

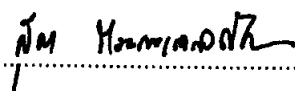
อิทธิพลของการจัดตารางเวลาสอบ ภาระศึกษา คณะสถิติประยุกต์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

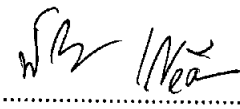
อรอนงค์ ดอกจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
คณะสถิติประยุกต์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

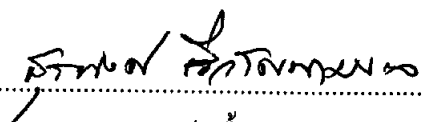
อิวริสติกส์สำหรับการจัดตารางเวลาสอบ กรณีศึกษา คณะสถิติประยุกต์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
อรอนงค์ ดอกจันทร์
คณะสถิติประยุกต์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์)

รองศาสตราจารย์  ประธานกรรมการ
(ดร. สุธา ตระการเถลิงศักดิ์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์  กรรมการ
(ดร. พิชราภรณ์ เนียมมณี)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์  กรรมการ
(ดร. จักรินทร์ สุขหมอก)

รองศาสตราจารย์  คณบดี
(ดร. สุรพงศ์ เอื้อวัฒนามงคล)

วันที่ 14 เดือน ๗.๑. พ.ศ. ๒๕๕1

สัญญาอนุญาตให้เผยแพร่วิทยานิพนธ์

ทำที่ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
118 ค.เสรีไทย แขวงคลองจั่น
เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร
วันที่ 14 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2551

สัญญานับนี้ทำขึ้นระหว่าง นางสาวอรอนงค์ ดอกจันทร์

ที่อยู่เลขที่..... หมู่..... ถนน..... แขวง.....
เขต..... จังหวัด..... ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้อนุญาต”
ฝ่ายหนึ่ง กับ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ โดย รศ.ดร. สรพงศ์ โอวัชรนามวงศ์
คณบดีคณะ สถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
ที่อยู่เลขที่ 118 หมู่..... ถนน เสรีไทย แขวง คลองจั่น
เขต บางกะปิ จังหวัด กรุงเทพมหานคร ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้รับอนุญาต”
อีกฝ่ายหนึ่ง คู่สัญญาทั้งสองฝ่ายได้ตกลงทำสัญญามีข้อความดังต่อไปนี้

1. ผลงานลิขสิทธิ์

ผู้อนุญาตเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์งานวิทยานิพนธ์ เรื่อง อิทธิพลของสื่อมวลชนต่อการจัดการเวลาว่าง การศึกษา คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
ซึ่งสร้างสรรค์ โดย นางสาวอรอนงค์ ดอกจันทร์ ผู้อนุญาตรับรองว่า เป็นผู้สร้างสรรค์
งานขึ้นเอง

2. เงื่อนไขการอนุญาต

ผู้อนุญาต ตกลงให้ผู้รับอนุญาตใช้สิทธิดังต่อไปนี้

- 2.1 ผู้รับอนุญาตมีสิทธิเผยแพร่ต่อสาธารณชน ซึ่งงานวิทยานิพนธ์ตามข้อ (1)
เพื่อประโยชน์ในการวิจัย หรือศึกษา อันมิได้มีวัตถุประสงค์เพื่อหากำไร
- 2.2 ผู้อนุญาตอนุญาตให้ผู้รับอนุญาตใช้สิทธิตาม 2.1 เพื่อใช้ในห้องสมุด
และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของห้องสมุด สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ รวมทั้งเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
ของโครงการพัฒนาเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย (ThaiLIS)

3. การโอนสิทธิและ / หรือหน้าที่ตามสัญญา

ผู้อนุญาตและผู้รับอนุญาตไม่สามารถโอนสิทธิและหรือหน้าที่ ความรับผิดชอบของตนตามสัญญานี้ให้แก่บุคคลภายนอกได้ เว้นแต่จะได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากอีกฝ่ายก่อน

4. สิทธิของเจ้าของลิขสิทธิ์

ภายใต้บังคับแห่งสัญญานี้ ผู้อนุญาตยังคงเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ในงานวิทยานิพนธ์ตามสัญญานี้ทุกประการ

สัญญานี้ทำขึ้นเป็นสองฉบับมีข้อความถูกต้องครบถ้วน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญาโดยตลอดดีแล้ว จึงลงลายมือชื่อพร้อมทั้งประทับตรา (ถ้ามี) ไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยานและเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

ลงชื่อ อรอนงค์ ตอกกนรี ผู้อนุญาต
(อรอนงค์ ตอกกนรี)

ลงชื่อ สุภาพ ใจรักสมณ ผู้รับอนุญาต
(สุภาพ ใจรักสมณ)

ลงชื่อ สุวิทย์ ใจรักสมณ พยาน
(สุวิทย์ ใจรักสมณ)

ลงชื่อ สุวิทย์ ใจรักสมณ พยาน
(สุวิทย์ ใจรักสมณ)

บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์	อิวิริสติกส์สำหรับการจัดตารางเวลาสอบ กรณีศึกษา คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
ชื่อผู้เขียน	นางสาวอรอนงค์ ดอกจันทร์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ปีการศึกษา	2551

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการพัฒนาอิวิริสติกส์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาสอบ โดยพิจารณาเงื่อนไข 2 ประการ ได้แก่เงื่อนไขหลักและเงื่อนไขรอง เงื่อนไขหลักเป็นเงื่อนไขที่มีความจำเป็นต้องปฏิบัติตามให้ได้ตามเงื่อนไขนี้ ในขณะที่เงื่อนไขรองเป็นเงื่อนไขที่มีความต้องการจะทำตามเงื่อนไขให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เงื่อนไขหลัก 2 ประการ คือ ไม่มีนักศึกษาคนใดต้องสอบมากกว่าหนึ่งวิชาในคาบเวลาสอบเดียวกันและนักศึกษาภาคพิเศษ (Special program) ต้องสอบในคาบเวลาที่กำหนดไว้เท่านั้น เงื่อนไขรอง คือ การจัดตารางเวลาสอบให้ระยะห่างระหว่างคาบการสอบของนักศึกษาอยู่ห่างกันมากที่สุด

วิธีอิวิริสติกส์ที่นำเสนอสำหรับปัญหาการจัดตารางเวลาสอบ 3 วิธี ซึ่งเป็นการผสมผสานวิธีการจัดกลุ่มวิชาและวิธีการจัดวางกลุ่มวิชาในคาบเวลาสอบ คือ 1) วิธีจัดกลุ่มและจัดวางแบบสุ่ม (Random selection with random assignment) 2) วิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางแบบสุ่ม (Similarity index method with random assignment) 3) วิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางหน้า-หลัง (Similarity index method with start-end point assignment)

การทดสอบการใช้งานและประสิทธิผลของวิธีการจัดตารางเวลาสอบทั้ง 3 วิธีนี้ ได้จำลองตัวอย่างปัญหาขึ้นมา 10 ปัญหา ที่มีความหนาแน่นของจำนวนวิชาที่ต้องจัดและจำนวนสาขาวิชาที่แตกต่างกัน ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิวิริสติกส์ 3 วิธี พบว่า วิธีที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ได้มีการทดสอบการใช้งานและประสิทธิผลของวิธีการจัดตารางเวลาสอบทั้ง 3 วิธีนี้ โดยใช้ข้อมูลของคณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์จำนวน 2 ภาคการศึกษาเป็นกรณีศึกษา พบว่า อิวิริสติกส์ทั้ง 3 วิธีสามารถจัดตารางเวลาสอบได้

การทดสอบความเป็นไปได้ในการจัดตารางเวลาสอบตามเงื่อนไขหลักโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดียมนั้น จากการทดสอบกับตัวอย่างปัญหา 3 ปัญหาที่สร้างขึ้น พบว่า ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดียสามารถบอกได้ว่าปัญหาที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถจัดตารางเวลาสอบได้ตามเงื่อนไขหลักซึ่งเป็นเงื่อนไขพื้นฐานในการจัดตารางเวลาสอบและใช้เวลาในการประมวลผลเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ฮิวริสติกส์ที่นำเสนอสามารถนำไปประยุกต์กับการจัดตารางเวลาสอบของสถานศึกษาอื่นที่มีการเรียนการสอนลักษณะเดียวกันได้

ABSTRACT

Title of Thesis	Heuristics for Examination Timetabling Case Study School of Applied Statistics, National Institute of Development Administration
Author	MISS Onanong Dokjanree
Degree	Master of Science (Applied Statistics)
Year	2008

This research focuses on developing a heuristic to solve examination timetabling problem. There are two types of constraints, hard and soft constraints. The hard constraint is a critical constraint, while the soft constraint is not a critical but it is preferable. In this research, two hard constraints are no student has to take more than one exam at the same time and students who study in special program must be assigned exam time in the same time as their study time only. One soft constraint is spread or exam proximity, which is a measure of the amount of student time that each student has between examinations. There are three steps of the heuristic procedure: step 1 is checking the hard constraints, step 2 is grouping the exams into exam groups and step 3 is allocating the exam groups into time slots.

With the combination of these methods for selecting and assigning, three algorithms are developed. They are random selection with random assignment, similarity index method with random assignment and similarity index method with start-end point assignment.

To evaluate the performance of these heuristics, ten generated test problems with various values of main characteristics are used. The results show that the similarity index method with start-end point assignment is the most effective algorithm with a statistical significance level of 0.05. In addition, two data sets from case study at the applied statistics school at NIDA are also employed to evaluate the performance of the heuristics in term of manageability.

In order to test a feasibility of arrangement the examination timetabling based on hard constraints, P-median model is employed. By using three problem sets with variation in parameters' values, the results show that the P-median model can determine the feasibility of arrangement the examination timetabling within the small computation time. Furthermore, the three proposed heuristics could be generalized so as to be applied to other schools.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องอิวิธิดิกส์สำหรับการจัดตารางเวลาสอบ กรณีศึกษา คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ สำเร็จได้เนื่องจากบุคคลหลายท่านได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อมูล ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแนะนำ ความคิดเห็นและกำลังใจ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรภรณ์ เนียมมณี ที่ได้ให้คำแนะนำชี้แนะแนวทางและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ในทุกขั้นตอน ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรินทร์ สุขหมอก และรองศาสตราจารย์ ดร.สุดา ตระการเถลิงศักดิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำชี้แนะแนวทางในการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิวิธิดิกส์สำหรับปัญหาการจัดตารางเวลาสอบ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านของคณะสถิติประยุกต์ ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้ศึกษา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะสถิติประยุกต์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือประสานงานการติดต่อเป็นอย่างดีด้วยอัธยาศัยไมตรีที่อบอุ่นเป็นกันเอง

ขอขอบคุณนักศึกษาร่วมรุ่นที่ได้ให้ความช่วยเหลือและประสานงานตลอดช่วงเวลาที่ได้ศึกษาอยู่ที่คณะสถิติประยุกต์

ท้ายสุด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอบคุณพี่น้องเพื่อน ๆ ที่ได้ช่วยส่งเสริมสนับสนุน และเป็นกำลังใจตลอดมาให้แก่ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์

อรอนงค์ ดอกจันทร์

ตุลาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนการวิจัย	4
1.5 นิยามศัพท์	4
1.6 ขั้นตอนในการจัดตารางเวลาสอบ	7
1.7 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย	7
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	8
2.1 ปัญหาการจัดตารางเวลาสอบและข้อจำกัด	8
2.1.1 เงื่อนไขในการจัดตารางเวลาสอบ	9
2.1.2 ความพึงพอใจในการจัดตารางเวลาสอบ	10
2.2 การแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาสอบ	10
2.2.1 ตัวแบบคณิตศาสตร์	10
2.2.2 วิธีฮิวริสติกส์มาตรฐาน	11
2.2.3 การพัฒนาวิธีฮิวริสติกส์	12

2.3 เทคโนโลยีการรวมกลุ่ม	13
บทที่ 3 เงื่อนไขและเกณฑ์ในการจัดตารางเวลาสอบและการพัฒนาอีวริสติกส์	17
3.1 ข้อมูลในการจัดตารางเวลาสอบ	17
3.2 เงื่อนไขและเกณฑ์ในการจัดตารางเวลาสอบ	18
3.3 การพัฒนาอีวริสติกส์สำหรับการจัดตารางเวลาสอบ	19
3.3.1 เงื่อนไขหลัก (Main constraints)	19
3.3.2 เงื่อนไขรอง (Soft constraints)	19
3.4 กรอบการพัฒนา	20
3.5 ขั้นตอนการทำงานของอีวริสติกส์	20
3.6 การจัดกลุ่มวิชาสอบช่วงเวลาปกติและพิเศษ	27
3.7 การตรวจสอบเงื่อนไขหลัก	29
3.8 การสร้างเมทริกซ์ความคล้ายคลึง	35
3.9 การจัดกลุ่มวิชาที่สามารถสอบในคาบเวลาสอบเดียวกันได้	37
3.9.1 การเลือกวิชาแบบสุ่ม	38
3.9.2 การเลือกวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง	42
3.10 การจัดวางกลุ่มวิชาในตารางเวลาสอบ	46
3.10.1 การจัดวางวิชาแบบสุ่ม	46
3.10.1.1 การจัดวางวิชาแบบสุ่มเมื่อจัดกลุ่มวิชาแบบสุ่ม	46
3.10.1.2 การจัดวางวิชาแบบสุ่มเมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง	50
3.10.2 การจัดวางวิชาแบบหน้า-หลัง	52
3.10.2.1 การจัดวางวิชาแบบหน้า-หลังเมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง	53
3.11 วิธีอีวริสติกส์ 3 วิธี ที่เกิดจากการจัดหมู่วิธีการเลือกวิชาและการจัดวาง	56
3.11.1 วิธีจัดกลุ่มและจัดวางแบบสุ่ม	56
(Random selection with random assignment)	
3.11.2 ดัชนีความคล้ายคลึงวางแบบสุ่ม	58
(Similarity index method with random assignment)	
3.11.3 ดัชนีความคล้ายคลึงวางหน้า-หลัง	61
(Similarity index method with start-end point assignment)	

3.12 การวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดตารางเวลาสอบ	64
บทที่ 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ	66
4.1 การทดสอบวิธีฮิวริสติกส์ที่นำเสนอ	66
4.2 การนำวิธีฮิวริสติกส์ไปใช้กับกรณีศึกษา	76
บทที่ 5 ความเป็นไปได้ของตารางเวลาสอบ	78
5.1 ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดีย (P-median model)	78
5.2 ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดียกับการจัดกลุ่มวิชาสอบ	80
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	82
6.1 สรุปผลการวิจัย	82
6.2 ข้อเสนอแนะ	84
 บรรณานุกรม	 85
ประวัติผู้เขียน	87

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ลักษณะปัญหาทดสอบ	67
4.2 การเปรียบเทียบค่าของฟังก์ชัน F สำหรับฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธี	68
4.3 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ย ของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (f)	75
4.4 ลักษณะกรณีศึกษา	76
4.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน F แต่ละฮิวริสติกส์	77
5.1 ลักษณะชุดปัญหาที่ทดสอบโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดีย (P-median model)	81
5.2 การประมวลผลโดยโปรแกรมชุดคำสั่ง SAS	81

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เมทริกซ์เครื่องจักร-ส่วนประกอบ	13
2.2 เซตของเครื่องจักรที่มีความสัมพันธ์กับการดำเนินงานลักษณะเดียวกัน	14
3.1 ขั้นตอนการทำงานของฮิวริสติกส์	22
3.2 เมทริกซ์ความสัมพันธ์สาขาวิชาเอก-วิชา ขนาด 5×6	25
3.3 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาที่ไม่ลงทะเบียนตามแผน-วิชา ขนาด 2×6	25
3.4 เมทริกซ์วิชาที่สอบช่วงเวลาพิเศษขนาด 1×6	26
3.5 เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ ขนาด 1×6	26
3.6 เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอก ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ ตามแผนขนาด 1×5	26
3.7 เมทริกซ์ความสัมพันธ์สาขาวิชาเอก-วิชา สำหรับนักศึกษาที่ลงทะเบียนตามแผน	27
3.8 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาที่ไม่ลงทะเบียนตามแผน-วิชา สำหรับนักศึกษาที่ไม่ลงทะเบียนตามแผน	28
3.9 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาลงทะเบียนรวมทั้งหมด คือ ทั้งช่วงเวลาปกติและพิเศษ-วิชา	28
3.10 เมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนที่สอบในช่วงเวลาปกติ	28
3.11 เมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนที่สอบในช่วงเวลาพิเศษ	29
3.12 การเปรียบเทียบสคมภ์ ที่ 1 และ 4 ของเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียน ที่สอบในช่วงเวลาปกติ (X')	31
3.13 สมาชิกตำแหน่งที่ sa_{14} ของเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ ในช่วงเวลาปกติ (SA)	32
3.14 แสดงการเปรียบเทียบสคมภ์ ที่ 4 และ 7 ของเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียน ที่สอบในช่วงเวลาปกติ (X')	33

3.15 สมาชิกตำแหน่งที่ sa_{47} ของเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ ในช่วงเวลาปกติ (SA)	33
3.16 การเปรียบเทียบสคมภ์ ที่ 4 และ 5 ของเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียน ที่สอบในช่วงเวลาปกติ (X')	34
3.17 สมาชิกตำแหน่งที่ sa_{45} ของเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ ในช่วงเวลาปกติ (SA)	34
3.18 เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA)	35
3.19 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาลงทะเบียนเรียนทั้งหมด คือ ทั้งช่วงเวลาปกติและพิเศษ-วิชา (X3)	36
3.20 เมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix)	37
3.21 ขั้นตอนการเลือกวิชาแบบสุ่ม	40
3.22 เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้	43
3.23 เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ	44
3.24 เมทริกซ์ความคล้ายคลึง	45
3.25 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติแบบสุ่ม เมื่อจัดกลุ่มวิชาแบบสุ่ม	48
3.26 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในเวลาสอบพิเศษแบบสุ่ม เมื่อจัดกลุ่มวิชาแบบสุ่ม	49
3.27 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติแบบสุ่ม เมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง	51
3.28 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในเวลาสอบพิเศษแบบสุ่ม เมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง	52
3.29 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติแบบหน้า-หลัง เมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง	54
3.30 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในเวลาสอบพิเศษแบบหน้า-หลัง เมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง	55
3.31 แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิธีจัดกลุ่มและจัดวางแบบสุ่ม (Random selection with random assignment)	57
3.32 แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิธีดัชนีความคล้ายคลึง-วางแบบสุ่ม (Similarity index method with random assignment)	60

3.33 แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางหน้า-หลัง (Similarity index method with start-end point assignment)	63
3.34 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของกลุ่มนักศึกษา-วิชา (X) พิจารณา สาขาวิชาเอกที่ 1 (แถวที่ 1)	64
3.35 เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอก ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ	64
3.36 ตารางเวลาสอบที่จัดเสร็จสมบูรณ์	65
4.1 การเปรียบเทียบฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 1	69
4.2 การเปรียบเทียบฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 2	70
4.3 การเปรียบเทียบฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 3	70
4.4 การเปรียบเทียบฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 4	71
4.5 การเปรียบเทียบฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 5	71
4.6 การเปรียบเทียบฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 6	72
4.7 การเปรียบเทียบฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 7	72
4.8 การเปรียบเทียบฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 8	73
4.9 การเปรียบเทียบฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 9	73
4.10 การเปรียบเทียบฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 10	74

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนของการวิจัยและประโยชน์ที่จะได้รับการจากการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การจัดระบบการศึกษาของประเทศไทยเป็นการบริหารจัดการทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่ เช่น การพัฒนาคุณภาพการสอนของอาจารย์ การผลิตนักศึกษาที่มีคุณภาพตามความต้องการของตลาดแรงงาน เป็นต้น เพื่อให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายของแต่ละสถานศึกษา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญหลักของการดำเนินงานของสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพ การจัดทำตารางเรียนและตารางเวลาสอบเป็นการบริหารจัดการทรัพยากรที่สำคัญประการหนึ่งในการดำเนินการจัดระบบการศึกษาให้มีประสิทธิภาพและบรรลุจุดมุ่งหมายของสถานศึกษาเช่นเดียวกัน

การจัดตารางเรียนและตารางเวลาสอบเป็นกระบวนการที่ต้องมีการบริหารจัดการกับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดของแต่ละสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด ไม่ว่าจะเป็น อัตรากำลังครู-อาจารย์ อัตรากำลังเจ้าหน้าที่ จำนวนห้องเรียน จำนวนห้องสอบ ชั่วโมงการทำงานของครู-อาจารย์ ชั่วโมงการทำงานของเจ้าหน้าที่ รายวิชาที่เปิดสอน รายวิชาที่ทำการสอบ ตามตารางและนอกตาราง กฎระเบียบข้อกำหนดของแต่ละสถานศึกษาที่มีผลบังคับต่อการเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม เป็นต้น ปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น ล้วนแล้วแต่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน และมีผลกระทบโดยตรงต่อการจัดทำตารางเรียนและตารางเวลาสอบของแต่ละสถานศึกษา

เนื่องจากการเรียนการสอนในระดับบัณฑิตศึกษา มีวิชาเลือกให้กับนักศึกษาอยู่หลายวิชาที่นักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอกสามารถเลือกลงทะเบียนได้ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์เป็นสถาบันการศึกษาหนึ่งที่มีการเรียนการสอนในระดับบัณฑิตศึกษา มีวิชาเลือกให้นักศึกษาในสาขาวิชาเอกต่าง ๆ ได้ลงทะเบียนจำนวนมาก ซึ่งคณะและสำนักต่าง ๆ ของสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ได้จัดให้มีการลงทะเบียนล่วงหน้า โดยประกาศรายวิชาที่เปิดสอนในภาคการศึกษานั้น ๆ ให้นักศึกษาเลือกลงทะเบียน พร้อมทั้งประกาศตารางเรียนให้นักศึกษาได้จัดทำตารางเรียนด้วยตนเอง

เมื่อนักศึกษาลงทะเบียนเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เจ้าหน้าที่จะดำเนินการจัดตารางเวลาสอบและติดประกาศให้นักศึกษาทราบต่อไป

สำหรับความยุ่งยากในการจัดตารางเวลาสอบในแต่ละภาคการศึกษาเกิดขึ้นเนื่องจาก การเรียนในระดับนี้มีการเปิดสอนวิชาที่หลากหลาย นักศึกษามีโอกาสเลือกลงทะเบียนเรียนได้มากมาย เมื่อเทียบกับจำนวนนักศึกษาแล้ว พบว่า อัตราส่วนของจำนวนวิชาที่นักศึกษาลงทะเบียนต่อจำนวนวิชาที่เปิดสอนอยู่ในระดับที่สูงมาก นั่นคือ นักศึกษาแต่ละคนสามารถเลือกลงทะเบียนเรียน โดยเลือกจากวิชาเลือกต่าง ๆ ได้ตามความต้องการแต่ไม่เกินจำนวนหน่วยกิตที่ทางสถาบันกำหนด

ด้วยเหตุนี้ การจัดตารางเวลาสอบเพื่อให้นักศึกษาทุกคนมีตารางเวลาสอบของแต่ละวิชาที่ตนลงทะเบียนไม่ซ้ำซ้อนกัน จึงเป็นสิ่งที่กระทำได้ยาก เนื่องจากข้อจำกัดของนักศึกษาแต่ละคนมีความแตกต่างกัน และข้อจำกัดนี้จะแปรผันตามจำนวนนักศึกษาที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้การจัดตารางเวลาสอบให้สอดคล้องกับทุกเงื่อนไขมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นด้วย

Reis and Olivera (2001) ได้ให้ความหมายของตารางเวลาสอบ (Examination timetabling) ว่า เป็นตารางเวลาสอบที่จัดทำโดยมหาวิทยาลัยเพื่อหลีกเลี่ยงการสอบที่ซ้ำซ้อนกันของนักศึกษา และมีระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบของนักศึกษาแต่ละคนให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

จากที่ผ่านมา คณะสถิติประยุกต์ ได้จัดตารางเวลาสอบให้เป็นไปตามรายวิชาทั้งหมดที่นักศึกษาลงทะเบียน และประสบปัญหานักศึกษาเลือกเรียนวิชาเลือกแตกต่างกัน ทำให้มีวิชาเลือกหลากหลาย ดังนั้น เมื่อนักศึกษาบางคนลงทะเบียนเลือกวิชาเลือกที่แตกต่างไปจากกลุ่มสาขาวิชาเอกของตน จึงเป็นการเพิ่มเงื่อนไขในการจัดตารางเวลาสอบโดยตรง

เมื่อพิจารณาสภาพดังกล่าวมาข้างต้นแล้ว พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดตารางเวลาสอบ คือ 1) นักศึกษามีกำหนดการสอบมากกว่าหนึ่งวิชาในคาบเวลาเดียวกัน 2) นักศึกษามีการสอบหลายวิชาในคาบเวลาใกล้เคียงกัน ทั้ง ๆ ที่ คาบเวลาของการสอบมี 2 สัปดาห์

ดังนั้น จึงควรมีการจัดตารางเวลาสอบที่ดี กล่าวคือ นักศึกษาแต่ละคนต้องมีการสอบที่ไม่ซ้ำซ้อนกันและมีระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบของนักศึกษาแต่ละคนให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างวิธีการจัดการเวลาสอบที่ทำให้นักศึกษาแต่ละคน ไม่มีวิชาที่ลงทะเบียนแล้ว สอบเวลาเดียวกัน และทำให้นักศึกษาแต่ละคนมีการกระจายระยะห่างของคาบเวลาสอบแต่ละวิชา มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้กรณีศึกษาของคณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลของภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2548 และภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2549 โดยมี ขั้นตอนและขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1.3.1 พัฒนาและออกแบบอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดการเวลาสอบ

1.3.2 พัฒนาโปรแกรมเพื่อทดสอบอัลกอริทึมตามข้อ 1

1.3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่

1.3.3.1 ข้อมูลจำนวน 10 ชุดข้อมูลที่มีค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ จำนวนสาขาวิชา จำนวนวิชา จำนวนนักศึกษา จำนวนคาบเวลาสอบสูงสุด จำนวนวิชาสูงสุดแต่ละคาบเวลาสอบและ จำนวนความหนาแน่นวิชาที่แตกต่างกัน ในการทดสอบชุดคำตอบของการจัดการเวลาสอบแต่ละวิธีวิริสติกส์

1.3.3.2 ข้อมูลจำนวน 3 ชุดข้อมูลที่มีค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ จำนวนสาขาวิชา จำนวนวิชา จำนวนนักศึกษา จำนวนคาบเวลาสอบสูงสุด จำนวนวิชาสูงสุดแต่ละคาบเวลาสอบ และ จำนวนความหนาแน่นวิชาที่แตกต่างกัน ในการทดสอบความเป็นไปได้ในการจัดการเวลาสอบ โดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดีย

1.3.3.3 ข้อมูลการลงทะเบียนของนักศึกษาสำหรับกรณีศึกษาจำนวน 2 ชุดข้อมูล ที่มีค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ จำนวนสาขาวิชา จำนวนวิชา จำนวนนักศึกษา จำนวนคาบเวลาสอบสูงสุด จำนวนวิชาสูงสุดแต่ละคาบเวลาสอบ และจำนวนความหนาแน่นวิชาที่แตกต่างกัน ในการทดสอบชุดคำตอบของการจัดการเวลาสอบแต่ละวิธีวิริสติกส์

1.3.4 สรุปผลการทดสอบและเปรียบเทียบชุดคำตอบของการจัดการเวลาสอบโดยวิธีวิริสติกส์แต่ละวิธี รวมทั้งสรุปผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการจัดการเวลาสอบโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดีย

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการทำวิจัยแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาขั้นตอนการจัดตารางเวลาสอบที่ใช้ในปัจจุบันจากเจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินการจัดตารางเวลาสอบ
2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเวลาสอบและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. สร้างฮิวริสติกส์สำหรับจัดตารางเวลาสอบที่มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ เพื่อจัดโอกาสที่นักศึกษาแต่ละคนมีวิชาสอบมากกว่าหนึ่งวิชาที่มีกำหนดการสอบในเวลาเดียวกันและเพื่อให้ผลรวมของระยะห่างแต่ละคาบเวลาสอบของนักศึกษาทั้งหมดมีค่ามากที่สุด
4. เปรียบเทียบคุณภาพของคำตอบที่ได้จากวิธีการที่สร้างขึ้น
5. ศึกษาตัวแปรและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีผลต่อความเป็นไปได้ในการจัดตารางเวลาสอบ
6. วิเคราะห์ สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1.5 นิยามศัพท์

จากการกำหนดขอบเขตของงานวิจัยนี้ โดยใช้คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์เป็นกรณีศึกษา จึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดนิยามของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจน เพื่อเป็นพื้นฐานในการดำเนินการขั้นตอนต่อไป ดังนั้น ผู้วิจัยจึงขอกำหนดนิยามของคำหรือข้อความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังต่อไปนี้

1.5.1 ตารางเวลาสอบ (Examination timetabling) หมายถึง ตารางเวลาสอบที่จัดทำโดยมหาวิทยาลัยเพื่อใช้ในการสอบ โดยเป็นตารางเวลาสอบที่หลีกเลี่ยงไม่ให้นักศึกษามีการสอบที่ซ้ำซ้อนกันและมีการขยายคาบเวลาสอบภายในช่วงเวลาที่กำหนดให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

1.5.2 ระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบ หมายถึง ระยะห่างระหว่างการสอบ 2 วิชาใด ๆ ของนักศึกษาแต่ละคน โดยวัดจากจำนวนคาบเวลาสอบระหว่างการสอบวิชาลำดับที่ i กับ วิชาลำดับที่ $i + 1$

ตัวอย่าง การหาระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบ

กำหนดให้ สาขาวิชาเอกที่ 1 มีการสอบวิชาที่ 3 7 และ 10 โดยมีการสอบเรียงตามลำดับ ดังนี้ คือ วิชาที่ 7 วิชาที่ 3 และวิชาที่ 10 ตามลำดับ

เมื่อกำหนด $i = 1$ และตารางเวลาสอบ ดังนี้

ดังนั้น การสอบลำดับที่ $i = 1$ คือวิชาที่ 7

การสอบลำดับที่ $i = 2$ คือวิชาที่ 3

การสอบลำดับที่ $i = 3$ คือวิชาที่ 10

กำหนดตารางเวลาสอบ เป็นดังนี้

เวลาสอบ	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5	T=6	T=7
วิชา	1	7	2	3	6	4	10
	9				8		5

เมื่อสาขาวิชาเอกใด ๆ มีการสอบ n วิชา จำนวนระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบของการสอบของสาขาวิชาเอกนั้น ๆ เท่ากับ $n - 1$ ระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบ

จากตารางเวลาสอบ ระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบของสาขาวิชาเอกที่ 1 เป็นดังนี้

ระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบระหว่างวิชาลำดับที่ 1 คือวิชาที่ 7 และวิชาลำดับที่ 2 คือวิชาที่ 3 ซึ่งเท่ากับ $4 - 2 = 2$ คาบเวลาสอบ

ระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบระหว่างวิชาลำดับที่ 2 คือวิชาที่ 3 และวิชาลำดับที่ 3 คือวิชาที่ 10 ซึ่งเท่ากับ $7 - 4 = 3$ คาบเวลาสอบ

1.5.3 เวลาสอบปกติ หมายถึง เวลาที่มีการสอบในวันทำการ คือ วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ในช่วงเวลา 9.00น.ถึง 16.00น.

1.5.4 เวลาสอบพิเศษ หมายถึง เวลาที่มีการสอบในวันทำการ คือ วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ในช่วงเวลา 18.00น.ถึง 21.00น.หรือ วันเสาร์และอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 9.00-16.00น.

1.5.5 นักศึกษาภาคปกติที่ลงทะเบียนตามแผน หมายถึง นักศึกษาที่มีเวลาเรียนในช่วงเวลาปกติ คือ วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 8.00-16.00น. และลงทะเบียนเรียนตามแผนการศึกษาที่ทางคณะกำหนด ซึ่งจะระบุวิชาเลือกให้ตามสาขาวิชาเอก

1.5.6 นักศึกษาภาคพิเศษที่ลงทะเบียนตามแผน หมายถึง นักศึกษาที่ทำงานในภาครัฐ/รัฐวิสาหกิจ/ภาคเอกชน ซึ่งทำงานเต็มเวลาปกติ คือ วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 8.00-16.00น. หรือ 17.00น. และใช้เวลาในช่วงเย็น 18.00-21.00น. ของวันจันทร์ถึงวันศุกร์ หรือวันเสาร์และอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 9.00-16.00น. เพื่อศึกษาในระดับปริญญาโทและลงทะเบียนเรียนตามแผนการศึกษาที่ทางคณะกำหนด

1.5.7 นักศึกษาที่ไม่ลงทะเบียนตามแผน หมายถึง นักศึกษาภาคปกติหรือนักศึกษาภาคพิเศษที่มีได้ลงทะเบียนวิชาเลือกตามที่คณะระบุให้แต่ละสาขาวิชาเอกลงทะเบียน แต่เลือกลงทะเบียนวิชาเลือกอื่น ๆ ไม่เป็นไปตามแผนการศึกษาที่ทางคณะกำหนด

1.5.8 วิชาบังคับของหลักสูตร หมายถึง วิชาที่มุ่งให้นักศึกษามีพื้นฐานสำหรับการศึกษาวิชาหลักและวิชาเลือก ซึ่งเป็นวิชาที่นักศึกษาทุกคนจะต้องลงทะเบียน

1.5.9 วิชาหลัก (Core course) หมายถึง วิชาที่มุ่งให้นักศึกษามีความรู้ความชำนาญเฉพาะสาขา ซึ่งนักศึกษาในสาขาวิชาเอกทุกคนจะต้องลงทะเบียน

1.5.10 วิชาเลือก หมายถึง วิชาที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาเลือกศึกษาเพื่อเสริมความรู้ในหลักสูตรหรือความรู้ในด้านอื่น ๆ ซึ่งนักศึกษาทุกสาขาวิชาเอกสามารถเลือกเรียนได้

1.5.11 วิชาที่สอบช่วงเวลาพิเศษ หมายถึง วิชาที่นักศึกษาภาคพิเศษลงทะเบียนเรียน ซึ่งจะต้องจัดสอบในช่วงเวลาพิเศษเท่านั้น และถ้าวิชานั้น ๆ เป็นวิชาที่นักศึกษาภาคปกติลงทะเบียนด้วย นักศึกษาภาคปกติต้องสอบในช่วงเวลาพิเศษเช่นกัน

1.6 ขั้นตอนในการจัดตารางเวลาสอบ

1. พิจารณารายวิชาที่นักศึกษาภาคพิเศษลงทะเบียนตามแผน ซึ่งเป็นวิชาที่ต้องจัดสอบเป็นอันดับแรก ทำการจัดวิชาเหล่านั้นสอบในช่วงเวลาพิเศษ ให้มีการกระจายของระยะห่างของการสอบแต่ละวิชา โดยให้มีการสอบต่อเนื่องกันเกิดขึ้นน้อยที่สุด
2. วิชาใดที่นักศึกษาภาคปกติและนักศึกษาภาคพิเศษลงทะเบียนเรียนเหมือนกัน จะต้องจัดวิชานั้นสอบในช่วงเวลาพิเศษ โดยมีขั้นตอนการจัดวางเช่นเดียวกับรายวิชาในขั้นตอนที่ 1
3. วิชาอื่น ๆ ที่นักศึกษาภาคปกติลงทะเบียนตามแผน ทำการจัดวิชาเหล่านั้นสอบในเวลาปกติ โดยมีขั้นตอนการจัดวางเช่นเดียวกับรายวิชาในขั้นตอนที่ 1

1.7 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

สามารถออกแบบวิธีการจัดตารางเวลาสอบให้มีความเหมาะสมและคาบเวลาสอบของนักศึกษาแต่ละคน ไม่มีความซ้ำซ้อนกัน และให้นักศึกษาแต่ละคนมีการกระจายระยะห่างของคาบเวลาสอบแต่ละวิชามากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ในบทต่อไปจะกล่าวถึง ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วยงานวิจัยในเรื่องการศึกษา ปัญหาการจัดการตารางเวลาสอบและข้อจำกัด การแก้ปัญหาการจัดการตารางเวลาสอบโดยใช้ตัวแบบ คณิตศาสตร์ วิธีวิธีวิสตติกส์มาตรฐาน และการพัฒนาวิธีวิธีวิสตติกส์สำหรับแก้ปัญหาการจัดการ ตารางเวลาสอบ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในเรื่องเทคโนโลยีการรวมกลุ่ม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ปัญหาการจัดการตารางเวลาสอบและข้อจำกัด

ในการจัดการเรียนการสอนในมหาวิทยาลัย การจัดการตารางเวลาสอบเป็นกระบวนการหนึ่งของระบบการศึกษาที่จัดการได้ยาก เนื่องจากมีวิชาจำนวนมากและคาบเวลาในการสอบมีไม่มากนัก ทำให้ปัญหาได้รับความสนใจและมีการศึกษาเป็นอย่างมากในหมู่นักวิชาการ เพื่อหาวิธีการจัดการ ตารางเวลาสอบให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดย Wong et al. (2002) ได้ทำการศึกษาปัญหานี้ ซึ่งกำหนดเงื่อนไขให้แต่ละวิชามีการสอบเพียงครั้งเดียวเท่านั้น และนักศึกษาต้องไม่มีรายวิชาที่มีการสอบ ซ้ำซ้อนกัน Abdullah et al. (2006) ได้ศึกษาโดยพิจารณาเงื่อนไขห้ามนักศึกษามีการสอบมากกว่า หนึ่งวิชาในเวลาเดียวกันและตารางเวลาสอบต้องไม่มากกว่าความจุของห้อง ซึ่งได้แยกพิจารณาเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่ไม่พิจารณาความจุที่นั่งเพื่อขยายการสอบของนักศึกษาที่มีการสอบวิชาที่สอบ ร่วมกันออกไป และปัญหาที่พิจารณาความจุที่นั่ง ในขณะที่ Burke and Newall (2004) ได้ศึกษาโดย กำหนดให้เงื่อนไขต้องไม่มีนักศึกษาที่มีการสอบ 2 วิชาซ้ำซ้อนกันในเวลาเดียวกัน จำนวนที่นั่งในการสอบแต่ละช่วงเวลาต้องไม่มากเกินไปและนักศึกษามีเวลาว่างระหว่างการสอบเท่าที่เป็นไปได้

สำหรับการจัดการตารางเวลาสอบโดยทั่วไปจะมีความยุ่งยากซับซ้อนแตกต่างกันไป ขึ้นกับเงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้พิจารณาในการจัดการตารางเวลาสอบ เช่น จำนวนวิชาที่ต้องจัดสอบมี มาก อีกทั้งแต่ละวิชามีจำนวนนักศึกษาที่ต้องสอบหลายสาขาวิชาเอกที่ลงทะเบียนในรายวิชาที่ แตกต่างกัน กฎระเบียบ ข้อบังคับของแต่ละสถานศึกษา เป็นต้น จากปัจจัยดังกล่าวนำมาซึ่งปัญหา

ขั้นพื้นฐานในการจัดตารางเวลาสอบ คือ เพื่อจัดสรรวิชาสอบลงในคาบเวลา (Period) ต่าง ๆ ที่มีอยู่อย่างจำกัดและสอดคล้องกับเงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งมีผู้วิจัยกันอย่างกว้างขวางพอสรุปได้ดังนี้

2.1.1 เงื่อนไขในการจัดตารางเวลาสอบ

นักวิจัยได้มีศึกษาเงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ เงื่อนไขหลัก (Main constraint) และเงื่อนไขรอง (Soft constraint) โดย Boizumault, Delon and Peridy (1996) ได้เสนอวิธีการจัดตารางเวลาสอบ และกำหนดเงื่อนไขหลัก คือ นักศึกษาแต่ละคนจะต้องไม่มีการสอบหลายวิชาในคาบเวลาเดียวกันและจำนวนห้องจะต้องถูกกำหนดการสอบให้เหมาะสม และได้กำหนดเงื่อนไขรอง ประกอบด้วย การหลีกเลี่ยงนักศึกษาที่มีจำนวนคาบเวลาสอบที่ติดกัน การหลีกเลี่ยงนักศึกษาที่มีจำนวนคาบเวลาสอบเดียวใน 1 วัน และการหลีกเลี่ยงนักศึกษาที่มีการสอบในคาบเวลาสอบสุดท้ายของแต่ละวันที่มีการสอบ ซึ่งในการจัดตารางเวลาสอบอนุญาตให้เกิดกรณีเงื่อนไขรองได้ อย่างไรก็ตามในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ อาจมีกฎเกณฑ์ หรือมีนโยบายในการจัดตารางเวลาสอบอื่น ๆ เพิ่มเติม

นอกจากนี้ อาจมีข้อกำหนดหรือความต้องการเพิ่มเติมจากลักษณะวิชาหรือจากอาจารย์ผู้สอน เช่น Zhao-hui and Lim (2000) ได้ศึกษาเงื่อนไขโดยกำหนดให้มีการจัดสอบสำหรับวิชาที่มีผู้สอบจากหลายกลุ่มก่อน เพื่อให้อาจารย์ผู้สอนมีเวลาในการคัดเกรดเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ Dimopoulou and Miliotis (2001) ได้กำหนดให้มีเงื่อนไขบังคับ ซึ่งมีเพียง 1 วิชาที่บังคับสอบของแต่ละสาขาวิชานั้นที่จะจัดสอบได้ในแต่ละคาบเวลาสอบ และต้องจัดลงในตารางเวลาสอบโดยกระจายอย่างสม่ำเสมอ และ Abdullah et al. (2006) ได้กำหนดเงื่อนไขพิเศษเพิ่มเติมในกรณีตารางเวลาสอบที่จัดต้องไม่เกินความจุของห้อง ซึ่งได้แยกพิจารณาเป็น 2 กรณีย่อย คือ กรณีที่ไม่พิจารณาความจุที่นั่งเพื่อขยายการสอบของนักศึกษาที่มีการสอบวิชาที่สอบร่วมกันออกไป และปัญหาที่พิจารณาความจุที่นั่ง Wong, Cote and Gery (2002) ได้กำหนดเงื่อนไขพิเศษ โดยตารางเวลาสอบนั้นควรกำหนดให้เป็นเวลาเดียวกันกับตารางเรียน เช่น วิชาที่เรียนวันจันทร์ เวลา 9.00น. – 12.00น. ก็จัดให้มีการสอบในวันจันทร์ เวลา 9.00น. – 12.00น. เช่นเดียวกัน เนื่องจากมีกลุ่มนักศึกษาพิเศษรวมอยู่ด้วย Boizumault, Delon and Peridy (1996) ได้ศึกษาเงื่อนไขพิเศษโดยในกรณีที่สถานศึกษามีสหวิทยาเขต ให้สหวิทยาเขตที่เหลืต้องปฏิบัติเงื่อนไขการสอบตามมหาวิทยาลัยหลัก และการสอบบางประเภท เช่น การสอบปากเปล่าสามารถดำเนินการจัดสอบได้อย่างอิสระในแต่ละภาควิชา White, Xie and Zonjic (2004) ได้กำหนดเงื่อนไขพิเศษ คือ บางวิชาอาจมีการกำหนดให้สอบก่อนวิชาอื่น ๆ ซึ่งอาจเป็นการสอบย่อยและมีการกำหนดจำนวนนักศึกษาในการสอบคาบเวลาสอบใด ๆ เพิ่มเติมด้วย

2.1.2 ความพึงพอใจในการจัดตารางเวลาสอบ

จากการกำหนดเงื่อนไขและหาวิธีการจัดตารางเวลาสอบให้สอดคล้องกับเงื่อนไขแล้ว หากสำรวจความต้องการหรือความพึงพอใจของนักศึกษาซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพของการจัดตารางเวลาสอบนั้น Thomson and Dowsland (1998) ได้กำหนดความพึงพอใจขั้นต้นของการจัดตารางเวลาสอบคือ แต่ละวิชาที่นักศึกษาค้นนั้น ๆ มีการสอบต้องมีคาบเวลาสอบที่ไม่ซ้ำซ้อนกัน ส่วน MirHassani (2006) ได้จัดกลุ่มประเภทของตารางเวลาสอบที่ต้องการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นหรืออนุญาตให้เกิดขึ้นได้น้อยที่สุดออกเป็น 3 ประเภท คือ ประเภทแรกให้มีการสอบ 2 วิชาในเวลาเดียวกัน ประเภทที่ 2 มีการสอบ 2 วิชาในวันสอบเดียวกันและประเภทที่ 3 มีการสอบ 2 วิชาต่อเนื่องกัน และวัดความพึงพอใจโดยวัดจากการจัดตารางเวลาสอบที่เกิดกรณีต่าง ๆ ซึ่งตารางเวลาสอบใดที่มีทั้ง 3 ประเภทเกิดขึ้นน้อยที่สุดหรือไม่เกิดขึ้นเลย ถือว่าเป็นตารางเวลาสอบที่นักศึกษามีความพึงพอใจมากที่สุด Reis and Oliveira (2001) ได้วัดระดับความพึงพอใจของตารางเวลาสอบที่ได้คือ วัดการกระจายของวิชาที่ต้องจัดสอบ ซึ่งเป็นการวัดจำนวนของเวลาระหว่างการสอบของนักศึกษาแต่ละคนให้มากที่สุด

2.2 การแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาสอบ

ในการแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาสอบนั้น มีนักวิจัยได้ศึกษาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวไว้หลายวิธี เช่น การแก้ปัญหาโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ วิธีฮิวริสติกส์มาตรฐาน และการพัฒนาวิธีฮิวริสติกส์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ตัวแบบคณิตศาสตร์

จากข้อจำกัดต่าง ๆ และจำนวนวิชาสอบต่อคาบเวลาสอบ นักวิจัยหลายท่านได้เสนอตัวแบบคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาสอบ โดย Bullnheimer (1998) ได้ใช้ตัวแบบ QAP (Quadratic assignment problem) และแปลงเป็นตัวแบบ QSAP (Quadratic semi assignment problem) ตามเงื่อนไขเพื่อหลีกเลี่ยงการซ้ำซ้อนกันของคาบเวลาสอบและพยายามให้มีคาบเวลาการสอบของนักศึกษาห่างกันมากที่สุด ในขณะที่ Dimopoulou and Miliotis (2001) กำหนดตัวแบบตามเงื่อนไขของปัญหาการจัดตารางเวลาสอบเป็นตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer linear programming)

2.2.2 วิธีฮิวริสติกส์มาตรฐาน

อย่างไรก็ตาม White, Xie and Zonjic (2004) ได้กล่าวว่า ปัญหาการจัดตารางเวลาสอบเป็นหนึ่งในปัญหาเอ็นพีฮาร์ด (NP-hard problem) กล่าวคือ เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น เวลาในการคำนวณหาคำตอบโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก และไม่สามารถหาคำตอบได้ในระยะเวลาที่กำหนดได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการสร้างอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพมาใช้ในการหาคำตอบของปัญหา

มีการนำวิธีฮิวริสติกส์มาตรฐานที่เรียกว่า เมต้าฮิวริสติกส์ (Meta-heuristic) ต่าง ๆ ได้แก่ วิธีซิมูเลตเตดแอนนิลลิง (Simulated annealing: SA) วิธีการหาคำตอบที่ป้องกันการเข้าสู่ค่าเดิมหรือวิทาบู (Tabu search: TS) รวมทั้งวิธีการหาคำตอบเชิงพันธุกรรมหรือวิเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic algorithm: GA) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการค้นหาคำตอบที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มาใช้ในการหาคำตอบของตารางเวลาสอบที่เป็นไปได้ และมีผู้วิจัยจำนวนมากเลือกวิธีดังกล่าว เพื่อใช้ในการค้นหาคำตอบโดย Bullnheimer (1998) ได้ใช้วิธีการหาคำตอบซิมูเลตเตดแอนนิลลิงในการค้นหาคำตอบ Gaspero and Schaerf (2001) ใช้วิทาบู ขณะที่ Chu and Fang (1999) ใช้วิธีการหาคำตอบเชิงพันธุกรรมหรือวิเจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาและได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจัดตารางเวลาสอบด้วยวิธีดังกล่าวกับวิทาบู

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากได้พัฒนาอัลกอริทึมต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของคำตอบของตารางเวลาสอบที่เป็นไปได้ให้ดียิ่งขึ้น Zhaohui and Lim (2000) ได้ใช้ Iterative-greedy heuristic เพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้ (Good coloring solution) ในการพัฒนาการจัดตารางเวลาสอบและใช้วิทาบูในการหารูปแบบตารางที่เป็นไปได้ที่เหมาะสม Cheng, Klienberg, Kruk, Lindsey and Steffy (2006) ผสมผสานวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมหลายวิธีเข้าด้วยกัน คือ Hypergraph และ Greedy approach ที่เรียกว่า วิธีการกำหนดกลุ่ม (Cluster method) และวัดประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดตารางเวลาสอบ โดยใช้ค่า Cost function ที่เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของค่าปรับที่มีกรณีของเงื่อนไขรองเกิดขึ้นในตารางเวลาสอบที่เป็นไปได้ Boizumault, Delon and Peridy (1996) ใช้การโปรแกรมเชิงตรรกศาสตร์ (Logic programming) ในการค้นหาคำตอบ ส่วน Thomson and Dowsland (1998) ใช้วิธีการหาคำตอบซิมูเลตเตดแอนนิลลิงในส่วนที่ 1 คือ ลดจำนวนที่นักศึกษาใช้เวลาสอบซ้ำซ้อนกันให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และ Kempe chain neighborhood ในส่วนที่ 2 เพื่อขยายเวลาการสอบของนักศึกษาแต่ละคนให้มีเวลามากพอที่จะกำหนดได้ Azimi (2005) ได้พิจารณาฮิวริสติกส์พื้นฐาน 3 วิธี คือ วิธีการหาคำตอบซิมูเลตเตดแอนนิลลิง (Simulated annealing) วิทาบู (Tabu search) วิธีการหาคำตอบเชิงพันธุกรรมหรือวิเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic algorithm) และระบบการเลือกเส้นทางหาอาหารของมด (Ant colony system) จากนั้นเปรียบเทียบ 3 ฮิวริสติกส์

รูปแบบผสมในการแก้ปัญหา ได้แก่ อัลกอริทึมแบบลำดับโดยวิธีทานูและระบบการเลือกเส้นทางอาหารของมด (A Sequential TS-ACS) อัลกอริทึมแบบผสมระหว่างวิธีทานูและระบบการเลือกเส้นทางอาหารของมด (A Hybrid ACS/TS) และวิธีอัลกอริทึมแบบลำดับโดยระบบการเลือกเส้นทางอาหารของมดและวิธีทานู (A Sequential ACS-TS algorithms) อย่างไรก็ตาม ยังมีนักวิจัยจำนวนมากได้พัฒนาวิธีอัลกอริทึมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาสอบเพื่อให้ได้ตารางเวลาสอบที่เป็นไปได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

2.2.3 การพัฒนาวิธีอัลกอริทึม

Dimopoulou and Miliotis (2001) ได้สร้างอัลกอริทึม EXAMS เพื่อหาคำตอบเริ่มต้นของตารางเวลาสอบ และสร้างอัลกอริทึม UFORM โดยจัดตารางเวลาสอบที่ได้จากอัลกอริทึม EXAMS ใหม่ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องมี 1 วิชาที่บังคับสอบของแต่ละสาขาวิชาเท่านั้นที่จะจัดสอบได้ในแต่ละคาบเวลาสอบและวิชาที่บังคับของมหาวิทยาลัยทั้งหลายจะต้องถูกจัดลงในตารางเวลาสอบ โดยกระจายสม่ำเสมอ Ho, Lim and Oon. (2001) ใช้ Push-forward insertion heuristic (PFIH) ซึ่งเป็นวิธีทั่วไปที่ใช้ในปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาการจัดตารางเวลาสอบที่มีการกระจายของวิชาสอบมากที่สุด ซึ่งนำไปใช้โดยการรวม PFIH ไว้ในส่วนของเค้าโครงตารางเวลาสอบแบบผสม ซึ่งเรียกว่า การรวมวิธีการเข้าด้วยกัน (The combined method) ส่วน Ozcan (2005) ได้ออกแบบ Memetic algorithms (MAs) เพื่อใช้แก้ปัญหาและสร้างเป็นเครื่องมือเรียกว่า Final exam sheduler (FES) ซึ่งเป็นเครื่องมือแรกที่สามารถรับเอกสารชนิด Timetabling markup language (TTML) เป็นตัวแปรเข้าได้ และใช้ MAs กับกลไกการละเมิดให้ดัดแปลงง่ายกับวิธี Violation directed hierarchical hill climbing method (VDHC) เพื่อแก้ปัญหา Burke et al. (2004) ใช้วิธี Heuristic ordering based methods ซึ่งถูกใช้อย่างแพร่หลายสำหรับในการแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาสอบ แม้ว่าจะใช้ได้ดีในการแก้ปัญหาแต่ก็ยังมีความจำกัดด้านการคำนวณ จึงมีการประยุกต์ให้เหมาะสม ซึ่งวิธีนี้ได้ให้ทางเลือกที่อยู่ในรูปของการย้อนรอย เมื่อถูกร้องขอบ่อยครั้งเพื่อจัดการกับความไม่เหมาะสมของอัลกอริทึม Ross, Marin-Blizquez and Hart (2004) สร้าง Hyper-heuristic เป็นอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาคำตอบที่ตีความเร็วและระบุค่าคำตอบได้ ซึ่งสร้างจากอัลกอริทึมที่ง่ายในการเข้าใจและต่างจากอัลกอริทึมทั่วไปที่สร้างขึ้นมา Abdullah et al. (2006) ได้ค้นหาคำตอบที่พัฒนาโดย อสุจาและอลิน ซึ่งใช้พื้นฐานของวิธีการที่แสดงคำตอบของกลุ่มคำตอบที่อยู่ติดกัน และวิธีการย้ายคำตอบโดยใช้การประยุกต์การหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการพัฒนาความถูกต้องของอัลกอริทึม

2.3 เทคโนโลยีการรวมกลุ่ม

เทคโนโลยีการรวมกลุ่ม (Group technology: GT) นั้น มีความหมายอย่างกว้าง ๆ หมายถึง การรวมกลุ่มลักษณะที่เหมือนกัน อาจจะเป็นทางด้านปริมาณหรือกระบวนการผลิต ซึ่งถูกจัดรวมกลุ่มกันเพื่อการรวมกันในระดับที่สูงขึ้นระหว่างการออกแบบงานและส่วนของการผลิตของบริษัท โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดงานที่อยู่ระหว่างการผลิต (Work-in-progress) และพัฒนาประสิทธิภาพการจัดส่งโดยการทำให้ระยะเวลาในการส่งมอบ (Lead times) ลดลง

เทคโนโลยีการรวมกลุ่ม อาศัยหลักทั่วไปของปัญหาจำนวนมากซึ่งคล้ายกันและโดยการรวมปัญหาที่เหมือนกัน สามารถหาคำตอบในเซตของปัญหาได้ ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาและมีความง่ายในการแก้ปัญหา

กลุ่มของส่วนที่เหมือนกัน เรียกว่า Part family และกลุ่มของเครื่องจักรที่ใช้กระบวนการของแต่ละ Part family เรียกว่า Machine cell ซึ่งไม่จำเป็นที่แต่ละส่วนของ Part family จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตกับเครื่องจักรทุก ๆ เครื่องของกลุ่ม Machine cell ที่มีลักษณะเหมือนกัน

ประเภทของการผลิต ที่ Part family จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตโดย Machine cell เรียกว่า Cellular manufacturing นั่นคือ ประสิทธิภาพจะถูกทำให้เพิ่มขึ้นโดยการใช้เทคโนโลยีการรวมกลุ่มเพราะระบบปฏิบัติการที่ต้องการอาจถูกจำกัดแค่เครื่องจักรขนาดเล็กและเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการขนส่งในระหว่างกระบวนการผลิต

พิจารณาเมทริกซ์ A แทน เมทริกซ์เครื่องจักร-ส่วนประกอบ แสดงในภาพที่ 2.1

เมทริกซ์ A

$$A = [a_{ij}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{Part number} \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} & & & & \\ & 1 & & & 1 & 1 \\ 1 & & & 1 & & \\ & & 1 & & & 1 \\ 1 & & & 1 & & \end{bmatrix} & \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} \end{matrix} \quad \text{Machine number}$$

ภาพที่ 2.1 เมทริกซ์เครื่องจักร-ส่วนประกอบ

แต่ละสคัมภ์ในเมทริกซ์ A แสดงเซตของเครื่องจักรที่มีความสัมพันธ์กับการดำเนินงานลักษณะเดียวกัน ซึ่งกำหนดโดยแผนการทำงาน เมื่อนำเมทริกซ์ A มาจัดใหม่อีกครั้ง จะได้ผลลัพธ์ในเมทริกซ์ B ดังแสดงในภาพที่ 2.2

เมทริกซ์ B

$$B = [b_{ij}] = \begin{array}{ccccc} & \begin{array}{cc} \text{Part} \\ \text{family1} \end{array} & & \begin{array}{cc} \text{Part} \\ \text{family2} \end{array} & \\ & \begin{array}{cc} 1 & 3 \end{array} & & \begin{array}{cc} 2 & 4 & 5 \end{array} & \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & \vdots \\ 1 & 1 & \vdots \\ \dots & \dots & \vdots \\ & & \vdots \\ & & \vdots \end{bmatrix} & & \begin{bmatrix} & & & & \\ & & & & \\ & & & & \\ & & & & \\ & & & & \end{bmatrix} & \begin{array}{c} 2 \\ 4 \end{array} \text{ Machine cell1} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} & \begin{bmatrix} & & & & \\ & & & & \\ & & & & \\ & & & & \\ & & & & \end{bmatrix} & & \begin{bmatrix} & & & & \\ & & & & \\ & & & & \\ & & & & \\ & & & & \end{bmatrix} & \begin{array}{c} 1 \\ 3 \end{array} \text{ Machine cell2} \end{array}$$

ภาพที่ 2.2 เซตของเครื่องจักรที่มีความสัมพันธ์กับการดำเนินงานลักษณะเดียวกัน

เซลล์เครื่องจักร 2 กลุ่ม และ ชิ้นส่วนเครื่องจักร 2 กลุ่ม ที่แสดงในเมทริกซ์ B นั้น พบว่า มีจุดคล้าย 2 ประการ คือ 1) ในกรณีที่มีเมทริกซ์มีจำนวนสคัมภ์และแถวจำนวนมากเป็นการยากที่จะแสดงให้เห็นภาพการจัดกลุ่มที่แท้จริง 2) ในหลายกรณี เป็นการยากที่จะจัดกลุ่มให้ได้รูปแบบเมทริกซ์ทแยงหรือใกล้เคียงเมทริกซ์ทแยง

เพื่อหลีกเลี่ยงข้อคล้ายที่ 1 ได้มีการสร้างการโปรแกรมจำนวนเต็มของปัญหาการแบ่งกลุ่มซึ่งเรียกว่า ตัวแบบพีมีเดีย (P-median model) เสนอโดย Kusiak (1987) ซึ่งตัวแบบพีมีเดียมีรูปแบบดังนี้

กำหนดตัวแปร

n คือ จำนวนของชิ้นส่วนเครื่องจักร

m คือ จำนวนของเครื่องจักร

p คือ จำนวนของกลุ่มชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ต้องการ

s_{ij} คือ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนเครื่องจักร i และ j

$$s_{ij} = \begin{cases} s_{ij} \geq 0 \text{ สำหรับทุกค่าของ } i \text{ และ } j \text{ โดย } i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,n \\ s_{ij} = 0 \text{ ที่ค่าอื่นๆ} \end{cases}$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ ถ้าชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ } i \text{ อยู่กลุ่มชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ } j \\ 0 \text{ ถ้าเป็นอย่างอื่น} \end{cases}$$

กำหนดเวกเตอร์แบบไบนารี (0-1) 2 เวกเตอร์ คือ P_i และ P_j โดยที่

$$P_i = [a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}, \dots, a_{im}]^T$$

และ

$$P_j = [a_{j1}, a_{j2}, \dots, a_{jk}, \dots, a_{jm}]^T$$

กำหนดค่าความเหมือน (Similarity) คือ s_{ij}

$$s_{ij} = \sum_{k=1}^m \delta(a_{ik}, a_{jk}) \quad (2.1)$$

โดยที่

$$\delta(a_{ik}, a_{jk}) = \begin{cases} 1 \text{ ถ้าสมาชิกตำแหน่งที่ } a_{ik} = a_{jk} \\ 0 \text{ ถ้าเป็นอย่างอื่น} \end{cases}$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อหาผลรวมของค่าความเหมือนให้มีค่ามากที่สุด

$$\max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \delta_{ij} a_{ij} \quad (2.2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} = 1 \text{ สำหรับทุกค่า } i = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{jj} = p \quad (2.4)$$

$$a_{ij} \leq a_{jj} \text{ สำหรับทุกค่า } i = 1, 2, \dots, n \text{ และ } j = 1, 2, \dots, n \quad (2.5)$$

$$a_{ij} = 0, 1 \text{ สำหรับทุกค่า } i = 1, 2, \dots, n \text{ และ } j = 1, 2, \dots, n \quad (2.6)$$

ในข้อจำกัดที่ 2.3 แสดงว่า แต่ละชิ้นส่วนเครื่องจักรถูกจัดรวมกลุ่มชิ้นส่วนเครื่องจักรเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น ส่วนข้อจำกัดที่ 2.4 ระบุถึงจำนวนของกลุ่มชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ต้องการ สำหรับข้อจำกัดที่ 2.5 แสดงว่า ชิ้นส่วนเครื่องจักร i ถูกจัดรวมกลุ่มชิ้นส่วนเครื่องจักร j ก็ต่อเมื่อ มีการรวมกลุ่มชิ้นส่วนเครื่องจักร j เท่านั้น และ ข้อจำกัดที่ 2.6 แสดงว่า ตัวแปรทุกตัวมีค่าเป็นจำนวนเต็ม

การใช้แนวคิดของทฤษฎีเทคโนโลยีการรวมกลุ่มมาประยุกต์ใช้ในการรวมกลุ่มวิชาที่มีนักศึกษาในกลุ่มเดียวกันลงทะเบียน โดยรวมวิชาในกลุ่มที่มีความเหมือนกันมากที่สุดเข้าไปเป็นกลุ่มวิชาเดียวกัน การจัดกลุ่มวิชาที่มีลักษณะเหมือนกันนี้ วิชาต่าง ๆ ภายในกลุ่มจะไม่มี ความขัดแย้งกันในการเลือกวาง นั่นคือ ไม่มีความขัดแย้งกันของเงื่อนไขที่ไม่สามารถจัดลงในตารางเวลาสอบในคาบเวลาเดียวกันได้

ในบทต่อไปจะกล่าวถึงเงื่อนไขและเกณฑ์ในการจัดตารางเวลาสอบและการพัฒนาฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดตารางเวลาสอบ

บทที่ 3

เงื่อนไขและเกณฑ์ในการจัดตารางเวลาสอบและการพัฒนาอีวีรสถิกส์

ในบทนี้จะกล่าวถึงเงื่อนไขและเกณฑ์ในการจัดตารางเวลาสอบและการพัฒนาอีวีรสถิกส์ สำหรับปัญหาการจัดตารางเวลาสอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลในการจัดตารางเวลาสอบ

งานวิจัยนี้ใช้คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ เป็นกรณีศึกษา ซึ่งเป็นสถาบันที่มีการเรียนการสอนในระดับบัณฑิตศึกษาและมีการเปิดสอนหลายหลักสูตร ในแต่ละภาคการศึกษาคณะได้จัดให้มีการลงทะเบียนล่วงหน้า โดยประกาศรายวิชาที่เปิดสอนในภาคเรียนนั้น ๆ ให้นักศึกษาเลือกลงทะเบียน พร้อมทั้งประกาศตารางสอนให้นักเรียนทำการจัดตารางเรียนด้วยตนเอง เมื่อนักศึกษาลงทะเบียนเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เจ้าหน้าที่จะดำเนินการจัดตารางเวลาสอบและคิดประกาศให้นักศึกษาทราบต่อไป เนื่องจากนโยบายการเรียนการสอนในระดับบัณฑิตศึกษา มีจำนวนวิชาเลือกให้กับนักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอกสามารถเลือกลงทะเบียนได้มาก และนักศึกษาแต่ละคนสามารถเลือกลงทะเบียนเรียนโดยเลือกจากวิชาเลือกต่าง ๆ ได้ตามความต้องการและไม่เกินจำนวนหน่วยกิตที่ทางสถาบันกำหนด นอกจากนั้น นักศึกษาหลายหลักสูตรอาจลงทะเบียนเรียนรายวิชาเดียวกัน

จากที่ผ่านมา คณะสถิติประยุกต์ ได้จัดตารางเวลาสอบ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 พิจารณารายวิชาที่นักศึกษาภาคพิเศษลงทะเบียนตามแผน

ซึ่งเป็นวิชาที่ต้องจัดสอบเป็นอันดับแรก และจัดวิชาเหล่านั้นสอบในช่วงเวลาพิเศษ โดยจัดวางผังไม่ให้มีนักเรียนคนใดสอบมากกว่า 1 วิชาในแต่ละคาบเวลาสอบและมีการกระจายของระยะห่างของตารางเวลาสอบส่วนบุคคล โดยให้มีการสอบต่อเนื่องกันเกิดขึ้นน้อยที่สุด

3.3.2 พิจารณารายวิชาที่ทั้งนักศึกษาภาคปกติและนักศึกษาภาคพิเศษลงทะเบียน

วิชาใดที่มีทั้งนักศึกษาภาคปกติและนักศึกษาภาคพิเศษลงทะเบียนเรียนเหมือนกัน จะต้องจัดวิชานั้นสอบในช่วงเวลาพิเศษ โดยมีขั้นตอนการจัดวางเช่นเดียวกับรายวิชาในขั้นตอนที่ 1

3.3.3 พิจารณารายวิชาอื่น ๆ ที่นักศึกษาภาคปกติลงทะเบียนตามแผน

ทำการจัดวิชาเหล่านั้นสอบในเวลาปกติ โดยมีขั้นตอนการจัดวางเช่นเดียวกับรายวิชาในขั้นตอนที่ 1

ด้วยเหตุนี้ การจัดตารางเวลาสอบเพื่อให้นักศึกษาทุกคนมีตารางเวลาสอบของแต่ละวิชาที่ตนลงทะเบียนจะไม่สอบในวันเวลาเดียวกัน จึงเป็นสิ่งที่กระทำได้ยาก เนื่องจาก ข้อจำกัดของนักศึกษาแต่ละคนมีความแตกต่างกัน และข้อจำกัดที่หลากหลายนี้จะแปรผันตามจำนวนนักศึกษาที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้การจัดตารางเวลาสอบให้สอดคล้องกับทุกเงื่อนไขมีความยุ่งยากในการจัดตารางเวลาสอบเพิ่มขึ้นด้วย

3.2 เงื่อนไขและเกณฑ์ในการจัดตารางเวลาสอบ

กรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ได้จัดตารางเวลาสอบให้เป็นไปตามรายวิชาทั้งหมดที่นักศึกษาลงทะเบียน และได้กำหนดรายวิชาให้แต่ละสาขาวิชาเอกลงทะเบียนในแต่ละภาคการศึกษา เรียกว่า การลงทะเบียนตามแผน เนื่องจากจำนวนวิชาเลือกที่เปิดให้นักศึกษาเลือกเรียนมีมาก นักศึกษาสามารถเลือกลงทะเบียนวิชาเลือกแตกต่างไปจากแผนที่ทางคณะกำหนดได้ เรียกว่า การลงทะเบียนไม่เป็นไปตามแผน ดังนั้น เมื่อมีนักศึกษาบางคนลงทะเบียนเลือกวิชาเลือกที่แตกต่างไปจากกลุ่มสาขาวิชาเอกของตน จึงเป็นการเพิ่มเงื่อนไขในการจัดตารางเวลาสอบโดยตรง ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดตารางเวลาสอบ คือ 1) นักศึกษาแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มต้องไม่มีกำหนดการสอบมากกว่าหนึ่งวิชาในเวลาเดียวกัน 2) นักศึกษามีการสอบหลายวิชาในเวลาใกล้เคียงกัน ทั้ง ๆ ที่ช่วงเวลาการสอบมี 2 สัปดาห์

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้พิจารณาเงื่อนไข นักศึกษาแต่ละกลุ่มจะต้องมีเวลาสอบของแต่ละรายวิชาที่ไม่ซ้ำซ้อนกันและพยายามกระจายคาบเวลาสอบให้มีระยะห่างมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยเงื่อนไขเกี่ยวกับห้องสอบและจำนวนห้องสอบสามารถรองรับจำนวนนักศึกษาที่สอบได้อย่างเพียงพอ

3.3 การพัฒนาอภิปรัชญาสำหรับการจัดตารางเวลาสอบ

จากหลายงานวิจัยได้สร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดตารางเวลาสอบเป็นตัวแบบประเภทการโปรแกรมเชิงจำนวนเต็ม (Integer programming) เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ กล่าวคือ มีจำนวนวิชาที่จัดสอบและคาบเวลาสอบมากขึ้น ทำให้การแก้ปัญหาโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ต้องใช้เวลาในการประมวลผลมาก จนไม่สามารถหาคำตอบได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด ดังนั้น จึงได้นำเสนออภิปรัชญาโดยพิจารณาปัจจัยดังกล่าว ในการแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาสอบให้เหมาะสมมากที่สุด

ตารางเวลาสอบที่ดี หมายถึง ตารางเวลาสอบที่นักศึกษาแต่ละคนต้องมีคาบเวลาการสอบแต่ละรายวิชาไม่ซ้ำซ้อนกันและระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบมีการกระจายมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยมีเงื่อนไขสำคัญแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

3.3.1 เงื่อนไขหลัก (Main constraints)

เงื่อนไขหลักเป็นเงื่อนไขที่เรามีความจำเป็นต้องปฏิบัติตามให้ได้ตามเงื่อนไขนี้ ใน การศึกษานี้มีเงื่อนไขหลัก 2 ประการคือ 1) ไม่มีนักศึกษาคณใดต้องสอบมากกว่าหนึ่งวิชาใน คาบเวลาสอบเดียวกัน 2) นักศึกษาภาคพิเศษ (Special program) เป็นนักศึกษาที่ทำงานในภาครัฐ/ รัฐวิสาหกิจ/ภาคเอกชน ใช้เวลาในช่วงเย็น 18.00-21.00 น. ของวันจันทร์ถึงวันศุกร์ หรือ วันเสาร์ และวันอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 9.00-16.00 น. เพื่อศึกษาในระดับปริญญาโท ดังนั้น นักศึกษาใน หลักสูตรนี้ต้องสอบในคาบเวลาดังกล่าวเท่านั้น สำหรับนักศึกษาภาคปกติที่เรียนเวลา 9.00-16.00 น. วันจันทร์ถึงวันศุกร์ หากนักศึกษาภาคปกติลงทะเบียนวิชาเดียวกับนักศึกษาในหลักสูตรภาค พิเศษ จะเข้าสอบวิชานี้พร้อมกันในช่วงเวลาเย็น 18.00-21.00 น. หรือวันเสาร์และวันอาทิตย์ ตั้งแต่ เวลา 9.00-16.00 น.

3.3.2 เงื่อนไขรอง (Soft constraints)

เงื่อนไขรองเป็นเงื่อนไขที่เรามีความต้องการจะทำตามเงื่อนไขให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เงื่อนไขรอง คือ การจัดตารางเวลาสอบควรจัดให้ระยะห่างระหว่างคาบการสอบของนักศึกษาอยู่ ห่างกันมากที่สุด

3.4 กรอบการพัฒนา

จากขั้นตอนการดำเนินงานในการจัดตารางเวลาสอบในปัจจุบันและเงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งประสบปัญหาสำคัญ คือ นักศึกษาบางคนต้องเข้าสอบมากกว่าหนึ่งวิชาในคาบเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ ยังมีเงื่อนไขของเวลาเข้าสอบของนักศึกษาภาคพิเศษซึ่งต้องสอบในช่วงเย็น งานวิจัยนี้จะต้องมีการตรวจสอบเงื่อนไขหลักทั้งสองประการก่อน เพื่อให้ทราบว่าวิชาใดบ้างที่สามารถสอบในคาบเดียวกันได้ ซึ่งการดำเนินงานในลักษณะนี้ช่วยในการคัดกรองผลเฉลยที่เป็นไปไม่ได้ออกไปก่อน จากนั้นจึงพิจารณาเลือกผลเฉลยที่เหมาะสมโดยพิจารณาเงื่อนไขรอง ผลเฉลยที่มีผลรวมของการกระจายของคาบเวลาสอบสำหรับนักศึกษาแต่ละคนสูงสุดจะเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้พัฒนาฮิวริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยมีรูปแบบตารางเวลาสอบที่เป็นไปได้ตามต้องการและสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด

3.5 ขั้นตอนการทำงานของฮิวริสติกส์

ฮิวริสติกส์ที่สร้างขึ้นมีขั้นตอนใหญ่ ๆ ดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.5.1 การจัดกลุ่มวิชาที่ต้องสอบในช่วงเวลาปกติหรือพิเศษ

การจัดกลุ่มวิชาที่ต้องสอบในช่วงเวลาปกติหรือพิเศษ จะพิจารณากลุ่มวิชาที่นักศึกษาทั้งหมดได้ลงทะเบียน แล้วจัดแบ่งกลุ่มวิชาตามกลุ่มนักศึกษา โดยวิชาที่นักศึกษาภาคพิเศษลงทะเบียนนั้นจะต้องสอบในช่วงเวลาพิเศษ ทั้งนี้ หากวิชานั้นมีนักศึกษาภาคปกติลงทะเบียนร่วมด้วย นักศึกษาภาคปกติต้องสอบในช่วงเวลาพิเศษเช่นกัน

3.5.2 การสร้างเมตริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ตามเงื่อนไขหลัก

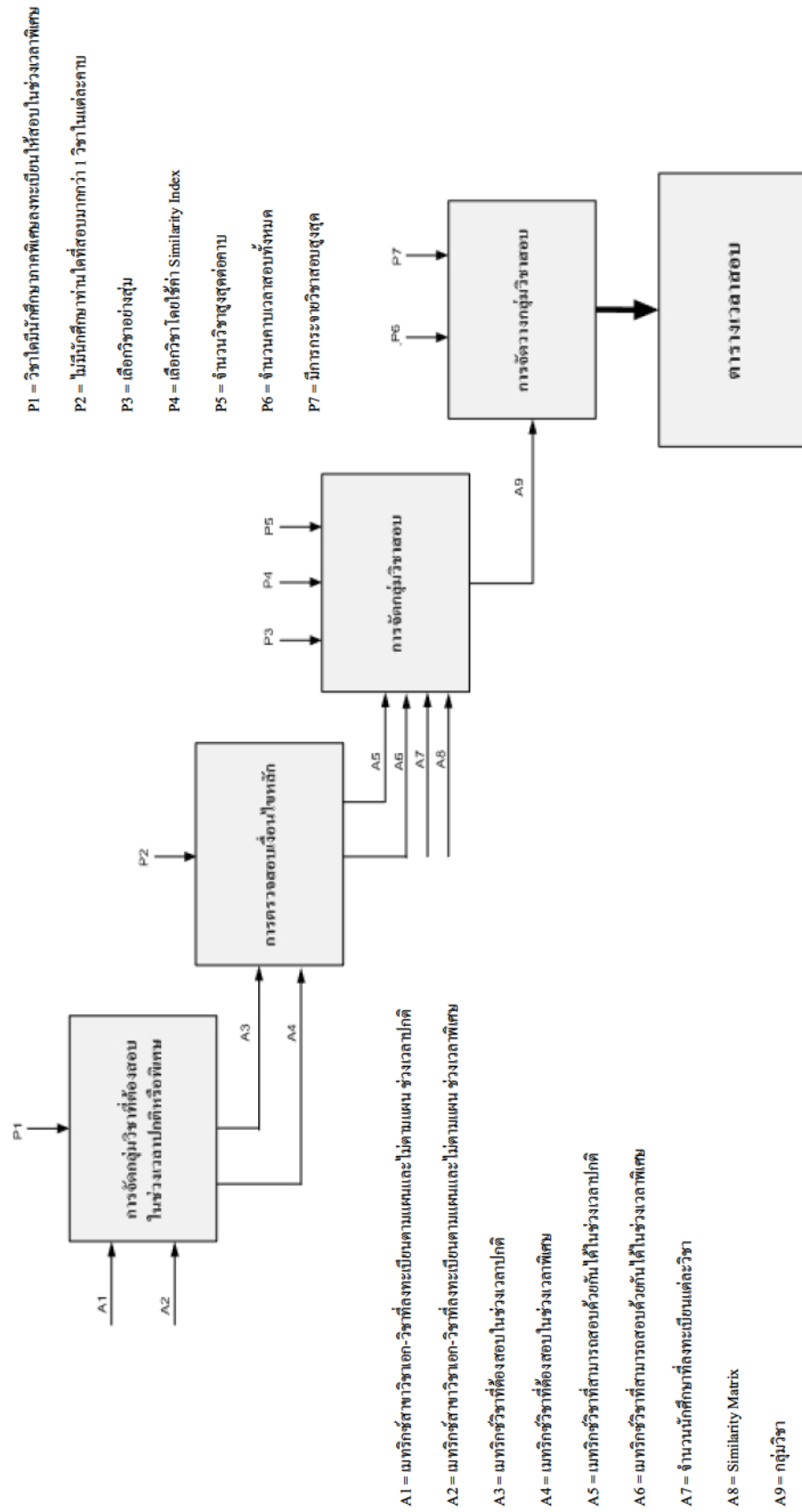
การสร้างเมตริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ตามเงื่อนไขหลัก จะพิจารณากลุ่มนักศึกษาที่ลงทะเบียนตามแผนและไม่ลงทะเบียนตามแผนว่าลงทะเบียนวิชาใดบ้าง เพื่อให้ทราบว่าวิชาใดบ้างที่สามารถสอบในคาบเวลาเดียวกันได้ ซึ่งขั้นตอนนี้จะจัดวิชาที่ไม่สามารถสอบด้วยกันได้ออกไป

3.5.3 การจัดกลุ่มวิชา

ถ้าจำนวนวิชาที่สามารถสอบในคาบเดียวกันได้มีมากกว่าจำนวนวิชาสอบสูงสุดต่อคาบ (N) ทำให้ไม่สามารถจัดสอบวิชาดังกล่าวทั้งหมดในคาบเดียวกันจึงต้องมีการเลือกวิชาสอบจำนวนเท่ากับ N แล้วนำวิชาเหล่านี้มาจัดลงตารางเวลาสอบในคาบเดียวกัน โดยในการเลือกวิชามี 2 วิธี คือ การเลือกวิชาอย่างสุ่มและการเลือกวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง (Similarity index)

3.5.4 การสร้างตารางเวลาสอบให้ได้ตามเงื่อนไขรองให้ได้มากที่สุด

การสร้างตารางเวลาสอบให้ได้ตามเงื่อนไขรองให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งสามารถทำได้โดยจัดตารางให้ระยะห่างระหว่างการสอบแต่ละวิชาอยู่ห่างกันมากที่สุด ในการจัดตารางเวลาสอบมีวิธีการจัดวาง 2 วิธี ได้แก่ การจัดวางอย่างสุ่มและการจัดวางแบบหน้า-หลัง



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของอีวิรติคัล

ดังนั้น ในหัวข้อถัดไปจะระบุตัวแปรและค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องและอธิบายรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนต่อไป

3.5.5 การกำหนดพารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจ

เพื่อให้เกิดความสะดวกในการศึกษาครั้งนี้ มีการกำหนดพารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจต่าง ๆ ดังนี้

S แทนจำนวนวิชาที่ต้องจัดทั้งหมด

M แทนจำนวนสาขาวิชาเอกที่มีการสอบ

Ind แทนจำนวนนักศึกษาที่ไม่ได้ลงทะเบียนตามแผนการเรียน/การศึกษา

s แทนดัชนีของวิชาที่ต้องจัดในตารางเวลาสอบ โดยที่ $s = 1, 2, \dots, S$

m แทนดัชนีของสาขาวิชาเอกที่มีการสอบในตารางเวลาสอบ โดยที่ $m = 1, 2, \dots, M$

in แทนดัชนีของนักศึกษาที่ไม่ได้ลงทะเบียนตามแผนการเรียน/การศึกษา โดยที่ $in = 1, 2, \dots, Ind$

i แทนดัชนีสาขาวิชาเอกที่มีการสอบในตารางเวลาสอบ โดยที่ $i = 1, 2, \dots, M$

j แทนดัชนีวิชาที่ต้องจัดในตารางเวลาสอบ โดยที่ $j = 1, 2, \dots, S$

k แทนดัชนีวิชา โดยที่ $k = 1, 2, \dots, S$

l แทนดัชนีวิชา โดยที่ $l = 1, 2, \dots, S$

q แทนดัชนีสาขาวิชาเอก โดยที่ $q = 1, 2, \dots, M$

r แทนดัชนีสาขาวิชาเอก โดยที่ $r = 1, 2, \dots, M$

y แทนดัชนีสาขาวิชาเอก โดยที่ $y = 1, 2, \dots, M$

กำหนดตัวแปรตัดสินใจ

ตัวแปรที่กำหนดในการพัฒนาอีวิริสติกส์เป็นเมทริกซ์ที่แตกต่างกัน ดังนี้

X แทนเมทริกซ์ความสัมพันธ์ของสาขาวิชาเอก-วิชา ขนาด $M \times S$ โดยที่สมาชิก

$$x_{ij} \in X$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า นักศึกษาในสาขาวิชาเอกที่ } i \text{ สอบวิชาที่ } j \\ 0 & \text{ถ้า เป็นอย่างอื่น} \end{cases}$$

P แทนเมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาที่ไม่ได้ลงทะเบียนตามแผนการเรียน/การศึกษา-วิชา ขนาด $Ind \times S$ โดยที่สมาชิก $p_{ij} \in P$

$$p_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า นักศึกษาคนที่ } i \text{ สอบวิชาที่ } j \\ 0 & \text{ถ้า เป็นอย่างอื่น} \end{cases}$$

S แทนเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ ขนาด $S \times S$ โดยที่สมาชิก $s_{kl} \in S$

$$s_{kl} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า วิชาที่ } k \text{ สามารถสอบในช่วงเวลาเดียวกันกับวิชาที่ } l \\ & \text{โดยไม่ขัดกับเงื่อนไขหลัก} \\ 0 & \text{ถ้า เป็นอย่างอื่น} \end{cases}$$

U แทนเมทริกซ์วิชาที่สอบช่วงเวลาพิเศษ เป็นเมทริกซ์แถวขนาด $1 \times S$ โดยที่สมาชิก $u_j \in U$

$$u_j = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า วิชาที่ } j \text{ สอบช่วงเวลาพิเศษ} \\ 0 & \text{ถ้า เป็นอย่างอื่น} \end{cases}$$

C แทนเมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ เป็นเมทริกซ์สดมภ์ ขนาด $S \times 1$

M แทนเมทริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอก ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ ตามแผนการเรียน/การศึกษาเป็นเมทริกซ์สดมภ์ขนาด $M \times 1$

D แทนเมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix) ขนาด $S \times S$ โดยที่สมาชิก $d_{kl} \geq 0$

3.5.6 ข้อมูลนำเข้า

ข้อมูลนำเข้าจัดอยู่ในรูปเมทริกซ์ 2 มิติ 5 เมทริกซ์ ดังนี้

3.5.6.1 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของสาขาวิชาเอก-วิชา ที่มีขนาด $M \times S$ มีลักษณะเป็นเมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มนักศึกษาในสาขาวิชาเอก m ที่ลงทะเบียนตามแผนกับรายวิชา s ที่จัดสอบ

ตัวอย่างการคำนวณ ให้ **X** เป็นเมทริกซ์ที่มีนักศึกษาใน 5 สาขาวิชาเอก และมี 6 วิชาสอบ แสดงดังภาพที่ 3.2 เมื่อพิจารณาในแถวที่ 2 ของเมทริกซ์นี้ หมายความว่า กลุ่มนักศึกษาในสาขาวิชาเอกที่ 2 ซึ่งลงทะเบียนตามแผนต้องสอบวิชาที่ 3 5 และ 6 แต่จะไม่สอบวิชาที่ 1 2 และ 4

$$\mathbf{X} = \begin{array}{c} \begin{array}{c} \text{วิชาสอบที่ } s \\ \begin{array}{cccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{array} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{array} \left[\begin{array}{cccccc} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array} \begin{array}{c} \text{สาขาวิชาเอกที่ } m \end{array}$$

ภาพที่ 3.2 เมทริกซ์ความสัมพันธ์สาขาวิชาเอก-วิชา ขนาด 5×6

3.5.6.2 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาที่ไม่ลงทะเบียนตามแผน-วิชา ที่มีขนาด $\text{Ind} \times S$ มีลักษณะเป็นเมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างนักศึกษาคคนที่ in ที่ไม่ลงทะเบียนตามแผนกับรายวิชา s ที่จัดสอบ

ตัวอย่างการคำนวณ ให้ $\mathbf{P}$ เป็นเมทริกซ์ที่มีนักศึกษา 2 คน ซึ่งไม่ได้ลงทะเบียนตามแผน และมี 6 วิชาสอบ แสดงดังภาพที่ 3.3 เมื่อพิจารณาในแถวที่ 2 ของเมทริกซ์นี้ หมายความว่า นักศึกษาคคนที่ 2 ซึ่งไม่ลงทะเบียนตามแผนต้องสอบวิชาที่ 1 5 และ 6 แต่จะไม่สอบวิชาที่ 2 3 และ 4 ทั้งนี้ นักศึกษาที่ไม่ได้ลงทะเบียนตามแผนอาจเป็นนักศึกษาสาขาเดียวกันหรือนักศึกษาดังสาขา ก็ได้

$$\mathbf{P} = \begin{array}{c} \begin{array}{c} \text{วิชาสอบที่ } s \\ \begin{array}{cccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{array} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{c} 1 \\ 2 \end{array} \left[\begin{array}{cccccc} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{array} \right] \end{array} \begin{array}{c} \text{นักศึกษาคคนที่ } in \end{array}$$

ภาพที่ 3.3 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาที่ไม่ลงทะเบียนตามแผน-วิชา ขนาด 2×6

3.5.6.3 เมทริกซ์วิชาที่สอบช่วงเวลาพิเศษ ที่มีขนาด $1 \times S$ มีลักษณะเป็นเมทริกซ์ความสัมพันธ์ของวิชาที่สอบช่วงเวลาพิเศษ ซึ่งเป็นวิชาที่นักศึกษาภาคพิเศษและนักศึกษาภาคปกติลงทะเบียนและต้องสอบในช่วงเวลาพิเศษ

ตัวอย่างการคำนวณ ให้ $\mathbf{U}$ เป็นเมทริกซ์วิชาที่สอบช่วงเวลาพิเศษ และมีวิชาสอบทั้งหมด 6 วิชาสอบ แสดงดังภาพที่ 3.4 เมื่อพิจารณาเมทริกซ์นี้ หมายความว่า วิชาที่ 5 และ 6 เป็นวิชาที่สอบในช่วงเวลาสอบพิเศษ

$$U = \begin{array}{c} \text{วิชาสอบที่ } s \\ \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

ภาพที่ 3.4 เมทริกซ์วิชาที่สอบช่วงเวลาพิเศษขนาด 1×6

3.5.6.4 เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ ที่มีขนาด $S \times 1$ มีลักษณะเป็นเมทริกซ์ความสัมพันธ์ของจำนวนนักศึกษากับวิชาที่ลงทะเบียนเรียน

ตัวอย่างการคำนวณ ให้ C เป็นเมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาทั้งหมด 6 วิชาสอบ แสดงดังภาพที่ 3.5 เมื่อพิจารณาเมทริกซ์นี้ หมายความว่า วิชาที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีจำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนจำนวน 15 20 40 35 55 และ 30 คน ตามลำดับ

$$C = \begin{array}{c} \text{วิชาสอบที่ } s \\ \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 15 & 20 & 40 & 35 & 55 & 30 \end{bmatrix}^T \end{array}$$

ภาพที่ 3.5 เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ ขนาด 1×6

3.5.6.5 เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอก ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ ตามแผน ที่มีขนาด $M \times 1$ มีลักษณะเป็นเมทริกซ์ความสัมพันธ์ของจำนวนนักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอกกับวิชาที่ลงทะเบียนเรียน

ตัวอย่างการคำนวณ ให้ M เป็นเมทริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอกที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ ตามแผน ทั้งหมด 5 สาขาวิชาเอก แสดงดังภาพที่ 3.6 เมื่อพิจารณาเมทริกซ์นี้ หมายความว่า สาขาวิชาเอกที่ 1 2 3 4 และ 5 มีจำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนจำนวน 30 20 25 40 และ 35 คน ตามลำดับ

$$M = \begin{array}{c} \text{สาขาวิชาเอกที่ } m \\ \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 30 & 20 & 25 & 40 & 35 \end{bmatrix}^T \end{array}$$

ภาพที่ 3.6 เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอก ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ ตามแผน
ขนาด 1×5

3.6 การจัดกลุ่มวิชาสอบช่วงเวลาปกติและพิเศษ

เนื่องจากข้อมูลนำเข้าจากเจ้าหน้าที่ฝ่ายการศึกษา ประกอบด้วย ข้อมูลนักศึกษาที่ลงทะเบียนตามแผนการศึกษาและนักศึกษาที่ไม่ลงทะเบียนตามแผนการศึกษา โดยแยกตามภาคปกติและภาคพิเศษ ดังนั้นจะต้องมีการจัดการข้อมูลทั้งกลุ่มนักศึกษาที่ลงทะเบียนตามแผนและไม่ลงทะเบียนตามแผน ให้อยู่ในรูปเมทริกซ์เดียวกันก่อน เนื่องจากทางคณะมีนโยบายที่จะให้วิชาใด ๆ ที่เปิดสอนทั้งภาคปกติและภาคพิเศษสอบในคาบเวลาเดียวกันในช่วงเวลาพิเศษ ส่วนวิชาที่เปิดสอนเพียงภาคปกติหรือภาคพิเศษเพียงอย่างเดียว จะจัดสอบในช่วงเวลาของภาคนั้น ดังนั้น ขั้นตอนในการจัดกลุ่มวิชาสอบนี้จะต้องพิจารณาว่าวิชาที่เปิดสอนทั้งภาคปกติและภาคพิเศษ และวิชาที่เปิดสอนในภาคพิเศษให้จัดสอบในช่วงเวลาพิเศษเท่านั้น ส่วนวิชาที่เปิดสอนในภาคปกติอย่างเดียว จะจัดสอบในช่วงเวลาปกติ ขั้นตอนในการจัดกลุ่มวิชาสอบตามช่วงเวลาปกติและพิเศษ สามารถสรุปได้ดังนี้

3.6.1 การสร้างเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียน

ให้ X_1 แทนเมทริกซ์ความสัมพันธ์สาขาวิชาเอก-วิชา สำหรับนักศึกษาที่ลงทะเบียนตามแผนที่มีขนาด $M \times S$ X_2 แทนเมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาที่ไม่ลงทะเบียนตามแผน-วิชาสำหรับนักศึกษาที่ไม่ลงทะเบียนตามแผน ที่มีขนาด $Ind \times S$

นำเมทริกซ์ทั้งสองมารวมกันในแนวตั้ง จะได้ X_3 แทนเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนรวมทั้งหมด คือ ทั้งช่วงเวลาปกติและพิเศษ จากนั้นให้ X' แทนเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนที่สอบในช่วงเวลาปกติ ที่มีขนาด $(M + Ind) \times S$ และ X'' แทนเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนที่สอบในช่วงเวลาพิเศษ ที่มีขนาด $(M + Ind) \times S$ ตัวอย่างเช่น มีเมทริกซ์ X_1 ดังภาพที่ 3.7 และ เมทริกซ์ X_2 ดังภาพที่ 3.8 เมื่อรวมเมทริกซ์ทั้งสองในแนวตั้งจะได้เมทริกซ์ X_3 ดังภาพที่ 3.9

$$X_1 = \begin{matrix} & \text{วิชา} \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} & \text{สาขาวิชาเอก} \end{matrix}$$

ภาพที่ 3.7 เมทริกซ์ความสัมพันธ์สาขาวิชาเอก-วิชา สำหรับนักศึกษาที่ลงทะเบียนตามแผน

$$X2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \text{วิชา}$$

ภาพที่ 3.8 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาที่ไม่ลงทะเบียนตามแผน-วิชา สำหรับนักศึกษาที่ไม่ลงทะเบียนตามแผน

[illegible]

ภาพที่ 3.9 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาลงทะเบียนเรียนรวมทั้งหมด คือ ทั้งช่วงเวลาปกติ และพิเศษ-วิชา

กำหนดวิชาที่ต้องสอบในช่วงเวลาพิเศษ ได้แก่ วิชาที่ 1 2 3 6 11 12 14 15 16 17 และ 18 จากนั้น จัดเมทริกซ์ X' แทนเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนที่สอบในช่วงเวลาปกติ ที่มีขนาด $(M + \text{Ind}) \times S$ และ X'' แทนเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนที่สอบในช่วงเวลาพิเศษ ที่มีขนาด $(M + \text{Ind}) \times S$ จะได้เมทริกซ์ X' ดังภาพที่ 3.10 และเมทริกซ์ X'' ดังภาพที่ 3.11

$$X' = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

ภาพที่ 3.10 เมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนที่สอบในช่วงเวลาปกติ

วิชา

$$X'' = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{กลุ่ม}$$

ภาพที่ 3.11 เมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนที่สอบในช่วงเวลาพิเศษ

3.6.2 การปรับเมทริกซ์ X_A และเมทริกซ์ X_B

ให้ $N1$ เป็นเซตวิชาที่สอบในช่วงเวลาปกติ โดย $N1$ เป็นเซตที่ได้จากเมทริกซ์ $X1$

$N2$ เป็นเซตวิชาที่สอบในช่วงเวลาพิเศษ โดย $N2$ เป็นเซตที่ได้จากเมทริกซ์ $X2$

n คือเซตของวิชาทั้งหมด

3.6.2.1 พิจารณาแต่ละสัปดาห์ i ของ X' ถ้าสมาชิกอย่างน้อย 1 ตัว ไม่เท่ากับ 0

ให้ $i \in N1$ พิจารณาทุกค่าของ i โดย $i = 1, 2, \dots, S$ และนำสมาชิกในสัปดาห์ i ใส่ในเมทริกซ์

X_A

3.6.2.2 พิจารณาแต่ละสัปดาห์ i ของ X'' ถ้าสมาชิกอย่างน้อย 1 ตัว ไม่เท่ากับ 0

ให้ $i \in N2$ พิจารณาทุกค่าของ i โดย $i = 1, 2, \dots, S$ และนำสมาชิกในสัปดาห์ i ใส่ในเมทริกซ์

X_B

ให้ $na =$ จำนวนสมาชิกใน $N1$

$nb =$ จำนวนสมาชิกใน $N2$

3.7 การตรวจสอบเงื่อนไขหลัก

เมื่อทราบกลุ่มวิชาที่ต้องสอบในช่วงเวลาปกติและช่วงเวลาพิเศษแล้ว ภายในแต่ละกลุ่มวิชา จะต้องมีการตรวจสอบว่าวิชาเหล่านี้สามารถสอบในคาบเวลาเดียวกันได้หรือไม่ ให้ SA แทนเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติที่มีขนาด $n \times n$ เมื่อ n แทนจำนวนวิชา โดยที่ sa_{kl} แทนสมาชิกของเมทริกซ์ SA ในแถวที่ k และสัปดาห์ที่ i sa_{kl} เป็นตัวแปรไบนารี (Binary

variable) ที่มีค่า 0 หรือ 1 ถ้าวิชาที่ k สามารถสอบในคาบเวลาเดียวกับวิชาที่ l เนื่องจากไม่มี นักศึกษาคนใดสอบทั้งวิชาที่ k และ l แล้ว sa_{kl} มีค่าเป็น 1 ในทำนองเดียวกัน เมทริกซ์ **SB** ที่มี ขนาด $n \times n$ มีลักษณะคล้าย **SA** แต่เป็นเมทริกซ์ของวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาพิเศษ sb_{kl} แทนสมาชิกของเมทริกซ์ **SB** ในแถวที่ k สดมภ์ที่ l $sb_{kl}=1$ หมายถึงวิชาที่ k สามารถสอบใน คาบเวลาเดียวกับวิชาที่ l และ $sb_{kl}=0$ ที่อื่น ๆ

เนื่องจาก ขั้นตอนในการตรวจสอบเงื่อนไขหลักสำหรับวิชาที่สอบในช่วงเวลาปกติและ ช่วงเวลาพิเศษนั้นเหมือนกัน ดังนั้น ขอยกตัวอย่างขั้นตอนในการตรวจสอบเงื่อนไขหลักสำหรับ วิชาที่สามารถสอบในช่วงเวลาปกติ ดังนั้น ขั้นตอนนี้ เริ่มจากการตรวจสอบแผนการศึกษาประจำ ภาคของนักศึกษาในแต่ละสาขาวิชาเอกและชั้นปีว่าลงทะเบียนวิชาอะไรบ้าง วิชาเหล่านี้ต้องไม่มี เวลาสอบในคาบเดียวกัน จากนั้นพิจารณานักศึกษาที่ไม่ได้ลงทะเบียนตามแผนว่าลงทะเบียนวิชา อะไรบ้าง วิชาเหล่านี้จะต้องไม่สอบในคาบเดียวกัน เมื่อตรวจสอบในขั้นตอนนี้เสร็จแล้ว จะได้เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ที่ต้องการ เพื่อนำไปตรวจสอบเงื่อนไขหลัก 2 ประการ คือ 1) ไม่มี นักศึกษาคนใดต้องสอบมากกว่าหนึ่งวิชาในคาบเวลาสอบเดียวกัน 2) นักศึกษาภาคพิเศษ (Special program) เป็นนักศึกษาที่ทำงานในภาครัฐ/รัฐวิสาหกิจ/ภาคเอกชน ใช้เวลาในช่วงเย็น 18.00-21.00 น. ของวันจันทร์ถึงวันศุกร์ หรือ วันเสาร์และวันอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 9.00-16.00 น. เพื่อศึกษาใน ระดับปริญญาโท ดังนั้น นักศึกษาในหลักสูตรนี้ต้องสอบในช่วงเวลาดังกล่าวเท่านั้น สำหรับ นักศึกษาภาคปกติที่เรียนเวลา 9.00-16.00 น. วันจันทร์ถึงวันศุกร์ หากนักศึกษภาคปกติลงทะเบียน วิชาเดียวกับนักศึกษาในหลักสูตรภาคพิเศษ จะเข้าสอบวิชานี้พร้อมกันในช่วงเวลาเย็น 18.00-21.00 น. หรือวันเสาร์และวันอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 9.00-16.00 น.

3.7.1 การสร้างเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA)

การสร้างเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA) ที่มีขนาด $n \times n$ ที่มีสมาชิก คือ sa_{kl} โดยค่าของ sa_{kl} จะกำหนดโดยเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

3.7.1.1 เมื่อ $k=l$ ให้ $sa_{kl}=1$

3.7.1.2 เมื่อ $k \neq l$ ให้พิจารณาสดมภ์ที่ k และ l ของเมทริกซ์ X'

1) ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาวิชาที่ไม่สอบในเวลาปกติ ถ้าสดมภ์ k มี

สมาชิกทุกตัวมีค่าเป็นศูนย์ ($x_{qk}=0$ ทุกค่าของ q) แล้ววิชาที่ k จะไม่จัดสอบในช่วงเวลาปกติ นั่นคือ $sa_{kl}=0$ ทุกค่าของ l มิฉะนั้น พิจารณาขั้นตอนที่ 2

2) ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาวิชาที่สอบด้วยกันได้ โดยพิจารณา 2 แถวใด ๆ

ให้เปรียบเทียบแถวที่ q และแถวที่ r ถ้า $x_{qk} \neq x_{rl}$ และ $x_{rl} = x_{qk}$ ทุกค่าของ q และ r โดยที่ $q \neq r$ แล้ว แสดงว่า วิชาที่ k และ l สามารถสอบเวลาเดียวกันได้ นั่นคือ $sa_{kl} = 1$ มิฉะนั้นพิจารณาขั้นตอนที่ 3

3) ขั้นตอนที่ 3 ถ้ามองค่าของ q และ r โดยที่ $q \neq r$ แต่

$x_{qk} = x_{ql} = 1$ แล้ว แสดงว่า วิชาที่ k และ l ไม่สามารถสอบเวลาเดียวกันได้ นั่นคือ $sa_{kl} = 0$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในขั้นตอนการสร้างเมทริกซ์ SA จึงยกตัวอย่างในเชิงตัวเลข ดังนี้ขั้นตอนการสร้างเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในตำแหน่ง kl ใด ๆ โดยพิจารณาเมทริกซ์ X' ในหัวข้อ 3.6 ที่มี 19 วิชา และ 10 กลุ่ม

ตัวอย่าง สำหรับกรณี $k \neq l$ ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาวิชาที่ไม่สอบในเวลาปกติ ถ้าสมมติ k มีสมาชิกทุกตัวมีค่าเป็นศูนย์ ($x_{qk} = 0$ ทุกค่าของ q) แล้ววิชาที่ k จะไม่จัดสอบในช่วงเวลาปกติ นั่นคือ $sa_{kl} = 0$ ทุกค่าของ l

เปรียบเทียบสมาชิกในสมมติที่ 1 และ 4 ของเมทริกซ์ X' ดังภาพที่ 3.12 วิชาที่ 1 จัดสอบในช่วงเวลาพิเศษและสมาชิกทุกตัวในสมมติที่ 1 มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น $sa_{14} = 0$

รายวิชา

1 4

0	0
0	0
0	0
0	0
0	1
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0

กลุ่ม

$\Rightarrow$

0
0
0
0
0
0
0
0
0
0

สมาชิกในรายวิชาที่ 1

ลักษณะขั้นตอนที่ 1

ภาพที่ 3.12 การเปรียบเทียบสมมติที่ 1 และ 4 ของเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนที่สอบในช่วงเวลาปกติ (X')

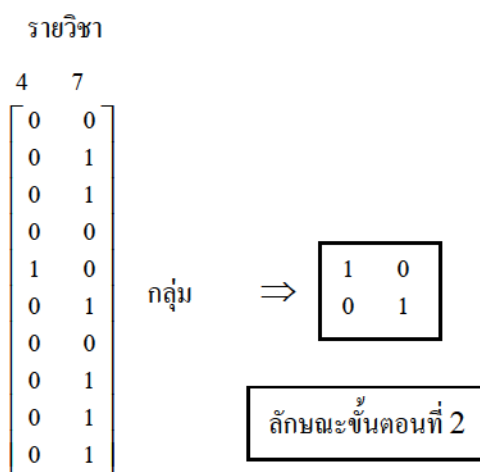
จากภาพที่ 3.12 ค่าสมาชิกตำแหน่งที่ sa_{14} ของเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA) เป็นดังนี้

$$SA = \begin{bmatrix} sa_{1,1} & 0 & 0 & 0 & \cdots & sa_{1,18} & sa_{1,19} \\ sa_{2,1} & sa_{2,2} & sa_{2,3} & sa_{2,4} & \cdots & sa_{2,18} & sa_{2,19} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ sa_{18,1} & sa_{18,2} & sa_{18,3} & sa_{18,4} & \cdots & sa_{18,18} & sa_{18,19} \\ sa_{19,1} & sa_{19,2} & sa_{19,3} & sa_{19,4} & \cdots & sa_{19,18} & sa_{19,19} \end{bmatrix}_{19 \times 19}$$

ภาพที่ 3.13 สมาชิกตำแหน่งที่ sa_{14} ของเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA)

ตัวอย่าง สำหรับกรณี $k \neq l$ ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาวิชาที่สอบด้วยกันได้ โดยพิจารณา 2 แถวใด ๆ ให้เปรียบเทียบแถวที่ q และแถวที่ r ถ้า $x_{qk} \neq x_{ql}$ และ $x_{rl} = x_{qk}$ ทุกค่าของ q และ r โดยที่ $q \neq r$ แล้ว แสดงว่า วิชาที่ k และ l สามารถสอบเวลาเดียวกันได้ นั่นคือ $sa_{kl} = 1$

เปรียบเทียบสมาชิกในสคมภ์ที่ 4 และ 7 ของเมทริกซ์ X' ดังภาพที่ 3.14 ซึ่ง $k = 4$ และ $l = 7$ เมื่อพิจารณาทั้ง 2 สคมภ์นี้ โดยพิจารณา 2 แถวใด ๆ กำหนดเป็นแถวที่ $q = 5$ และแถวที่ $r = 6$ พบว่า $x_{qk} = x_{54} = 1$, $x_{ql} = x_{57} = 0$ นั่นคือ $x_{qk} \neq x_{ql}$ และ $x_{rl} = x_{67} = 1$, $x_{qk} = x_{54} = 1$ นั่นคือ $x_{rl} = x_{qk}$ แสดงว่า วิชาที่ $k = 4$ และ $l = 7$ สามารถสอบเวลาเดียวกันได้ ดังนั้น $sa_{kl} = 1$



ภาพที่ 3.14 การเปรียบเทียบสคมภ์ ที่ 4 และ 7 ของเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนที่สอบในช่วงเวลาปกติ (X')

จากภาพที่ 3.14 ค่าสมาชิกตำแหน่งที่ sa_{47} ของเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA) เป็นดังนี้

$$SA = \begin{bmatrix} sa_{1,1} & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & sa_{1,18} & sa_{1,19} \\ sa_{2,1} & sa_{2,2} & \cdots & sa_{2,6} & sa_{2,7} & \cdots & sa_{2,18} & sa_{2,19} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ sa_{4,1} & sa_{4,2} & \cdots & sa_{4,6} & 1 & \cdots & sa_{4,18} & sa_{4,19} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ sa_{18,1} & sa_{18,2} & \cdots & sa_{18,6} & sa_{18,7} & \cdots & sa_{18,18} & sa_{18,19} \\ sa_{19,1} & sa_{19,2} & \cdots & sa_{19,6} & sa_{19,7} & \cdots & sa_{19,18} & sa_{19,19} \end{bmatrix}_{19 \times 19}$$

ภาพที่ 3.15 สมาชิกตำแหน่งที่ sa_{47} ของเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA)

ตัวอย่าง สำหรับกรณี $k \neq l$ ขั้นตอนที่ 3 ถ้าบางค่าของ q และ r โดยที่ $q \neq r$ แต่ $x_{qk} = x_{ql} = 1$ แล้ว แสดงว่า วิชาที่ k และ l ไม่สามารถสอบเวลาเดียวกันได้ นั่นคือ $sa_{kl} = 0$

เปรียบเทียบสมาชิกในสคมภ์ที่ 4 และ 5 ของเมทริกซ์ X' ดังภาพที่ 3.16 ซึ่ง $k=4$ และ $l=5$ พบว่า แถวที่ $q=5$ นั้น $x_{54} = x_{55} = 1$ แสดงว่า วิชาที่ $k=4$ และ $l=5$ ไม่สามารถสอบเวลาเดียวกันได้ ดังนั้น $sa_{45} = 0$

รายวิชา

4 5

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

กลุ่ม $\Rightarrow$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$$

ลักษณะขั้นตอนที่ 3

ภาพที่ 3.16 การเปรียบเทียบสคมภ์ ที่ 4 และ 5 ของเมทริกซ์นักศึกษาลงทะเบียนที่สอบในช่วงเวลาปกติ (X')

จากภาพที่ 3.16 ค่าสมาชิกตำแหน่งที่ sa_{45} ของเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA) เป็นดังนี้

$$SA = \begin{bmatrix} sa_{1,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & sa_{1,18} & sa_{1,19} \\ sa_{2,1} & sa_{2,2} & sa_{2,3} & sa_{2,4} & sa_{2,5} & \cdots & sa_{2,18} & sa_{2,19} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ sa_{4,1} & sa_{4,2} & sa_{4,3} & sa_{4,4} & 0 & \cdots & sa_{4,18} & sa_{4,19} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ sa_{18,1} & sa_{18,2} & sa_{18,3} & sa_{18,4} & sa_{18,5} & \cdots & sa_{18,18} & sa_{18,19} \\ sa_{19,1} & sa_{19,2} & sa_{19,3} & sa_{19,4} & sa_{19,5} & \cdots & sa_{19,18} & sa_{19,19} \end{bmatrix}_{19 \times 19}$$

ภาพที่ 3.17 สมาชิกตำแหน่งที่ sa_{45} ของเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA)

เมื่อหาค่าสมาชิกทุกตำแหน่งครบถ้วนตามวิธีการที่ได้แสดงข้างต้นแล้ว จะได้เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA) เป็นดังนี้

เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA)

$$SA = \begin{matrix} & \text{วิชา} \\ \begin{matrix} \text{วิชา} \\ SA = \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ภาพที่ 3.18 เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ (SA)

ในการทำงานเดียวกันสำหรับการสร้างเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาพิเศษ (SB) ที่มีขนาด $n \times n$ สามารถใช้หลักการเดียวกันกับการสร้างเมทริกซ์ SA

3.8 การสร้างเมทริกซ์ความคล้ายคลึง

จากตัวแบบพีมีเดีย (P-median model) ที่เสนอโดย Kusiak (1987) นำมาใช้คำนวณหาเมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix) กำหนดให้ x_{ik} เป็นสมาชิกในแถวที่ i สดมภ์ที่ k ของเมทริกซ์ $X3$ และ x_{il} เป็นสมาชิกในแถวที่ i สดมภ์ที่ l ของเมทริกซ์ $X3$ เช่นเดียวกัน d_{kl} คือ ค่าความคล้ายคลึง (Similarity) ระหว่างวิชา k และ l

$$\text{โดยที่ } d_{kl} = \sum_{i=1}^m \delta(x_{ik}, x_{il})$$

$$\text{และ } \delta(x_{ik}, x_{il}) = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าสมาชิกตำแหน่งที่ } x_{ik} = x_{il} \\ 0 & \text{ถ้าเป็นอย่างอื่น} \end{cases}$$

ตัวอย่างเช่น เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาลงทะเบียนเรียนรวมทั้งหมด คือ ทั้งช่วงเวลาปกติและพิเศษ-วิชา ขนาด 10×19 ดังแสดงในภาพที่ 3.19

		วิชา																
X3=	กลุ่ม	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
		0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
		0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

ภาพที่ 3.19 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของนักศึกษาลงทะเบียนเรียนรวมทั้งหมด คือ ทั้งช่วงเวลาปกติและพิเศษ-วิชา (X3)

หากพิจารณาค่าความคล้ายคลึงของวิชาที่ 1 และ วิชาที่ 3 (d_{13})

$$\text{โดยที่ } d_{kl} = \sum_{i=1}^m \delta(x_{ik}, x_{il}) \quad \text{และ } \delta(x_{ik}, x_{il}) = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าสมาชิกตำแหน่งที่ } x_{ik} = x_{il} \\ 0 & \text{ถ้าเป็นอย่างอื่น} \end{cases}$$

เปรียบเทียบสมาชิก x_{i1} กับ x_{i3}

$$x_{11} = 1 \text{ และ } x_{13} = 1 \text{ จะได้ } \delta(x_{11}, x_{13}) = 1$$

$$x_{21} = 0 \text{ และ } x_{23} = 0 \text{ จะได้ } \delta(x_{21}, x_{23}) = 1$$

$$x_{31} = 0 \text{ และ } x_{33} = 0 \text{ จะได้ } \delta(x_{31}, x_{33}) = 1$$

$$x_{41} = 0 \text{ และ } x_{43} = 0 \text{ จะได้ } \delta(x_{41}, x_{43}) = 1$$

$$x_{51} = 0 \text{ และ } x_{53} = 0 \text{ จะได้ } \delta(x_{51}, x_{53}) = 1$$

$$x_{61} = 0 \text{ และ } x_{63} = 0 \text{ จะได้ } \delta(x_{61}, x_{63}) = 1$$

$$x_{71} = 0 \text{ และ } x_{73} = 0 \text{ จะได้ } \delta(x_{71}, x_{73}) = 1$$

$$x_{81} = 0 \text{ และ } x_{83} = 0 \text{ จะได้ } \delta(x_{81}, x_{83}) = 1$$

$$x_{91}=0 \text{ และ } x_{93}=0 \text{ จะได้ } \delta(x_{91}, x_{93})=1$$

$$x_{10,1} = 0 \text{ และ } x_{10,3} = 0 \text{ จะได้ } \delta(x_{10,1}, x_{10,3}) = 1$$

$$d_{13} = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 10$$

เมื่อคำนวณค่าความคล้ายคลึงสำหรับทุกค่าของ k และ l จะได้เมทริกซ์ความคล้ายคลึง

(D) ดังภาพที่ 3.20

D=	วิชา																	วิชา
	0	10	10	8	4	7	3	7	5	7	8	7	8	8	8	8	8	
	10	0	10	8	4	7	3	7	5	7	8	7	8	8	8	8	8	8
	10	10	0	8	4	7	3	7	5	7	8	7	8	8	8	8	8	8
	8	8	8	0	6	7	3	9	5	7	8	7	8	8	8	8	8	8
	4	4	4	6	0	3	7	7	5	3	4	5	4	4	4	6	4	6
	7	7	7	7	3	0	6	6	6	8	9	8	7	7	7	7	7	7
	3	3	3	3	7	6	0	4	6	4	5	6	3	3	3	5	2	5
	7	7	7	9	7	6	4	0	6	6	7	6	7	7	7	7	7	7
	5	5	5	5	5	6	6	6	0	8	5	6	7	5	5	5	5	5
	7	7	7	7	3	8	4	6	8	0	7	6	9	7	7	7	7	7
	8	8	8	8	4	9	5	7	5	7	0	9	8	8	8	8	8	8
	7	7	7	7	5	8	6	6	6	6	9	0	7	7	7	7	7	7
	8	8	8	8	4	7	3	7	7	9	8	7	0	8	8	8	8	8
	8	8	8	8	4	7	3	7	5	7	8	7	8	0	10	8	10	8
	8	8	8	8	4	7	3	7	5	7	8	7	8	10	0	8	10	8
	8	8	8	8	6	7	5	7	5	7	8	7	8	8	8	0	8	10
	8	8	8	8	4	7	3	7	5	7	8	7	8	10	10	8	0	8
	8	8	8	8	6	7	5	7	5	7	8	7	8	8	8	10	8	0
	8	8	8	8	6	7	5	7	5	7	8	7	8	8	8	8	8	0

ภาพที่ 3.20 เมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix)

3.9 การจัดกลุ่มวิชาที่สามารถสอบในคาบเวลาสอบเดียวกันได้

ในการจัดการเรียนการสอน อาจมีนักศึกษาหลายกลุ่ม (Section) ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเดียวกัน ซึ่งนักศึกษาเหล่านี้อาจจะเป็นนักศึกษาคนละหลักสูตร เช่น หลักสูตรภาคสมทบ หลักสูตรปกติ หลักสูตรภาคพิเศษ เป็นต้น นักศึกษาในหลักสูตรเหล่านี้อาจมีคาบเวลาเรียนที่แตกต่างกันไป อย่างไรก็ตาม หากมีการเรียนการสอนวิชาเดียวกัน อาจจำเป็นต้องกำหนดเวลาสอบในคาบเดียวกัน เช่น ที่สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ นักศึกษาภาคปกติและภาคพิเศษที่เรียนวิชาเดียวกันจะสอบในคาบเวลาเดียวกัน คือช่วงเวลาพิเศษ ตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึง 21.00 น. ในกรณีที่นักศึกษาภาคปกติที่ลงวิชาใดวิชาหนึ่งที่ไม่มียุทธศาสตร์ภาคพิเศษลงทะเบียน ทางคณะจะจัดสอบในคาบเวลา

ปกติ คือเวลา 9.00 น. ถึง 16.00 น. ในทำนองเดียวกัน นักศึกษาภาคพิเศษลงทะเบียนวิชาใดวิชาหนึ่ง โดยไม่มีนักศึกษาภาคปกติลงทะเบียน จะจัดสอบในคาบเวลาพิเศษ คือเวลา 18.00 น. ถึง 21.00 น.

ถ้าจำนวนวิชาที่สอบด้วยกันได้มีมากกว่าจำนวนวิชาสูงสุดที่สอบในคาบเดียวกัน จะต้องเลือกวิชาเหล่านี้มาเท่ากับจำนวนวิชาสูงสุดที่สามารถสอบได้ในคาบเวลานั้น ซึ่งวิธีการเลือกวิชาที่แตกต่างกันอาจทำให้ได้คำตอบที่แตกต่างกัน การเลือกคำตอบที่ดีที่สุดจึงต้องมีตัวชี้วัดคุณภาพของคำตอบที่วัดโดยใช้ค่าฟังก์ชัน F ซึ่งจะกล่าวถึงในข้อ 3.12 ในงานวิจัยนี้ขอเสนอวิธีเลือกวิชา 2 วิธี คือ การเลือกวิชาแบบสุ่ม (Random selection) และการเลือกวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง (Similarity index selection) โดยมีรายละเอียดขั้นตอน ดังนี้

3.9.1 การเลือกวิชาแบบสุ่ม

การเลือกวิชาแบบสุ่มเป็นการเลือกวิชาที่มีจำนวนนักศึกษาลงทะเบียนสูงสุดก่อน จากนั้นจึงเลือกวิชาถัดไปโดยวิธีสุ่มวิชาที่สามารถสอบด้วยกันได้ขึ้นมาทีละวิชาจนกระทั่งจำนวนวิชาที่เลือกเท่ากับจำนวนวิชาที่สามารถสอบได้ในคาบเวลานั้น

การเลือกวิชาแบบสุ่ม มีขั้นตอนดังนี้

3.9.1.1 กำหนดเมตริกซ์และค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

- 1) เมตริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในเวลาสอบปกติ (SA)
- 2) เมตริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในเวลาสอบพิเศษ (SB)
- 3) เมตริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละวิชา (C)
- 4) จำนวนวิชาสูงสุดที่สอบด้วยกันได้ในคาบเวลาเดียวกัน (N)
- 5) จำนวนคาบเวลาสอบสูงสุด (T)
- 6) เมตริกซ์ของวิชาที่ยังไม่ได้ถูกจัดอยู่ในตารางเวลาสอบ (K)
- 7) i แทนวิชาที่ยังไม่ได้ถูกจัดในตารางเวลาสอบและเป็นวิชาที่นักศึกษาลงทะเบียนมากที่สุด

- 8) $K'_{(i)}$ แทนเซตของวิชาที่สอบร่วมกับวิชาที่พิจารณา

3.9.1.2 ให้ $K = \{1, 2, \dots, S\}$ และ $K' = \phi$

3.9.1.3 ให้ i เป็นวิชาที่ยังไม่ได้ถูกจัดในตารางเวลาสอบและเป็นวิชาที่นักศึกษาลงทะเบียนมากที่สุด จากนั้นพิจารณาวิชาใน K' ที่มีนักศึกษาลงทะเบียนมากที่สุด โดยเลือกจากเมตริกซ์ C

3.9.1.4 หาวิชาที่สามารถสอบร่วมกับวิชาที่ i ได้ ใ้วิชาเหล่านี้ใน K'

ถ้าจำนวนสมาชิกใน K' มากกว่า N แล้ว จะพิจารณาวิชาที่ i และสุ่มเลือกสมาชิกใน K' มาอีก $N-1$ และนำวิชาเหล่านี้ออกจาก K' ถ้าจำนวนสมาชิกใน K' น้อยกว่าหรือเท่ากับ N จะเลือกสมาชิกทั้งหมดใน K' นี้ และให้ $K' \neq \phi$

3.9.1.5 ตรวจสอบความขัดแย้ง (Conflict) ระหว่างวิชาที่เลือกมาว่าสามารถสอบด้วยกันได้หรือไม่

ถ้าจำนวนวิชาที่ไม่มีความขัดแย้งกันมีค่าน้อยกว่า N และ $K' \neq \phi$ แล้วให้สุ่มเลือกวิชาจาก K' มาเพิ่มเติมจนได้จำนวนวิชาที่พิจารณาเท่ากับ N

ตรวจสอบความขัดแย้งอีกครั้ง ทำเช่นนี้ไปจนกว่าจำนวนวิชาที่สอบด้วยกันได้เท่ากับ N หรือ $K' \neq \phi$

3.9.1.6 ได้กลุ่มวิชาที่เลือกไว้เพื่อนำไปจัดวางในชั้นตอนต่อไปและตัดวิชาที่เลือกไปจัดกลุ่มนี้ออกจาก K

3.9.1.7 ถ้า $K \neq \phi$ แล้ว กลับไปขั้นตอนที่ 3.9.1.4 ถ้า $K = \phi$ แล้ว การเลือกวิชาแบบสุ่มนี้จะหยุดทำงาน

ตัวอย่าง ขั้นตอนการเลือกวิชาแบบสุ่ม

SA แทนเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ และ C แทนเมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชา

ต่าง ๆ ดังภาพที่ 3.21

$$SA = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

วิชา

$$C = \begin{bmatrix} 20 & 20 & 20 & 90 & 110 & 11 & 86 & 50 & 56 & 31 & 10 & 20 & 30 & 25 & 25 & 20 & 25 & 45 & 30 \end{bmatrix}^T$$

ภาพที่ 3.21 ขั้นตอนการเลือกวิชาแบบสุ่ม

ขั้นตอนที่ 1 จำนวนวิชาสูงสุดที่สอบด้วยกันได้ในเวลาเดียวกัน ($N = 3$) กำหนดให้

$$K = \{1, 2, 3, \dots, 19\} \text{ และ } K' \neq \phi$$

ขั้นตอนที่ 2 วิชาที่ 5 มีจำนวนนักศึกษาลงทะเบียนมากที่สุด ($i = 5$)

ขั้นตอนที่ 3 จากเมทริกซ์ SA พิจารณาแถวที่ 5 พบว่า วิชาที่สอบร่วมกับวิชาที่ 5 ได้ คือ วิชา

ที่ 10 และ 13 $K' = \{10, 13\}$ ซึ่งเท่ากับจำนวนวิชาสูงสุดที่สอบด้วยกันได้ในเวลาเดียวกัน

ดังนั้น สุ่มเลือกได้ วิชาที่ 5 10 และ 13 จากนั้น กำหนด $K' = \phi$

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความขัดแย้งภายในกลุ่มวิชาที่เลือกมา

เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ

$$\text{subject5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{subject13} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

พบว่า $s_{13,10} = 0$ นั่นคือ วิชาที่ 10 ไม่สามารถจัดสอบคาบเวลาเดียวกับวิชาที่ 13 และ $s_{5,10} = 1$ ดังนั้น วิชาที่ 5 และ 10 จัดสอบคาบเวลาเดียวกันได้ ดังนั้น กลุ่มวิชาที่เลือก คือ วิชาที่ 5 และ 10

ขั้นตอนที่ 5 กลุ่มวิชาที่เลือก คือ วิชาที่ 5 และ 10 ซึ่งจำนวนวิชาเท่ากับ 2 ($2 < N$) แต่ $K' = \phi$ จึงไม่สามารถเลือกวิชาได้อีก คัดวิชา 5 และ 10 ออกจาก K และเนื่องจาก $K' = \phi$ จึงหยุดการเลือกวิชาเข้ากลุ่มนี้

พิจารณาวิชาใน K ที่มีจำนวนนักศึกษาลงทะเบียนมากที่สุด

$K = \{1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, \dots, 19\}$ พบว่าวิชาที่ 4 เป็นวิชาที่มีจำนวนนักศึกษาลงทะเบียนมากที่สุด ให้ $i = 4$

พิจารณาวิชาลำดับที่ 4 ($i = 4$)

ขั้นตอนที่ 6 เลือกวิชาที่ยังไม่ได้ถูกจัดกลุ่มและมีจำนวนนักศึกษามากที่สุดจากเมทริกซ์ SA

พิจารณาแถวที่ 4 พบว่า วิชาที่สามารถสอบรวมกันได้กับวิชาที่ 4 ได้แก่ วิชาที่ 7 9 13 และ 19 $K' = \{7, 9, 13, 19\}$ ซึ่งมากกว่าจำนวนวิชาสูงสุดที่จัดสอบในแต่ละคาบเวลาสอบ เนื่องจากจำนวนสมาชิกใน K' เท่ากับ 5 ดังนั้น $n+1=5+1$ ($6 > N=3$) จึงต้องสุ่มวิชาที่สอบได้ร่วมกับวิชาที่ 4 จำนวน $N-1 = 2$ วิชา วิชาที่สุ่มได้ คือวิชาที่ 9 และ 19

ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบความขัดแย้งภายในกลุ่มวิชาที่เลือกมา

เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ

$$\text{subject4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{subject19} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

พบว่า ทั้ง 3 วิชา คือวิชาที่ 4 9 และ 19 ไม่มีความขัดแย้งในกลุ่ม ดังนั้นสามารถจัดสอบช่วงเวลาเดียวกันได้

ขั้นตอนที่ 8 เนื่องจากจำนวนวิชาในกลุ่มเท่ากับ N ดังนั้น กลุ่มวิชาที่เลือก คือ วิชาที่ 4 9 และ 19 คัดวิชาที่ 4 9 และ 19 ออกจาก K

เลือกจัดกลุ่มวิชาที่เหลือแบบสุ่มจนครบ สามารถจัดกลุ่มวิชาแบบสุ่มได้ดังนี้

วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ จัดได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 = วิชาที่ 5 และ 10

กลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 4 9 และ 19

กลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 7 และ 13

กลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 8

วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษ จัดได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 = วิชาที่ 1 11 และ 17

กลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 2 12 และ 15

กลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 3 6 และ 14

กลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 16

กลุ่มที่ 5 = วิชาที่ 18

3.9.2 การเลือกวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง

ดัชนีความคล้ายคลึงเป็นการใช้แนวคิดของทฤษฎีเทคโนโลยีการรวมกลุ่มมาประยุกต์ใช้ในการรวมกลุ่มวิชาที่นักศึกษาลงทะเบียน โดยรวมวิชาในกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดเข้าไว้เป็นกลุ่มวิชาเดียวกัน เพื่อลดจำนวนกลุ่มวิชาที่จะนำไปวางในตารางเวลาสอบ ซึ่งการเลือกวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึงมีขั้นตอนดังนี้

3.9.2.1 กำหนดเมตริกซ์และค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

- 1) เมตริกซ์วิชาที่สอบร่วมกันได้ในเวลาสอบปกติ (SA)
- 2) เมตริกซ์วิชาที่สอบร่วมกันได้ในเวลาสอบพิเศษ (SB)
- 3) เมตริกซ์ความคล้ายคลึง (D)
- 4) เมตริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละวิชา (C)
- 5) จำนวนวิชาสูงสุดที่สอบด้วยกันได้ในคาบเวลาเดียวกัน (N)
- 6) จำนวนคาบเวลาสอบสูงสุด (T)

3.9.2.2 พิจารณาวิชาที่นักศึกษาลงทะเบียนมากที่สุดจากเมตริกซ์ C

3.9.2.3 วิชาที่มีนักศึกษาลงทะเบียนมากที่สุดสามารถสอบกับวิชาใดได้บ้าง นับจำนวนวิชาเหล่านี้ (n)

1) ถ้าจำนวนวิชาที่สามารถสอบร่วมกับวิชาในขั้นตอนที่ 3.9.2.2 ได้ มีจำนวนมากกว่าจำนวนวิชาสูงสุดที่กำหนดสอบในแต่ละคาบเวลาสอบ ($n > N$) เลือกวิชาที่มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงที่มีค่าน้อยที่สุดจากเมทริกซ์ **D** เท่ากับจำนวนวิชาสูงสุดที่จัดสอบในแต่ละคาบเวลาสอบ แล้วทำขั้นตอนที่ 3.9.2.4 ต่อไป

2) ถ้าจำนวนวิชาที่สามารถสอบกับวิชาในขั้นตอนที่ 3.9.2.2 ได้ มีจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนวิชาสูงสุดที่กำหนดสอบในแต่ละคาบเวลาสอบ ($n \leq N$) ทำขั้นตอน 3.9.2.4 ต่อไป

3.9.2.4 ตรวจสอบความขัดแย้ง เช่นเดียวกับข้อ 3.9.1

3.9.2.5 ได้กลุ่มวิชาที่เลือกไว้เพื่อนำไปจัดวางในขั้นตอนต่อไป

ตัวอย่าง ขั้นตอนการเลือกวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง

SA แทนเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ C แทนเมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ และ D แทนเมทริกซ์ความคล้ายคลึง ตัวอย่างเมทริกซ์ทั้งสามแสดงดังรูปที่ 3.22 -3.24

SA แทนเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้

		วิชา																				
SA =		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
		0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
		0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
		0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		

ภาพที่ 3.22 เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้

C แทนเมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ

$$C = \begin{bmatrix} 20 & 20 & 20 & 90 & 110 & 11 & 86 & 50 & 56 & 31 & 10 & 20 & 30 & 25 & 25 & 20 & 25 & 45 & 30 \end{bmatrix}^T$$

ภาพที่ 3.23 เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ

D แทนเมทริกซ์ความคล้ายคลึง

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{วิชา} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 10 & 10 & 8 & 4 & 7 & 3 & 7 & 5 & 7 & 8 & 7 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 10 & 0 & 10 & 8 & 4 & 7 & 3 & 7 & 5 & 7 & 8 & 7 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 10 & 10 & 0 & 8 & 4 & 7 & 3 & 7 & 5 & 7 & 8 & 7 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 0 & 6 & 7 & 3 & 9 & 5 & 7 & 8 & 7 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 4 & 4 & 4 & 6 & 0 & 3 & 7 & 7 & 5 & 3 & 4 & 5 & 4 & 4 & 4 & 6 & 4 & 6 & 6 \\ 7 & 7 & 7 & 7 & 3 & 0 & 6 & 6 & 6 & 8 & 9 & 8 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 7 & 6 & 0 & 4 & 6 & 4 & 5 & 6 & 3 & 3 & 3 & 5 & 2 & 5 & 5 \\ 7 & 7 & 7 & 9 & 7 & 6 & 4 & 0 & 6 & 6 & 7 & 6 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 6 & 6 & 6 & 0 & 8 & 5 & 6 & 7 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 7 & 7 & 7 & 7 & 3 & 8 & 4 & 6 & 8 & 0 & 7 & 6 & 9 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 4 & 9 & 5 & 7 & 5 & 7 & 0 & 9 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 7 & 7 & 7 & 7 & 5 & 8 & 6 & 6 & 6 & 6 & 9 & 0 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 4 & 7 & 3 & 7 & 7 & 9 & 8 & 7 & 0 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 4 & 7 & 3 & 7 & 5 & 7 & 8 & 7 & 8 & 0 & 10 & 8 & 10 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 4 & 7 & 3 & 7 & 5 & 7 & 8 & 7 & 8 & 10 & 0 & 8 & 10 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 6 & 7 & 5 & 7 & 5 & 7 & 8 & 7 & 8 & 8 & 8 & 0 & 8 & 10 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 4 & 7 & 3 & 7 & 5 & 7 & 8 & 7 & 8 & 10 & 10 & 8 & 0 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 6 & 7 & 5 & 7 & 5 & 7 & 8 & 7 & 8 & 8 & 8 & 10 & 8 & 0 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 6 & 7 & 5 & 7 & 5 & 7 & 8 & 7 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 0 \end{bmatrix} & \begin{matrix} \text{วิชา} \end{matrix} \end{matrix}$$

ภาพที่ 3.24 เมทริกซ์ความคล้ายคลึง

เมื่อกำหนดให้จำนวนวิชาสูงสุดที่สอบในแต่ละคาบ (N) เท่ากับ 3 การเลือกวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึงสำหรับตัวอย่างนี้ มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จำนวนวิชาสูงสุดที่สอบด้วยกันได้ในคาบเวลาเดียวกัน (N=3)

ขั้นตอนที่ 2 วิชาที่ 5 มีจำนวนนักศึกษาลงทะเบียนมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 จากเมทริกซ์ SA พิจารณาแถวที่ 5 พบว่า วิชาที่สอบร่วมกับวิชาที่ 5 ได้ คือ วิชาที่ 10 และ 13 ซึ่งน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนวิชาสูงสุดที่สอบด้วยกันได้ในคาบเวลาเดียวกัน ดังนั้น วิชาที่พิจารณาคือ วิชาที่ 5 10 และ 13

จากเมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix) เลือกค่าดัชนีความคล้ายคลึงที่น้อยที่สุด นั่นคือ วิชาที่เลือกดังกล่าวมีความคล้ายคลึงน้อยที่สุดกับวิชาที่ 5

เมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix)

$$\text{subject5} = \begin{bmatrix} 4 & 4 & 4 & 6 & 0 & 3 & 7 & 7 & 5 & 3 & 4 & 5 & 4 & 4 & 4 & 6 & 4 & 6 & 6 \end{bmatrix}$$

ค่าดัชนีความคล้ายคลึงที่น้อยที่สุด เท่ากับ 3 คือ วิชาที่ 10 ดังนั้น เลือกวิชาที่ 10

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความขัดแย้งภายในกลุ่มวิชาที่เลือกมา

เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ

$$\text{subject5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{subject13} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

พบว่า $s_{13,10} = 0$ นั่นคือ วิชาที่ 10 ไม่สามารถจัดสอบคาบเวลาเดียวกับวิชาที่ 13

และ $s_{5,10} = 1$ ดังนั้น วิชาที่ 5 และ 10 จัดสอบคาบเวลาเดียวกันได้

ดังนั้น กลุ่มวิชาที่เลือก คือ วิชาที่ 5 และ 10

ขั้นตอนที่ 5 กลุ่มวิชาที่เลือก คือ วิชาที่ 5 และ 10

เลือกจัดกลุ่มวิชาที่เหลือแบบสุ่มจนครบ สามารถจัดกลุ่มวิชาแบบสุ่มได้ดังนี้

วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ จัดได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 = วิชาที่ 5 และ 10

กลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 4 7 และ 13

กลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 9 และ 19

กลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 8

วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษ จัดได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 = วิชาที่ 6 และ 18

กลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 1 12 และ 14

กลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 2 11 และ 15

กลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 3 16 และ 17

3.10 การจัดวางกลุ่มวิชาในตารางเวลาสอบ

การจัดวางกลุ่มวิชาในตารางเวลาสอบเป็นการนำกลุ่มวิชาที่ได้จากขั้นตอนการจัดกลุ่มในหัวข้อ 3.9 แล้วนำมาจัดวางในคาบเวลาต่าง ๆ ของตารางเวลาสอบ ในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการจัดวาง 2 วิธี คือ การจัดวางวิชาแบบสุ่ม และการวางวิชาแบบหน้า-หลัง

3.10.1 การจัดวางวิชาแบบสุ่ม

การจัดวางวิชาแบบสุ่ม จะเป็นการจัดกลุ่มวิชาที่เลือกไว้ในหัวข้อ 3.9 ของขั้นตอนการทำงานของฮิวริสติกส์ซึ่งเป็นการจัดกลุ่มวิชาที่สามารถสอบในคาบเวลาสอบเดียวกันได้ เพื่อนำไปจัดวางในคาบเวลาสอบโดยสุ่ม โดยให้ความน่าจะเป็นที่แต่ละกลุ่มจะถูกเลือกเท่า ๆ กัน และ ความน่าจะเป็นที่แต่ละคาบเวลาสอบจะถูกเลือกเท่า ๆ กัน เช่นเดียวกัน โดยมีรายละเอียดขั้นตอนหลัก ดังนี้

- 1) สุ่มเลือกกลุ่มวิชาขึ้นมา 1 กลุ่ม โดยให้ความน่าจะเป็นที่แต่ละกลุ่มจะถูกเลือกเท่า ๆ กัน
- 2) สุ่มคาบเวลาที่ต้องการจะจัดวางขึ้นมา 1 คาบ โดยให้ความน่าจะเป็นที่แต่ละกลุ่มจะถูกเลือกเท่า ๆ กัน
- 3) นำกลุ่มวิชาที่สุ่มไว้ในขั้นตอน 1 ไปลงในคาบตามวิธีการจัดวางแล้วตัดกลุ่มนั้นออกจากการพิจารณา
- 4) ถ้ามีกลุ่มวิชาที่ยังไม่ได้จัดให้ทำขั้นตอน 1 ต่อไป

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในขั้นตอนการจัดวางวิชาแบบสุ่ม จึงขอยกตัวอย่างในเชิงตัวเลขดังนี้

3.10.1.1 การจัดวางวิชาแบบสุ่มเมื่อจัดกลุ่มวิชาแบบสุ่ม

ตัวอย่าง เช่น จากตัวอย่างที่มี 19 วิชา และ 10 กลุ่มสาขาวิชา ซึ่งสามารถจัดกลุ่มวิชาอย่างสุ่มได้เป็น 9 กลุ่ม แบ่งตามช่วงเวลาสอบ ในหัวข้อ 3.9.1 ถ้ามีคาบเวลาสอบทั้งหมด 12 คาบ โดยกำหนดคาบเวลาสอบช่วงเวลาปกติ คือ T3 T6 T9 และ T12 และกำหนดคาบเวลาสอบช่วงเวลาพิเศษ คือ T1 T2 T4 T5 T7 T8 T10 และ T11 ดังนั้น ขั้นตอนในการจัดวางวิชาแบบสุ่ม ดังนี้

1) สุ่มกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติทั้งหมดที่จะนำไปจัดวางในตารางเวลาสอบเรียงลำดับการสุ่มและสุ่มคาบเวลาสอบได้ดังนี้

(1) ลำดับที่ 1 สุ่มได้กลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 8 สุ่มคาบเวลาสอบใดคาบเวลาสอบที่ T12

(2) ลำดับที่ 2 สุ่มได้กลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 4 9 และ 19 สุ่มคาบเวลาสอบใดคาบที่ T3

(3) ลำดับที่ 3 สุ่มได้กลุ่มที่ 1 = วิชาที่ 5 และ 10 สุ่มคาบเวลาสอบได้

คาบที่ T6

(4) ลำดับที่ 4 สุ่มได้กลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 7 และ 13 สุ่มคาบเวลา

สอบได้คาบที่ T9

ตัวอย่างการวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติแบบสุ่ม แสดงดังภาพที่

3.25

2) สุ่มกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษทั้งหมดที่จะนำไปจัดวางในตารางเวลาสอบเรียงลำดับการสุ่มและสุ่มคาบเวลาสอบได้ดังนี้

(1) ลำดับที่ 1 สุ่มได้กลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 2 12 และ 15 สุ่มคาบเวลา

สอบได้คาบที่ T2

(2) ลำดับที่ 2 สุ่มได้กลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 16 สุ่มคาบเวลาสอบได้

คาบที่ T5

(3) ลำดับที่ 3 สุ่มได้กลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 3 6 และ 14 สุ่มคาบเวลา

สอบได้คาบที่ T4

(4) ลำดับที่ 4 สุ่มได้กลุ่มที่ 1 = วิชาที่ 1 11 และ 17 สุ่มคาบเวลา

สอบได้คาบที่ T1

(5) ลำดับที่ 5 สุ่มได้กลุ่มที่ 5 = วิชาที่ 18 สุ่มคาบเวลาสอบได้

คาบที่ T10

ตัวอย่างการวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษแบบสุ่ม แสดงดัง

ภาพที่ 3.26

ลำดับที่ 1 วางกลุ่มที่ 4 ในคาบที่ T12

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
											8
											-
											-

ลำดับที่ 2 วางกลุ่มที่ 2 ในคาบที่ T3

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		4									8
		9									-
		19									-

ลำดับที่ 3 วางกลุ่มที่ 1 ในคาบที่ T6

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		4			5						8
		9			10						-
		19			-						-

ลำดับที่ 4 วางกลุ่มที่ 3 ในคาบที่ T9

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		4			5			7			8
		9			10			13			-
		19			-			-			-

ภาพที่ 3.25 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติแบบสัปดาห์ เมื่อจัดกลุ่มวิชาแบบสัปดาห์

ลำดับที่ 1 วางกลุ่มที่ 2 ในคาบที่ T2

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
	2	4			5			7			8
	12	9			10			13			-
	15	19			-			-			-

ลำดับที่ 2 วางกลุ่มที่ 4 ในคาบที่ T5

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
	2	4		16	5			7			8
	12	9		-	10			13			-
	15	19		-	-			-			-

ลำดับที่ 3 วางกลุ่มที่ 3 ในคาบที่ T4

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
	2	4	3	16	5			7			8
	12	9	6	-	10			13			-
	15	19	14	-	-			-			-

ลำดับที่ 4 วางกลุ่มที่ 1 ในคาบที่ T1

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1	2	4	3	16	5			7			8
11	12	9	6	-	10			13			-
17	15	19	14	-	-			-			-

ลำดับที่ 5 วางกลุ่มที่ 5 ในคาบที่ T10

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1	2	4	3	16	5			7	18		8
11	12	9	6	-	10			13	-		-
17	15	19	14	-	-			-	-		-

ภาพที่ 3.26 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษแบบสัปดาห์ เมื่อจัดกลุ่มวิชาแบบสัปดาห์

3.10.1.2 การจัดวางวิชาแบบสุ่มเมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง

ตัวอย่าง เช่น จากตัวอย่างที่มี 19 วิชา และ 10 กลุ่มสาขาวิชา ซึ่งสามารถจัดกลุ่มโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึงได้เป็น 9 กลุ่ม แบ่งตามช่วงเวลาสอบ ในหัวข้อ 3.9.2 ถ้ามีคาบเวลาสอบทั้งหมด 12 คาบ จะมีขั้นตอนในการจัดวางวิชาแบบสุ่ม ดังนี้ โดยกำหนดคาบเวลาสอบช่วงเวลาปกติ คือ T3 T6 T9 และ T12

1) สุ่มกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติทั้งหมดที่จะนำไปจัดวางในตารางเวลาสอบเรียงลำดับการสุ่ม และสุ่มคาบเวลาสอบได้ดังนี้

(1) ลำดับที่ 1 สุ่มได้กลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 9 และ 19 สุ่มคาบเวลา

สอบได้คาบที่ T9

(2) ลำดับที่ 2 สุ่มได้กลุ่มที่ 1 = วิชาที่ 5 และ 10 สุ่มคาบเวลา

สอบได้คาบที่ T3

(3) ลำดับที่ 3 สุ่มได้กลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 8 สุ่มคาบเวลาสอบได้คาบ

ที่ T12

(4) ลำดับที่ 4 สุ่มได้กลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 4 7 และ 13 สุ่มคาบเวลา

สอบได้คาบที่ T6

ตัวอย่างการวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติแบบสุ่ม แสดงดังภาพที่ 3.27 โดยกำหนดคาบเวลาสอบช่วงเวลาพิเศษ คือ T1 T2 T4 T5 T7 T8 T10 และ T11

2) สุ่มกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษทั้งหมดที่จะนำไปจัดวางในตารางเวลาสอบเรียงลำดับการสุ่ม และสุ่มคาบเวลาสอบได้ดังนี้

(1) ลำดับที่ 1 สุ่มได้กลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 2 11 และ 15 สุ่มคาบเวลา

สอบได้คาบที่ T4

(2) ลำดับที่ 2 สุ่มได้กลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 1 12 และ 14 สุ่มคาบเวลา

สอบได้คาบที่ T7

(3) ลำดับที่ 3 สุ่มได้กลุ่มที่ 1 = วิชาที่ 6 และ 18 สุ่มคาบเวลา

สอบได้คาบที่ T1

(4) ลำดับที่ 4 สุ่มได้กลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 3 16 และ 17 สุ่มคาบเวลา

สอบได้คาบที่ T5

ตัวอย่างการวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษแบบสุ่ม แสดงดังภาพที่ 3.28

ลำดับที่ 1 วางกลุ่มที่ 3 ในคาบที่ T9

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
								9			
								19			
								-			

ลำดับที่ 2 วางกลุ่มที่ 1 ในคาบที่ T3

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		5						9			
		10						19			
		-						-			

ลำดับที่ 3 วางกลุ่มที่ 4 ในคาบที่ T12

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		5						9			8
		10						19			-
		-						-			-

ลำดับที่ 4 วางกลุ่มที่ 2 ในคาบที่ T6

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		5			4			9			8
		10			7			19			-
		-			13			-			-

ภาพที่ 3.27 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติแบบสัปดาห์ เมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้
ดัชนีความคล้ายคลึง

ลำดับที่ 1 วางกลุ่มที่ 3 ในคาบที่ T4

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		5	2		4			9			8
		10	11		7			19			-
		-	15		13			-			-

ลำดับที่ 2 วางกลุ่มที่ 2 ในคาบที่ T7

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		5	2		4	1		9			8
		10	11		7	12		19			-
		-	15		13	14		-			-

ลำดับที่ 3 วางกลุ่มที่ 1 ในคาบที่ T1

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
18		5	2		4	1		9			8
6		10	11		7	12		19			-
-		-	15		13	14		-			-

ลำดับที่ 4 วางกลุ่มที่ 4 ในคาบที่ T5

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
18		5	2	3	4	1		9			8
6		10	11	16	7	12		19			-
-		-	15	17	13	14		-			-

ภาพที่ 3.28 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษแบบสุ่ม เมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง

3.10.2 การจัดวางวิชาแบบหน้า-หลัง

การจัดวางวิชาแบบหน้า-หลัง มีขั้นตอนดังนี้ 1) จัดวางกลุ่มวิชาแรก que เลือกไว้ในคาบเวลาอันดับแรกในตารางเวลาสอบ 2) จัดวางกลุ่มวิชาที่เลือกไว้ลำดับถัดมาลงในคาบเวลาสอบอันดับสุดท้ายในตารางเวลาสอบ 3) จัดวางกลุ่มวิชาถัดไป โดยสลับวางตำแหน่งหน้า-หลังในตารางเวลาสอบตามลำดับ

3.10.2.1 การจัดวางวิชาแบบหน้า-หลัง เมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง ตัวอย่าง เช่น จากตัวอย่างที่มี 19 วิชา และ 10 กลุ่มสาขาวิชา ซึ่งสามารถจัดกลุ่มโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึงได้เป็น 9 กลุ่ม แบ่งตามช่วงเวลาสอบ ในหัวข้อ 3.9.2 ถ้ามีคาบเวลาสอบทั้งหมด 12 คาบ โดยกำหนดคาบเวลาสอบช่วงเวลาปกติ คือ T3 T6 T9 และ T12 และกำหนดคาบเวลาสอบช่วงเวลาพิเศษ คือ T1 T2 T4 T5 T7 T8 T10 และ T11 ดังนั้น ขั้นตอนในการจัดวางวิชาแบบหน้า-หลัง เป็นดังนี้

1) กลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลากปกติทั้งหมดที่จะนำไปจัดวางแบบหน้า-หลังในตารางเวลาสอบ ดังนี้

- (1) ลำดับที่ 1 วางกลุ่มที่ 1 = วิชาที่ 5 และ 10 ในคาบที่ T3
- (2) ลำดับที่ 2 วางกลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 4 7 และ 13 ในคาบที่ T12
- (3) ลำดับที่ 3 วางกลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 9 และ 19 ในคาบที่ T6
- (4) ลำดับที่ 4 วางกลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 8 ในคาบที่ T9

ตัวอย่างการวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลากปกติแบบหน้า-หลัง แสดงดังภาพที่ 3.29

2) กลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษทั้งหมดที่จะนำไปจัดวางแบบหน้า-หลังในตารางเวลาสอบ ดังนี้

- (1) ลำดับที่ 1 วางกลุ่มที่ 1 = วิชาที่ 6 และ 18 ในคาบที่ T1
- (2) ลำดับที่ 2 วางกลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 3 16 และ 17 ในคาบที่ T10
- (3) ลำดับที่ 3 วางกลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 1 12 และ 14 ในคาบที่ T4
- (4) ลำดับที่ 4 วางกลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 2 11 และ 15 ในคาบที่ T7

ตัวอย่างการวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษแบบหน้า-หลัง แสดงดังภาพที่ 3.30

ลำดับที่ 1 วางกลุ่มที่ 1 ในคาบที่ T3

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		5									
		10									
		-									

ลำดับที่ 2 วางกลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 4 7 และ 13 ในคาบที่ T12

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		5									4
		10									7
		-									13

ลำดับที่ 3 วางกลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 9 และ 19 ในคาบที่ T6

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		5			9						4
		10			19						7
		-			-						13

ลำดับที่ 4 วางกลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 8 ในคาบที่ T9

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
		5			9			8			4
		10			19			-			7
		-			-			-			13

ภาพที่ 3.29 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติแบบหน้า-หลัง เมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง

ลำดับที่ 1 วางกลุ่มที่ 1 = วิชาที่ 6 และ 18 ในคาบที่ T1

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
6		5			9			8			4
18		10			19			-			7
-		-			-			-			13

ลำดับที่ 2 วางกลุ่มที่ 2 = วิชาที่ 3 16 และ 17 ในคาบที่ T10

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
6		5			9			8	3		4
18		10			19			-	16		7
-		-			-			-	17		13

ลำดับที่ 3 วางกลุ่มที่ 3 = วิชาที่ 1 12 และ 14 ในคาบที่ T4

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
6		5	1		9	2		8	3		4
18		10	12		19	11		-	16		7
-		-	14		-	15		-	17		13

ลำดับที่ 4 วางกลุ่มที่ 4 = วิชาที่ 2 11 และ 15 ในคาบที่ T7

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
6		5	1		9	2		8	3		4
18		10	12		19	11		-	16		7
-		-	14		-	15		-	17		13

ภาพที่ 3.30 การจัดวางกลุ่มวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษแบบหน้า-หลัง เมื่อจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง

3.11 วิธีอิวิริสติกส์ 3 วิธี ที่เกิดจากการจัดหมู่วิธีการเลือกวิชาและการจัดวาง

วิธีอิวิริสติกส์ 3 วิธี ที่เกิดจากการจัดหมู่วิธีการเลือกวิชาและการจัดวางได้ ดังนี้ 1) วิธีจัดกลุ่มและจัดวางแบบสุ่ม (Random selection with random assignment) 2) วิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางแบบสุ่ม (Similarity index method with random assignment) 3) วิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางหน้า-หลัง (Similarity index method with start-end point assignment)

3.11.1 วิธีจัดกลุ่มและจัดวางแบบสุ่ม (Random selection with random assignment)

วิธีจัดกลุ่มและจัดวางแบบสุ่ม (Random selection with random assignment) มีขั้นตอนดังนี้

3.11.1.1 นำข้อมูลการลงทะเบียนของนักศึกษาใส่ในรูปของเมทริกซ์และตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ 1) เมทริกซ์สาขาวิชาเอก-วิชา ที่สอบเวลาปกติ (XA) 2) เมทริกซ์สาขาวิชาเอก-วิชา ที่สอบเวลาภาคพิเศษ (XB) 3) จำนวนวิชาสูงสุดที่สอบร่วมกันได้ในช่วงเวลาเดียวกัน 4) จำนวนคาบเวลาสอบในตารางเวลาสอบ

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบปกติ (SA) และเมทริกซ์ของวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษ (SB)

3.11.1.2 เลือกวิชาที่สามารถสอบร่วมกันได้กับวิชานั้น ๆ

พิจารณาวิชาที่ i ว่าเป็นวิชาที่สอบเวลาพิเศษหรือไม่ จากเมทริกซ์ของวิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาสอบพิเศษ (SB)

1) เลือกวิชาที่สามารถสอบร่วมกันได้กับวิชานั้น ๆ พิจารณาจำนวนวิชาที่สามารถสอบร่วมกันได้กับวิชานั้น ๆ

2) ตรวจสอบว่าจำนวนวิชาที่เลือกมามีจำนวนมากกว่าจำนวนวิชาสูงสุดที่สอบร่วมกันได้ในช่วงเวลาเดียวกันหรือไม่

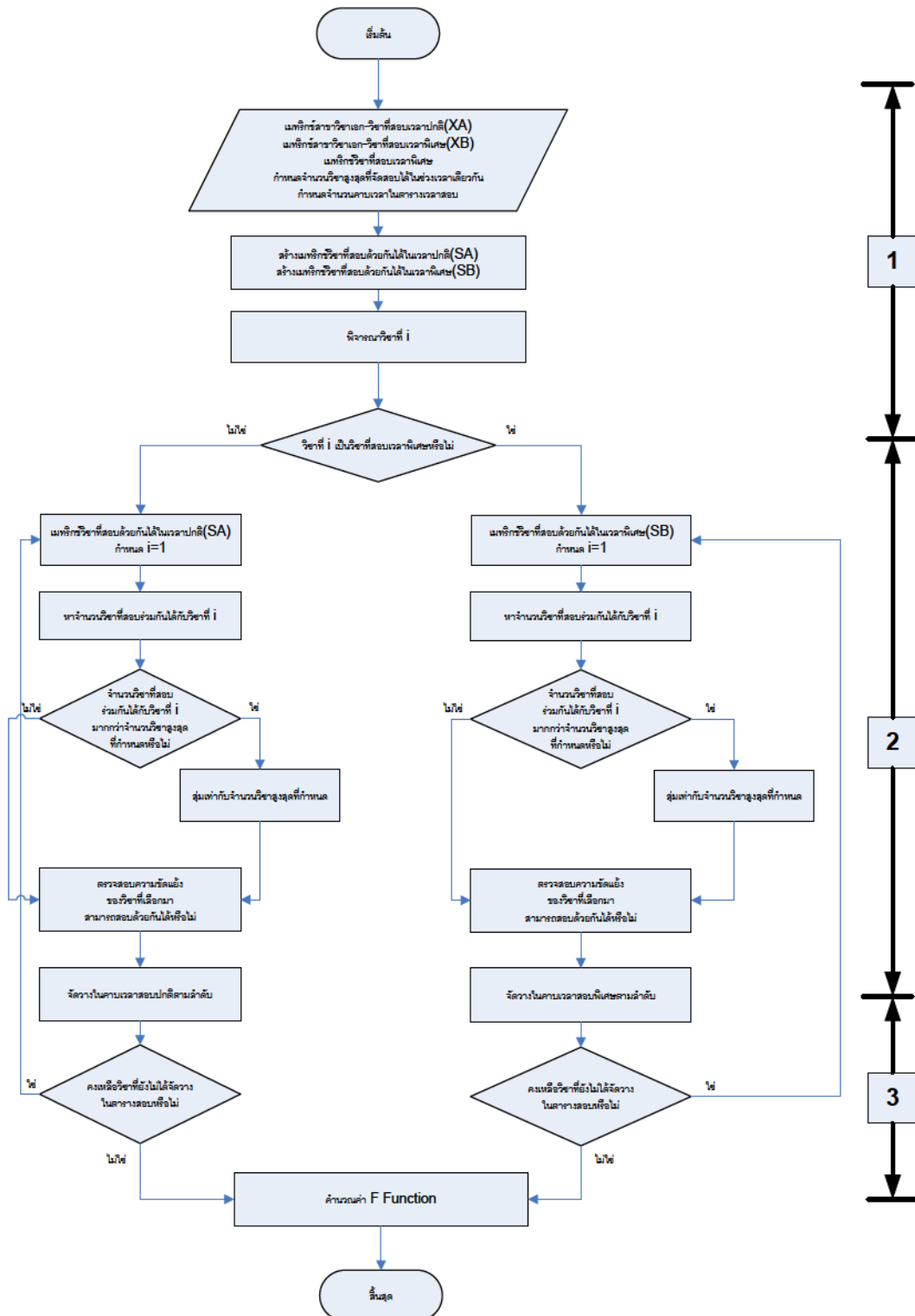
ถ้าจำนวนวิชาที่เลือกมามีจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนวิชาสูงสุดที่จัดสอบในแต่ละช่วงเวลา สามารถจัดวางในคาบเวลาสอบได้ทันที ถ้าจำนวนวิชาที่เลือกมามีจำนวนมากกว่าจำนวนวิชาสูงสุดที่จัดสอบในแต่ละช่วงเวลา ให้สุ่มวิชาต่าง ๆ ที่เลือกมาเท่ากับจำนวนวิชาสูงสุดที่จัดสอบในแต่ละคาบเวลาสอบ

3.11.1.3 ตรวจสอบความขัดแย้งกัน (Conflict)

3.11.1.4 จัดวางลงในตารางเวลาสอบ

3.11.1.5 คำนวณค่าฟังก์ชัน F

ดังนั้น ขั้นตอนการทำงานของอิวิริสติกส์แบบที่ 1 สามารถแสดงได้ดังแผนภาพที่ 3.31



ภาพที่ 3.31 แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิธีจัดกลุ่มและจัดวางแบบสุ่ม
(Random selection with random assignment)

3.11.2 วิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางแผนสุ่ม (Similarity index method with random assignment)

วิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางแผนสุ่ม (Similarity index method with random assignment) มีขั้นตอนดังนี้

3.11.2.1 นำข้อมูลการลงทะเบียนของนักศึกษาใส่ในรูปของเมทริกซ์และตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ 1) เมทริกซ์สาขาวิชาเอก-วิชา ที่สอบเวลาปกติ (XA) 2) เมทริกซ์สาขาวิชาเอก-วิชา ที่สอบเวลาพิเศษ (XB) 3) เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ 4) เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอกที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ 5) เมทริกซ์วิชาที่จัดสอบเวลาพิเศษ 6) จำนวนวิชาสูงสุดที่สอบร่วมกันได้ในช่วงเวลาเดียวกัน 7) จำนวนคาบเวลาสอบในตารางเวลาสอบ

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาพิเศษและเมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix)

3.11.2.2 ตรวจสอบวิชาที่ i เป็นวิชาที่จัดสอบเวลาพิเศษหรือไม่

1) กรณีเป็นวิชาที่จัดสอบเวลาพิเศษ เลือกวิชาที่มีจำนวนนักศึกษามากที่สุด จากเมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ (เมทริกซ์ C) และ พิจารณาวิชาอื่น ๆ ที่สามารถสอบด้วยกันได้กับวิชาที่เลือกจากเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้เวลาพิเศษ

2) กรณีเป็นวิชาที่จัดสอบเวลาปกติ พิจารณาจากเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ โดยทำขั้นตอนเช่นเดียวกับกรณีวิชาที่จัดสอบเวลาพิเศษ (ขั้นตอนที่ 3.11.2.2 ถึง ขั้นตอนที่ 3.11.2.6)

3.11.2.3 เลือกวิชาที่มีความสัมพันธ์กับวิชาที่ i โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความคล้ายคลึง (Similarity index) จากเมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix)

เลือกวิชาที่มีความสัมพันธ์กับวิชาที่ i จากเมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix) พิจารณาค่าดัชนีความคล้ายคลึงระหว่างวิชาที่ i กับวิชาอื่น ๆ ที่สามารถสอบด้วยกันได้จากขั้นตอนที่ 3.11.2.2 โดยเลือกค่าดัชนีความคล้ายคลึงที่น้อยที่สุด นั่นคือวิชาที่เลือกดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกันน้อยที่สุดกับวิชาที่ i

กรณีค่าดัชนีความคล้ายคลึงที่น้อยที่สุดมีมากกว่า 1 วิชา ลำดับวิชา (Subject index) ที่น้อยที่สุดจะถูกเลือกก่อน

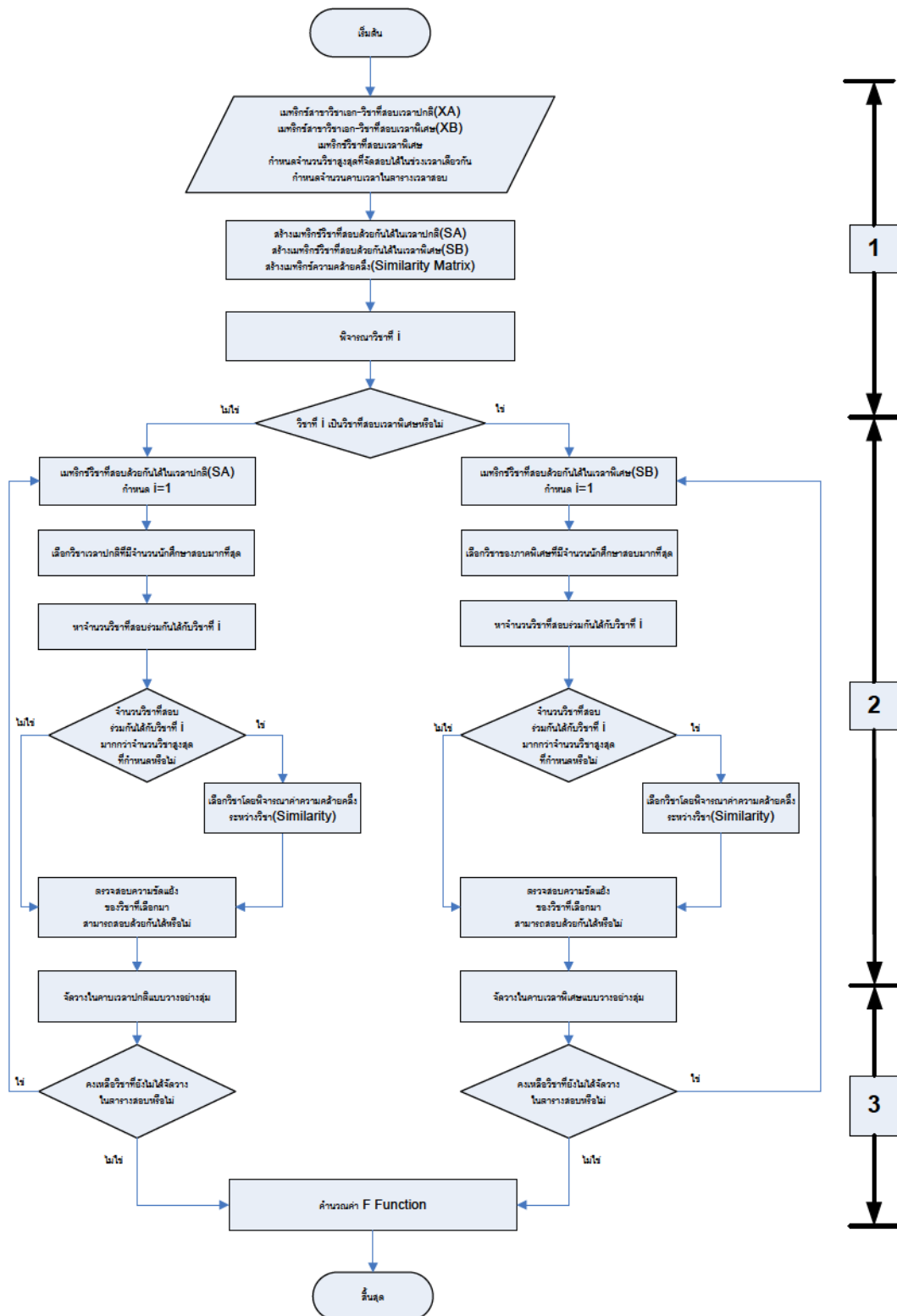
3.11.2.4 ตรวจสอบความขัดแย้งกันของวิชาที่เลือกมาจากขั้นตอนที่ 3.11.2.3

3.11.2.5 ตรวจสอบว่ามีวิชาที่สามารถสอบด้วยกันได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้หรือไม่

3.11.2.6 จัดวางวิชาลงในตารางเวลาสอบโดยจัดวางแบบสุ่ม

3.11.2.7 คำนวณค่าฟังก์ชัน F

ดังนั้น ขั้นตอนการทำงานของอิวิสดิกส์แบบที่ 2 สามารถแสดงได้ดังแผนภาพที่ 3.32



ภาพที่ 3.32 แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิธีดัชนีความคล้ายคลึง-วางแบบสุ่ม
(Similarity index method with random assignment)

3.11.3 วิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางหน้า-หลัง (Similarity index method with start-end point assignment)

วิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางหน้า-หลัง (Similarity index method with start-end point assignment) มีขั้นตอนดังนี้

3.11.3.1 นำข้อมูลการลงทะเบียนของนักศึกษาใส่ในรูปของเมทริกซ์และตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ 1) เมทริกซ์สาขาวิชาเอก-วิชา ที่สอบเวลาปกติ (XA) 2) เมทริกซ์สาขาวิชาเอก-วิชา ที่สอบเวลาพิเศษ (XB) 3) เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ 4) เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอกที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ 5) เมทริกซ์วิชาที่จัดสอบเวลาพิเศษ 6) จำนวนวิชาสูงสุดที่สอบร่วมกันได้ในช่วงเวลาเดียวกัน 7) จำนวนคาบเวลาสอบในตารางเวลาสอบ

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ช่วงเวลาปกติ เมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ช่วงเวลาพิเศษ และเมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix)

3.11.3.2 ตรวจสอบวิชาที่ i เป็นวิชาที่จัดสอบเวลาพิเศษหรือไม่

1) กรณีเป็นวิชาที่จัดสอบเวลาพิเศษ เลือกวิชาที่มีจำนวนนักศึกษามากที่สุด จากเมทริกซ์จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ (เมทริกซ์ C) และพิจารณาวิชาอื่น ๆ ที่สามารถสอบด้วยกันได้กับวิชาที่เลือกจากเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้เวลาพิเศษ

2) กรณีเป็นวิชาที่จัดสอบเวลาปกติ พิจารณาจากเมทริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ในช่วงเวลาปกติ โดยทำขั้นตอนเช่นเดียวกับกรณีเป็นวิชาที่จัดสอบเวลาพิเศษ (ขั้นตอนที่ 3.11.3.2 ถึง ขั้นตอนที่ 3.11.3.6)

3.11.3.3 เลือกวิชาที่มีความสัมพันธ์กับวิชาที่ i โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความคล้ายคลึง (Similarity index) จากเมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix)

เลือกวิชาที่มีความสัมพันธ์กับวิชาที่ i จากเมทริกซ์ความคล้ายคลึง (Similarity matrix) พิจารณาค่าดัชนีความคล้ายคลึงระหว่างวิชาที่ i กับวิชาอื่น ๆ ที่สามารถสอบด้วยกันได้จาก ขั้นตอนที่ 3.11.3.2 โดยเลือกค่าดัชนีความคล้ายคลึงที่น้อยที่สุด นั่นคือวิชาที่เลือกดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกันน้อยที่สุดกับวิชาที่ i

กรณีค่าดัชนีความคล้ายคลึงที่น้อยที่สุดมีมากกว่า 1 วิชา ลำดับวิชา (Subject index) ที่น้อยที่สุดจะถูกเลือกก่อน

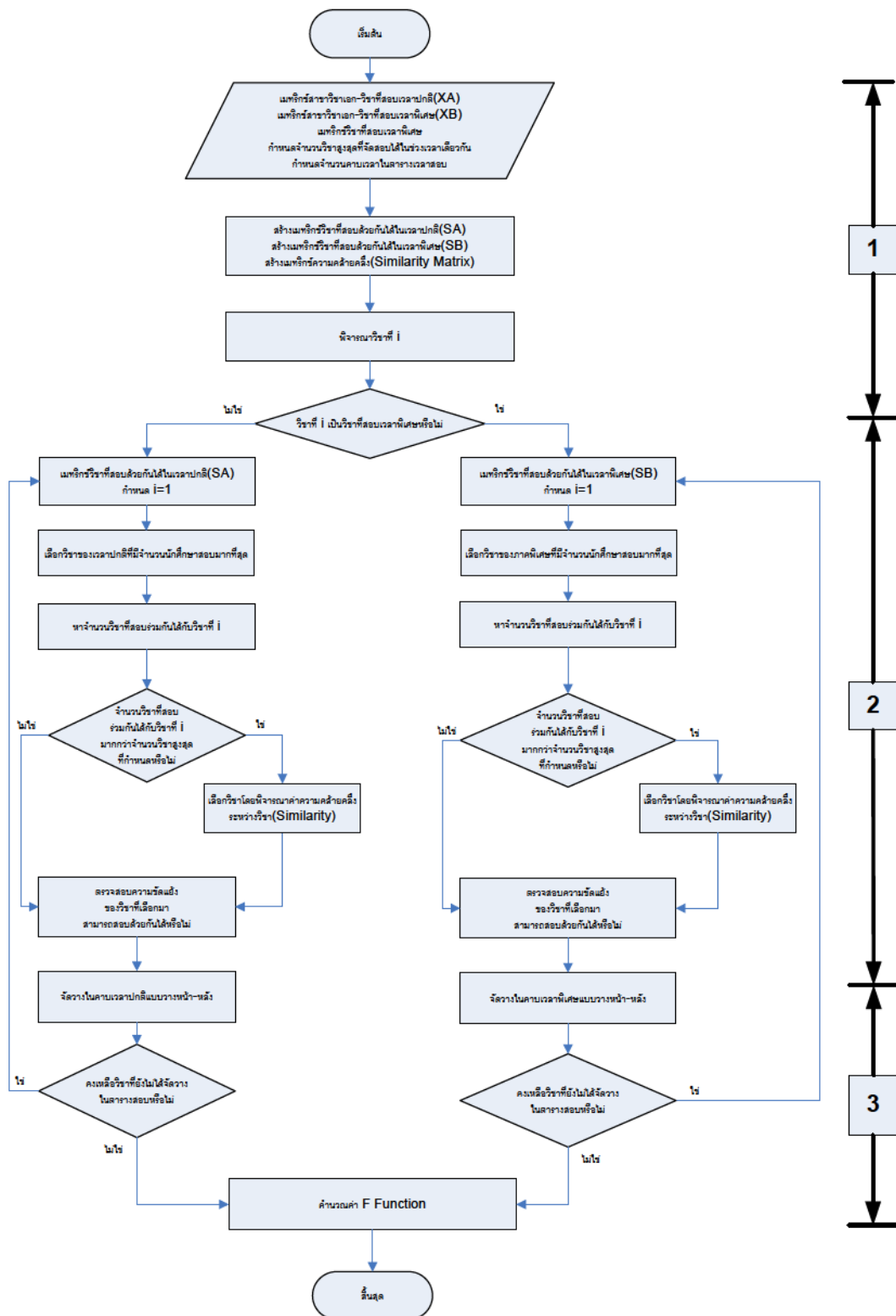
3.11.3.4 ตรวจสอบความขัดแย้งกันของวิชาที่เลือกมาจากขั้นตอนที่ 3.11.3.3

3.11.3.5 ตรวจสอบว่ามีวิชาที่สามารถสอบด้วยกันได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้หรือไม่

3.11.3.6 จัดวางวิชาลงในตารางเวลาสอบโดยจัดวางแบบหน้า-หลัง

3.11.3.7 คำนวณค่าฟังก์ชัน F

ดังนั้น ขั้นตอนการทำงานของอิวิสดิกส์แบบที่ 3 สามารถแสดงได้ดังแผนภาพที่ 3.33



ภาพที่ 3.33 แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางหน้า-หลัง
(Similarity index method with start-end point assignment)

3.12 การวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดตารางเวลาสอบ

การวัดประสิทธิผลของฮิวริสติกส์ ใช้ฟังก์ชัน F เพื่อหาผลรวมของการกระจายคาบเวลาสอบ โดยกำหนดฟังก์ชัน F เป็นฟังก์ชันผลรวมระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบของนักศึกษาแต่ละคน เนื่องจากมีนักศึกษาที่ลงทะเบียนเหมือนกันเป็นกลุ่ม จึงให้ ST_i แทนจำนวนนักศึกษาในกลุ่มที่ i ซึ่งกลุ่มนักศึกษานี้ อาจเป็นกลุ่มนักศึกษาในสาขาวิชาเอกใดวิชาเอกหนึ่ง หรือ นักศึกษาในชั้นปีใดชั้นปีหนึ่ง หรืออาจเป็นกลุ่มนักศึกษาเพียงไม่กี่คนที่อยู่ต่างสาขาวิชาเอกต่างชั้นปีแต่ลงทะเบียนเหมือนกันก็ได้

$$F = \sum_{i=1}^M (ST_i \times Diff_i) \quad (3.8)$$

เมื่อ ST_i แทนจำนวนนักศึกษากลุ่มที่ i โดยที่ $i=1, 2, \dots, M$

$Diff_i$ แทนผลรวมของระยะห่างของคาบเวลาสอบของนักศึกษากลุ่มที่ i

ตัวอย่าง การคำนวณค่าฟังก์ชัน F

จากเมทริกซ์ความสัมพันธ์ของกลุ่มนักศึกษา-วิชา (X) พิจารณา นักศึกษากลุ่มที่ 1 (แถวที่ 1) แสดงในภาพที่ 3.34 เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละกลุ่มในภาพที่ 3.35 และตารางเวลาสอบที่จัดขึ้นด้วยฮิวริสติกส์ที่นำเสนอด้วยภาพที่ 3.36

วิชา																	
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

กลุ่ม

ภาพที่ 3.34 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของกลุ่มนักศึกษา-วิชา (X)

พิจารณา สาขาวิชาเอกที่ 1 (แถวที่ 1)

เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละกลุ่ม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ

$$ST_i = [20 \ 10 \ 15 \ 30 \ 35 \ 10 \ 25 \ 20 \ 30 \ 1]^T$$

ภาพที่ 3.35 เมทริกซ์จำนวนนักศึกษาแต่ละสาขาวิชาเอก ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาต่าง ๆ

ตารางเวลาสอบ

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
6		5	1		9	2		8	3		4
18		10	12		19	11		-	16		7
-		-	14		-	15		-	17		13

ภาพที่ 3.36 ตารางเวลาสอบที่จัดเสร็จสมบูรณ์

จากภาพที่ 3.34 กลุ่มที่ 1 มีวิชาที่สอบในตารางเวลาสอบคือ วิชาที่ 1 2 และ 3 จากตารางเวลาสอบที่จัดได้ วิชาที่กลุ่มที่ 1 สอบนั้นมีผลต่างระยะของการสอบเท่ากับ 3 และ 3 ตามลำดับ และจากภาพที่ 3.35 จำนวนนักศึกษาสาขาวิชาเอกที่ 1 คือ 20 คน ดังนั้น ค่าของฟังก์ชัน F คือ $(20 \times 3) + (20 \times 3) = 120$

บทที่ 4

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

ในบทที่ผ่านมาได้นำเสนอฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธี ในบทนี้จะนำเสนอการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ดังกล่าว โดยการจำลองปัญหาคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาโปรเซสเซอร์ Intel (R) Pentium (R) M Processor (1400 MHz) ประกอบด้วย 752 MB DDR RAM และฮาร์ดดิสก์ขนาด 30 GB ทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP Professional และโปรแกรมสำหรับทดลองคือโปรแกรม MATLAB เวอร์ชัน 7.0

4.1 การทดสอบวิธีฮิวริสติกส์ที่นำเสนอ

จากฮิวริสติกส์ที่สร้างขึ้นทั้ง 3 วิธี ได้นำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ โดยใช้ตัวอย่างปัญหา 10 ปัญหาที่มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งปัญหามีจำนวนวิชาตั้งแต่ 19 ถึง 60 วิชา และจำนวนกลุ่มนักศึกษาหรือจำนวนสาขาวิชาเอกมีตั้งแต่ 10 ถึง 30 กลุ่มหรือสาขาวิชาเอก จำนวนนักศึกษาที่ใช้ในการประมวลผลมีอยู่ในช่วง 196 ถึง 895 คน จำนวนคาบสอนสูงสุดเท่ากับ 27 คาบสอน คือประมาณ 2 สัปดาห์ (ไม่รวมวันเสาร์-อาทิตย์) ส่วนความหนาแน่นวิชา (เปอร์เซ็นต์) หมายถึง จำนวนวิชาที่ต้องจัดในตารางเวลาสอบที่นักศึกษาทั้งหมดได้ลงทะเบียนเรียน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของวิชาต่าง ๆ ของกลุ่มนักศึกษาหรือสาขาวิชาเอก เนื่องจาก ฮิวริสติกส์ที่ 1 มีการเลือกจัดกลุ่มวิชาแบบสุ่มและการวางแบบสุ่มและฮิวริสติกส์ที่ 2 มีการวางแบบสุ่มมีกลไกการสุ่มที่ทำให้แต่ละครั้งที่มีการทดสอบอาจได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันไปบ้าง จึงทำให้ต้องทดสอบหลายครั้งเพื่อหาค่าสถิติ ในที่นี้มีการทำซ้ำ 30 ครั้ง

ตารางที่ 4.1 ลักษณะปัญหาทดสอบ

ปัญหา	จำนวน สาขาวิชา	จำนวน วิชา	จำนวน นักศึกษา	จำนวน คาบเวลาสอบ สูงสุด	จำนวนวิชา สูงสุด แต่ละคาบเวลา สอบ	ความ หนาแน่นวิชา (เปอร์เซ็นต์)
1	10	19	196	12	3	18
2	19	30	385	12	3	30
3	15	25	643	12	3	12
4	10	50	298	15	6	20
5	30	60	895	27	6	30
6	15	30	585	12	4	20
7	13	22	349	20	3	15
8	24	40	627	25	3	12
9	17	32	483	15	4	20
10	26	45	659	27	4	22

เมื่อนำตัวอย่างปัญหาทั้ง 10 ปัญหา มาประมวลผลโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธี สามารถสรุปค่าของฟังก์ชัน F ได้ดังตารางที่ 4.2 และสามารถแสดง Box plot ได้ในภาพที่ 4.1 ถึง 4.10 พบว่า การทดสอบจัดการเวลาสอบด้วยวิธีฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธี โดยใช้ชุดข้อมูลที่ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกัน พบว่า ฮิวริสติกส์วิธีที่ 1 และ 2 ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน F ที่ใกล้เคียงกัน

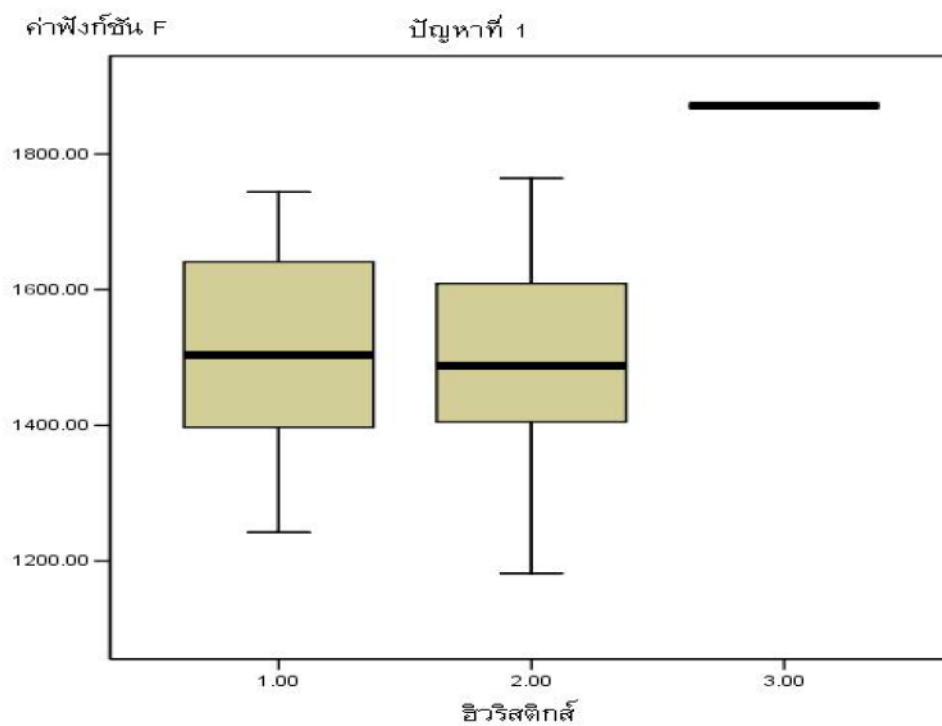
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าของฟังก์ชัน F สำหรับฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธี

ปัญหา	วิธี ฮิวริสติกส์	ค่าของฟังก์ชัน F			ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าฟังก์ชัน F
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย		
1	1	1,744	1,242	1,524.47	145.09	(1,472.573 , 1,576.361)
	2	1,764	1,182	1,495.37	144.30	(1,403.473 , 1,507.261)
	3			1,871*		
2	1	3,896	2,486	3,128.9	390.93	(2,737.971 , 3,519.829)
	2	3,303	2,031	2,493.3	350.41	(2,142.89 , 2,843.71)
	3			3,088*		
3	1	6,291	3,508	4,723.17	609.21	(4,113.96 , 5,332.373)
	2	4,731	3,339	3,988.73	417.31	(3,571.427 , 4,406.039)
	3			4,630*		
4	1	3,776	3,349	3,595.83	127.21	(3,468.625 , 3,723.042)
	2	3,844	3,533	3,720.2	97.66	(3,622.54 , 3,817.86)
	3			3,997*		
5	1	27,941	25,112	26,461.8	750.24	(25,711.56 , 27,212.04)
	2	28,158	25,067	26,773.27	828.78	(25,944.48 , 27,602.05)
	3			26,964*		
6	1	6,209	4,652	5,590.27	403.45	(5,186.82 , 5,993.713)
	2	6,322	5,128	5,701.03	358.90	(5,342.129 , 6,059.938)
	3			6,144*		
7	1	1,533	948	1,222.77	178.87	(1,198.495 , 1,326.505)
	2	1,542	935	1,286.30	174.09	(1,223.999 , 1,348.601)
	3			1,563*		
8	1	25,935	22,388	24,034.10	807.714	(23,754.03 , 24,323.10)
	2	25,832	22,276	24,147.30	787.654	(23,865.44 , 24,429.16)
	3			25,123*		
9	1	6,836	5,469	6,293.60	429.268	(6,139.988 , 6,447.212)
	2	6,892	5,484	6,307.03	421.872	(6,156.068 , 6,457.998)
	3			6,287*		

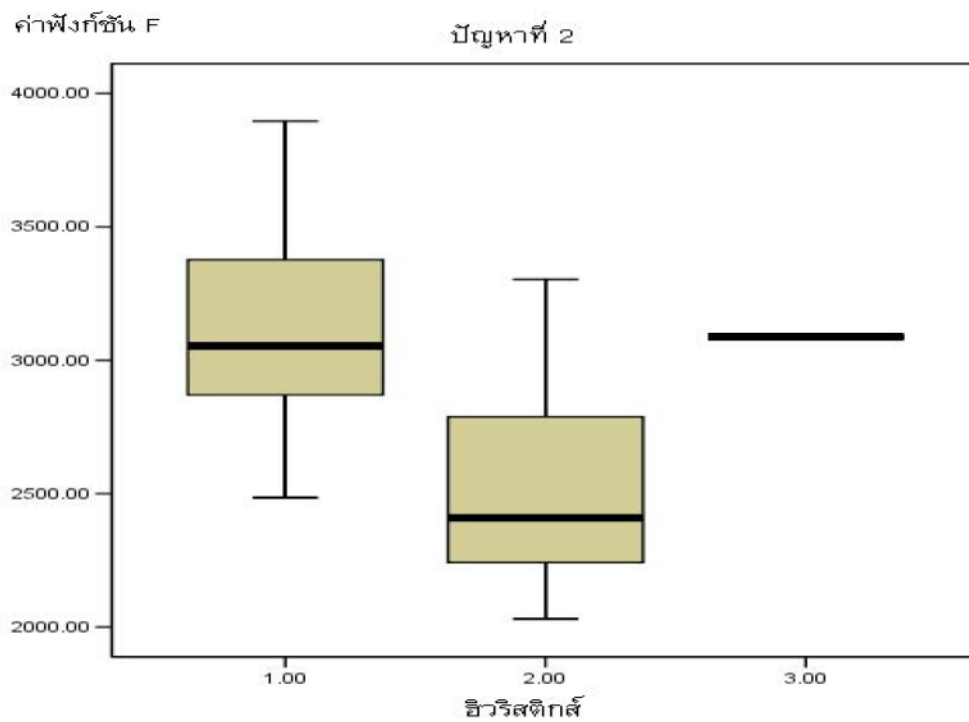
ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ปัญหา	วิธี ฮิวริสติกส์	ค่าของฟังก์ชัน F			ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าฟังก์ชัน F
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย		
10	1	26,472	21,819	24,013.97	1,205.084	(23,582.73 , 24,445.20)
	2	26,269	21,646	24,077.80	1,177.378	(23,656.50 , 24,499.10)
	3			24,159*		

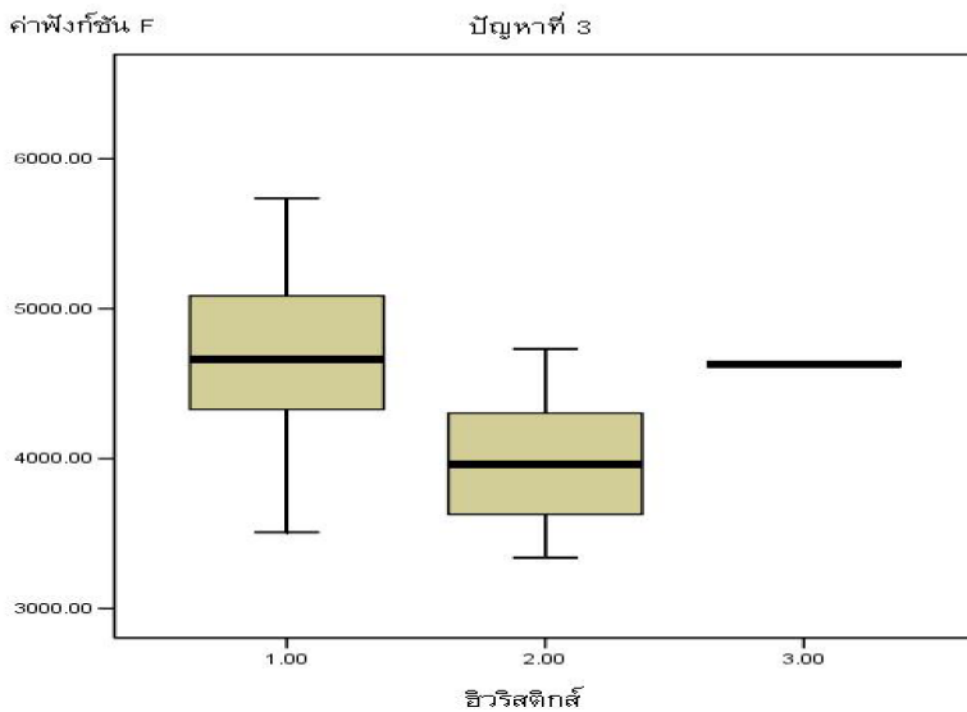
หมายเหตุ: * คือ ค่าจากการประมวลผลโดยไม่ต้องทำซ้ำ



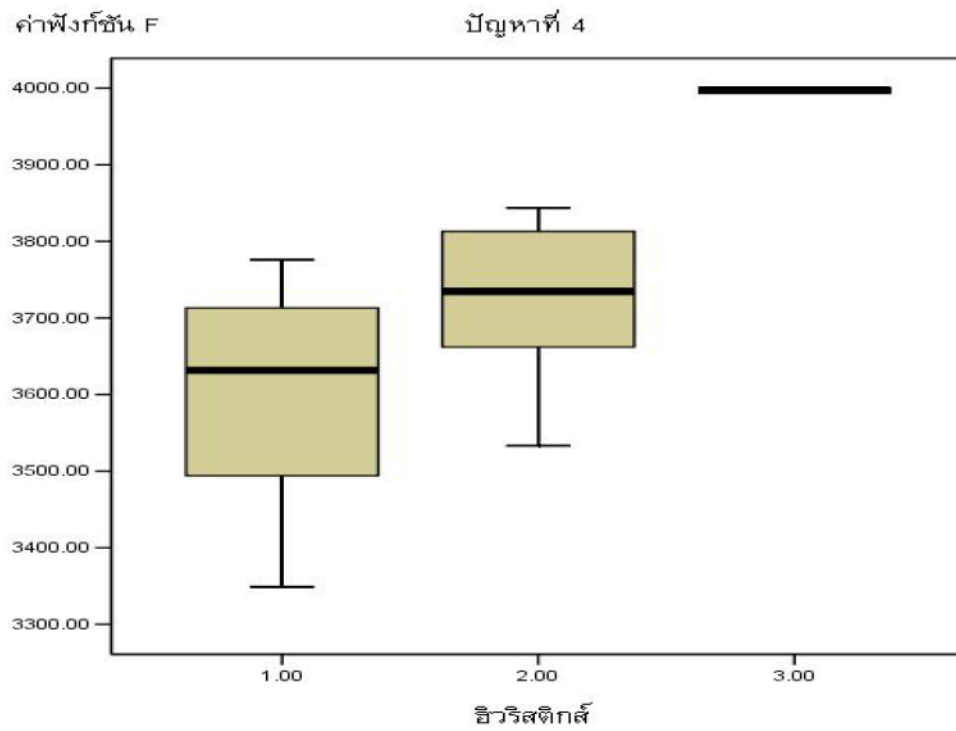
ภาพที่ 4.1 การเปรียบเทียบฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 1



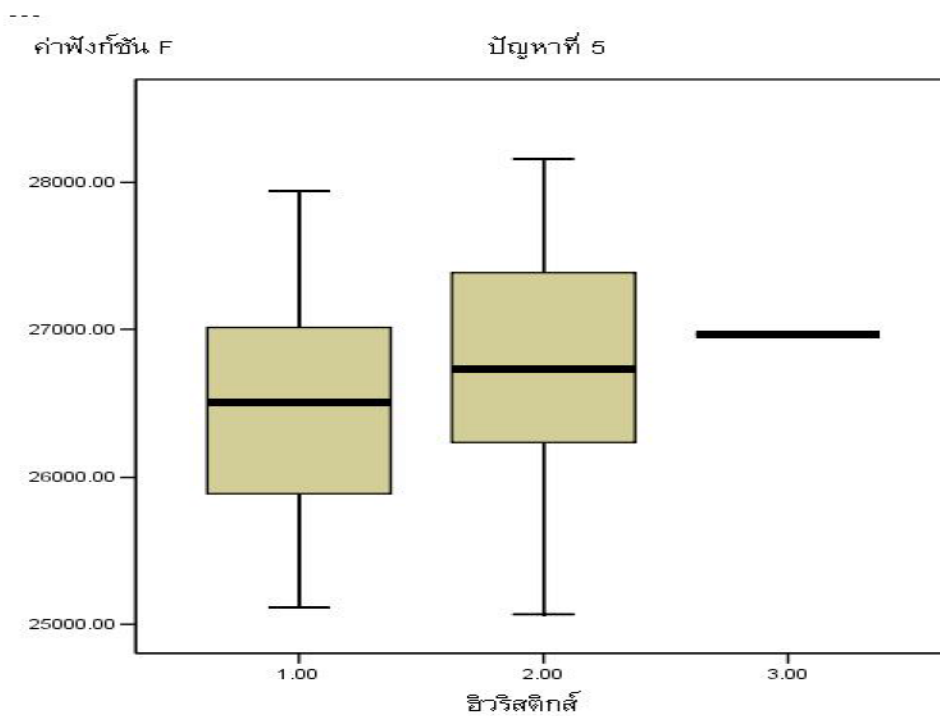
ภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบวิธีสถิติทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 2



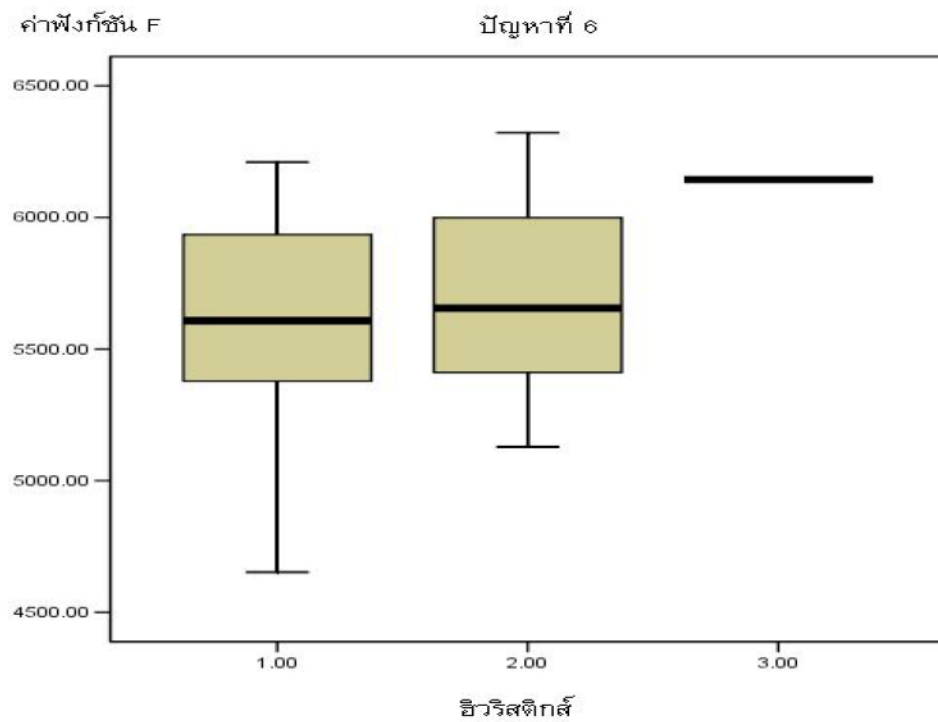
ภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบวิธีสถิติทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 3



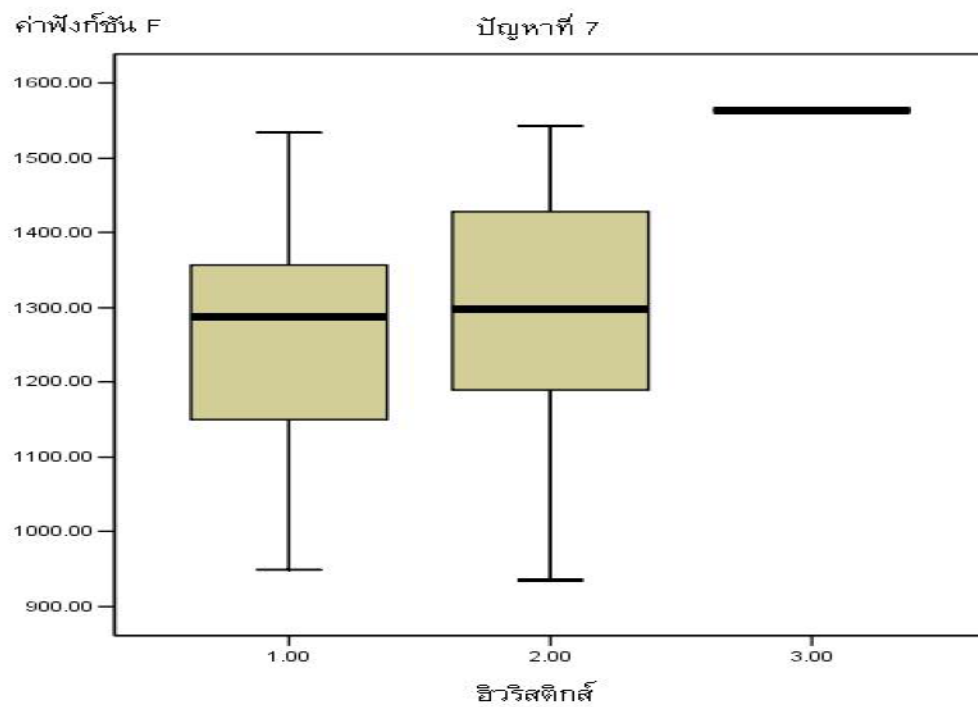
ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบวิธีสถิติทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 4



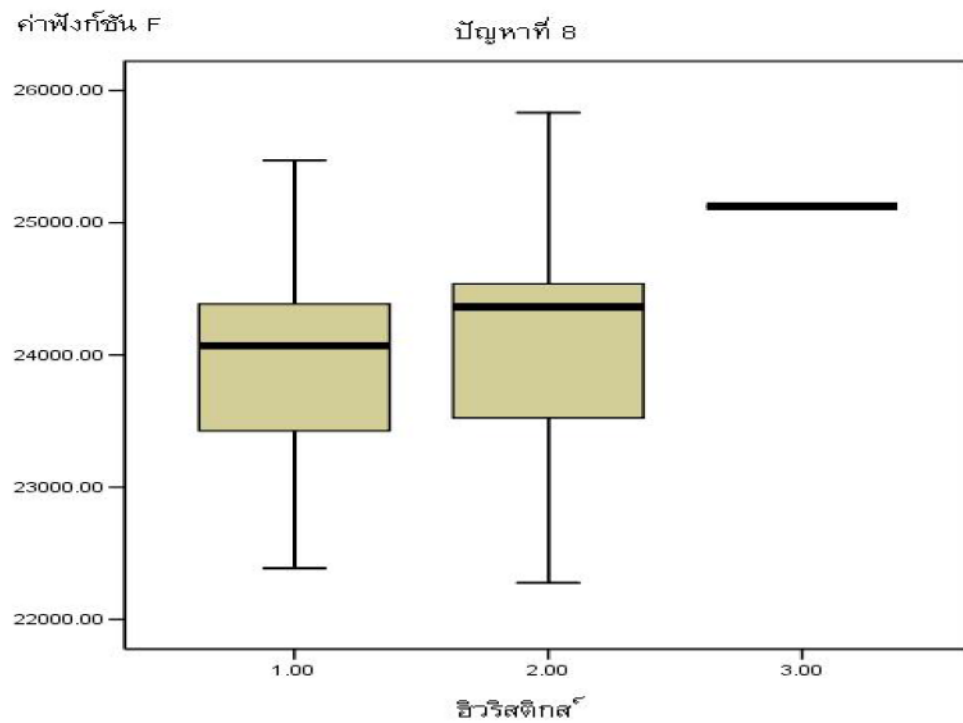
ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบวิธีสถิติทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 5



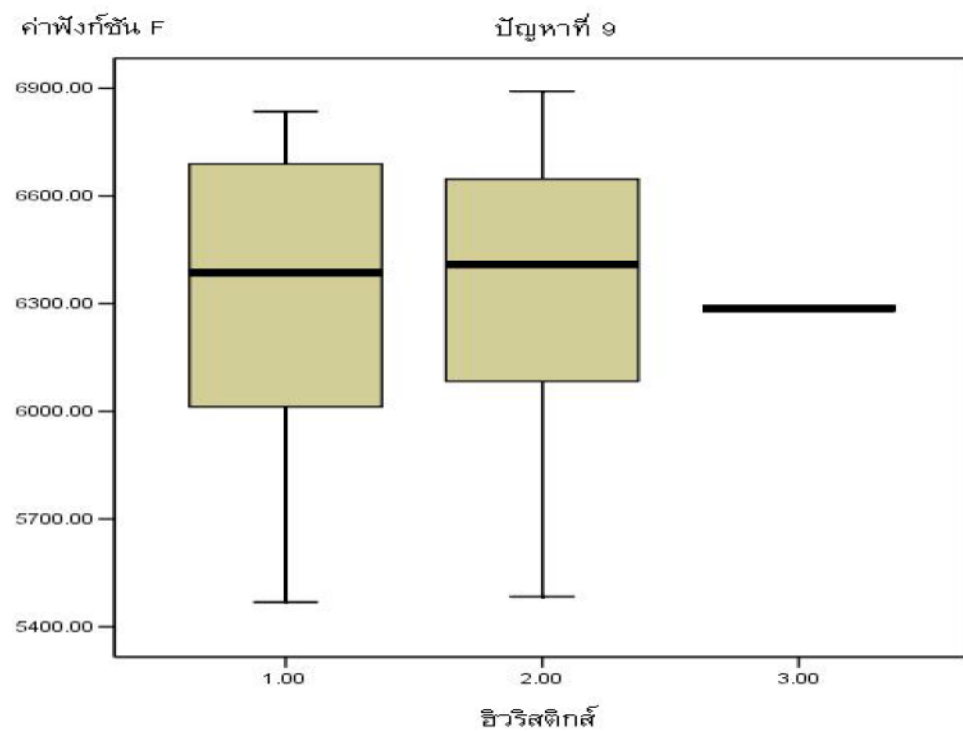
ภาพที่ 4.6 การเปรียบเทียบวิธีสถิติทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 6



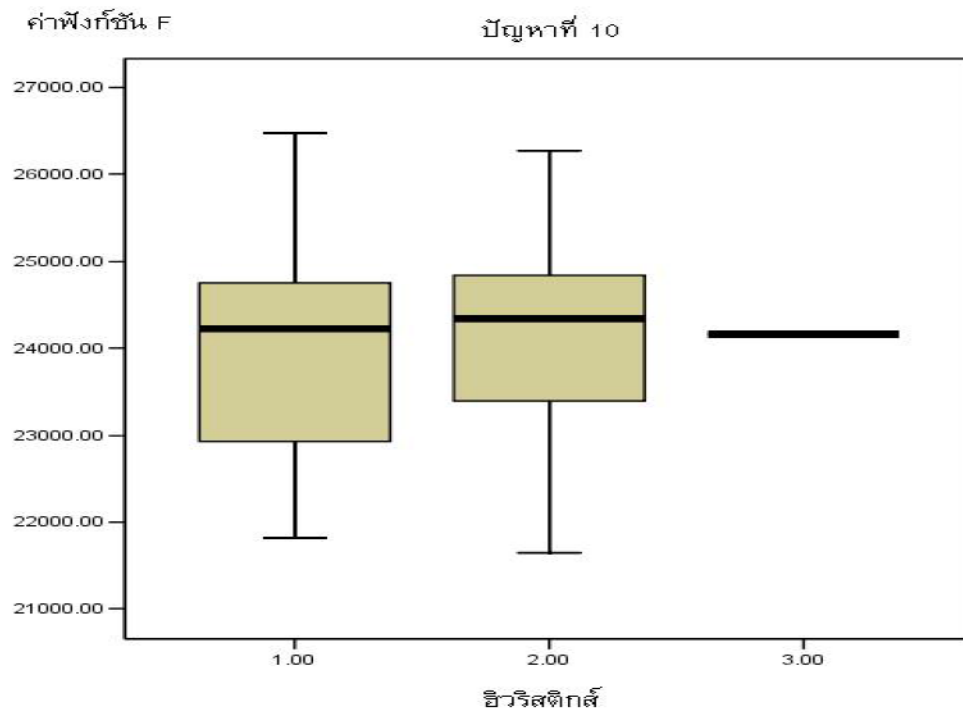
ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบวิธีสถิติทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 7



ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบวิธีสถิติทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 8



ภาพที่ 4.9 การเปรียบเทียบวิธีสถิติทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 9



ภาพที่ 4.10 การเปรียบเทียบวิธีสถิติทั้ง 3 วิธีของปัญหาที่ 10

อย่างไรก็ตามจากภาพที่ 4.1 ถึง 4.10 เมื่อพิจารณาช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของค่าฟังก์ชัน F ที่ได้จากวิธีที่ 1 และ 2 พบว่า ส่วนใหญ่ค่าฟังก์ชัน F ที่ได้จากวิธีที่ 3 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน F ของวิธีที่ 1 และ 2 ยกเว้นปัญหาที่ 2 3 และ 9 เมื่อพิจารณาช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของค่าฟังก์ชัน F พบว่า ค่าฟังก์ชัน F ของวิธีที่ 3 มีค่าสูงกว่า 95 % ของค่าฟังก์ชัน F ในวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ใน 5 ปัญหา คือ 1 4 6 7 และ 8 แต่อีก 5 ปัญหาที่เหลือมีค่าฟังก์ชัน F ตกอยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 95 % ดังกล่าว ทำให้ต้องมีการทดสอบเพิ่มเติมว่าค่าฟังก์ชัน F ของวิธีที่ 3 ดีกว่าวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

ในการเปรียบเทียบค่าฟังก์ชัน F สำหรับวิธีที่ 1 และ 2 แตกต่างจากวิธีที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เนื่องจากค่าฟังก์ชัน F นั้น แต่ละปัญหามีค่าแตกต่างกันมาก ในงานวิจัยนี้จึงขอวิเคราะห์ค่าความเบี่ยงเบน (Deviation) ที่แสดงความเบี่ยงเบนไปของค่าฟังก์ชัน F ที่ได้จากวิธีที่ 1 หรือวิธีที่ 2 เทียบค่าของค่าฟังก์ชัน F จากวิธีที่ 3 ดังนั้น จึงกำหนดให้

w_{ij} แทนค่าฟังก์ชัน F ที่ได้จากการใช้วิธีสถิติที่ i กับปัญหาที่ j

$$i = 1, 2 \text{ และ } j = 1, 2, 3, \dots, 10$$

x_j แทนค่าฟังก์ชัน F ที่ได้จากการใช้วิธีสถิติที่ 3

$$\text{deviation}_i(\%) = \left[\frac{w_{ij} - x_j}{x_j} \right] \times 100 \quad (4.1)$$

สมมติฐานในการทดสอบ กำหนดดังนี้

$$H_0 : \mu_{\text{deviation}_1} = \mu_{\text{deviation}_2} = 0$$

H_1 : มีค่าของ $\mu_{\text{deviation}_1}$ หรือ $\mu_{\text{deviation}_2}$ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับศูนย์

จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยให้ตัวอย่างปัญหาเป็นตัวแปรบล็อก (Block variable) สามารถแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่า ค่าฟังก์ชัน F จากวิธีที่ 1 หรือ 2 แตกต่างกันจากค่าฟังก์ชัน F ในวิธีที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

เนื่องจากวิชาในแต่ละกลุ่มมีความเหมือนกันมาก การวางห่าง ๆ กันจะทำให้ได้ค่าฟังก์ชัน F สูงกว่าหรือมีการกระจายระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบมากกว่า และการเลือกกลุ่มของวิธีที่ 3 มีการเลือกโดยเริ่มเลือกกลุ่มที่มีจำนวนนักศึกษามากที่สุดก่อนแล้วนำไปวางคาบเวลาสอบอันดับเริ่มต้น จากนั้นเลือกกลุ่มที่มีนักศึกษาจำนวนมาอันดับรองลงมานำไปวางคาบเวลาสอบอันดับสุดท้าย จึงทำให้มีการกระจายระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบมากกว่า

ตารางที่ 4.3 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์(f)

Source	DF	SS	MS	F	P-value
Method	2	25343260.487	12671630.243	54.576	0.000
Problem	9	88403421687.357	9822602409.706	42305.316	0.000
Error	870	201999769.833	232183.643		
Total	900	181346965861.000			

4.2 การนำวิธีฮิวริสติกส์ไปใช้กับกรณีศึกษา

เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการใช้ฮิวริสติกส์กับปัญหาขนาดใหญ่ที่มีอยู่จริง งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลการลงทะเบียนของนักศึกษาคณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ประจำปีภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 และ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 โดยข้อมูลนำเข้ามีลักษณะที่สำคัญแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ลักษณะกรณีศึกษา

ปัญหา	จำนวนสาขาวิชา	จำนวนวิชา	จำนวนนักศึกษา	จำนวนคาบเวลาสอบสูงสุด	จำนวนวิชา	จำนวนความหนาแน่นวิชา (เปอร์เซ็นต์)
					สูงสุดแต่ละคาบเวลาสอบ	
กรณีศึกษา 1	38	67	484	33	3	13.84
กรณีศึกษา 2	34	50	531	33	3	9.42

หมายเหตุ: * คือ จำนวนความหนาแน่นวิชา (เปอร์เซ็นต์) หมายถึง จำนวนวิชาที่ต้องจัดในตารางเวลาสอบที่นักศึกษาทั้งหมดได้ลงทะเบียนเรียน

เมื่อนำปัญหาปัจจุบันของคณะสถิติประยุกต์ไปจัดตารางเวลาสอบ โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ที่นำเสนอ ได้ผลดังตารางที่ 4.6

จากการเปรียบเทียบค่าฟังก์ชัน F แต่ละฮิวริสติกส์ ซึ่งได้กำหนดจำนวนคาบเวลาสอบสูงสุดเท่ากับ 33 คาบ เช่นเดียวกับที่กำหนดในการจัดตารางเวลาสอบโดยเจ้าหน้าที่นั้น พบว่า ทั้งสามวิธีสามารถจัดตารางเวลาสอบได้ โดยพบว่า กรณีศึกษา 1 นั้น วิธีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน F สูงสุด คือ 10,989 และส่วนวิธีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน F คือ 9,044.40 และวิธีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน F คือ 9,293.97 เมื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิธีที่ 1 และ 2 ที่มีการทดลองทำซ้ำจำนวน 30 ครั้ง พบว่า วิธีที่ 2 มีการกระจายของค่าฟังก์ชัน F มากกว่าวิธีที่ 1 และ กรณีศึกษา 2 พบว่า วิธีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน F สูงสุด คือ 7,168 และส่วนวิธีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน F คือ 6,510.26 และวิธีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน F คือ 6,621.80 เมื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิธีที่ 1 และ 2 ที่มีการทดลองทำซ้ำจำนวน 30 ครั้ง พบว่า วิธีที่ 1 มีการกระจายของค่าฟังก์ชัน F

มากกว่าวิธีที่ 2 เมื่อพิจารณาช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของค่าฟังก์ชัน F ที่ได้จากวิธีที่ 1 และ วิธีที่ 2 ยังคงต่ำกว่าค่าฟังก์ชัน F ที่ได้จากวิธีที่ 3 แสดงว่า ค่าฟังก์ชัน F ของวิธีที่ 3 นั้นแตกต่างจากวิธีที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้เวลาที่ใช้ในการประมวลผลไม่เกิน 3 นาทีทั้งสองกรณีศึกษา ซึ่งไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการวางแผนในการจัดตารางเวลาสอบในแต่ละภาคการศึกษา

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน F แต่ละฮิวริสติกส์

ปัญหา	วิธี ฮิวริสติกส์	ค่าของฟังก์ชัน F				ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าฟังก์ชัน F
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	
กรณีศึกษา1	1	9,975	8,048	9,044.4	548.51	(8,848.119 , 9,240.681)
	2	10,522	8,003	9,293.97	611.28	(9,075.223 , 9,512.71)
	3			10,989*		
กรณีศึกษา2	1	7,264	5,249	6,510.26	611.62	(6,291.387 , 6,729.147)
	2	7,348	5,369	6,621.80	498.95	(6,443.254 , 6,800.346)
	3			7,168*		

หมายเหตุ: * คือ ค่าจากการประมวลผลโดยไม่ต้องทำซ้ำ

บทที่ 5

ความเป็นไปได้ของตารางเวลาสอบ

จากอิวิริสติกส์ที่ได้ในบทที่ 4 ทำให้เราสามารถหาวิธีการจัดตารางเวลาสอบได้ภายใต้เงื่อนไขหลักและเงื่อนไขรอง อย่างไรก็ตาม ปัญหาการจัดตารางเวลาสอบที่จะต้องจัดทำในแต่ละภาคการศึกษาหรือปีการศึกษาอาจมีจำนวนวิชามากน้อยแตกต่างกัน รวมทั้งมีระยะเวลาจัดสอบมากน้อยแตกต่างกันด้วย ทำให้ผู้วางแผนต้องการทราบว่า การจัดตารางเวลาสอบครั้งนี้สามารถหาแผนการจัดสอบที่สอดคล้องกับเงื่อนไขหลัก ซึ่งเป็นเงื่อนไขพื้นฐานในการจัดตารางเวลาสอบได้หรือไม่

ดังนั้น ในบทนี้จึงขอก้าวถึงเทคนิคในการจัดกลุ่มวิชาที่สามารถสอบด้วยกันได้ โดยขนาดของกลุ่มจะสอดคล้องกับจำนวนวิชาสูงสุดที่สามารถจัดสอบได้ในคาบเวลาเดียวกัน และจำนวนกลุ่มจะสอดคล้องกับจำนวนคาบเวลาสูงสุดในการสอบ ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดียเป็นตัวแบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้จัดกลุ่มวิชาสอบได้ ดังนี้

5.1 ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดีย (P-median model)

ในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ที่เป็นไปตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่กำหนด ผู้วิจัยมีการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจง่าย ดังนี้

n คือ จำนวนวิชาทั้งหมด

M คือ จำนวนสาขาวิชาเอก

p คือ จำนวนของกลุ่มวิชาที่ต้องการ

i คือ ดัชนีของจำนวนวิชา $i = 1, 2, \dots, n$

j คือ ดัชนีของจำนวนวิชา $j = 1, 2, \dots, n$

y คือ ดัชนีของจำนวนสาขาวิชาเอก $y = 1, 2, \dots, M$

X_3 คือ เมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างสาขาวิชาเอกและวิชา ขนาด $M \times n$

x_{yj} คือ สมาชิกในเมทริกซ์ ที่มีค่าเป็น 1 เมื่อนักศึกษาในสาขา y ต้องสอบวิชา j และมีค่าเป็น 0 ถ้านักศึกษาในสาขา y ไม่ต้องสอบวิชา j

d_{ij} คือ ค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างวิชา i และ j

$$d_{ij} = \sum_{y=1}^M \delta(x_{yi}, x_{yj})$$

โดยที่ $\delta(x_{yi}, x_{yj}) = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าสมาชิกตำแหน่งที่ } x_{yi} = x_{yj} = 1 \\ 0 & \text{ถ้าเป็นอย่างอื่น} \end{cases}$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าวิชาที่ } i \text{ อยู่กลุ่มที่ } j \text{ โดย } i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,n \\ 0 & \text{ที่ค่าอื่น ๆ} \end{cases}$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function)

วัตถุประสงค์ของตัวแบบ คือ ผลรวมของค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างวิชาสอนของนักศึกษาในแต่ละกลุ่มให้มิต่ำน้อยที่สุด

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} \quad (5.1)$$

ข้อจำกัด (Constraints)

ข้อจำกัดมีทั้งหมด 5 ข้อจำกัด ดังนี้

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (5.2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jj} = p \quad (5.3)$$

$$x_{ij} \leq x_{jj} \quad \forall i, j \quad (5.4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad (5.5)$$

$$x_{jj} \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (5.6)$$

ข้อจำกัดที่ 5.2 แสดงว่า แต่ละวิชาจะถูกจัดรวมกลุ่มวิชาเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น ส่วนข้อจำกัดที่ 5.3 เป็นการระบุถึงจำนวนของกลุ่มวิชาที่ต้องการ ข้อจำกัดที่ 5.4 กำหนดว่า ถ้าวิชาที่ i ถูกจัดรวมกลุ่มที่ j แล้วต้องมีการรวมกลุ่มวิชาที่ j เกิดขึ้น ข้อจำกัดที่ 5.5 และ 5.6 แสดงว่า ตัวแปรทุกตัวเป็นตัวแปรไบนารี (Binary variable)

5.2 ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีเดียกับการจัดกลุ่มวิชาสอบ

หัวข้อนี้จะแสดงถึงการนำตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีเดียมาจัดวิชาสอบลงในกลุ่มวิชา โดยในตัวแบบนี้จะมีการระบุจำนวนกลุ่ม (p) ไว้ ซึ่งในการจัดตารางเวลาสอบ เราอาจกำหนด p แทนจำนวนคาบเวลาสอบทั้งหมดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ถ้าตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีเดียสามารถหาผลเฉลยที่เป็นไปได้แล้ว แสดงว่า ในการจัดตารางเวลาสอบครั้งนี้สามารถจัดสอบทุกวิชาในตารางเวลาสอบได้โดยไม่ขัดกับเงื่อนไขที่กำหนด แต่ถ้าตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีเดียไม่สามารถให้ผลเฉลยที่เป็นไปได้ แสดงว่า เราไม่สามารถสร้างตารางเวลาสอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด

การทดสอบปัญหาการจัดตารางเวลาสอบโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีเดีย (P-median model) ผู้วิจัยสร้างตัวอย่างปัญหา 3 ปัญหา ที่มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน ได้แก่ ขนาดของปัญหา (จำนวนวิชา) จำนวนสาขาวิชาเอก จำนวนเงื่อนไข จำนวนตัวแปร และความหนาแน่นของปัญหา ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งตัวอย่างปัญหามีจำนวนวิชาตั้งแต่ 6 ถึง 20 วิชา จำนวนสาขาวิชาเอก 6 สาขาวิชาเอกเท่ากันทั้ง 3 ปัญหา จำนวนเงื่อนไขมีตั้งแต่ 138 ถึง 1,403 เงื่อนไข จำนวนตัวแปรที่ใช้ในการประมวลผลมีอยู่ในช่วง 166 ถึง 1,781 ตัวแปร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาชุดที่ 3 นั้นเป็นปัญหาขนาดใหญ่ที่ผู้วิจัยได้จากข้อมูลจริงของคณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550

จากนั้นประมวลผลหาคำตอบของปัญหาโดยโปรแกรม SAS เพื่อสร้างชุดคำสั่งสำหรับประมวลผลตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีเดีย ตารางที่ 5.2 แสดงผลลัพธ์จากการประมวลผลชุดคำสั่งของโปรแกรม SAS ตัวอย่างปัญหาทั้ง 3 ปัญหาที่นำมาทดสอบมีจำนวนเงื่อนไขและจำนวนตัวแปรเป็นจำนวนมาก จากการทดสอบ พบว่า เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น เวลาในการประมวลผลจะมากขึ้นและปัญหาทั้ง 3 นี้สามารถหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด แสดงว่า ถ้านำปัญหาดังกล่าวนี้ไปประมวลผลโดยใช้ฮาร์ดแวร์ที่สร้างขึ้นแล้ว เราจะสามารถสร้างตารางเวลาสอบที่สอดคล้องกับเงื่อนไขหลักได้ทั้งหมด

เนื่องจากตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีเดียเป็นรูปแบบการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer linear programming) ดังนั้นเวลาในการประมวลผลตัวแบบนี้อาจเป็นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณา เพราะถ้าเวลาในการประมวลผลมากเกินไป หรืออาจใช้เวลามากจน โปรแกรมไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ (Infeasible computation time) อันเนื่องมาจากปัญหานั้นมีขนาดใหญ่ จากตารางที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่า ปัญหาที่ 3 ซึ่งเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่และเป็นปัญหาจากสถานการณ์จริงของคณะสถิติประยุกต์ของสถาบันฯ พบว่า ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีเดียมีจำนวนเงื่อนไขถึง

1,403 เงื่อนไข และจำนวนตัวแปรถึง 1,781 ตัวแปร และโปรแกรม SAS สามารถประมวลผลหาผลเฉลยที่ได้เหมาะสมที่สุดได้ โดยใช้เวลาในการประมวลผลเพียง 2.18 วินาที

ตารางที่ 5.1 ลักษณะชุดปัญหาที่ทดสอบ โดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดียน (P-median model)

ขนาดปัญหา (วิชา)	จำนวนสาขา วิชาเอก	จำนวนเงื่อนไข ของตัวแบบ	จำนวนตัวแปร	ความหนาแน่น ของปัญหา (เปอร์เซ็นต์)
6	6	138	166	1.77
10	6	330	418	0.73
20	6	1,403	1,781	0.19

ตารางที่ 5.2 การประมวลผลโดยโปรแกรมชุดคำสั่ง SAS

ขนาดปัญหา (วิชา)	จำนวนเงื่อนไข	จำนวน ตัวแปร	CPU time (seconds)	Computation time (seconds)
6	138	166	0.07	01.14
10	330	418	0.09	01.50
20	1,403	1,781	0.24	02.18

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การจัดตารางเรียนและตารางเวลาสอบเป็นกระบวนการที่ต้องมีการบริหารจัดการกับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดของแต่ละสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

การเรียนในระดับอุดมศึกษามีการเปิดสอนวิชาที่หลากหลาย ทำให้นักศึกษามีโอกาสเลือกลงทะเบียนเรียนได้มากมาย นักศึกษาแต่ละคนสามารถเลือกลงทะเบียนเรียนโดยเลือกจากวิชาเลือกต่าง ๆ ได้ตามความต้องการแต่ไม่เกินจำนวนหน่วยกิตที่ทางสถาบันกำหนด

ด้วยเหตุนี้ การจัดตารางเวลาสอบเพื่อให้นักศึกษาทุกคนมีตารางเวลาสอบของแต่ละวิชาที่ตนลงทะเบียนไม่ซ้ำซ้อนกัน จึงเป็นสิ่งที่กระทำได้ยาก เนื่องจากข้อจำกัดของนักศึกษาแต่ละคนมีความแตกต่างกัน และข้อจำกัดนี้จะแปรผันตามจำนวนนักศึกษาที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้การจัดตารางเวลาสอบให้สอดคล้องกับทุกเงื่อนไขมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นด้วย จากที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยหลายท่านได้แก้ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการแก้ปัญหาโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ การใช้วิธีฮิวริสติกส์มาตรฐาน การพัฒนาฮิวริสติกส์ เพื่อให้เหมาะสมกับปัญหานั้น ๆ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่น ๆ ได้

ขั้นตอนการจัดตารางเวลาสอบมี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 จัดกลุ่มวิชาที่ต้องสอบในช่วงเวลาใด ๆ คือช่วงเวลาปกติหรือพิเศษ วิชาที่นักศึกษาภาคพิเศษลงทะเบียนนั้นจะต้องสอบในช่วงเวลาพิเศษ ทั้งนี้ หากวิชานั้นมีนักศึกษาภาคปกติลงทะเบียนร่วมด้วย นักศึกษาภาคปกติต้องสอบในช่วงเวลาพิเศษเช่นกัน ขั้นตอนที่ 2 สร้างเมตริกซ์วิชาที่สอบด้วยกันได้ตามเงื่อนไขหลัก ซึ่งขั้นตอนนี้จะขจัดวิชาที่ไม่สามารถสอบด้วยกันได้ออกไป ขั้นตอนที่ 3 จัดกลุ่มวิชาที่จัดลงตารางเวลาสอบในคาบเดียวกันได้ ขั้นตอนที่ 4 จัดวางกลุ่มวิชาจากขั้นตอนที่ 3 ลงในตารางเวลาสอบให้ได้ตามเงื่อนไขรองให้ได้มากที่สุด โดยขั้นตอนการจัดกลุ่มวิชามีวิธีการจัดกลุ่มได้สองวิธี คือ การจัดกลุ่มวิชาโดยการเลือกวิชาอย่างสุ่มและการจัดกลุ่มวิชาโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง

(Similarity index)

สำหรับวิธีการจัดวางกลุ่มวิชาลงในคาบเวลาสอบมีสองวิธีคือการจัดวางอย่างสุ่มและการจัดวางแบบหน้า-หลัง

จากผลสมผสานวิธีการจัดกลุ่มวิชาและการจัดวางกลุ่มลงในคาบเวลาที่นำเสนอ ทำให้สามารถสร้างวิธีฮิวริสติกส์ 3 วิธีได้แก่ 1) วิธีจัดกลุ่มและจัดวางแบบสุ่ม (Random selection with random assignment) 2) วิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางแบบสุ่ม (Similarity index method with random assignment) 3) วิธีดัชนีความคล้ายคลึงวางหน้า-หลัง (Similarity index method with start-end point assignment)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ 3 วิธีที่นำเสนอ ในงานวิจัยได้สร้างตัวอย่างปัญหาที่มีค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันจำนวน 10 ปัญหา โดยใช้ตัววัดประสิทธิภาพ คือ ฟังก์ชัน F ซึ่งเป็นฟังก์ชันผลรวมระยะห่างระหว่างคาบเวลาสอบของนักศึกษาแต่ละคน จากการพล็อต Box plot พบว่า ประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ที่ 3 ดีกว่าวิธีอื่นในหลายชุดปัญหา อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้ทดสอบค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน F จากวิธีการทั้งสามว่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยเปรียบเทียบในรูปของร้อยละของความเบี่ยงเบนของค่าฟังก์ชัน F จากวิธีที่ 1 และ 2 ที่แตกต่างไปจากค่าฟังก์ชัน F จากวิธีที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางด้วยการบล็อกตัวแปรตัวอย่างปัญหา พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนทั้งสองนี้มีอย่างน้อย 1 ค่าไม่เท่ากับศูนย์ จึงสรุปได้ว่า ค่าฟังก์ชัน F ของวิธีที่ 3 มีค่าสูงกว่าวิธีอื่น ๆ

ในการทดสอบว่าฮิวริสติกส์ที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้กับปัญหาจริงได้หรือไม่ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ชุดข้อมูลของกรณีศึกษาของคณะสถิติประยุกต์ ผลการทดสอบพบว่า ฮิวริสติกส์ที่สร้างขึ้นสามารถหาคำตอบโดยใช้เวลาไม่เกิน 3 นาที

นอกจากนี้ งานวิจัยฉบับนี้ยังได้เสนอวิธีการทดสอบความเป็นไปได้ในการจัดตารางเวลาสอบโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดียมนั้น จากการทดสอบกับตัวอย่างปัญหา 3 ปัญหาที่สร้างขึ้น โดยที่ตัวอย่างปัญหามีจำนวนวิชาตั้งแต่ 6 ถึง 20 วิชา จำนวนสาขาวิชาเอก 6 สาขาวิชาเอกเท่ากันทั้ง 3 ปัญหา จำนวนเงื่อนไขมีตั้งแต่ 138 ถึง 1,403 เงื่อนไข จำนวนตัวแปรที่ใช้ในการประมวลผลมีอยู่ในช่วง 166 ถึง 1,781 ตัวแปร พบว่า ตัวแบบคณิตศาสตร์พีมีเดียมนสามารถบอกได้ว่าปัญหาที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถจัดตารางเวลาสอบได้ตามเงื่อนไขหลักซึ่งเป็นเงื่อนไขพื้นฐานในการจัดตารางเวลาสอบ

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ที่นำเสนอ นั้น ควรเพิ่มจำนวนการทดสอบกับชุดข้อมูลอื่น เพื่อให้การทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมมีความหลากหลายมากขึ้น และหาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ให้ดีขึ้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบของพารามิเตอร์หรือคุณลักษณะของปัญหาต่าง ๆ ว่ามีผลต่อคุณภาพของการจัดตารางเวลาสอบหรือไม่ รวมถึงการปรับปรุงโปรแกรมในรูปแบบ Graphic user interface เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานต่อไป

ควรพัฒนาตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีเงื่อนไขที่สามารถหาคำตอบถึงความเป็นไปได้ในการจัดตารางเวลาสอบสำหรับปัญหาการจัดตารางเวลาสอบที่มีเงื่อนไขยุ่งยากมากขึ้น เนื่องจากตัวแบบตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีเงื่อนไขที่สร้างขึ้นนั้น เป็นเพียงตัวแบบคณิตศาสตร์ที่สามารถหาคำตอบของความเป็นไปได้ในการจัดตารางเวลาสอบสำหรับปัญหาการจัดตารางเวลาสอบที่เป็นไปตามเงื่อนไขหลักซึ่งเป็นเงื่อนไขพื้นฐานในการจัดตารางเวลาสอบเท่านั้น

บรรณานุกรม

- Abdullah, S., Ahmadi, S., Burke, E. K. and Dror, M. 2006. Investigating Ahuja–Orlin’s Large Neighbourhood Search Approach for Examination Timetabling. **OR Spectrum**. Springer. 28, 3(July): 351-372.
- Azimi, Z. N. 2005. Hybrid Heuristics for Examination Timetabling Problem. **Applied Mathematics and Computation**. 163, 2(April): 705–733.
- Boizumault, P., Delon, Y. and Peridy, L. 1996. Constraint Logic Programming for Examination Timetabling. **The Journal of Logic Programming**. 26, 2(February): 217-233.
- Bullnheimer, B. 1998. An Examination Scheduling Model to Maximize Students’s Study time. In E. Burke, M. Carter(Eds), **The Practice and Theory of Automated Timetabling**, Spriger, Berlin. 78-91.
- Burke, E.K. and Newall, J.P. 2004. Solving Examination Timetabling Problems through Adaption of Heuristic Orderings. **Annals of Operations Research**. 129: 107–134
- Cheng, E., Klienber, R., Kruk, S., Lindsey W. and Steffy, D. 2006. **A Strictly Combinatorial Approach to the University Exam Scheduling Problem**. Retrieved December 8, 2006 from <http://personalwebs.oakland.edu/~kruk/research/ttc/paper.pdf>
- Chu, S.C. and Fang, H. L. 1999. Genetic Algorithms vs. Tabu Search in Timetable Scheduling. In **Proceedings of Third International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information Engineering Systems**, 31st Aug-1st Sept 1999. Adelaide, Australia. Pp 492-495.
- Dimopoulou, M. and Miliotis, P. 2001. Theory and Methodology Implementation of A University Course and Examination Timetabling System. **European Journal of Operational Research**. 130: 202-213.
- Gaspero, L.D. and Schaerf, A. 2001. **Tabu Search Techniques for Examination Timetabling**. Retrieved July 10, 2006 from http://www.diegm.uniud.it/Utenti/aschaerf/public_html/publications/DiGasperoSchaerf.ps

- Ho, W., Lim, A. and Oon, W. 2001. Maximizing Paper Spread in Examination Timetabling Using A Vehicle Routing Method. Retrieved May 18, 2006 from <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/ICTAI.2001.974484>
- Kusiak, A. 1987. The Generalized Group Technology Concept. **International Journal of Production Research**. 25, 4(April): 561-569.
- MirHassani, S.A.. 2006. Improving Paper Spread in Examination Timetables Using Integer Programming. **Applied Mathematics and Computation**. 179: 702–706.
- Ozcan, E. 2005. **Final Exam Scheduler – FES**. Retrieved May 30, 2006 from http://cse.yeditepe.edu.tr/eozcan/research/papers/FES_CEC2005.pdf
- Reis, L.P. and Oliveira, E. 2001. A Language for Specifying Complete Timetabling Problems, in: **Lecture Notes in Computer Science**. 2079: 322–341.
- Ross, P., Marin-Blizquez, J. G. and Hart, E. 2004. Hyper-Heuristics Applied to Class and Exam Timetabling Problems. Retrieved May 13, 2006 from www.ieeeexplore.ieee.org
- Thomson, J. M. and Dowsland, K. A. 1998. A Robust Simulated Annealing Based Examination Timetabling System. **Computers Ops Res**. 25, 7(June): 637-648.
- White, G. M., Xie B. S. and Zonjic, S. 2004. Using Tabu Search with Longer-term Memory and Relaxation to Create Examination Timetables. **European Journal of Operational Research**. 153: 80–91.
- Wong, T., Cote, P., and Gely, P. 2002. **Final Exam Timetabling A: Practical Approach**. Retrieved May 3, 2006 from http://www.livia.etsmtl.ca/common/publications_files/2002/paper203.pdf
- Zhaohui, F., and Lim, A. 2000. Heuristic for The Exam Scheduling Problem. In **Proceedings 12th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, 2000. ICTAI 2000**. Vancouver, Canada. Pp 172- 175.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นามสกุล

นางสาวอรอนงค์ ดอกจันทร์

ประวัติการศึกษา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติ)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2542

ผลงานทางวิชาการ

งานวิจัยเรื่อง “การจัดตารางเวลาสอบโดยวิธีฮิวริสติกส์
กรณีศึกษา คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหาร
ศาสตร์” การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงาน
แห่งชาติ ประจำปี 2550 วันที่ 6-7 กันยายน 2550

ณ อาคารหอประชุมพูนรามคำแหงมหาวิทยาลัย
รามคำแหง(หัวหมาก) กรุงเทพมหานคร

งานวิจัยเรื่อง “Heuristics for Examination timetabling”

การประชุมวิชาการนานาชาติ 13th Asia-Pacific

Decision Sciences Conference 2008 (APDSI2008)

วันที่ 1-5 กรกฎาคม 2551 เมือง Brisbane

ประเทศออสเตรเลีย