การแก้ปัญหาการจัดวิชาสอนตามระดับแอลฟาจากความพอใจแบบฟัซซีของผู้สอน

นางสาวรุจิรา วิสุทธิรัตนมณี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์และวิทยาการคณนา ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการ
คอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

SOLVING TEACHING COURSE ASSIGNMENT PROBLEM WITH α - LEVEL FROM INSTRUCTORS' FUZZY SATISFACTION

Miss Rujira Visuthirattanamanee

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Applied Mathematics and Computational Science
Department of Mathematics and Computer Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแก้ปัญหาการจัดวิชาสอนตามระดับแอลฟาจากความพอใจแบบฟัซซีของผู้สอน
โดย	นางสาวรุจิรา วิสุทธิรัตนมณี
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์และวิทยาการคณนา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. พันทิพา ทิพย์วิวัฒน์พจนา

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรุง สินอภิรมย์สราญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร. พันทิพา ทิพย์วิวัฒน์พจนา)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. บุญฤทธิ์ อินทิยศ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร. ระวี สุวรรณเดโชไชย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รุจิรา วิสุทธิรัตนมณี : การแก้ปัญหาการจัดวิชาสอนตามระดับแอลฟาจากความพอใจแบบฟัซซีของผู้สอน. (SOLVING TEACHING COURSE ASSIGNMENT PROBLEM WITH α - LEVEL FROM INSTRUCTORS' FUZZY SATISFACTION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. พันทิพา ทิพย์วิวัฒน์พจนา, 124 หน้า.

งานวิจัยนี้สนใจปัญหาการจัดวิชาให้กับผู้สอนด้วยความพอใจของผู้สอน โดยใช้ข้อมูลของภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2554 ซึ่งประกอบไปด้วย 82 วิชา และผู้สอน 58 คน อย่างไรก็ตามข้อมูลเดิมของความพอใจของผู้สอนของงานวิจัยนี้ได้ถูกเปลี่ยนให้เป็นระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจ นอกจากนี้งานวิจัยจะใช้ตัวเลขฟัซซีเข้ามาประยุกต์ใช้ในการจัดการกับความคลุมเครือของระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการลดจำนวนวิชาที่ต้องสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย และศึกษาผลของการใช้ตัวเลขฟัซซีเข้ามาประยุกต์ในตัวแบบของการจัดวิชาให้กับผู้สอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา คณิตศาสตร์ประยุกต์และวิทยาการคณนา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5572089623 : MAJOR APPLIED MATHEMATICS AND COMPUTATIONAL SCIENCE
KEYWORDS: TEACHING COURSE ASSIGNMENT / FUZZY PREFERENCE / α-LEVEL

RUJIRA VISUTHIRATTANAMANEE: SOLVING TEACHING COURSE ASSIGNMENT PROBLEM WITH α - LEVEL FROM INSTRUCTORS' FUZZY SATISFACTION. ADVISOR: PHANTIPA THIPWIWATPOTJANA, Ph.D., 124 pp.

This work presents a teaching course assignment problem with instructors' preference. The real data used in the work are collected from the department of the Mathematics and Computer Science, Chulalongkorn University in the second semester of 2011 which contains 82 subjects and 58 instructors. However, this work changes the original level of instructors' preference information, into the membership function of preference. In addition, a fuzzy number is applied in the problem to manage an ambiguity of the membership function of preference. The proposes of this work are to reduce the number of the least preffered subjects and study the result of using fuzzy number in teaching course assignment model.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Mathematics and Computer Science
Field of Study: Applied Mathematics and Computational Science
Academic Year: 2013

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.พันทิพา ทิพย์วิวัฒน์พจนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้และความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งคอยช่วยเหลือและคอยแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยการคอมพิวเตอร์ สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์และวิทยาการคณนา ที่ได้ถ่ายทอดความรู้อย่างเต็มที่ รวมทั้งคอยให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำตลอดการทำงานวิจัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรุง สินอภิรมย์สราญ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. บุญฤทธิ์ อินทิยศ และอาจารย์ ดร. ระวี สุวรรณเดโชไชย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและทุนการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว ที่ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์และวิทยาการคณนา ที่คอยให้การช่วยเหลือแนะนำ รวมถึงให้คำปรึกษาการทำงานวิจัยจนงานวิจัยนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ขอบเขตและข้อจำกัดในงานวิจัย 1

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ความหมายของระดับความพอใจของผู้สอน 4

2.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในตัวแบบ 4

2.3 ฟังก์ชันจุดประสงค์ 5

2.3.1 ตัวแปรตัดสินใจของสถานะการสอน 6

2.3.2 ระดับความพอใจ 6

2.3.3 การสร้างฟังก์ชันจุดประสงค์ 7

2.3.3.1 ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมความพอใจสูงสุดของผู้สอน 7

2.3.3.2 ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมความพอใจสูงสุดของผู้สอนและลดจำนวนภาระงานเกินของผู้สอน 8

2.4 เงื่อนไขบังคับของปัญหาการจัดวิชาให้กับผู้สอน 8

2.4.1 การสร้างเงื่อนไขบังคับสำหรับการกำหนดให้ปริมาณงานที่สอนควรมากกว่าปริมาณงานที่ต้องการ 9

2.4.2 การสร้างเงื่อนไขบังคับสำหรับเงื่อนไขที่กำหนดให้แต่ละตอนเรียนสามารถสอนได้โดยผู้สอนเพียงคนเดียวเท่านั้น 10

2.4.3 การสร้างเงื่อนไขบังคับสำหรับการกำหนดวิชาที่มีหลายตอนเรียน ในแต่ละตอนเรียนของวิชาเดียวกันจะสอนด้วยผู้สอนที่แตกต่างกัน 10

2.4.4 การสร้างเงื่อนไขบังคับสำหรับการกำหนดจำนวนตอนเรียนทั้งหมดที่ผู้สอนแต่ละคนสามารถสอนได้ควรจะไม่เกินสามตอนเรียน 11

2.5 ตัวแบบการจัดวิชาให้กับผู้สอนด้วยความพอใจของผู้สอน 12
2.5.1 ตัวแบบการจัดวิชาสอนเพื่อหาผลรวมความพอใจสูงสุดของผู้สอน 12
2.5.2 ตัวแบบการจัดวิชาสอนเพื่อหาผลรวมความพอใจสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของผู้สอน 12
บทที่ 3 ความรู้พื้นฐาน 13
3.1 กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer linear programming) 13
3.2 ฟัซซีเซต 15
3.3 กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มที่มีสัมประสิทธิ์แบบช่วง 17
บทที่ 4 ปัญหาการจัดวิชาให้กับผู้สอนเมื่อความพอใจของผู้สอนมีความเป็นฟัซซี 18
4.1 ค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจ 18
4.1.1 ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน 18
4.1.2 ค่าความพอใจที่แบ่งโดยตำแหน่งวิชาการของผู้สอน 20
4.2 ความคลุมเครือของค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจ (ค่าความพอใจ) 21
บทที่ 5 ผลการวิจัย 26
5.1 ผลของจำนวนรายวิชาที่สอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายโดยขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ 26
5.1.1 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.1 26
5.1.1.1 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.1 เมื่อใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน 26
5.1.1.2 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.1 เมื่อใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ 27
5.1.2 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.2 28
5.1.2.1 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.2 เมื่อใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน 28
5.1.2.2 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.2 เมื่อใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ 29
5.2 จำนวนภาระงานตามระดับนัยสำคัญของผู้สอน 29
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 31
6.1 การวิเคราะห์ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.1 และตัวแบบที่ 4.2 31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

6.2 การวิเคราะห์ผลเฉลยสำหรับค่าความพอใจจากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 31
รายการอ้างอิง 34
ภาคผนวก ก ข้อมูลปริมาณภาระงาน SSTD ปริมาณงานที่ต้องการสอน และปริมาณงานจากตอนเรียนที่สอน 36
ภาคผนวก ข จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ 42
ภาคผนวก ค จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ 46
ภาคผนวก ง จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ 50
ภาคผนวก จ จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ 54
ภาคผนวก ฉ จำนวนภาระงานเกินของผู้สอน 58
ภาคผนวก ช Source code สำหรับ IBM ILOG CPLEX Optimization 80
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 124

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

4.1 ฟัซซีสามเหลี่ยมของความเป็นสมาชิกของความพอใจอันดับต่างๆ 21
5.1 จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอับดับสุดท้ายของผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบ (4.3) – (4.5) สำหรับค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน.....28
5.2 จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายของผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบ (4.3) – (4.5) สำหรับค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ.....27
5.3 จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายของผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบที่ (4.6) – (4.8) สำหรับค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน 28
5.4 จำนวนตอนเรียนที่ผู้ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายของผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบที่ (4.6) – (4.8) สำหรับค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ระดับความพอใจสำหรับการจัดวิชาให้กับผู้สอน 4
2.2 ค่าความพอใจที่เป็นจำนวนเต็ม [9] สำหรับแต่ละระดับความพอใจ 6
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างภาระงานวิชาที่สอน ระดับชั้นของนิสิตและจำนวนนิสิต 9
2.4 วิชาที่มีมากกว่าหนึ่งหมวดหมู่ 11
4.1 ค่าความพอใจของผู้สอนทุกคน 19
4.2 ค่าความพอใจที่แบ่งตามตำแหน่งวิชาการของผู้สอน 20
5.1 ผลรวมของจำนวนภาระงานเกินของผู้สอนที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการจัดระบบการศึกษาได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง ทั้งระบบการเรียนรู้และงบประมาณค่าใช้จ่ายที่จะใช้ในการพัฒนาระบบการเรียนการสอน การจัดตารางสอนเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยในการพัฒนาระบบการศึกษา ซึ่งการจัดตารางสอนสามารถแบ่งออกเป็นหลายรูปแบบเช่น การจัดตารางเวลาเรียนกับห้องเรียน การจัดวิชาเรียนกับตารางเวลาเรียน การจัดผู้สอนกับตารางเวลาเรียน และการจัดตารางเรียนกับความพอใจของผู้สอน เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า การจัดตารางสอนนั้นมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาระบบการศึกษาทั้งในด้านงบประมาณและประสิทธิภาพในการเรียนการสอน เช่นการจัดห้องเรียนให้เหมาะสมกับขนาดของจำนวนนักเรียนช่วยในการประหยัดค่าใช้จ่าย หรือการจัดวิชาสอนตามความพอใจของผู้สอนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นปัญหาการจัดตารางสอนจึงเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง โดยแต่ละปัญหามีการใช้เงื่อนไขของการจัดตารางสอนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของปัญหานั้นๆ

การจัดรายวิชาสอนให้กับผู้สอน โดยใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer linear programming) ในการหาผลเฉลยได้ถูกศึกษาไว้ในโครงงานเฉพาะเรื่อง (Senior project) [9] โดยได้กำหนดให้สัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ (Coefficient objective function) ซึ่งใช้แทนค่าความพอใจของผู้สอนให้มีค่าเป็นจำนวนเต็ม อย่างไรก็ตาม ผลของการจัดรายวิชาสอนด้วยความพอใจของผู้สอนนั้นทำให้ได้ผลเฉลยที่ยังไม่ค่อยเหมาะสมเท่าที่ควร เนื่องจากจำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายมีจำนวนค่อนข้างสูง ซึ่งอาจจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนการสอน ทั้งนี้ความพอใจอันดับสุดท้ายของผู้สอนหมายถึงผู้สอนไม่มีความพอใจที่จะสอนในวิชานั้น อาจจะเป็นเพราะไม่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการลดจำนวนตอนเรียนที่ผู้สอนสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย รวมถึงต้องการศึกษาผลของการนำฟัซซี (Fuzzy) เข้ามาประยุกต์ใช้ในสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อการจัดรายวิชาสอนให้กับผู้สอนด้วยอันดับความพอใจของผู้สอน โดยใช้ข้อมูลของภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2554 โดยใช้โปรแกรม CPLEX รุ่น 12.2 ในการหาผลเฉลยของการจัดรายวิชาให้กับผู้สอน

1.2 ขอบเขตและข้อจำกัดในงานวิจัย

ปัญหาการจัดตารางสอนเป็นปัญหาจริงที่สามารถพบได้ทั่วไปทั้งในมหาวิทยาลัย โรงเรียน หรือสถานศึกษาต่างๆ โดยแต่ละที่ที่มีการจัดตารางสอนนั้นจะมีเงื่อนไขของการจัดตารางสอนที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้สนใจการจัดตารางสอนของภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยสนใจความพอใจของผู้สอนที่ได้มาจากการสำรวจในแต่ละปี ซึ่งปัญหาการจัดตารางสอนนี้มีเงื่อนไขและข้อจำกัดที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. งานวิจัยนี้กำหนดให้ผู้สอนทุกคนสามารถสอนได้ในทุกวิชาโดยขึ้นอยู่กับระดับความพอใจของผู้สอน
2. ข้อมูลความพอใจของผู้สอนที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลที่ได้มาจากภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
3. สำหรับบางวิชาที่มีผู้สอนมากกว่าหนึ่งคน จำนวนภาระงานในวิชานั้นจะต้องแบ่งให้เท่าๆกันสำหรับผู้สอนแต่ละคน

โดยเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆที่ใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปปรับให้เหมาะสมกับเงื่อนไขของปัญหาการจัดตารางสอนที่ต้องการนำตัวแบบนี้ไปประยุกต์ใช้ได้

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ต้องการลดจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย รวมถึงศึกษาผลของการจัดวิชาให้กับผู้สอนเมื่อมีฟัซซีเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยใช้ฟัซซีเข้ามาช่วยในการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ และนอกจากนั้นยังใช้ฟัซซีเข้ามาช่วยในการจัดการกับความคลุมเครือของสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ดังกล่าวด้วย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้ ได้แก่

1. ได้ตัวแบบที่ลดจำนวนตอนเรียนที่ผู้สอนสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย
2. สามารถใช้ความคลุมเครือของค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ทำให้ได้จำนวนตอนเรียนที่ผู้สอนสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายลดลง
3. สามารถนำตัวแบบไปประยุกต์ใช้กับการจัดวิชาให้กับผู้สอนด้วยข้อมูลอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์เล่มนี้แบ่งออกเป็น 6 บท โดยบทที่ 2 จะกล่าวถึง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทที่ 3 จะกล่าวถึง ความรู้พื้นฐานที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ บทที่ 4 จะกล่าวถึง ปัญหาการจัดวิชาให้กับผู้สอนเมื่อความพอใจของผู้สอนมีฟัซซีเข้ามาเกี่ยวข้อง บทที่ 5 จะกล่าวถึง ผลของการจัดวิชาให้กับผู้สอนในแบบต่างๆ และบทสุดท้ายจะกล่าวถึง ผลสรุปและข้อเสนอแนะของงานวิจัย

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการจัดตารางสอนเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขว้าง โดยปัญหามีทั้งลักษณะของปัญหาและวิธีที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกัน ซึ่งในปีค.ศ. 2002 R. Alvarez-Valdes, E. Crespo และ J.M. Tamarit [10] ได้ศึกษาการจัดตารางสอนโดยใช้วิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู (Tabu search) โดยแบ่งเงื่อนไขของการจัดตารางสอนออกเป็นสองปัญหาย่อย คือการจัดตารางเรียนกับวิชาเรียน และการจัดนักเรียนกับวิชาเรียน ในปีค.ศ. 2004 S. Paskalaki, T. Birbas และ E.Housos [3] ใช้วิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer programming) ในการจัดตารางสอนที่มหาวิทยาลัย โดยสนใจเงื่อนไขการจัดหลักสูตร และการกำหนดห้องเรียนให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียน ในปีค.ศ. 2007 A. Gunawan, K. Ming Hg และ K. Leng Poh [7] ใช้วิธีขั้นตอนวิธีลูกผสม (Hybrid algorithm) ในการจัดตารางเรียนโดยสนใจเงื่อนไขการจัดผู้สอน และการจัดวิชาเรียน

ในปีค.ศ. 2012 โครงงานเฉพาะเรื่อง (Senior project) โดย บุญธิดา เสงี่ยมเนตร และจุติภรณ์ เอียบสร้างกี้ [9] ได้ศึกษาการจัดวิชาให้กับผู้สอนเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้สอนอย่างเหมาะสม และลดจำนวนภาระงานของผู้สอน โดยใช้วิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer programming) ซึ่งโครงงานเฉพาะเรื่องนี้ใช้ข้อมูลความพอใจของผู้สอนจากภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2554 ประกอบไปด้วย 82 วิชา และผู้สอน 58 คน

งานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาปัญหาการจัดตารางสอนของโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] เนื่องจากผลของการจัดวิชาให้กับผู้สอนพบว่าจำนวนตอนเรียนที่ผู้สอนสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายมีมากกว่า 15 วิชา ซึ่งค่อนข้างสูงมาก และอาจจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของการเรียนการสอน โดยความพอใจในอันดับสุดท้ายของผู้สอนหมายถึง ผู้สอนไม่มีความประสงค์ที่จะสอนในรายวิชานั้น หรืออาจจะไม่ได้จบมาทางสายวิชานั้น หรืออาจจะมีความรู้ไม่เพียงพอที่จะสอนในวิชานั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาต่อเนื่องจากโครงงานเฉพาะเรื่องนี้เพื่อต้องการลดจำนวนรายวิชาที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย และเพื่อต้องการให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น สามารถตอบสนองต่อความพอใจของผู้สอนได้ นอกจากนี้งานวิจัยยังสนใจว่าการที่ค่าความพอใจของผู้สอนที่อยู่ในรูปของฟัซซีจะมีผลอย่างไรต่อการจัดวิชาสอนด้วยความพอใจของผู้สอน โดยใช้ฟัซซีในการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ และใช้ฟัซซีเข้ามาช่วยในการจัดการกับความคลุมเครือที่มาจากการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์นั้น

ส่วนถัดไปจะเป็นการอธิบายถึงปัญหาและตัวแบบของการจัดรายวิชาให้กับผู้สอน โดยจะอธิบายถึงความหมายของอันดับความพอใจแต่ละอันดับ สัญลักษณ์ต่างๆที่ใช้ในตัวแบบ ฟังก์ชันจุดประสงค์ เงื่อนไขบังคับ และตัวแบบของการจัดวิชาให้กับผู้สอนด้วยความพอใจของผู้สอนตามลำดับ

2.1 ความหมายของระดับความพอใจของผู้สอน

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาปัญหาการจัดตารางสอนด้วยความพอใจของผู้สอนของโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] ซึ่งใช้ข้อมูลความพอใจของผู้สอนจากการสำรวจในแต่ละปีการศึกษา ของภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยข้อมูลที่ใช้ในตัวแบบของโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] เป็นข้อมูลของภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2554 ประกอบไปด้วยผู้สอน 58 คน และจำนวนวิชาทั้งหมด 82 วิชา โดยข้อมูลความพอใจของผู้สอนที่ได้มาถูกแบ่งออกเป็น 6 ระดับ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระดับความพอใจสำหรับการจัดวิชาให้กับผู้สอน

ความหมายของระดับความพอใจของผู้สอน	ข้อมูลอันดับความพอใจที่ได้มาจากภาควิชา
มีความต้องการที่จะสอนในวิชานั้นมากที่สุด	1
มีความต้องการที่จะสอนในวิชานั้นมาก	2
มีความต้องการที่จะสอนในวิชานั้น	3
ค่อนข้างมีความต้องการที่จะสอนในวิชานั้น	4
สามารถสอนในรายวิชานั้นได้	c
ไม่ต้องการที่จะสอนในวิชานั้น	" _ "

นอกจากนั้นข้อมูลที่ได้มาจากภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ จะมีผู้สอนบางคนที่ไม่ได้กำหนดอันดับความพอใจที่ต้องการสอนในบางวิชา ซึ่งในงานวิจัยจะกำหนดให้ข้อมูลที่ไม่มีการกำหนดอันดับความพอใจ หมายถึง ผู้สอนมีความพอใจในอันดับสุดท้ายที่จะสอนในวิชานั้น และนอกจากนั้นงานวิจัยนี้จะกำหนดให้ผู้สอนสามารถสอนได้ในทุกวิชาขึ้นอยู่กับระดับความพอใจของผู้สอนที่ต้องการ

โครงงานเฉพาะเรื่อง [9] ได้กำหนดให้มีค่าของจำนวนเต็มชุดหนึ่งที่ใช้แทนค่าของระดับความพอใจต่างๆ โดยค่าความพอใจที่ถูกกำหนดขึ้นนั้นเพื่อที่จะนำไปแทนในสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ (Coefficient objective function) ดังนั้นส่วนถัดไปจะเป็นการอธิบายถึงสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในตัวแบบของปัญหาการจัดรายวิชาให้กับผู้สอน

2.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในตัวแบบ

ข้อมูลความพอใจของผู้สอนที่ได้มาจากภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2554 ประกอบไปด้วย ผู้สอน 58 คน และ จำนวนวิชาทั้งหมด 82 วิชา แต่เนื่องจากบางวิชาที่มีหลายตอนเรียน (Section) เช่น วิชา 2301102 ที่มี 2 ตอนเรียน คือ 2301102 (ตอนเรียน 1) และ 2301102 (ตอนเรียน 2) หรือบางวิชาที่

มีผู้สอนมากกว่าหนึ่งคน เช่น วิชา 2301115 มีผู้สอน 2 คน คือ 2301115 (1A) และ 2301115 (1B) จะกำหนดให้จำนวนวิชาที่มีหลายตอนเรียนหรือจำนวนวิชาที่มีผู้สอนหลายคนนับตอนเรียนเป็นอย่างละหนึ่งตอนเรียน ดังนั้นข้อมูลที่จะใช้ทั้งหมดจาก 82 วิชา จะถูกแบ่งออกเป็น 120 ตอนเรียน

โครงงานเฉพาะเรื่อง [9] ใช้กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มในการจัดรายวิชาให้กับผู้สอน ดังนั้นผู้ศึกษาควรเข้าใจสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการอธิบายตัวแบบของการจัดวิชาให้กับผู้สอน ดังต่อไปนี้

<u>เซต</u>

$I = \{1,2, \dots, m\}$ แทนเซตของผู้สอนทั้งหมด m คน

$J = \{1,2, \dots, n\}$ แทนเซตของตอนเรียนทั้งหมด n ตอนเรียน

ซึ่งข้อมูลของภาควิชาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ กำหนดให้ m = 58 และ n = 120

<u>พารามิเตอร์ (Parameters)</u> สำหรับแต่ละ $i \in I$ และ $j \in J$

c_{ij} แทน ค่าความพอใจของผู้สอนคนที่ i จะสอนตอนเรียนที่ j

b_j แทน ผลรวมภาระงานที่มาจากตอนเรียนที่ j

d_i แทน ผลต่างของปริมาณงานที่ต้องการสอนกับ SSTD สำหรับผู้สอนคนที่ i

(ค่า SSTD ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.4.1 หน้า 9)

<u>ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)</u> สำหรับแต่ละ $i \in I$ และ $j \in J$

$$x_{ij} := \begin{cases} 1; \text{ผู้สอนคนที่ } i \text{ ได้สอนในตอนเรียนที่ } j \\ 0; \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

$\delta_i :=$ ปริมาณงานที่เกินของผู้สอนคนที่ i

หลังจากที่เข้าใจสัญลักษณ์ที่ใช้ในตัวแบบของการจัดวิชาสอนให้กับผู้สอน ส่วนถัดไปจะเป็นการอธิบายถึงฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function) เงื่อนไขบังคับ (Constraints) และตัวแบบการจัดรายวิชาสอนเพื่อตอบสนองต่อความพอใจของผู้สอน

2.3 ฟังก์ชันจุดประสงค์

ปัญหาการจัดวิชาสอนเพื่อตอบสนองต่อความพอใจของผู้สอนในโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] เป็นปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer linear programming) ซึ่งมีฟังก์ชันจุดประสงค์ คือ ฟังก์ชันที่ต้องการหาค่าโดยรวมที่ดีที่สุดของความพอใจของผู้สอน โดยสอดคล้องกับเงื่อนไขของ

การจัดวิชาให้กับผู้สอน และนอกจากนั้นยังสนใจฟังก์ชันจุดประสงค์ที่สอดคล้องทั้งความพอใจของผู้สอนและจำนวนภาระงานเกินของผู้สอน โดยมีตัวแปรที่สำคัญดังต่อไปนี้

2.3.1 ตัวแปรตัดสินใจของสถานะการสอน

ปัญหาของการจัดวิชาให้กับผู้สอนนี้พิจารณาโดยสนใจผู้สอน m คน และจำนวนตอนเรียนทั้งหมด n ตอนเรียน และกำหนดให้ x_{ij} คือสถานะการสอนซึ่งสอนในตอนเรียนที่ j ของผู้สอนคนที่ i นั่นคือ $x_{ij} = 1$ ถ้าผู้สอนคนที่ i ได้สอนในตอนเรียนที่ j และ $x_{ij} = 0$ ถ้าผู้สอนคนที่ i ไม่ได้สอนในตอนเรียนที่ j ดังนั้นสถานะการสอนสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ ; ผู้สอนคนที่ } i \text{ ได้สอนในตอนเรียนที่ } j \\ 0 \text{ ; กรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

โดยที่ $i \in I, j \in J$

2.3.2 ระดับความพอใจ

ข้อมูลความพอใจของผู้สอน คือ ข้อมูลที่แสดงถึงอันดับความพอใจที่ผู้สอนมีสำหรับแต่ละตอนเรียน ซึ่งอันดับความพอใจได้แบ่งออกเป็น 6 ระดับ ตามตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าอันดับความพอใจของผู้สอนที่ได้มาจากการสำรวจนั้นไม่ได้เป็นแค่ค่าคงที่ ดังนั้นโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] ได้กำหนดจำนวนเต็มขึ้นมาชุดหนึ่ง หรือเรียกว่า ค่าความพอใจ เพื่อใช้แทนอันดับความพอใจ ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าความพอใจที่เป็นจำนวนเต็มจาก [9] สำหรับแต่ละระดับความพอใจ

ระดับความพอใจของผู้สอน	ค่าความพอใจที่เป็นจำนวนนับ
1	10,000
2	5,000
3	500
4	100
c	20
" – "	1

ค่าความพอใจเป็นค่าที่ถูกใช้แทนสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ในตัวแบบของปัญหาการจัดตารางสอนเพื่อตอบสนองความพอใจของผู้สอน และเนื่องจากโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] ต้องการหาผลรวมความพอใจสูงสุดของผู้สอน ดังนั้น [9] จึงกำหนดให้ ค่าที่ใช้แทนอันดับความพอใจที่ 1 คือ 10,000 ซึ่งมีค่ามากที่สุดและห่างจากค่าของอันดับความพอใจอื่นๆ ส่วนอันดับความพอใจอื่นๆให้เรียงตามลำดับความพอใจ และอันดับความพอใจที่ " – "

ซึ่งเป็นความพอใจอันดับสุดท้าย ให้มีค่าความพอใจเป็น 1 หมายถึงไม่มีความพอใจแต่สามารถสอนได้

ดังนั้นค่าความพอใจในการสอนตอนเรียนที่ j ของผู้สอนคนที่ i, c_{ij} จาก [9] สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

$$c_{ij}(t) = \begin{cases} 10{,}000;\ t \text{ คือระดับความพอใจที่ } 1 \\ 5{,}000\ ;\ t \text{ คือระดับความพอใจที่ } 2 \\ 500\ ;\ t \text{ คือระดับความพอใจที่ } 3 \\ 100\ ;\ t \text{ คือระดับความพอใจที่ } 4 \\ 20\ ;\ t \text{ คือระดับความพอใจที่ c} \\ 1\ ;\ t \text{ คือระดับความพอใจที่ } " - " \end{cases}$$

โดยที่ $i \in I, j \in J$

ค่าความพอใจที่กำหนดโดย [9] ได้ให้สัดส่วนความต่างของแต่ละอันดับความพอใจไม่เหมาะสมเท่าที่ควร ซึ่งอาจจะส่งผลต่อจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย ดังนั้นการแก้ไขสัดส่วนของแต่ละความพอใจให้เหมาะสมนั้นอาจจะเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายได้

หลังจากที่ได้อธิบายตัวแปรตัดสินใจของสถานะการสอน และค่าที่ใช้แทนระดับความพอใจของผู้สอนแต่ละคนแล้ว หัวข้อย่อยถัดไปจะเป็นการสร้างฟังก์ชันจุดประสงค์ของปัญหาการจัดวิชาให้กับผู้สอน

2.3.3 การสร้างฟังก์ชันจุดประสงค์

ฟังก์ชันจุดประสงค์ของโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] ได้แบ่งตัวแบบของปัญหาการจัดตารางสอน ออกเป็น 2 ตัวแบบ โดยตัวแบบแรกได้กำหนดให้ฟังก์ชันจุดประสงค์ คือการหาผลรวมความพอใจของผู้สอนสูงสุด และตัวแบบที่สองได้กำหนดให้ฟังก์ชันจุดประสงค์ คือการหาผลรวมความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานเกินของผู้สอน

กำหนดให้ z_1 คือค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ของตัวแบบแรก และ

z_2 คือค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ของตัวแบบที่สอง

ซึ่งตัวแบบทั้งสองแบบสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.3.3.1 ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมความพอใจสูงสุดของผู้สอน

ฟังก์ชันจุดประสงค์นี้ ต้องการหาผลรวมความพอใจสูงสุดของผู้สอนเท่านั้น ซึ่งผลรวมความพอใจของผู้สอนนั้นมาจากผลรวมความพอใจของแต่ละผู้สอน

$$z_1 = c_{11}x_{11} + \cdots + c_{1j}x_{1j} + \cdots + c_{1n}x_{1n} \quad \text{(ผลรวมความพอใจของคนที่ 1)}$$
$$+c_{21}x_{21} + \cdots + c_{2j}x_{2j} + \cdots + c_{2n}x_{2n} \quad \text{(ผลรวมความพอใจของคนที่ 2)}$$
$$\vdots$$
$$+c_{m1}x_{m1} + \cdots + c_{mj}x_{mj} + \cdots + c_{mn}x_{mn} \text{ (ผลรวมความพอใจของคนที่ } m\text{)}$$

ดังนั้นฟังก์ชันจุดประสงค์ของปัญหาการจัดวิชาให้กับผู้สอนที่ต้องการหาผลรวมความพอใจสูงสุดของผู้สอนสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

$$\text{Maximize } z_1 = \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} c_{ij}x_{ij}$$

2.3.3.2 ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมความพอใจสูงสุดของผู้สอนและลดจำนวนภาระงานเกินของผู้สอน

ฟังก์ชันจุดประสงค์นี้ต้องการที่จะหาความพอใจรวมสูงสุดและลดจำนวนภาระงานเกินของผู้สอน โดยกำหนดให้ δ_i คือ ตัวแปรตัดสินใจที่แสดงถึงปริมาณงานที่เกินของผู้สอนคนที่ i

ดังนั้นฟังก์ชันจุดประสงค์ของปัญหาการจัดวิชาให้กับผู้สอนที่ต้องการหาผลรวมความพอใจสูงสุดของผู้สอนและลดจำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

$$\text{Maximize } z_2 = \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} c_{ij}x_{ij} - \sum_{i=1}^{m}\delta_i$$

หัวข้อถัดไปจะเป็นการอธิบายข้อจำกัดของปัญหาการจัดวิชาสอนด้วยความพอใจของผู้สอน โดยเป็นข้อจำกัดที่ใช้ในโครงงานเฉพาะเรื่อง [9]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 เงื่อนไขบังคับของปัญหาการจัดวิชาให้กับผู้สอน

เงื่อนไขบังคับ คือเงื่อนไขที่สอดคล้องกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยปัญหาของการจัดวิชาให้กับผู้สอน เป็นปัญหาที่มีเงื่อนไขบังคับหลากหลายขึ้นอยู่กับความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ ซึ่งสถานศึกษาแต่ละแห่งที่ต้องการจัดตารางสอน อาจมีเงื่อนไขที่ต้องการแตกต่างกันไป งานโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] ได้สนใจเฉพาะเงื่อนไขสำคัญที่ต้องการใช้ในการจัดตารางสอน โดยแบ่งเงื่อนไขบังคับของการจัดวิชาให้กับผู้สอนไว้ 4 เงื่อนไข ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณงานที่สอนควรมากกว่าปริมาณงานที่ผู้สอนต้องการ
2. ตอนเรียนแต่ละตอนเรียนสามารถสอนได้โดยผู้สอนเพียงคนเดียวเท่านั้น

3. สำหรับวิชาที่มีหลายตอนเรียน แต่ละตอนเรียนของวิชาเดียวกันจะถูกสอนด้วยผู้สอนที่แตกต่างกัน
4. จำนวนตอนเรียนทั้งหมดที่ผู้สอนแต่ละคนสามารถสอนได้ควรจะไม่เกินสามตอนเรียน

เงื่อนไขบังคับทั้ง 4 ข้อ จะถูกอธิบายรายละเอียดในลำดับต่อไป

2.4.1 การสร้างเงื่อนไขบังคับสำหรับการกำหนดให้ปริมาณงานที่สอนควรมากกว่าปริมาณงานที่ต้องการ

เนื่องจากไม่มีผู้สอนคนใดที่ต้องการผลรวมของปริมาณงาน น้อยกว่าปริมาณงานที่ต้องการสอน ดังนั้นเงื่อนไขบังคับของปริมาณงานที่สอนของผู้สอนคนที่ i ควรมากกว่าปริมาณงานที่ต้องการ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

$$\sum_{j=1}^{n} b_j x_{ij} - \delta_i \geq d_i, \qquad (\forall i \in I)$$

ปริมาณงานทั้งหมดที่ผู้สอนแต่ละคนทำมาจากจำนวนภาระงานของ SSTD รวมกับจำนวนภาระงานที่มาจากวิชาที่สอน ซึ่งผู้สอนแต่ละท่านจะมีจำนวนภาระงานที่แตกต่างกัน โดยภาระงานที่มาจาก SSTD คือภาระงานของสัมมนา (Seminar) โครงงานเฉพาะเรื่อง (Senior project) วิทยานิพนธ์ (Thesis) และวาทนิพนธ์ (Dissertation) ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้ได้มาจากข้อมูลของทางภาควิชา ส่วนจำนวนภาระงานที่มาจากวิชาที่สอน, b_j, สามารถคำนวณได้ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างภาระงานวิชาที่สอน ระดับชั้นของนิสิตและจำนวนนิสิต

	จำนวนนักเรียน	จำนวนภาระงาน	หมายเหตุ
สำหรับนิสิตปริญญาตรี	น้อยกว่าเท่ากับ 50 คน	3 ภาระงาน ต่อ 1 หน่วยกิต	ทุกๆจำนวนนิสิตที่มากกว่า 50 คน จะคิดจำนวนภาระงานเพิ่มขึ้นทีละ 0.5 ต่อจำนวนนักเรียน 50 คน แต่ทั้งนี้ภาระงานรวมของแต่ละวิชาจะต้องไม่เกิน 6 ภาระงาน
สำหรับนิสิตปริญญาโทและเอก	น้อยกว่าเท่ากับ 50 คน	4.5 ภาระงาน ต่อ 1 หน่วยกิต	
วิชาปฏิบัติการ		1.5 ภาระงาน/ ชม./ สัปดาห์	

ตัวอย่างเช่น วิชา 2301103 (ตอนเรียน 1) เป็นวิชาสำหรับนิสิตปริญญาตรี

มีจำนวนหน่วยกิต 3 หน่วยกิต

มีจำนวนนักเรียน 100 คน

ดังนั้น จำนวนภาระงานทั้งหมด คือ 3 × (3+0.5) = 10.5 ภาระงาน

สำหรับข้อมูลของจำนวนภาระงานที่มาจาก SSTD จำนวนภาระงานที่มาจากวิชาที่สอน, b_j, และปริมาณงานที่ผู้สอนต้องการ สามารถดูได้ในภาคผนวก ก.

2.4.2 การสร้างเงื่อนไขบังคับสำหรับเงื่อนไขที่กำหนดให้แต่ละตอนเรียนสามารถสอนได้โดยผู้สอนเพียงคนเดียวเท่านั้น

เงื่อนไขบังคับนี้เป็นเงื่อนไขของการจัดวิชาให้กับผู้สอนเพื่อต้องการกำหนดให้วิชาสำหรับแต่ละตอนเรียนสามารถสอนได้โดยผู้สอนคนเดียวเท่านั้น โดยพิจารณาบนวิชา n ตอนเรียนที่สอนโดยผู้สอน m คน สำหรับตอนเรียนที่ผู้สอนไม่สามารถสอนในตอนเรียนนั้นจะให้อันดับความพอใจเป็น " $-$ " ดังนั้นเงื่อนไขบังคับนี้สามารถเขียนเป็นสมการเชิงคณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1, \qquad (\forall j \in J)$$

2.4.3 การสร้างเงื่อนไขบังคับสำหรับการกำหนดวิชาที่มีหลายตอนเรียน ในแต่ละตอนเรียนของวิชาเดียวกันจะสอนด้วยผู้สอนที่แตกต่างกัน

กำหนดให้ $K = \{1,2, \dots, k\}$ คือเซตของวิชาทั้งหมด k วิชา ที่มีหลายตอนเรียนในหนึ่งวิชา $A_k = \{1,2, \dots, a_k\}$ คือเซตของตอนเรียนทั้งหมด a_k ตอนเรียนของวิชา k

ดังนั้น เงื่อนไขบังคับสำหรับวิชาที่มีหลายตอนเรียน สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

$$\sum_{j \in A_k} x_{ij} \leq 1 \qquad (\forall k \in K)$$

ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2554 มีจำนวนวิชาที่เปิดทั้งหมด 82 วิชา ซึ่งบางวิชามีหลายตอนเรียน และบางวิชาต้องถูกสอนด้วยจำนวนผู้สอน 2 คน ดังนั้นเงื่อนไขบังคับนี้ต้องการกำหนดให้สำหรับวิชาที่มีหลายตอนเรียน และวิชาที่ต้องถูกสอนด้วยจำนวนผู้สอน 2 คน ถูกสอนด้วยผู้สอนที่แตกต่างกัน ซึ่งมีวิชาทั้งหมด 17 วิชา ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขนี้ สามารถดูได้จากตารางที่ 2.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.4 วิชาที่มีมากกว่าหนึ่งหมวดหมู่

k	วิชา	ตอนเรียน (สมาชิกของ A_k)	จำนวนสมาชิกของ A_k
1	2301102	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2	2
2	2301103	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2	2
3	2301108	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2 ตอนเรียน 3 ตอนเรียน 4A ตอนเรียน 4B ตอนเรียน 5 ตอนเรียน 6 ตอนเรียน 7	8
4	2301114	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2A ตอนเรียน 2B	3
5	2301115	ตอนเรียน 1A ตอนเรียน 1B	2
6	2301116	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2	2
7	2301118	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2 ตอนเรียน 3 ตอนเรียน 4	4
8	2301170	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2	2
9	2301172	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2	2
10	2301223	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2	2
11	2301277	ตอนเรียน 1A ตอนเรียน 1B	2
12	2301286 (lec)	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2 ตอนเรียน 3 ตอนเรียน 4 ตอนเรียน 5	5
13	2301286 (lab)	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2 ตอนเรียน 3 ตอนเรียน 4 ตอนเรียน 5 ตอนเรียน 6 ตอนเรียน 7 ตอนเรียน 8	8
14	2301312	ตอนเรียน 1A ตอนเรียน 1B ตอนเรียน 3 ตอนเรียน 4	4
15	2301375	ตอนเรียน 1 ตอนเรียน 2	2
16	2301384	ตอนเรียน 1A ตอนเรียน 1B	2
17	2301736	ตอนเรียน 1A ตอนเรียน 1B	2

2.4.4 การสร้างเงื่อนไขบังคับสำหรับการกำหนดจำนวนตอนเรียนทั้งหมดที่ผู้สอนแต่ละคนสามารถสอนได้ควรจะไม่เกินสามตอนเรียน

เงื่อนไขบังคับนี้ต้องการกำหนดให้ตอนเรียนที่ผู้สอนสามารถสอนได้ควรจะไม่เกินสามตอนเรียนต่อภาคการศึกษา ดังนั้นข้อจำกัดนี้สามารถเขียนเป็นสมการเชิงคณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq 3, \qquad (\forall i \in I)$$

ตัวแบบของการจัดวิชาสอนที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์และเงื่อนไขบังคับต่างๆตามที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.3 ถึง 2.4 ถูกสรุปไว้ในหัวข้อ 2.5

2.5 ตัวแบบการจัดวิชาให้กับผู้สอนด้วยความพอใจของผู้สอน

ตัวแบบของการจัดวิชาให้กับผู้สอนเพื่อตอบสนองความพอใจของผู้สอนของโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] แบ่งออกเป็น 2 ตัวแบบขึ้นอยู่กับฟังก์ชันจุดประสงค์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

2.5.1 ตัวแบบการจัดวิชาสอนเพื่อหาผลรวมความพอใจสูงสุดของผู้สอน

Maximize	$z_1 = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} c_{ij} x_{ij}$		(2.1)
โดยที่	$\sum_{j=1}^{n} b_j x_{ij} - \delta_i \geq d_i,$	$\forall i \in I$	(2.2)
	$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1,$	$\forall j \in J$	(2.3)
	$\sum_{j \in A_k} x_{ij} \leq 1,$	$\forall k \in K, i \in I$	(2.4)
	$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq 3,$	$\forall i \in I$	(2.5)
	$x_{ij} \in \{0,1\}$	$\forall i \in I, j \in J$	(2.6)

2.5.2 ตัวแบบการจัดวิชาสอนเพื่อหาผลรวมความพอใจสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของผู้สอน

Maximize	$z_2 = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} c_{ij} x_{ij} - \sum_{i=1}^{m} \delta_i$		(2.7)
โดยที่	$\sum_{j=1}^{n} b_j x_{ij} - \delta_i \geq d_i,$	$\forall i \in I$	
	$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1,$	$\forall j \in J$	
	$\sum_{j \in A_k} x_{ij} \leq 1,$	$\forall k \in K, i \in I$	
	$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq 3,$	$\forall i \in I$	
	$x_{ij} \in \{0,1\}$	$\forall i \in I, j \in J$	

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาต่อเนื่องจากโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] ที่ได้ศึกษาการจัดวิชาให้กับผู้สอนซึ่งมีฟังก์ชันจุดประสงค์สองอย่างคือ ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่สนใจความพอใจของผู้สอนเพียงอย่างเดียว (ตัวแบบที่ 2.1) และฟังก์ชันจุดประสงค์ที่สนใจทั้งความพอใจของผู้สอนและการลดปริมาณงานเกินของผู้สอน (ตัวแบบที่ 2.7) โดยงานวิจัยนี้ต้องการลดจำนวนวิชาที่ผู้สอนสอนในอันดับความพอใจสุดท้าย รวมถึงต้องการศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ฟัซซีในตัวแบบด้วย ดังนั้นในบทถัดไปจะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานที่จะใช้ในงานวิจัยนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
ความรู้พื้นฐาน

งานวิจัยนี้สนใจปัญหาการจัดวิชาให้กับผู้สอนซึ่งต้องการลดจำนวนตอนเรียนที่มีความพอใจของผู้สอนในอันดับสุดท้าย และใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มในการสร้างตัวแบบของการแก้ปัญหา นอกจากนี้งานวิจัยยังได้ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function coefficient) เป็นค่าของระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจ (Membership function of preference) และยังสนใจความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญ (α-level) ของระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจ ดังนั้นเพื่อที่ผู้สนใจจะสามารถศึกษา และวิเคราะห์ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงรวบรวมความรู้พื้นฐานที่จำเป็น ซึ่งจะอธิบายในส่วนถัดไป

3.1 กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer linear programming)

ตัวแบบสำหรับงานวิจัยนี้ใช้กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มในการแก้ไขปัญหา ดังนั้นในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายและยกตัวอย่างของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มเพื่อความเข้าใจในการศึกษางานวิจัย

กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มใช้สำหรับการหาค่าเหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่กำหนด ภายใต้เงื่อนไขบางอย่าง โดยเงื่อนไขตัวแปรที่กำหนดต้องเป็นจำนวนเต็มทั้งหมด โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม แบ่งออกเป็นสามส่วน คือ

3.1.1 ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function) คือ วัตถุประสงค์ของกำหนดการ ว่าต้องการหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดของตัวแบบ

3.1.2 เงื่อนไขบังคับ (Constraint function) คือ ข้อจำกัดที่ใช้ในกำหนดการ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของสมการ หรืออสมการ

3.1.3 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) คือ ตัวแปรที่เป็นผลเฉลยของกำหนดการ และตัวแปรนี้จะต้องไม่เป็นค่าติดลบ รวมถึงจะต้องเป็นจำนวนเต็มทุกตัว

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ดังนั้นตัวแบบของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

Maximize $\boldsymbol{c}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{x}$

โดยที่ $\boldsymbol{Ax} \leq \boldsymbol{b}$

$\boldsymbol{x} \geq \boldsymbol{0}$

$\boldsymbol{x} \in \mathbb{N} \cup \{0\}$

เมื่อ $\boldsymbol{x}$ คือเวกเตอร์ของตัวแปรตัดสินใจ

$\boldsymbol{c}$ คือเวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์

$\boldsymbol{b}$ คือเวกเตอร์ของค่าด้านขวามือ

$\boldsymbol{A}$ คือเมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจ

$\mathbb{N}$ คือเซตของจำนวนธรรมชาติ

โดยที่ขนาดของเมทริกซ์ A และเวกเตอร์ b, c, x ต้องมีความสอดคล้องกันในแง่ของการคูณเมทริกซ์

ตัวอย่างที่ 3.1 (Knapsack problem) [12]

นักปีนเขาต้องการจัดกระเป๋าเดินทางจากสิ่งของ n ชนิด ให้เหมาะสมมากที่สุด เขาได้กำหนดให้ c_j คือคะแนนความสำคัญของสิ่งของชนิดที่ j เมื่อ $j \in \{1,2,\dots,n\}$ และ $a_j > 0$ คือน้ำหนักของสิ่งของที่ j (กิโลกรัม) วัตถุประสงค์ของเขาคือต้องการหาคะแนนความสำคัญรวมสูงสุดในการจัดกระเป๋า เนื่องจากเขาไม่สามารถแบกกระเป๋าได้หนักเกิน b กิโลกรัม จึงต้องเลือกที่จะนำสิ่งของไปตามความสำคัญในการใช้งาน

กำหนดให้ $x_j = 0$ หมายความว่านักปีนเขาไม่เอาสิ่งของที่ j ใส่ในกระเป๋าเดินทาง ในทำนองเดียวกัน ถ้า $x_j = 1$ หมายความว่านักปีนเขาเลือกสิ่งของที่ j ใส่ในกระเป๋าเดินทาง ปัญหานี้เป็นตัวอย่างของโจทย์กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม ศูนย์-หนึ่ง ซึ่งสามารถเขียนตัวแบบได้ดังต่อไปนี้

$$\text{Maximize} \quad \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$

$$\text{โดยที่} \quad \sum_{j=1}^{n} a_j x_j \leq b$$

$$x_j = 0 \text{ หรือ } 1 \qquad (j = 1,2,\dots,n)$$

งานวิจัยนี้ กำหนดให้แต่ละตำแหน่งในเวกเตอร์สัมประสิทธิ์ $\boldsymbol{c}$ คือ ค่าของความพอใจที่ผู้สอนคนที่ i จะสอนในตอนเรียนที่ j (c_{ij}) และตัวแปรตัดสินใจแต่ละตัวใน X (x_{ij}) นั่นคือ $x_{ij} = 0$ หมายความว่าผู้สอนคนที่ i ไม่ได้สอนในตอนเรียนที่ j และ $x_{ij} = 1$ หมายความว่าผู้สอนคนที่ i ได้สอนในตอนเรียนที่ j วัตถุประสงค์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ คือต้องการหามูลค่าของความพอใจรวมสูงสุดของผู้สอน โดยสอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับที่กำหนด แต่เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจ ดังนั้นส่วนถัดไปจะเป็นการอธิบายถึงความรู้พื้นฐานของฟัซซีเซต (Fuzzy set)

3.2 ฟัซซีเซต

ข้อมูลในระบบตรรกะแบบบูล (Boolean logic) ระบุความเป็นสมาชิก (Membership) ด้วยตัวเลขที่ชัดเจน (Crisp number) คือ หนึ่ง (ใช่) กับ ศูนย์ (ไม่ใช่) ตัวอย่างเช่น ช่วงอายุตั้งแต่ 1-2 ปี ถือว่าเป็นวัยทารก และช่วงอายุมากกว่า 2 ปีขึ้นไปถึง 10 ปี ถือว่าเป็นวัยเด็ก ดังนั้นเด็กอายุ 2 ปี ในระบบตรรกะแบบบูลมีความเป็นวัยเด็กเท่ากับ ศูนย์ และเด็กอายุที่ 2 ปีครึ่งมีความเป็นวัยเด็กเท่ากับหนึ่ง ซึ่งในความจริงเด็กที่อายุ 2 ปีครึ่ง ก็อาจจะไม่ได้เรียกว่าอยู่ในวัยเด็กเสมอไป ดังนั้นช่วงอายุในวัยเด็กจึงไม่เหมาะที่จะใช้ตรรกะแบบบูลในการอธิบายเนื่องจากมีความคลุมเครือแฝงอยู่

ข้อมูลที่มีความคลุมเครือหรือความไม่แน่นอนดังกล่าวสมควรที่จะนำฟัซซีเซตเข้ามาช่วยในการอธิบาย เนื่องจากระดับความคลุมเครือขึ้นอยู่กับ **ระดับนัยสำคัญ** หรือ**ระดับความเชื่อมั่น** (α-level) ของความเป็นสมาชิกของข้อมูลว่าจะมีมากหรือน้อยเพียงใด

นิยาม 3.1 ความเป็นสมาชิกของเซต [8]

ให้ X เป็นเซตเอกภพสัมพัทธ์ และ $A \subseteq X$ ค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต $\tilde{A}$ แทนได้ด้วยฟังก์ชันของความเป็นสมาชิกคือ $\mu_{\tilde{A}}$

$$\mu_{\tilde{A}}(x): A \to [0,1]$$

โดยที่ $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$ หมายถึง x ไม่เป็นสมาชิกของ $\tilde{A}$

$\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ หมายถึง x เป็นสมาชิกของ $\tilde{A}$

$\mu_{\tilde{A}}(x) = \alpha$ เมื่อ $0 < \alpha < 1$ หมายถึง x มีแนวโน้มที่จะเป็นสมาชิกของ $\tilde{A}$ ด้วยระดับนัยสำคัญ α

ฟัซซีเซตสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท คือฟัซซีเซตชนิดต่อเนื่อง (Fuzzy continuous type) และฟัซซีเซตชนิดไม่ต่อเนื่อง (Fuzzy discrete type) ขึ้นอยู่กับสมาชิกของเซต A ว่าต่อเนื่องหรือไม่ เนื่องจากงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าความพอใจเป็นค่าที่ใช้แทนอันดับความพอใจของผู้สอน ซึ่งมีสมาชิกของเซตแบบไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันของความพอใจของผู้สอนจึงเป็นฟัซซีชนิดแบบไม่ต่อเนื่อง

นิยาม 3.2 เซตของระดับนัยสำคัญ [2]

$\tilde{A}_\alpha$ คือเซตของระดับนัยสำคัญ (ระดับความเชื่อมั่นของ $\tilde{A}$) α สมาชิกแต่ละตัวของ $\tilde{A}_\alpha$ มีค่าความเป็นสมาชิกมากกว่าหรือเท่ากับระดับนัยสำคัญ α ที่กำหนดขึ้น

$$\tilde{A}_\alpha = \{x \in A | \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}, \qquad \alpha \in [0,1]$$

ตัวอย่างที่ 3.2 ฟัซซีเซตชนิดไม่ต่อเนื่อง

ความพอใจที่จะสอนในวิชาต่างๆ ของผู้สอนสามารถแบ่งได้เป็น 6 ระดับ โดยกำหนดให้แต่ละระดับมีความเป็นสมาชิกของความพอใจ ดังต่อไปนี้

ระดับความพอใจที่ 1 แทนด้วยระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจคือ 1

ระดับความพอใจที่ 2 แทนด้วยระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจคือ 0.9

ระดับความพอใจที่ 3 แทนด้วยระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจคือ 0.8

ระดับความพอใจที่ 4 แทนด้วยระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจคือ 0.7

ระดับความพอใจที่ c แทนด้วยระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจคือ 0.3 และ

ระดับความพอใจที่ " − " แทนด้วยระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจคือ 0

ดังนั้น $X = \{1,2,3,4,5,6\}$ เป็นเซตของระดับความพอใจทั้งหมด กำหนดให้ $A = X$

$\tilde{A}$ หมายถึงฟัซซีเซตความพอใจ ซึ่งจะมีค่าความเป็นสมาชิกของสมาชิกแต่ละตัวใน A ดังต่อไปนี้

$$\mu_{\tilde{A}}(1) = 1,\ \mu_{\tilde{A}}(2) = 0.8,\ \mu_{\tilde{A}}(3) = 0.7,\ \mu_{\tilde{A}}(4) = 0.6,\ \mu_{\tilde{A}}(\mathrm{c}) = 0.3,\ \mu_{\tilde{A}}(" - ") = 0$$

หากกำหนดให้ความพอใจของผู้สอนมีระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.6 จะได้ว่า ระดับความพอใจของผู้สอนที่สอดคล้องกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือระดับความพอใจที่มีค่าความเป็นสมาชิกมากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 นั่นคือระดับความพอใจที่ $1, 2, 3$ และ 4

เนื่องจากค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจถูกกำหนดโดยผู้ทำวิจัย ซึ่งค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจนั้นอาจจะสามารถเป็นค่าอื่นได้โดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจมีความคลุมเครือซ้อนทับอยู่อีกชั้นหนึ่งในระดับต่างๆของอันดับความพอใจ งานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจสามารถมีความคลุมเครือในอันดับที่อยู่ติดกัน โดยเนื้อหาส่วนนี้ได้อธิบายไว้โดยละเอียดในหัวข้อ 4.2

การที่ค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจมีความคลุมเครือเกิดขึ้น จะทำให้ค่าความพอใจถูกเปลี่ยนเป็นช่วงที่ขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ก็จะถูกเปลี่ยนเป็นช่วงที่ขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญเช่นกัน ดังนั้นหัวข้อถัดไปจะเป็นการอธิบายกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มที่มีสัมประสิทธิ์แบบช่วง (Integer linear program with interval coefficients) เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ เป็นสัมประสิทธิ์ที่ไม่เป็นค่าคงที่ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์มีความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับค่าของสัมประสิทธิ์นั้น การจัดการกับปัญหาแบบนี้งานวิจัยจึงต้องการหาคำตอบที่ให้ค่าฟังก์ชันจุดประสงค์ที่มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เมื่อมีความไม่แน่นอน (Optimistic approach) และหาคำตอบที่ให้ค่าฟังก์ชันจุดประสงค์ที่น้อยสุดของค่าที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากความไม่แน่นอนในช่วงนั้น(Pessimistic approach)

3.3 กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มที่มีสัมประสิทธิ์แบบช่วง

งานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์สามารถมีความคลุมเครือในระดับนัยสำคัญที่ต้องการ ซึ่งทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ถูกเปลี่ยนเป็นช่วงที่ขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญนั้น ดังนั้นตัวแบบของปัญหาการจัดตารางสอนในงานวิจัยนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มที่มีสัมประสิทธิ์แบบช่วง

นิยาม 3.3 ค่าแผ่กระจายทางซ้าย/ขวา ของ $\tilde{C}$ ณ ระดับนัยสำคัญ α

ค่าแผ่กระจายทางซ้าย ($\tilde{c}_{\alpha}^{L}$) ของ $\tilde{C}_{\alpha}$ คือขอบเขตล่างของช่วง $\tilde{C}_{\alpha}$

ค่าแผ่กระจายทางขวา ($\tilde{c}_{\alpha}^{R}$) ของ $\tilde{C}_{\alpha}$ คือขอบเขตบนของช่วง $\tilde{C}_{\alpha}$

กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มที่มีสัมประสิทธิ์แบบช่วง

$$\begin{aligned} \text{Maximize} \quad & [\boldsymbol{c}_{\alpha}^{L}, \boldsymbol{c}_{\alpha}^{R}]\boldsymbol{x} \\ \text{โดยที่} \quad & \boldsymbol{Ax} \leq \boldsymbol{b}, \\ & \boldsymbol{x} \geq 0, \\ & \boldsymbol{x} \in \mathbb{N} \cup \{0\} \end{aligned}$$

กำหนดการเชิงจำนวนเต็มที่มีสัมประสิทธ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์เป็นค่าคงที่ที่มีความแน่นอน จะสามารถหาค่าที่เหมาะที่สุดของตัวแบบที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับที่กำหนดได้ แต่สำหรับกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มที่มีสัมประสิทธิ์แบบช่วงจะให้คำตอบที่เหมาะที่สุดโดยขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ ซึ่งจะทำให้ค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์นั้นมีความไม่แน่นอน และงานวิจัยนี้ไม่สามารถหาทุกค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด งานวิจัยนี้จึงต้องการที่จะหาคำตอบที่ให้ค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่มีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดจากค่ามากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เมื่อสัมประสิทธิ์มีความไม่แน่นอน

ความรู้พื้นฐานทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น คือความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ บทถัดไปจะเป็นการอธิบายถึงปัญหาของการจัดวิชาให้กับผู้สอนโดยมีฟัซซีเข้ามาเกี่ยวข้อง และอธิบายถึงปัญหาของความคลุมเครือที่ต้องใช้ฟัซซีเข้ามาช่วยในการจัดวิชาสอนให้กับผู้สอน

บทที่ 4
ปัญหาการจัดวิชาให้กับผู้สอนเมื่อความพอใจของผู้สอนมีความเป็นฟัซซี

บทนี้จะเป็นการอธิบายถึงปัญหาการจัดวิชาให้กับผู้สอนเมื่อความพอใจของผู้สอนมีค่าความเป็นสมาชิกแบบฟัซซี เนื่องจากการกำหนดค่าความพอใจเป็นจำนวนเต็มมีขอบเขตของการกำหนดค่าค่อนข้างกว้าง (ซึ่งต่างจากฟัซซีที่มีขอบเขตของการกำหนดค่า คือศูนย์ถึงหนึ่ง) จึงทำให้ผู้ตัดสินใจไม่สามารถเห็นถึงขอบเขตของการกำหนดค่าได้อย่างชัดเจน และส่งผลต่อผลของการจัดวิชาให้กับผู้สอน ซึ่งจะทำให้จำนวนตอนเรียนที่ผู้สอนสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายมีค่อนข้างสูง

4.1 ค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจ

การใช้ภาษาแทนตัวเลขย่อมมีความคลุมเครือแฝงอยู่ จึงทำให้ไม่สามารถกำหนดค่าเป็นตัวเลขได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้การตีความหมายของภาษาอาจมีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้องสำหรับแต่ละบุคคล ดังนั้นฟัซซีเซตจึงถูกนำมาใช้ในการอธิบายภาษานั้นๆในเชิงคณิตศาสตร์

ค่าความพอใจของผู้สอนสามารถแบ่งได้สองอย่าง คือชอบหรือไม่ชอบ (1 หรือ 0) ในตรรกะแบบบูล แต่ในความเป็นจริงความพอใจสามารถแบ่งได้เป็นหลายระดับ เช่น ชอบมากที่สุด ชอบมาก ชอบ ปานกลาง และไม่ชอบ เป็นต้น ซึ่งจะมีความหยืดหยุ่นในการกำหนดค่ามากกว่าตรรกะแบบบูล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำฟัซซีเซตเข้ามาช่วยในการแบ่งระดับความพอใจของผู้สอน โดยกำหนดให้อันดับความพอใจของผู้สอนแทนด้วยค่าของระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจ ที่มีค่าความเป็นสมาชิกตั้งแต่ 0 ถึง 1 (1 แทนการที่ผู้สอนมีความพอใจมากที่สุดที่จะสอนในวิชานั้น และ 0 แทนการที่ผู้สอนไม่มีความพอใจที่จะสอนในวิชานั้น และค่าระหว่าง 0 ถึง 1 คือค่าของความพอใจของผู้สอนที่จะสอนในวิชานั้นจากน้อยไปมากเรียงตามลำดับ)

แม้ว่าความรู้สึกความพอใจในอันดับความพอใจต่างๆของผู้สอนแต่ละคนจะแตกต่างกัน แต่ในทางปฏิบัติแล้วผู้ทำวิจัยไม่มีข้อมูลของการกำหนดค่าที่ใช้แทนอันดับความพอใจสำหรับผู้สอนแต่ละคน ดังนั้นค่าความพอใจในงานวิจัยนี้จึงถูกกำหนดขึ้นมา 2 ชุด ดังต่อไปนี้ เพื่อใช้ศึกษาผลของการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจแบบฟัซซี โดยค่าความพอใจที่กำหนดขึ้นมานั้น สามารถแบ่งเป็น 2 ชุด ดังต่อไปนี้

1. ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน
2. ค่าความพอใจที่แบ่งโดยตำแหน่งวิชาการของผู้สอน

4.1.1 ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน

งานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าความพอใจของผู้สอนทุกคน คือค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความพอใจของผู้สอนทุกคน

อันดับความพอใจของผู้สอน (x)	ค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจ ($\mu_{\tilde{A}}(x)$)
1	1
2	0.9
3	0.8
4	0.7
c	0.3
" – "	0

ค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจในตาราง 4.1 สามารถเขียนได้ดังต่อไปนี้

$\mu_{\tilde{A}}(1) = 1, \mu_{\tilde{A}}(2) = 0.9, \mu_{\tilde{A}}(3) = 0.8, \mu_{\tilde{A}}(4) = 0.7, \mu_{\tilde{A}}(\mathrm{c}) = 0.3,$
$\mu_{\tilde{A}}(" - ") = 0$

โดย $\tilde{A}$ คือฟัซซีเซตความพอใจ

สำหรับวิชาหนึ่งๆ

$\mu_{\tilde{A}}(1)$ หมายถึง ผู้สอนมีความพอใจด้วยระดับความเชื่อมั่น 1 ที่จะสอนวิชานั้นๆ

$\mu_{\tilde{A}}(2)$ หมายถึง ผู้สอนมีความพอใจด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.9 ที่จะสอนวิชานั้นๆ

$\mu_{\tilde{A}}(3)$ หมายถึง ผู้สอนมีความพอใจด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.8 ที่จะสอนวิชานั้นๆ

$\mu_{\tilde{A}}(4)$ หมายถึง ผู้สอนมีความพอใจด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.7 ที่จะสอนวิชานั้นๆ

$\mu_{\tilde{A}}(\mathrm{c})$ หมายถึง ผู้สอนมีความพอใจด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.3 ที่จะสอนวิชานั้นๆ

$\mu_{\tilde{A}}(" - ")$ หมายถึง ผู้สอนมีความพอใจด้วยระดับความเชื่อมั่น 0 ที่จะสอนวิชานั้นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การกำหนดค่าความพอใจดังตารางที่ 4.1 ได้แนวคิดมาจากการกำหนดให้ความพอใจอันดับที่หนึ่งถึงสี่ มีความหมายว่าค่อนข้างที่จะพอใจมากโดยเรียงจากค่ามากไปยังค่าน้อยตามลำดับ และความพอใจอันดับที่ห้าหรือ c หมายถึงมีความพอใจเล็กน้อยที่ได้สอนในวิชานั้น และความหมายของความพอใจอันดับสุดท้าย คือไม่มีความพอใจเลยที่จะได้สอนในวิชานั้น โดยค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจนั้นสามารถเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของงานวิจัย และนอกจากนั้นค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจยังขึ้นอยู่กับการให้ความหมายของอันดับความพอใจต่างๆของความพอใจอีกด้วย

4.1.2 ค่าความพอใจที่แบ่งโดยตำแหน่งวิชาการของผู้สอน

หัวข้อก่อนหน้าได้กำหนดค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจสำหรับผู้สอนทุกคน ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมหากผู้สอนบางกลุ่มมีทัศนะคติที่แตกต่างกันในการให้ความหมายของอันดับความพอใจ ดังนั้นแนวทางของการกำหนดค่าความพอใจอีกแนวทางหนึ่งจึงเป็นการกำหนดค่าความพอใจของผู้สอนตามตำแหน่งวิชาการ เนื่องจากตำแหน่งวิชาการของผู้สอนนั้นมีส่วนสำคัญกับการให้ความหมายของความพอใจสำหรับการสอน โดยผู้สอนที่มีตำแหน่งวิชาการต่างกันอาจจะมองถึงความหมายของอันดับความพอใจที่แตกต่างกัน ดังนั้นหัวข้อย่อยนี้จะเป็นการกำหนดค่าความพอใจตามตำแหน่งวิชาการของผู้สอน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความพอใจที่แบ่งตามตำแหน่งวิชาการของผู้สอน

อันดับความพอใจของผู้สอน (x)	ระดับความเป็นสมาชิกของความพอใจ ($\mu_{\tilde{A}}(x)$)			
	ศาสตราจารย์	รองศาสตราจารย์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	อาจารย์
1	1	1	1	1
2	0.6	0.7	0.8	0.9
3	0.4	0.5	0.7	0.8
4	0.2	0.4	0.6	0.7
c	0.1	0.2	0.3	0.3
-	0	0	0	0

ข้อมูลในตารางที่ 4.2 คือค่าความพอใจตามตำแหน่งวิชาการของผู้สอนที่เกิดขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้เห็นว่าตำแหน่งวิชาการของผู้สอนนั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับการให้ความหมายของความพอใจของผู้สอนสำหรับการสอนในระดับที่แตกต่างกัน โดยตำแหน่งวิชาการที่ค่อนข้างสูง จะเน้นความสำคัญของการทำงานวิจัยมากกว่าการสอน ดังนั้นค่าความพอใจจึงถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามตำแหน่งวิชาการ ดังต่อไปนี้

ตำแหน่งศาสตราจารย์ : ผู้สอนที่อยู่ในตำแหน่งวิชาการนี้ ค่อนข้างที่จะสนใจในเรื่องของงานวิจัยมากกว่าการสอน ผู้สอนจึงเน้นการทำวิจัยเป็นหลัก จึงทำให้ข้อมูลของอันดับความพอใจตั้งแต่อันดับที่สองของผู้สอนที่อยู่ในกลุ่มนี้มีความหมายว่า ผู้สอนมีความพอใจไม่มากเท่าที่ควรที่จะสอนในวิชานั้น

ตำแหน่งรองศาสตราจารย์ : ผู้สอนที่อยู่ในตำแหน่งวิชาการนี้ ค่อนข้างเหมือนกับกลุ่มของผู้สอนที่อยู่ในตำแหน่งศาสตราจารย์ คือเน้นงานวิจัยค่อนข้างมาก แต่งานวิจัยที่ทำ

อาจจะไม่มากเท่ากับกลุ่มที่หนึ่ง ดังนั้นค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจที่จะสอน จะมากกว่าในกลุ่มที่หนึ่งเล็กน้อย ในอันดับความพอใจที่สองถึงอันดับความพอใจที่ c

ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ : ผู้สอนที่อยู่ในตำแหน่งวิชาการนี้ยังคงต้องการที่จะเน้นการสอนและในทางเดียวกันต้องการเน้นการทำงานวิจัยด้วย ดังนั้นอันดับความเป็นสมาชิกของความพอใจจะมากกว่าสองกลุ่มที่ผ่านมาสำหรับอันดับความพอใจที่สองถึงความพอใจที่ c

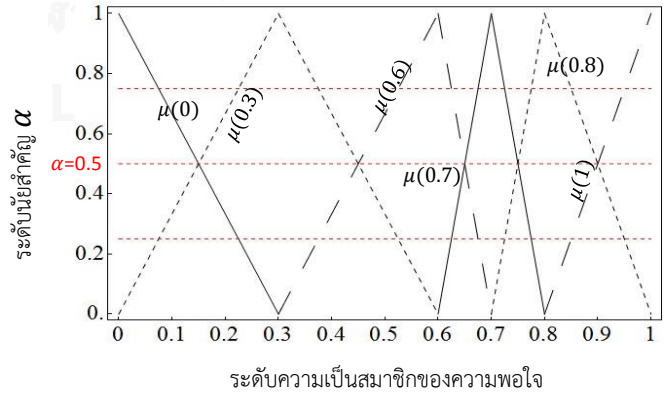
ตำแหน่งอาจารย์ : ผู้สอนที่อยู่ในตำแหน่งวิชาการนี้เน้นการสอนเป็นหลัก เนื่องจากผู้สอนยังไม่ค่อยเน้นงานวิจัยมาก ดังนั้นข้อมูลอันดับความพอใจที่ได้มา จะเหมือนกับค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจที่ใช้แทนค่าความพอใจของผู้สอนทุกคน จากตารางที่ 4.1

อย่างไรก็ตาม การกำหนดค่าความพอใจนี้ เป็นการกำหนดค่าของผู้ทำวิจัย ตามแนวคิดที่ผู้ทำวิจัยคิดว่าเหมาะสมสำหรับผู้สอน ในกลุ่มตำแหน่งวิชาการต่างๆ ในความเป็นจริงแล้วผู้ทำวิจัยสามารถกำหนดค่าความพอใจแบบอื่นที่เหมาะสมกว่าตำแหน่งวิชาการได้

4.2 ความคลุมเครือของค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจ (ค่าความพอใจ)

เนื่องจากค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจถูกกำหนดขึ้นโดยใช้แนวคิดฟัซซี เช่น หากความพอใจอยู่ในเกณฑ์มาก ค่าความเป็นสมาชิกก็ควรจะสูงตามไปด้วย แต่ “สูง” ก็มีความคลุมเครือเช่นกัน ค่าเท่าใดจึงจะเรียกได้ว่า “สูง” ค่า 0.5 ถือว่าสูงหรือไม่ เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกำหนดให้ค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจที่ได้อธิบายไปในหัวข้อ 4.1 มีความคลุมเครือหรือฟัซซีแบบสามเหลี่ยม นั่นคือค่าความเป็นสมาชิกของระดับความพอใจหนึ่ง จะคลุมเครืออยู่ในบริเวณของค่าความเป็นสมาชิกของอันดับความพอใจก่อนหน้าและถัดจากมันดังที่แสดงให้เห็นในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ฟัซซีสามเหลี่ยมของความเป็นสมาชิกของความพอใจอันดับต่างๆ

ภาพที่ 4.1 เป็นความคลุมเครือสำหรับค่าความเป็นสมาชิก (ค่าความพอใจ) ของระดับความพอใจอันดับต่างๆของผู้สอนทุกคน เช่น ค่าความพอใจ 0.3 สามารถมีความคลุมเครือระหว่างค่าความ

พอใจ 0 กับค่าความพอใจ 0.7 และค่าความพอใจ 0.7 สามารถมีความคลุมเครือระหว่างค่าความพอใจ 0.3 กับค่าความพอใจ 0.8 เป็นต้น

นอกจากนั้นระดับของความคลุมเครือยังขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญหรือระดับความเชื่อมั่นของความคลุมเครือที่สามารถยอมรับได้ เช่น ค่าความพอใจของอันดับความพอใจที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.5 จะได้ค่าความพอใจอยู่ในช่วง $[0.85,0.95]$ หรือค่าความพอใจของอันดับความพอใจที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0 จะได้ค่าความพอใจเป็นช่วง $[0.8,1]$ จะเห็นได้ว่าค่าความพอใจที่ระดับนัยสำคัญ α จะเปลี่ยนจากค่าคงที่ค่าหนึ่งเป็นช่วงของค่าความพอใจที่ขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ α นั้น

กำหนดสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องสำหรับความพอใจอันดับ t ในรูปทั่วไปต่อไปนี้ ดังนั้นเมื่อ

- $C_\alpha(t)$ คือ ช่วงของค่าความพอใจที่ขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ α
- $c_\alpha^L(t)$ คือ ค่าความพอใจที่แผ่กระจายทางซ้ายของความพอใจอันดับ t ที่ระดับนัยสำคัญ α
- $c_\alpha^R(t)$ คือ ค่าความพอใจที่แผ่กระจายทางขวาของความพอใจอันดับ t ที่ระดับนัยสำคัญ α
- $c_\alpha^N(t)$ คือ ค่าความพอใจที่ไม่มีความคลุมเครือของความพอใจอันดับ t ที่ระดับนัยสำคัญ α

โดยที่ $0 \le c_\alpha^L(t) \le c_\alpha^N(t) \le c_\alpha^R(t)$

แล้วค่าความพอใจที่ขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ α ของความพอใจอันดับที่ 1 จะอยู่ในช่วง

$$C_\alpha(t) = [c_\alpha^N(1), c_\alpha^R(1) - \alpha(c_\alpha^R(1) - c_\alpha^N(1))]$$

ค่าความพอใจที่ขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ α ของความพอใจอันดับที่ t เมื่อ $t = \{2,3,4,5\}$ จะอยู่ในช่วง

$$C_\alpha(t) = [\alpha\big(c_\alpha^N(t) - c_\alpha^L(t)\big) + c_\alpha^L(t), c_\alpha^R(t) - \alpha(c_\alpha^R(t) - c_\alpha^N(t))]$$

ค่าความพอใจที่ขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ α ของความพอใจอันดับที่สุดท้าย $(" - ")$ คือช่วง

$$C_\alpha(" - ") = [\alpha\big(c_\alpha^N(" - ") - c_\alpha^L(" - ")\big) + c_\alpha^L(" - "), c_\alpha^N(" - ")]$$

เนื่องจากค่าความพอใจคือค่าของสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ของตัวแบบ ดังนั้นที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ สัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ของตัวแบบจะถูกเปลี่ยนจากค่าคงที่ค่าหนึ่งเป็นช่วงของค่าความพอใจที่ขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญที่กำหนด และเพื่อลดความสับสนในสัญลักษณ์ที่ใช้ในฟังก์ชันจุดประสงค์ ผู้วิจัยขออนุญาตทำการตัดความพอใจอันดับ t ออกจากสัญลักษณ์ที่ได้อธิบายไปแล้วข้างต้น เช่น $c_\alpha(t)$ จะถูกเขียนเป็น c_α เท่านั้น แต่ยังมีความหมายคงเดิมตามอันดับความพอใจที่แฝงอยู่

งานวิจัยนี้สนใจฟังก์ชันจุดประสงค์ 2 อย่าง คือ ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการลดจำนวนรายวิชาที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย (ตัวแบบที่ 2.1) และฟังก์ชันจุดประสงค์ที่สนใจทั้งการ

ลดจำนวนรายวิชาที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายกับลดจำนวนภาระงานเกินของผู้สอน (ตัวแบบที่ 2.7) ทั้งนี้ นิยามให้

Ω คือเซตของคำตอบที่สอดคล้องกับเงื่อนไข (2.2) - (2.6)

ดังนั้นปัญหาของการจัดวิชาให้กับผู้สอนด้วยวิธีกำหนดการเชิงเส้นกับความคลุมเครือของความพอใจที่ระดับความเชื่อมั่น α สามารถแสดงเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นช่วงคูณกับตัวแปรตัดสินใจดังต่อไปนี้

$$\text{Maximize}_{x\in\Omega}\ \ z_1 = \left[c^L_{11_\alpha}, c^R_{11_\alpha}\right]x_{11} + \left[c^L_{12_\alpha}, c^R_{12_\alpha}\right]x_{12} + \cdots + \left[c^L_{mn_\alpha}, c^R_{mn_\alpha}\right]x_{mn} \quad (4.1)$$

และ

$$\text{Maximize}_{x\in\Omega}\ \ z_2 = \left[c^L_{11_\alpha}, c^R_{11_\alpha}\right]x_{11} + \left[c^L_{12_\alpha}, c^R_{12_\alpha}\right]x_{12} + \cdots + \left[c^L_{mn_\alpha}, c^R_{mn_\alpha}\right]x_{mn} - \sum_{i=1}^{n}\delta_i \quad (4.2)$$

เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์มีค่าเป็นช่วง จึงทำให้ตัวแบบ (4.1) และตัวแบบ (4.2) ไม่นิยาม (Not well-defined) ดังนั้นในงานวิจัยจึงใช้แนวคิดด้วยการมองโลกในแง่ดี/ร้าย (Optimistic / pessimistic approach) มาช่วยในการพิจารณาค่าของตัวแปรของการหาค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์มีความไม่แน่นอน

ตัวแบบ (4.1) สามารถแบ่งตัวแบบออกเป็น 3 ตัวแบบ ตามที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.3 โดยมีบทแทรกที่ 4.1 มารองรับดังต่อไปนี้

(a) ตัวแบบที่ทำให้ได้ค่าต่ำสุดของ ค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ดีที่สุด

$$z^{L*}_{1_\alpha} = \text{Maximize}_{x\in\Omega}\ \ c^L_{11_\alpha}x_{11} + c^L_{12_\alpha}x_{12} + \cdots + c^L_{mn_\alpha}x_{mn} \quad (4.3)$$

(b) ตัวแบบที่ทำให้ได้ค่าสูงสุดของ ค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ดีที่สุด

$$z^{R*}_{1_\alpha} = \text{Maximize}_{x\in\Omega}\ \ c^R_{11_\alpha}x_{11} + c^R_{12_\alpha}x_{12} + \cdots + c^R_{mn_\alpha}x_{mn} \quad (4.4)$$

(c) ตัวแบบที่ทำให้ได้ค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ดีที่สุดเมื่อไม่มีความคลุมเครือ

$$z^{N*}_{1_\alpha} = \text{Maximize}_{x\in\Omega}\ \ c^N_{11_\alpha}x_{11} + c^N_{12_\alpha}x_{12} + \cdots + c^N_{mn_\alpha}x_{mn} \quad (4.5)$$

ในทำนองเดียวกันตัวแบบ (4.2) สามารถแบ่งได้เป็น 3 ตัวแบบ โดยมีบทแทรก 4.2 มารองรับ

(d) ตัวแบบที่ทำให้ได้ค่าต่ำสุดของ ค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ดีที่สุด

$$z^{L*}_{2_\alpha} = \text{Maximize}_{x\in\Omega}\ \ c^L_{11_\alpha}x_{11} + c^L_{12_\alpha}x_{12} + \cdots + c^L_{mn_\alpha}x_{mn} - \sum_{i=1}^{m}\delta_i \quad (4.6)$$

(e) ตัวแบบที่ทำให้ได้ค่าสูงสุดของ ค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ดีที่สุด

$$z^{R*}_{2_\alpha} = \text{Maximize}_{x\in\Omega}\ \ c^R_{11_\alpha}x_{11} + c^R_{12_\alpha}x_{12} + \cdots + c^R_{mn_\alpha}x_{mn} - \sum_{i=1}^{m}\delta_i \quad (4.7)$$

(f) ตัวแบบที่ทำให้ได้ค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ดีที่สุดเมื่อไม่มีความคลุมเครือ

$$z^{N*}_{2_\alpha} = \text{Maximize}_{x\in\Omega}\ \ c^N_{11_\alpha}x_{11} + c^N_{12_\alpha}x_{12} + \cdots + c^N_{mn_\alpha}x_{mn} - \sum_{i=1}^{m}\delta_i \quad (4.8)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทแทรกที่ 4.1 ต้องการแสดงว่าสำหรับระดับนัยสำคัญแต่ละระดับ และค่าความพอใจแต่ละค่า ค่าผลรวมความพอใจของผู้สอนจะอยู่ระหว่างผลรวมความพอใจของตัวแบบที่ (4.3) และ (4.4) ในทำนองเดียวกันบทแทรกที่ 4.2 จะแสดงถึงผลรวมความพอใจของผู้สอนหลังจากหักผลรวมของภาระงานสอนเกินสำหรับแต่ละค่านัยสำคัญและค่าความพอใจจะอยู่ระหว่างค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ของตัวแบบที่ (4.7) และ (4.8)

บทแทรกที่ 4.1 สำหรับทุกระดับนัยสำคัญ $\alpha \in [0,1]$

จะได้ว่า $$z_{1_\alpha}^{L*} \leq z_{1_\alpha}^{N*} \leq z_{1_\alpha}^{R*}$$

<u>พิสูจน์</u> สำหรับแต่ละ $i \in I, j \in J$

กำหนดให้ x_{ij}^{L*} เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ (4.3)

x_{ij}^{R*} เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ (4.4)

x_{ij}^{N*} เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ (4.5) และ

และ $c_{ij}(t)$ คือค่าความพอใจที่ผู้สอนคนที่ i สอนวิชาที่ j เมื่อ t คือระดับความพอใจตามตารางที่ 2.1

กำหนดให้ $\alpha \in [0,1]$

จะเห็นได้ว่า $$c_{ij_\alpha}^{L}(t) \leq c_{ij_\alpha}^{N}(t) \leq c_{ij_\alpha}^{R}(t) \qquad \forall t = \{1,2,3,4,5,6\}$$

เมื่อละการเขียน t ลงในค่าความพอใจแล้ว

จะได้ว่า $z_{1_\alpha}^{L*} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{L} x_{ij}^{L*}$

$\leq \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{N} x_{ij}^{L*}$ $(\because c_{ij_\alpha}^{L} \leq c_{ij_\alpha}^{N})$

$\leq \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{N} x_{ij}^{N*}$ ($\because x_{ij}^{N*}$ เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ(4.5))

$= z_{1_\alpha}^{N*}$

และในทำนองเดียวกัน

จะได้ว่า $z_{1_\alpha}^{N*} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{N} x_{ij}^{N*}$

$\leq \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{R} x_{ij}^{N*} (\because c_{ij_\alpha}^{N} \leq c_{ij_\alpha}^{R})$

$\leq \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{R} x_{ij}^{R*} (\because x_{ij}^{R*}$ เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ(4.4))

$= z_{1_\alpha}^{R*}$

ดังนั้น $$z_{1_\alpha}^{L*} \leq z_{1_\alpha}^{N*} \leq z_{1_\alpha}^{R*}$$ □

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทแทรกที่ 4.2 สำหรับทุกระดับนัยสำคัญ α

จะได้ว่า $$z_{2_\alpha}^{L*} \leq z_{2_\alpha}^{N*} \leq z_{2_\alpha}^{R*}$$

<u>พิสูจน์</u> สำหรับแต่ละ $i \in I, j \in J$

กำหนดให้ $(x_{ij}^{L*}, \delta_i^{L*})$ เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ (4.6)

$(x_{ij}^{R*}, \delta_i^{R*})$ เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ (4.7)

$(x_{ij}^{N*}, \delta_i^{N*})$ เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ (4.8)

และ $c_{ij}(t)$ คือค่าความพอใจที่ผู้สอนคนที่ i สอนวิชาที่ j เมื่อ t คือระดับความพอใจตามตารางที่ 2.1

กำหนดให้ $\alpha \in [0,1]$

จะเห็นได้ว่า $$c_{ij_\alpha}^{L}(t) \leq c_{ij_\alpha}^{N}(t) \leq c_{ij_\alpha}^{R}(t) \qquad \forall t = \{1,2,3,4,5,6\}$$

เมื่อละการเขียน t ลงในค่าความพอใจแล้ว

จะได้ว่า $z_{2_\alpha}^{L*} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{L} x_{ij}^{L*} - \sum_{i=1}^{m} \delta_i^{L*}$

$\leq \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{N} x_{ij}^{L*} - \sum_{i=1}^{m} \delta_i^{L*}$ ($\because c_{ij_\alpha}^{L} \leq c_{ij_\alpha}^{N}$)

$\leq \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{N} x_{ij}^{N*} - \sum_{i=1}^{m} \delta_i^{N*}$ ($\because x_{ij}^{N*}, \delta_i^{N*}$ เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ(4.8))

$= z_{2_\alpha}^{N*}$

และในทำนองเดียวกัน

จะได้ว่า $z_{2_\alpha}^{N*} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{N} x_{ij}^{N*} - \sum_{i=1}^{m} \delta_i^{N*}$

$\leq \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{R} x_{ij}^{N*} - \sum_{i=1}^{m} \delta_i^{N*}$ ($\because c_{ij_\alpha}^{N} \leq c_{ij_\alpha}^{R}$)

$\leq \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij_\alpha}^{R} x_{ij}^{R*} - \sum_{i=1}^{m} \delta_i^{R*}$ ($\because x_{ij}^{R*}, \delta_i^{R*}$ เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบ(4.7)

$= z_{2_\alpha}^{R*}$

ดังนั้น $$z_{2_\alpha}^{L*} \leq z_{2_\alpha}^{N*} \leq z_{2_\alpha}^{R*}$$ □

ผลเฉลยของการจัดวิชาด้วยความพอใจของผู้สอนที่ได้จากโปรแกรม CPLEX รุ่น 12.2 ค่าของผลเฉลยที่ได้ คือ 1 หรือ 0 ดังนั้นงานวิจัยจึงใช้วิธีการของ Microsoft Excel และ วิชวลเบสิก (Visual Basic) เพื่อที่จะระบุให้ได้ว่า ผลเฉลยที่มีค่าเป็น 1 นั้นตรงกับอันดับใดของความพอใจของผู้สอน

Chulalongkorn University

บทที่ 5
ผลการวิจัย

ผลเฉลยที่แสดงในบทนี้คือกราฟของจำนวนตอนเรียนที่ผู้สอนสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายที่ได้จากตัวแบบแบบต่างๆ กล่าวไว้ในบทที่ 4 รวมถึงผลรวมภาระงานเกินของผู้สอนซึ่งขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ

5.1 ผลของจำนวนรายวิชาที่สอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายโดยขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ

งานวิจัยนี้สนใจตัวแบบที่ 4.1 และตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งมีฟังก์ชันจุดประสงค์แตกต่างกัน และกำหนดค่าความเป็นสมาชิกตามตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ดังนั้นผลเฉลยของจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.1

ผลเฉลยจากตัวแบบ 4.1 คือผลเฉลยสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด ตามค่าความพอใจที่ใช้ โดยกำหนดให้สัญลักษณ์

× คือจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายจากผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบที่ 4.3

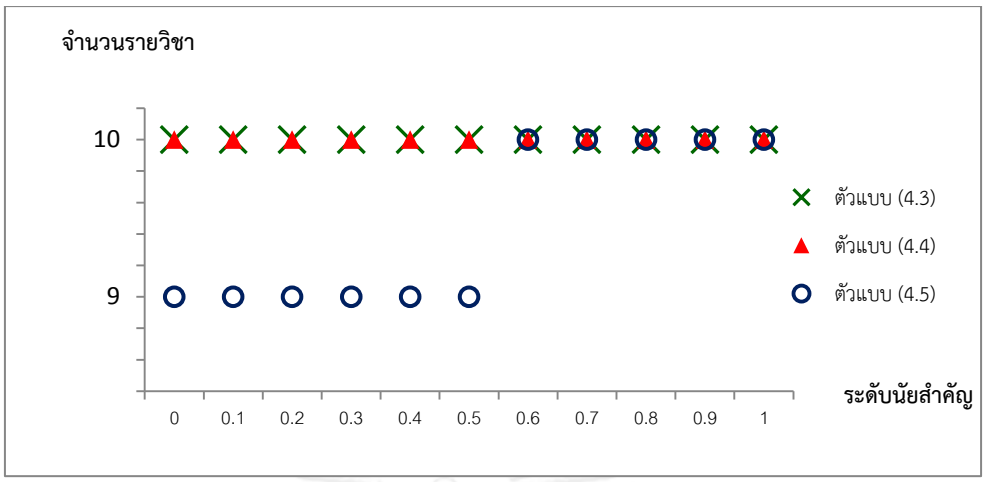
▲ คือจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายจากผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบที่ 4.4

o คือจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายจากผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบที่ 4.5

5.1.1.1 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.1 เมื่อใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน

จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายจากผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.1 เมื่อใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 5.1 และตารางในภาคผนวก ข ดังนี้

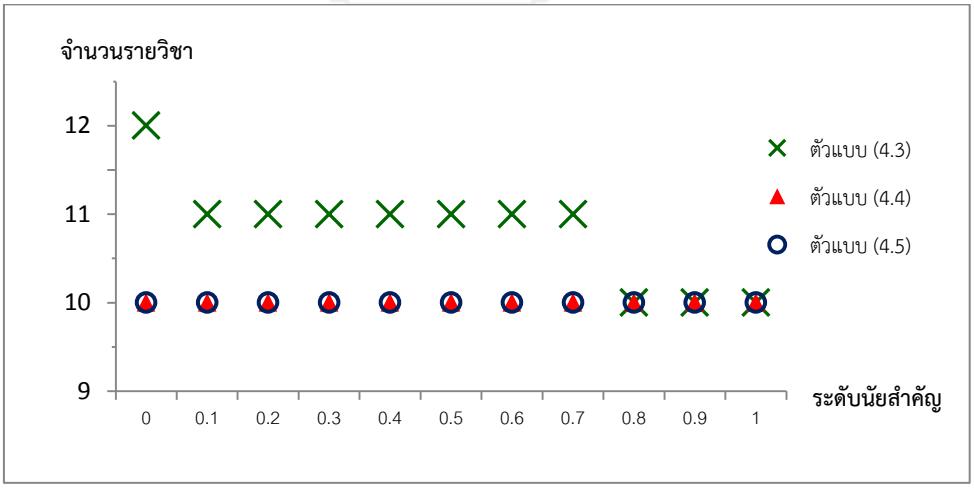
Chulalongkorn University



ภาพที่ 5.1 จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอับดับสุดท้ายของผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบ (4.3) – (4.5) สำหรับค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน

5.1.1.2 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.1 เมื่อใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ

จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายจากผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.1 เมื่อใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 5.2 และตารางในภาคผนวก ค ดังนี้



ภาพที่ 5.2 จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายของผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบ (4.3) – (4.5) สำหรับค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ

5.1.2 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.2

ผลเฉลยสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจสูงสุดของผู้สอนและลดจำนวนภาระงานเกินของผู้สอน ตามค่าความพอใจที่ใช้ โดยกำหนดให้สัญลักษณ์

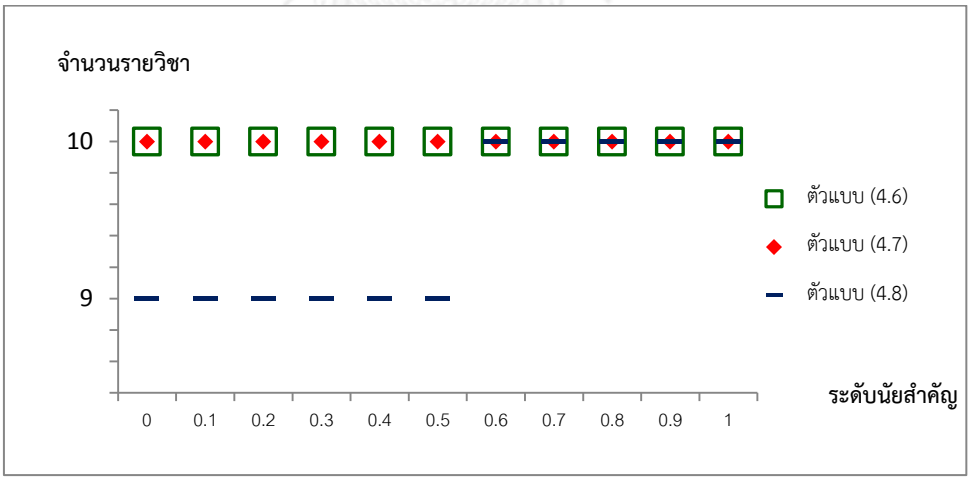
□ คือจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายจากผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบที่ 4.6

♦ คือจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายจากผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบที่ 4.7

▬ คือจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายจากผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบที่ 4.8

5.1.2.1 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.2 เมื่อใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน

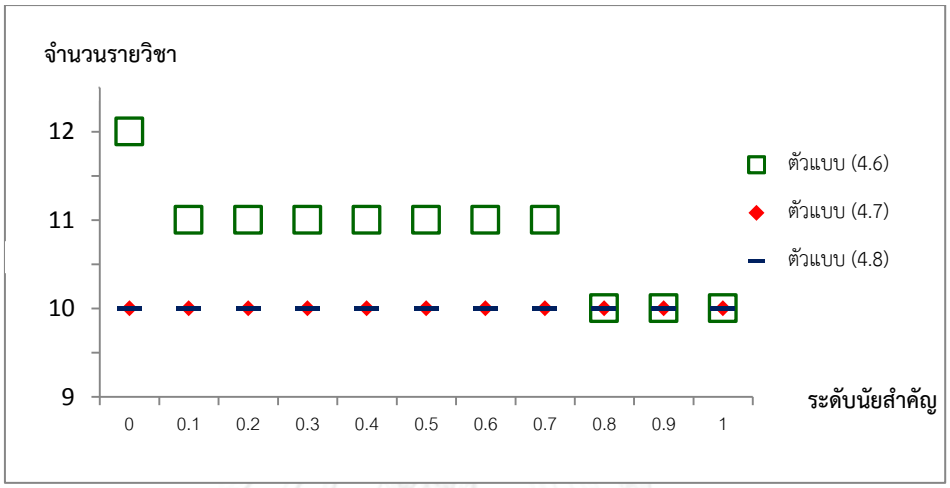
จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายจากผลเฉลยของตัวแบบ 4.2 เมื่อใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 5.3 และตารางในภาคผนวก ง ดังนี้



ภาพที่ 5.3 จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายของผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบที่ (4.6) – (4.8) สำหรับค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน

5.1.2.2 ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.2 เมื่อใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ

จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายจากผลเฉลยของตัวแบบ 4.2 เมื่อใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 5.4 และตารางในภาคผนวก จ ดังนี้



ภาพที่ 5.4 จำนวนตอนเรียนที่ผู้ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายของผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบที่ (4.6) – (4.8) สำหรับค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ

5.2 จำนวนภาระงานตามระดับนัยสำคัญของผู้สอน

ผลการเปรียบเทียบผลเฉลยของจำนวนภาระงานรวมของผู้สอนสำหรับตัวแบบ 4.3 ถึง ตัวแบบ 4.8 โดยใช้ค่าความพอใจของฟัซซีเซตสำหรับผู้สอนทุกคนตามตาราง 4.1 พบว่าผลรวมของจำนวนภาระงานในทุกระดับนัยสำคัญ ของตัวแบบที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์แตกต่างกัน จะให้ค่าของผลรวมของจำนวนภาระงานเกินที่เท่ากัน ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งสามารถดูรายละเอียดภาระงานเกินของผู้สอนแต่ละคนได้จากตารางในภาคผนวก ฉ

ตารางที่ 5.1 ผลรวมของจำนวนภาระงานเกินของผู้สอนที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ

ระดับนัยสำคัญที่	ผลรวมของจำนวนภาระงานเกินสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจสูงสุด			ผลรวมของจำนวนภาระงานเกินสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจสูงสุดและลดจำนวนภาระงานเกิน		
	ตัวแบบที่ 4.3	ตัวแบบที่ 4.4	ตัวแบบที่ 4.5	ตัวแบบที่ 4.6	ตัวแบบที่ 4.7	ตัวแบบที่ 4.8
0	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41
0.1	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41
0.2	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41
0.3	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41
0.4	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41
0.5	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41
0.6	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41
0.7	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41
0.8	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41
0.9	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41
1.0	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41	165.41

หลังจากที่ได้แสดงผลเฉลยของตัวแบบต่างๆของการจัดวิชาสอนให้กับผู้สอนด้วยความพอใจของผู้สอนแบบฟัซซี บทที่ 6 จะเป็นการสรุปและวิเคราะห์ผลที่ได้จากผลเฉลยของตัวแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สนใจการจัดรายวิชาให้กับผู้สอนของภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งใช้อันดับความพอใจของผู้สอนเป็นข้อมูลสำคัญ ในการพิจารณาการจัดรายวิชาสอน โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะลดจำนวนตอนเรียนที่มีความพอใจในอันดับสุดท้ายเพื่อประสิทธิภาพในการเรียนการสอนของภาควิชาฯ ทั้งนี้งานวิจัยได้กำหนดให้ค่าความพอใจเป็นค่าความเป็นสมาชิกของความพอใจแบบฟัซซี และต้องการศึกษาผลของการใช้ฟัซซีเข้ามาช่วยเมื่อค่าความพอใจของผู้สอนมีความคลุมเครือ

6.1 การวิเคราะห์ผลเฉลยของตัวแบบที่ 4.1 และตัวแบบที่ 4.2

เนื่องจากงานวิจัยนี้สนใจฟังก์ชันจุดประสงค์ 2 รูปแบบคือ

1. ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจสูงสุดของผู้สอน (ตัวแบบ 4.1)
2. ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจสูงสุดของผู้สอนและลดจำนวนภาระงานเกินของผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)

ตัวแบบทั้ง 2 ตัวแบบ มีฟังก์ชันจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน ตัวแบบ 4.1 เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์มีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ ทำให้ได้ตัวแบบ 4.3 – 4.5 จากบทแทรกที่ 4.1 และตัวแบบ 4.2 เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์มีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆทำให้ได้ตัวแบบ 4.6 – 4.8 จากบทแทรกที่ 4.2 โดยจากผลของการจัดตารางสอนของตารางที่ 5.1 และภาคผนวก ฉ ทำให้ได้ว่า ทุกตัวแบบมีค่าผลรวมของจำนวนภาระงานเกินของผู้สอนเท่ากัน ซึ่งหมายความว่าผลเฉลยจากทั้งสองตัวแบบสามารถเป็นผลเฉลยที่ดีที่สุดของตัวแบบทั้งสองแบบได้ (Alternative solution) ดังนั้นผู้ทำวิจัยสามารถเลือกใช้ตัวแบบ 4.1 ได้โดยไม่ต้องกังวลถึงจำนวนภาระงานเกินของผู้สอนว่าจะมากเกินไปหรือไม่

เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ผลเฉลยสำหรับค่าความพอใจที่แตกต่างกัน งานวิจัยจึงใช้ตัวแบบที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจสูงสุดของผู้สอนในการวิเคราะห์ผลเนื่องจากทั้ง 2 ตัวแบบให้คำตอบที่ดีที่สุดชุดเดียวกัน

6.2 การวิเคราะห์ผลเฉลยสำหรับค่าความพอใจจากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

การวิเคราะห์ผลเฉลยของจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย โดยมีค่าความพอใจที่แตกต่างกัน คือ

1. ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน (จากตารางที่ 4.1)
2. ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ (จากตารางที่ 4.2)

จะได้ว่า ณ ระดับนัยสำคัญเดียวกัน จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายมีจำนวนที่เท่ากันซึ่งสามารถดูได้จากภาคผนวก ข และ ค (สำหรับค่าความพอใจที่ยังไม่ได้เพิ่มความคลุมเครือลงไป ซึ่งกำหนดให้เป็นค่าความพอใจของผู้สอนทุกคน และกำหนดโดยตำแหน่งวิชาการของผู้สอนแต่ละคนตามลำดับ) แต่เมื่อค่าความพอใจแต่ละแบบมีความคลุมเครือเข้ามาเกี่ยวข้อง (ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้ายและขวา) จะทำให้จำนวนของรายวิชาที่สอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายนั้น ณ ระดับนัยสำคัญต่างๆอยู่ในช่วงที่แตกต่างกัน

แต่อย่างไรก็ตามถ้ากำหนดค่าความพอใจที่แตกต่างไปจากที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ อาจจะทำให้ได้จำนวนผลเฉลยของจำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความพอใจที่นำมาใช้ในตัวแบบ

6.3 สรุปผลงานวิจัย

การสรุปผลของงานวิจัยนี้ จะทำการสรุปเป็นข้อๆ เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ ดังต่อไปนี้

1. จำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายนั้นไม่สามารถสรุปได้จากตัวแบบใดๆ เนื่องจากจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายนั้น ขึ้นอยู่กับฟัซซีของการกำหนดค่าความพอใจและฟัซซีของความคลุมเครือของค่าความพอใจที่ใช้ในตัวแบบนั้น
2. ผลเฉลยของจำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายของงานวิจัยนี้ ให้จำนวนที่น้อยกว่าของโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] ที่มีสูงถึง 16 ตอนเรียน และนอกจากนั้นข้อมูลจริงในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2554 ให้จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย สูงถึง 21 ตอนเรียน
3. ค่าความพอใจแบบฟัซซีจะให้ผลเฉลยที่ดีกว่าค่าความพอใจที่เป็นจำนวนเต็ม เนื่องจากค่าความพอใจที่เป็นจำนวนเต็มไม่มีขอบเขตของการกำหนดค่า ซึ่งอาจจะกำหนดค่าความพอใจได้อย่างไม่เหมาะสม
4. ค่าความพอใจที่ใช้ในโครงงานเฉพาะเรื่อง [9] กำหนดให้ค่าความพอใจในความพอใจอันดับที่หนึ่งให้มีค่ามากกว่าค่าความพอใจในความพอใจอันดับอื่นๆค่อนข้างสูง เพราะฟังก์ชันจุดประสงค์ของตัวแบบ คือต้องการหาผลเฉลยสูงสุดของความพอใจรวมของผู้สอน ซึ่งทำให้การกำหนดค่าความสามารถของโครงงาน [9] ไม่เหมาะสมเท่าที่ควร ดังนั้นจึงทำให้ได้ผลเฉลยของจำนวนตอนเรียนที่ผู้สอนสอนด้วยความพอใจอันดับสุดท้ายค่อนข้างสูง
5. ค่าระดับนัยสำคัญ (α - level) จะมีผลทำให้ผลเฉลยของการจัดรายวิชาสอนเปลี่ยนไป โดยจะแสดงให้เห็นถึงช่วงของจำนวนตอนเรียนที่ผู้สอนสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย เมื่อค่าความพอใจมีความคลาดเคลื่อนในระดับนัยสำคัญที่กำหนด

6. ฟัซซีสามารถช่วยให้งานวิจัยวิเคราะห์ผลของการจัดวิชาให้กับผู้สอน เมื่อมีความไม่แน่นอนในค่าความพอใจ ซึ่งผู้ทำวิจัยต้องกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่มีต่อความคลุมเครือของค่าความพอใจที่สามารถยอมรับได้ โดยใช้กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มที่มีสัมประสิทธิ์แบบช่วงเข้ามาช่วยในการหาผลเฉลยที่มีความไม่แน่นอนของฟังก์ชันจุดประสงค์ ซึ่งจะทำให้เราได้ช่วงของความพอใจรวมของผู้สอน

อย่างไรก็ตามฟัซซีสำหรับการกำหนดค่าความพอใจและกำหนดระดับความคลุมเครือของค่าความพอใจนั้นสามารถเปลี่ยนไปได้ตามความเหมาะสมของงานขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของงานวิจัย

งานวิจัยนี้พยายามที่จะสร้างคำสั่งโปรแกรม (Program code) ที่ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้จริง โดยใช้โปรแกรม CPLEX รุ่น 12.2 ในการใช้หาผลเฉลยของปัญหาการจัดตารางสอน ใช้ค่าความเป็นสมาชิกของค่าความพอใจและระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ ซึ่งผลของการจัดตอนเรียนให้กับผู้สอนเพื่อตอบสนองต่อความพอใจของผู้สอนที่นำฟัซซีเข้ามาประยุกต์ใช้ จะทำให้งานวิจัยนี้เห็นถึงแนวโน้มของจำนวนตอนเรียนที่ถูกสอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายเท่านั้น

จากการศึกษางานวิจัยพบว่าจำนวนตอนเรียนที่มีความพอใจอันดับสุดท้ายน้อยที่สุดที่เป็นไปได้คือ 6 วิชา เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาจากภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ชุดนี้มีบางวิชาที่ผู้สอนไม่มีความต้องการที่จะสอนและบางวิชามีผู้สอนที่สามารถสอนได้ไม่เพียงพอกับจำนวนตอนเรียนในหนึ่งวิชา ดังนั้นทางภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ควรที่จะเพิ่มผู้สอนพิเศษที่ถนัดในวิชาที่ผู้สอนไม่มีความต้องการสอนในวิชานั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนของภาควิชา

นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ยังสามารถพัฒนาตัวแบบของการจัดวิชาให้กับผู้สอนด้วยความพอใจต่อไปได้ในส่วนของการหาค่าความพอใจที่ทำให้ได้จำนวนความพอใจในอันดับสุดท้ายน้อยที่สุด และปรับปรุงตัวแบบให้สอดคล้องกับจำนวนภาระงานและจำนวนวิชาที่มีความพอใจอันดับสุดท้ายน้อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

[1] D. Abramson, M. Krishnamoorthy, and H. Dang, Simulated annealing cooling schedulesfor the school timetabling problem, Asia-Pacific journal of Operational Research, Vol. 16 (1999), 1 - 22.

[2] H. Basirzadeh, M. Farnam, and E. Hakimi, *An approach for ranking discrete fuzzy sets*, Journal of Mathematical and Computational Science, Vol. 2, No. 3 (2012), 584 -592.

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

[4] M. Delgado, J.L. Verdegay, and M.A. Vila, *A General Model for Fuzzy Linear Programming*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 29 (1989), 21 – 29.

[5] S.C. Fang, C.-F. Hu, H.-F. Wang, and S.Y. Wu, *Linear programming with Fuzzy Coefficients in Constraints*, Computers and Mathematics with Applications, Vol. 37 (1999), 63 - 76.

[6] R.N. Gasimov and K. Yenilmez, *Solving Fuzzy Linear Programming Problems with Linear Membership Functions*, Turkish Journal of Mathematics, Vol. 26 (2002), 375 - 396.

[7] A. Guuawan, K. Ming Ng, and K. Leng Poh, *Solving the teacher assignment-course scheduling Problem by a Hybrid Algorithm*, International Journal of Mechanical, Vol. 1, No. 9 (2007), 136-141.

[8] W.A. Lodwick and E.Untiedt, *Introduction to fuzzy and Possibilistic Optimization*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2010), 33 – 62.

[9] B. Sa-ngimnet and J. Eabsrangky, *The optimal teaching schedule to satisfy instructor requirements*, Senior Project, Department of Mathematics and Computer Science, Faculty of science, Chulalongkorn University, (2012).

[10] R.A. Valdes, E. Crespo, and J.M. Tamarit, *Design and implementation of a course scheduling system using Tabu Search*, European Journal of Operational Research, Vol. 137 (2002), 512 - 523.

[11] L. Wang, *A course in fuzzy systems and control*, Prentice-Hall International, New Jersey, (1997).

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ข้อมูลปริมาณภาระงาน SSTD ปริมาณงานที่ต้องการสอน และปริมาณงานจากตอนเรียนที่สอน

ปริมาณภาระงาน SSTD ของผู้สอนแต่ละคน และข้อมูลปริมาณงานที่ผู้สอนแต่ละคนต้องการสอนถูกแสดงไว้ ในตาราง ก-1 ส่วนข้อมูลจำนวนภาระงานจากตอนเรียนที่สอนถูกแสดงไว้ในตารางที่ ก-2

ตารางที่ ก-1 ปริมาณภาระงาน SSTD และปริมาณงานที่ผู้สอนแต่ละคนต้องการสอน

ผู้สอนคนที่	ปริมาณภาระงาน SSTD	ปริมาณงานที่ผู้สอนต้องการ
1	28.5	21.0
2	5.77	
3	6.75	21.0
4	4.27	18.0
5	6.7	24.5
6	3	24.5
7	1.5	24.5
8	17	21.0
9	1.5	24.5
10	9.2	18.0
11	1.5	24.5
12	4.02	24.5
13	0	19.3
14	5.03	18.0
15	3.2	24.5
16	6.63	18.0
17	4.5	18.0
18	0	24.5
19	19.5	18.0
20	1.5	24.5
21	1.7	21.0
22	19.97	24.5
23	3	21.0
24	3	21.0
25	19.5	21.0
26	3.5	18.0
27	6.72	21.0
28	0.6	21.0
29	1.5	21.0
30	16.03	21.0
31	1.5	18.0
32	2.57	21.0
33	9.03	18.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-1 ปริมาณภาระงาน SSTD และปริมาณงานที่ผู้สอนแต่ละคนต้องการสอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	ปริมาณภาระงาน SSTD	ปริมาณงานที่ผู้สอนต้องการ
34	4.6	18.0
35	8	21.0
36	1.5	18.0
37	3.47	18.0
38	5	24.5
39	4	18.0
40	1.5	21.0
41	0	21.0
42	13.5	18.0
43	8	24.5
44	3	21.0
45	11.5	18.0
46	4	21.0
47	18.5	21.0
48	4.02	21.0
49	1.07	18.0
50	7.33	21.0
51	3	18.0
52	3.1	21.0
53	1.87	21.0
54	1.77	21.0
55	0	18.0
56	0.8	24.5
57	0	30.0
58	0	30.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-2 ปริมาณภาระงานจากตอนเรียนที่สอน

ตอนเรียน	หน่วยกิต	จำนวนนิสิต	ปริมาณภาระงาน
2301101(sec1)	4	50	12
2301102(sec1)	4	100	14
2301102(sec2)	4	60	14
2301103(sec1)	3	100	10.5
2301103(sec2)	3	100	10.5
2301105(sec1)	4	50	12
2301107(sec1)	3	50	9
2301108(sec1)	3	120	12
2301108(sec2)	3	120	12
2301108(sec3)	3	40	9
2301108(sec4A)	1.5	120	6
2301108(sec4B)	1.5	120	6
2301108(sec5)	3	40	9
2301108(sec6)	3	140	12
2301108(sec7)	3	100	10.5
2301113(sec1)	4	40	12
2301114(sec1)	3	120	12
2301114(sec2A)	1.5	120	6
2301114(sec2B)	3	40	9
2301115(sec1A)	1.5	50	4.5
2301115(sec1B)	1.5	50	4.5
2301116(sec1)	3	100	10.5
2301116(sec2)	3	100	10.5
2301117(sec1)	4	50	12
2301118(sec1)	4	100	14
2301118(sec2)	4	40	12
2301118(sec3)	4	100	14
2301118(sec4)	4	100	14
2301145(sec1)	3	40	9
2301170(sec1)	3	100	10.5
2301170(sec2)	3	100	10.5
2301172(sec1)	1	40	3
2301172(sec2)	1	40	3
2301204(sec1)	3	40	9
2301207(sec1)	3	40	9
2301217(sec1)	3	40	9
2301218(sec1)	3	40	9
2301222(sec1)	3	40	9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-2 ปริมาณภาระงานจากตอนเรียนที่สอน (ต่อ)

ตอนเรียน	หน่วยกิต	จำนวนนิสิต	ปริมาณภาระงาน
2301223(sec1)	3	50	9
2301223(sec2)	3	50	9
2301224(sec1)	3	40	9
2301231(sec1)	3	40	9
2301234(sec1)	3	100	10.5
2301260(sec1)	4	40	12
2301268(sec1)	3	40	9
2301274(sec1)	3	40	9
2301277(sec1A)	1.5	100	5.25
2301277(sec1B)	1.5	100	5.25
2301286(sec1)	2	100	7
2301286(sec2)	2	100	7
2301286(sec3)	2	100	7
2301286(sec4)	2	100	7
2301286(sec5)	2	100	7
2301286(lab1)	1	100	3
2301286(lab2)	1	100	3
2301286(lab3)	1	100	3
2301286(lab4)	1	100	3
2301286(lab5)	1	100	3
2301286(lab6)	1	100	3
2301286(lab7)	1	100	3
2301286(lab8)	1	100	3
2301306(sec1)	3	40	9
2301312(sec1A)	1.5	100	5.25
2301312(sec1B)	1.5	100	5.25
2301312(sec3)	3	100	10.5
2301312(sec4)	3	100	10.5
2301314(sec1)	3	40	9
2301321(sec1)	3	40	9
2301331(sec1)	3	40	9
2301336(sec1)	3	40	9
2301338(sec1)	3	40	9
2301345(sec1)	3	40	9
2301350(sec1)	3	40	9
2301362(sec1)	3	40	9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-2 ปริมาณภาระงานจากตอนเรียนที่สอน (ต่อ)

ตอนเรียน	หน่วยกิต	จำนวนนิสิต	ปริมาณภาระงาน
2301364(sec1)	3	40	9
2301366(sec1)	3	120	12
2301367(sec1)	3	60	10.5
2301370(sec1)	3	40	9
2301374(sec1)	3	100	10.5
2301375(sec1)	3	40	9
2301375(sec2)	3	40	9
2301377(sec1)	3	40	9
2301380(sec1)	3	70	10.5
2301384(sec1A)	1.5	40	4.5
2301384(sec1B)	1.5	40	4.5
2301404(sec1)	3	40	9
2301422(sec1)	3	40	9
2301452(sec1)	3	40	9
2301463(sec1)	3	40	9
2301468(sec1)	3	40	9
2301469(sec1)	3	40	9
2301474(sec1)	3	40	9
2301476(sec1)	3	40	9
2301482(sec1)	3	40	9
2301532(sec1)	3	20	13.5
2301551(sec1)	0	40	0
2301614(sec1)	3	40	13.5
2301621(sec1)	3	20	13.5
2301623(sec1)	3	20	13.5
2301625(sec1)	3	20	13.5
2301632(sec1)	3	40	13.5
2301645(sec1)	3	20	13.5
2301651(sec1)	0	40	0
2301653(sec1)	3	20	13.5
2301668(sec1)	0	40	0
2301670(sec1)	3	20	13.5
2301671(sec1)	3	40	13.5
2301675(sec1)	3	20	13.5
2301676(sec1)	3	20	13.5
2301686(sec1)	3	40	13.5
2301689(sec1)	0	40	0
2301690(sec1)	3	20	13.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-2 ปริมาณภาระงานจากตอนเรียนที่สอน (ต่อ)

ตอนเรียน	หน่วยกิต	จำนวนนิสิต	ปริมาณภาระงาน
2301694(sec1)	3	20	13.5
2301695(sec1)	0	20	0
2301710(sec1)	3	20	13.5
2301736(sec1A)	1.5	40	6.75
2301736(sec1B)	1.5	40	6.75
2301762(sec1)	0	40	0
2301770(sec1)	0	40	0
2301790(sec1)	0.22	40	0.99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ

จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายเมื่อตัวแบบมีฟังก์ชันจุดประสงค์ ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด โดยใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ ข-1จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0	10	10	9
0.01	10	10	9
0.02	10	10	9
0.03	10	10	9
0.04	10	10	9
0.05	10	10	9
0.06	10	10	9
0.07	10	10	9
0.08	10	10	9
0.09	10	10	9
0.1	10	10	9
0.11	10	10	9
0.12	10	10	9
0.13	10	10	9
0.14	10	10	9
0.15	10	10	9
0.16	10	10	9
0.17	10	10	9
0.18	10	10	9
0.19	10	10	9
0.2	10	10	9
0.21	10	10	9
0.22	10	10	9
0.23	10	10	9
0.24	10	10	9
0.25	10	10	9
0.26	10	10	9
0.27	10	10	9
0.28	10	10	9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.29	10	10	9
0.3	10	10	9
0.31	10	10	9
0.32	10	10	9
0.33	10	10	9
0.34	10	10	9
0.35	10	10	9
0.36	10	10	9
0.37	10	10	9
0.38	10	10	9
0.39	10	10	9
0.4	10	10	9
0.41	10	10	9
0.42	10	10	9
0.43	10	10	9
0.44	10	10	9
0.45	10	10	9
0.46	10	10	9
0.47	10	10	9
0.48	10	10	9
0.49	10	10	9
0.5	10	10	9
0.51	10	10	9
0.52	10	10	9
0.53	10	10	9
0.54	10	10	9
0.55	10	10	9
0.56	10	10	9
0.57	10	10	9
0.58	10	10	9
0.59	10	10	9
0.6	10	10	10
0.61	10	10	10
0.62	10	10	10
0.63	10	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.64	10	10	10
0.65	10	10	10
0.66	10	10	10
0.67	10	10	10
0.68	10	10	10
0.69	10	10	10
0.7	10	10	10
0.71	10	10	10
0.72	10	10	10
0.73	10	10	10
0.74	10	10	10
0.75	10	10	10
0.76	10	10	10
0.77	10	10	10
0.78	10	10	10
0.79	10	10	10
0.8	10	10	10
0.81	10	10	10
0.82	10	10	10
0.83	10	10	10
0.84	10	10	10
0.85	10	10	10
0.86	10	10	10
0.87	10	10	10
0.88	10	10	10
0.89	10	10	10
0.9	10	10	10
0.91	10	10	10
0.92	10	10	10
0.93	10	10	10
0.94	10	10	10
0.95	10	10	10
0.96	10	10	10
0.97	10	10	10
0.98	10	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.99	10	10	10
1	10	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ

จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายเมื่อตัวแบบมีฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ ค-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0	12	10	10
0.01	11	10	10
0.02	11	10	10
0.03	11	10	10
0.04	11	10	10
0.05	11	10	10
0.06	11	10	10
0.07	11	10	10
0.08	11	10	10
0.09	11	10	10
0.1	11	10	10
0.11	11	10	10
0.12	11	10	10
0.13	11	10	10
0.14	11	10	10
0.15	11	10	10
0.16	11	10	10
0.17	11	10	10
0.18	11	10	10
0.19	11	10	10
0.2	11	10	10
0.21	11	10	10
0.22	11	10	10
0.23	11	10	10
0.24	11	10	10
0.25	11	10	10
0.26	11	10	10
0.27	11	10	10
0.28	11	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.29	11	10	10
0.3	11	10	10
0.31	11	10	10
0.32	11	10	10
0.33	11	10	10
0.34	11	10	10
0.35	11	10	10
0.36	11	10	10
0.37	11	10	10
0.38	11	10	10
0.39	11	10	10
0.4	11	10	10
0.41	11	10	10
0.42	11	10	10
0.43	11	10	10
0.44	11	10	10
0.45	11	10	10
0.46	11	10	10
0.47	11	10	10
0.48	11	10	10
0.49	11	10	10
0.5	11	10	10
0.51	11	10	10
0.52	11	10	10
0.53	11	10	10
0.54	11	10	10
0.55	11	10	10
0.56	11	10	10
0.57	11	10	10
0.58	11	10	10
0.59	11	10	10
0.6	11	10	10
0.61	11	10	10
0.62	11	10	10
0.63	11	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.64	11	10	10
0.65	11	10	10
0.66	11	10	10
0.67	11	10	10
0.68	11	10	10
0.69	11	10	10
0.7	11	10	10
0.71	11	10	10
0.72	11	10	10
0.73	11	10	10
0.74	11	10	10
0.75	10	10	10
0.76	10	10	10
0.77	10	10	10
0.78	10	10	10
0.79	10	10	10
0.8	10	10	10
0.81	10	10	10
0.82	10	10	10
0.83	10	10	10
0.84	10	10	10
0.85	10	10	10
0.86	10	10	10
0.87	10	10	10
0.88	10	10	10
0.89	10	10	10
0.9	10	10	10
0.91	10	10	10
0.92	10	10	10
0.93	10	10	10
0.94	10	10	10
0.95	10	10	10
0.96	10	10	10
0.97	10	10	10
0.98	10	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.99	10	10	10
1	10	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ

จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายเมื่อตัวแบบมีฟังก์ชันที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของผู้สอนแต่ละคน โดยใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ ง-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0	10	10	9
0.01	10	10	9
0.02	10	10	9
0.03	10	10	9
0.04	10	10	9
0.05	10	10	9
0.06	10	10	9
0.07	10	10	9
0.08	10	10	9
0.09	10	10	9
0.1	10	10	9
0.11	10	10	9
0.12	10	10	9
0.13	10	10	9
0.14	10	10	9
0.15	10	10	9
0.16	10	10	9
0.17	10	10	9
0.18	10	10	9
0.19	10	10	9
0.2	10	10	9
0.21	10	10	9
0.22	10	10	9
0.23	10	10	9
0.24	10	10	9
0.25	10	10	9
0.26	10	10	9
0.27	10	10	9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.28	10	10	9
0.29	10	10	9
0.3	10	10	9
0.31	10	10	9
0.32	10	10	9
0.33	10	10	9
0.34	10	10	9
0.35	10	10	9
0.36	10	10	9
0.37	10	10	9
0.38	10	10	9
0.39	10	10	9
0.4	10	10	9
0.41	10	10	9
0.42	10	10	9
0.43	10	10	9
0.44	10	10	9
0.45	10	10	9
0.46	10	10	9
0.47	10	10	9
0.48	10	10	9
0.49	10	10	9
0.5	10	10	9
0.51	10	10	9
0.52	10	10	9
0.53	10	10	9
0.54	10	10	9
0.55	10	10	9
0.56	10	10	9
0.57	10	10	9
0.58	10	10	9
0.59	10	10	9
0.6	10	10	10
0.61	10	10	10
0.62	10	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.63	10	10	10
0.64	10	10	10
0.65	10	10	10
0.66	10	10	10
0.67	10	10	10
0.68	10	10	10
0.69	10	10	10
0.7	10	10	10
0.71	10	10	10
0.72	10	10	10
0.73	10	10	10
0.74	10	10	10
0.75	10	10	10
0.76	10	10	10
0.77	10	10	10
0.78	10	10	10
0.79	10	10	10
0.8	10	10	10
0.81	10	10	10
0.82	10	10	10
0.83	10	10	10
0.84	10	10	10
0.85	10	10	10
0.86	10	10	10
0.87	10	10	10
0.88	10	10	10
0.89	10	10	10
0.9	10	10	10
0.91	10	10	10
0.92	10	10	10
0.93	10	10	10
0.94	10	10	10
0.95	10	10	10
0.96	10	10	10
0.97	10	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.98	10	10	10
0.99	10	10	10
1	10	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ

จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายเมื่อตัวแบบมีฟังก์ชันที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของผู้สอนแต่ละคน โดยใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ จ-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0	12	10	10
0.01	11	10	10
0.02	11	10	10
0.03	11	10	10
0.04	11	10	10
0.05	11	10	10
0.06	11	10	10
0.07	11	10	10
0.08	11	10	10
0.09	11	10	10
0.1	11	10	10
0.11	11	10	10
0.12	11	10	10
0.13	11	10	10
0.14	11	10	10
0.15	11	10	10
0.16	11	10	10
0.17	11	10	10
0.18	11	10	10
0.19	11	10	10
0.2	11	10	10
0.21	11	10	10
0.22	11	10	10
0.23	11	10	10
0.24	11	10	10
0.25	11	10	10
0.26	11	10	10
0.27	11	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ จ-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.28	11	10	10
0.29	11	10	10
0.3	11	10	10
0.31	11	10	10
0.32	11	10	10
0.33	11	10	10
0.34	11	10	10
0.35	11	10	10
0.36	11	10	10
0.37	11	10	10
0.38	11	10	10
0.39	11	10	10
0.4	11	10	10
0.41	11	10	10
0.42	11	10	10
0.43	11	10	10
0.44	11	10	10
0.45	11	10	10
0.46	11	10	10
0.47	11	10	10
0.48	11	10	10
0.49	11	10	10
0.5	11	10	10
0.51	11	10	10
0.52	11	10	10
0.53	11	10	10
0.54	11	10	10
0.55	11	10	10
0.56	11	10	10
0.57	11	10	10
0.58	11	10	10
0.59	11	10	10
0.6	11	10	10
0.61	11	10	10
0.62	11	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ จ-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.63	11	10	10
0.64	11	10	10
0.65	11	10	10
0.66	11	10	10
0.67	11	10	10
0.68	11	10	10
0.69	11	10	10
0.7	11	10	10
0.71	11	10	10
0.72	11	10	10
0.73	11	10	10
0.74	11	10	10
0.75	11	10	10
0.76	10	10	10
0.77	10	10	10
0.78	10	10	10
0.79	10	10	10
0.8	10	10	10
0.81	10	10	10
0.82	10	10	10
0.83	10	10	10
0.84	10	10	10
0.85	10	10	10
0.86	10	10	10
0.87	10	10	10
0.88	10	10	10
0.89	10	10	10
0.9	10	10	10
0.91	10	10	10
0.92	10	10	10
0.93	10	10	10
0.94	10	10	10
0.95	10	10	10
0.96	10	10	10
0.97	10	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ จ-1 จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้ายสำหรับตัวแบบที่ 4.2 ซึ่งใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ เมื่อค่าความพอใจมีความคลุมเครือที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ (α - level)	จำนวนตอนเรียนที่สอนด้วยความพอใจในอันดับสุดท้าย		
	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางซ้าย (c_α^L)	ค่าความพอใจ (c_α^N)	ค่าความพอใจแผ่กระจายทางขวา (c_α^R)
0.98	10	10	10
0.99	10	10	10
1	10	10	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ

จำนวนภาระงานเกินของผู้สอน

จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนแต่ละคน สำหรับตัวแบบที่ 4.1 และ 4.2 โดยใช้ฟัซซีเซตความพอใจ $\tilde{c}_{ij}$ ที่มีค่าความเป็นสมาชิก $\mu(1) = 1, \mu(2) = 0.9, \mu(3) = 0.8, \mu(4) = 0.7, \mu(c) = 0.3, \mu(" - ") = 0$ ถูกแสดงไว้ตามระดับนัยสำคัญดังนี้

สำหรับระดับนัยสำคัญ 0

ตารางที่ ฉ-1 จำนวนภาระเกินของผู้สอน

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
3	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
4	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	2.5	2.5	0.5	1	0.5	0.5
7	8.88	0	-1.78	0	0	0
8	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75
9	1.78	0	3.55	0	0	0
10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
11	0	0	0	0	0	0
12	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
13	3.2	3.2	0.2	3.2	3.2	0.2
14	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	-1.24	0	0	0
19	10.5	21	10.5	21	10.5	21
20	1	1	1	1	1	1
21	0.2	0.2	1.7	0.2	1.7	1.7
22	2.47	2.47	5.47	2.47	2.47	5.47
23	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
26	8	8	8	8	8	8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ฉ-1 จำนวนภาระเกินของผู้สอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
27	3.72	3.72	3.72	5.22	3.72	3.72
28	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
29	3	3	3	3	3	3
30	4.03	4.03	14.53	4.03	4.03	4.03
31	1.5	1.5	3	1.5	1.5	1.5
32	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
33	1.53	0.03	0.03	3.03	0.03	0.03
34	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
37	4.47	4.47	4.97	4.47	4.47	4.97
38	0	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1
40	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
41	0	0	6	0	0	6
42	15	4.5	4.5	4.5	15	4.5
43	7	7	7	7	7	7
44	6	6	1.5	6	6	1.5
45	0.5	0.25	0.5	0.25	0.25	0.25
46	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
47	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
48	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
49	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
51	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
52	1.6	1.6	0.1	0.1	1.6	1.6
53	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
54	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
55	0.75	1	0.75	1	3	1
56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
57	0	0	0	0	0	0
58	0	1.5	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.1

ตารางที่ ฉ-2 จำนวนภาระเกินของผู้สอน

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
3	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
4	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	2.5	2.5	0.5	1	0.5	0.5
7	0	0	3.02	0	0	0
8	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75
9	0	0	0	0	0	0
10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
11	0	0	0	0	0	0
12	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
13	3.2	3.2	0.2	3.2	3.2	0.2
14	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	21	21	21	21	10.5	21
20	1	1	1	1	1	1
21	0.2	0.2	1.7	0.2	1.7	0.2
22	2.47	2.47	5.47	2.47	2.47	5.47
23	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
26	8	8	8	8	8	8
27	3.72	3.72	5.22	5.22	3.72	5.22
28	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
29	3	3	3	3	3	3
30	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
31	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
32	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ฉ-2 จำนวนภาระเกินของผู้สอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
33	0.03	0.03	0.03	3.03	0.03	0.03
34	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
37	4.47	4.47	4.97	4.47	4.47	4.97
38	0	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1
40	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
41	0	0	6	0	0	6
42	4.5	4.5	4.5	4.5	15	4.5
43	7	7	7	7	7	7
44	6	6	1.5	6	6	1.5
45	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
46	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
47	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
48	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
49	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
51	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
52	1.6	1.6	0.1	0.1	1.6	0.1
53	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
54	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
55	1	1	1	1	3	1
56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
57	0	0	0	0	0	0
58	1.5	1.5	0	0	0	1.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.2

ตารางที่ ฉ-3 จำนวนภาระเกินของผู้สอน

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
3	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
4	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	1	2.5	0.5	2.5	0.5	0.5
7	-3.43	0	0	0	0	0
8	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75
9	0	0	0	0	0	0
10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
11	0	0	0	0	0	0
12	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
13	3.2	3.2	0.2	3.2	3.2	0.2
14	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
17	-5.76	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	10.5	21	21	21	10.5	21
20	1	1	1	1	1	1
21	0.2	0.2	0.2	0.2	1.7	0.2
22	2.47	2.47	5.47	2.47	2.47	5.47
23	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
26	8	8	8	8	8	8
27	5.22	3.72	5.22	3.72	3.72	3.72
28	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
29	3	3	3	3	3	3
30	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
31	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
32	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ฉ-3 จำนวนภาระเกินของผู้สอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
33	3.03	0.03	0.03	0.03	0.03	1.53
34	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
37	4.47	4.47	4.97	4.47	4.47	4.97
38	0	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1
40	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
41	0	0	6	0	0	6
42	15	4.5	4.5	4.5	15	4.5
43	7	7	7	7	7	7
44	6	6	1.5	6	6	1.5
45	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.25
46	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
47	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
48	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
49	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
51	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
52	0.1	1.6	0.1	1.6	1.6	1.6
53	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
54	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
55	1	1	0.75	1	3	1
56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
57	0	0	0	0	0	0
58	0	1.5	1.5	1.5	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.3

ตารางที่ ฉ-4 จำนวนภาระเกินของผู้สอน

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
3	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
4	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	0.5	2.5	0.5	0.5	0.5	0.5
7	0	0	0	0	0	0
8	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75
9	1.71	0	0	0	0	0
10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
11	0	0	0	0	0	0
12	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
13	3.2	3.2	0.2	3.2	3.2	0.2
14	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
17	-5.19	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	21	21	21	21	10.5	21
20	1	1	1	1	1	1
21	1.7	0.2	0.2	0.2	1.7	0.2
22	2.47	2.47	5.47	2.47	2.47	5.47
23	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
26	8	8	8	8	8	8
27	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	5.22
28	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
29	3	3	3	3	3	3
30	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
31	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
32	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ฉ-4 จำนวนภาระเกินของผู้สอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
33	0.03	0.03	1.53	0.03	0.03	0.03
34	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
37	4.47	4.47	4.97	4.47	4.47	4.97
38	0	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1
40	4.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
41	0	0	6	0	0	6
42	4.5	4.5	4.5	4.5	15	4.5
43	7	7	7	7	7	7
44	6	6	1.5	6	6	1.5
45	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
46	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
47	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
48	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
49	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
51	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
52	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.1
53	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
54	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
55	0	1	1	3	3	1
56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
57	-1.56	0	1.78	0	0	0
58	0	1.5	0	1.5	0	1.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.4

ตารางที่ ฉ-5 จำนวนภาระเกินของผู้สอน

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
3	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
4	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	0.5	2.5	0.5	0.5	0.5	0.5
7	0	0	0	0	0	0
8	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75
9	0	0	0	0	0	0
10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
11	0	0	0	0	0	0
12	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
13	3.2	3.2	0.2	3.2	3.2	0.2
14	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	21	21	21	21	10.5	10.5
20	1	1	1	1	1	1
21	0.2	0.2	0.2	0.2	1.7	0.2
22	2.47	2.47	5.47	2.47	2.47	5.47
23	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
26	8	8	8	8	8	8
27	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	5.22
28	2.1	2.1	2.1	5.1	2.1	2.1
29	3	3	3	3	3	3
30	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
31	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
32	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ฉ-5 จำนวนภาระเกินของผู้สอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
33	1.53	0.03	1.53	0.03	0.03	0.03
34	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
37	4.47	4.47	4.97	4.47	4.47	4.97
38	0	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1
40	4.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
41	0	0	6	0	0	6
42	4.5	4.5	4.5	4.5	15	15
43	7	7	7	7	7	7
44	6	6	1.5	6	6	1.5
45	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
46	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
47	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
48	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
49	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
51	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
52	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.1
53	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
54	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
55	0	1	1	0	3	1
56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
57	0	0	0	0	0	0
58	0	1.5	0	1.5	0	1.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.5

ตารางที่ ฉ-6 จำนวนภาระเกินของผู้สอน

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
3	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
4	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	2.5	2.5	0.5	2.5	0.5	0.5
7	0	0	0	0	0	0
8	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75
9	0	0	0	0	0	0
10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
11	0	0	0	0	0	0
12	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
13	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	0.2
14	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	21	21	21	21	10.5	10.5
20	1	1	1	1	1	1
21	0.2	0.2	0.2	0.2	1.7	0.2
22	2.47	2.47	5.47	2.47	2.47	5.47
23	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
26	8	8	8	8	8	8
27	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72
28	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
29	3	3	3	3	3	3
30	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
31	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
32	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ฉ-6 จำนวนภาระเกินของผู้สอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
33	0.03	0.03	1.53	1.53	0.03	0.03
34	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
37	4.47	4.47	1.97	4.47	4.47	4.97
38	0	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1
40	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
41	0	0	6	0	0	6
42	4.5	4.5	4.5	4.5	15	15
43	7	7	7	7	7	7
44	6	6	1.5	6	6	1.5
45	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5
46	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
47	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
48	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
49	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
51	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
52	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
53	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
54	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
55	1	1	1	1	3	0.75
56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
57	0	0	0	0	0	0
58	1.5	1.5	0	0	0	1.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.6

ตารางที่ ฉ-7 จำนวนภาระเกินของผู้สอน

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
3	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
4	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	0.5	2.5	1	0.5	0.5	2.5
7	0	0	0	0	0	0
8	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75
9	0	0	0	0	0	0
10	0.2	0.2	0.2	0.20	0.2	0.2
11	0	0	0	0	0	0
12	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
13	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
14	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	-5.47	0	0
19	21	21	10.5	21	10.5	10.5
20	1	1	1	1	1	1
21	0.2	0.2	0.2	0.2	1.7	0.2
22	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
23	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
26	8	8	8	8.00	8	8
27	3.72	3.72	5.22	3.72	3.72	3.72
28	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
29	3	3	3	3	3	3
30	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
31	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
32	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ฉ-7 จำนวนภาระเกินของผู้สอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
33	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
34	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
37	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
38	0	0	3	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1
40	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
41	0	0	0	9.26	0	0
42	4.5	4.5	15	4.5	15	15
43	7	7	7	7	7	7
44	6	6	6	6	6	6
45	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5
46	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
47	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
48	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
49	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
51	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
52	1.6	1.6	0.1	1.6	1.6	1.6
53	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
54	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
55	3	1	1	3	3	0.75
56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
57	0	0	0	0	0	0
58	1.5	1.5	0	1.5	0	1.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.7

ตารางที่ ฉ-8 จำนวนภาระเกินของผู้สอน

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
3	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
4	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	2.5	2.5	2.5	1	0.5	2.5
7	0	0	0	0	0	0
8	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75
9	0	0	2.11	0	0	0
10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
11	0	0	1.24	0	0	0
12	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
13	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
14	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
17	1.78	0	0	0	0	0
18	-6.66	0	0	0	0	0
19	21	21	21	21	10.5	21
20	1	1	1	1	1	1
21	1.7	0.2	1.7	0.2	1.7	0.2
22	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
23	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
26	8	8	8	8	8	8
27	3.72	3.72	5.22	3.72	3.72	3.72
28	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
29	3	3	3	3	3	3
30	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
31	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
32	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ฉ-8 จำนวนภาระเกินของผู้สอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
33	0.03	0.03	0.03	3.03	0.03	1.53
34	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
37	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
38	7.32	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1
40	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
41	-9.89	0	0	0	0	0
42	4.5	4.5	4.5	4.5	15	4.5
43	7	7	7	7	7	7
44	6	6	6	6	6	6
45	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
46	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
47	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
48	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
49	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
51	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
52	1.6	1.6	0.1	1.6	1.6	1.6
53	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
54	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
55	1	1	1	1	3	1
56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
57	0	0	0	0	0	0
58	-3.55	1.5	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.8

ตารางที่ ฉ-9 จำนวนภาระเกินของผู้สอน

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
3	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
4	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	2.5	2.5	0.5	1	0.5	1
7	0	0	0	0	0	0
8	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75
9	0	0	0	0	0	0
10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
11	0	0	0	0	0	0
12	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
13	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
14	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	21	21	21	21	10.5	10.5
20	1	1	1	1	1	1
21	0.2	0.2	0.2	0.2	1.7	3.2
22	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
23	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
26	8	8	8	8	8	8
27	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72
28	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
29	3	3	3	3	3	3
30	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
31	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
32	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ฉ-9 จำนวนภาระเกินของผู้สอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
33	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
34	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
37	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
38	0	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1
40	1.5	1.5	4.5	1.5	1.5	1.5
41	0	0	0	0	0	0
42	4.5	4.5	4.5	4.5	15	15
43	7	7	7	7	7	7
44	6	6	6	6	6	6
45	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
46	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
47	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
48	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
49	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
51	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
52	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
53	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
54	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
55	1	1	0	1	3	1
56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
57	0	0	0	0	0	0
58	1.5	1.5	1.5	3	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.9

ตารางที่ ฉ-10 จำนวนภาระเกินของผู้สอน

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
3	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
4	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	2.5	2.5	1	2.5	0.5	2.5
7	0	0	0	0	0	0
8	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75
9	0	0	0	0	0	0
10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
11	0	0	0	0	0	0
12	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
13	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
14	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	21	21	21	21	10.5	21
20	1	1	1	1	1	1
21	1.7	0.2	0.2	0.2	1.7	0.2
22	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
23	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
26	8	8	8	8	8	8
27	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72
28	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
29	3	3	3	3	3	3
30	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
31	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
32	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ฉ-10 จำนวนภาระเกินของผู้สอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
33	0.03	0.03	3.03	0.03	0.03	1.53
34	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
37	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
38	0	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1
40	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
41	0	0	0	0	0	0
42	4.5	4.5	4.5	4.5	15	4.5
43	7	7	7	7	7	7
44	6	6	6	6	6	6
45	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25
46	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
47	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
48	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
49	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
51	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
52	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
53	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
54	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
55	1	1	1	0.75	3	1
56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
57	0	0	0	0	0	0
58	0	1.5	0	1.5	0	5.42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับระดับนัยสำคัญ 1.0

ตารางที่ ฉ-11 จำนวนภาระเกินของผู้สอน

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
3	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
4	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	2.5	2.5	2.5	0.5	0.5	0.5
7	0	0	0	0	0	0
8	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75	11.75
9	0	0	0	0	0	0
10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
11	0	0	0	0	0	0
12	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
13	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
14	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	21	21	21	10.5	10.5	10.5
20	1	1	1	1	1	1
21	0.2	0.2	0.2	1.7	1.7	1.7
22	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
23	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
26	8	8	8	8	8	8
27	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72
28	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
29	3	3	3	3	3	3
30	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
31	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
32	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ฉ-11 จำนวนภาระเกินของผู้สอน (ต่อ)

ผู้สอนคนที่	จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุด (ตัวแบบ 4.1)			จำนวนภาระงานเกินของผู้สอนสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการหาผลรวมของความพอใจของผู้สอนสูงสุดและลดจำนวนภาระงานของแต่ละผู้สอน (ตัวแบบ 4.2)		
	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$	$c_{ij_0}^L$	$c_{ij_0}^N$	$c_{ij_0}^R$
33	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
34	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
37	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
38	0	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1
40	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
41	0	0	0	0	0	0
42	4.5	4.5	4.5	15	15	15
43	7	7	7	7	7	7
44	6	6	6	6	6	6
45	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
46	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
47	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
48	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
49	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
50	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
51	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
52	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
53	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
54	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
55	1	1	1	3	3	3
56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
57	0	0	0	0	0	0
58	1.5	1.5	1.5	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ช

Source code สำหรับ IBM ILOG CPLEX Optimization

ส่วนนี้จะแสดง Source code สำหรับ IBM ILOG CPLEX Optimization ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. สำหรับแบบจำลองที่ 4.1 เมื่อใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน

```
/*for model c_α^N*/
/**** Data Declaration****/
    /*Data1.dat*/
{string}instructors = ...;
{string}subjects = ...;
float preference[instructors][subjects]=...;
float work_load[subjects]=...;
float avaliable[instructors]=...;
 /* the capable value for all instructors*/
 float a = 0;
 float b = 0.3;
 float c = 0.7;
 float d = 0.8;
 float e = 0.9;
 float f = 1;
 /* please enter alpha-level */
 float alpha = 1;
 float newpreference[instructors][subjects];
 float minnewpreference[instructors][subjects];
 float maxnewpreference[instructors][subjects];
 execute{
    for (var i in instructors){
            for(var j in subjects){
                    if(preference[i][j] == 1) {newpreference[i][j] = f}
                    if(preference[i][j] == 2) {newpreference[i][j] = e}
                    if(preference[i][j] == 3) {newpreference[i][j] = d}
                    if(preference[i][j] == 4) {newpreference[i][j] = c}
                    if(preference[i][j] == 5) {newpreference[i][j] = b}
                    if(preference[i][j] == 6) {newpreference[i][j] = a}
 }
}
 for (var k in instructors){
            for(var l in subjects){
                    if(newpreference[k][l] == a) {minnewpreference[k][l] = 0}
```

```
                        if(newpreference[k][l] >= a && newpreference[k][l] < b)
{maxnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(a-b)+a}
                        if(newpreference[k][l] > a && newpreference[k][l] <= b)
{minnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(b-a)+b}
                        if(newpreference[k][l] >= b && newpreference[k][l] < c)
{maxnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(b-c)+b}
                        if(newpreference[k][l] > b && newpreference[k][l] <= c)
{minnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(c-b)+c}
                        if(newpreference[k][l] >= c && newpreference[k][l] < d)
{maxnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(c-d)+c}
                        if(newpreference[k][l] > c && newpreference[k][l] <= d)
{minnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(d-c)+d}
                        if(newpreference[k][l] >= d && newpreference[k][l] < e)
{maxnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(d-e)+d}
                        if(newpreference[k][l] > d && newpreference[k][l] <= e)
{minnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(e-d)+e}
                        if(newpreference[k][l] >= e && newpreference[k][l] < f)
{maxnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(e-f)+e}
                        if(newpreference[k][l] > e && newpreference[k][l] <= f)
{minnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(f-e)+f}
                        if(newpreference[k][l] == f) {maxnewpreference[k][l] = 1}
                }
        }
}
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
{string}M2301384=...;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
{string}M2301736=...;
  /****Decision variable Declaration****/
dvar int status[instructors][subjects];    /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];         /*The excessive workload*/
/*The objective function(1)*/
maximize
                (sum(i in instructors,j in subjects)newpreference[i][j]*status[i][j])
subject to
/*Constraint*/
{
/*The excessive workload*/
                forall(i in instructors)
                (sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
/*Only one instructor for one subject*/
                  forall(j in subjects)
                        sum(i in instructors)status[i][j] == 1;
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301102)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301103)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301108)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301114)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301115)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301116)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301118)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301170)
                        status[i][k]<=1;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301172)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301223)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301277)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301286Lec)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301286Lab)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301312)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301375)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301384)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301736)
                status[i][k]<=1;
/*The values of the teaching status*/
        forall(i in instructors,j in subjects)
        0<=status[i][j]<=1;
/*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
        forall(i in instructors)
                sum(j in subjects)
                status[i][j] <= 3 ;
};
```

/*for model $\mathbf{c}_{\alpha}^{L}$*/

```
{string}instructors = ...;
{string}subjects = ...;
float work_load[subjects]=...;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
float avaliable[instructors]=...;
float minnewpreference[instructors][subjects] =...;
/****Decision variable Declaration****/
dvar int status[instructors][subjects];    /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];                    /*The excessive workload*/
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
{string}M2301384=...;
{string}M2301736=...;
/*The objective function(1)*/
maximize
(sum(i in instructors,j in subjects)minnewpreference[i][j]*status[i][j])
subject to
/*Constraint*/
{
/*The excessive workload*/
     forall(i in instructors)
               (sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
/*Only one instructor for one subject*/
               forall(j in subjects)
                         sum(i in instructors)
                         status[i][j] == 1;
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
               forall(i in instructors)
                         sum(k in M2301102)
                         status[i][k]<=1;
               forall(i in instructors)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        sum(k in M2301103)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301108)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301114)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301115)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301116)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301118)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301170)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301172)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301223)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301277)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lec)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lab)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301312)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301375)
        status[i][k]<=1;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301384)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301736)
                status[i][k]<=1;
/*The values of the teaching status*/
        forall(i in instructors,j in subjects)
        0<=status[i][j]<=1;
/*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
        forall(i in instructors)
                sum(j in subjects)
                status[i][j] <= 3;


/*for model c_α^R*/
{string}instructors = ...;
{string}subjects = ...;
float work_load[subjects]=...;
float avaliable[instructors]=...;
float maxnewpreference[instructors][subjects] =...;
/****Decision variable Declaration****/
dvar int status[instructors][subjects];    /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];                    /*The excessive workload*/
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
{string}M2301384=...;
{string}M2301736=...;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
/*The objective function(1)*/
maximize
        (sum(i in instructors,j in subjects)maxnewpreference[i][j]*status[i][j])
subject to
/*Constraint*/
    {
/*The excessive workload*/
        forall(i in instructors)
        (sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
/*Only one instructor for one subject*/
        forall(j in subjects)
                sum(i in instructors)
                status[i][j] == 1;
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301102)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301103)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301108)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301114)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301115)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301116)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301118)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301170)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301172)
                status[i][k]<=1;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301223)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301277)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lec)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lab)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301312)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301375)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301384)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301736)
        status[i][k]<=1;
/*The values of the teaching status*/
        forall(i in instructors,j in subjects)
        0<=status[i][j]<=1;
/*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
        forall(i in instructors)
                sum(j in subjects)
                status[i][j] <= 3;
```

2. สำหรับแบบจำลองที่ 4.1 เมื่อใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ

/*for model $\mathbf{c}_{\alpha}^{N}$*/

```
/**** Data Declaration****/
    /*Data1.dat*/
{string}instructors = ...;
{string}subjects = ...;
{string}instructors1 = ...;
{string}subjects1 = ...;
{string}instructors2 = ...;
```

```
{string}subjects2 = ...;
{string}instructors3 = ...;
{string}subjects3 = ...;
{string}instructors4 = ...;
{string}subjects4 = ...;
float preference1[instructors1][subjects1]=...;
float preference2[instructors2][subjects2]=...;
float preference3[instructors3][subjects3]=...;
float preference4[instructors4][subjects4]=...;
float work_load[subjects]=...;
float avaliable[instructors]=...;
float normalpreference[instructors][subjects]=...;
 /* please enter the capable value is range [0,1]
 by a=0 and f=1 and other is in range (0,1) respectively */
 /* the capable value for professors */
 float a1 = 0;
 float b1 = 0.1;
 float c1 = 0.2;
 float d1 = 0.4;
 float e1 = 0.6;
 float f1 = 1;
 /* the capable value for associate professors */
float a2 = 0;
 float b2 = 0.2;
 float c2 = 0.4;
 float d2 = 0.5;
 float e2 = 0.7;
 float f2 = 1;
 /* the capable value for assistant Professor */
 float a3 = 0;
 float b3 = 0.3;
 float c3 = 0.6;
 float d3 = 0.7;
 float e3 = 0.8;
 float f3 = 1;
 /* the capable value for instructors */
 float a4 = 0;
 float b4 = 0.3;
 float c4 = 0.7;
 float d4 = 0.8;
 float e4 = 0.9;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
float f4 = 1;
 /* please enter alpha-level */
float alpha = 0;
float newpreference1[instructors1][subjects1];
float newpreference2[instructors2][subjects2];
float newpreference3[instructors3][subjects3];
float newpreference4[instructors4][subjects4];
float minnewpreference[instructors][subjects];
float minnewpreference1[instructors1][subjects1];
float minnewpreference2[instructors2][subjects2];
float minnewpreference3[instructors3][subjects3];
float minnewpreference4[instructors4][subjects4];
float maxnewpreference[instructors][subjects];
float maxnewpreference1[instructors1][subjects1];
float maxnewpreference2[instructors2][subjects2];
float maxnewpreference3[instructors3][subjects3];
float maxnewpreference4[instructors4][subjects4];
execute{
    for (var i in instructors1){
            for(var j in subjects1){
                    if(preference1[i][j] == 1) {newpreference1[i][j] = f1}
                    if(preference1[i][j] == 2) {newpreference1[i][j] = e1}
                    if(preference1[i][j] == 3) {newpreference1[i][j] = d1}
                    if(preference1[i][j] == 4) {newpreference1[i][j] = c1}
                    if(preference1[i][j] == 5) {newpreference1[i][j] = b1}
                    if(preference1[i][j] == 6) {newpreference1[i][j] = a1}
 }
}
for (var m in instructors2){
            for(var n in subjects2){
                    if(preference2[m][n] == 1) {newpreference2[m][n] = f2}
                    if(preference2[m][n] == 2) {newpreference2[m][n] = e2}
                    if(preference2[m][n] == 3) {newpreference2[m][n] = d2}
                    if(preference2[m][n] == 4) {newpreference2[m][n] = c2}
                    if(preference2[m][n] == 5) {newpreference2[m][n] = b2}
                    if(preference2[m][n] == 6) {newpreference2[m][n] = a2}
 }
}
    for (var o in instructors3){
            for(var p in subjects3){
                    if(preference3[o][p] == 1) {newpreference3[o][p] = f3}
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                    if(preference3[o][p] == 2) {newpreference3[o][p] = e3}
                    if(preference3[o][p] == 3) {newpreference3[o][p] = d3}
                    if(preference3[o][p] == 4) {newpreference3[o][p] = c3}
                    if(preference3[o][p] == 5) {newpreference3[o][p] = b3}
                    if(preference3[o][p] == 6) {newpreference3[o][p] = a3}
 }
}
    for (var q in instructors4){
            for(var r in subjects4){
                    if(preference4[q][r] == 1) {newpreference4[q][r] = f4}
                    if(preference4[q][r] == 2) {newpreference4[q][r] = e4}
                    if(preference4[q][r] == 3) {newpreference4[q][r] = d4}
                    if(preference4[q][r] == 4) {newpreference4[q][r] = c4}
                    if(preference4[q][r] == 5) {newpreference4[q][r] = b4}
                    if(preference4[q][r] == 6) {newpreference4[q][r] = a4}
 }
}
 for (var k in instructors1){
            for(var l in subjects1){
                     if(newpreference1[k][l] == a1) {minnewpreference1[k][l] = 0}
                     if(newpreference1[k][l] >= a1 && newpreference1[k][l] < b1)
{maxnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(a1-b1)+a1}
                    if(newpreference1[k][l] > a1 && newpreference1[k][l] <= b1)
{minnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(b1-a1)+b1}
                    if(newpreference1[k][l] >= b1 && newpreference1[k][l] < c1)
{maxnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(b1-c1)+b1}
                    if(newpreference1[k][l] > b1 && newpreference1[k][l] <= c1)
{minnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(c1-b1)+c1}
                    if(newpreference1[k][l] >= c1 && newpreference1[k][l] < d1)
{maxnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(c1-d1)+c1}
                    if(newpreference1[k][l] > c1 && newpreference1[k][l] <= d1)
{minnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(d1-c1)+d1}
                    if(newpreference1[k][l] >= d1 && newpreference1[k][l] < e1)
{maxnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(d1-e1)+d1}
                    if(newpreference1[k][l] > d1 && newpreference1[k][l] <= e1)
{minnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(e1-d1)+e1}
                    if(newpreference1[k][l] >= e1 && newpreference1[k][l] < f1)
{maxnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(e1-f1)+e1}
                    if(newpreference1[k][l] > e1 && newpreference1[k][l] <= f1)
{minnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(f1-e1)+f1}
```

```
                    if(newpreference1[k][l] == f1) {maxnewpreference1[k][l] = 1}
                }
    }
for (var s in instructors2){
    for(var t in subjects2){
                    if(newpreference2[s][t] == a2) {minnewpreference2[s][l] = 0}
                    if(newpreference2[s][t] >= a2 && newpreference2[s][t] < b2)
{maxnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(a2-b2)+a2}
                    if(newpreference2[s][t] > a2 && newpreference2[s][t] <= b2)
{minnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(b2-a2)+b2}
                    if(newpreference2[s][t] >= b2 && newpreference2[s][t] < c2)
{maxnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(b2-c2)+b2}
                    if(newpreference2[s][t] > b2 && newpreference2[s][t] <= c2)
{minnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(c2-b2)+c2}
                    if(newpreference2[s][t] >= c2 && newpreference2[s][t] < d2)
{maxnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(c2-d2)+c2}
                    if(newpreference2[s][t] > c2 && newpreference2[s][t] <= d2)
{minnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(d2-c2)+d2}
                    if(newpreference2[s][t] >= d2 && newpreference2[s][t] < e2)
{maxnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(d2-e2)+d2}
                    if(newpreference2[s][t] > d2 && newpreference2[s][t] <= e2)
{minnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(e2-d2)+e2}
                    if(newpreference2[s][t] >= e2 && newpreference2[s][t] < f2)
{maxnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(e2-f2)+e2}
                    if(newpreference2[s][t] > e2 && newpreference2[s][t] <= f2)
{minnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(f2-e2)+f2}
                    if(newpreference2[s][t] == f2) {maxnewpreference2[s][t] = 1}
                }
    }
for (var u in instructors3){
    for(var v in subjects3){
                    if(newpreference3[u][v] == a3) {minnewpreference3[u][v] = 0}
                    if(newpreference3[u][v] >= a3 && newpreference3[u][v] < b3)
{maxnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(a3-b3)+a3}
                    if(newpreference3[u][v] > a3 && newpreference3[u][v] <= b3)
{minnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(b3-a3)+b3}
                    if(newpreference3[u][v] >= b3 && newpreference3[u][v] < c3)
{maxnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(b3-c3)+b3}
                    if(newpreference3[u][v] > b3 && newpreference3[u][v] <= c3)
{minnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(c3-b3)+c3}
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                        if(newpreference3[u][v] >= c3 && newpreference3[u][v] < d3)
{maxnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(c3-d3)+c3}
                        if(newpreference3[u][v] > c3 && newpreference3[u][v] <= d3)
{minnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(d3-c3)+d3}
                        if(newpreference3[u][v] >= d3 && newpreference3[u][v] < e3)
{maxnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(d3-e3)+d3}
                        if(newpreference3[u][v] > d3 && newpreference3[u][v] <= e3)
{minnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(e3-d3)+e3}
                        if(newpreference3[u][v] >= e3 && newpreference3[u][v] < f3)
{maxnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(e3-f3)+e3}
                        if(newpreference3[u][v] > e3 && newpreference3[u][v] <= f3)
{minnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(f3-e3)+f3}
                        if(newpreference3[u][v] == f3) {maxnewpreference3[u][v] = 1}
                }
        }
        for (var x in instructors4){
        for(var w in subjects4){
                        if(newpreference4[x][w] == a4) {minnewpreference4[x][w] = 0}
                        if(newpreference4[x][w] >= a4 && newpreference4[x][w] < b4)
{maxnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(a4-b4)+a4}
                        if(newpreference4[x][w] > a4 && newpreference4[x][w] <= b4)
{minnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(b4-a4)+b4}
                        if(newpreference4[x][w] >= b4 && newpreference4[x][w] < c4)
{maxnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(b4-c4)+b4}
                        if(newpreference4[x][w] > b4 && newpreference4[x][w] <= c4)
{minnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(c4-b4)+c4}
                        if(newpreference4[x][w] >= c4 && newpreference4[x][w] < d4)
{maxnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(c4-d4)+c4}
                        if(newpreference4[x][w] > c4 && newpreference4[x][w] <= d4)
{minnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(d4-c4)+d4}
                        if(newpreference4[x][w] >= d4 && newpreference4[x][w] < e4)
{maxnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(d4-e4)+d4}
                        if(newpreference4[x][w] > d4 && newpreference4[x][w] <= e4)
{minnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(e4-d4)+e4}
                        if(newpreference4[x][w] >= e4 && newpreference4[x][w] < f4)
{maxnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(e4-f4)+e4}
                        if(newpreference4[x][w] > e4 && newpreference4[x][w] <= f4)
{minnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(f4-e4)+f4}
                        if(newpreference4[x][w] == f4) {maxnewpreference4[x][w] = 1}
                }
        }
```

```
 }
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
{string}M2301384=...;
{string}M2301736=...;
 /****Decision variable Declaration****/
dvar int status[instructors][subjects];    /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];                    /*The excessive workload*/
/*The objective function(1)*/
maximize
                (sum(i in instructors,j in subjects)normalpreference[i][j]*status[i][j])
subject to
/*Constraint*/
     {
/*The excessive workload*/
                forall(i in instructors)
                (sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
 /*Only one instructor for one subject*/
                forall(j in subjects)
                        sum(i in instructors)
                        status[i][j] == 1;
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301102)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301103)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301108)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301114)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301115)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301116)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301118)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301170)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301172)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301223)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301277)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lec)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lab)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301312)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301375)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                    sum(k in M2301384)
                    status[i][k]<=1;
          forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301736)
                    status[i][k]<=1;
/*The values of the teaching status*/
          forall(i in instructors,j in subjects)
          0<=status[i][j]<=1;
/*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
forall(i in instructors)
                    sum(j in subjects)
                    status[i][j] <= 3 ;
          };

/*for model c_α^L*/
{string}instructors = ...;
{string}subjects = ...;
float work_load[subjects]=...;
float avaliable[instructors]=...;
float minnewpreference[instructors][subjects] =...;
/****Decision variable Declaration****/

dvar int status[instructors][subjects];   /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];              /*The excessive workload*/
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
{string}M2301384=...;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
{string}M2301736=...;
/*The objective function(1)*/
maximize
        (sum(i in instructors,j in subjects)minnewpreference[i][j]*status[i][j])
subject to
/*Constraint*/
    {
/*The excessive workload*/
    forall(i in instructors)
        (sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
/*Only one instructor for one subject*/
        forall(j in subjects)
            sum(i in instructors)
            status[i][j] == 1;
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301102)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301103)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301108)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301114)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301115)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301116)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301118)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301170)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301172)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301223)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301277)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301286Lec)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301286Lab)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301312)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301375)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301384)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301736)
                status[i][k]<=1;
/*The values of the teaching status*/
        forall(i in instructors,j in subjects)
        0<=status[i][j]<=1;
/*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
        forall(i in instructors)
                sum(j in subjects)
                status[i][j] <= 3;
   };

/*for model c_α^R*/
{string}instructors = ...;
{string}subjects = ...;
float work_load[subjects]=...;
float avaliable[instructors]=...;
float maxnewpreference[instructors][subjects] =...;
/****Decision variable Declaration****/
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
dvar int status[instructors][subjects];   /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];                /*The excessive workload*/
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
{string}M2301384=...;
{string}M2301736=...;

/*The objective function(1)*/
maximize
        (sum(i in instructors,j in subjects)maxnewpreference[i][j]*status[i][j])
subject to
/*Constraint*/
    {
/*The excessive workload*/
    forall(i in instructors)
        (sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
/*Only one instructor for one subject*/
        forall(j in subjects)
            sum(i in instructors)
            status[i][j] == 1;
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301102)
            status[i][k]<=1;
         forall(i in instructors)
            sum(k in M2301103)
            status[i][k]<=1;
```

```
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301108)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301114)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301115)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301116)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301118)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301170)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301172)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301223)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301277)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lec)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lab)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301312)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301375)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301384)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301736)
                status[i][k]<=1;
/*The values of the teaching status*/
        forall(i in instructors,j in subjects)
        0<=status[i][j]<=1;
 /*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
        forall(i in instructors)
                sum(j in subjects)
                status[i][j] <= 3;
        };
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. สำหรับแบบจำลองที่ 4.2 เมื่อใช้ค่าความพอใจชุดเดียวกันสำหรับผู้สอนทุกคน

/*for model $\mathbf{c}_{\alpha}^{\mathbf{N}}$*/

```
/**** Data Declaration****/
     /*Data1.dat*/
{string}instructors = ...;
{string}subjects = ...;
float preference[instructors][subjects]=...;
float work_load[subjects]=...;
float avaliable[instructors]=...;
 /* the capable value for all instructors*/
 float a = 0;
 float b = 0.3;
 float c = 0.7;
 float d = 0.8;
 float e = 0.9;
 float f = 1;
 /* please enter alpha-level */
 float alpha = 1;
 float newpreference[instructors][subjects];
 float minnewpreference[instructors][subjects];
 float maxnewpreference[instructors][subjects];
 execute{
     for (var i in instructors){
               for(var j in subjects){

                         if(preference[i][j] == 1) {newpreference[i][j] = f}

                         if(preference[i][j] == 2) {newpreference[i][j] = e}

                         if(preference[i][j] == 3) {newpreference[i][j] = d}

                         if(preference[i][j] == 4) {newpreference[i][j] = c}

                         if(preference[i][j] == 5) {newpreference[i][j] = b}

                         if(preference[i][j] == 6) {newpreference[i][j] = a}
 }
}
 for (var k in instructors){
               for(var l in subjects){
                          if(newpreference[k][l] == a) {minnewpreference[k][l] = 0}
```

```
                        if(newpreference[k][l] >= a && newpreference[k][l] < b)
{maxnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(a-b)+a}
                        if(newpreference[k][l] > a && newpreference[k][l] <= b)
{minnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(b-a)+b}
                        if(newpreference[k][l] >= b && newpreference[k][l] < c)
{maxnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(b-c)+b}
                        if(newpreference[k][l] > b && newpreference[k][l] <= c)
{minnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(c-b)+c}
                        if(newpreference[k][l] >= c && newpreference[k][l] < d)
{maxnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(c-d)+c}
                        if(newpreference[k][l] > c && newpreference[k][l] <= d)
{minnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(d-c)+d}
                        if(newpreference[k][l] >= d && newpreference[k][l] < e)
{maxnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(d-e)+d}
                        if(newpreference[k][l] > d && newpreference[k][l] <= e)
{minnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(e-d)+e}
                        if(newpreference[k][l] >= e && newpreference[k][l] < f)
{maxnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(e-f)+e}
                        if(newpreference[k][l] > e && newpreference[k][l] <= f)
{minnewpreference[k][l] = (alpha-1)*(f-e)+f}
                        if(newpreference[k][l] == f) {maxnewpreference[k][l] = 1}
                }
        }
}
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
{string}M2301384=...;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
{string}M2301736=...;
  /****Decision variable Declaration****/
dvar int status[instructors][subjects];    /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];         /*The excessive workload*/
/*The objective function(1)*/
maximize
                (sum(i in instructors,j in subjects)newpreference[i][j]*status[i][j])-(sum(i in
instructors)overload[i]);
subject to
/*Constraint*/
     {
/*The excessive workload*/
                forall(i in instructors)
                (sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
/*Only one instructor for one subject*/
                  forall(j in subjects)
                        sum(i in instructors)status[i][j] == 1;
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301102)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301103)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301108)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301114)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301115)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301116)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301118)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301170)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                    status[i][k]<=1;
            forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301172)
                    status[i][k]<=1;
            forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301223)
                    status[i][k]<=1;
            forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301277)
                    status[i][k]<=1;
            forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301286Lec)
                    status[i][k]<=1;
            forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301286Lab)
                    status[i][k]<=1;
            forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301312)
                    status[i][k]<=1;
            forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301375)
                    status[i][k]<=1;
            forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301384)
                    status[i][k]<=1;
            forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301736)
                    status[i][k]<=1;
    /*The values of the teaching status*/
            forall(i in instructors,j in subjects)
            0<=status[i][j]<=1;
    /*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
            forall(i in instructors)
                    sum(j in subjects)
                    status[i][j] <= 3 ;
        };
```

/*for model $\mathbf{c}_{\alpha}^{L}$*/

```
{string}instructors = ...;
{string}subjects = ...;
```

```
float work_load[subjects]=...;
float avaliable[instructors]=...;
float minnewpreference[instructors][subjects] =...;
/****Decision variable Declaration****/
dvar int status[instructors][subjects];        /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];             /*The excessive workload*/
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
{string}M2301384=...;
{string}M2301736=...;
/*The objective function(1)*/
maximize
(sum(i in instructors,j in subjects)minnewpreference[i][j]*status[i][j])-(sum(i in
instructors)overload[i]);
subject to
/*Constraint*/
{
/*The excessive workload*/
        forall(i in instructors)
                (sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
/*Only one instructor for one subject*/
                forall(j in subjects)
                        sum(i in instructors)
                        status[i][j] == 1;
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301102)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301103)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301108)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301114)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301115)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301116)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301118)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301170)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301172)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301223)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301277)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lec)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lab)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301312)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                    sum(k in M2301375)
                    status[i][k]<=1;
          forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301384)
                    status[i][k]<=1;
          forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301736)
                    status[i][k]<=1;
/*The values of the teaching status*/
          forall(i in instructors,j in subjects)
          0<=status[i][j]<=1;
/*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
          forall(i in instructors)
                    sum(j in subjects)
                    status[i][j] <= 3;
```

/*for model $\mathbf{c}_{\alpha}^{R}$*/

```
{string}instructors = ...;
{string}subjects = ...;
float work_load[subjects]=...;
float avaliable[instructors]=...;
float maxnewpreference[instructors][subjects] =...;
/****Decision variable Declaration****/
dvar int status[instructors][subjects];        /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];             /*The excessive workload*/
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
{string}M2301384=...;
{string}M2301736=...;
/*The objective function(1)*/
maximize
                (sum(i in instructors,j in subjects)maxnewpreference[i][j]*status[i][j])-(sum(i in
instructors)overload[i]);
subject to
/*Constraint*/
        {
/*The excessive workload*/
                forall(i in instructors)
                (sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
/*Only one instructor for one subject*/
                forall(j in subjects)
                        sum(i in instructors)
                        status[i][j] == 1;
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301102)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301103)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301108)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301114)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301115)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301116)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301118)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301170)
                        status[i][k]<=1;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301172)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301223)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301277)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lec)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301286Lab)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301312)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301375)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301384)
        status[i][k]<=1;
forall(i in instructors)
        sum(k in M2301736)
        status[i][k]<=1;
/*The values of the teaching status*/
forall(i in instructors,j in subjects)
0<=status[i][j]<=1;
/*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
forall(i in instructors)
        sum(j in subjects)
        status[i][j] <= 3;
```

4. สำหรับแบบจำลองที่ 4.2 เมื่อใช้ค่าความพอใจที่กำหนดโดยตำแหน่งวิชาการ

/*for model $\mathbf{c}_{\alpha}^{N}$*/

```
/**** Data Declaration****/
        /*Data1.dat*/
{string}instructors = ...;
```

```
{string}subjects = ...;
{string}instructors1 = ...;
{string}subjects1 = ...;
{string}instructors2 = ...;
{string}subjects2 = ...;
{string}instructors3 = ...;
{string}subjects3 = ...;
{string}instructors4 = ...;
{string}subjects4 = ...;
float preference1[instructors1][subjects1]=...;
float preference2[instructors2][subjects2]=...;
float preference3[instructors3][subjects3]=...;
float preference4[instructors4][subjects4]=...;
float work_load[subjects]=...;
float avaliable[instructors]=...;
float normalpreference[instructors][subjects]=...;
  /* please enter the capable value is range [0,1]
 by a=0 and f=1 and other is in range (0,1) respectively */
 /* the capable value for professors */
 float a1 = 0;
 float b1 = 0.1;
 float c1 = 0.2;
 float d1 = 0.4;
 float e1 = 0.6;
 float f1 = 1;
  /* the capable value for associate professors */
float a2 = 0;
 float b2 = 0.2;
 float c2 = 0.4;
 float d2 = 0.5;
 float e2 = 0.7;
 float f2 = 1;
  /* the capable value for assistant Professor */
 float a3 = 0;
 float b3 = 0.3;
 float c3 = 0.6;
 float d3 = 0.7;
 float e3 = 0.8;
 float f3 = 1;
  /* the capable value for instructors */
 float a4 = 0;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
float b4 = 0.3;
float c4 = 0.7;
float d4 = 0.8;
float e4 = 0.9;
float f4 = 1;
 /* please enter alpha-level */
float alpha = 0;
float newpreference1[instructors1][subjects1];
float newpreference2[instructors2][subjects2];
float newpreference3[instructors3][subjects3];
float newpreference4[instructors4][subjects4];
float minnewpreference[instructors][subjects];
float minnewpreference1[instructors1][subjects1];
float minnewpreference2[instructors2][subjects2];
float minnewpreference3[instructors3][subjects3];
float minnewpreference4[instructors4][subjects4];
float maxnewpreference[instructors][subjects];
float maxnewpreference1[instructors1][subjects1];
float maxnewpreference2[instructors2][subjects2];
float maxnewpreference3[instructors3][subjects3];
float maxnewpreference4[instructors4][subjects4];
execute{
        for (var i in instructors1){
                for(var j in subjects1){
                        if(preference1[i][j] == 1) {newpreference1[i][j] = f1}
                        if(preference1[i][j] == 2) {newpreference1[i][j] = e1}
                        if(preference1[i][j] == 3) {newpreference1[i][j] = d1}
                        if(preference1[i][j] == 4) {newpreference1[i][j] = c1}
                        if(preference1[i][j] == 5) {newpreference1[i][j] = b1}
                        if(preference1[i][j] == 6) {newpreference1[i][j] = a1}
}
}
for (var m in instructors2){
                for(var n in subjects2){
                        if(preference2[m][n] == 1) {newpreference2[m][n] = f2}
                        if(preference2[m][n] == 2) {newpreference2[m][n] = e2}
                        if(preference2[m][n] == 3) {newpreference2[m][n] = d2}
                        if(preference2[m][n] == 4) {newpreference2[m][n] = c2}
                        if(preference2[m][n] == 5) {newpreference2[m][n] = b2}
                        if(preference2[m][n] == 6) {newpreference2[m][n] = a2}
}
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
}
        for (var o in instructors3){
                for(var p in subjects3){
                        if(preference3[o][p] == 1) {newpreference3[o][p] = f3}
                        if(preference3[o][p] == 2) {newpreference3[o][p] = e3}
                        if(preference3[o][p] == 3) {newpreference3[o][p] = d3}
                        if(preference3[o][p] == 4) {newpreference3[o][p] = c3}
                        if(preference3[o][p] == 5) {newpreference3[o][p] = b3}
                        if(preference3[o][p] == 6) {newpreference3[o][p] = a3}
 }
}
        for (var q in instructors4){
                for(var r in subjects4){
                        if(preference4[q][r] == 1) {newpreference4[q][r] = f4}
                        if(preference4[q][r] == 2) {newpreference4[q][r] = e4}
                        if(preference4[q][r] == 3) {newpreference4[q][r] = d4}
                        if(preference4[q][r] == 4) {newpreference4[q][r] = c4}
                        if(preference4[q][r] == 5) {newpreference4[q][r] = b4}
                        if(preference4[q][r] == 6) {newpreference4[q][r] = a4}
 }
}
 for (var k in instructors1){
                for(var l in subjects1){
                        if(newpreference1[k][l] == a1) {minnewpreference1[k][l] = 0}
                        if(newpreference1[k][l] >= a1 && newpreference1[k][l] < b1)
{maxnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(a1-b1)+a1}
                        if(newpreference1[k][l] > a1 && newpreference1[k][l] <= b1)
{minnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(b1-a1)+b1}
                        if(newpreference1[k][l] >= b1 && newpreference1[k][l] < c1)
{maxnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(b1-c1)+b1}
                        if(newpreference1[k][l] > b1 && newpreference1[k][l] <= c1)
{minnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(c1-b1)+c1}
                        if(newpreference1[k][l] >= c1 && newpreference1[k][l] < d1)
{maxnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(c1-d1)+c1}
                        if(newpreference1[k][l] > c1 && newpreference1[k][l] <= d1)
{minnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(d1-c1)+d1}
                        if(newpreference1[k][l] >= d1 && newpreference1[k][l] < e1)
{maxnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(d1-e1)+d1}
                        if(newpreference1[k][l] > d1 && newpreference1[k][l] <= e1)
{minnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(e1-d1)+e1}
```

```
                        if(newpreference1[k][l] >= e1 && newpreference1[k][l] < f1)
{maxnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(e1-f1)+e1}
                        if(newpreference1[k][l] > e1 && newpreference1[k][l] <= f1)
{minnewpreference1[k][l] = (alpha-1)*(f1-e1)+f1}
                        if(newpreference1[k][l] == f1) {maxnewpreference1[k][l] = 1}
                }
        }
for (var s in instructors2){
        for(var t in subjects2){
                        if(newpreference2[s][t] == a2) {minnewpreference2[s][l] = 0}
                        if(newpreference2[s][t] >= a2 && newpreference2[s][t] < b2)
{maxnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(a2-b2)+a2}
                        if(newpreference2[s][t] > a2 && newpreference2[s][t] <= b2)
{minnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(b2-a2)+b2}
                        if(newpreference2[s][t] >= b2 && newpreference2[s][t] < c2)
{maxnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(b2-c2)+b2}
                        if(newpreference2[s][t] > b2 && newpreference2[s][t] <= c2)
{minnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(c2-b2)+c2}
                        if(newpreference2[s][t] >= c2 && newpreference2[s][t] < d2)
{maxnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(c2-d2)+c2}
                        if(newpreference2[s][t] > c2 && newpreference2[s][t] <= d2)
{minnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(d2-c2)+d2}
                        if(newpreference2[s][t] >= d2 && newpreference2[s][t] < e2)
{maxnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(d2-e2)+d2}
                        if(newpreference2[s][t] > d2 && newpreference2[s][t] <= e2)
{minnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(e2-d2)+e2}
                        if(newpreference2[s][t] >= e2 && newpreference2[s][t] < f2)
{maxnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(e2-f2)+e2}
                        if(newpreference2[s][t] > e2 && newpreference2[s][t] <= f2)
{minnewpreference2[s][t] = (alpha-1)*(f2-e2)+f2}
                        if(newpreference2[s][t] == f2) {maxnewpreference2[s][t] = 1}
                }
        }
for (var u in instructors3){
        for(var v in subjects3){
                        if(newpreference3[u][v] == a3) {minnewpreference3[u][v] = 0}
                        if(newpreference3[u][v] >= a3 && newpreference3[u][v] < b3)
{maxnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(a3-b3)+a3}
                        if(newpreference3[u][v] > a3 && newpreference3[u][v] <= b3)
{minnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(b3-a3)+b3}
```

```
                        if(newpreference3[u][v] >= b3 && newpreference3[u][v] < c3)
{maxnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(b3-c3)+b3}
                        if(newpreference3[u][v] > b3 && newpreference3[u][v] <= c3)
{minnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(c3-b3)+c3}
                        if(newpreference3[u][v] >= c3 && newpreference3[u][v] < d3)
{maxnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(c3-d3)+c3}
                        if(newpreference3[u][v] > c3 && newpreference3[u][v] <= d3)
{minnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(d3-c3)+d3}
                        if(newpreference3[u][v] >= d3 && newpreference3[u][v] < e3)
{maxnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(d3-e3)+d3}
                        if(newpreference3[u][v] > d3 && newpreference3[u][v] <= e3)
{minnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(e3-d3)+e3}
                        if(newpreference3[u][v] >= e3 && newpreference3[u][v] < f3)
{maxnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(e3-f3)+e3}
                        if(newpreference3[u][v] > e3 && newpreference3[u][v] <= f3)
{minnewpreference3[u][v] = (alpha-1)*(f3-e3)+f3}
                        if(newpreference3[u][v] == f3) {maxnewpreference3[u][v] = 1}
                }
        }
        for (var x in instructors4){
        for(var w in subjects4){
                        if(newpreference4[x][w] == a4) {minnewpreference4[x][w] = 0}
                        if(newpreference4[x][w] >= a4 && newpreference4[x][w] < b4)
{maxnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(a4-b4)+a4}
                        if(newpreference4[x][w] > a4 && newpreference4[x][w] <= b4)
{minnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(b4-a4)+b4}
                        if(newpreference4[x][w] >= b4 && newpreference4[x][w] < c4)
{maxnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(b4-c4)+b4}
                        if(newpreference4[x][w] > b4 && newpreference4[x][w] <= c4)
{minnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(c4-b4)+c4}
                        if(newpreference4[x][w] >= c4 && newpreference4[x][w] < d4)
{maxnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(c4-d4)+c4}
                        if(newpreference4[x][w] > c4 && newpreference4[x][w] <= d4)
{minnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(d4-c4)+d4}
                        if(newpreference4[x][w] >= d4 && newpreference4[x][w] < e4)
{maxnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(d4-e4)+d4}
                        if(newpreference4[x][w] > d4 && newpreference4[x][w] <= e4)
{minnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(e4-d4)+e4}
                        if(newpreference4[x][w] >= e4 && newpreference4[x][w] < f4)
{maxnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(e4-f4)+e4}
```

```
                        if(newpreference4[x][w] > e4 && newpreference4[x][w] <= f4)
{minnewpreference4[x][w] = (alpha-1)*(f4-e4)+f4}
                        if(newpreference4[x][w] == f4) {maxnewpreference4[x][w] = 1}
                }
        }
 }
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
{string}M2301384=...;
{string}M2301736=...;
 /****Decision variable Declaration****/
dvar int status[instructors][subjects];         /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];              /*The excessive workload*/
/*The objective function(1)*/
maximize
                (sum(i in instructors,j in subjects)normalpreference[i][j]*status[i][j])-(sum(i in
instructors)overload[i]);
subject to
/*Constraint*/
        {
/*The excessive workload*/
                forall(i in instructors)
                (sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
 /*Only one instructor for one subject*/
                forall(j in subjects)
                        sum(i in instructors)
                        status[i][j] == 1;
```

```
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301102)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301103)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301108)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301114)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301115)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301116)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301118)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301170)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301172)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301223)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301277)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301286Lec)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
            sum(k in M2301286Lab)
            status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                    sum(k in M2301312)
                    status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301375)
                    status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301384)
                    status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                    sum(k in M2301736)
                    status[i][k]<=1;
/*The values of the teaching status*/
                forall(i in instructors,j in subjects)
                0<=status[i][j]<=1;
/*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
                forall(i in instructors)
                    sum(j in subjects)
                    status[i][j] <= 3 ;
                };
```

/*for model c_{α}^{L}*/

```
{string}instructors = ...;
{string}subjects = ...;
float work_load[subjects]=...;
float avaliable[instructors]=...;
float minnewpreference[instructors][subjects] =...;
/****Decision variable Declaration****/
dvar int status[instructors][subjects];        /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];             /*The excessive workload*/
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
```

Chulalongkorn University

```
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
{string}M2301384=...;
{string}M2301736=...;
/*The objective function(1)*/
maximize
		(sum(i in instructors,j in subjects)minnewpreference[i][j]*status[i][j])-(sum(i in
instructors)overload[i]);
subject to
/*Constraint*/
	{
/*The excessive workload*/
	forall(i in instructors)
		(sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
/*Only one instructor for one subject*/
		forall(j in subjects)
			sum(i in instructors)
			status[i][j] == 1;
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
		forall(i in instructors)
			sum(k in M2301102)
			status[i][k]<=1;
		forall(i in instructors)
			sum(k in M2301103)
			status[i][k]<=1;
		forall(i in instructors)
			sum(k in M2301108)
			status[i][k]<=1;
		forall(i in instructors)
			sum(k in M2301114)
			status[i][k]<=1;
		forall(i in instructors)
			sum(k in M2301115)
			status[i][k]<=1;
		forall(i in instructors)
			sum(k in M2301116)
			status[i][k]<=1;
		forall(i in instructors)
			sum(k in M2301118)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301170)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301172)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301223)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301277)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301286Lec)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301286Lab)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301312)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301375)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301384)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301736)
                status[i][k]<=1;
/*The values of the teaching status*/
        forall(i in instructors,j in subjects)
        0<=status[i][j]<=1;
/*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
        forall(i in instructors)
                sum(j in subjects)
                status[i][j] <= 3;
   };
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
/*for model c_α^R*/
{string}instructors = ...;
{string}subjects = ...;
float work_load[subjects]=...;
float avaliable[instructors]=...;
float maxnewpreference[instructors][subjects] =...;
/****Decision variable Declaration****/
dvar int status[instructors][subjects];        /*The teaching status*/
dvar float+ overload[instructors];             /*The excessive workload*/
/*Data2.dat*/
{string}M2301102=...;
{string}M2301103=...;
{string}M2301108=...;
{string}M2301114=...;
{string}M2301115=...;
{string}M2301116=...;
{string}M2301118=...;
{string}M2301170=...;
{string}M2301172=...;
{string}M2301223=...;
{string}M2301277=...;
{string}M2301286Lec=...;
{string}M2301286Lab=...;
{string}M2301312=...;
{string}M2301375=...;
{string}M2301384=...;
{string}M2301736=...;

/*The objective function(1)*/
maximize
                (sum(i in instructors,j in subjects)maxnewpreference[i][j]*status[i][j])-(sum(i in
instructors)overload[i]);
subject to
/*Constraint*/
        {
/*The excessive workload*/
        forall(i in instructors)
                (sum(j in subjects)work_load[j]*status[i][j])-overload[i] == avaliable[i];
/*Only one instructor for one subject*/
                forall(j in subjects)
                        sum(i in instructors)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                status[i][j] == 1;
/*Avoid teaching multiple sections in each particular subject*/
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301102)
                status[i][k]<=1;
         forall(i in instructors)
                sum(k in M2301103)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301108)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301114)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301115)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301116)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301118)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301170)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301172)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301223)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301277)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301286Lec)
                status[i][k]<=1;
        forall(i in instructors)
                sum(k in M2301286Lab)
                status[i][k]<=1;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301312)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301375)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301384)
                        status[i][k]<=1;
                forall(i in instructors)
                        sum(k in M2301736)
                        status[i][k]<=1;
/*The values of the teaching status*/
                forall(i in instructors,j in subjects)
                0<=status[i][j]<=1;
 /*The maximum number of subjects taught by each instructors*/
                forall(i in instructors)
                        sum(j in subjects)
                        status[i][j] <= 3;
                };
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นางสาวรุจิรา วิสุทธิรัตนมณี

วัน เดือน ปีที่เกิด 8 เมษายน พ.ศ. 2533

สถานที่เกิด ราชบุรี ประเทศไทย

ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาคณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2555

ผลงานตีพิมพ์ R. Visuthirattanamanee, and P. Thipwiwatpotjana, “Teaching Course Assignment Problem with Instructors’ Fuzzy Satisfaction”, การประชุมวิชาการทางคณิตศาสตร์ประจำปี 2557 ครั้งที่ 19, 275-283.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University