด้านความถูกต้อง (Functional Test)

#### 3.7.2 กลุ่มเป้าหมาย

การเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายโดยกำหนดกลุ่มการทดสอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ผู้เชี่ยวชาญระบบจำนวน 3 คน และผู้จัดตารางสอน จำนวน 3 คน โดยการแจกคู่มือการใช้งานระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ และดำเนินการสาธิตวิธีใช้งานระบบ โดยใช้เวลาประมาณ 20 นาที แล้วให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจ



### 3.7.3 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

ดำเนินการโดยศึกษาจากแบบประเมินที่มีผู้จัดทำไว้ก่อนแล้ว จากนั้นคัดเลือก ปรับปรุงเพิ่มเติม และแก้ไขให้สอดคล้องกับระบบงานที่พัฒนาขึ้น และตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of item Objective Congruence) ระหว่างข้อความกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เมื่อผู้เชี่ยวชาญพิจารณาถึงความเห็นและให้คะแนนแล้ว คัดเลือกแต่ข้อความที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งสูตรการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องใช้สูตร ดังสมการที่ 2.7

### 3.7.4 การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

ในงานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจเป็นเชิงปริมาณ ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังแสดงในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินความพึงพอใจ

ระดับเกณฑ์การให้คะแนน เชิงปริมาณ	ความหมาย
5	ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
4	ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับมาก
3	ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
2	ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับน้อย
1	ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่านำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละข้อ และใช้เกณฑ์การแปลความหมายดังตาราง 3.2 ดังนี้

ตาราง 3.2 เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูล

ระดับเกณฑ์การให้คะแนน เชิงปริมาณ	ความหมาย
4.50 - 5.00	ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
3.50 - 4.49	ระดับความพึงพอใจมาก
2.50 - 3.49	ระดับความพึงพอใจปานกลาง
1.50 - 2.49	ระดับความพึงพอใจน้อย
1.00 - 1.49	ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด





### 3.7.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบการ จัดตารางสอนอัตโนมัติ งานวิจัยนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยวัดค่ากลางของข้อมูลด้วยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) ดังสมการที่ 2.8 และวัดการกระจายของข้อมูลด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังสมการที่ 2.9

## 3.8 การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษา (Maintenance) เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการหลังจากมีการนำระบบใหม่ไปใช้งาน ทดสอบ และประเมินความพึงพอใจแล้ว ซึ่งเป็นการดำเนินการในส่วนของการปรับแก้โปรแกรม เนื่องจาก กรณีระบบที่นำไปใช้งานมีปัญหาในโปรแกรม หรือมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้ใช้



## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย การพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยเทคนิคอานานิคมมด ได้ดำเนินการตามหลักของการวิเคราะห์และพัฒนาระบบ SDLC ได้แก่ ศึกษาปัญหา ศึกษาความเป็นไปได้ วิเคราะห์ การออกแบบ สร้างหรือพัฒนาระบบ การปรับเปลี่ยนหรือการนำไปใช้ การประเมินผลการใช้งานระบบ และการบำรุงรักษา มีผลการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

#### 4.1 ผลการศึกษาปัญหา

ผลการศึกษาข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางสอนของ กลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พบว่า ข้อมูลที่มีความจำเป็นในการจัดตารางสอน คือ ข้อมูลผู้สอน ข้อมูลวิชาเรียน และข้อมูลห้องเรียน ซึ่งข้อมูลผู้สอนจะมีความสัมพันธ์กับข้อมูลวิชาเรียน และข้อมูลจำนวนคาบเรียนของแต่ละวัน ซึ่งการจัดตารางสอนจะถูกจัดอยู่ภายใต้ข้อบังคับต่างๆ ดังนี้

- 1) ผู้สอนต้องสอนเพียงหนึ่งวิชาในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น
- 2) ห้องเรียนต้องถูกใช้เรียนเพียงหนึ่งวิชาในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น
- 3) ห้องเรียนต้องถูกใช้กับวิชาที่เหมาะสมเท่านั้น

การจัดตารางสอนถูกดำเนินการ โดยใช้วิธีการสังเกตและปรับปรุงข้อมูลตารางสอนในแต่ละภาคการศึกษา โดยเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบจนได้ตารางสอนที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งรูปแบบการจัดตารางสอนอาจจะมีจำนวนมากและเป็นปัญหาขนาดใหญ่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนวิชาเรียน จำนวนอาจารย์ผู้สอน จำนวนเวลาเรียนที่เปิดสอน และจำนวนห้องเรียน รวมถึงการจัดตารางสอนที่อยู่ภายใต้ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอน ไม่ว่าจะเป็นการจัดตารางสอนที่ต้องจัดให้ผู้สอนต้องสอนเพียงวิชาเดียวในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น การจัดตารางสอนที่ห้องเรียนต้องถูกใช้เพียงหนึ่งวิชาในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น รวมถึงห้องเรียนต้องถูกใช้กับวิชาที่เหมาะสมเท่านั้น ซึ่งข้อบังคับต่างๆ เหล่านี้ทำให้การจัดตารางสอนเกิดความสับสนและล่าช้า เนื่องจากข้อมูลที่ต้องใช้ในการจัดตารางสอนมีจำนวนมาก จึงทำให้มีความซ้ำซ้อนของข้อมูลในการจัดตารางสอนมากขึ้นด้วยเช่นกัน

#### 4.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบ ในด้านต่างๆ เช่น ด้านค่าใช้จ่าย ด้านการปฏิบัติงาน ด้านเทคนิค ผลการศึกษาพบว่า สามารถดำเนินการพัฒนาระบบได้ เนื่องจากระบบที่พัฒนาขึ้นใช้ต้นทุนต่ำ แต่เอื้ออำนวยต่อการปฏิบัติงานด้านการจัดตารางสอนให้มีความสะดวก ถูกต้อง รวดเร็วในการจัดตารางสอน และสามารถลดระยะเวลาในการจัดตารางสอนได้



### 4.3 ผลการวิเคราะห์ระบบ

จากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอน สามารถสรุปความต้องการของระบบได้ ดังนี้

- 1) ระบบสามารถดำเนินการจัดตารางสอนผ่านระบบได้โดยอัตโนมัติ
- 2) ระบบสามารถค้นหาและจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอนได้
- 3) ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลการจัดตารางสอนในมุมมองห้องเรียนและอาจารย์ได้

4.3.1 ผลของการศึกษาเทคนิคอาณานิคมมด ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุดกับข้อบังคับ

4.3.1.1 ผลการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ตาราง 4.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์

ระดับ	ตัวแปร	$\alpha$	ER	Q	$\tau_{\max}$	$\tau_{\min}$
Low Setting		1	0.1	1	10	0.019
Medium Setting		3	0.5	3	2	0.019
High Setting		5	0.9	5	1.11	0.019

จากตาราง 4.1 แบ่งระดับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ออกเป็น 3 ระดับ คือ Low Setting (ระดับต่ำ) Medium Setting (ระดับกลาง) และ High Setting (ระดับสูง) ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

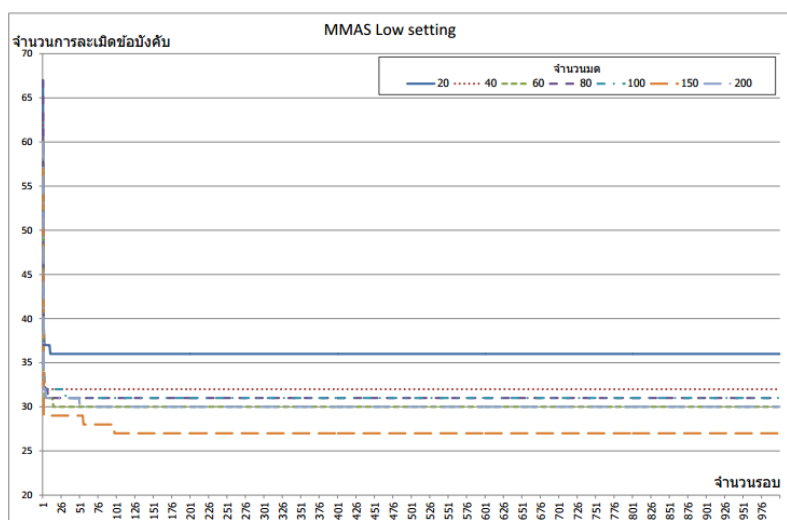
- $\alpha$  หมายถึง ค่าน้ำหนักของฟีโรโมน
- ER หมายถึง อัตราการระเหยของฟีโรโมน
- Q หมายถึง ค่าคงที่ใดๆ
- $\tau_{\max}$  หมายถึง ค่าฟีโรโมนสูงสุด มีค่าเท่ากับ  $(1/ER)$
- $\tau_{\min}$  หมายถึง ค่าฟีโรโมนต่ำสุด

และจำนวนมดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้มดอยู่ในช่วง 20-200 ตัว โดยแบ่งเป็นช่วง ดังนี้ 20, 40, 60, 80, 100, 150, 200 ทำการทดลองโดยระบุจำนวนรอบในการทำงาน 1,000 รอบ เนื่องจากจำนวนมดและจำนวนรอบจะมีผลต่อประสิทธิภาพของคำตอบที่ได้

4.3.1.2 ผลการเปรียบเทียบผลการทดลอง

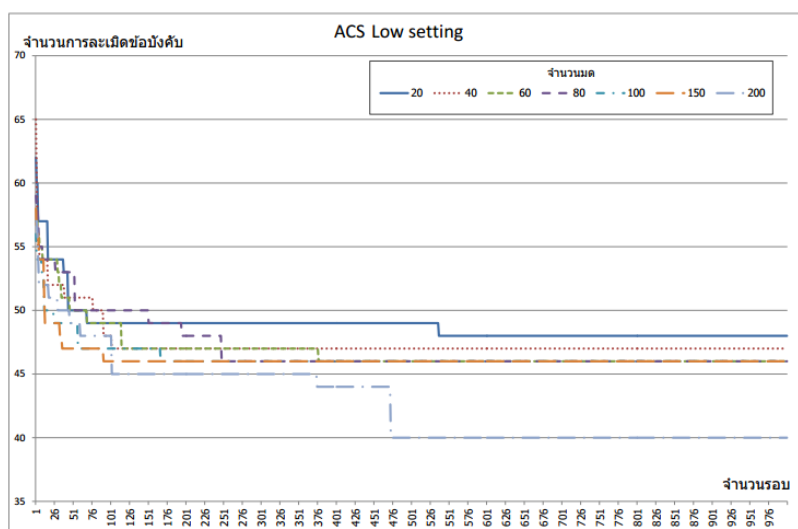
จากการทดลองจัดตารางสอน โดยกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น ด้วยข้อมูลเหตุการณ์ (รายวิชา) ทั้งหมด 441 เหตุการณ์ มีผลเปรียบเทียบการละเมิดข้อบังคับในการจัดตารางสอนทั้ง 3 ข้อ ในแต่ละวิธีการ ในแต่ละกลุ่มพารามิเตอร์ ดังนี้





ภาพประกอบ 4.1 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด (Low Setting)

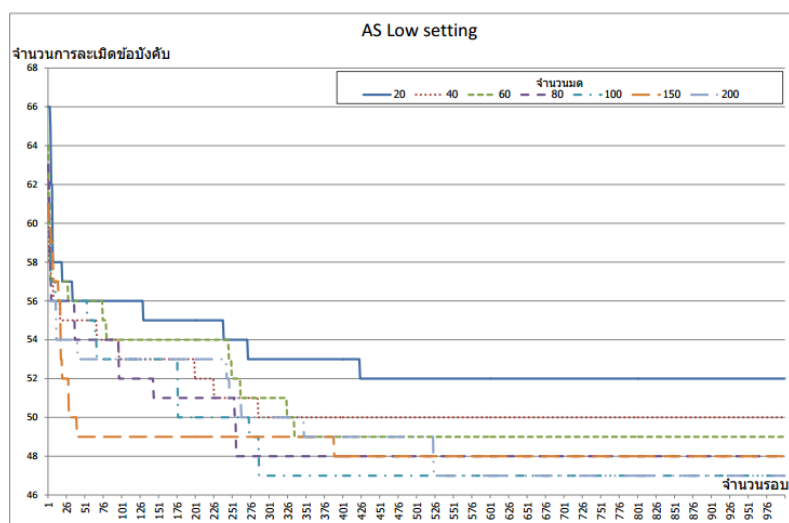
จากภาพประกอบ 4.1 กลุ่มที่ 1 พารามิเตอร์ Low Setting กับวิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด สามารถสรุปได้ว่า จำนวนมดที่ละเมิดข้อบังคับน้อยที่สุด คือ 150 ตัว และใช้รอบในการหาคำตอบที่ดีที่สุดอยู่ที่ 100 รอบขึ้นไป



ภาพประกอบ 4.2 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีระบบอาณานิคมมด (Low Setting)

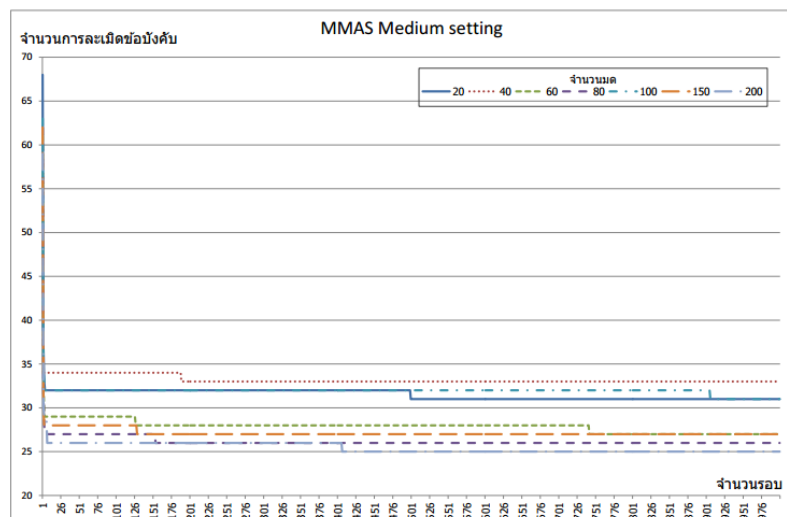
จากภาพประกอบ 4.2 กลุ่มที่ 2 พารามิเตอร์ Low Setting กับระบบอาณานิคมมด สามารถสรุปได้ว่า จำนวนมดที่ละเมิดข้อบังคับน้อยที่สุด คือ 200 ตัว และใช้รอบในการหาคำตอบที่ดีที่สุดอยู่ที่ 480 รอบขึ้นไป





ภาพประกอบ 4.3 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีการระบบมด (Low Setting)

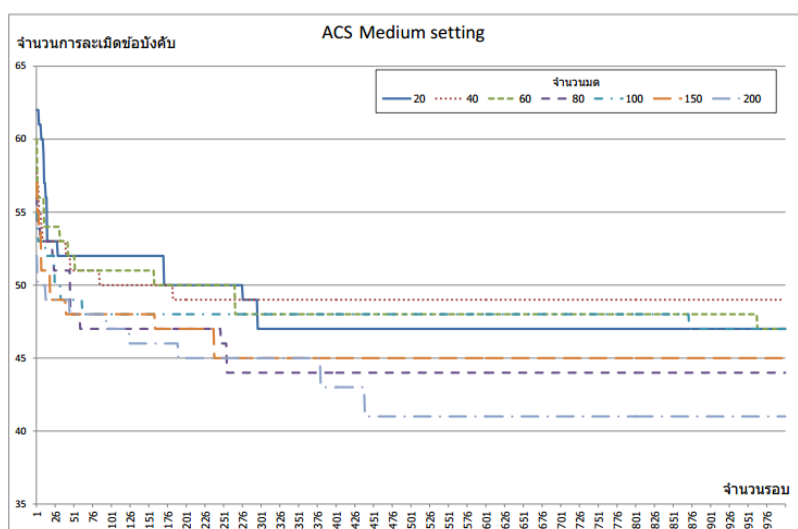
จากภาพประกอบ 4.3 กลุ่มที่ 3 พารามิเตอร์ Low Setting กับวิธีการระบบมด สามารถสรุปได้ว่า จำนวนมดที่ละเมิดข้อบังคับน้อยที่สุด คือ 100 ตัว และใช้รอบในการหาคำตอบที่ดีที่สุดอยู่ที่ 280 รอบขึ้นไป



ภาพประกอบ 4.4 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีการระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด (Medium Setting)

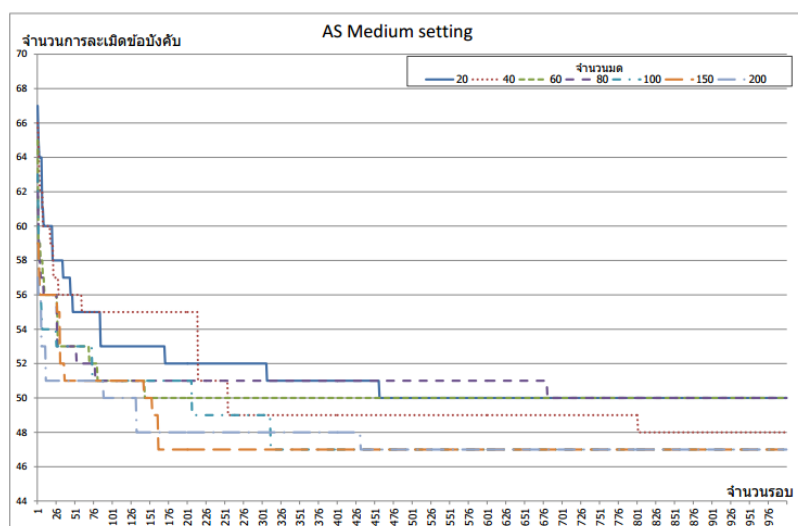
จากภาพประกอบ 4.4 กลุ่มที่ 4 พารามิเตอร์ Medium Setting กับวิธีการระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด สามารถสรุปได้ว่า จำนวนมดที่ละเมิดข้อบังคับน้อยที่สุด คือ 200 ตัว และใช้รอบในการหาคำตอบที่ดีที่สุดอยู่ที่ 400 รอบขึ้นไป





ภาพประกอบ 4.5 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีระบบอาณานิคมมด (Medium Setting)

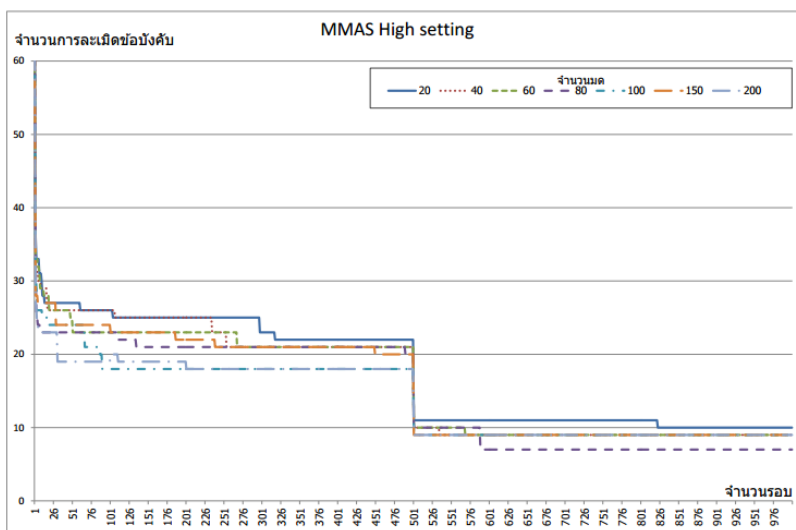
จากภาพประกอบ 4.5 กลุ่มที่ 5 พารามิเตอร์ Medium Setting กับระบบอาณานิคมมด สามารถสรุปได้ว่า จำนวนมดที่ละเมิดข้อบังคับน้อยที่สุดคือ 200 ตัว และใช้รอบในการหาคำตอบที่ดีที่สุดอยู่ที่ 433 รอบขึ้นไป



ภาพประกอบ 4.6 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีการระบบมด (Medium Setting)

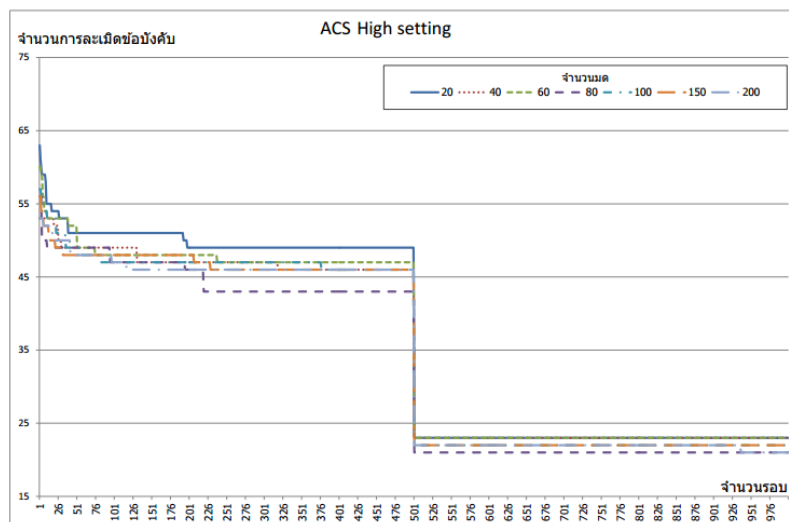
จากภาพประกอบ 4.6 กลุ่มที่ 6 พารามิเตอร์ Medium Setting กับวิธีการระบบมด สามารถสรุปได้ว่า จำนวนมดที่ละเมิดข้อบังคับน้อยที่สุด คือ 150 ตัว และใช้รอบในการหาคำตอบที่ดีที่สุดอยู่ที่ 169 รอบขึ้นไป





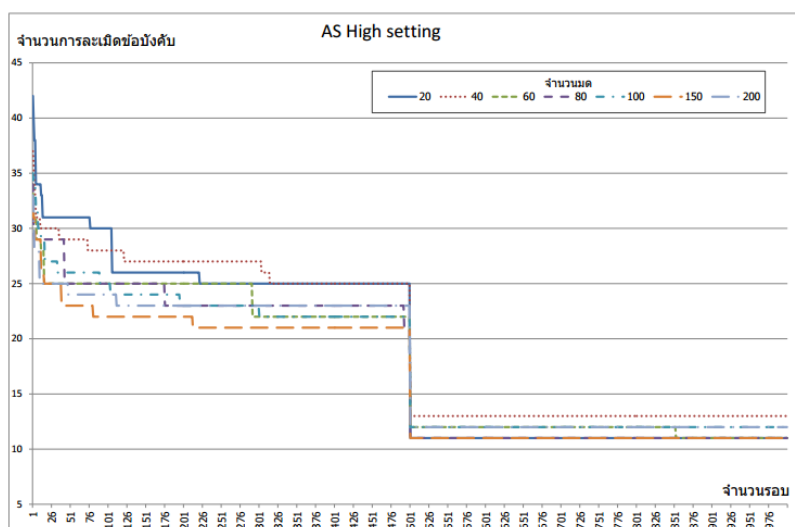
ภาพประกอบ 4.7 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด (High Setting)

จากภาพประกอบ 4.7 กลุ่มที่ 7 พารามิเตอร์ High Setting กับวิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด สามารถสรุปได้ว่า จำนวนมัดที่ละเมิดข้อบังคับน้อยที่สุด คือ 80 ตัว และใช้รอบในการหาคำตอบที่ดีที่สุดอยู่ที่ 600 รอบขึ้นไป



ภาพประกอบ 4.8 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีระบบอาณานิคมมด (High Setting)

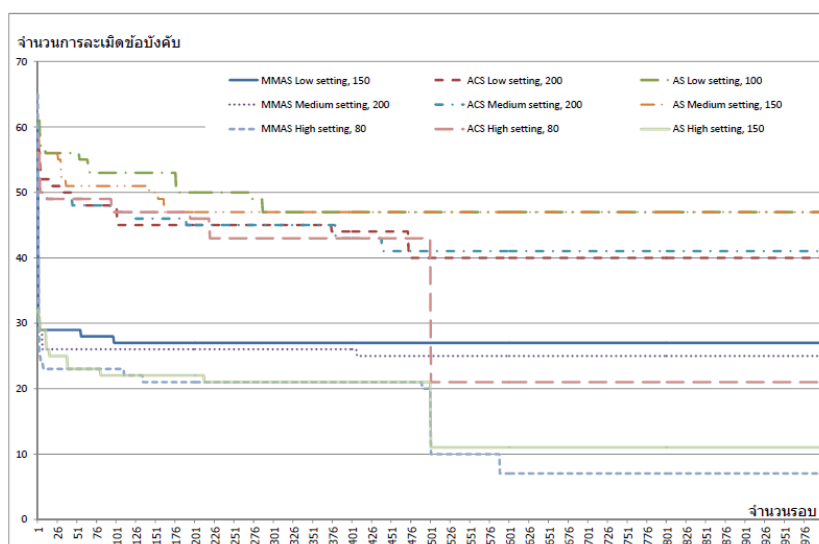
จากภาพประกอบ 4.8 กลุ่มที่ 8 พารามิเตอร์ High Setting กับระบบอาณานิคมมด สามารถสรุปได้ว่า จำนวนมัดที่ละเมิดข้อบังคับน้อยที่สุด คือ 80 ตัว และใช้รอบในการหาคำตอบที่ดีที่สุดอยู่ที่ 500 รอบขึ้นไป



ภาพประกอบ 4.9 จำนวนการละเมิดข้อบังคับวิธีการระบบมด (High Setting)

จากภาพประกอบ 4.9 กลุ่มที่ 9 พารามิเตอร์ High Setting กับวิธีการระบบมด สามารถสรุปได้ว่า จำนวนมดที่ละเมิดข้อบังคับน้อยที่สุด คือ 150 ตัว และใช้รอบในการหาคำตอบที่ดีที่สุดอยู่ที่ 500 รอบขึ้นไป

สามารถสรุปผลลัพธ์ของการละเมิดข้อบังคับที่น้อยที่สุดในแต่ละกลุ่มทั้งหมด 9 กลุ่ม ได้ดังภาพประกอบ 4.10



ภาพประกอบ 4.10 สรุปผลลัพธ์ของการละเมิดข้อบังคับที่น้อยที่สุดในแต่ละกลุ่ม





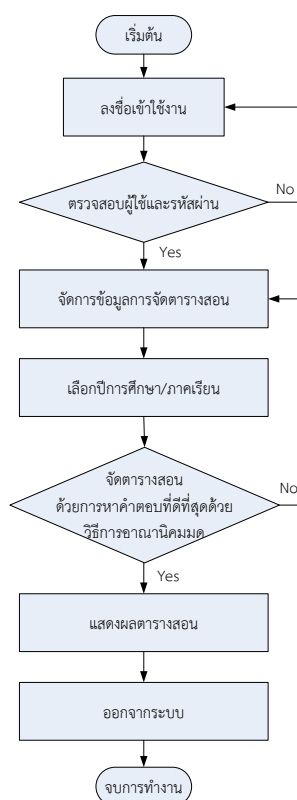
จากภาพประกอบ 4.10 แสดงผลรวมการละเมิดข้อบังคับ ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 กลุ่ม ตามช่วงจำนวนมด 20-200 ตัว โดยแบ่งช่วง ดังนี้ 20, 40, 60, 80, 100, 150 และ 200 ทำการทดลองโดยระบุจำนวนรอบในการทำงาน 1,000 รอบ พบว่า วิธีการระบบมดแบบสูงสุด-ต่ำสุด โดยใช้กลุ่มพารามิเตอร์ High Setting และใช้จำนวนมด 80 ตัว มีผลการละเมิดข้อบังคับน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่า เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า วิธีการที่จะนำไปพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ คือ วิธีการระบบมดแบบสูงสุด-ต่ำสุด โดยใช้จำนวนมด 80 ตัว จำนวนรอบ 600 รอบ และค่าพารามิเตอร์  $\alpha = 5$ ,  $ER = 0.9$ ,  $Q = 5$ ,  $\tau_{max} = 1.11$ ,  $\tau_{min} = 0.019$

#### 4.4 ผลการออกแบบระบบ

การวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานของระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเขียนอธิบายรูปแบบของผังงาน Flowchart ของระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ ออกแบบฐานข้อมูลและสร้างแบบจำลองข้อมูลซึ่งแสดงโครงสร้าง และความสัมพันธ์ระหว่าง Entity โดยใช้สัญลักษณ์ เป็นลักษณะ ER-Diagram จากนั้น ทำการแปลงข้อมูลจาก ER-Diagram เป็นตาราง (ER-Mapping) แล้วจึงทำการ Normalization ซึ่งได้ตารางจำนวน 7 ตาราง ดังนี้

##### 4.4.1 Flowchart ระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ

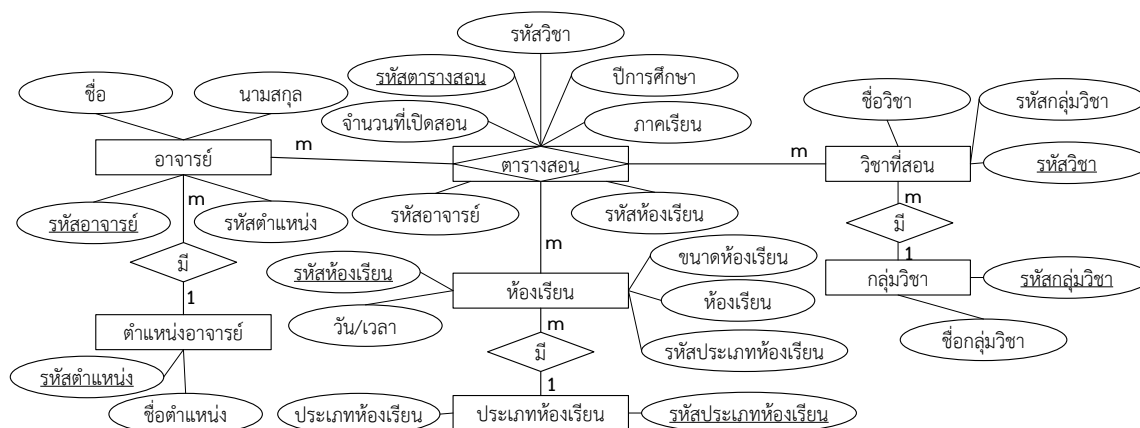


ภาพประกอบ 4.11 Flowchart ระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ



จากภาพประกอบ 4.11 แสดงขั้นตอนระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ เริ่มจากการลงชื่อเข้าใช้งาน จากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน ถ้าชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านถูกต้องผู้ใช้สามารถจัดการกับข้อมูลการจัดตารางสอน เสร็จแล้วทำการเลือกปีการศึกษาและภาคเรียนที่ต้องการจัดตารางสอน จากนั้นระบบจะทำการจัดตารางสอนด้วยเทคนิคอาณานิคมมด เมื่อระบบทำงานเสร็จจะแสดงผลตารางสอน

#### 4.4.2 ER-Diagram



ภาพประกอบ 4.12 ER-Diagram

#### 4.4.3 ฐานข้อมูล

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง สามารถสร้างฐานข้อมูลระบบการจัดตารางสอนได้ ดังนี้

ตาราง 4.2 Teacher\_Position: ตำแหน่งอาจารย์

ลำดับ	ชื่อฟิลด์	ประเภทของข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	Teah_Major	Int		PK	รหัสตำแหน่ง
2	Teah_Majorname	Varchar	50		ชื่อตำแหน่ง

ตาราง 4.3 Room\_Type: ประเภทห้องเรียน

ลำดับ	ชื่อฟิลด์	ประเภทของข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	RoomType_Id	Int		PK	รหัสประเภทห้องเรียน
2	RoomType_Name	Varchar	50		ชื่อประเภทห้องเรียน



ตาราง 4.4 Teacher: อาจารย์

ลำดับ	ชื่อฟิลด์	ประเภทของข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	Teah_Id	Int		PK	รหัสอาจารย์
2	Teah_Major	Int		FK	รหัสตำแหน่ง
3	Teah_name	Varchar	50		ชื่อ
4	Teah_Surname	Varchar	50		นามสกุล
5	Created_Date	Date			วันที่เพิ่มข้อมูล

หมายเหตุ คำอธิบายข้อมูล

Teah\_Major รหัสตำแหน่ง ดังนี้  
 รหัส 0 คือ อาจารย์  
 รหัส 1 คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
 รหัส 2 คือ รองศาสตราจารย์  
 รหัส 3 คือ ศาสตราจารย์

ตาราง 4.5 Room: ห้องเรียน

ลำดับ	ชื่อฟิลด์	ประเภทของข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	Room_Id	Int		PK	รหัสห้องเรียน
2	Room_DP	Varchar	50		วัน/คาบ
3	Room_Name	Varchar	50		ชื่อห้องเรียน
4	Room_TypeID	Int		FK	รหัสประเภทห้องเรียน
5	Room_Size	Int			ขนาดห้องเรียน

หมายเหตุ คำอธิบายข้อมูล

Room\_TypeID รหัสประเภทห้องเรียน ดังนี้  
 รหัส 0 คือ ห้องบรรยาย  
 รหัส 1 คือ ห้องปฏิบัติการ

ตาราง 4.6 Course\_Type: กลุ่มวิชา

ลำดับ	ชื่อฟิลด์	ประเภทของข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	CourseType_ID	Int		PK	รหัสกลุ่มวิชา
2	CourseType_Name	Varchar	50		ชื่อกลุ่มวิชา



ตาราง 4.7 Course: รายวิชา

ลำดับ	ชื่อฟิลด์	ประเภทของข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	Course_Id	Int		PK	รหัสวิชา
2	Course_Name	Varchar	50		ชื่อวิชา
3	Course_TypeID	Int		FK	รหัสกลุ่มวิชา

หมายเหตุ คำอธิบายข้อมูล

CourseType \_ ID กลุ่มวิชา ดังนี้  
 รหัส 210 คือ กลุ่มวิชาแกน  
 รหัส 211 คือ กลุ่มวิชาพื้นฐาน  
 รหัส 140 คือ กลุ่มวิชาศึกษาทั่วไป  
 รหัส 500 คือ กลุ่มวิชาเลือกเสรี

ตาราง 4.8 TimeTabling: ตารางสอน

ลำดับ	ชื่อฟิลด์	ประเภทของข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	T_Id	Int		PK	รหัสตารางสอน
2	Room_Id	Int		FK	รหัสห้องเรียน
3	Teah_Id	Int		FK	รหัสอาจารย์
4	Course_Id	Int		FK	รหัสวิชา
5	T_Year	Year			ปีการศึกษา
6	T_Semester	Int			เทอม
7	T_Total	Int			จำนวนที่เปิดรับ

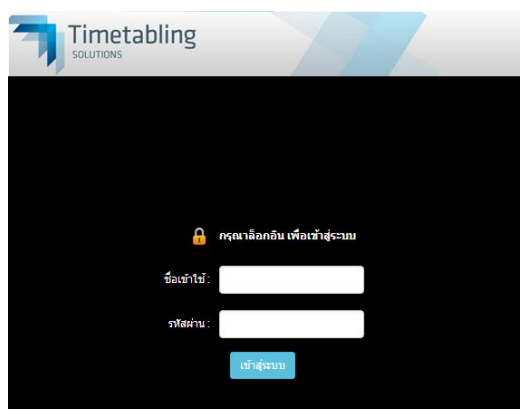
#### 4.5 ผลการพัฒนาระบบ

##### 4.5.1 ผลการเขียนโปรแกรม

ระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น ทดลองใช้งานในกลุ่มโปรแกรมวิชา คอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยเจ้าหน้าที่ผู้จัด ตารางสอน ซึ่งมีหน้าจอลักษณะการทำงานของระบบจัดตารางสอน ดังนี้

เมื่อผู้ใช้เปิดเข้าใช้งานจะปรากฏหน้าจอ เข้าสู่ระบบ ซึ่งเป็นหน้าจอเข้าสู่การทำงานของ ระบบจัดการข้อมูลสำหรับการจัดตารางสอน โดยให้ผู้ใช้กรอกชื่อและรหัสผ่าน เพื่อเข้าไปใช้งาน โปรแกรมระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ ดังภาพประกอบ 4.13





ภาพประกอบ 4.13 หน้าจอเข้าสู่ระบบ

เมื่อ Login เข้าไปจะปรากฏหน้าจอการทำงาน ประกอบด้วยเมนู

- ตารางสอน
- ห้องเรียน
- อาจารย์
- ปีการศึกษา
- ภาคเรียน
- หลักสูตร จัดตารางสอน
- ออกจากระบบ

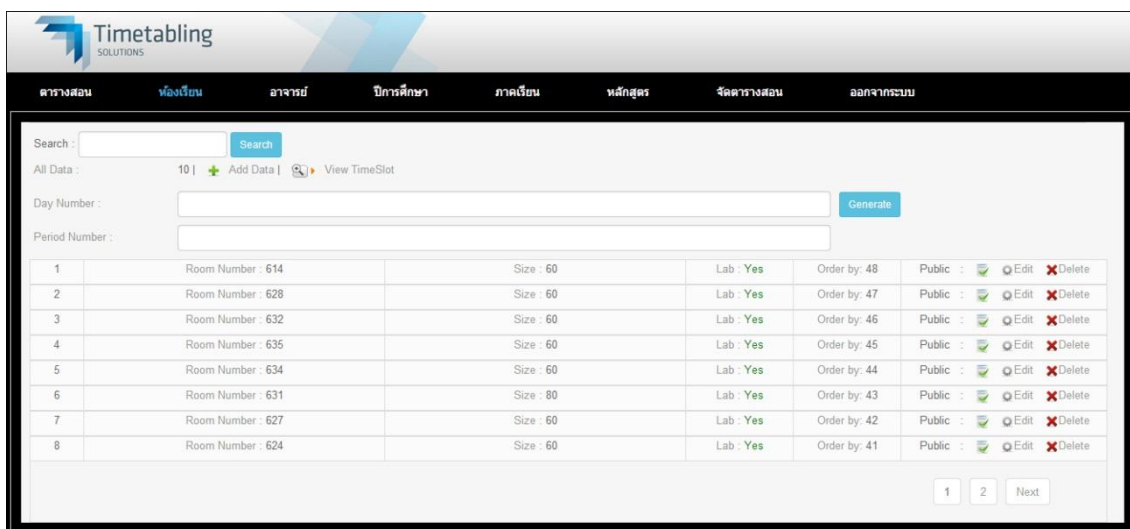
แสดงดังภาพประกอบ 4.14



ภาพประกอบ 4.14 ภาพรวมหน้าจอการทำงานของระบบ

เมนูห้องเรียน หน้าจอนี้ประกอบด้วย การเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลเพื่อจัดการข้อมูลต่างๆ ของห้องเรียน สามารถค้นหาข้อมูลเลขที่ห้อง ดังภาพประกอบ 4.15





ภาพประกอบ 4.15 หน้าจอการจัดการข้อมูลห้องเรียน

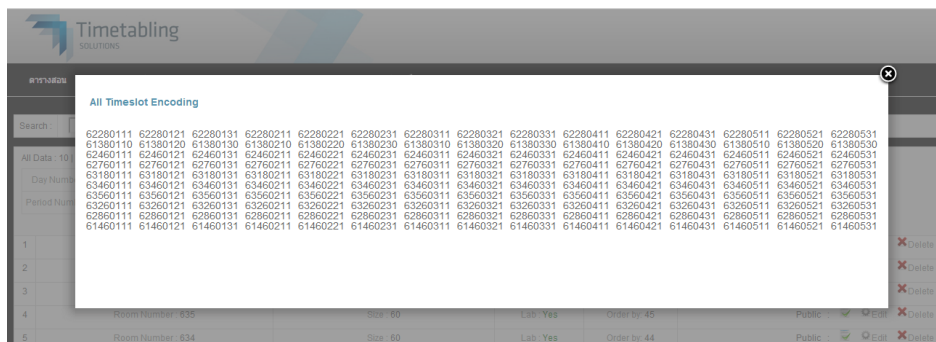
สามารถทำการสร้างข้อมูลตารางเวลา โดยการกรอกข้อมูล Day Number และ Period Number และคลิกที่ปุ่ม Generate ดังภาพ

ภาพประกอบ 4.16



ภาพประกอบ 4.16 สร้างข้อมูลตารางเวลา

ซึ่งสามารถ คลิกที่ เมนู View Timeslot เพื่อดูข้อมูลตารางเวลาทั้งหมดที่สร้างไว้ ดังภาพประกอบ 4.17

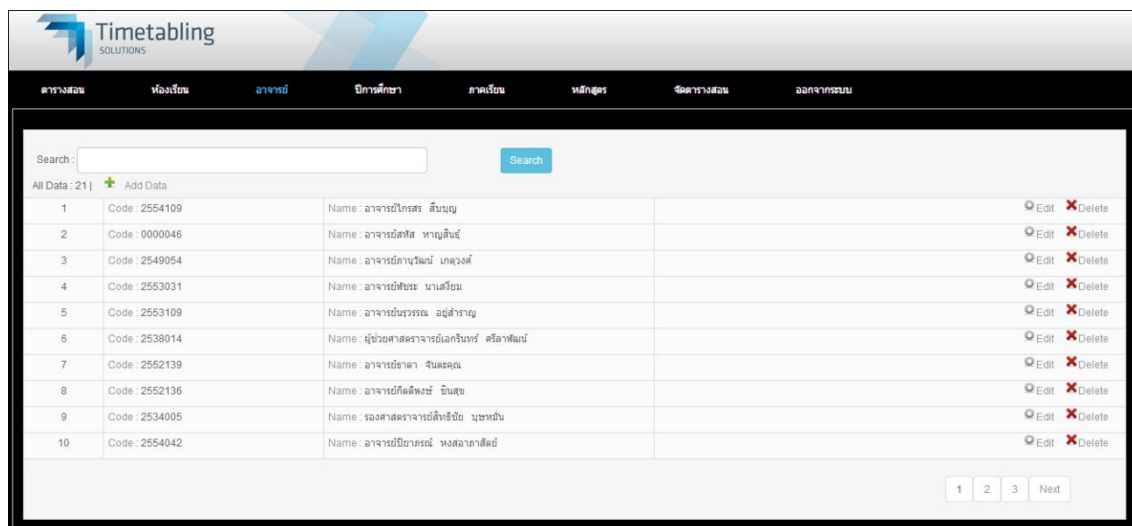


ภาพประกอบ 4.17 ข้อมูลตารางเวลา



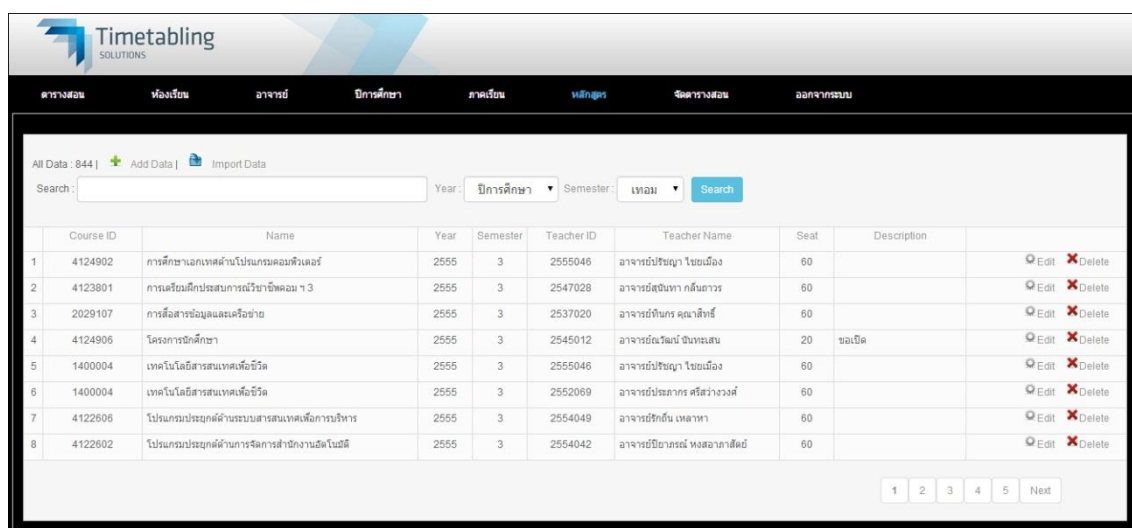
เมนูอาจารย์ หน้าจอนี้ประกอบด้วยการ เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลเพื่อจัดการข้อมูลต่างๆ ของอาจารย์ สามารถค้นหาข้อมูลจากรหัส ชื่อ-นามสกุลและตำแหน่งอาจารย์ได้ ดัง

ภาพประกอบ 4.18



ภาพประกอบ 4.18 หน้าจอการจัดการข้อมูลอาจารย์

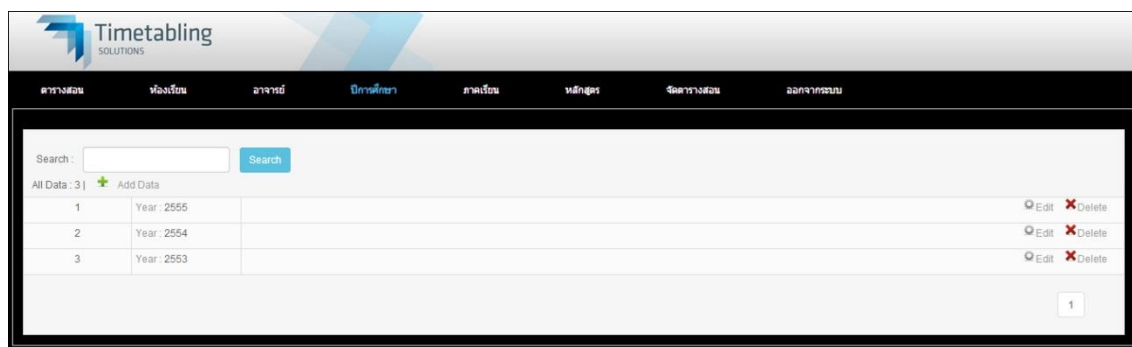
เมนูหลักสูตร หน้าจอนี้ประกอบด้วยการ เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลเพื่อจัดการข้อมูลต่างๆ ของรายวิชาภายในหลักสูตร สามารถค้นหาข้อมูลจากรหัสวิชา ชื่อรายวิชา อาจารย์ผู้สอน ปีการศึกษา ภาคเรียน และสามารถทำการเพิ่มข้อมูลรายวิชาในภาคเรียนถัดๆ ไปโดยคลิกที่ปุ่ม Import Data ดังภาพประกอบ 4.19



ภาพประกอบ 4.19 หน้าจอการจัดการข้อมูลรายวิชา

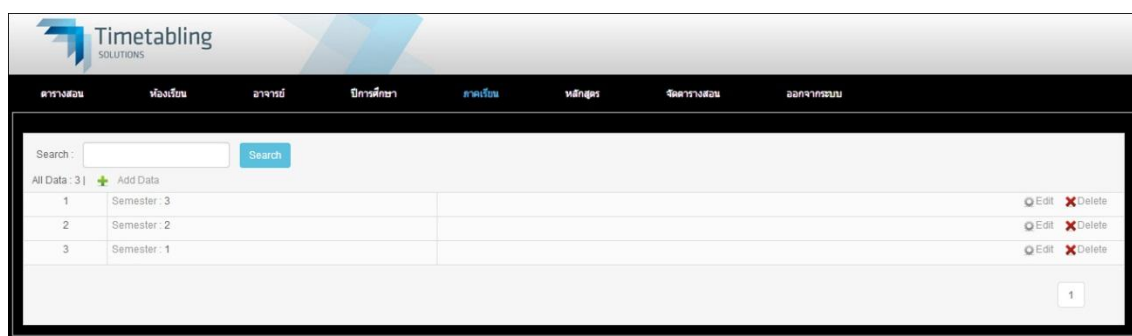


เมนูปีการศึกษา หน้าจอนี้ประกอบด้วย การเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลเพื่อจัดการข้อมูลต่างๆ ของปีการศึกษาภายในหลักสูตร สามารถค้นหาข้อมูลจากปีการศึกษาได้ ดังภาพประกอบ 4.20



ภาพประกอบ 4.20 หน้าจอการจัดการข้อมูลปีการศึกษา

เมนูภาคเรียน หน้าจอนี้ประกอบด้วย การเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลเพื่อจัดการข้อมูลต่างๆ ของภาคเรียนภายในหลักสูตร สามารถค้นหาข้อมูลจากภาคการศึกษาได้ ดังภาพประกอบ 4.21



ภาพประกอบ 4.21 หน้าจอการจัดการข้อมูลภาคเรียน

เมนูจัดตารางสอน หน้าจอนี้ประกอบด้วย การลบและแก้ไขข้อมูลเพื่อจัดการข้อมูลต่างๆ ของตารางสอนที่ต้องการ สามารถค้นหาข้อมูลสามารถค้นหาข้อมูลจากรหัสวิชา ชื่อรายวิชา อาจารย์ผู้สอนปีการศึกษา และภาคเรียนได้ ภาพประกอบ 4.22





Course ID	Name	Year	Semester	Teacher ID	Teacher Name	Seat	Description	Edit	Delete	
1	4124902	การศึกษานอกสถานที่นักเรียนคอมพิวเตอร์	2555	3	2555046	อาจารย์ปรัชญา ไชยเมือง	60	ปกติ	<input type="button" value="Edit"/>	<input type="button" value="Delete"/>
2	4123801	การเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพคอมพิวเตอร์ ๓	2555	3	2547028	อาจารย์สุพินทา กติถาวร	60	ปกติ	<input type="button" value="Edit"/>	<input type="button" value="Delete"/>
3	2029107	การสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย	2555	3	2537020	อาจารย์ทิมากร คุณสิทธิ์	60	ปกติ	<input type="button" value="Edit"/>	<input type="button" value="Delete"/>
4	4124906	โครงการฝึกศึกษา	2555	3	2545012	อาจารย์ณรงค์ ชัยประเสริฐ	20	ขอเปิด	<input type="button" value="Edit"/>	<input type="button" value="Delete"/>
5	1400004	เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต	2555	3	2555046	อาจารย์ปรัชญา ไชยเมือง	60	ปกติ	<input type="button" value="Edit"/>	<input type="button" value="Delete"/>
6	1400004	เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต	2555	3	2552069	อาจารย์ประภาพร ศิววงศ์	60	ปกติ	<input type="button" value="Edit"/>	<input type="button" value="Delete"/>
7	4122606	โปรแกรมประยุกต์ด้านระบบสารสนเทศเพื่อการบริหาร	2555	3	2554049	อาจารย์กฤษณ เทพทา	60	ปกติ	<input type="button" value="Edit"/>	<input type="button" value="Delete"/>
8	4122602	โปรแกรมประยุกต์ด้านการจัดการสำนักงานอัตโนมัติ	2555	3	2554042	อาจารย์ปัทมาพร พงษ์พานิชย์	60	ปกติ	<input type="button" value="Edit"/>	<input type="button" value="Delete"/>

ภาพประกอบ 4.22 หน้าจอหลักสูตรและการจัดตารางสอน

สามารถทำการจัดตารางสอนด้วยการคลิกที่เมนู Assign Data to Timeslot และทำการเลือกข้อมูลวิชาในปีการศึกษา ภาคการศึกษา และคลิกที่ปุ่ม Save ดังภาพประกอบ 4.23

ภาพประกอบ 4.23 หน้าจอการจัดตารางสอน

จากการดำเนินงานในกิจกรรมนี้ พบว่า ผู้ใช้สามารถเข้าใจในสิ่งที่ผู้พัฒนานำเสนอได้เป็นอย่างดี

#### 4.5.2 ผลการทดสอบระบบ

เมื่อพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ ตามที่ได้ออกแบบไว้เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบด้วยเทคนิค Black-Box Testing เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพและการยอมรับระบบใหม่ที่มีการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ผลการทดสอบการทำงานของระบบโดยการกรอกข้อมูลที่ถูกต้องข้อมูลที่เป็นค่าว่าง และข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง เพื่อให้ระบบทำการประมวลผลและแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล และบันทึกผลการทดสอบลงในตารางที่ผู้ศึกษาได้ออกแบบขึ้น ดังตัวอย่าง ตามลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวม ดังตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ข้อมูลการทดสอบระบบ

ฟังก์ชันการทดสอบ	เงื่อนไขการทดสอบ	ผลการทดสอบ
การ Log-in	กรอก Username และ Password ถูกต้อง	เข้าสู่ระบบ
	กรอก Username และ Password ไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถเข้าสู่ระบบได้
การจัดเก็บข้อมูล	กรอกข้อมูลครบ	แสดงผลข้อมูล



ตาราง 4.9 (ต่อ)

ฟังก์ชันการทดสอบ	เงื่อนไขการทดสอบ	ผลการทดสอบ
	กรอกข้อมูลไม่ครบ	ระบบแจ้งเตือน กรณกรอกข้อมูลให้ครบ
การแก้ไขข้อมูล	กรอกข้อมูลที่ต้องการแก้ไข	แสดงผลข้อมูลที่แก้ไขได้ถูกต้อง
การลบข้อมูล	เลือกข้อมูลที่ต้องการลบ (ตอบตกลง)	ลบข้อมูลที่ต้องการได้ถูกต้อง
	เลือกข้อมูลที่ต้องการลบ (ตอบยกเลิก)	ยกเลิก การลบข้อมูลที่ต้องการ
การค้นหาข้อมูล	ป้อนข้อมูลที่ค้นหา	แสดงผลข้อมูลที่ค้นหาได้ถูกต้อง
การจัดตารางสอน	เลือกปีการศึกษา และภาคเรียนที่ต้องการ	ระบบจัดตารางสอนในปีการศึกษาและภาคเรียนนั้นได้ถูกต้อง
การแสดงผลรายงาน	เลือกรายงานที่ต้องการ	แสดงผลรายงานที่ต้องการได้ถูกต้อง

จากตาราง 4.9 แสดงข้อมูลการทดสอบระบบของผู้ดูแลระบบ พบว่า มีผลการทำงานตรงตามฟังก์ชันการใช้งาน ทำให้สรุปได้ว่าระบบสามารถใช้งานได้

#### 4.5.3 จัดทำคู่มือการใช้งาน ซึ่งสามารถดูคู่มือการใช้งานได้ในภาคผนวก ค

### 4.6 ผลการนำไปใช้งาน

ทำการติดตั้งระบบการจัดการตารางสอนอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น และทดลองใช้งานในกลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยใช้ระบบใหม่ควบคู่กับระบบเดิมภายใต้การดูแลของนักวิเคราะห์ระบบ จากนั้น ทำการป้อนข้อมูลจนกระทั่งสามารถเริ่มต้นใช้งานระบบใหม่ได้ จากการดำเนินงานในกิจกรรมนี้ พบว่า ผู้ใช้สามารถเข้าใจในสิ่งที่ผู้พัฒนานำเสนอได้เป็นอย่างดี เมื่อนำเสนอด้วยหน้าจอการใช้งานของระบบงานต่างๆ หลังจากการพัฒนาสิ้นสุด

### 4.7 ผลการประเมินผลการใช้งานระบบ

จากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญจากแบบสอบถาม ทุกข้อสามารถนำไปใช้สอบถามความพึงพอใจได้ เนื่องจากมีค่า IOC มีค่ามาก 0.50 ขึ้นไป และมีดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.84 ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามของการพัฒนาระบบหลายๆ ระบบมาวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และได้ทำการสอบถามผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการตรวจสอบข้อคำถามอย่างต่อเนื่อง หลังจากที่คุณผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ แล้วจึงนำแบบสอบถามที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินแต่ละด้าน แจกให้กลุ่มตัวอย่างประเมินความพึงพอใจระบบและวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ โดยทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายจำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญระบบจำนวน 3 คน และผู้จัดตารางสอนจำนวน 3 คน เมื่อได้นำระบบที่ได้พัฒนานี้ไปทดสอบเพื่อประเมินความพึงพอใจ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

#### 4.7.1 ผลการประเมินความพึงพอใจผู้เชี่ยวชาญระบบ



ตาราง 4.10 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ระบบสามารถช่วยในเรื่องการจัดเก็บข้อมูลให้มีความสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น	4.33	0.58	มาก
2. ความสามารถในการปรับเปลี่ยนสถานะของข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงและรวดเร็ว	4.33	0.58	มาก
3. ระบบสืบค้นข้อมูลสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว	4.67	0.58	มากที่สุด
4. ข้อมูลรายงานสามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ	4.33	0.58	มาก
รวม	4.42	0.58	มาก

จากตาราง 4.10 ผู้เชี่ยวชาญระบบมีความพึงพอใจด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.42$ ) และมีความพึงพอใจเป็นรายข้อ 4 ข้อ อยู่ในระดับมากและมากที่สุด โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ระบบสืบค้นข้อมูลสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ( $\bar{X} = 4.67$ ) เนื่องจาก ระบบการสืบค้นข้อมูลเป็นการสืบค้นข้อมูล จากสิ่งที่คุณต้องการค้นหา สามารถทำให้ผู้ใช้สามารถทราบข้อมูลที่ต้องการได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

ตาราง 4.11 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านความถูกต้อง

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูล	4.00	1.00	มาก
2. ความถูกต้องในการแก้ไขข้อมูล	4.33	0.58	มาก
3. ความถูกต้องในการลบข้อมูล	4.67	0.58	มากที่สุด
4. ความถูกต้องในการแสดงรายงานข้อมูล	3.67	0.58	มาก
5. ความถูกต้องในการจัดตารางสอน	4.00	1.00	มาก
6. ความถูกต้องในการตรวจสอบการเข้าใช้งานระบบ	4.33	0.58	มาก
รวม	4.17	0.72	มาก

จากตาราง 4.11 ผู้เชี่ยวชาญระบบมีความพึงพอใจด้านความถูกต้อง โดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.17$ ) และมีความพึงพอใจเป็นรายข้อ 6 ข้อ อยู่ในระดับมากและมากที่สุด โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ความถูกต้องในการลบข้อมูล ( $\bar{X} = 4.67$ ) เนื่องจากการลบข้อมูลเป็นระบบการทำงานที่มีขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อน และใช้เวลาในการประมวลน้อย จึงทำให้ระบบมีความสามารถในการลบข้อมูลมากที่สุด



## 4.7.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้จัดตารางสอน

ตาราง 4.12 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ระบบสามารถช่วยในเรื่องการจัดเก็บข้อมูลให้มีความสะดวก และรวดเร็วมากยิ่งขึ้น	4.00	1.00	มาก
2. ความสามารถในการปรับเปลี่ยนสถานะของข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงและรวดเร็ว	4.33	0.58	มาก
3. ระบบสืบค้นข้อมูลสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว	4.67	0.58	มากที่สุด
4. ข้อมูลรายงานสามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ	4.33	0.58	มาก
รวม	4.33	0.68	มาก

จากตาราง 4.12 ผู้จัดตารางสอนมีความพึงพอใจด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.33$ ) และมีความพึงพอใจเป็นรายข้อ 4 ข้อ อยู่ในระดับมากและมากที่สุด โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ระบบสืบค้นข้อมูลสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ( $\bar{X} = 4.67$ ) เนื่องจาก ระบบการสืบค้นข้อมูลเป็นการสืบค้นข้อมูล จากสิ่งที่ใช้ต้องการค้นหา สามารถทำให้ผู้ใช้สามารถทราบข้อมูลที่ต้องการได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

ตาราง 4.13 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านความถูกต้อง

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูล	4.00	1.00	มาก
2. ความถูกต้องในการแก้ไขข้อมูล	4.33	0.58	มาก
3. ความถูกต้องในการลบข้อมูล	4.67	0.58	มากที่สุด
4. ความถูกต้องในการแสดงรายงานข้อมูล	4.33	0.58	มาก
5. ความถูกต้องในการจัดตารางสอน	4.00	1.00	มาก
6. ความถูกต้องในการตรวจสอบการเข้าใช้งานระบบ	4.33	0.58	มาก
รวม	4.28	0.72	มาก

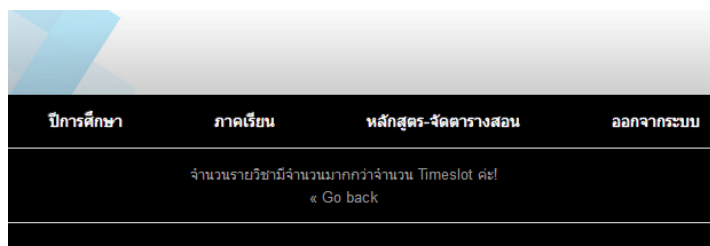
จากตาราง 4.13 ผู้เชี่ยวชาญระบบมีความพึงพอใจด้านความถูกต้อง โดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.28$ ) และมีความพึงพอใจเป็นรายข้อ 6 ข้อ อยู่ในระดับมาก โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ความถูกต้องในการลบข้อมูล ( $\bar{X} = 4.67$ ) เนื่องจากการลบข้อมูลเป็นระบบการทำงานที่มีขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อน และใช้เวลาในการประมวลน้อย จึงทำให้ระบบมีความสามารถในการลบข้อมูลมากที่สุด



#### 4.8 ผลการบำรุงรักษา

หลังจากที่ได้นำระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติที่พัฒนาไปใช้งาน ได้มีการปรับแก้โปรแกรม หลังจากการใช้งาน ดังนี้

1. ปรับแก้ระบบในส่วนของการตรวจสอบจำนวนรายวิชากับจำนวนตารางเวลาทั้งหมด (Timeslot) ว่าสามารถจัดตารางสอนได้หรือไม่ ถ้าจำนวนตารางเวลาทั้งหมด ไม่เพียงพอสำหรับจัดตารางสอนได้ ให้ระบบแจ้งเตือน ดังภาพประกอบ 4.24



ภาพประกอบ 4.24 ระบบแจ้งเตือนจำนวนตารางเวลา (Timeslot) ไม่เพียงพอกับรายวิชา

2. เขียนคำสั่งในการแสดงผลตารางสอนให้ตรงกับจำนวนวัน และคาบเรียนที่ระบุในภาคเรียนนั้นๆ ดังภาพประกอบ 4.25

คาบ/เวลา	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00
จันทร์					1400004 เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต	
อังคาร		4123702 ระบบการสื่อสารข้อมูล			631	

ภาพประกอบ 4.25 ผลตารางสอนที่ตรงกับจำนวนวันและคาบการเรียน



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบการจัดตารางสอนโดยอัตโนมัติด้วยเทคนิคอานานิคมมด ของกลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ซึ่งมีลำดับขั้นการสรุปผล การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

#### 5.1 สรุปผล

การจัดตารางสอน คือ การจัดสรรทรัพยากรภายใต้ข้อบังคับต่าง ๆ โดยจะต้องทำการพิจารณาเงื่อนไขหลายเงื่อนไข ต้องใช้เวลาในการจัดตารางสอนเป็นเวลานาน และบางครั้งอาจเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ ซึ่งสามารถตรวจสอบความผิดพลาดได้ยาก

จากปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบการจัดตารางสอนโดยอัตโนมัติ ด้วยเทคนิคอานานิคมมด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคนิคอานานิคมมดที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดตารางสอน กรณีศึกษา: กลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จากนั้น นำผลที่ได้จากการศึกษาเทคนิคอานานิคมมดมาพัฒนาระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติ และประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

5.1.1 การศึกษาเทคนิคอานานิคมมดที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดตารางสอน ทั้ง 3 วิธี พบว่า เมื่อพิจารณาว่าวิธีการใดสามารถหาคำตอบได้ดีสำหรับข้อมูลที่มีคำตอบในวงกว้าง สามารถสรุปได้ว่า วิธีการระบบอานานิคมมดมีประสิทธิภาพสูงสุด ลองลงมาเป็นวิธีการระบบมด และวิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาว่าวิธีการใดสามารถหาคำตอบได้ดีสำหรับข้อมูลที่มีคำตอบในวงแคบ สามารถสรุปได้ว่า วิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุดมีประสิทธิภาพสูงสุด ลองลงมาเป็นวิธีการระบบมด และวิธีการระบบอานานิคมมด ตามลำดับ ซึ่งวิธีการทั้ง 3 วิธี สามารถหาคำตอบได้ดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อใช้ พารามิเตอร์ High Setting

แต่ทั้งนี้ ข้อมูลการจัดตารางสอนและปัญหาการจัดตารางสอน กรณีศึกษา: กลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เป็นปัญหาขนาดใหญ่ และมีคำตอบในวงแคบ จึงสรุปได้ว่าวิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุด โดยใช้พารามิเตอร์ High Setting จึงมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด



5.1.2 การพัฒนาระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติ โดยใช้เทคนิคอาณานิคมมดที่เหมาะสมสามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาการจัดตารางสอน ช่วยลดขั้นตอนการทำงานและลดระยะเวลาในการจัดตารางสอนได้มาก ทั้งนี้สามารถนำระบบมาใช้แก้ปัญหาการจัดตารางสอนข้างต้น ได้เป็นอย่างดี

#### 5.1.3 ประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบที่พัฒนา

การพัฒนาระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติ มีผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ โดยทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญระบบ จำนวน 3 คน ผู้จัดตารางสอน จำนวน 3 คน สามารถสรุปผลความพึงพอใจต่อระบบ ได้ดังนี้

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญระบบ

- 1) ผลการประเมินความพึงพอใจการประเมินระบบด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน (Functional Requirement Test) ได้ค่าเฉลี่ย 4.42 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58
- 2) ผลการประเมินความพึงพอใจด้านความถูกต้อง (Functional Test) ได้ค่าเฉลี่ย 4.17 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้จัดตารางสอน

- 1) ผลการประเมินความพึงพอใจการประเมินระบบด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน (Functional Requirement Test) ได้ค่าเฉลี่ย 4.33 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.68
- 2) ผลการประเมินความพึงพอใจด้านความถูกต้อง (Functional Test) ได้ค่าเฉลี่ย 4.28 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72

สรุปคุณภาพการทำงานของระบบและความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญระบบและผู้จัดตารางสอน ของกลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยภาพรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก ผลการประเมินด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาได้แก่ ด้านความถูกต้องตามลำดับ ดังนั้น แสดงให้เห็นว่าระบบที่ได้พัฒนามีคุณภาพอยู่ในระดับมาก สามารถนำไปใช้งานได้

## 5.2 อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยเทคนิคอาณานิคมมด ที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดตารางสอน กรณีศึกษา: กลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จากการศึกษาปัญหาของการจัดตารางสอน พบว่า การจัดตารางสอนถูกดำเนินการ โดยใช้วิธีการสังเกตและปรับปรุงข้อมูลตารางสอนในแต่ละภาคการศึกษา โดยเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบจนได้ตารางสอนที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งรูปแบบการจัดตารางสอนมีจำนวนมากและเป็นปัญหาขนาดใหญ่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนวิชาเรียน จำนวนอาจารย์ผู้สอน จำนวนเวลาเรียนที่เปิดสอน และจำนวนห้องเรียน รวมถึงการจัดตารางสอนที่อยู่ภายใต้ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอน ข้อบังคับต่างๆ เหล่านี้ทำให้การจัดตารางสอนเกิดความสับสนและล่าช้า เนื่องจากข้อมูลที่ต้องใช้ในการจัดตารางสอนมีจำนวนมาก จึงทำให้มีความซ้ำซ้อนของข้อมูลในการจัดตารางสอนมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Masri Ayob, Ghait Jaradat [33] ซึ่งกล่าวไว้ว่า การจัดตารางสอนเป็นปัญหาที่ซับซ้อนมาก ซึ่งการแก้ไขปัญหานี้เป็นเรื่องยากมากในการหาจุดที่เหมาะสมที่สุด การจัดตารางสอนให้ตรงตามความต้องการในขณะที่ตารางสอนที่ได้ ต้องอยู่



ภายใต้ข้อบังคับหรือเงื่อนไขต่างๆ มากที่สุด

ผลการศึกษา พบว่า เทคนิคอานานิคมมต สามารถนำมาแก้ปัญหาการจัดตารางสอนได้ และสามารถหาคำตอบได้ดีและมีคุณภาพกับปัญหาขนาดใหญ่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rossi-Doria et al. [35] ที่ได้ทำการทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเทคนิคเมตา-ฮิวริสติกที่แตกต่างกัน พบว่า จากตัวอย่างปัญหาขนาดใหญ่ หากมองในมุมมองของคุณภาพของตารางสอน เทคนิคอานานิคมมต สามารถค้นหาตารางสอนที่มีคุณภาพได้ดี

แต่ทั้งนี้คำตอบของเทคนิคอานานิคมมต อาจจะไม่ใช่คำตอบที่มีคุณภาพที่ดีที่สุด ซึ่งประสิทธิภาพของการหาคำตอบที่ดีที่สุดนั้น ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ลักษณะของปัญหา ขนาดของปัญหา ค่าพารามิเตอร์ที่เลือกใช้ รวมไปถึงเทคนิคในการเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบ ดังนั้น หากสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสม และหาเทคนิคใหม่ๆ มาประยุกต์เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้แล้ว นอกจากจะสามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนขนาดใหญ่ ยังจะสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ให้กับงานวิจัยในด้านนี้อีกด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thatchai และคณะ [34] ได้พัฒนาโปรแกรม ANCOT ซึ่งถูกวิเคราะห์ ออกแบบ และทดลอง ใช้ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน ช่วยค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด และมีจำนวนการละเมิดข้อบังคับให้น้อยที่สุด โดยการนำวิธีการค้นหาเฉพาะที่มาพัฒนาลงไปใ่วิธีอานานิคมมต ผลการทดลองโปรแกรมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานขึ้น 74.5%

ผลการพัฒนาระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติ โดยใช้เทคนิคอานานิคมมตที่เหมาะสม กรณีศึกษา: กลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พบว่า โปรแกรมจัดตารางสอนอัตโนมัติสามารถจัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางสอนลงในฐานข้อมูล พร้อมทั้งทำหน้าที่ช่วยตรวจสอบความซ้ำซ้อนของข้อมูล สามารถค้นหาและจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอนได้ ระบบสามารถดำเนินการจัดตารางสอนผ่านระบบได้โดยอัตโนมัติ และสามารถแสดงผลข้อมูลการจัดตารางสอนในมุมมองห้องเรียนและอาจารย์ได้ การที่ได้ข้อค้นพบเช่นนี้เป็นเพราะว่าผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบตามหลักของการวิเคราะห์และพัฒนาระบบ SDLC ได้แก่ ศึกษาปัญหา ศึกษาความเป็นไปได้ วิเคราะห์ การออกแบบ สร้างหรือพัฒนาระบบ การปรับเปลี่ยนหรือการนำไปใช้ การประเมินผลการใช้งานระบบ และการบำรุงรักษา

ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบการจัดตารางสอนอัตโนมัติ กรณีศึกษา: กลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ของผู้เชี่ยวชาญระบบ 3 คน และผู้จัดตารางสอน 3 คน พบว่า โดยรวม 2 ด้าน มีความพึงพอใจในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ผู้เชี่ยวชาญระบบ และผู้จัดตารางสอนมีความพึงพอใจด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอนอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.38





### 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในงานวิจัย ได้มีการรวบรวมเงื่อนไขข้อบังคับต่างๆ เพื่อใช้ในการสร้างตารางสอน สำหรับภาคการศึกษาที่ 1-3 ประจำปีการศึกษาที่ 2553-2555 ภายในกลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ดังนั้นเงื่อนไขที่เกิดขึ้นใหม่จะไม่ถูกนำมาเก็บรวบรวมไว้ การขยายต่องานวิจัยในอนาคต ควรพัฒนาเงื่อนไขการจัดตารางสอนโดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในแง่ของทรัพยากรที่ถูกใช้ได้อย่างเหมาะสม และออกแบบระบบให้สามารถรองรับกับเงื่อนไขที่เกิดขึ้นมาใหม่ๆ ได้ ซึ่งควรมีตัวแปรเรื่องของระยะทาง เวลา ค่าใช้จ่าย เพิ่มขึ้นในการคำนวณค่าจุดประสงค์ด้วย

5.3.2 ควรพัฒนาเงื่อนไขการจัดตารางสอนในส่วนของระยะเวลาการสอนของอาจารย์ให้เหมาะสม เนื่องจาก อาจารย์ไม่ควรสอนติดกันและไม่ควรสอนเกิน 2 รายวิชาต่อวัน และเว้นระยะเวลาการเรียนการสอนให้เหมาะสม เพื่อนักศึกษาจะได้มีเวลาว่างที่เหมาะสม เวลาเรียนไม่ติดกันจนเกินไป



เอกสารอ้างอิง



## เอกสารอ้างอิง

- [1] ผาณิต จันทรรณู. “การพัฒนาระบบสารสนเทศในการจัดตารางเรียน ตารางสอน โดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจ”. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2554.
- [2] เรืองชัย มุททาหัตถาการ. “การจัดตารางสอนอัตโนมัติในมหาวิทยาลัยโดยใช้จีเนติกอัลกอริทึมแบบหลายจุดประสงค์”. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ 2550; 3[6]: 28-33.
- [3] สิริลักษณ์ จุณณทัตน์ และพยุ่ง มีสัจ. “การจัดตารางสอนโรงเรียนด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบหลายจุดประสงค์”. [สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2547.
- [4] นุกูล โชตเศรษฐ์. “การพัฒนาโปรแกรมจัดตารางสอนโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม” [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2548.
- [5] กาญจน์ วงศ์วิภาพร. “การจัดตารางสอนของโรงเรียนแบบอัตโนมัติโดยจีเนติกอัลกอริทึม”. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2541.
- [6] T. L. Yu. “Time-table scheduling using neural network algorithms”. in Proceeding on IJCNN 1990; 17-21 June 1990: 279-284.
- [7] K. Socha, M. Sampels, and M. Manfrin. “Ant Algorithms for the University Course Timetabling Problem with Regard to the State-of-the-Art”. in Proceedings of EvoCOP 2003 - 3rd European Workshop on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization, volume 2611 of Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, Berlin, Germany, 2003: 334-345.
- [8] สุขแสง คุณนก. “การแก้ปัญหาเชิงชั้นหลายวัตถุประสงค์ โดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบผสมประมวลผลแบบขนาน กรณีศึกษา: การจัดตารางสอน”. กรุงเทพฯ: ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2005.
- [9] จิตรกร พูลโพธิ์ทอง. “แบบจำลองการจัดตารางสอนในสถาบันอุดมศึกษาและการระบุเงื่อนไขบังคับอย่างเป็นแบบแผน”. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง; 2553.
- [10] วุฒิพงษ์ ชินศรี, นิดาพรรณ สิริรัตน์ และสรเดช ครุฑจ้อน. “การแก้ปัญหาการจัดตารางสอนในระดับมหาวิทยาลัยด้วยเมตาฮิวริสติก: การทบทวนวรรณกรรม”. [ออนไลน์]. 2545 [สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2556]; ได้จาก: [http : //resjournal.kku.ac.th](http://resjournal.kku.ac.th),KKU Res. J.
- [11] ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. “การบริหารงานวิชาการ”. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมกรุงเทพ; 2535.
- [12] นางเยาว์ ธาราศรีสุทธิ. “การบริหารงานวิชาการในโรงเรียนมัธยมศึกษา”. กรุงเทพฯ: ประชาชน; 2530.
- [13] เอกสิทธิ์ คลังเงิน. “ระบบจัดตารางเรียนตารางสอน กรณีศึกษา : ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ และสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ” [สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2550.



- [14] บุญเสริม กิจศิริกุล. “เอกสารคำสอนวิชา 2110654 ปัญญาประดิษฐ์”. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2548.
- [15] ปวีรบรรต อังคะนาวิณ. “โปรแกรมจัดตารางสอนอัตโนมัติโดยจีเนติก และฮิวริสติก อัลกอริทึม”. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม; 2545.
- [16] ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. “วิธีการเมตาฮิวริสติก เพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์”. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2554.
- [17] สุพรรณ สุตสนธิ์ และสมบัติ สีนุชเชาวน์. “วิธีระบบมดแบบแม็ก-มิน สำหรับการจัดเส้นทางพาหนะขนส่ง กรณีศึกษา: โรงงานน้ำดื่มธารทิพย์”. วิศวกรรมสาร มข. 2553; 37[2]: 141-149.
- [18] คณน สุจारी. “Ant Colony optimization”. [Online]. 2013. [cited 23 September 2013]; Available from: <http://www.gotoknow.org/posts/99496>, Last accessed.
- [19] ชีร์วัฒน์ ประกอบผล และคณะ. “การวิเคราะห์และออกแบบระบบ”. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น; 2552
- [20] อำไพ พรประเสริฐสกุล. “วิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design): เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และ คอมพิวเตอร์แห่งชาติ”. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.; 2543.
- [21] ชื่อคนแต่ง “James Wetherbe, System Analysis and Design”. s.l.: s.n.; 1984.
- [22] สมชาย กิตติชัยกุลกิจ. “เรื่องพัฒนาซอฟต์แวร์มีแค่นี้”. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2548.
- [23] Nilesh Parekh. “Nilesh Parekh”. [Online]. 2005. [cited 6 December 2012]. Available from: <http://www.buzzle.com/editorials/4-10-2005-68349.asp>.
- [24] โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. “การวิเคราะห์และออกแบบระบบ”. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น; 2548.
- [25] ราชบัณฑิตยสถาน. “พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน”. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่น; 2542.
- [26] กาญจนา อรุณสอนศรี. “ความพึงพอใจของสมาชิกสหกรณ์ต่อการดำเนินงานของสหกรณ์การเกษตรไชยปราการจำกัด อำเภอชัยปราการ จังหวัดเชียงใหม่”. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2552.
- [27] ดิเรก ฤกษ์สาทร่าย. “ผลสำเร็จในการดำเนินงานของโครงการพัฒนาชนบทระดับหมู่บ้าน: ศึกษาเฉพาะกรณี ในจังหวัดลำปางและสกลนคร เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์รูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาชนบทแบบผสมผสาน”. ในรายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 23; วันที่ 7 เมษายน-มิถุนายน 2528; กรุงเทพฯ, ประเทศไทย: หน้า 250-255.
- [28] กิตติมา ปรีดีตลก. “ทฤษฎีการบริหารองค์การ”. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ธนการพิมพ์; 2529.
- [29] ศิริชัย กาญจนवासี. “ทฤษฎีการทดสอบดั้งเดิม”. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2544.
- [30] บุญชม ศรีสะอาด. “การวิจัยเบื้องต้น”. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น; 2545.
- [31] Al-Betar MA, Khader AT. “A Harmony Search Algorithm for University Course Timetabling”. Annals of Operations Research 2012; 194: 1-29.



- [32] Ceschia S, Di Gaspero L, Schaerf A. “Design, Engineering, and Experimental Analysis of a Simulated Annealing Approach to the Post-Enrolment Course Timetabling Problem”. *Computers and Operations Research* 2011; 39: 1615-1624.
- [33] Masri A, Ghaith J. “Hybrid Ant Colony Systems For Course Timetabling Problems”. 2009 2nd Conference on Data Mining and Optimization; 27-28 October 2009, Selangor, Malaysia. 2009. pp. 279-284.
- [34] Thatchai T, Pupong P, Chris H. “An Ant Colony Based Timetabling Tool”. *International Journal of Production Economics*, Elsevier 2014; 149(C): 131-144.
- [35] Rossi-Doria et al. “A Comparison of the Performance of Different Metaheuristics on the Timetabling Problem”. in: Burke E, Causmaecker P, editors. *Practice and Theory of Automated Timetabling IV*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2003. pp. 329–351.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก  
ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการศึกษา



### ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการศึกษาค้นคว้า

1. นายทินกร คุณาสีทธิ์ ผู้ช่วยผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2. นายจักรพันธ์ ศรีวงษา อาจารย์กลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
3. นายนิติกร แสงใส นักวิชาการศึกษา กลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม





## การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ของผู้เชี่ยวชาญ

รายการพิจารณา	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ		
	เหมาะสม	ไม่แน่ใจ	ไม่เหมาะสม
	1	0	-1
<b>การประเมินระบบด้านตรงตามความต้องการของผู้จัด ตารางสอน (Functional Requirement Test)</b>			
1. ระบบสามารถช่วยในเรื่องการจัดเก็บข้อมูลให้มีความ สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น			
2. ความสามารถในการปรับเปลี่ยนสถานะของข้อมูล มีประสิทธิภาพสูงและรวดเร็ว			
3. ระบบสืบค้นข้อมูลสามารถใช้งานได้อย่างมี ประสิทธิภาพและรวดเร็ว			
4. ข้อมูลรายงานสามารถตอบสนองความต้องการได้อย่าง รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ			
<b>การทดสอบระบบด้านความถูกต้อง (Functional Test)</b>			
1. ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูล			
2. ความถูกต้องในการแก้ไขข้อมูล			
3. ความถูกต้องในการลบข้อมูล			
4. ความถูกต้องในการแสดงรายงานข้อมูล			
5. ความถูกต้องในการจัดตารางสอน			
6. ความถูกต้องในการตรวจสอบการเข้าใช้งานระบบ			



## ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ

ผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ						
ข้อที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	ผลรวมคะแนน	ค่า IOC	ผลการพิจารณา
1	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2	0	1	1	3	0.67	ใช้ได้
3	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
4	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
5	1	1	0	3	0.67	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
9	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
10	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
ดัชนีความสอดคล้อง					= 0.84	



ภาคผนวก ข  
แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ



**แบบสอบถามความพึงพอใจ  
การใช้งานระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ**

**คำชี้แจง**

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความพึงพอใจของท่าน ที่มีต่อการใช้ระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ ซึ่งมีจำนวน 2 หน้า แบ่งการสอบถามออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 แบบประเมินความพึงพอใจต่อระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ มีทั้งหมด 2 ด้าน คือ

1. ด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน
2. ด้านความถูกต้องของระบบ

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านตามความเป็นจริง โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นตามความหมายของระดับประมาณค่าประสิทธิภาพและคุณภาพ

**ตอนที่ 1 ความพึงพอใจในการใช้งานระบบ**

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	(5) มากที่สุด	(4) มาก	(3) ปานกลาง	(2) น้อย	(1) น้อยที่สุด
<b>ด้านตรงตามความต้องการของผู้จัดตารางสอน</b>					
1. ระบบสามารถช่วยในเรื่องการจัดเก็บข้อมูลให้มีความสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น					
2. ความสามารถในการปรับเปลี่ยนสถานะของข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงและรวดเร็ว					
3. ระบบสืบค้นข้อมูลสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว					
4. ข้อมูลรายงานสามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ					
<b>ด้านความถูกต้องของระบบ</b>					
1. ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูล					
2. ความถูกต้องในการแก้ไขข้อมูล					
3. ความถูกต้องในการลบข้อมูล					
4. ความถูกต้องในการแสดงรายงานข้อมูล					
5. ความถูกต้องในการจัดตารางสอน					
6. ความถูกต้องในการตรวจสอบการเข้าใช้งานระบบ					



ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....



ภาคผนวก ค  
คู่มือการใช้งานระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ



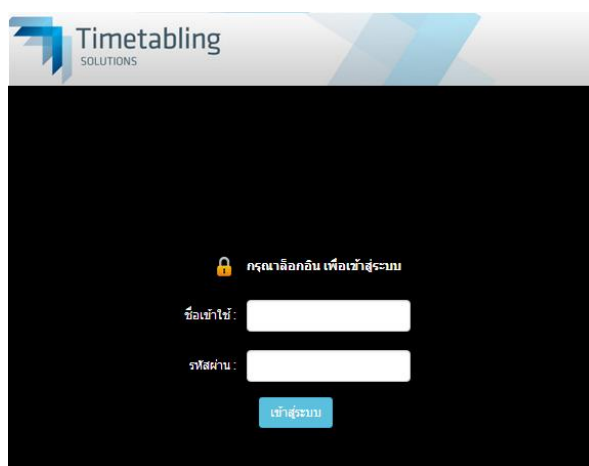
คู่มือการใช้งาน  
ระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ



## คู่มือการใช้งาน ระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ

ระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยลดภาระงานของพนักงานและ  
ค่าใช้จ่าย ภายในกลุ่มโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ  
มหาสารคาม ซึ่งมีการทำงานดังนี้

### 1. หน้าจอเข้าสู่ระบบ



ภาพประกอบภาคผนวก ค-1 หน้าจอเข้าสู่ระบบ

หน้าจอเข้าสู่การทำงานของระบบ โดยกรอกชื่อและรหัสผ่าน เพื่อเข้าไปใช้งานโปรแกรมระบบ  
จัดตารางสอนอัตโนมัติ ดังภาพประกอบภาคผนวก ค-1

เมื่อ Login เข้าไปจะปรากฏหน้าจอการทำงาน ประกอบด้วยเมนู

- ตารางสอน
- ห้องเรียน
- อาจารย์
- ปีการศึกษา
- ภาคเรียน
- หลักสูตร
- จัดตารางสอน
- ออกจากระบบ

ภาพรวมหน้าจอการทำงานของระบบ ดังภาพประกอบ ภาคผนวก ค-2 ภาพรวมหน้าจอการทำงานของ  
ระบบ



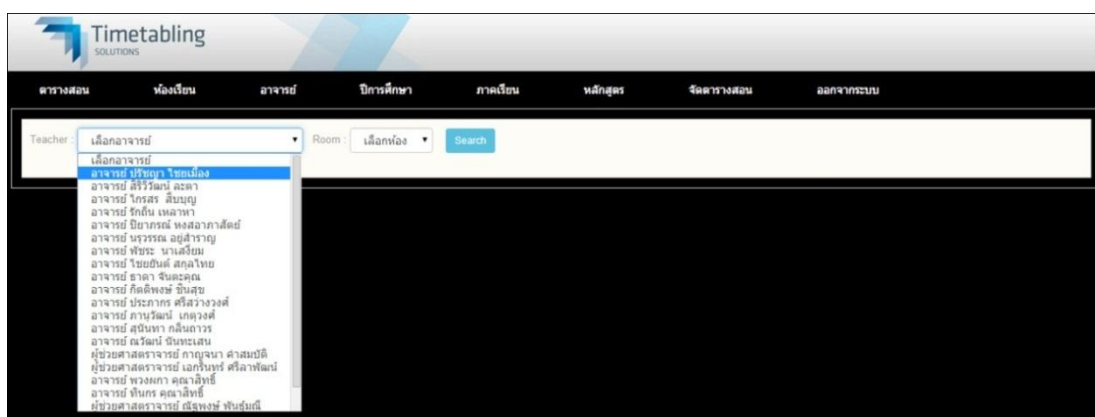




ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-2 ภาพรวมหน้าจอการทำงานของระบบ

## 2. เมนูตารางสอน

เมนูตารางสอน ผู้ดูแลระบบสามารถทำการเลือกดูตารางสอนของปีและเทอมล่าสุด โดยการคลิกเลือกดูได้จากตารางสอนของอาจารย์ผู้สอน หรือห้องเรียนที่ต้องการ ดังภาพประกอบ ภาคผนวก ค-3



ภาพประกอบภาคผนวก ค-3 เมนูตารางสอน

ถ้าคลิกเลือกดูตารางสอนจากมุมมองอาจารย์ จะแสดงผลดังภาพประกอบภาคผนวก ค-4

The screenshot shows the Timetabling Solutions web interface displaying a class schedule grid. The grid has columns for time slots (8:00, 9:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00, 16:00) and rows for days of the week (จันทร์, อังคาร, พุธ, พฤหัสบดี, ศุกร์). The grid shows the following data:

คาบ/เวลา	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
จันทร์									
อังคาร							1400004 เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต		
พุธ								634	
พฤหัสบดี				4124902 การศึกษารวมองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น					
ศุกร์					634				

ภาพประกอบภาคผนวก ค-4 เมนูตารางสอนมุมมองอาจารย์



ถ้าคลิกเลือกดูตารางสอนจากมุมมองเรียน จะแสดงผลดังภาพประกอบภาคผนวก ค-5  
เมนูตารางสอนมุมมองห้องเรียน

ตารางสอน	ห้องเรียน	อาจารย์	ปีการศึกษา	ภาคเรียน	หลักสูตร	จัดตารางสอน	ออกจากระบบ		
Teacher : เลือกอาจารย์ Room : เลือกห้อง Search									
ตารางสอน ปีการศึกษา 2555 ภาคเรียนที่ 3									
ห้อง 624									
ตาม/เวลา	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
จันทร์	6061405 การพัฒนาการประยุกต์แบบเว็บ-โซลิวชัน อาจารย์ สดดา			6061405 การพัฒนาการประยุกต์แบบเว็บ-โซลิวชัน อาจารย์ สิมญู					
อังคาร	2025209 โครงสร้างข้อมูล อาจารย์ คุณาสิทธิ์			2025165 คณิตศาสตร์ดีสครีต รองศาสตราจารย์ นุชพันธ์			4122504 การวิจัยและการดำเนินการ 1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คำสมบัติ		
พุธ	4122504 การวิจัยและการดำเนินการ 1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คำสมบัติ			4122309 วิศวกรรมซอฟต์แวร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คำสมบัติ			1400004 เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต อาจารย์ นันทะเสน		
พฤหัสบดี	4123706 ระบบสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ อาจารย์ คุณาสิทธิ์			1400004 เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต อาจารย์ นันทะเสน			4121201 การประมวลผลสัญญาณและเพิ่มข้อมูล อาจารย์ นันทะเสน		
ศุกร์	4122504 โปรแกรมสำเร็จรูปและการประยุกต์ใช้งาน อาจารย์ หงสอภาสดีย์			4124902 การศึกษาเอกเทศด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ อาจารย์ หงสอภาสดีย์			4124902 การศึกษาเอกเทศด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ อาจารย์ หงสอภาสดีย์		


ภาพประกอบภาคผนวก ค-5 เมนูตารางสอนมุมมองห้องเรียน

### 3. เมนูห้องเรียน

เมนูห้องเรียน ผู้ดูแลระบบสามารถทำการค้นหา เพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลห้องเรียนได้ ดัง  
ภาพประกอบภาคผนวก ค-6

1	Room Number : 614	Size : 60	Lab : Yes	Order by: 48	Public : <input type="checkbox"/>	Edit <input type="checkbox"/>	Delete <input type="checkbox"/>
2	Room Number : 628	Size : 60	Lab : Yes	Order by: 47	Public : <input type="checkbox"/>	Edit <input type="checkbox"/>	Delete <input type="checkbox"/>
3	Room Number : 632	Size : 60	Lab : Yes	Order by: 46	Public : <input type="checkbox"/>	Edit <input type="checkbox"/>	Delete <input type="checkbox"/>
4	Room Number : 635	Size : 60	Lab : Yes	Order by: 45	Public : <input type="checkbox"/>	Edit <input type="checkbox"/>	Delete <input type="checkbox"/>
5	Room Number : 634	Size : 60	Lab : Yes	Order by: 44	Public : <input type="checkbox"/>	Edit <input type="checkbox"/>	Delete <input type="checkbox"/>
6	Room Number : 631	Size : 80	Lab : Yes	Order by: 43	Public : <input type="checkbox"/>	Edit <input type="checkbox"/>	Delete <input type="checkbox"/>
7	Room Number : 627	Size : 60	Lab : Yes	Order by: 42	Public : <input type="checkbox"/>	Edit <input type="checkbox"/>	Delete <input type="checkbox"/>
8	Room Number : 624	Size : 60	Lab : Yes	Order by: 41	Public : <input type="checkbox"/>	Edit <input type="checkbox"/>	Delete <input type="checkbox"/>

ภาพประกอบภาคผนวก ค-6 เมนูห้องเรียน

จากภาพประกอบภาคผนวก ค-6 สามารถเพิ่มข้อมูลโดยการคลิกที่ปุ่ม  Add Data จะ  
ปรากฏหน้าจอเพิ่มข้อมูลดังภาพประกอบภาคผนวก ค-7



ภาพประกอบภาคผนวก ค-7 หน้าจอเพิ่มข้อมูลห้องเรียน

สามารถค้นหาข้อมูล ได้โดยการพิมพ์ข้อมูลเลขที่ห้องเรียน ที่ต้องการค้นหาที่กล่องข้อความ Search :  Search จะปรากฏข้อมูลที่ค้นหา ดังภาพประกอบภาคผนวก ค-8

ID	Room Number	Size	Lab	Order by	Public	Actions
1	628	60	Yes	47	Public	Edit Delete
2	627	60	Yes	42	Public	Edit Delete
3	624	60	Yes	41	Public	Edit Delete
4	622	80	Yes	38	Public	Edit Delete

ภาพประกอบภาคผนวก ค-8 หน้าจอค้นหาข้อมูลห้องเรียน

สามารถแก้ไขข้อมูล ได้โดยการคลิกที่ปุ่ม Edit จะปรากฏหน้าจอแก้ไขข้อมูลดังภาพประกอบภาคผนวก ค-9

ภาพประกอบภาคผนวก ค-9 หน้าจอแก้ไขข้อมูลห้องเรียน

สามารถลบข้อมูลได้ด้วยคลิกที่ปุ่ม Delete




#### 4. เมนูอาจารย์


เมนูอาจารย์ ผู้ดูแลระบบสามารถทำการค้นหา เพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลอาจารย์ได้ ดังภาพประกอบภาคผนวก ค-10

Code	Name	Edit	Delete
2554109	อาจารย์ไกรสร สืบบุญ		
0000046	อาจารย์สิริส หาญดี		
2549054	อาจารย์ภาณุวัฒน์ เกตุวงศ์		
2553031	อาจารย์พิชระ นนสียอม		
2553109	อาจารย์สุวรรณี ภูมิสำราญ		
2538014	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกรินทร์ ศรีลาพัฒน์		
2552139	อาจารย์ธาดา ชินแดน		
2552136	อาจารย์กิติพงษ์ อินสุข		
2534005	รองศาสตราจารย์สิทธิชัย มุขพันธ์		
2554042	อาจารย์นิชาธรณ์ หงสอภาสดี		

ภาพประกอบภาคผนวก ค-10 เมนูอาจารย์

จากภาพประกอบภาคผนวก ค-10 สามารถเพิ่มข้อมูลอาจารย์ โดยการคลิกที่ปุ่ม  จะปรากฏหน้าจอเพิ่มข้อมูลดังภาพประกอบภาคผนวก ค-11

ภาพประกอบภาคผนวก ค-11 หน้าจอเพิ่มข้อมูลอาจารย์

สามารถค้นหาข้อมูล ได้โดยการพิมพ์ข้อมูลที่ต้องการค้นหา ที่กล่องข้อความ  จะปรากฏข้อมูลที่ค้นหา ดังภาพประกอบภาคผนวก ค-12



Timetabling SOLUTIONS

ตารางสอน ห้องเรียน อาจารย์ ปีการศึกษา ภาคเรียน หลักสูตร จัดตารางสอน ออกจากระบบ

Search : ภาณุวัฒน์ Search

All Data : 1 | Add Data

1	Code : 2549054	Name : อาจารย์ภาณุวัฒน์ เกตุวงศ์	Edit	Delete
---	----------------	----------------------------------	------	--------

1

ภาพประกอบภาคผนวก ค-12 หน้าจอค้นหาข้อมูลอาจารย์

สามารถแก้ไขข้อมูล ได้โดยการคลิกที่ปุ่ม Edit จะปรากฏหน้าจอแก้ไขข้อมูลดัง

ภาพประกอบภาคผนวก ค-13

Timetabling SOLUTIONS

ตารางสอน ห้องเรียน อาจารย์ ปีการศึกษา ภาคเรียน หลักสูตร จัดตารางสอน ออกจากระบบ

Edit Data

Code :	2554109
Academic positions :	อาจารย์
Name :	โกศล
Surname :	สินณู

Save Cancel

ภาพประกอบภาคผนวก ค-13 หน้าจอแก้ไขข้อมูลอาจารย์

สามารถลบข้อมูลได้ด้วยคลิกที่ปุ่ม Delete

5. เมนูปีการศึกษา

เมนูปีการศึกษา ผู้ดูแลระบบสามารถทำการค้นหา เพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลได้ ดัง

ภาพประกอบภาคผนวก ค-14

Timetabling SOLUTIONS

ตารางสอน ห้องเรียน อาจารย์ ปีการศึกษา ภาคเรียน หลักสูตร จัดตารางสอน ออกจากระบบ

Search : Search

All Data : 3 | Add Data

1	Year : 2555	Edit	Delete
2	Year : 2554	Edit	Delete
3	Year : 2553	Edit	Delete

1

ภาพประกอบภาคผนวก ค-14 เมนูปีการศึกษา

จากภาพประกอบภาคผนวก ค-14 สามารถเพิ่มข้อมูลปีการศึกษา โดยการคลิกที่ปุ่ม

Add Data จะปรากฏหน้าจอเพิ่มข้อมูลดังภาพประกอบภาคผนวก ค-15



Timetabling SOLUTIONS

ตารางสอน ห้องเรียน อาจารย์ ปีการศึกษา ภาคเรียน หลักสูตร จัดตารางสอน ออกจากระบบ

Add Data

Year:

Save Cancel

ภาพประกอบภาคผนวก ค-15 หน้าจอเพิ่มข้อมูลปีการศึกษา

สามารถค้นหาข้อมูล ได้โดยการพิมพ์ข้อมูลที่ต้องการค้นหา ที่กล่องข้อความ

จะปรากฏข้อมูลที่ค้นหา ดังภาพประกอบภาคผนวก ค-16

Timetabling SOLUTIONS

ตารางสอน ห้องเรียน อาจารย์ ปีการศึกษา ภาคเรียน หลักสูตร จัดตารางสอน ออกจากระบบ

Search :  Search

All Data : 1 | Add Data

1	Year : 2554	Edit Delete
---	-------------	-------------

1

ภาพประกอบภาคผนวก ค-16 หน้าจอค้นหาข้อมูลปีการศึกษา

สามารถแก้ไขข้อมูล ได้โดยการคลิกที่ปุ่ม Edit จะปรากฏหน้าจอแก้ไขข้อมูลดัง

ภาพประกอบภาคผนวก ค-17

Timetabling SOLUTIONS

ตารางสอน ห้องเรียน อาจารย์ ปีการศึกษา ภาคเรียน หลักสูตร จัดตารางสอน ออกจากระบบ

Edit Data

Year:

Save Cancel

ภาพประกอบภาคผนวก ค-17 หน้าจอแก้ไขข้อมูลปีการศึกษา

สามารถลบข้อมูลได้ด้วยคลิกที่ปุ่ม Delete

## 6. เมนูภาคเรียน

เมนูภาคเรียน ผู้ดูแลระบบสามารถทำการค้นหา เพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลได้ ดัง

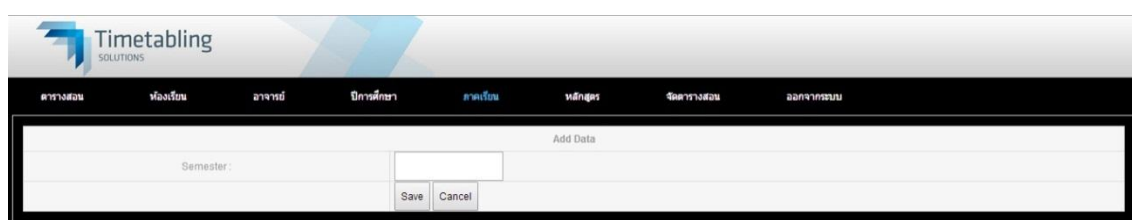
ภาพประกอบภาคผนวก ค-18





ภาพประกอบภาคผนวก ค-18 เมนูภาคเรียน

จากภาพประกอบภาคผนวก ค-18 สามารถเพิ่มข้อมูลภาคเรียน โดยการคลิกที่ปุ่ม จะปรากฏหน้าจอเพิ่มข้อมูลดังภาพประกอบภาคผนวก ค-19



ภาพประกอบภาคผนวก ค-19 หน้าจอเพิ่มข้อมูลภาคเรียน

สามารถแก้ไขข้อมูล ได้โดยการคลิกที่ปุ่ม จะปรากฏหน้าจอแก้ไขข้อมูลดังภาพประกอบภาคผนวก ค-20



ภาพประกอบภาคผนวก ค-20 หน้าจอแก้ไขข้อมูลภาคเรียน

สามารถลบข้อมูลได้ด้วยคลิกที่ปุ่ม

## 7. เมนูหลักสูตรและจัดตารางสอน

เมนูหลักสูตร ผู้ดูแลระบบสามารถทำการค้นหา เพิ่ม แก้ไข ลบข้อมูล และจัดตารางสอนได้ดังภาพประกอบภาคผนวก ค-21



Timetabling SOLUTIONS

ตารางสอน    ห้องเรียน    อาจารย์    ปีการศึกษา    ภาคเรียน    หลักสูตร-จัดตารางสอน    ออกจากระบบ

All Data : 799 | [Add Data](#) | [Import Data](#) | [Assign Data to Timeslot](#)

Search :  Year : ปีการศึกษา Semester : เทอม [Search](#)

Course ID	Name	Year	Semester	Teacher ID	Teacher Name	Seat	Description	Edit	Delete	
1	4124902	การศึกษาเอกเทศด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์	2555	3	2555046	อาจารย์ปรัชญา ไซยเมือง	60	ปกติ	<a href="#">Edit</a>	<a href="#">Delete</a>
2	4123801	การเตรียมความพร้อมก่อนเรียนวิชาชีพออม ๓ 3	2555	3	2547028	อาจารย์สุนันทา กิ่งถาวร	60	ปกติ	<a href="#">Edit</a>	<a href="#">Delete</a>
3	2029107	การสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย	2555	3	2537020	อาจารย์กมล คุณสิทธิ์	60	ปกติ	<a href="#">Edit</a>	<a href="#">Delete</a>
4	4124906	โครงการนักศึกษา	2555	3	2545012	อาจารย์วัฒน์ จันทร์แสน	20	ขอเปิด	<a href="#">Edit</a>	<a href="#">Delete</a>
5	1400004	เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต	2555	3	2555046	อาจารย์ปรัชญา ไซยเมือง	60	ปกติ	<a href="#">Edit</a>	<a href="#">Delete</a>
6	1400004	เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต	2555	3	2552069	อาจารย์ประภากร ศรีสว่างวงศ์	60	ปกติ	<a href="#">Edit</a>	<a href="#">Delete</a>
7	4122606	โปรแกรมประยุกต์ด้านระบบสารสนเทศเพื่อการบริหาร	2555	3	2554049	อาจารย์รักกัน เหลาหา	60	ปกติ	<a href="#">Edit</a>	<a href="#">Delete</a>
8	4122602	โปรแกรมประยุกต์ด้านการจัดการสำนักงานอัตโนมัติ	2555	3	2554042	อาจารย์ปิยภรณ์ หงสอภาสรัตน์	60	ปกติ	<a href="#">Edit</a>	<a href="#">Delete</a>

1 2 3 4 5 Next

ภาพประกอบภาคผนวก ค-21 เมนูหลักสูตรและจัดตารางสอน

จากภาพประกอบภาคผนวก ค-21 สามารถเพิ่มข้อมูลปีการศึกษา โดยการคลิกที่ปุ่ม

[Add Data](#)

จะปรากฏหน้าจอเพิ่มข้อมูลดังภาพประกอบภาคผนวก ค-22

Timetabling SOLUTIONS

ตารางสอน    ห้องเรียน    อาจารย์    ปีการศึกษา    ภาคเรียน    หลักสูตร    จัดตารางสอน    ออกจากระบบ

Add Data

Course Code :

Course Name :

Year :

Semester :

Teacher ID :

Seat :

Lab :  Lab Yes=1, No=0

Course Group :

Description :

[Save](#) [Cancel](#)

ภาพประกอบภาคผนวก ค-22 หน้าจอเพิ่มข้อมูลรายวิชา

สามารถค้นหาข้อมูล ได้โดยการพิมพ์ข้อมูลที่ต้องการค้นหา ที่กล่องข้อความ หรือค้นหา

จาก ปีการศึกษา ภาคเรียน Search :  Year : ปีการศึกษา Semester : เทอม [Search](#)

จะปรากฏข้อมูลที่ค้นหา ดังภาพประกอบภาคผนวก ค-23





The screenshot shows the Timetabling Solutions interface. At the top, there are navigation tabs: ตารางสอน, ห้องเรียน, อาจารย์, ปีการศึกษา, ภาคเรียน, หลักสูตร, จัดตารางสอน, and ออกจากระบบ. Below the tabs, there is a search bar with the text "วิชาชื่อคอม ฯ 3". The search results are displayed in a table with 8 rows. Each row contains Course ID, Name, Year, Semester, Teacher ID, Teacher Name, Seat, Description, and Edit/Delete buttons.

	Course ID	Name	Year	Semester	Teacher ID	Teacher Name	Seat	Description	
1	4123801	การเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพคอม ฯ 3	2554	1	2547028	อาจารย์สุจินtha กลิ่นถาวร	20		Edit Delete
2	4123801	การเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพคอม ฯ 3	2554	1	2547028	อาจารย์สุจินtha กลิ่นถาวร	26		Edit Delete
3	4123801	การเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพคอม ฯ 3	2554	1	2547028	อาจารย์สุจินtha กลิ่นถาวร	28		Edit Delete
4	4123801	การเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพคอม ฯ 3	2554	2	2547028	อาจารย์สุจินtha กลิ่นถาวร	60		Edit Delete
5	4123801	การเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพคอม ฯ 3	2555	1	2547028	อาจารย์สุจินtha กลิ่นถาวร	60		Edit Delete
6	4123801	การเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพคอม ฯ 3	2555	1	2547028	อาจารย์สุจินtha กลิ่นถาวร	60		Edit Delete
7	4123801	การเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพคอม ฯ 3	2555	1	2547028	อาจารย์สุจินtha กลิ่นถาวร	60		Edit Delete
8	4123801	การเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพคอม ฯ 3	2555	3	2547028	อาจารย์สุจินtha กลิ่นถาวร	60		Edit Delete

ภาพประกอบภาคผนวก ค-23 หน้าจอค้นหาข้อมูลรายวิชา

สามารถแก้ไขข้อมูล ได้โดยการคลิกที่ปุ่ม Edit จะปรากฏหน้าจอแก้ไขข้อมูลดัง

ภาพประกอบภาคผนวก ค-24

The screenshot shows the 'Edit Data' form in the Timetabling Solutions application. The form contains the following fields:

- Course Name : การเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพคอม ฯ 3
- Year : 2554
- Semester : 1
- Teacher ID : อาจารย์ สุจินtha กลิ่นถาวร
- Seat : 20
- Lab : 1 (Lab Yes=1, No=0)
- Course Group : 230
- Description :

At the bottom of the form, there are 'Save' and 'Cancel' buttons.

ภาพประกอบภาคผนวก ค-24 หน้าจอแก้ไขข้อมูลรายวิชา

สามารถลบข้อมูลได้ด้วยการคลิกที่ปุ่ม Delete สามารถนำเข้าข้อมูลรายวิชาด้วยการคลิกที่ปุ่ม Import Data และสามารถทำการจัดตารางสอนได้ด้วยการคลิกที่ปุ่ม Assign Data to Timeslot จากนั้นระบบจะทำการจัดตารางสอนให้โดยอัตโนมัติ



ประวัติย่อผู้วิจัย



## ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ- นามสกุล	นางสาวทิพวิมล นุชกำแหง
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2524
จังหวัดและประเทศที่เกิด	จังหวัดสระบุรี ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2543 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนหนองแขงวิทยา อำเภอหนองแขง จังหวัดสระบุรี พ.ศ. 2549 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิทยาการ คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พ.ศ. 2557 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน	เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ระบบงานคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	บ้านเลขที่ 102 หมู่ 20 ตำบลขามเฒ่าพัฒนา อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

