

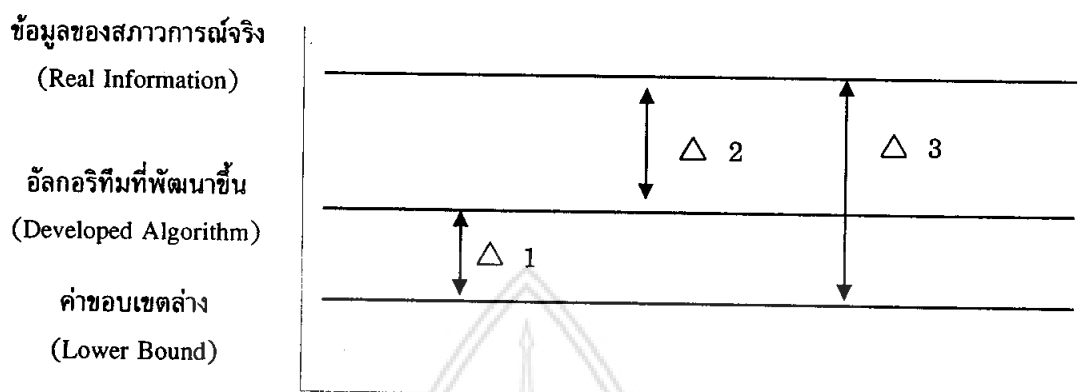
บทที่ 5

วิธีหาค่าขอบเขตล่าง

1. บทนำ

โดยปกติก่อนที่จะนำเอาอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นไปใช้งานจริง เพื่อความมั่นใจในประสิทธิภาพ ควรทำการประเมินประสิทธิภาพก่อน ซึ่งวิธีการประเมินประสิทธิภาพสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ การหาผลเฉลยที่ได้จากค่าขอบเขตล่าง (Lower Bound) การเปรียบเทียบผลเฉลยจากงานวิจัยที่ผ่านมาและจากข้อมูลของสภาวะการณ์จริง เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามปัญหาการจัดตารางการใช้ห้องเรียนนี้เป็นปัญหาที่มีเงื่อนไขที่ต้องทำการพิจารณาหลายเงื่อนไขและมีขนาดใหญ่ซึ่งไม่สามารถทำการแก้ไขปัญหาได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งในการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมายังไม่มียานวิจัยใดทำการศึกษาในหัวข้อนี้มาก่อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกเอาข้อมูลของสภาวะการณ์จริง และค่าขอบเขตล่างมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ ซึ่งโดยปกติผลเฉลยที่ได้จากค่าขอบเขตล่างจะมีค่าน้อยกว่าผลเฉลยที่ได้จากอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นและข้อมูลของสภาวะการณ์จริง โดยที่ความแตกต่างของผลเฉลยที่ได้จากวิธีหาค่าขอบเขตล่าง ข้อมูลของสภาวะการณ์จริง และค่าขอบเขตล่าง แสดงได้ดังภาพที่ 5.1 ดังนั้นผลต่างของผลเฉลยระหว่างผลเฉลยที่ได้จากอัลกอริทึมกับค่าขอบเขตล่างจะแสดงถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้น โดยที่ผลต่างของผลเฉลยจากสองวิธีนี้ควรมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอวิธีการหาค่าขอบเขตล่างของการจัดสรรห้องเรียนเพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของวิธีหาค่าขอบเขตล่าง เพราะไม่สามารถหาผลเฉลยที่เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดได้เนื่องจากมีเงื่อนไขที่ต้องทำการพิจารณาจำนวนมากทั้งข้อจำกัดของอาจารย์ผู้สอน นักศึกษา รายวิชาเรียน และห้องเรียนทำให้ปัญหามีความซับซ้อน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น



- △ 1 แสดงถึงผลต่างของผลเฉลยที่ได้จากอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นและผลเฉลยของวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่าง
- △ 2 แสดงถึงผลต่างของผลเฉลยที่ได้จากอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นและข้อมูลของสภาวะการณ์จริง
- △ 3 แสดงถึงผลต่างของข้อมูลของสภาวะการณ์จริงและผลเฉลยของค่าขอบเขตล่าง

ภาพที่ 5.1 แสดงความแตกต่างของข้อมูลของสภาวะการณ์จริง ผลเฉลยที่ได้จากอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นและค่าขอบเขตล่าง

2. การหาผลเฉลยวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างของการจัดสรรห้องเรียน

วิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างของการจัดสรรห้องเรียนเพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของวิธีทาบูลิเซรี้ที่ได้สร้างขึ้น โดยพิจารณาปรับช่วงเวลาทำการเรียนการสอนซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดการแก้ไขปัญหา (Key Idea) ของการสร้างวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่าง

จากอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นในการจัดสรรห้องเรียนได้ทำการพิจารณาข้อจำกัดเกี่ยวกับช่วงเวลาทำการเรียนการสอน ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาทำการเรียนการสอนได้แต่ควรให้อยู่ในช่วงเวลาเดียวกันเพื่อความสะดวกและความเหมาะสมกับความต้องการของอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษา แต่สำหรับวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างได้ละเว้นการพิจารณาช่วงเวลาทำการเรียนการสอนเดิม โดยถือว่าทุกวิชาสามารถทำการเรียนการสอนได้ทุกช่วงเวลา และอาจารย์หรือนักศึกษาสามารถทำการเรียนการสอนติดต่อกันได้ไม่จำกัดชั่วโมงการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการจัดลำดับรายวิชาและห้องเรียนที่จะทำการเรียนการสอน

2.2 สมมติฐานของปัญหา (Assumption)

สมมติฐานของปัญหาการจัดสรรห้องเรียนได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับรูปแบบของปัญหาโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 รายวิชาที่ทำการจัดสรรห้องเรียนนั้นจะพิจารณาเฉพาะรายวิชาที่ทำการเรียนการสอนในอาคารที่ทำการพิจารณาจัดสรร

2.2.2 จัดสรรห้องเรียนให้กับรายวิชาโดยทำการเปลี่ยนช่วงเวลาทำการเรียนการสอนให้อยู่ในช่วงที่มีภาระการปรับอากาศที่ต่ำที่สุด เพื่อให้เกิดดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่ำที่สุด โดยสอดคล้องกับเงื่อนไขของการลงทะเบียน เช่น ห้ามเกิดการซ้อนทับของการเรียนการสอนของอาจารย์หรือนักศึกษาทั้งภายในและภายนอกอาคารที่ทำการพิจารณาจัดสรรห้องเรียน การซ้อนทับของการใช้ห้องเรียน เป็นต้น ซึ่งช่วงเวลาทำการเรียนการสอนสามารถเลือกเปลี่ยนช่วงเวลาได้ตั้งแต่ 8.00 - 22.00 นาฬิกา

2.2.3 ภาระของระบบปรับอากาศเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ทิศทางของห้องเรียน และจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีจำนวนแตกต่างกันตามขนาดของห้องเรียน

2.2.4 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยเท่ากัน และในส่วนของภาระความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ แปรผันตามปริมาณการใช้ไฟฟ้าดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 3

2.2.5 อาจารย์และนักศึกษาสามารถทำการเรียนการสอนติดต่อกันได้โดยไม่จำกัดชั่วโมงที่ติดต่อกันและสามารถทำการเรียนการสอนได้ทุกช่วงเวลารวมทั้งเวลาพัก (ช่วงเวลา 12.00-13.00 และช่วงเวลา 18.00-19.00)

2.2.6 รายวิชาเรียนวิชาหนึ่ง ๆ จะไม่มีการทำการเรียนมากกว่าหนึ่งช่วงเวลาภายในวันเดียวกัน

2.2.7 รายวิชาเดียวกัน หากมีการเรียนการสอนมากกว่าหนึ่งวันในสัปดาห์ควรทำการเรียนการสอนในช่วงเวลาและห้องเรียนเดียวกัน

2.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในวิธีหาค่าขอบเขตล่าง (Parameters)

พารามิเตอร์ที่ใช้ในขั้นตอนของวิธีหาค่าขอบเขตล่าง มีดังต่อไปนี้

i	= ดัชนีของรายวิชา	$i = 1, 2, 3, \dots, a$
j	= ดัชนีของเซกชัน	$j = 1, 2, 3, \dots, b$
k	= ดัชนีของภาควิชาของนักศึกษา	$k = 1, 2, 3, \dots, c$
m	= ดัชนีของชั้นปีของนักศึกษา	$m = 1, 2, 3, \dots, d$
n	= ดัชนีของอาจารย์ผู้ทำการสอน	$n = 1, 2, 3, \dots, e$
q	= ดัชนีของห้องเรียน	$q = 1, 2, 3, \dots, f$
p	= ดัชนีของช่วงเวลาทำการเรียนการสอน	$p = 1, 2, 3, \dots, g$
r	= ดัชนีของวันที่ทำการเรียนการสอน	$r = 1, 2, 3, \dots, h$
v	= ดัชนีของด้านนอกกรอบอาคารที่มีการถ่ายเทพลังงาน	$v = 1, 2, 3, \dots, 8$

โดยที่ 1, 2, 3, ..., 8 แทนทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ตามลำดับ

$L_{ijprkmn}$ = รายวิชา i เซกชัน j ทำการเรียนการสอนช่วงเวลา p ในวัน r โดยนักศึกษาภาควิชา k ชั้นปี m และอาจารย์ n

$NL_{ijprkmn}$ = รายวิชา i เซกชัน j ทำการเรียนการสอนช่วงเวลา p ในวัน r โดยนักศึกษาภาควิชา k ชั้นปี m อาจารย์ n ที่นักศึกษาภาควิชา k ชั้นปี m หรืออาจารย์ n ไปทำการเรียนการสอนนอกอาคารที่ทำการพิจารณา

L_{ij} = รายวิชา i เซกชัน j

S_{ijkm} = จำนวนการเรียนร่วมของนักศึกษาภาควิชา k ชั้นปี m ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา i เซกชัน j (ภาควิชาและชั้นปีของนักศึกษา)

SL_{ijkm} = จำนวนภาระการเรียนของรายวิชาหลักตามหลักสูตรที่ต้องลงทะเบียนเรียนของนักศึกษาภาควิชา k ชั้นปี m ที่ลงทะเบียนในรายวิชา i เซกชัน j (วิชา)

TL_{ijn} = จำนวนภาระการสอนของอาจารย์ n ที่สอนในรายวิชา i เซกชัน j (วิชา)

$OTTV_{qpr}$ = ความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารของผนังด้านนอกของห้องเรียน q ในช่วงเวลา p วัน r ซึ่งได้จากการคำนวณดังสมการที่ 2.1 และ 2.2 ในบทที่ 2

N_{ij} = จำนวนนักศึกษาทั้งหมดที่ทำการลงทะเบียนเรียนในรายวิชาที่ i เซกชัน j

R_q = ห้องเรียน q

R_{qpr} = ห้องเรียน q ในช่วงเวลา p วัน r

C_q = ความจุของห้องเรียน q

A_{vq} = พื้นที่นอกกรอบอาคารที่มีการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารของผนังด้าน v ห้องเรียน q

WWR_{vq} = อัตราส่วนพื้นที่โปร่งแสงต่อพื้นที่ทึบแสงของผนังด้าน v ห้องเรียน q

FL_q = ปริมาณโหลดไฟฟ้าในห้องเรียน q

FS_q = ปริมาณเครื่องขยายเสียงในห้องเรียน q

Z_q = โชนของห้องเรียน q

YE_i = ปีการศึกษาของรายวิชา i

SEM_i = ภาคการศึกษาของรายวิชา i

RM_{qpr} = เซกของห้องเรียน q ในช่วงเวลา p และวัน r

LC_{ij} = เซกของรายวิชา i เซกชัน j ที่ทุกรายวิชา L_{ij} ถูกนำเข้า

PAL = การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ (กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา)

PEL = การใช้พลังงานในเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ (กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา)

PCL = ดัชนีของการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยรวม (กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา)

SAL = การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ (กิโลวัตต์/ภาคการศึกษา)

SEL = การใช้พลังงานในเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ (กิโลวัตต์/ภาคการศึกษา)

SCL = ดัชนีของการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยรวม (กิโลวัตต์/รายวิชา/ภาคการศึกษา)

2.4 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

ตัวแปรตัดสินใจของวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่าง คือ

$L_{ijprqkmn}$ = รายวิชา i เซกชัน j ทำการเรียนการสอนช่วงเวลา p ในวัน r ในห้องเรียน q โดยอาจารย์ท่านที่ n นักศึกษาภาควิชา k ชั้นปี m

2.5 ตัวแปรไบนารี (Binary Decision Variables)

$X_{ijkmpnr}$ = 1 เมื่อ นักเรียนภาควิชา k ชั้นปี m ทำการเรียนรายวิชา i เซกชัน j ในช่วงเวลา p วัน r

= 0 เมื่อ เป็นกรณีอื่น

Y_{ijnpr} = 1 เมื่อ อาจารย์ n ทำการสอนรายวิชา i เซกชัน j ในช่วงเวลา p วัน r

= 0 เมื่อ เป็นกรณีอื่น

CS_{ij} = 1 เมื่อ รายวิชา i เซกชัน j สามารถทำการเปลี่ยนเวลาทำการเรียนการสอนได้

= 0 เมื่อ รายวิชา i เซกชัน j ไม่สามารถทำการเปลี่ยนเวลาทำการเรียนการสอนได้

2.6 ขั้นตอนของวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่าง

ตัวอย่างการคำนวณของวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างในส่วนของการคัดเลือกรายวิชาจะใช้วิธีการเดียวกับของวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม แต่จะมีความแตกต่างในส่วนที่เวลาทำการเรียนการสอนของทุกรายวิชาจะมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อเลือกช่วงการเรียนการสอนให้เกิดดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการคำนวณ โดยได้ทำการสมมติโจทย์ปัญหาและแก้ไขปัญหามีรายละเอียดขององค์ประกอบและขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

2.6.1 ส่วนที่ 1 การรับข้อมูลป้อนเข้า (Inputs) โดยข้อมูลป้อนเข้าสำหรับวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างการคัดเลือกรายวิชาและการจัดตารางการใช้ห้องเรียน มีดังนี้

- (1) พื้นที่นอกกรอบอาคารของห้องเรียน (A_{vq})
- (2) พื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านของห้องเรียน (WWR_{vq})
- (3) ความจุของห้องเรียน (C_q)
- (4) ปริมาณหลอดไฟฟ้าในห้องเรียน (FL_q)
- (5) ปริมาณเครื่องขยายเสียงในห้องเรียน (FS_q)
- (6) โชนของห้องเรียนที่ทำการพิจารณา (Z_q)
- (7) ห้องเรียนที่ใช้ในการจัดสรรให้กับรายวิชา (R_q)
- (8) ภาคการศึกษา (SEM_t)
- (9) รายวิชาที่ต้องทำการจัดสรรห้องเรียน ($L_{ijprkmn}$)
- (10) รายวิชาที่ทำการเรียนการสอนนอกอาคารที่ทำการพิจารณา ($NL_{ijprkmn}$)

(11) จำนวนนักศึกษาที่ทำการลงทะเบียนในแต่ละรายวิชาและเซคชัน (N_{ij})

(12) ความสามารถในการย้ายเวลาทำการเรียนการสอน (CS_{ij})

2.6.2 ส่วนที่ 2 การหาภาระการปรับอากาศภายนอกอาคารของห้องเรียนที่ทำการพิจารณาในเวลาต่างๆ ($OTTV_{qpr}$) โดยสามารถคำนวณดังสมการที่ 2.1 และ 2.2 ด้วยข้อมูลป้อนเข้าดังนี้ R_q , A_{vq} , WWR_{vq} , Z_q , และ SEM_i

2.6.3 ส่วนที่ 3 ขั้นตอนการคำนวณของวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างมีขั้นตอนย่อยดังนี้

(1) จัดทุกรายวิชา L_{ij} ลงเซต LC_{ij}

(2) พิจารณาเซต LC_{ij} เลือกรายวิชา L_{ij} ที่ จะทำการจัดสรรห้องเรียน

(2.1) เลือกรายวิชาและเซคชันที่มีการเรียนร่วมของนักศึกษามากที่สุด

$$\text{Max} \sum_{k=1}^c \sum_{m=1}^d S_{ijk m}, \forall i \forall j$$

(2.2) เลือกรายวิชาและเซคชันที่อาจารย์มีภาระการสอนมากที่สุด

$$\text{Max} \sum_{i=1}^a TL_{ijn}, \forall n$$

(2.3) เลือกรายวิชาและเซคชันที่นักศึกษาที่ลงทะเบียนมีภาระการเรียน

มากที่สุด

$$\text{Max} \sum_{k=1}^c \sum_{m=1}^d SL_{ijk m}, \forall i \forall j$$

(3) จัดสรรห้องเรียน R_q จากเซต RM_{qpr} ให้กับรายวิชา i โดยเลือกห้องเรียนที่มีความจุน้อยที่สุด $\text{Min } C_q$

ตรวจสอบว่า $C_q \geq N_{ij}$ หรือไม่

ใช่ ไปทำขั้นตอนที่ 4

ไม่ เลือกห้อง R_q ที่มี $\text{Min } C_q$ ถัดไปแล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 3

(4) เลือกช่วงเวลา p ที่มี $\text{Min } OTTV_{qpr}$

ตรวจสอบว่าห้องเรียน q ที่ตรงตามเงื่อนไขมีเพียงห้องเรียนเดียวหรือไม่

ใช่ ไปทำขั้นตอนที่ 5

ไม่ เลือกห้องเรียนที่มี $\text{Min } OTTV_{qpr}$ แล้วไปทำขั้นตอนที่ 5

(5) ทำการเปลี่ยนเวลาทำการเรียนการสอน p ในวัน r ของรายวิชา L_{ij} โดยที่

มีเงื่อนไขดังนี้

$$1) \sum_{i=1}^a X_{ijk mpr} \leq 1 \text{ และ } \sum_{i=1}^a Y_{ijpr} \leq 1$$

ตรวจสอบว่า มีช่วงเวลา p ตรงตามเงื่อนไขหรือไม่

ใช่ ไปทำขั้นตอนที่ 6

ไม่ เลือกช่วงเวลา p ที่มี $Min OTTV_{pr}$ ถัดไป แล้วกลับไปทำ

ขั้นตอนที่ 4

(6) จัดสรรวิชา L_{ij} ให้กับห้องเรียน R_q ในเวลา p

(7) อัปเดตรายวิชา L_{ij} ในเซต LC_{ij} และห้องเรียน R_{qpr} ในเซต RM_{qpr}

$$LC_{ij} \Leftarrow LM_{ij} - L_{ij}$$

$$RM_{qpr} \Leftarrow RM_{qpr} - R_{qpr}$$

(8) บันทึกตารางการจัดสรรห้องเรียน R_{qpr} ให้กับรายวิชาที่ $L_{ijprqkmn}$

(9) ตรวจสอบว่าเซต $LC_{ij} = \emptyset$ หรือไม่

ใช่ ไปทำการคำนวณปริมาณการใช้พลังงาน

ไม่ กลับไปทำขั้นตอนที่ 8

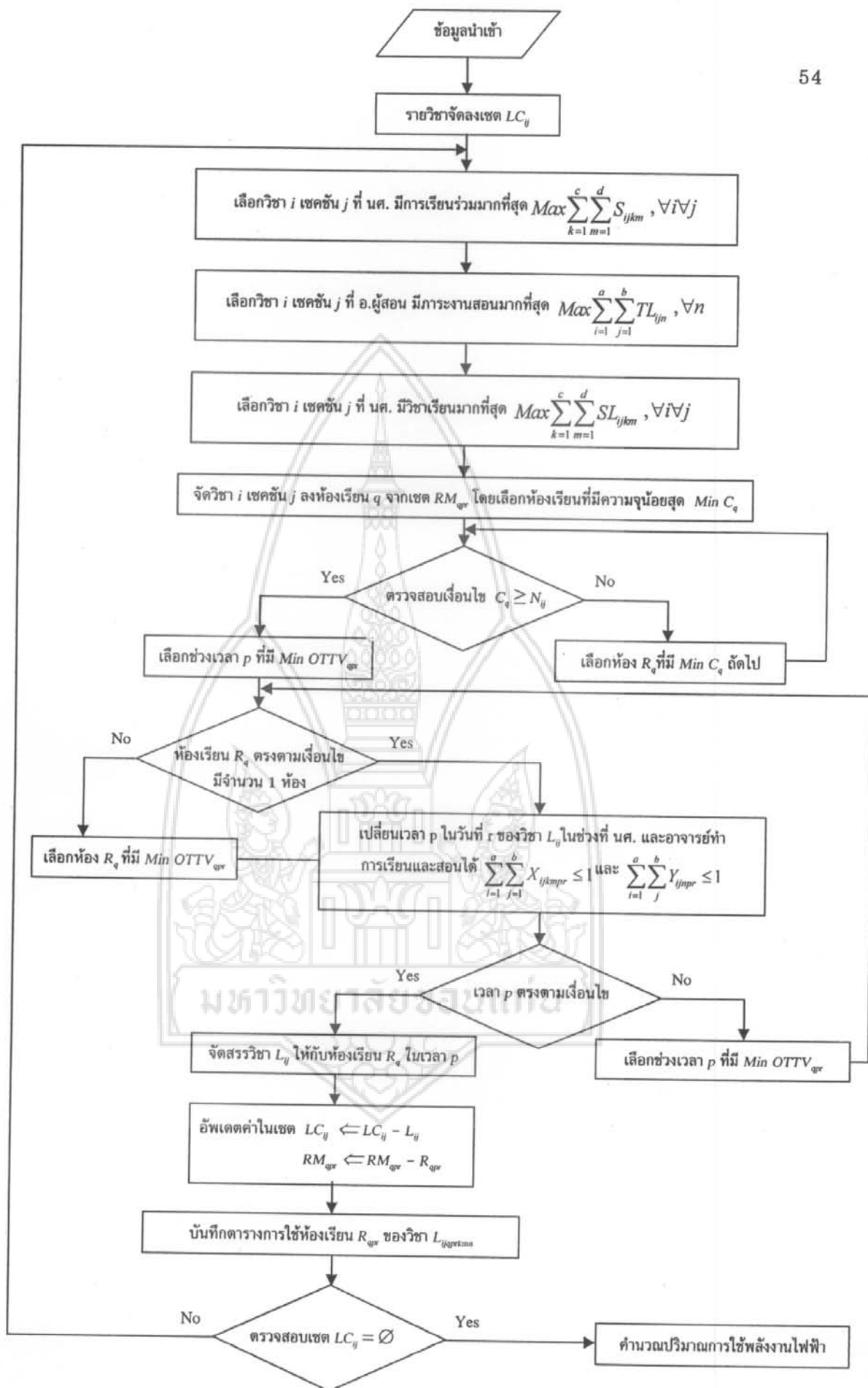
2.7 ตัวอย่างการคำนวณของวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างของการเลือกรายวิชาและการจัดสรรห้องเรียน

ตัวอย่างการคำนวณของวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างของการเลือกลำดับรายวิชาและการจัดสรรห้องเรียน แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการคำนวณโดยละเอียด โดยได้นำโจทย์ปัญหา เช่นเดียวกับที่ได้ทำการค้นหาผลเฉลยด้วยวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมในบทที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดของปัญหาและขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

2.7.1 ส่วนที่ 1 การรับข้อมูลป้อนเข้า (Inputs) โดยข้อมูลป้อนเข้าสำหรับวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างของการเลือกรายวิชาและการจัดตารางการใช้ห้องเรียนดังตารางที่ 5.1-5.3

2.7.2 ส่วนที่ 2 ขั้นตอนการคำนวณการใช้พลังงาน $OTTV_{qpr}$ ของห้องเรียน
ขั้นตอนการคำนวณเพื่อหาลำดับรายวิชาและการจัดตารางการใช้ห้องเรียน เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานระบบปรับอากาศรวมต่ำที่สุด มีดังนี้

ทำการคำนวณการใช้พลังงาน $OTTV_{qpr}$ ของห้องเรียนโดยสามารถคำนวณดังสมการที่ 2.1 และ 2.2 ด้วยข้อมูลป้อนเข้าดังนี้ R_q , A_{vq} , WWR_{vq} , Z_q , และ SEM_i ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ข.1-ข.4 (ภาคผนวก ข)



ภาพที่ 5.2 แสดงขั้นตอนวิธีหาค่าขอบเขตล่าง

2.7.3 ส่วนที่ 3 ขั้นตอนการคำนวณของวิธีวิฤตติค่าขอบเขตล่าง

(1) จัดรายวิชาทั้ง 10 รายวิชาในลงเขต LC_{ij}

(2) พิจารณาเขต LC_{ij} แล้วเลือกรายวิชาที่จะทำการจัดสรรห้องเรียน

(2.1) เลือกรายวิชาและเซตชั้นที่มีการเรียนร่วมของนักศึกษามากที่สุด

ได้รายวิชา L_{41} และ L_{51}

(2.2) เลือกรายวิชาและเซตชั้นที่อาจารย์มีภาระของการสอนมากที่สุด

ได้รายวิชา L_{51}

; A4 มีภาระของการสอน

มากกว่า A3

(3) จัดสรรห้องเรียนให้รายวิชา L_{51} โดยเลือกความจุที่น้อยที่สุดคือ 35

ตรวจสอบพบว่า จำนวน N_{51} สามารถจัดลงได้พอดีไปทำขั้นตอนที่ 4

(4) เลือกช่วงเวลา p ที่มี $\text{Min } OTTV_{qpr}$ คือช่วงที่ 8.00-9.00 นาฬิกาและทำการตรวจสอบแล้วพบว่ามีเพียงห้องเรียนที่ 2 เท่านั้นที่มีค่า $\text{Min } OTTV_{qpr}$

(5) ทำการเปลี่ยนเวลาทำการเรียนการสอนเป็นช่วง 8.00-9.00 นาฬิกาในวัน $r = 1, 3, 5$ ของรายวิชา L_{51} เพราะว่าไม่มีเงื่อนไขการซ้อนทับของเวลาทำการเรียนการสอนของทั้งอาจารย์และนักศึกษา

(6) จัดสรรวิชา L_{51} ให้กับห้องเรียน R_2 ช่วง 8.00-9.00 นาฬิกาในวันที่ $r = 1, 3$ และ 5

(7) อัปเดตรายวิชา L_{51} ในเซต LC_{ij} และห้องเรียน R_{qpr} ในเซต RM_{qpr}

$$LC_{ij} \leftarrow \{LC_{ij} - L_{51}\}$$

$$RM_{qpr} \leftarrow \{RM_{qpr} - \{R_{211}, R_{221}, R_{213}, R_{223}, R_{215}, R_{225}\}\}$$

(8) บันทึกตารางการจัดสรรห้องเรียน

$R_{211}, R_{221}, R_{213}, R_{223}, R_{215}$ และ R_{225} ให้กับรายวิชาที่ L_{51}

(9) ตรวจสอบพบว่า $LC_{ij} \neq \emptyset$ ให้วนกลับไปขั้นตอนที่ 2

(10) พิจารณาเขต LC_{ij} แล้วเลือกรายวิชาที่จะทำการจัดสรรห้องเรียน

(10.1) เลือกรายวิชาและเซตชั้นที่มีการเรียนร่วมของนักศึกษามากที่สุด

ได้รายวิชา L_{41}

(11) จัดสรรห้องเรียนให้รายวิชา L_{41} โดยเลือกความจุที่น้อยที่สุดคือ 35

ตรวจสอบพบว่า จำนวน L_{41} ไม่สามารถจัดลงได้ จึงเลือกห้องที่มีความจุต่ำสุดถัดไปคือ 60 สามารถจัดสรรได้ทำขั้นตอนที่ 12

(12) เลือกช่วงเวลา p ที่มี $Min OTTV_{qpr}$ คือช่วงที่ 8.00-9.30 นาฬิกาและทำการตรวจสอบแล้วพบว่ามีเพียงห้องเรียนที่ 3 เท่านั้นที่มีค่า $Min OTTV_{qpr}$

(13) ทำการเปลี่ยนเวลาทำการเรียนการสอนเป็นช่วง 8.00-9.30 นาฬิกาในวัน $r = 2$ และ 4 ของรายวิชา L_{41} เพราะที่ไม่มีเงื่อนไขการซ้อนทับของเวลาทำการเรียนการสอนของทั้งอาจารย์และนักศึกษา

(14) อัปเดตรายวิชา L_{41} ในเซต LC_{ij} และห้องเรียน R_{qpr} ในเซต RM_{qpr}

$$LC_{ij} \leftarrow \{ LC_{ij} - L_{41} \}$$

$$RM_{qpr} \leftarrow \{ RM_{qpr} - \{ R_{212}, R_{222}, R_{232}, R_{214}, R_{224}, R_{234} \} \}$$

(15) บันทึกตารางการจัดสรรห้องเรียน

$R_{212}, R_{222}, R_{232}, R_{214}, R_{224}$ และ R_{234} ใ้กับรายวิชาที่ L_{41}

(16) ตรวจสอบพบว่า $LC_{ij} \neq \emptyset$ ให้วนกลับไปทำจน $LC_{ij} = \emptyset$ พบว่าไม่มีรายวิชาที่เหลือ ซึ่งสามารถสรุปการจัดสรรห้องเรียนได้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 แสดงการจัดสรรห้องเรียนให้กับรายวิชาตัวอย่างด้วยวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่าง

รายวิชา	วัน	เวลา	ห้องเรียน
L_{11}	อ. พ.	20.30-22.00	2
L_{21}	จ. พ. ศ.	10.00-11.00	1
L_{31}	จ. พ. ศ.	8.00-9.00	1
L_{41}	อ. พ.	8.00-9.30	3
L_{51}	จ. พ. ศ.	20.00-21.00	2
L_{52}	จ. พ. ศ.	9.00-10.00	2
L_{61}	จ. พ. ศ.	21.00-22.00	2
L_{71}	จ. พ. ศ.	8.00-9.00	2
L_{81}	อ. พ.	20.30-22.00	3
L_{91}	อ. พ.	8.00-9.30	2

2.7.4 ส่วนที่ 4 การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ โดยการแทนค่าการใช้ห้องเรียนทุกรายวิชาที่ทำการจัดสรรในสมการ SAL และ PAL

SAL = 1,675.264 กิโลวัตต์/ภาคการศึกษา

PAL = 4.984872 กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา

การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ โดยการ
แทนค่าการใช้ห้องเรียนทุกรายวิชาที่ทำการจัดสรรในสมการ SEL และ PEL

SEL = 566.01 กิโลวัตต์/ภาคการศึกษา

PEL = 1.780434 กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา

การคำนวณดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อรายวิชาได้ดังนี้

SCL = $(1,675.264 + 556.0160)/10$

= 224.128 กิโลวัตต์/รายวิชา/ภาคการศึกษา

การคำนวณดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อนักศึกษาได้ดังนี้

PCL = 6.765306 กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา

