การประยุกต์เจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ

นางสาวจุฑามาศ เทวินบุรานุวงศ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-13-0216-9
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS FOR STAFF NURSE SCHEDULING

Miss Jutamas Tewinburanuwong

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted to Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-13-0216-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์เจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ
โดย	นางสาวจุฑามาศ เทวินบุรานุวงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ดามาพงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหรียญ บุญดีสกุลโชค)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ดามาพงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฑามาศ เทวินบุรานุวงศ์ : การประยุกต์เจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ (APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS ON STAFF NURSE SCHEDULING) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. ปารเมศ ชุติมา, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร. พนิดา ดามาพงศ์, 230 หน้า. ISBN 974-13-0216-9.

ปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการเป็นปัญหาที่มีความสำคัญมากปัญหาหนึ่งในโรงพยาบาล เนื่องจากพยาบาลเป็นกลุ่มบุคลากรที่มีจำนวนมากที่สุดในโรงพยาบาล และงานทางด้านการรักษาพยาบาลยังเป็นงานที่จำเป็นต้องมีบุคลากรพยาบาลขึ้นเวรประจำตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงการนำวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms) มาใช้กับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ ซึ่งเป็นปัญหาการจัดบุคลากรพยาบาล อันได้แก่ พยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วย และพยาบาลประจำการให้กับเวรทำงานที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยวัตถุประสงค์ที่นำมาพิจารณาจะมี 2 วัตถุประสงค์ ได้แก่ ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ และความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ เพื่อให้เกิดการกระจายภาระงานไปยังบุคลากรพยาบาลแต่ละคนอย่างยุติธรรมที่สุด นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษา และทดสอบพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ ซึ่งได้แก่ ขนาดของประชากร ประเภทของวิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ประเภทของวิธีการมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น จากการทดลองพบว่าขนาดของประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการหาคำตอบโดยวิธีการทางเจนเนติกอัลกอริทึม ดังนั้นในการนำเจนเนติกอัลกอริทึมไปใช้จริงควรมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยอาจใช้ค่าที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในงานวิจัยนี้เป็นแนวทางเบื้องต้น

จากงานวิจัยนี้ จะได้ว่าเจนเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการที่มีประสิทธิภาพ และสามารถให้คำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่กำหนดได้

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4170210121 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD :

GENETIC ALGORITHMS / NURSE SCHEDULING

JUTAMAS TEWINBURANUWONG : APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS FOR STAFF NURSE SCHEDULING. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. PARAMES CHUTIMA, Ph.D. THESIS COADVISOR : ASSO. PROF. PANIDA DAMAPONG, Ph.D. 230 pp. ISBN 974-13-0216-9.

Staff nurse scheduling is one of the most critical problems in hospital because nurses are the majority group of hospital personnel, who works regular shifts around 24 hours a day.

To balance workload of each nurse, Genetic algorithm (GAs), one of the most promising techniques for such problem, was applied in this research. Two objectives of the research were to minimize direction of shift spans and to minimize accuracy of shift spans, to balance all workload for each nurse.

Experimental design was set up for examining the significance of several parameters of GAs including problem sizes, population sizes, crossover types, probability of crossover, mutation types, and probability of mutation. The results of the experiment shown that population sizes, crossover type, probability of crossover, mutation types and probability of mutation had significant impact on the solution obtained from GAs. As a result, it was necessary to define appropriate parameters while using GAs. However, the suitable parameters obtained from the research are useful as a guideline in practice.

From the research, it found out that genetic algorithm was an efficient method that can search for a good solution of staff nurse scheduling within an acceptable time limit.

Department Industrial Engineering Student's signature .....

Field of study Industrial Engineering Advisor's signature .....

Academic year 2000 Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ.ดร. ปารเมศ ชุติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร. พนิดา ดามาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ซึ่งคอยให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในงานวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณเพียงใจ เอี่ยมมิ โรงพยาบาลลาดหลุมแก้ว คุณฐิติมา ลี้เจริญรักษา โรงพยาบาลพระรามเก้า และ คุณชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ ผู้คอยให้คำปรึกษาและเป็นแรงผลักดันที่สำคัญอย่างยิ่ง รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอมา และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้ความห่วงใยและกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ตลอดจนพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญรูป ..... ฏ
สารบัญตาราง .... ฑ

บทที่ 1: บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
1.5 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย 8
1.6 สรุปเนื้อหางานวิจัย 8

บทที่ 2: งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเวรพยาบาล 10
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาต่างๆ 13
2.2.1 งานวิจัยที่นำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาการมอบหมายงาน 13
2.2.2 งานวิจัยที่นำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาการจัดตารางงาน 14
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคและวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม 15
2.4 สรุปงานวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง 19

บทที่ 3: ทฤษฎีเกี่ยวกับเจนเนติกอัลกอริทึม

3.1 เจนเนติกอัลกอริทึม 20
3.1.1 พันธุศาสตร์กับเจนเนติกอัลกอริทึม 21
3.1.2 ความหมายของเจนเนติกอัลกอริทึม 23

3.2 เจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithms) 24
3.2.1 การเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้นอย่างสุ่ม 25
3.2.2 ประชากรรุ่นเก่า (Old Population) 25
3.2.3 การดำเนินการของ SGA 25
3.2.4 ประชากรรุ่นใหม่ (New population) 28
3.3 ตัวอย่างการใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชัน 29
3.4 เจนเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ 32
3.5 สรุปท้ายบท 36

บทที่ 4 : ปัญหาการจัดตารางเวรพยาบาล

4.1 ทฤษฎีการจัดตารางเวรพยาบาล 38
4.1.1 คำจำกัดความ 38
4.1.2 การจัดตารางเวรทำงานแบบประจำ 39
4.1.3 หลักการจัดตารางเวรพยาบาล 39
4.1.4 การพิจารณาคุณภาพของบุคลากรพยาบาล 40
4.2 การจัดเวลาการทำงานของบุคลากรพยาบาล (Staffing Scheduling) 42
4.2.1 การจัดเวลาการทำงานเวรละ 8 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 5 วัน 42
4.2.2 การจัดเวลาการทำงานเวรละ 10 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 4 วัน 43
4.2.3 การจัดเวลาการทำงานเวรละ 12 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 7 วัน 43
4.3 รูปแบบของการจัดตารางเวรพยาบาล (Staffing Module) 44
4.3.1 การจัดตารางเวรแบบหมุนเวียน 44
4.3.2 การจัดตารางเวรแบบคงที่ 45
4.3.3 การจัดตารางเวรแบบรอบ 45
4.4 การประเมินผลตารางเวรทำงานพยาบาล 46
4.4.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินผลการจัดตารางเวรทำงาน 47
4.4.2 ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินผลการจัดตารางเวรทำงาน 49
4.4.3 การประเมินค่าผลของการจัดตารางเวร 52
4.5 สรุปท้ายบท 52

บทที่ 5: เจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรพยาบาล

5.1 ลักษณะของปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาล 54

5.1.1 ลักษณะปัญหาการจัดตารางเวรทำงาน....54
5.1.2 ข้อจำกัดของการจัดตารางเวร....56
5.2 โครงสร้างของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรพยาบาล....57
5.2.1 โครงสร้างหลัก....57
5.2.2 ขั้นตอนการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม....58
5.3 วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม....60
5.3.1 การใส่รหัสคำตอบ (Chromosome Representation / Coding)....60
5.3.2 การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น (Initial Population Creating)....61
5.3.3 การประเมินค่า (Evaluation)....64
5.3.4 การคัดเลือกคำตอบ (Selection)....64
5.3.5 การครอสโอเวอร์ (Crossover)....68
5.3.6 การมิวเตชั่น (Mutation)....77
5.3.7 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy)....84
5.4 สรุปท้ายบท....86

บทที่ 6: การทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs

6.1 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม....87
6.1.1 การระบุปัญหา....87
6.1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง....88
6.1.3 การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย....89
6.1.4 การพิจารณาผลกระทบร่วมกันของระดับปัจจัย....94
6.2 การออกแบบการทดลอง....96
6.2.1 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการจากการทดลองแต่ละระดับปัจจัย....96
6.2.2 การกำหนดรูปแบบการทดลอง....96
6.2.3 การเก็บและจัดระบบข้อมูล....98
6.3 การวิเคราะห์การทดลอง....98
6.3.1 การวิเคราะห์โดยพิจารณาค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าตอบสนอง....99
6.3.2 การวิเคราะห์โดยพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง....99
6.3.3 การวิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ....99
6.4 ปัญหาตัวอย่างขนาดบุคลากรพยาบาล 8 คน....100
6.4.1 ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 8 คน....100

6.4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 8 คน 105
6.5 ปัญหาตัวอย่างขนาดบุคลากรพยาบาล 12 คน 109
6.5.1 ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 12 คน 110
6.5.2 ค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 12 คน 115
6.6 สรุปผลการทดลอง 120
6.7 สรุปท้ายบท 122

บทที่ 7: การเปรียบเทียบคำตอบจากเจนเนติกอัลกอริทึมกับตารางเวรทำงาน

7.1 ปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลขนาด 8 คน 123
7.1.1 วัตถุประสงค์เป็นทิศทางการกระจายระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 8 คน 123
7.1.2 วัตถุประสงค์เป็นค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายระห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 8 คน 126
7.2 ปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลขนาด 12 คน 128
7.2.1 วัตถุประสงค์เป็นทิศทางการกระจายระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 12 คน 128
7.2.2 วัตถุประสงค์เป็นค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายระห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 12 คน 130
7.3 สรุปท้ายบท 132

บทที่ 8: บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปงานวิจัย 133
8.1.1 เจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาล 133
8.1.2 การทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs 135
8.1.3 ผลการใช้ GAs แก้ปัญหา 136
8.2 ข้อเสนอแนะ 136

รายการอ้างอิง 137

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ปัญหา NP-hard 142
ภาคผนวก ข รายละเอียดของปัญหาตัวอย่าง 144
ภาคผนวก ค ข้อกำหนดของการจัดตารางเวรทำงาน 152
ภาคผนวก ง ข้อมูลที่ได้จากการรันโปรแกรม 164
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูล 200
ภาคผนวก ฉ คำตอบที่ได้หลังจากการวิเคราะห์ 220
ภาคผนวก ช ขั้นตอนการใช้โปรแกรม 228

ประวัติผู้ทำวิจัย 230

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1 การหาค่าช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน....5
รูปที่ 1.2 เวรทำงานต่อเนื่องกันเกินกว่า 2 เวร....7
รูปที่ 3.1 ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของโครโมโซมควบคุมลักษณะของเมล็ดถั่ว....21
รูปที่ 3.2 ลักษณะทางเจนเนติกของการแก้ปัญหาในการหาค่าสูงสุดของ $f(x)=x^2$....22
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนของ GAs อย่างง่าย....24
รูปที่ 3.4 การรีโปรดักชั่นอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูลเล็ทที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม....26
รูปที่ 3.5 การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสตริงและการแลกเปลี่ยนข่าวสารโดยเลือกตำแหน่งไข้วแบบสุ่ม....27
รูปที่ 3.6 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$....30
รูปที่ 3.7 ทิศทางการหาคำตอบโดยเจนเนติกอัลกอริทึมร่วมกับการรวมฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบบกำหนดน้ำหนักเฉพาะ....35
รูปที่ 3.8 ทิศทางการหาคำตอบโดยเจนเนติกอัลกอริทึมร่วมกับการรวมฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบบกำหนดน้ำหนักหลายค่า....35
รูปที่ 4.1 การคิดงบประมาณเวลา....41
รูปที่ 4.2 การหาค่าช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน....48
รูปที่ 4.3 เวรทำงานต่อเนื่องกันเกินกว่า 2 เวร....51
รูปที่ 5.1 แผนผังแสดงโครงสร้างและวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม....59
รูปที่ 5.2 วงล้อรูเล็ต.... 66
รูปที่ 6.1 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาจำนวนบุคลากรพยาบาลขนาด 8 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน....90
รูปที่ 6.2 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาจำนวนบุคลากรพยาบาลขนาด 8 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าความคลาดเคลื่อนกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน....90
รูปที่ 6.3 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาจำนวนบุคลากรพยาบาลขนาด 12 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน....91
รูปที่ 6.4 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาจำนวนบุคลากรพยาบาลขนาด 12 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าความคลาดเคลื่อนกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน....92

รูปที่ 7.1 การหาคำตอบโดย GAs สำหรับปัญหาพยาบาล 8 คนที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย 124
รูปที่ 7.2 การหาคำตอบโดย GAs สำหรับปัญหาพยาบาล 8 คนที่วัตถุประสงค์คลาดเคลื่อนการกระจาย 126
รูปที่ 7.3 การหาคำตอบโดย GAs สำหรับปัญหาพยาบาล 12 คนที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย 129
รูปที่ 7.4 การหาคำตอบโดย GAs สำหรับปัญหาพยาบาล 12 คนที่วัตถุประสงค์คลาดเคลื่อนของการกระจาย 131

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจนเนติกอัลกอริทึม 22
ตารางที่ 3.2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม 26
ตารางที่ 3.3 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ 31
ตารางที่ 4.1 ช่วงเวลาการทำงานเวรละ 8 ชั่วโมง 43
ตารางที่ 4.2 ช่วงเวลาการทำงานเวรละ 10 ชั่วโมง 43
ตารางที่ 4.3 ช่วงเวลาการทำงานเวรละ 12 ชั่วโมง 44
ตารางที่ 5.1 ตารางเวรทำงานของพยาบาล 4 คนในช่วงเวลาทำงาน 12 เวร 61
ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูเล็ต 66
ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธี Tournament Selection 67
ตารางที่ 6.1 รายละเอียดและข้อกำหนดเบื้องต้นของปัญหาตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง 88
ตารางที่ 6.2 รายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา 97
ตารางที่ 6.3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 8 คน โดยใช้ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานเป็นค่าตอบสนอง 100
ตารางที่ 6.4 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 8 คน โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง 103
ตารางที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 8 คน โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานเป็นค่าตอบสนอง 105
ตารางที่ 6.6 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 8 คน โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง 107
ตารางที่ 6.7 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 12 คน โดยใช้ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานเป็นค่าตอบสนอง 110
ตารางที่ 6.8 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 12 คน โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง 114
ตารางที่ 6.9 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 12 คน โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานเป็นค่าตอบสนอง 116
ตารางที่ 6.10 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 12 คน โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง 118
ตารางที่ 6.11 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs 121
ตารางที่ 7.1 ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรพยาบาล 8 คน โดยวิธี GAs ที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย 125

ตารางที่ 7.2 ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรทำงานจริงของพยาบาล 8 คน ที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย 125
ตารางที่ 7.3 ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรพยาบาล 8 คน โดยวิธี GAs ที่วัตถุประสงค์ความคลาดเคลื่อนการกระจาย 127
ตารางที่ 7.4 ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรทำงานจริงของพยาบาล 8 คน ที่วัตถุประสงค์ความคลาดเคลื่อนการกระจาย 127
ตารางที่ 7.5 ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรพยาบาล 12 คน โดยวิธี GAs ที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย 139
ตารางที่ 7.6 ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรทำงานจริงของพยาบาล 12 คน ที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย 130
ตารางที่ 7.7 ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรพยาบาล 12 คน โดยวิธี GAs ที่วัตถุประสงค์ความคลาดเคลื่อนการกระจาย 131
ตารางที่ 7.8 ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรทำงานจริงของพยาบาล 12 คน ที่วัตถุประสงค์คลาดเคลื่อนการกระจาย 132

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการ (Staff Nurse Scheduling) เป็นปัญหาที่มีความสำคัญมากปัญหาหนึ่งสำหรับผู้บริหารโรงพยาบาล เนื่องจากหน้าที่หลักของโรงพยาบาลคือ การให้บริการทางด้านการดูแลรักษาผู้ป่วย ซึ่งถ้าการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการเป็นไปอย่างเหมาะสม ย่อมมีผลโดยตรงต่อคุณภาพในการดูแลรักษา แต่การจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการนั้น เป็นงานที่ยุ่งยากและใช้เวลามาก เนื่องจากบุคลากรพยาบาลเป็นกลุ่มบุคลากรที่มีจำนวนมากที่สุดในโรงพยาบาล และงานทางด้านการรักษาพยาบาลยังเป็นงานที่จำเป็นต้องมีพยาบาลประจำการขึ้นเวรประจำตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ดังนั้นพยาบาลประจำการจึงต้องทำงานหมุนเวียนกันไประหว่างเวรเช้า เวรบ่าย และเวรดึก ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น การขาดแคลนพยาบาลประจำการกระทันหันในหอผู้ป่วย ความไม่ยุติธรรมในการได้รับวันหยุด พยาบาลประจำการบางคนต้องทำงานติดต่อกันนานเกิน 8 ชั่วโมงต่อวัน พยาบาลประจำการบางคนได้รับเวรดึกมากไป เป็นต้น

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการ เนื่องมาจากข้อจำกัดและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของพยาบาลประจำการแต่ละคน ที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดตารางเวรการทำงานในแต่ละเดือน ทำให้ไม่สามารถที่จะจัดตารางเวรได้เสร็จสมบูรณ์ในแต่ละเดือน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการที่จะมาช่วยในการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการ เพื่อให้สามารถใช้พยาบาลประจำการที่มีอยู่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และมีการกระจายกำลังพยาบาลประจำการอย่างเหมาะสม

ลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ จะเป็นปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem) ที่เป็นปัญหาแบบ NP ซึ่งสามารถหาคำตอบจากปัญหาได้หลายคำตอบ คำตอบสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาล

ประจำการ ต้องใช้เวลาในการที่จะจัดพยาบาลเข้ากับเวรการทำงาน โดยให้เป็นไปตามเงื่อนไขและข้อกำหนดต่างๆ ของทางโรงพยาบาล รวมถึงความต้องการของพยาบาลประจำการแต่ละคน เพื่อให้ได้ตารางเวรการทำงานที่เหมาะสม มีการกระจายงานอย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าพยาบาลประจำการมีไม่มาก คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการจัดตารางเวรอาจทำได้ด้วยมือภายในเวลาไม่มากนัก แต่ในกรณีที่พยาบาลประจำการมีมาก คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการจัดตารางเวรอาจต้องใช้เวลาเป็นชั่วโมงในการที่จะจัดเวรการทำงานเข้ากับพยาบาลประจำการ เนื่องจากพยาบาลประจำการแต่ละคนมีความต้องการในเวรการทำงานไม่เหมือนกัน

เทคนิคที่ใช้สำหรับปัญหาการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการในปัจจุบัน คือ การแก้ปัญหาโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมากที่สุด แต่มีข้อเสียคือยากที่จะประยุกต์รวมเงื่อนไขต่างๆ มาเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ สำหรับเทคนิคอื่นที่ใช้กันนอกจากวิธีทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ วิธี Goal Programming และวิธีฮิวริสติก (Heuristic) ซึ่งในการแก้ปัญหาเพื่อที่จะได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุด หรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดนั้น จำเป็นต้องใช้ต้นทุนสูงในการหาคำตอบ

ในปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) ได้เข้ามามีบทบาท ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดตารางการทำงานทั้งในด้านงานอุตสาหกรรมและด้านงานบริการมากขึ้น สำหรับปัญหาการจัดตารางเวรพยาบาลประจำการก็ได้มีการนำ AI มาใช้ด้วยเช่นกัน เนื่องจากสามารถใช้จัดการกับปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนเป็นอย่างได้ดี จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms : GAs) เป็นวิธีการทาง AI อีกวิธีหนึ่ง ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดตารางการทำงานของพยาบาลประจำการได้เป็นอย่างดี ในการแก้ปัญหาการจัดเวรการทำงานให้เข้ากับพยาบาลประจำการที่มีอยู่ โดยให้มีการกระจายภาระงานไปยังพยาบาลประจำการแต่ละคนในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน และคำนึงถึงความพอใจของพยาบาลประจำการแต่ละคนที่ได้รับเวรการทำงานที่จัดขึ้นมาในแต่ละเดือน

เจนเนติกอัลกอริทึม (Holland, 1975) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือกสตริง (String) ที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่ม และนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกที่เลียนแบบกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ เพื่อหาสตริงที่มีความเหมาะสมในการอยู่รอดซึ่งสตริงที่มีความเหมาะสมนี้คือคำตอบที่ดีที่สุด หรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด

ปัจจุบันเริ่มมีการวิจัยและนำ GAs มาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรการทำงาน แต่โดยส่วนมากแล้ว งานวิจัยเหล่านี้มักพิจารณาถึงการจัดตาราง

เวรการทำงานที่ใช้ในงานทางด้านอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ส่วนในงานทางด้านการบริการนั้นยังไม่แพร่หลายมากนัก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอถึงการนำ GAs มาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการบริการ ในแง่การจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อนำเอาความรู้ทางด้านการจัดตารางเวลากิจกรรม และเจนเนติกอัลกอริทึม มาประยุกต์ใช้กับการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาเฉพาะการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการในหอผู้ป่วย 1 หอผู้ป่วย ที่มีบุคลากรพยาบาลประจำ ไม่ยุ่งเกี่ยวกับหอผู้ป่วยอื่นๆ

1.3.2 ศึกษาเฉพาะการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการในหอผู้ป่วย ที่ทำหน้าที่ดูแลผู้ป่วย โดยมีบุคลากรพยาบาล คือ

- พยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วย
- พยาบาลประจำการ

1.3.3 ศึกษาเฉพาะการจัดตารางเวรในหอผู้ป่วย ที่มีพยาบาลประจำการผลัดเปลี่ยนกันขึ้นเวรตลอดเวลา 24 ชั่วโมง และมีการแบ่งเวรทำงานออกเป็น 3 เวรในแต่ละวัน คือ เวรเช้า เวรบ่าย และเวรดึก โดยให้มีการระบุจำนวนพยาบาลประจำการที่มีอยู่ในหอผู้ป่วยมาอย่างแน่นอน

1.3.4 ข้อกำหนดของตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการ ที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยนี้

1) การจัดตารางเวรไม่ควรให้เวรทำงาน 2 เวรอยู่ภายในวันเดียวกัน หรือต่อเนื่องกัน เช่น เวรเช้าต่อเวรบ่าย เวรบ่ายต่อเวรดึก เวรดึกต่อเวรเช้า หรือเวรเช้าต่อเวรดึก ควรจัดตารางเวรให้เวรทำงานห่างกันอย่างน้อย 2 เวร
2) การจัดตารางเวรหากต้องมีเวรทำงานติดต่อกันหรือต่อเนื่องกัน ไม่ควรให้เกิดเวรต่อเนื่องกันเกิน 2 เวร (11 ชั่วโมง)

3) ในทุกวันจะต้องมีพยาบาลประจำการตามจำนวนที่กำหนดไว้ในแต่ละเวร ซึ่งพยาบาลประจำการจะสลับกันอยู่เวรทุกวัน โดยพยาบาลประจำการทุกคนจะต้องสลับกันอยู่เวรเช้า เวรบ่าย และเวรดึก ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง
4) ในแต่ละเวรทำงานจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้
5) ในแต่ละเวรทำงานจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้

1.3.5 ศึกษาโปรแกรม MATLAB ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการทำงานของพยาบาลประจำการเข้ากับเวรทำงาน

1.3.6 ทำการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการ เฉพาะที่เกิดขึ้นในหอผู้ป่วย 1 หอผู้ป่วย และมีการกำหนดจำนวนพยาบาลประจำการมาให้อย่างชัดเจน เพื่อที่จะกระจายการทำงานของพยาบาลประจำการให้มีภาระงานใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน โดยมีวัตถุประสงค์ในการจัดตารางเวรทำงาน ดังนี้

$$\text{Minimize } Z_1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\left|x_{ij} - \bar{x}\right| \qquad (1.1)$$

จากสมการ (1.1) เป็นการวิเคราะห์ทิศทางการกระจาย (Direction) ของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน (x_{ij}) ของพยาบาล ว่ามีทิศทางการกระจายไปในทิศทางใด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานโดยเฉลี่ย ($\bar{x}$) โดยพยายามทำให้ค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นเข้าใกล้ค่าศูนย์มากที่สุด หรือให้มีค่าน้อยที่สุด

$$\text{Minimize } Z_2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\left|x_{ij} - \bar{x}\right| + \sum_{l=1}^{q} w_l \delta_l \qquad (1.2)$$

จากสมการ (1.2) เป็นการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน (x_{ij}) ของพยาบาล ว่ามีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานโดยเฉลี่ย ($\bar{x}$) โดยพยายามทำให้ค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นเข้าใกล้ค่าศูนย์มากที่สุด หรือให้มีค่าน้อยที่สุด

โดยกำหนดให้

x_{ij}	คือ	ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่ j ของพยาบาลคนที่ i
$\bar{x}$	คือ	ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานโดยเฉลี่ย
n	คือ	จำนวนพยาบาลประจำการทั้งหมด
p	คือ	จำนวนช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานทั้งหมด

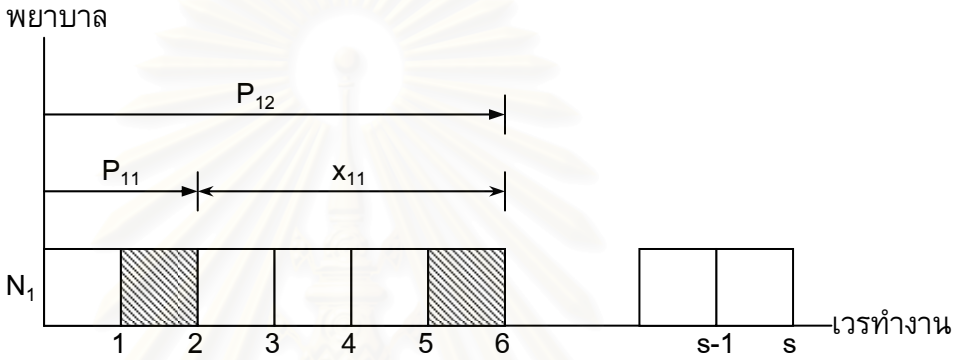
ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน (x_{ij})

$$x_{ij} = P_{i,j+1} - P_{ij} \qquad (1.3)$$

x_{ij} คือ ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่ j ของพยาบาลคนที่ i

Pij คือ ช่วงระยะของเวรทำงานที่ j เสร็จสิ้น

$P_{i,j+1}$ คือ ช่วงระยะของเวรทำงานที่ j+1 เสร็จสิ้น



รูปที่ 1. 1 *การหาค่าช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน*

จากรูปที่ 1.1 จะได้ค่า $P_{11} = 2$ และ $P_{12} = 6$ ดังนั้น ค่า $x_{11} = 4$ ช่วง

ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานโดยเฉลี่ย ($\bar{x}$)

$$\bar{x} = \frac{3d}{\overline{W}} \qquad (1.4)$$

$\bar{x}$ คือ ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานโดยเฉลี่ย

d คือ จำนวนวันทำงานทั้งหมด

3d คือ จำนวนเวรทำงานทั้งหมด

$\overline{W}$ คือ งานที่มอบหมายโดยเฉลี่ย

งานที่ได้รับมอบหมายโดยเฉลี่ย

$$\overline{W} = \frac{W}{n} \qquad (1.5)$$

W คือ งานที่มอบหมายทั้งหมด

n คือ จำนวนพยาบาลประจำการทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานที่ได้รับมอบหมายทั้งหมด

$W = 3dm$ (1.6)

d คือ จำนวนวันทำงานทั้งหมด

3d คือ จำนวนเวรทำงานทั้งหมด

m คือ จำนวนพยาบาลประจำการอย่างน้อยในแต่ละเวรทำงาน

ข้อกำหนดของการจัดตารางเวรที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยนี้

w_l คือ น้ำหนักของข้อกำหนดที่ *l*

δ_l คือ ข้อกำหนดที่ *l*

q คือ จำนวนข้อกำหนดทั้งหมด

1) ไม่ควรให้เวรทำงาน 2 เวรอยู่ภายในวันเดียวกันหรือต่อเนื่องกัน

$w_1 = 10$

$\delta_1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p} a_{ij}$

โดยที่ $a_{ij} = |x_{ij} - 3|$ เมื่อ $x_{ij} < 3$

$a_{ij} = 0$ เมื่อ $x_{ij} \geq 3$

เมื่อ $w_1\delta_1$ คือ เวรทำงานควรห่างกันอย่างน้อย 3 ช่วง

2) หากต้องมีเวรทำงานติดต่อกันหรือต่อเนื่องกัน ไม่ควรให้เกิดเวรต่อเนื่องกันเกิน 2 เวร

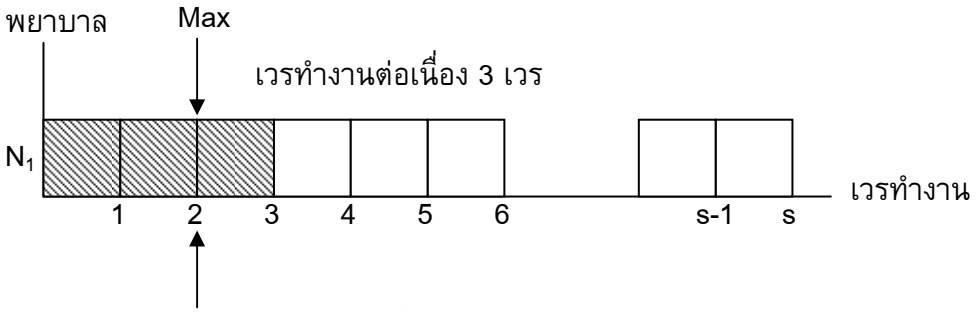
$w_2\delta_2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{g=1}^{r} 10^{(b_{ig}+1)}$ เมื่อ $b_{ig} \geq 3$

$w_2\delta_2 = 0$ เมื่อ $b_{ig} < 3$

เมื่อ $w_2\delta_2$ คือ เวรทำงานต่อเนื่องกันเกินกว่า 2 เวรทำงาน (ไม่น้อยกว่า 11 ชั่วโมง)

r คือ จำนวนช่วงที่เกิดเวรทำงานต่อเนื่อง

b_{ig} คือ จำนวนเวรทำงานต่อเนื่องที่เกิดขึ้นในช่วง g ของพยาบาลคนที่ i



รูปที่ 1. 2 *เวรทำงานต่อเนื่องกันเกินกว่า 2 เวร*

3) เวรทำงานจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่น้อยกว่าที่กำหนด

$$w_3\delta_3 = 10{,}000 \times \sum_{k=1}^{s}(m - c_k)$$

เมื่อ $w_3\delta_3$ คือ จำนวนพยาบาลประจำการไม่เพียงพอในแต่ละเวร

s คือ จำนวนเวรทำงานทั้งหมด (s=3d)

c_k คือ จำนวนพยาบาลในเวรทำงานที่ k

4) เวรทำงานจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่เกินกว่าที่กำหนด

$$w_4\delta_4 = 5{,}000 \times \sum_{k=1}^{s}(c_k - m)$$

เมื่อ $w_4\delta_4$ คือ จำนวนพยาบาลประจำการเกินในแต่ละเวร

s คือ จำนวนเวรทำงานทั้งหมด (s=3d)

c_k คือ จำนวนพยาบาลในเวรทำงานที่ k

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ลดความยุ่งยากและระยะเวลาในการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ

1.4.2 มีการพัฒนาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ ให้มีความสมดุลของภาระงานสำหรับพยาบาลประจำการแต่ละคน

1.4.3 มีการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ

1.5 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย

1.5.1 ศึกษาทฤษฎีและเก็บข้อมูลการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ

1.5.2 ศึกษาทฤษฎี Genetic Algorithms (GAs)

1.5.3 ศึกษาโปรแกรม MATLAB

1.5.4 นำเอาความรู้ที่ได้จากข้อ 1.5.2 และข้อ 1.5.3 มาประยุกต์ใช้กับข้อ 1.5.1 เพื่อนำมาสร้าง Algorithms และเขียนโปรแกรมการจัดตารางเวร

1.5.5 ทดสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้นและประเมินผลการแก้ปัญหา

1.5.6 สรุปผลและวิเคราะห์

1.5.7 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 สรุปเนื้อหางานวิจัย

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาต่างๆ และ งานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมต่างๆ

บทที่ 3 ทฤษฎีเกี่ยวกับเจนเนติกอัลกอริทึม ทั้งในส่วนของทฤษฎีเบื้องต้นซึ่งเป็นพื้นฐานในนำ GAs ไปสู่การแก้ปัญหา Optimization และทฤษฎีของการพัฒนา GAs เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ ตลอดจนถึงทฤษฎีของโอเปอร์เรเตอร์แบบต่างๆ ของ GAs และตัวอย่างการคำนวณ GAs อย่างง่าย

บทที่ 4 ปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ กล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการจัดตารางเวร อันได้แก่ ทฤษฎีการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ ลักษณะการจัดเวลาทำงานของพยาบาลประจำการ รูปแบบของการจัดตารางเวร การประเมินผลตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ ขั้นตอนในการประเมินผลการจัดตารางเวรทำงาน และข้อมูลที่ต้องการสำหรับการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ

บทที่ 5 เจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ กล่าวถึงวิธีการอย่างละเอียดของ GAs ที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจะกระจายการทำงานของพยาบาลประจำการให้มีภาระงานใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน ซึ่งวัตถุประสงค์ที่ใช้จะมี 2 วัตถุประสงค์ ได้แก่ ทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ และค่า

ความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ รวมทั้งในบทนี้ยังกล่าวถึงโอเปอร์เรเตอร์ต่างๆ ที่ใช้และวิธีการของโอเปอร์เรเตอร์นั้นๆ พร้อมทั้งแสดงขั้นตอนของการคำนวณอย่างละเอียด เพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

บทที่ 6 การทดสอบพารามิเตอร์ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ GAs กล่าวถึงการทดลองตามหลักการของ Experimental Design แล้วทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้การวิเคราะห์ ANOVA และการวิเคราะห์ Tukey Simultaneous Tests เพื่อดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดมีผลต่อวิธีการของ GAs ที่ใช้ และทำการหาว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมควรเป็นเท่าใด ทั้งนี้เพื่อเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ GAs ที่เสนอ

บทที่ 7 การเปรียบเทียบคำตอบจาก GAs กับตารางเวรทำงานจริงของพยาบาลประจำการ ซึ่งจะเป็นการนำพารามิเตอร์ที่ได้มาทดลองหาคำตอบของปัญหาตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจัดตารางเวรทำงานจริง เพื่อดูว่าวิธีใดมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน

บทที่ 8 สรุปและข้อเสนอแนะ กล่าวถึงงานวิจัยทั้งหมดนี้โดยสรุป และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเวรพยาบาล 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจนเนติกอัล กอริทึมมาใช้กับปัญหาต่างๆ อันได้แก่ ปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem) และปัญหาการจัดตารางงาน (Scheduling Problem) และ 3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคและวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเวรพยาบาล

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเวรพยาบาล โดยนำเอาวิธีการแก้ปัญหา Optimization แบบต่างๆ เช่น วิธีฮิวริสติก วิธีการทางคณิตศาสตร์ และวิธีอื่นๆ ที่ไม่ใช่วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาการจัดตารางเวรพยาบาล ดังนี้

Sandra (2000) ได้นำเอาระบบการจัดตารางเวรโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในขั้นตอนของการจัดตารางเวร เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลที่ทำด้วยมือในโรงพยาบาลขนาด 165 เตียง ของหอผู้ป่วย 6 หอ ซึ่งใช้พยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วยจำนวน 6 คนในการดูแล โดยพยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วยแต่ละคนจะใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมงในการจัดตารางเวร 6 สัปดาห์ และใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 1.25 ชั่วโมงของทุก ๆ วันในการปรับเปลี่ยนตาราง จากผลการวิจัยโดยนำวิธีการ Lippitt ซึ่งช่วยในการเปลี่ยนแปลงตารางเวรทั้งในกรณีที่ได้มีการวางแผนการจัดตารางเวรไว้และไม่ได้มีการวางแผนไว้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำการลดจำนวนชั่วโมงของพยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วยให้น้อยลง อันจะทำให้สามารถคำนวณหางบประมาณที่ใช้ในการดูแลผู้ป่วยในแต่ละหอผู้ป่วยได้ รวมทั้งช่วยลดการขาดบุคลากรในแต่ละช่วงเวรทำงาน

Slim & Hans (1999) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการจัดตารางเวรพยาบาลที่ประกอบไปด้วย เวรการทำงานที่ได้รับมอบหมายให้แก่พยาบาลแต่ละคนในแต่ละวันของช่วงเวลาที่มีการกำหนดมาอย่างแน่นอน ปัญหาที่มีอยู่จะเป็นการมอบหมายงานจำนวน 600 – 800 งาน ซึ่งต้องจัดให้ได้ตามความต้องการต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น การจัดคนให้น้อยที่สุดในแต่ละสถานี กฎข้อบังคับต่างๆ ที่กำหนดไว้ และความต้องการของแต่ละบุคคล การวางแผนการจัดตารางเวรนี้เป็นงานที่ยากและต้องใช้เวลามาก ซึ่งยังคงทำกันด้วยมืออยู่ การนำ INTERDIP ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการจัดตารางเวรแบบกึ่งอัตโนมัติ โดย INTERDIP จะสร้างรายชื่อบุคคลได้ภายในไม่กี่นาที แทนการทำด้วยมือที่ต้องใช้เวลางาน ด้วยการใช้วิธีทางปัญญาประดิษฐ์ (AI) เงื่อนไขของข้อกำหนด และการโปรแกรมปัญหา

Stefan (1999) ได้นำเอา Constraint-Based Programming มาใช้กับปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาล โดยการจัดตารางเวรจะมีการตรวจสอบการเข้าเวรแบบวันต่อวันของพยาบาลแต่ละคน ที่ทำการจัดขึ้นมาตามความพึงพอใจของความต้องการที่มีอยู่ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ซึ่งจะนำเอาความต้องการของพยาบาลแต่ละคนมาพิจารณาให้ใกล้เคียงมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ โดยบทความนี้ได้แสดงถึงวิธีการทาง AI ที่ยึดหลักของเงื่อนไขเป็นเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายถึงการทำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาจากภาษา Charme และผลที่ได้ขึ้นมาในครั้งแรกได้นำไปใช้ในโรงพยาบาล Rouen University โปรแกรม Horoplan จะนำมาใช้ทำการจัดตารางเวรพยาบาลแบบ Non-Cyclical Constraint-Based โดยใช้ Heuristic บางวิธีมาวิเคราะห์ทำการกำหนดเงื่อนไข 4 ระดับที่จะนำมาทำให้มีความคล่องตัวมากที่สุด ได้แก่

- ระดับ French เช่น จำนวนชั่วโมงการทำงานในแต่ละปี
- ระดับ Hospital เช่น วันหยุดเฉพาะ
- ระดับ Department เช่น เวรการทำงานเฉพาะ
- ระดับ Care Unit เช่น ตารางเฉพาะสำหรับวันหยุด

เงื่อนไขบางประการจะต้องคงอยู่เสมอ และไม่สามารถที่จะออกนอกข้อกำหนดนั้นได้ ในขณะที่เงื่อนไขบางประการนั้นสามารถออกนอกข้อกำหนดด้วยต้นทุนที่คงเดิม การจัดตารางเวรขึ้นใหม่สามารถทำได้ตลอดเวลา โดยเฉพาะในกรณีการขาดแคลนพยาบาล

Warner (1976) ได้นำเอาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดตารางเวรพยาบาล โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) มาช่วยในการแก้ปัญหาการจัดตารางเวร ซึ่งการตัดสินใจจะยึดหลักของเกณฑ์ข้อกำหนดต่างๆ ที่ส่งผลต่อพยาบาลและนโยบายของทางโรงพยาบาลเป็นสำคัญ ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้พยาบาลแต่ละในสามารถระบุความต้องการ เช่น วันหยุด เวรที่จะเข้าทำงาน การเปลี่ยนเวรทำงาน และช่วงเวร

ทำงานได้ โดยตารางเวรที่ได้จะตอบสนองความต้องการของพยาบาลให้มากเท่าที่เป็นไปได้ อย่างไม่ขัดต่อนโยบายของทางโรงพยาบาล ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลัก 4 ข้อสำคัญ ได้แก่

- จำนวนพยาบาลที่น้อยที่สุดที่จำเป็นในแต่ละช่วงเวรทำงานของแต่ละวัน
- ช่วงเวลาทำงานเกิน (Overtime) ที่น้อยที่สุด
- ประสิทธิภาพในการดูแลผู้ป่วยและขวัญกำลังใจ
- การลดการเปลี่ยนเวรและการขาดงาน

ในงานวิจัยได้เสนอว่าความต้องการและความรู้สึกของทั้งพยาบาลและโรงพยาบาลมีความสำคัญ จึงได้นำมาพิจารนาก่อนการจัดตาราง ทำให้เกิดความพึงพอใจแก่ทั้งทางโรงพยาบาลและพยาบาล อีกทั้งยังส่งผลให้เกิดความคล่องตัวในกรณีที่ต้องการแลกเวร

จรรยา ประดิษฐ์วงศ์สิน (2527) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการนำเอาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลสำหรับโรงพยาบาลทั่วไป ที่มีจำนวนเตียงตั้งแต่ 300 เตียงขึ้นไป โดยได้ทำการศึกษารายละเอียดของการจัดบุคลากรในโรงพยาบาล และการจัดเวรปฏิบัติงานของพยาบาล จากนั้นได้ทำการออกแบบระบบงานคอมพิวเตอร์ในการจัดเวรปฏิบัติงาน ซึ่งนำเอาโปรแกรมสำเร็จรูปยูติลิตีของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาโดยใช่ภาษาโคบอลรวมทั้งหมด 12 โปรแกรม ซึ่งใช้กับโรงพยาบาลที่มีฝ่ายการพยาบาลไม่เกิน 20 ฝ่าย หอผู้ป่วยไม่เกิน 50 หอ และจำนวนผู้ป่วยในหอผู้ป่วยไม่เกิน 20 คน เพื่อช่วยให้เกิดความคล่องตัวในการทำงาน โดยที่ฝ่ายดำเนินการจัดตารางเวรจะประหยัดเวลาในการจัดตาราง เนื่องจากมีการเก็บข้อมูลที่ช่วยในการจัดตาราง เพื่อให้มีการกระจายกำลังไปตามความต้องการของแต่ละหอผู้ป่วย และเพื่อขจัดปัญหาการใช้กำลังคนเกินกว่าปริมาณที่ต้องการและในลักษณะเดียวกันก็จะเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดกรณีคนน้อยกว่างาน ซึ่งพยาบาลแต่ละคนจะได้รับความยุติธรรมตามสิทธิที่ควรจะได้รับจากข้อมูลที่เกิดขึ้นตลอดปี เนื่องจากจะมีการบันทึกไว้อย่างถูกต้องในฐานข้อมูลของตัวโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมา

เถลิงศรี ศรทรง (2525) ได้ทำการศึกษาการจัดอัตรากำลังบุคลากรพยาบาลในแต่ละเวรของหน่วยผู้ป่วยอายุรศาสตร์ จำนวน 6 หอผู้ป่วย ขนาด 270 เตียง โดยใช้ความต้องการการพยาบาลเป็นพื้นฐาน พร้อมทั้งเปรียบเทียบเวลาของกิจกรรมการพยาบาลทั้งหมด และกิจกรรมพยาบาลโดยตรงที่ผู้ป่วยแต่ละประเภทได้รับจากพยาบาล เพื่อศึกษาความต้องการการพยาบาลของผู้ป่วยแต่ละประเภท พบว่าในผู้ป่วยแต่ละประเภทมีความต้องการการพยาบาลต่างกัน ซึ่งได้ผลดังนี้คือ จำนวนบุคลากรพยาบาลในแต่ละวันมีจำนวนทั้งหมด 121 คน แบ่งเป็นเวรเช้า 60 คน เวรบ่าย 34 คน และเวรดึก 27 คน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาต่าง ๆ

เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา Optimization Problem แบบต่างๆ โดยเนื้อหาในงานวิจัยที่นำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาต่างๆ จะเป็นการพัฒนาวิธีการของ GAs เพื่อใช้กับปัญหาเฉพาะอย่างเท่านั้น ได้แก่ ปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem) และปัญหาการจัดตารางงาน (Scheduling Problem)

2.2.1 งานวิจัยที่นำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาการมอบหมายงาน

Suebsak & Tarathorn (2000) ได้นำเอาวิธีการ GAs ไปใช้ในการจัดคนงานเข้าทำงานกับเครื่องจักร โดยปัญหาที่เกิดขึ้นมีสาเหตุอันเนื่องมาจากความดังของเสียงของเครื่องจักร ซึ่งในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการ Optimal การมอบหมายงานประจำวันให้แก่คนงานที่ต้องปฏิบัติงานเป็นประจำ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่คนงานมากที่สุด

Chu & Beasley (1996) ทำการวิจัยถึงการนำเอา Genetic Algorithms (GAs) ที่ใช้รูปแบบของ Heuristic ในการค้นหาคำตอบของปัญหาการมอบหมายงานทั่วๆ ไป (Generalized Assignment Problem) อันเป็นปัญหาในงานทางด้าน Operation Research ซึ่งปัญหาการมอบหมายงานในบทความนี้จะเป็นปัญหาการหาต้นทุนที่ต่ำที่สุด ในการมอบหมายงาน n งาน ไปยังผู้ปฏิบัติงาน m คน โดยงานแต่ละงานจะถูกมอบหมายไปยังผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนอย่างชัดเจน แต่ก็จะขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ปฏิบัติงานคนนั้นด้วย วิธีการ GA ที่ใช้จะเป็นแบบ GA Heuristic ที่จะรวมเอาโครงสร้างของคำตอบที่ได้มาจากการแก้ปัญหาเฉพาะ ฟังก์ชันการประเมินเป็นคู่แบบ Fitness-Unfitness และวิธีการปรับปรุงเฉพาะจุด ซึ่งในบทความนี้อัลกอริทึมที่ใช้จะนำมาประเมินผลปัญหาทดสอบมาตรฐาน 84 ปัญหา ซึ่งมีขนาดตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจที่มีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 75 – 4,000 ตัวแปร โดยแสดงให้เห็นว่า GA Heuristic เป็นวิธีการที่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด หรือเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งจะให้ค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่า 0.01% จากคำตอบที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุด อีกทั้งยังใช้ต้นทุนไม่มากในการหาคำตอบที่ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ Heuristic Algorithm แบบอื่นๆ ที่มีอยู่

Tate & Smith (1995) ได้ทำการประยุกต์ใช้ GAs ในการแก้ปัญหาที่อยู่ในรูปของ QAP (Quadratic Assignment Problem) โดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีการ

เข้ารหัสแบบตัวอักษร (Character) และทำการเปรียบเทียบคำตอบที่แก้ปัญหาด้วย GAs กับฮิวริสติกพบว่า GAs สามารถหาคำตอบได้ดีกว่าฮิวริสติก

Levitin & Rubinovitz (1993) ได้นำ GAs ไปใช้ในการแก้ปัญหา CAP (Cyclic Assignment Problem) และปัญหา LAP (Linear Assignment Problem) ซึ่งปัญหา CAP เป็นปัญหาการเรียงลำดับของ n เป็นเส้นตรงใน p ตำแหน่ง และปัญหา LAP คือ ปัญหาการเรียงลำดับของ n เป็นเส้นตรงใน p ตำแหน่งแบบลูปปิด โดยที่ $n < p$ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการจัด Tool Magazine ในเครื่องจักร CNC และใช้ GAs ร่วมกับวิธีการฮิวริสติกเพื่อลดเวลาในการคำนวณหาคำตอบ

2.2.2 งานวิจัยที่นำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาการจัดตารางงาน

Tadahiko, Hisao & Hideo (1996) แสดงให้เห็นถึง Multi-Objective Genetic Algorithm ที่นำมาประยุกต์ใช้กับการจัดตารางงานแบบ Flowshop โดยรูปแบบของอัลกอริทึมนี้จะมีลักษณะเป็นวิธีการในการเลือก และการวางแผนในเชิงป้องกัน ซึ่งวิธีการเลือกที่ใช้ใน Multi-Objective Genetic Algorithmนี้ จะเลือกลักษณะเฉพาะแต่ละอย่างในการทำ Crossover โดยยึดหลักผลรวมของการถ่วงน้ำหนักในวิธีการ Multiple Objective กับ การถ่วงน้ำหนักของตัวแปร ส่วนอัลกอริทึมในการวางแผนในเชิงป้องกันจะใช้กับคำตอบที่ผ่านการคัดเลือกมาจากหลายๆ คำตอบ แทนการเลือกจากคำตอบเพียงคำตอบเดียว ซึ่งจำนวนต่างๆ ที่ได้มานั้น จะเลือกมาจากชุดทดสอบที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดของ Pareto และมีสืบทอดไปสู่รุ่นใหม่ๆ ต่อไป เป็นลักษณะเฉพาะที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว ในบทความนี้จะแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่ใช้สามารถใช้ได้กับปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ กับ Concave Pareto Front ซึ่ง Genetic Algorithm ที่นำมาใช้จะประยุกต์ใช้กับปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุดที่มี 2 วัตถุประสงค์ และมี 1 Concave Pareto Front จากนั้นจะแสดงถึงการตรวจสอบ Multi-Objective Genetic Algorithm โดยจะนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดตารางงานแบบ Flowshop ที่มี 2 วัตถุประสงค์ คือ Min. Makespan และ Min. Total Tardiness อีกทั้งยังได้มีการประยุกต์อัลกอริทึมเพื่อใช้กับปัญหาการจัดตารางงานแบบ Flowshop ที่มี 3 วัตถุประสงค์ คือ Min. Makespan Min. Total Tardiness และ Min. Total Flowtime อีกด้วย

Gilkinson, Rabelo & Bush (1995) นำเอา GAs มาใช้ในปัญหาการจัดตารางงานแบบ Job Shop ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความเร็วในการตอบสนอง การเปลี่ยนแปลง และประสิทธิผลในการคำนวณของ GAs ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้

หลักวิธีการเลือกและเปลี่ยนแปลงในระบบชีววิทยาของ Darwinian ซึ่งจะใช้ GAs ในการจัดตารางงานแบบ Job Shop ดังนี้

- Blind Symbolic Operator
- Binary Encoding
- Knowledge-Based/Heuristic Operators
- Messy Genetic Algorithms (MGAs)

Hytug และคณะ (1994) ศึกษาถึงการทำ Dynamic Scheduling โดยอาศัยแบบจำลองและสร้าง Intelligent Object ที่สามารถตัดสินใจเองได้โดยการเรียนรู้จากการทำงานของแบบจำลองเอง ซึ่งวิธีการเรียนรู้ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ GAs

กรรณิกา ศิลานนท์ (2000) ได้นำเอา GAs มาใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลของสายงานประกอบ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะให้เกิดความแปรปรวนของภาระงานน้อยที่สุด ซึ่งคำตอบที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับการหาคำตอบด้วยวิธี COMSOAL

ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ (1998) ได้นำ GAS มาผสมผสานกับวิธีฮิวริสติก ไปใช้ในการแก้ปัญหาการวางผังโรงงาน โดยจัดสรรแผนกงานต่างๆ จำนวน n บล็อก ลงในพื้นที่ *m* บล็อก ($n \leq m$) โดยแผนกงานต่างๆมีขนาดเท่ากันคือ 1 หน่วย และได้มีการหาผลกระทบของพารามิเตอร์ต่างๆต่อผลลัพธ์ที่ได้จาก GAS ทั้งความเหมาะสมของคำตอบและระยะเวลาในการหาคำตอบ

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคและวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาเทคนิค วิธีการใหม่ๆ ของเจนเนติกอัลกอริทึม งานวิจัยในกลุ่มนี้ ส่วนมากเป็นงานวิจัยเชิงทฤษฎี มีเป้าหมายของงานวิจัยอยู่ที่การพัฒนาวิธีการซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาหลายๆ ปัญหามากกว่าการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาใดปัญหาหนึ่ง

Christopher, Jeffery & Michael ได้นำเอาโปรแกรม MATLAB มาประยุกต์ใช้กับวิธีการทาง GAs เนื่องจากในโปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันช่วยเหลือมากมายสำหรับปัญหา Optimization ซึ่งสะดวกในการเรียกใช้ และมีประสิทธิภาพในการคำนวณค่ามากๆ ได้ดี โดย

เครื่องช่วยทาง GAs นี้ได้ทำการพัฒนาขึ้นมาโดยทดสอบกับปัญหาทางด้าน Optimization ต่างๆ เช่น ปัญหาอนุกรม Non-Linear ปัญหา Non-Convex ปัญหา Multi-Model เป็นต้น

Kubota และคณะ (1996) ได้เสนอวิธีการของไวรัส (Virus-evolutionary Genetic Algorithm) หรือ VEGA โดยใช้หลักการของการเจริญเติบโตของไวรัส VEGA ประกอบด้วยประชากรสองส่วน ส่วนแรกคือประชากรสตริงคำตอบ ส่วนที่สองคือประชากรสตริงไวรัสซึ่งพร้อมที่จะแก้ไขประชากรคำตอบ และมีโอเปอร์เรเตอร์ใหม่สองอย่างคือ โอเปอร์เรเตอร์ Reverse Transcription ซึ่งทำให้ประชากรสตริงไวรัสแก้ไขคำตอบของสตริงคำตอบ และโอเปอร์เรเตอร์ Transduct ทำหน้าที่สร้างไวรัสใหม่จากสตริงคำตอบ ผู้วิจัยได้นำไปประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหา Travelling Saleman Problems และนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดวาง Pallet ในสายการผลิต

Croce และคณะ (1995) กล่าวถึงการเข้ารหัส Preference Rule และทำการปรับปรุง GAs เพื่อให้สามารถทำงานได้เร็วยิ่งขึ้น แล้วทำการเปรียบเทียบคำตอบกับวิธีการฮิวริสติก ซึ่งพบว่า GAs สามารถหาคำตอบได้ดีกว่า

Poon & Canter (1995) ผู้วิจัยได้สร้างการครอสโอเวอร์แบบ Tie-Breaking Crossover # 1 แบบ Tie-Breaking Crossover # 2 และแบบ Union Crossover และได้นำคำตอบไปเปรียบเทียบกับการครอสโอเวอร์แบบเดิมพบว่าสามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าการครอสโอเวอร์แบบเดิม

Horn, J., Nafpliotis N. and Goldberg, D.E., (1994) งานวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมเพื่อใช้แก้ปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ วิธีที่นำเสนอคือวิธี Niched Pareto GAs ซึ่งวิธีนี้จะใช้หาคำตอบที่ดีที่สุดหลายตัวที่ไม่สามารถข่มกันได้ (Non-dominate Pareto Solution) แล้วค่อยเลือกคำตอบที่ดีจากกลุ่มคำตอบเหล่านี้อีกครั้ง วิธีนี้จะนำไปใช้ในขั้นตอนการคัดเลือกสตริงที่เหมาะสม ซึ่งจะมีวิธีการคล้ายกับวิธีการคัดเลือกแบบ Tournament Selection แต่ในการเปรียบเทียบจะดูว่าสตริงหนึ่งสามารถข่มอีกสตริงหนึ่งได้หรือไม่แทนการพิจารณาจากค่าความเหมาะสมโดยตรง และผลที่ได้จากงานวิจัยถูกนำไปเปรียบเทียบกับวิธี MAUA และยังได้นำเอาวิธีการที่เสนอไปทดลองใช้กับปัญหา 2 ปัญหา งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเจนเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ที่มีความก้าวหน้ามาก

Fonseca C.M & Fleming P.J (1993) ได้เสนอวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมที่ใช้กับปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธี Rank-based Fitness Assignment Method ซึ่ง

พัฒนามาจากวิธี Niche Formation Method จากนั้นก็ได้พัฒนาวิธีการเพื่อให้ผู้ตัดสินใจสามารถเข้าร่วมในกระบวนการเพื่อให้ได้คำตอบที่เป็นที่น่าพอใจ

Ting K. & Shu-Yuen H. (1993) ได้เสนอวิธีการเลือก (Selection) แบบใหม่ คือ Disruptive Selection ซึ่งจะแตกต่างจากวิธีการเลือกที่มีอยู่ เนื่องจากวิธีการเลือกแบบ Disruptive มีแนวโน้มที่จะคัดเลือกเอาค่าที่เหมาะสมออก แล้วเก็บค่าของคำตอบที่ไม่ดีไว้ เพราะว่าคำตอบที่ไม่ดีนั้นอาจนำมาซึ่งคำตอบที่ดีได้ วิธีการเลือกวิธีนี้จะนำเอาฟังก์ชัน Nonmonotonic Fitness มาประยุกต์ใช้ โดยจะมีความแตกต่างจากฟังก์ชัน Monotonic Fitness แบบดั้งเดิมมาก จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า GAs ที่ใช้วิธีการเลือกแบบ Disruptive นี้ สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้อย่างง่าย และมีค่าเข้าใกล้คำตอบที่เหมาะสมมาก

David M.T. & Alice E.S. (1993) ได้เสนอว่าการเลือกค่า Mutation ที่นำมาใช้กับ GAs นั้นขึ้นอยู่กับการเข้ารหัส (Encoding) ของแต่ละปัญหา โดยปัญหาที่เข้ารหัสแบบ Non-Binary จะต้องการค่า Mutation ที่สูงกว่าปัญหาที่เข้ารหัสแบบ Binary จากการทดลองกับค่า Expected Coverage ของประชากรจำนวนหนึ่ง พบว่าค่า Expected Coverage ที่มาจากการสุ่มประชากรโดยการเข้ารหัสแบบ Binary ที่มีค่าสูง จะให้ค่า Mutation ต่ำ ซึ่งจะมีประสิทธิภาพมากสำหรับปัญหาที่เข้ารหัสแบบ Binary ดังนั้นการเข้ารหัสยิ่งมีความซับซ้อนจะยิ่งให้ค่า Expected Coverage ที่ต่ำ จากผลที่ได้นี้ได้นำมาปรับเปลี่ยนให้เข้ากับประชากรเริ่มต้นที่ไม่ได้ผ่านการสุ่ม โดยกำหนดให้เลือกค่า Coverage ที่ต่ำและใช้ค่า Mutation ที่สูง เพื่อให้ได้วิธี Mutation ที่ดี

David (1989) กล่าวว่าการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับ GAs เป็นสิ่งที่ไม่ง่ายนัก การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ผิดพลาดอาจทำให้สมรรถนะในการหาคำตอบของ GAs ล้มเหลวได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอเทคนิคในการกำหนดค่าความน่าจะเป็นของการ ครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นโดยสังเกตุสมรรถนะในขณะที่ GAs ทำงานและได้อธิบายถึงรายละเอียดในการใช้งานวิธีการทดลองและสมรรถนะของเทคนิคใหม่ และการนำเทคนิคนี้ไปใช้งานจริงอีกด้วย

Grefenstette (1989) ได้จัดระดับของการทำ Optimization กับระบบงานที่ซับซ้อนออกเป็นสองระดับ ระดับแรกเป็นระดับของอัลกอริทึมในการทำ Optimization ซึ่งผู้วิจัยได้เลือก GAs ในการนำมาใช้งาน ระดับที่สองเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆสำหรับวิธีการที่เลือกในการทำ Optimization เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยได้นำ GAs ไปประยุกต์ใช้ในการทำ Optimization ทั้งสองระดับ

Bramlette (1989) ได้นำเอา GAs ไปใช้ในการปรับปรุงสมรรถนะของตัวมันเองในการทำ Optimization ของฟังก์ชั่น โดยใช้ GAs ในการหาค่าพารามิเตอร์ของ จำนวนประชากรเริ่มต้น การมิวเตชั่น การคัดเลือก เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ให้กับ GAs ชุดอื่นเพื่อหาคำตอบ และสามารถช่วยปรับปรุงสมรรถนะในการหาคำตอบได้

Schaffer & Eshelman (1989) ได้กล่าวว่า GAs ที่ประกอบด้วยการรีโปรดักชั่นและการครอสโอเวอร์ทำให้การค้นหาของ GAs มีประสิทธิภาพ จากการทดลองพบว่าการครอสโอเวอร์ด้วยค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์มากๆ ทำให้ได้ผลดีกว่าการครอสโอเวอร์ด้วยค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์น้อยๆ และการ ครอสโอเวอร์กับสตริงที่มีลักษณะเหมือนกันก็ไม่ได้เกิดผลอันใด แต่ในบางครั้งการมิวเตชั่นอย่างเดียวอาจทำให้ได้ค่าคำตอบที่ดีกว่าการครอสโอเวอร์ และผู้วิจัยได้ทำการหาข้อสนับสนุนที่ว่าการครอสโอเวอร์สามารถหาคำตอบได้รวดเร็วกว่าการมิวเตชั่น

Michalewicz & Janikow (1989) ได้ใช้ GAs ในการแก้ปัญหา Optimization กับสมการที่ไม่มีวิธีการที่แน่ชัดในการหาคำตอบ โดยใช้ GENOCOP (Genetic Algorithm for Numerical Optimization for Constrained Problems) จากการทดลองพบว่าระบบนี้ไม่เพียงแต่ใช้ได้กับสมการข้อกำหนดแบบเชิงเส้นแต่ยังสามารถลดขอบเขตการค้นหาได้อีกด้วย และจากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าคำตอบที่ได้ดีกว่าวิธีการทางฮิวริสติก

Starkweather และคณะ ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่าง Operator 6 ตัวที่ใช้ในวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม คือ

- Enhanced Edge Recombination
- Order Crossover
- Order Crossover#2
- Partially Mapped Crossover
- Cycle Crossover
- Position Based Crossover

โดยนำไปทดลองกับปัญหา Blind Traveling Saleman 30 เมือง และปัญหาการจัดคลังสินค้า ผลการวิจัยสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของตัว Operator ที่ใช้ในแต่ละปัญหาจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติและรูปแบบของปัญหานั้นๆ โดยตรง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Coello & Christiansen ได้รวบรวมเทคนิคที่ใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ที่มีอยู่โดยส่วนมากจะใช้เจนเนติกอัลกอริทึมเป็นพื้นฐาน เทคนิคเหล่านี้จะใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมในขั้นตอนของการคัดเลือกคำตอบ โดยแบ่งเทคนิคต่างๆ นี้ออกเป็น 3 แบบ คือ

- การใช้ฟังก์ชั่นการรวมค่า (Aggregating Function) ซึ่งเป็นการเอาวัตถุประสงค์ต่างๆ มารวมกันให้เป็นฟังก์ชั่นเดียว
- วิธี Non-Pareto เป็นวิธีอื่นๆ ที่ไม่ได้ใช้หลักการของ Pareto Optimum Solution และ
- วิธี Pareto-based Approach

นอกจากนี้ยังได้เสนอเทคนิคการคัดเลือกแบบใหม่ที่อาศัย Min-Max Strategy เป็นพื้นฐาน 2 วิธี คือการคัดเลือกโดยใช้ Weighted Min-Max Strategy และวิธี Min-Max Strategy with Sharing ซึ่งวิธีการที่เสนอขึ้นมานี้ได้ถูกนำไปทดลองใช้กับตัวอย่างปัญหาการออกแบบทางวิศวกรรมแล้วนำไปเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ ผลปรากฏทั้งสองวิธีสามารถให้คำตอบที่มีค่า trade-off ของวัตถุประสงค์ทั้งหมดที่ดีกว่าวิธีอื่นๆ

2.4 สรุปงานวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการจัดตารางเวรพยาบาล จะเป็นปัญหาแบบ NP ซึ่งสามารถหาคำตอบได้หลายวิธีการ ได้แก่ วิธีการทางฮิวริสติก วิธีการทางคณิตศาสตร์ วิธีการทางด้าน AI และ วิธีการอื่นๆ

การแก้ปัญหาการจัดตารางเวรพยาบาลที่ใช้มีหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นวิธีการทางฮิวริสติก วิธีการทางคณิตศาสตร์ หรือวิธีการอื่นๆ ซึ่งแต่ละวิธีก็มีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันออกไป ส่วนวิธีการทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้จะเน้นถึง GAs

งานวิจัยทางด้าน GAs แบ่งออกได้หลายส่วน แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาที่เป็นแบบ Optimization สำหรับในการแก้ปัญหาประเภท NP-Hard ซึ่งปัญหาประเภทนี้ ได้แก่ ปัญหา Traveling Salesman ปัญหาการมอบหมายงาน หรือปัญหาการจัดตารางงาน เป็นต้น แต่ทว่าปัญหาแบบ NP-Hard ที่จะนำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้จะเน้นถึงปัญหาการมอบหมายงานและปัญหาการจัดตารางงานเป็นสำคัญ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งจะนำมาช่วยในปรับปรุงสมรรถนะในการหาคำตอบของ GAs

บทที่ 3

ทฤษฎีเกี่ยวกับเจนเนติกอัลกอริทึม

เนื้อหาในบทนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ โดยในส่วนแรกกล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นของเจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs) และตัวอย่างการคำนวณหาค่าคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการนำเจนเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการทำ Optimization แบบต่างๆ สำหรับในส่วนที่สองจะกล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวกับเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Genetic Algorithms: MOGA)

3.1 เจนเนติกอัลกอริทึม

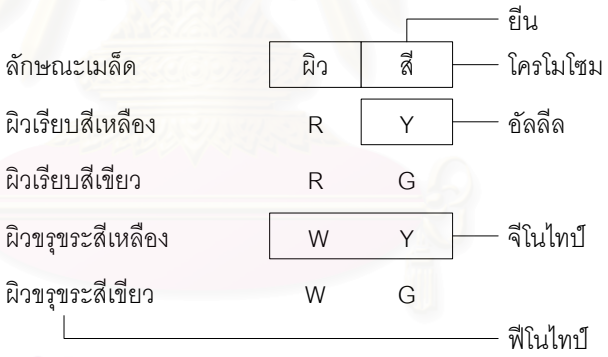
ในปัจจุบันการหาคำตอบของปัญหาบางประเภท เช่น ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและปัญหาในการคำนวณต้นทุนต่ำสุด เป็นต้น สามารถหาคำตอบได้หลายวิธี วิธีการที่ง่ายที่สุดในการหาคำตอบคือวิธีการทางฮิวริสติกต่างๆ ซึ่งอาจได้คำตอบที่ไม่ดีนัก ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้นำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีหรือกฎเกณฑ์ทางธรรมชาติมาช่วยในการหาคำตอบหรือศึกษาวิจัย โดยมีเป้าหมายหลักในการใช้ประโยชน์ของความคงทน (Robustness) ต่อความไม่เที่ยงตรงแม่นยำ (Accuracy) ความไม่แน่นอน (Uncertainty) หรือความคลุมเครือของปัญหา (Vague) หลักการเหล่านี้สามารถพบได้จากวิธีการต่างๆ เช่น ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic) และ GAs (Goldberg, 1989)

ปัญหาที่พบส่วนใหญ่เป็นปัญหาที่ไม่เที่ยงตรงและมีความคลุมเครือ ซึ่งถ้าหากต้องการคำตอบที่เที่ยงตรงและมีความแน่นอนสูงมากก็ย่อมมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ดังนั้นวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาที่คลุมเครือโดยได้คำตอบที่ใกล้เคียงสามารถยอมรับได้ ใช้เวลาในการหาคำตอบไม่มากนัก และมีค่าใช้จ่ายพอประมาณ ย่อมดีกว่าวิธีที่ได้ความเที่ยงตรงสูงแต่มีค่าใช้จ่ายที่สูง

วิธีการหาคำตอบที่ดีอย่างหนึ่งได้แก่วิธีการของ GAs โดยอาศัยทฤษฎีในการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ทางกรรมพันธ์ไปสู่ยังลูกหลาน ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาใช้ในการหาคำตอบที่ต้องการได้

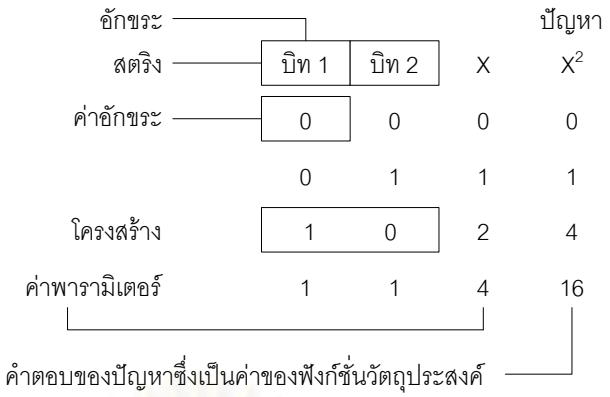
3.1.1 พันธุศาสตร์กับเจนเนติกอัลกอริทึม

Mendel บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์ ค้นพบว่าลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะผิวของเมล็ดพืช สีของเมล็ดพืช ฯลฯ ที่ถูกถ่ายทอดไปยังลูกหลานนั้นถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมลักษณะที่เรียกว่ายีน (Gene) และลักษณะย่อยของยีนเรียกว่าอัลลีล (Allele) เช่น ยีนควบคุมลักษณะผิวของเมล็ดจะมีอัลลีลเป็นผิวเรียบและผิวขรุขระ เป็นต้น ซึ่งแต่ละยีนจะเรียงตัวอยู่บนโครโมโซม (Chromosome) ภายในเซลล์ ตำแหน่งของยีนแต่ละยีนบนโครโมโซมเรียกว่า โลกัส (Logus) และแต่ละแบบของชุดยีนเรียกว่า จีโนไทป์ (Genotype) ซึ่งแสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏ ซึ่งเรียกว่า ฟีโนไทป์ (Phenotype) ดังรูปที่ 3.1 ที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะทางพันธุศาสตร์ของโครโมโซมควบคุมลักษณะของเมล็ดถั่ว ซึ่งมียีนลักษณะของผิวเมล็ดคือ มีลักษณะเรียบ (R) หรือขรุขระ (W) และยีนลักษณะสีของเมล็ดคือมีสีเหลือง (Y) และสีเขียว (G)



***รูปที่ 3. 1** ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของโครโมโซมควบคุมลักษณะของเมล็ดถั่ว*

การแก้ปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ด้วย GAs พารามิเตอร์ต่างๆ จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสตริง (String) หรือโครโมโซมประกอบด้วยอักขระ (Character) หรือ (Bit) แต่ละตำแหน่งของโครโมโซมจะเก็บค่าอักขระหรือค่าของบิทที่แสดงโครงสร้างของแต่ละโครโมโซมที่ให้คำตอบของปัญหาแตกต่างกัน ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ GAs กับการแก้ปัญหาการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x)=x^2$ โดยที่ x อยู่ในช่วง [0, 4] และค่าของ x ถูกแปลงให้อยู่ในรูปไบนารี่สตริง ซึ่งสามารถสรุปความหมายทางพันธุศาสตร์เทียบกับ GAs ได้ดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3. 2 *ลักษณะทางเจนเนติกของการแก้ปัญหาในการหาค่าสูงสุดของ* $f(x)=x^2$

ตารางที่ 3. 1 *เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจนเนติกอัลกอริทึม*

พันธุศาสตร์	เจนเนติกอัลกอริทึม
โครโมโซม (Chromosome)	สตริง (String)
ยีน (Gene)	คุณลักษณะ, บิท (Character, bit)
อัลลีล (Allele)	ค่าของคุณลักษณะ, ค่าบิท(Character value, bit value)
โลกัส (Locus)	ตำแหน่ง (String position)
จีโนไทป์ (Genotype)	โครงสร้าง (Structure)
พีโนไทป์ (Phenotype)	โครงสร้างคำตอบ (A decode structure)

Darwin (1859) ได้เสนอความคิดการเกิดสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิต (The Origin of Species) โดยเสนอหลักการของวิวัฒนาการที่ผ่านกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ แม้ในตอนแรกทฤษฎีจะเป็นที่โต้แย้งกันมากต่อมาก็ได้เป็นที่ยอมรับในหมู่นักวิทยาศาสตร์ (Winston, 1992) ไว้ดังนี้

- สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีแนวโน้มที่จะถ่ายทอดลักษณะของมันไปสู่ลูกหลานของมัน
- ธรรมชาติทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะต่างๆ กัน
- สิ่งมีชีวิตมีความเหมาะสม ซึ่งมีลักษณะที่เหมาะสมที่สุด มีแนวโน้มที่จะมีลูกหลานมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะไม่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ประชากรอยู่รอดต่อไป

- เมื่อระยะเวลาผ่านไปยาวนาน จะเกิดการกลายพันธุ์ (Variation) ขึ้น และเกิดสปีชีส์ใหม่ที่มีลักษณะเหมาะสมกับระบบนิเวศน์นั้น

3.1.2 ความหมายของเจนเนติกอัลกอริทึม

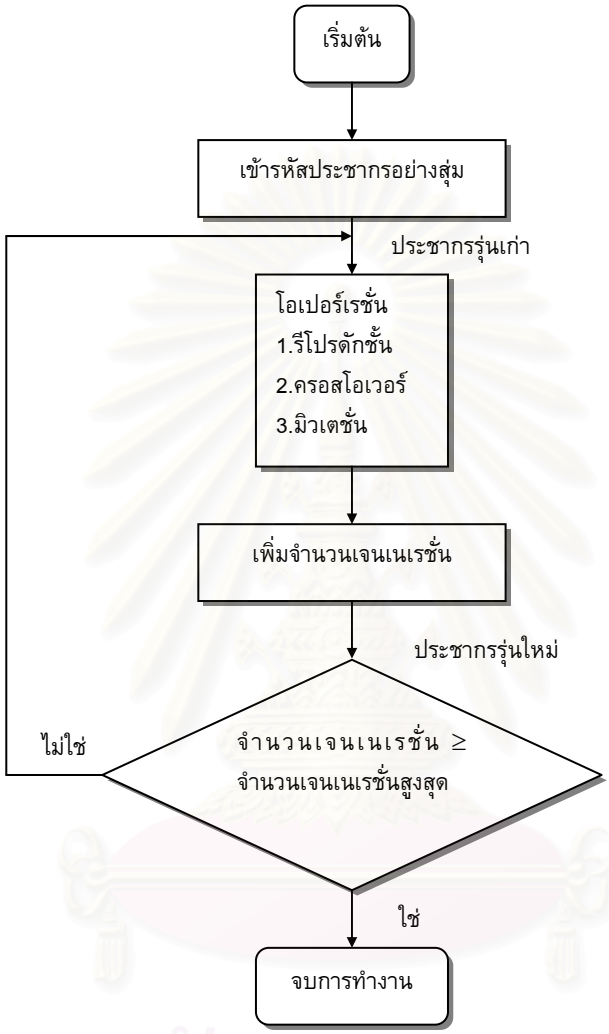
GAs เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และ กระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือกสตริง (String) ที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่ม จากการนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสม ซึ่งสตริงที่มีความเหมาะสมนี้คือ คำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด GAs ไม่ใช่การสุ่มแบบง่ายๆ แต่มันเป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น

GAs ถูกพัฒนาขึ้นโดย Holland (1975) และคณะ โดยมีเป้าหมายในการวิจัย 2 อย่าง คือ เพื่อสรุปและดัดแปลงการใช้กระบวนการทางธรรมชาติให้ถูกต้องมากที่สุด และเพื่อออกแบบและสร้างซอฟแวร์ที่รักษากลไกที่สำคัญของธรรมชาติ ซึ่ง GAs แตกต่างกับวิธีการค้นหาและการทำ Optimization แบบอื่นๆ คือ

- GAs ทำงานโดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์
- GAs เป็นการค้นหาจากทั้งประชากรไม่ใช่ค้นหาจากเพียงตำแหน่งๆ เดียว
- GAs ใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชันเป้าหมาย) โดยไม่ใช้การอนุพันธ์หรือความรู้อื่นๆ
- GAs จะเป็นวิธี Probabilistic ไม่ใช่ Deterministic

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 เจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithms)



***รูปที่ 3. 3** ขั้นตอนของ GAs อย่างง่าย*

ขั้นตอนการทำ GAs อย่างง่าย (Simple Genetic Algorithms:SGA) ดังรูปที่ 3.3 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้นอย่างสุ่ม

ขั้นตอนแรกของ GAs คือ การเข้ารหัสหรือแปลงค่าพารามิเตอร์ให้อยู่ในรูปของสตริงที่มีความยาวแน่นอน ซึ่งวิธีการเข้ารหัสนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหาแต่ละปัญหา สำหรับ SGA ใช้การเข้ารหัสแบบไบนารี่ (Binary Coding)

ตัวอย่างเช่น ต้องการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ โดยที่ x มีค่าอยู่ระหว่าง [0,31] ในที่นี่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) คือ f(x) หรือ x^2 ซึ่งวิธีการเข้ารหัสแบบไบนารี่ โดยแปลงค่าพารามิเตอร์ x ให้อยู่ในรูปไบนารี่ 5 บิทจะได้ค่าพารามิเตอร์ของ x จะมีค่าอยู่ในช่วง 00000 จนถึง 11111 (0 ถึง 31)

เมื่อกำหนดวิธีการเข้ารหัสแล้ว จำเป็นที่จะต้องสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) โดยวิธีการสุ่มเพื่อที่จะผ่านขั้นตอนของ SGA ต่อไป สมมุติว่าสุ่มประชากรเริ่มต้น 4 สตริงได้เป็น

01101
11000
01000
10011

ค่าสตริงของประชากรเริ่มต้นนี้ เกิดจากการสุมค่า ทั้งหมด 20 ครั้งหรือ สตริงแต่ละตัวทำการสุ่ม 5 ครั้ง

3.2.2 ประชากรรุ่นเก่า (Old Population)

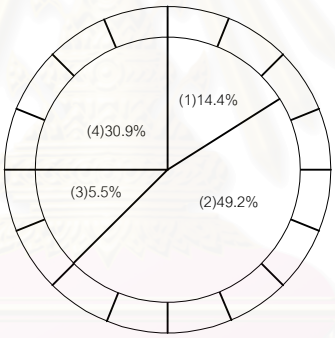
ประชากรรุ่นเก่า คือสตริงที่จะถูกคัดเลือกไปเป็นต้นแบบสำหรับสร้างประชากรรุ่นใหม่ (New Population) โดยประชากรรุ่นเก่าชุดแรกคือประชากรเริ่มต้นนั่นเอง

3.2.3 การดำเนินการของ SGA

SGA ประกอบไปด้วยตัวปฏิบัติการ 3 อย่างได้แก่ รีโปรดักชั่น (Reproduction) การครอสโอเวอร์ (Crossover) และการมิวเตชั่น (Mutation) ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ***รีโปรดักชั่น (Reproduction)*** คือกระบวนการที่สตริงแต่ละตัวเลียนแบบค่าฟังก์ชันเป้าหมาย f(x) โดยที่ฟังก์ชันนี้อาจเป็นการวัด ผลตอบแทน ค่าอรรถประโยชน์ หรือสิ่งที่ต้องการให้เป็นค่าสูงสุด หรือค่าความเหมาะสม (Fitness) สตริงที่มีความเหมาะสมสูงกว่าก็จะมีความน่าจะเป็นในการสนับสนุนลูกหลานรุ่นต่อไปสูงด้วย ตัวปฏิบัติการนี้เกิดขึ้นจากกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติตามทฤษฎีผู้อยู่รอดที่มีความเหมาะสม (Survival of Fittest) ของ ชาล์ส ดาร์วิน ประชากรที่มีความเหมาะสมในธรรมชาติจะมีความสามารถในการรอดพ้นผู้ล่า โรคภัยไข้เจ็บ อุปสรรคอื่นๆ ที่ต่อต้านการเจริญเติบโตเป็นผู้ใหญ่และสามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้ ส่วนฟังก์ชันเป้าหมายจะเป็นสิ่งที่ใช้พิจารณาว่าสตริงที่สร้างขึ้นจะมีชีวิตอยู่หรือตายจากไป

ตัวปฏิบัติการรีโปรดักชั่นสามารถสร้างขึ้นได้หลายวิธี วิธีที่ง่ายวิธีหนึ่งคือสร้างจากวงล้อรูลเล็ทที่มีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนประชากรสตริง และขนาดของช่องก็เป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม ดังรูปที่ 3.4 และค่าความเหมาะสมของฟังก์ชันเป้าหมายของประชากรทั้งสี่แสดงอยู่ในตาราง 3.2



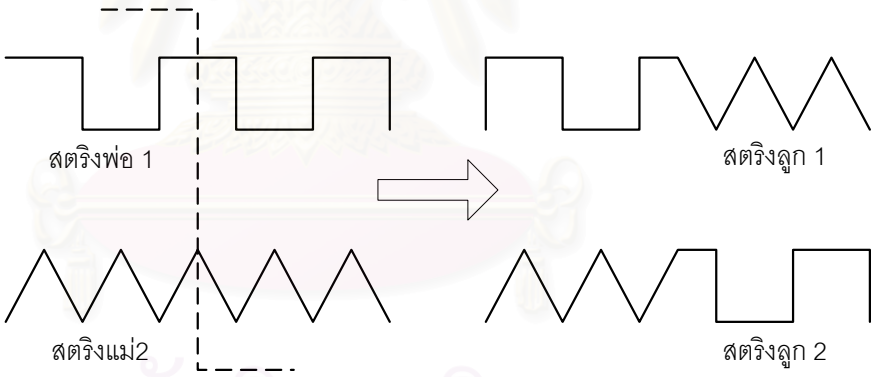
รูปที่ 3. 4 *การรีโปรดักชั่นอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูลเล็ทที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม*

ตารางที่ 3. 2 *กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม*

No.	สตริง	ค่าความเหมาะสม	% โดยรวม
1	01101	169	14.40
2	11000	576	49.20
3	01000	64	5.50
4	10011	361	30.90
รวม		1170	100.00

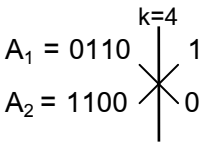
ค่าความเหมาะสมทั้งหมดโดยรวมจะได้ 1170 และค่ารายละเอียดต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 3.2 ได้แสดงถึงวงล้อรูลเล็ทสำหรับการรีโปรดักชั่น ซึ่งสร้างจากสัดส่วนของค่าฟิตเนสของสตริงทั้งหมด เช่นสตริงหมายเลข 1 มีค่าความเหมาะสมเป็น 169 หรือ 14.4% (169/1170) ของค่าฟิตเนสโดยรวมของทั้งประชากร ในการทำการรีโปรดักชั่นจะหมุนวงล้อเป็นจำนวน 4 ครั้งหรือเท่ากับจำนวนสตริง เช่น สตริงหมายเลข 1 มีค่าเป็น 169 คิดเป็น 14.4% ของค่าความเหมาะสมทั้งหมด ดังนั้นเมื่อหมุนรูลเล็ท 1 ครั้งก็จะมีความน่าจะเป็นที่ถูกเลือกเท่ากับ 0.144 ในการหมุนรูลเล็ทแต่ละครั้งจะได้ตัวแทนในการสืบพันธุ์ (Reproduction Candidate) สตริงที่มีความเหมาะสมสูงจะถูกคัดเลือกสำหรับการสืบพันธุ์การรีโปรดักชั่นสำหรับสตริงลูกหลานในรุ่นต่อไป เมื่อสตริงมีรูปร่างที่แน่นอนแล้วก็จะถูกส่งไปเข้าเมทติ้งพูล (Mating Pool) เพื่อที่จะผ่านกระบวนการของตัวปฏิบัติการอื่นต่อไป

- ***การครอสโอเวอร์ (Crossover)*** หลังจากประชากรทั้งหมดผ่านกระบวนการรีโปรดักชั่นแล้ว จะทำการจับคู่สมาชิกในเมทติ้งพูลหรือกลุ่มประชากรทั้งหมดอย่างสุ่ม และทำการไขว้สลับค่าที่อยู่หลังตำแหน่งที่เลือกไว้จากการสุ่มหรือ ทำการแลกเปลี่ยนสวนกัน



รูปที่ 3. 5 *การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสตริงและการแลกเปลี่ยนข่าวสารโดยเลือกตำแหน่งไว้แบบสุ่ม*

การเลือกตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ จะทำโดยการสุ่มค่าที่เป็นจำนวนเต็มตำแหน่งที่ k ช่วงของสตริงที่เลือกจะอยู่ในช่วง [2, t-1] โดยที่ t คือตำแหน่งสุดท้ายของสตริงใหม่ทั้งสองก็จะมีการสลับอักขระตั้งแต่ตำแหน่งที่ k+1 จนถึง t ยกตัวอย่างเช่น พิจารณาสตริง A_1, A_2 จากประชากรเริ่มต้น



สมมุติว่าเลือกจำนวนสุ่มระหว่าง 1 ถึง 4 และได้ค่า k = 4 (แสดงโดยใช้สัญลักษณ์ " | " แทนการแยก) ผลของการครอสโอเวอร์สตริงที่เป็นประชากรรุ่นใหม่จะมีสัญลักษณ์ " ' "

$A'_1 = 01100$

$A'_2 = 11001$

- ***การมิวเตชั่น (Mutation)*** มิวเตชั่นเป็นสิ่งที่จำเป็น ถึงแม้ว่ารีโปรดักชั่นและครอสโอเวอร์ช่วยให้การค้นหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพในบางครั้งก็มีการสูญเสียส่วนที่สำคัญไป (ค่า 1 หรือ 0 ในบางตำแหน่ง) การมิวเตชั่นจะป้องกันส่วนที่สูญเสียที่ไม่อาจเรียกคืนได้ (Irrecovery Loss) ในบางครั้งการหาคำตอบของ SGA คำตอบอาจติดอยู่ใน Local Optima การมิวเตชั่นด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้คำตอบสามารถหลุดออกจาก Local Optima หรืออาจกล่าวได้ว่าโอเปอร์เรเตอร์ของการมีมิวเตชั่นเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าตำแหน่งสตริงแบบสุ่ม จากปัญหาที่พิจารณาค่าจะเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 โดยการเลือกตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่นอย่างสุ่ม อัตราการมิวเตชั่นในธรรมชาติจะมีค่าค่อนข้างต่ำ ในการนำไปใช้งานจะต้องมีการพิจารณาอย่างเหมาะสม

3.2.4 ประชากรรุ่นใหม่ (New population)

สตริงทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการของ GAs เรียกว่าประชากรรุ่นใหม่หรือเจนเนอเรชั่น (Generation) รุ่นใหม่ซึ่งจะกลายเป็นประชากรรุ่นเก่า สำหรับการดำเนินการต่อไป กระบวนการของ SGA จะทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจำนวนเจนเนอเรชั่นจะมากกว่าจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนดไว้สูงสุด

Surech (1995) ได้พิจารณาถึงการหาขนาดของประชากร จากอัตราส่วนของวิธีการที่ทั้งหมดของคำตอบที่เป็นไปไม่ได้และอัตราส่วนของวิธีการที่ทั้งหมดของคำตอบที่เป็นไปได้

$$\lim_{n\to\infty}\frac{n}{n!}^{n} \approx \lim_{n\to\infty}\frac{(2\pi)^{1/2}\left(\frac{n}{e}\right)^{n}}{n^{n}} \qquad (3.1)$$
$$= \lim_{n\to\infty}\frac{(2\pi)^{1/2}}{e^{n}} = 0$$

จากสมการที่ (3.1) ให้

n คือ ขนาดของปัญหา

n! คือ จำนวนวิธีการที่จัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงที่เป็นไปได้

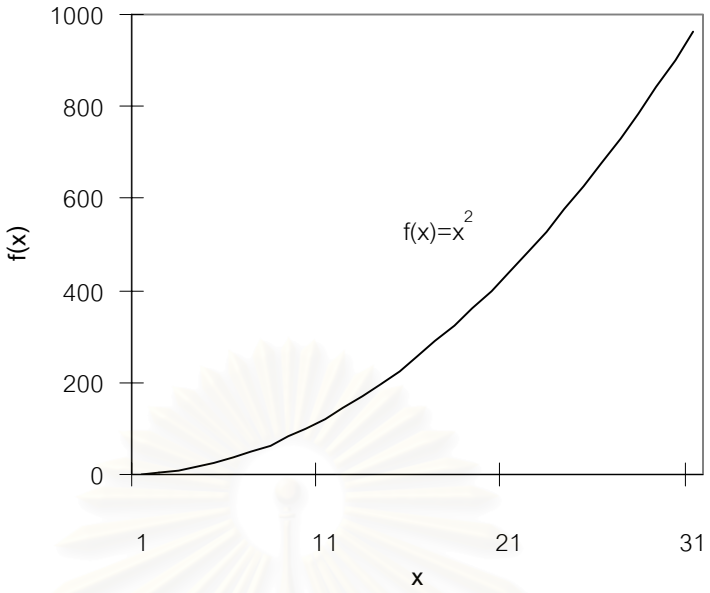
n^n คือ จำนวนวิธีการที่จัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงทั้งหมด

สามารถสรุปได้ว่า ความน่าจะเป็นของในการสร้างประชากรคำตอบอย่างสุ่ม มีค่าเป็นศูนย์เมื่อ *n* มีค่ามากขึ้น สมมติว่า *n* มีค่าเป็น 8 ดังนั้น 8! / 8^8 = 1/ 416.1 = $2.403*10^{-3}$ หรืออาจกล่าวได้ว่า โอกาสที่จะได้คำตอบที่ถูกต้องเป็น 1 ใน 416 ของคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ ถ้ากำหนดจำนวนประชากรเป็น 100 และทำการคำนวณเพียงแค่ 1 เจนเนอเรชั่นก็ไม่อาจคาดได้ว่าจะได้คำตอบที่ดี การกำหนดจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนเจนเนเรชั่นทั้งหมดจึงมีผลในการหาคำตอบ

3.3 ตัวอย่างการใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชัน

เนื้อหาในส่วนนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้ GAs ในการแก้ปัญหา Optimization หาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ ทีละขั้นตอน โดย x เป็นตัวแปรที่มีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 1 ถึง 31 ดังรูปที่ 3.6 แสดงถึงลักษณะฟังก์ชัน f(x) สำหรับปัญหานี้ตัวแปร x จะถูกเข้ารหัสให้เป็นไบนารี่ ที่มีความยาวสตริง 5 บิท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3. 6 *ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ f(x) = x^2*

วิธีการทำเริ่มจากเลือกประชากรแรกขึ้นมาอย่างสุ่ม โดยประชากรเริ่มแรกจะได้มาจากการโยนเหรียญ 20 ครั้ง จากตาราง 3.3 จะเห็นได้ว่าสตริงหมายเลข 3 ซึ่งมีค่าเป็น 01000 (นำมาเข้าแปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ 2^3 = 8) จากนั้นก็จะแปลงให้อยู่ในฟังก์ชันเป้าหมาย f(x) = x^2 จะได้ค่าเป็น 64 สำหรับค่า x และ f(x) อื่นๆ ก็คิดในลักษณะเดียวกัน

ประชากรรุ่นต่อไป จะเริ่มต้นกระบวนการรีโปรดักชั่นจากเมทติ้งพูล โดยการหมุนวงล้อรูลเล็ท 4 ครั้ง ได้สตริงหมายเลข 1 และ 4 ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 1 ครั้ง สตริง 2 ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 2 ครั้ง สตริง 3 ไม่ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไปเลย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกที่คาดหวัง หรือ Expected Count (หาได้จาก f_i / $\bar{f}$) กับจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกจริงจะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ค่าที่ดีที่สุดจะมีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกมากกว่า ส่วนค่าที่ไม่ดีก็จะตายจากไป

ขั้นตอนต่อไปคือการครอสโอเวอร์ ซึ่งจะต้องมีการจับคู่กันระหว่างสตริง โดยมีสองขั้นตอนคือ (1) สตริงจะถูกจับคู่อย่างสุ่มโดยใช้วิธีการโยนเหรียญจับคู่ (2) สตริงจะทำการครอสโอเวอร์โดยการโยนเหรียญเพื่อเลือกตำแหน่งที่จะไขว้ (Crossing sites) เมื่อพิจารณาตาราง 3.3 ข อีกครั้ง จะเห็นได้ว่าจากการสุ่มจับคู่ในเมทติ้งพูล สตริงหมายเลข 2 จะจับคู่กับสตริงหมายเลข 1 และมีตำแหน่งการไขว้คือ 4 สตริงทั้งสองคือ 01101 และ 11000 เมื่อทำการไขว้จะได้สตริงตัวใหม่คือ 01100 และ 11001 สตริงที่เหลือในเมทติ้งพูลจะทำการไขว้กันในตำแหน่งที่สองดังแสดงในตารางที่ 3.3 ข

ตารางที่ 3. 3 *การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชัน* $f(x) = x^2$

ก) *การสุ่มสตริงเริ่มต้นและการรีโปรดักชั่น*

หมายเลขสตริง	ประชากรเริ่มต้น (สร้างขึ้นแบบสุ่ม)	ค่า x (unsigned integer)	$f(x) = x^2$	Pselect $f_i/\sum f$	Expected count $f_i/\bar{f}$	Actual Count (จากวงล้อรูลเล็ท)
1	01101	13	169	0.14	0.58	1
2	11000	24	576	0.49	1.97	2
3	01000	8	64	0.06	0.22	0
4	10011	19	361	0.31	1.23	1
ผลรวม			1170	1.00	4.00	4.0
ค่าเฉลี่ย			293	0.25	1.00	1.0
ค่าสูงสุด			576	0.49	1.97	2.0

ข) *การครอสโอเวอร์*

เมทติ้งพูลหลังจากการรีโปรดักชั่น	สตริงจับคู่ (เลือกแบบสุ่ม)	ตำแหน่งครอสโอเวอร์ (เลือกแบบสุ่ม)	ประชากรใหม่	ค่า x	$f(x) = x^2$
0110 | 1	2	4	01100	12	144
1100 | 0	1	4	11001	25	625
11 | 000	4	2	11011	27	729
10 | 011	3	2	10000	16	256
ผลรวม					1754
ค่าเฉลี่ย					439
ค่าสูงสุด					729

หมายเหตุ

1. ประชากรเริ่มแรกทั้งสี่ตัว ในแต่ละตัวได้มาจากการสุ่มโยนเหรียญ 5 ครั้ง (มี 5 บิท)
2. รีโปรดักชั่นได้จากการหมุนวงล้อรูลเล็ท
3. ครอสโอเวอร์ได้จากการโยนเหรียญสองเหรียญแล้วทำการถอดรหัส (TT = 00_2 = 0 = ตำแหน่งที่ไขว้คือ 1, HH = 11_2 = 3 = ตำแหน่งที่ไขว้คือ 4)
4. ความน่าจะเป็นของครอสโอเวอร์กำหนดให้เป็นหนึ่ง p_c = 1.0
5. ความน่าจะเป็นของมิวเตชั่นเป็น 0.001, p = 0.001, expected mutation = 5*4*0.001 =0.2 ไม่มีค่า expected mutation ระหว่างประชากรเดี่ยว

ตัวปฏิบัติการสุดท้ายคือมิวเตชั่นซึ่งจะเปลี่ยนค่าเป็นบิทต่อบิท สมมุติความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่นในการทดสอบเป็น 0.001 ตำแหน่งที่จะเปลี่ยนแปลงทั้งหมดมี 20 บิท (ได้จากจำนวนสตริง*จำนวนบิทของสตริงแต่ละตัว 5*4=20) เพราะฉะนั้นตำแหน่งบิทที่จะมิวเตชั่นของประชากรรุ่นนี้คือ 20 * .001 = 0.02 บิท จากการคำนวณจะเห็นได้ว่าไม่มีบิทใดต้องทำการมิวเตชั่นสำหรับค่าความน่าจะเป็นนี้ นั่นก็คือไม่มีบิทใดที่จะต้องเปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 หรือ 0 เป็น 1 สำหรับประชากรรุ่นนี้ แต่สมมติว่าถ้าตำแหน่งบิทที่จะมิวเตชั่นของประชากรรุ่นนี้คือ 5 ดังนั้นตำแหน่งบิทที่ 5 จะต้องทำการเปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0

หลังจากผ่านการรีโปรดักชั่น ครอสโอเวอร์และมิวเตชั่น ประชากรรุ่นใหม่ก็พร้อมที่จะถูกทดสอบ โดยทำการเข้ารหัสสตริงใหม่คำนวณหาค่า x และค่าฟังก์ชัน f(x) ตารางที่ 3.3 ข. แสดงถึงผลจากการทดลองจะเห็นได้ว่ากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นทำให้ค่าสมรรถนะดีขึ้น ค่าความเหมาะสมของประชากรโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 293 เป็น 439 ในขณะที่ค่าความเหมาะสมสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 576 เป็น 729 ถึงแม้ว่ากระบวนการสุ่มจะช่วยทำให้ค่าต่างๆ สูงขึ้นแต่ค่าต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้ไม่ใช่ความบังเอิญ ค่าสตริงที่ดีที่สุดของประชากรเริ่มแรกคือ (11000) จะมีการเลียนแบบ 2 ครั้งเนื่องจากเป็นค่าที่สูงเกินกว่าค่าเฉลี่ย เมื่อรวมกับค่าสตริงตัวต่อไป (10011) แบบสุ่มและทำการไขว้แบบสุ่มในตำแหน่งที่สองก็จะได้ผลลัพธ์เป็น (11011) ซึ่งก็จะเป็นค่าที่ดีเช่นกัน

ค่าพารามิเตอร์ของ SGA มีความสำคัญอย่างมาก ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี แต่ในบางครั้งก็ไม่อาจที่จะหาคำตอบที่ดีได้เนื่องจาก (Michalewicz,1992)

1. การเข้ารหัสของปัญหาผิดพลาด ทำให้ GAs หาคำตอบผิดพลาด
2. ขีดจำกัดของจำนวนประชากร ในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์
3. ขีดจำกัดของจำนวนเจนเนอเรชั่น ในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์

ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไม่สามารถกำหนดให้เป็นอนันต์ได้ในทางปฏิบัติเนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ ของคอมพิวเตอร์

3.4 เจนเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์

ในอดีตได้มีการคิดค้นวิธีการเพื่อใช้หาคำตอบของปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดทางวิศวกรรมเป็นจำนวนมาก แต่ปัญหาที่ศึกษาส่วนใหญ่มักเป็นปัญหาในอุดมคติ วิธีการส่วนมาก

มักพิจารณาวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาเพียงอย่างเดียว แต่อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงแล้ว ปัญหาที่พบส่วนใหญ่มักเป็นปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ ดังนั้นจึงต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ออกแบบเป็นหลักในการตัดสินเลือกคำตอบที่ดีที่สุด

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ได้มีการคิดค้นพัฒนาเทคนิคทางคณิตศาสตร์ใหม่ขึ้นมาเพื่อใช้กับปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ ส่วนมากมักเป็นการหาคำตอบที่ดีที่สุดออกมาเพียงคำตอบเดียวมากกว่าการหาคำตอบที่เป็นไปได้หลายๆ คำตอบแล้วจึงให้ผู้ออกแบบตัดสินใจเลือกภายหลัง วิธีการหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างมากคือวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม ซึ่งงานวิจัยหลายชิ้นได้เสนอแนวทางการพัฒนาวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายเพื่อให้สามารถนำไปใช้จัดการกับปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ได้

วิธีการเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ที่มีการพัฒนาขึ้นมานั้นมีทั้งแบบที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดค่าเดียว และแบบที่ให้หลายคำตอบที่เป็นไปได้ ทั้งนี้ขึ้นกับความเหมาะสมและความต้องการของผู้ออกแบบ แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะมีการพัฒนาเจนเนติกอัลกอริทึมเพื่อจัดการกับปัญหาหลายวัตถุประสงค์มากมายหลายวิธี แต่วิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้ไม่ได้ถูกกำหนดว่าวิธีใดเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นยังเป็นเพียงการพัฒนาในขั้นต้นเท่านั้น

การพัฒนาส่วนมาก เป็นการพัฒนาในส่วนของการคัดเลือกคำตอบที่มีความเหมาะสมที่สุด ในขั้นตอนของการประเมินค่า (Evaluate) และคัดเลือกคำตอบ (Selection) วิธีการที่มีสามารถแบ่งออกเป็น 4 แบบ (Coello และ Christiansen) ได้แก่

1. Use of Aggregation Function ได้แก่
   - วิธี Weight Sum Approach โดย Jakob et al.
   - วิธี Reduction to Single Objective โดย Ritzel และ Wayland
   - วิธี Goal Attainment โดย Wilson และ Macleod
   - Use of Penalty Function โดย Adehi และ Cheng

2. Non-Pareto Approach ได้แก่
   - วิธี VEGA โดย David Schaffer
   - วิธี Lexicographic Ordering โดย Fourman
   - วิธี Evolutionary Strategies โดย Kursawe
   - วิธี Weight Sum โดย Hajela และ Lin

3. Pareto-based Approach ได้แก่
   - วิธี Pareto-based Assignment โดย Goldberg
   - วิธี Multiple Objective Genetic Algorithm โดย Fonseca และ Fleming
   - วิธี Non-dominated Sorting Genetic Algorithm โดย Srinivas และ Deb
   - วิธี Niched Pareto GA โดย Horn และ Nafpliotis

4. Min-Max Strategy ได้แก่
   - วิธี Weighted Min-Max Strategy โดย Coello และ Christiansen
   - วิธี Min-Max Selection with Sharing โดย Coello และ Christiansen

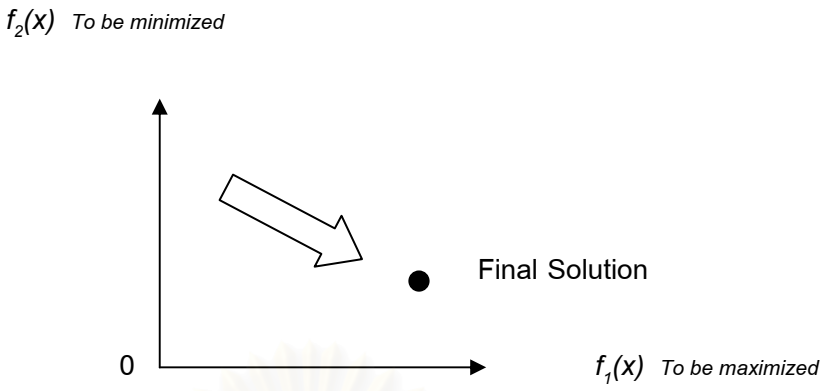
วิธีการทั้ง 4 นี้ วิธีการรวมค่าฟังก์ชันเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด วิธีนี้อาศัยหลักการรวมฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลายๆ ฟังก์ชันเข้าเป็นฟังก์ชันเดียวกัน การรวมค่าฟังก์ชันทำได้หลายแบบ แต่วิธีที่เข้าใจได้ง่ายที่สุดคือวิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยการให้น้ำหนัก (Weight Sum Approach)

วิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยการให้น้ำหนักนี้เป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากและง่ายต่อการนำไปใช้ วิธีนี้อาศัยการให้น้ำหนักกับวัตถุประสงค์แต่ละอย่าง โดยที่น้ำหนักนี้อาจจะได้มาจากการประมาณความสำคัญของวัตถุประสงค์นั้นๆ แล้วนำเอาน้ำหนักและฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้งหมดมารวมกันเป็นสมการเส้นตรง (Scalar Fitness Function) โดยมีน้ำหนักของวัตถุประสงค์เป็นสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์นั้นๆ ดังสมการที่ 3.2

$$f(x) = W_1 f_1(x) + W_2 f_2(x) + W_3 f_3(x) + \ldots + W_n f_n(x) \qquad (3.2)$$

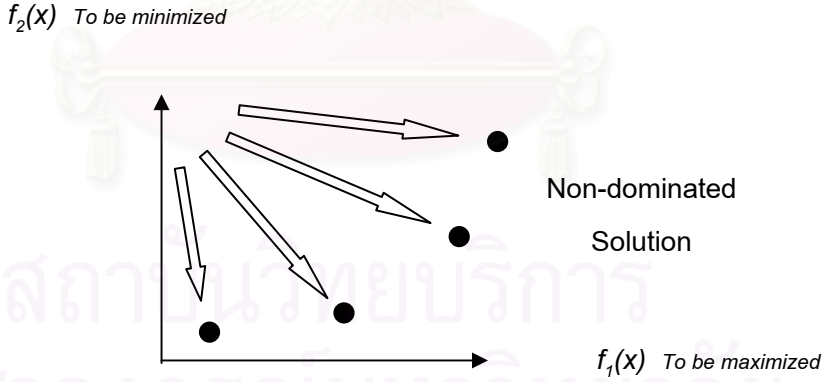
จากสมการดังกล่าว ถ้ากำหนดน้ำหนักให้กับแต่ละวัตถุประสงค์เป็นค่าเฉพาะหนึ่งๆ จะเห็นได้ว่าทิศทางการหาคำตอบจะมุ่งสู่จุดใดจุดหนึ่งเพียงจุดเดียวเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ดังนั้นวิธีนี้จะให้คำตอบที่ดีที่สุด (Trade-off) สำหรับการกำหนดค่าน้ำหนักแบบหนึ่งๆ เพียงคำตอบเดียว จึงไม่ต้องพึ่งพาการตัดสินใจของผู้ออกแบบอีกครั้งหนึ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3. 7 *ทิศทางการหาคำตอบโดยเจนเนติกอัลกอริทึมร่วมกับการรวมฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบบกำหนดน้ำหนักเฉพาะ*

ปัญหาประการหนึ่งของการกำหนดน้ำหนักเป็นค่าเฉพาะหนึ่งๆ นั้นก็คือ ถ้าหากไม่มีข้อมูลเพียงพอก็จะเกิดความยุ่งยากในการกำหนดน้ำหนักของแต่ละวัตถุประสงค์ ในกรณีนี้อาจใช้วิธีการสร้างชุดของคำตอบที่ดี (Non-dominated Solution) แทนโดยการเปลี่ยนค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ไปเรื่อยๆ เพื่อหาขอบเขตของคำตอบที่ดี แล้วค่อยให้ผู้ออกแบบตัดสินใจเลือกทิศทางการหาคำตอบโดยการเปลี่ยนค่าน้ำหนักเป็นค่าต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3. 8 *ทิศทางการหาคำตอบโดยเจนเนติกอัลกอริทึมร่วมกับการรวมฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบบกำหนดน้ำหนักหลายค่า*

ในกรณีที่วัตถุประสงค์ที่พิจารณาขัดแย้งกันหรือมีหน่วยต่างกัน จะไม่สามารถรวมฟังก์ชันวัตถุประสงค์เข้าด้วยกันโดยตรง แต่ต้องทำการเปลี่ยนรูปฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้งหมดให้สอดคล้องและมีหน่วยพื้นฐานเดียวกันเสียก่อน

3.5 สรุปท้ายบท

GAs เป็นวิธีการค้นหาคำตอบวิธีหนึ่ง โดยมีพื้นฐานจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ ข้อดีของ GAs เมื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาแบบอื่นคือมีความคงทนต่อความไม่เที่ยงตรงแม่นยำและความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือของปัญหา และสามารถควบคุมได้ โดยมีความน่าเชื่อถือและค่าใช้จ่ายต่ำ

วิธีการค้นหาของ GAs จะแตกต่างกับวิธีการค้นหาและการทำ Optimization แบบอื่นๆ คือ

- GAs จะใช้งานโดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์
- GAs เป็นการค้นหาจากทั้งประชากรไม่ใช่เพียงตำแหน่งๆ เดียว
- GAs จะใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชันเป้าหมาย) โดยไม่ใช้อนุพันธ์หรือความรู้อื่น ๆ
- GAs จะเป็นวิธี Probabilistic ไม่ใช่ Deterministic

โอเปอร์เรเตอร์ต่างๆ ของ GAs ได้แก่

- รีโปรดักชั่น คือกระบวนการคัดเลือกสตริงมีความเหมาะสมสูงเพื่อเป็นคำตอบเริ่มต้นให้กับประชากรรุ่นต่อไป โดยอาศัยทฤษฎีของ ชาร์ล ดาร์วินที่ว่า สิ่งมีชีวิตที่แข็งแรงกว่ามีโอกาสอยู่รอดในสภาวะนั้นๆ ได้มากกว่า
- การครอสโอเวอร์ คือกระบวนการสร้างสตริงลูกหลานใหม่ จากสตริงพ่อแม่
- การมิวเตชั่นคือ คือ กระบวนการที่ช่วยปรับปรุงสตริงให้ดีขึ้นหรือเลวลง โดยการเปลี่ยนแปลงค่าในบางตำแหน่งของสตริง เพื่อให้เกิดสตริงใหม่

พารามิเตอร์ต่างๆ ของ GAs ได้แก่

- จำนวนประชากร
- จำนวนเจนเนอเรชั่น
- ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์
- ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น

นอกจากนี้ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเจนเนติกอัลกอริทึมเพื่อใช้กับปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาหลายวัตถุประสงค์นี้จะแตกต่างกับ

วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายในขั้นตอนของการประเมินค่าความเหมาะสม และการคัดเลือกคำตอบต่างๆ

วิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยการให้น้ำหนักกับวัตถุประสงค์ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่ไม่ยุ่งยากและง่ายต่อการนำไปใช้ วิธีนี้อาศัยการให้น้ำหนักกับแต่ละวัตถุประสงค์ แล้วเอาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้งหมดมารวมกันในรูปสมการเส้นตรงที่มีน้ำหนักวัตถุประสงค์เป็นค่าสัมประสิทธิ์ น้ำหนักที่ให้สามารถกำหนดเป็นค่าเฉพาะเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดค่าเดียว หรืออาจกำหนดหลายค่าเพื่อหาพื้นผิวของคำตอบที่ดีที่สุดแล้วค่อยให้ผู้ตัดสินใจเลือกอีกครั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ปัญหาการจัดตารางเวรพยาบาล

เนื้อหาในบทนี้เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการจัดตารางเวร อันได้แก่ ทฤษฎีการจัดตารางเวรพยาบาล ลักษณะการจัดเวลาทำงานของพยาบาลประจำการ รูปแบบของการจัดตารางเวร และการประเมินผลตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ

4.1 ทฤษฎีการจัดตารางเวรพยาบาล

4.1.1 คำจำกัดความ

เพื่อความสะดวกในการทำความเข้าใจกับการจัดตารางเวรพยาบาล จะกำหนดความหมายของศัพท์ต่างๆ ที่ใช้ดังนี้

1) การมอบหมายงาน (Assignment) หมายถึง การเขียน การแบ่งงาน หน้าที่ในการพยาบาลผู้ป่วยแต่ละกลุ่มให้แก่ผู้ปฏิบัติในหน่วยงานรับผิดชอบ โดยพิจารณาจากความรู้ ทักษะ การพรรณนางาน และความต้องการการพยาบาลของผู้ป่วย การมอบหมายงานนี้เป็นการปฏิบัติของหัวหน้าตึกในการพิจารณาการพยาบาล เพื่อให้เกิดความเหมาะสมของแต่ละบุคลากรพยาบาล

2) พยาบาลระดับบริหาร (Nurse Administrator) คือ พยาบาลวิชาชีพที่ทำหน้าที่บริหารตั้งแต่ระดับหน่วยผู้ป่วยขึ้นไป หมายถึงหัวหน้าหอผู้ป่วย พยาบาลนิเทศ และหัวหน้าพยาบาลกลุ่มงานการพยาบาลหรือผู้อำนวยการวิทยาลัยพยาบาล ซึ่งได้รับการเตรียมการด้านความรู้และประสบการณ์

3) พยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วย (Head Nurse) คือ หัวหน้าพยาบาลประจำหอผู้ป่วยที่มีผู้บังคับบัญชาเหนือขึ้นไป คือ พยาบาลนิเทศ ผู้ใต้บังคับบัญชา คือ บุคลากรพยาบาล ได้แก่ พยาบาลวิชาชีพ พยาบาลเทคนิค

4) พยาบาลวิชาชีพ (Professional Nurse) หรือพยาบาลประจำการ (Staff Nurse) คือ บุคลากรพยาบาลที่สามารถขึ้นทะเบียนประกอบโรคศิลปสาขาพยาบาลและผดุงครรภ์ได้ ซึ่งสำเร็จการศึกษาพยาบาลศาสตร์ระดับปริญญาตรีในหลักสูตรสาขาพยาบาลหรือผดุงครรภ์ และมีใบประกอบโรคศิลปสาขาพยาบาลหรือผดุงครรภ์

5) พยาบาลเทคนิค (Technical Nurse) คือ ผู้ที่ได้รับการศึกษาในหลักสูตรการพยาบาลระดับต้น เป็นเวลา 2 ปีภายหลังจากจบการศึกษาระดับมัธยมปลาย มีความชำนาญเกี่ยวกับงานทางด้านการพยาบาลในระดับง่าย ซึ่งจะเป็นบุคลากรที่มีความรู้และประสบการณ์น้อยกว่าพยาบาลวิชาชีพ โดยจะสามารถปฏิบัติงานด้านพยาบาลที่เป็นงานประจำในระดับง่ายๆ หรืออาจฝึกฝนงานด้านการพยาบาลเฉพาะอย่างได้

6) ช่วงระยะเวลาการทำงาน (Period) คือ ช่วงระยะเวลาที่นำมาพิจารณาในการจัดตารางเวรทำงาน เช่น ช่วงระยะเวลาทำงาน 4 สัปดาห์ ช่วงระยะเวลาทำงาน 6 สัปดาห์ หรือช่วงระยะเวลา 1 เดือน (30 วัน)

4.1.2 การจัดตารางเวรทำงานแบบประจำ

การจัดตารางเวรทำงานแบบประจำ (Regular Staffing Scheduling) หมายถึง การมอบหมายงานที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเป็นประจำ หรือเกิดขึ้นสม่ำเสมอให้กับบุคลากรพยาบาล ซึ่งบุคลากรพยาบาลเหล่านี้จะอยู่ประจำในหอผู้ป่วยหนึ่งๆ โดยไม่หมุนเวียนไปปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยอื่นๆ ในการจัดตารางเวรทำงานแบบประจำนี้ อาจจัดได้ 2 รูปแบบ คือ การจัดบุคลากรพยาบาลแบบเต็มเวลา (Full Time Staffing) และการจัดบุคลากรพยาบาลแบบบางเวลา (Part Time Staffing)

4.1.3 หลักการจัดตารางเวรพยาบาล

หลักการจัดตารางเวรพยาบาลมีข้อที่จะต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

- พยาบาลประจำการแต่ละคนจะได้รับเวรการทำงานตามที่ตนต้องการให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้
- การเลือกเวรการทำงานของพยาบาลประจำการแต่ละคนจะต้องมีความเท่าเทียมกันกับความต้องการของพยาบาลประจำการคนอื่นๆ
- พยาบาลประจำการแต่ละคนสามารถทำการเปลี่ยนวันหยุดหรือแลกวันทำงานได้ภายใต้ข้อบังคับต่างๆ ที่มีอยู่
- ข้อบังคับต่างๆ จะกำหนดขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงการจัดตารางเวรที่จัดทำขึ้นมา
- พยาบาลประจำการแต่ละคนจะต้องมีตารางเวรการทำงานของตนเอง
- จำนวนชั่วโมงการทำงานของพยาบาลประจำการแต่ละคนที่จะได้รับ
- การจัดให้มีวันหยุดสำหรับพยาบาลประจำการแต่ละคน โดยมีข้อกำหนดตามนโยบายของโรงพยาบาล

4.1.4 การพิจารณาคุณภาพของบุคลากรพยาบาล

การพิจารณาคุณภาพของบุคลากรพยาบาลเป็นการพิจารณาถึงส่วนประกอบของบุคลากรพยาบาลตามจำนวนชั่วโมงการพยาบาล รวมทั้งระเบียบวิธีการมอบหมายหน้าที่รับผิดชอบ (Assignment Modalities) และการจัดตารางเวรการทำงาน (Scheduling)

1) การพิจารณาชั่วโมงการทำงานของบุคลากรพยาบาล หมายถึง เวลาของการทำงานทั้งหมดในเวรหนึ่งๆ นั้น บุคลากรพยาบาลควรทำงานประจำ (Regular Work) อย่างมากที่สุดไม่เกิน 2 ใน 3 ของเวลาการทำงานทั้งหมด ดังนั้นถ้าเวลาการทำงานทั้งหมดเป็น 8 ชั่วโมง บุคลากรพยาบาลควรทำงานประจำเพียง 6 ชั่วโมง ซึ่งในเวลา 6 ชั่วโมงนี้ได้รวมเอาเวลาพักและเวลารับประทานอาหารเข้าไว้ด้วย การพิจารณาเช่นนี้เรียกว่า “การคิดงบประมาณเวลา (Time Budget)” ซึ่งหมายถึงการจัดแบ่งเวลาไว้ก่อนล่วงหน้า โดยแบ่งไว้เป็นประเภทๆ ได้แก่ เวลาของการทำงานประจำ (Regular Work) เวลาของการมอบหมายงานพิเศษ (Special Assignment) และเวลาของการสร้างสรรค์งาน (Creative Work) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4. 1 *การคิดงบประมาณเวลา*

ดังนั้นในเวลาเวรการทำงาน 8 ชั่วโมง จัดได้เป็นเวลาสำหรับการทำงานประจำ รวมทั้งเวลาพักไม่เกิน 6 ชั่วโมง

2) การพิจารณาความต้องการบุคลากรพยาบาลในแต่ละเวร หมายถึงการพิจารณาถึงจำนวนบุคลากรพยาบาลที่เกิดขึ้นในแต่ละเวร ซึ่งมีความต้องการที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วการดูแลรักษาจะเกิดขึ้นมากในช่วงเวรเช้า เวลา 8.00-16.00 น. ส่วนเวรบ่ายและเวรดึกความต้องการการพยาบาลจะลดน้อยลงตามลำดับ ซึ่งได้มีนักวิชาการบางท่านเสนอข้อคิดเห็นในการพิจารณาความต้องการบุคลากรพยาบาลในแต่ละเวรไว้ดังนี้

- Alexander (1972) ได้เสนอให้คิดเวลาการพยาบาลโดยแบ่งเป็นเวรเช้า 64 เปอร์เซ็นต์ เวรบ่าย 24 เปอร์เซ็นต์ และเวรดึก 12 เปอร์เซ็นต์
- Battele Northwest Systems Programs (1970) ได้คิดเวลาการพยาบาล โดยแบ่งเวรเช้าเป็น 45 เปอร์เซ็นต์ เวรบ่าย 38 เปอร์เซ็นต์ และเวรดึก 17 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ตาม การพิจารณาความต้องการบุคลากรพยาบาลในแต่ละเวรขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละหน่วยเป็นสำคัญ เนื่องจากในแต่ละหน่วยมีข้อกำหนดและกฎเกณฑ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นในแต่ละหอผู้ป่วยจะมีปริมาณความต้องการการพยาบาลที่แตกต่างกัน

3) การพิจารณาอัตราส่วนของบุคลากรพยาบาล จะพิจารณาพยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วยรวมเข้ากับพยาบาลวิชาชีพ โดยจะมอบหมายพยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วยให้การพยาบาลโดยตรงแก่ผู้ป่วยด้วย เนื่องจากพยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วยมีความสามารถทางการพยาบาลและความเป็นผู้นำ พยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วยจึงควรได้รับเวรการปฏิบัติงานพยาบาลเป็นประจำ ซึ่งปริมาณการพยาบาลที่พยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วยจะได้รับนั้น Lysaught (1973) ได้เสนอไว้ว่า พยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วยควรใช้เวลาเพื่อการพยาบาลโดยตรง 15% ของเวลางานทั้งหมด และพยาบาลวิชาชีพควรใช้เวลาเพื่อการพยาบาลโดยตรง 40% ของเวลางานทั้งหมดในแต่ละเวร

4.2 การจัดเวลาการทำงานของบุคลากรพยาบาล (Staffing Scheduling)

การจัดเวลาการทำงานของบุคลากรพยาบาลนั้นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับนโยบายและลักษณะงานในการพยาบาลของแต่ละแห่ง ซึ่ง Marriner (1980) ได้เสนอการจัดเวลาการทำงานของบุคลากรพยาบาลไว้ 2 วิธี คือ การจัดเวลาการทำงานเวรละ 8 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 5 วัน (Eight-Hour Shift, Five-Day Work Week) และการจัดเวลาการทำงานเวรละ 10 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 4 วัน (Ten-Hour Shift, Four-Day Work Week) นอกจากนี้ยังมีการจัดเวลาการทำงานเวรละ 12 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 7 วัน ซึ่งวิธีการจัดเวลาการทำงานของบุคลากรพยาบาลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 การจัดเวลาการทำงานเวรละ 8 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 5 วัน

การจัดเวลาการทำงานเวรละ 8 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 5 วัน (Eight-Hour Shift, Five-Day Work Week) หรือ การจัดเวลาการทำงานแบบดั้งเดิม (Conventional Scheduling) หมายถึง การจัดเวลาการทำงานแบบ 3 เวรใน 1 วันหรือในเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งในแต่ละเวรแบ่งออกเป็น 8 ชั่วโมงต่อเวร เข้าเวรสัปดาห์ 5 วันและหยุด 2 วัน อันเป็นวิธีที่ใช้กันอยู่เป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบัน ทั้งในประเทศไทยและในต่างประเทศส่วนใหญ่ โดยมีพยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วยทำหน้าที่ในการมอบหมายงานการพยาบาลให้แก่บุคลากรพยาบาลในแต่ละหอผู้ป่วย ซึ่งช่วงเวลาการทำงานในแต่ละวันเป็นดังนี้

ตารางที่ 4. 1 *ช่วงเวลาการทำงานเวรละ 8 ชั่วโมง*

เวรการทำงาน	ช่วงเวลาการทำงาน		
เวรเช้า	7.00-15.00 น.	หรือ	8.00-16.00 น.
เวรบ่าย	15.00-23.00 น.	หรือ	16.00-24.00 น.
เวรดึก	23.00- 7.00 น.	หรือ	24.00-8.00 น.

4.2.2 การจัดเวลาการทำงานเวรละ 10 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 4 วัน

การจัดเวลาการทำงานเวรละ 10 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 4 วัน (Ten-Hour Shift, Four-Day Work Week) หมายถึง การจัดเวลาการทำงานโดยแต่ละเวรมีเวลาการทำงาน 10 ชั่วโมง ในหนึ่งสัปดาห์จะทำงาน 40 ชั่วโมง หรือคิดเป็น 4 วันต่อสัปดาห์ วิธีการจัดเวลาการทำงานแบบนี้อาจจำเป็นต้องใช้บุคลากรพยาบาลในจำนวนที่มากกว่าการจัดเวลาการทำงานแบบดั้งเดิม เนื่องจากแต่ละเวรจะมีเวลาเหลื่อมกันอยู่ 2 ชั่วโมง แต่ช่วงระยะเวลาการทำงานที่ยาวนั้นอาจนำมาซึ่งความเหนื่อยล้า ทำให้เกิดผลเสียต่อการดูแลผู้ป่วยและแก่ตัวบุคลากรพยาบาลเอง อย่างไรก็ตาม การจัดเวลาการทำงานแบบนี้ก็จะทำให้บุคลากรพยาบาลมีเวลาในการที่พักผ่อนในช่วงเวลาที่เกิดการเหลื่อมล้ำกันมากขึ้น รวมถึงการได้รับวันหยุด 3 วันต่อสัปดาห์ การจัดเวลาการทำงานแบบนี้มีช่วงเวลาการทำงานในแต่ละวันเป็นดังนี้

ตารางที่ 4. 2 *ช่วงเวลาการทำงานเวรละ 10 ชั่วโมง*

เวรการทำงาน	ช่วงเวลาการทำงาน
เวรเช้า	7.00-17.00 น.
เวรบ่าย	15.00- 1.00 น.
เวรดึก	23.00- 9.00 น.

4.2.3 การจัดเวลาการทำงานเวรละ 12 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 7 วัน

การจัดเวลาการทำงานเวรละ 12 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 7 วัน เป็นการจัดเวลาการทำงานอีกหนึ่งวิธีที่นำมาใช้ โดยบุคลากรพยาบาลจะทำงานเวรละ 12 ชั่วโมง ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 7 วัน แล้วหยุด 7 วัน ซึ่งการจัดเวลาการทำงานในลักษณะนี้จะ

จัดเพียง 1 เวรต่อ 1 วัน ดังนั้นจะคิดเป็นชั่วโมงการทำงาน 84 ชั่วโมงต่อ 2 สัปดาห์ การจัดเวลาการทำงานแบบนี้มีช่วงเวลาการทำงานในแต่ละวันเป็นดังนี้

ตารางที่ 4. 3 *ช่วงเวลาการทำงานเวรละ 12 ชั่วโมง*

เวรการทำงาน	ช่วงเวลาการทำงาน
เวรเช้า	7.00 -19.30 น.
เวรดึก	19.00 - 7.30 น.

วิธีการจัดเวลาการทำงานของบุคลากรพยาบาลมีอยู่หลายวิธีดังที่ได้เสนอขึ้นมาบางส่วน แต่การที่จะเลือกวิธีการใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของหน่วยงานหรือหอผู้ป่วยนั้นๆ ซึ่งในการเลือกวิธีการจัดเวลาการทำงานไม่จำเป็นต้องเลือกใช้เพียงวิธีการเดียว อาจพิจารณาหลายๆ วิธีรวมกันในแต่ละหอผู้ป่วยได้ ในการวิจัยฉบับนี้จะใช้วิธีการจัดเวลาการทำงานของบุคลากรพยาบาลแบบเวรละ 8 ชั่วโมงในหนึ่งวันเป็นเกณฑ์ คือ ใน 1 วัน (24 ชั่วโมง) จะแบ่งเวรทำงานออกเป็น 3 เวร โดยแต่ละเวรมีจำนวน 8 ชั่วโมง

4.3 รูปแบบของการจัดตารางเวรพยาบาล (Staffing Module)

การจัดตารางเวรพยาบาลมีอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งในการที่จะพิจารณานำเอารูปแบบการจัดตารางเวรพยาบาลต่างๆ มาใช้นั้น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของบุคลากรพยาบาล ลักษณะของผู้ป่วย และความพึงพอใจของบุคลากรพยาบาลแต่ละคน การจัดตารางเวรพยาบาลมีรูปแบบดังนี้ คือ

4.3.1 การจัดตารางเวรแบบหมุนเวียน

การจัดตารางเวรแบบหมุนเวียน (Rotating Shift Scheduling) มีหลักการคือ บุคลากรพยาบาลจะมีการหมุนเวียนกันเข้าทำงานในแต่ละเวรเป็นระยะ ๆ ตามเวรเช้า เวรบ่าย และเวรดึก โดยสลับเวรทำงานในแต่ละเวรตามความเหมาะสม และตามความจำเป็นของแต่ละหอผู้ป่วย ซึ่งช่วงเวลาทำงานของแต่ละเวรนั้นอาจเป็น 8 ชั่วโมง 10 ชั่วโมง หรือ 12 ชั่วโมง ลักษณะของการจัดการหมุนเวียนและการจัดช่วงระยะเวลาการหมุนเวียนอาจทำได้หลายแบบ เช่น การจัดให้มีการหมุนเวียนทุกสัปดาห์ หรือการจัดให้มีการหมุนเวียนทุก 3-5 วัน หรือการจัดให้มีการหมุนเวียนทุก 2-3 เดือน โดยทั่วไปแล้ว

การจัดตารางเวรแบบหมุนเวียนจะอยู่ในช่วง 8-12 สัปดาห์ และในเวลา 24 ชั่วโมงจะมีการหมุนเวียนเวรการทำงาน 3 เวร ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์สำคัญในการดำเนินการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วย อย่างไรก็ตามการจัดตารางเวรไม่ควรให้เกิดเวรต่อเนื่องกันนานเกิน 4 วัน ในเวรบ่ายและเวรดึก จึงควรจัดให้มีวันหยุดเป็นระยะอย่างเหมาะสม

4.3.2 การจัดตารางเวรแบบคงที่

การจัดตารางเวรแบบคงที่ (Fixed Shift Scheduling) เป็นการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาล โดยไม่มีการหมุนเวียนระหว่างเวรเช้า เวรบ่าย และเวรดึก แต่จะเป็นการทำงานโดยพยาบาลแต่ละคนจะได้รับเวรทำงานเวรใดเวรหนึ่งนั้นตลอดไป นั้นคือ ถ้าทำเวรเช้าก็ต้องทำเวรเช้าตลอด ถ้าทำเวรบ่ายก็ต้องทำเวรบ่ายตลอด หรือถ้าทำเวรดึกก็ต้องทำเวรดึกตลอด

4.3.3 การจัดตารางเวรแบบรอบ

การจัดตารางเวรแบบรอบ (Cyclic Scheduling) จะกำหนดเวลาการทำงานเป็นรอบในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ ในระหว่าง 6-10 สัปดาห์ โดยจัดให้มีวันหยุดคงที่ในแต่ละสัปดาห์ของรอบหนึ่งๆ ซึ่งวันหยุดที่กำหนดไว้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการจัดตารางเวรแบบนี้จึงควรจัดไว้หลายๆ แบบ โดยในแต่ละแบบจะมีวันหยุดของแต่ละสัปดาห์ที่แตกต่างกันไป เพื่อให้บุคลากรพยาบาลมีโอกาสเลือกแบบได้ตามความต้องการ

หลักการจัดตารางเวรแบบรอบ มีดังนี้

1. ระยะห่างของวันหยุดประจำสัปดาห์จะต้องกำหนดไว้แน่นอน เช่น จะต้องทำงานอย่างน้อย 2 วัน อย่างมากไม่เกิน 7 วัน จึงจะหยุดได้ และจะหยุดติดต่อกันได้ไม่เกิน 4 วัน
2. บุคลากรพยาบาลจะได้หยุดตรงกับวันสุดสัปดาห์เดือนละ 2-4 วัน โดยหมุนเวียนกัน
3. วันเริ่มต้นของสัปดาห์หนึ่งๆ ควรเป็นวันอาทิตย์
4. นโยบายในการจัดบุคลากรที่ทำงานบางเวลา และบุคลากรทีทำงานแบบลอย จะต้องกำหนดไว้ให้ชัดเจน
5. จำนวนชั่วโมงในการปฏิบัติงานในช่วง 2 สัปดาห์คือ 80 ชั่วโมง

การจัดตารางเวรแบบรอบเป็นวิธีการที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งในการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาล ซึ่งคำนึงถึงการกระจายความต้องการของเวลาการทำงานและเวลาหยุดสำหรับพยาบาลให้มีความเท่าเทียมกัน โดยจะยึดหลักตามระยะเวลา ซึ่งได้กำหนดการจัดตารางเวรออกมาเป็นจำนวนสัปดาห์ที่แน่นอน และให้มีการทำซ้ำเป็นวงรอบ

ข้อดีของการจัดตารางแบบรอบ คือ

1. ตารางเวรค่อนข้างมีความถาวร ต้องการการปรับเปลี่ยนเพียงเล็กน้อย
2. พยาบาลไม่ต้องคอยกังวลถึงวันหยุดที่จะได้รับ
3. การวางแผนโดยส่วนตัวของพยาบาลแต่ละคนสามารถทำได้
4. ความต้องการที่จะเรียกร้องขอวันหยุดมีน้อยลง
5. ตารางเวรสามารถให้เวรการทำงานเป็นแบบหมุนเวียน แบบถาวร หรือแบบผสม ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนให้มีวันหยุดที่แน่นอน และช่วงเวลาการทำงานที่ไม่แน่นอนได้ ตามความต้องการและความพอใจในช่วงเวลาการทำงานของพยาบาลประจำการแต่ละคน
6. ตารางเวรสามารถกำหนดหรือคาดการณ์ช่วงเวลาที่มีภาระงานมาก และสามารถปรับเปลี่ยนไปใช้กับกรณีฉุกเฉิน หรือช่วงที่ขาดแคลนพยาบาลได้

เนื่องจากการจัดตารางเวรแบบรอบ ค่อนข้างมีความแน่นอนในเวรการทำงานของพยาบาล ซึ่งมีการสับเปลี่ยนได้ตามกฎข้อบังคับต่างๆ และตามการเลือกของแต่ละบุคคลเท่านั้น วิธีที่ดีในการที่จะจัดตารางเวรแบบรอบ ควรให้พยาบาลได้มีการแจ้งถึงเวรการทำงานที่ต้องการ โดยให้แต่ละคนได้มีโอกาสเลือกเวรที่ตนต้องการ เพื่อตอบสนองความต้องการของพยาบาลแต่ละคน การจัดตารางเวรในลักษณะนี้มีรูปแบบมากมายที่สามารถนำมาปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ ให้มีความเหมาะสมกับความต้องการต่างๆ ที่เกิดขึ้น ในการจัดตารางเวรแบบต่างๆ ควรพิจารณาถึงนโยบายที่มีผลกระทบปัจจัยทางด้านภาระงาน และความพอใจของพยาบาล ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการจัดตารางเวรพยาบาลจะมีตารางเวรออกมา เพื่อสามารถที่จะนำมาปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการของแต่ละคน

4.4 การประเมินผลตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ

4.4.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินผลการจัดตารางเวรทำงาน

ทฤษฎีที่นำมาใช้ในการประเมินผลการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการในงานวิจัยนี้ จะทำการพิจารณาที่ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะกระจายงานให้มีความสมดุลเท่าเทียมกันมากที่สุด ข้อมูลเบื้องต้นที่จะนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อทำการประเมินผลนี้ ได้แก่ จำนวนพยาบาลประจำการที่มีอยู่ในหอผู้ป่วย ช่วงระยะเวลาการทำงาน และจำนวนพยาบาลประจำการที่ต้องการในแต่ละเวรทำงาน ซึ่งการหาค่าช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลสามารถทำได้ดังนี้

1) ระบุข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งได้แก่ จำนวนพยาบาลประจำการที่มีอยู่ในหอผู้ป่วย ช่วงระยะเวลาการทำงาน และจำนวนพยาบาลประจำการที่ต้องการในแต่ละเวรทำงาน

โดย n คือ จำนวนพยาบาลประจำการที่มีอยู่ในหอผู้ป่วย
d คือ ช่วงระยะเวลาการทำงาน หรือจำนวนวันทำงานทั้งหมด ซึ่งจะระบุเป็นจำนวนวันในแต่ละเดือน
m คือ จำนวนพยาบาลประจำการที่ต้องการในแต่ละเวรทำงาน

2) หางานที่ได้รับมอบหมายทั้งหมดในช่วงระยะเวลาการทำงาน (W)

$$W = 3dm \qquad (4.1)$$

โดย W คือ งานที่ได้รับมอบหมายทั้งหมด
d คือ จำนวนวันทำงานทั้งหมด
3d คือ จำนวนเวรทำงานทั้งหมด
m คือ จำนวนพยาบาลประจำการต้องการในแต่ละเวรทำงาน

3) หางานที่ได้รับมอบหมายโดยเฉลี่ยสำหรับพยาบาลประจำการแต่ละคน ($\overline{W}$)

$$\bar{W} = \frac{W}{n} \qquad (4.2)$$

โดย $\bar{W}$ คือ งานที่ได้รับมอบหมายโดยเฉลี่ย
W คือ งานที่มอบหมายทั้งหมด
n คือ จำนวนพยาบาลประจำการทั้งหมด

4) หาช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานโดยเฉลี่ย ($\bar{x}$)

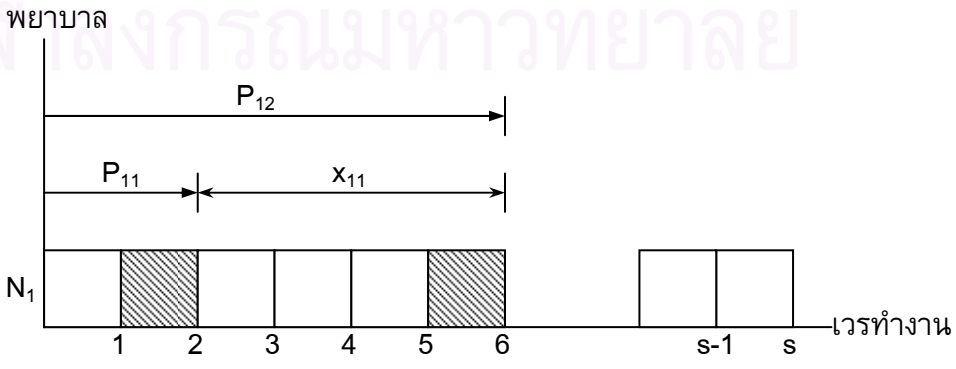
$$\bar{x} = \frac{3d}{\bar{W}} \qquad (4.3)$$

โดย $\bar{x}$ คือ ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานโดยเฉลี่ย
d คือ จำนวนวันทำงานทั้งหมด
$3d$ คือ จำนวนเวรทำงานทั้งหมด
$\bar{W}$ คือ งานที่มอบหมายโดยเฉลี่ย

5) หาช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน (x_{ij})

$$x_{ij} = P_{i,j+1} - P_{ij} \qquad (4.4)$$

โดย x_{ij} คือ ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่ j ของพยาบาลคนที่ i
Pij คือ ช่วงระยะของเวรทำงานที่ j เสร็จสิ้น
$P_{i,j+1}$ คือ ช่วงระยะของเวรทำงานที่ j+1 เสร็จสิ้น



รูปที่ 4. 2 *การหาค่าช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน*

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 4.2 จะได้ค่า $P_{11} = 2$ และ $P_{12} = 6$ ดังนั้น ค่า $x_{11} = 4$ ช่วง

4.4.2 ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินผลการจัดตารางเวรทำงาน

ข้อกำหนดของการจัดตารางเวรทำงาน (Penalty Cost) สามารถเขียนโดยรวมได้เป็นสมการที่ (4.5)

$$\text{Penalty cost} = \sum_{l=1}^{q} w_l \delta_l \qquad (4.5)$$

โดย w_l คือ น้ำหนักของข้อกำหนดที่ *l*

δ_l คือ ข้อกำหนดที่ *l*

q คือ จำนวนข้อกำหนดทั้งหมด

ข้อกำหนดของการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ (รายละเอียดในภาคผนวก ค) มีดังนี้

1. ไม่ควรจัดให้เวรทำงานของพยาบาลประจำการ 2 เวรอยู่ภายในวันเดียวกันหรือต่อเนื่องกัน เช่น เวรเช้าต่อเวรบ่าย เวรบ่ายต่อเวรดึก เวรดึกต่อเวรเช้า หรือ เวรเช้าต่อเวรดึก ควรจัดเวรทำงานให้ห่างกันอย่างน้อย 3 ช่วงเวรทำงาน โดยถ้าเวรทำงานอยู่ห่างกันไม่เกิน 3 ช่วงจะเกิดค่า Penalty ขึ้น แต่ถ้าเวรทำงานอยู่ห่างกันมากกว่าหรือเท่ากับ 3 ช่วงจะไม่เกิดค่า Penalty ในกรณีนี้

$w_1 = 10$

$$\delta_1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p} a_{ij}$$

โดยที่ $a_{ij} = |x_{ij} - 3|$ เมื่อ $x_{ij} < 3$

$a_{ij} = 0$ เมื่อ $x_{ij} \geq 3$

เมื่อ $w_1\delta_1$ คือ เวรทำงานต้องห่างกันอย่างน้อย 3 ช่วง

n คือ จำนวนพยาบาลประจำการทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

p	คือ	จำนวนช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานทั้งหมด
x_{ij}	คือ	ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่ j ของพยาบาลคนที่ i

2. หากต้องมีเวรทำงานติดต่อกันหรือต่อเนื่องกัน ไม่ควรให้เกิดเวรต่อเนื่องกันเกิน 2 เวรทำงาน เพราะว่าเวรทำงานที่ต่อเนื่องกันมากกว่า 2 เวรทำงานนั้น จะทำให้ประสิทธิภาพการพยาบาลของพยาบาลประจำการลดลงมาก เนื่องจากความเหนื่อยล้าจากการทำงานเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นจึงไม่ควรให้เกิดเวรทำงานต่อเนื่องกันเกินกว่า 2 เวรทำงาน สำหรับในกรณีที่จำเป็นต้องจัดเวรทำงานติดต่อกันต้องไม่มากกว่า 2 เวรทำงาน (ดังรูปที่ 4.3)

$$w_2\delta_2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{g=1}^{r} 10^{(b_{ig}+1)} \quad \text{เมื่อ } b_{ig} \geq 3$$

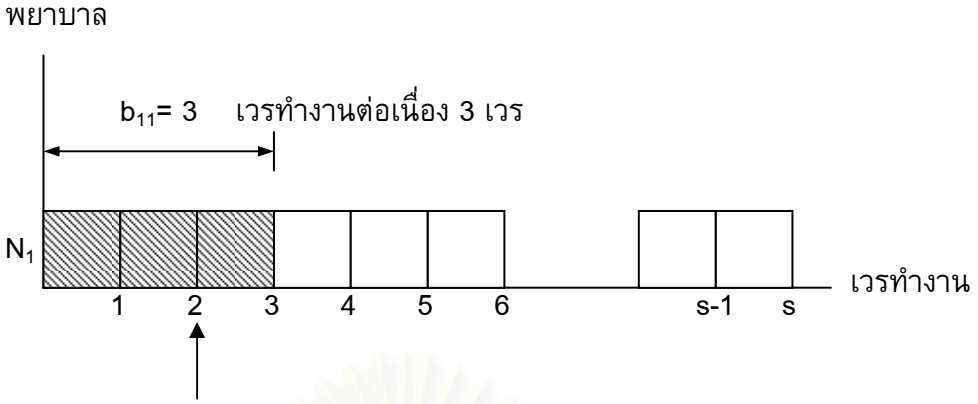
$$w_2\delta_2 = 0 \quad \text{เมื่อ } b_{ig} < 3$$

เมื่อ

$w_2\delta_2$	คือ	เวรทำงานต่อเนื่องกันเกินกว่า 2 เวรทำงาน (11 ชั่วโมง[1])
n	คือ	จำนวนพยาบาลประจำการทั้งหมด
r	คือ	จำนวนช่วงที่เกิดเวรทำงานต่อเนื่อง
b_{ig}	คือ	จำนวนเวรทำงานต่อเนื่องที่เกิดขึ้นในช่วง g ของพยาบาลคนที่ i

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[1] Slim Abennadher & Hans Schlenker, Nurse Scheduling Using Constraints Logic Programming, Eleventh Annual Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence, IAAI-99, Orlando, Florida, July 1999.



รูปที่ 4. 3 *เวรทำงานต่อเนื่องกันเกินกว่า 2 เวร*

3. เวรทำงานจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่น้อยกว่าที่กำหนด เนื่องจากถ้าจำนวนพยาบาลประจำการไม่เท่ากับที่กำหนดไว้แล้ว จะทำให้การพยาบาลผู้ป่วยมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ

$$w_3\delta_3 = 10{,}000 \times \sum_{k=1}^{s}(m - c_k)$$

เมื่อ $w_3\delta_3$ คือ จำนวนพยาบาลประจำการไม่เพียงพอในแต่ละเวร

s คือ จำนวนเวรทำงานทั้งหมด (s=3d)

c_k คือ จำนวนพยาบาลในเวรทำงานที่ k

m คือ จำนวนพยาบาลประจำการต้องการในแต่ละเวรทำงาน

4. เวรทำงานจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่เกินกว่าที่กำหนด เนื่องจากถ้ามีจำนวนพยาบาลประจำการมากกว่าที่กำหนดไว้แล้วจะเป็นสิ้นเปลือง เกินความจำเป็นทั้งทางด้านแรงงานและต้นทุนต่างๆ

$$w_4\delta_4 = 5{,}000 \times \sum_{k=1}^{s}(c_k - m)$$

เมื่อ $w_4\delta_4$ คือ จำนวนพยาบาลประจำการเกินในแต่ละเวร

s คือ จำนวนเวรทำงานทั้งหมด (s=3d)

c_k คือ จำนวนพยาบาลในเวรทำงานที่ k

m คือ จำนวนพยาบาลประจำการต้องการในแต่ละเวรทำงาน

4.4.3 การประเมินค่าผลของการจัดตารางเวร

การประเมินค่าผลของการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการนี้ จะทำได้โดยการนำตารางเวรที่ทำการจัดเรียบร้อยแล้ว มาคำนวณหาค่าต่างๆ อันได้แก่ค่าวัตถุประสงค์ และค่า Penalty ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ตามขั้นตอนในการคำนวณที่ได้กล่าวมาทั้งหมด เพื่อดูว่าตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการมีค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายทั้ง 2 วัตถุประสงค์เป็นอย่างไร และการจัดตารางเวรการทำงานมีการกระจายภาระให้แก่พยาบาลประจำการแต่ละเท่าเทียมกันหรือไม่ เนื่องจากวัตถุประสงค์เป้าหมายในการจัดตารางเวรการทำงานนี้ ต้องการที่จะกระจายภาระงานที่มีอยู่ให้แก่พยาบาลประจำการแต่ละคนอย่างเท่าเทียมกันให้มากที่สุด โดยจะคำนึงถึงความต้องการของพยาบาลประจำการแต่ละคนร่วมด้วย รวมถึงการเพิ่มประสิทธิ์ภาพในการจัดตารางเวรพยาบาลประจำการให้มีความสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น

4.5 สรุปท้ายบท

ปัญหาการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการเป็นปัญหาการมอบหมายงานรูปแบบหนึ่ง ที่ต้องคำนึงถึงหลักการและข้อกำหนดต่างๆ เนื่องจากงานการพยาบาลเป็นงานที่มีความละเอียดอ่อนมาก การมอบหมายงานให้แก่พยาบาลประจำการจึงจำเป็นต้องคำนึงความต้องการและความพอใจของพยาบาลประจำการร่วมด้วย

การจัดตารางเวรควรจะกระทำกันเป็นช่วงเวลาที่มีความแน่นอน เพื่อแสดงให้เป็นถึงเป้าหมาย หลักการ และวัตถุประสงค์ของการจัดการและการแบ่งงานของพยาบาลประจำการ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงจำนวนและความสามารถของพยาบาลประจำการที่มีอยู่ ความพอใจของพยาบาลประจำการแต่ละคน ความต้องการของคนไข้ และการใช้บุคลากรพยาบาลที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

การจัดเวลาการทำงานของพยาบาลประจำการในแต่ละหอผู้ป่วยมีหลายแบบ อันได้แก่ การจัดเวลาการทำงานเวรละ 8 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 5 วัน การจัดเวลาการทำงานเวรละ 10 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 4 วัน และการจัดเวลาการทำงานเวรละ 12 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 7 วัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการพิจารณาเฉพาะการจัดเวลาการทำงานเวรละ 8

ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 5 วัน เท่านั้น เนื่องจากเป็นการจัดตารางเวลาการทำงานที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

รูปแบบการจัดตารางเวรการทำงานมีหลายรูปแบบได้แก่ การจัดตารางเวรแบบหมุนเวียน การจัดตารางเวรแบบคงที่ และ การจัดตารางเวรแบบรอบ ซึ่งการเลือกใช้รูปแบบของการจัดตารางเวรการทำงานในแต่ละรูปแบบนั้น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของบุคลากรพยาบาล ลักษณะของผู้ป่วย และความพึงพอใจของพยาบาลประจำการแต่ละคน ดังนั้นจึงไม่สามารถเปรียบเทียบได้ว่ารูปแบบใดรูปแบบหนึ่งจะดีกว่า ความสำคัญอยู่ที่ความมุ่งหวังหรือจุดประสงค์ในการเลือกรูปแบบการจัดตารางเวรการทำงานมากกว่า

ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ ได้แก่ ช่วงเวลาทำงานหรือจำนวนวันในแต่ละเดือน (Period) จำนวนพยาบาลประจำการทั้งหมดในหนึ่งหอผู้ป่วย จำนวนพยาบาลประจำการในแต่ละช่วงเวรทำงาน ความต้องการของพยาบาลประจำการแต่ละคน และข้อกำหนดของการจัดตารางเวรทำงาน เมื่อได้ข้อมูลต่างๆ ก็จะนำมาหาตารางเวรทำงานที่มีความเหมาะสม ซึ่งตอบสนองความต้องการของพยาบาลประจำการและการพยาบาลได้ดีที่สุด

การประเมินผลการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการที่ได้ จะใช้การคำนวณช่วงระยะห่างระหว่างเวรการทำงานของพยาบาลเป็นตัววัดประสิทธิภาพของตารางเวรการทำงานที่ได้ทำการจัดขึ้น เพื่อดูว่าการมอบหมายงานมีการกระจายภาระงานไปยังพยาบาลประจำการอย่างเท่าเทียมกัน รวมทั้งได้คำนึงข้อกำหนดและความต้องการต่างๆ ของพยาบาลประจำการควบคู่กันไปด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

เจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรพยาบาล

เจนเนติกอัลกอริทึมถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา Optimization Problem ต่างๆ เช่น ปัญหาการจัดตารางงาน (Tadahiko, Hisao และ Hideo, 1996) ปัญหาการจัดตารางการผลิต (Murata และคณะ, 1996) ปัญหาการวางผังโรงงาน (ชนะ, 1998) รวมทั้งปัญหาการมอบหมายงานทั่วๆ ไป (Chu และ Beasley, 1996) โดยส่วนมากแล้ว เจนเนติกอัลกอริทึมที่ใช้จะมีโครงสร้างหลักคล้ายคลึงกันตามแบบของเจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย คือ มีการเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้น (Representation) การรีโปรดักชั่น (Reproduction) การครอสโอเวอร์ (Crossover) และการมิวเตชั่น (Mutation) แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการทางเจนเนติกอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับแต่ละปัญหาก็จะมีรายละเอียดปลีกย่อยในโครงสร้างหลักที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความเหมาะสมต่อรูปแบบปัญหานั้นๆ

เนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอถึงการประยุกต์เจนเนติกอัลกอริทึม เพื่อใช้สำหรับปัญหาการจัดตารางเวรการทำงานของพยาบาลประจำการ โดยมีกฎเกณฑ์ (Criteria) ในการจัดตารางเวรหรือในที่นี้เรียกว่าวัตถุประสงค์ (Objective) คือ เพื่อทำการกระจายภาระงานของพยาบาลประจำการแต่ละคนให้มีความเท่าเทียมกัน

5.1 ลักษณะของปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ

ปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการในงานวิจัยนี้เป็นปัญหาประเภทการมอบหมายงาน (Assignment Problem) ซึ่งมีลักษณะดังนี้

5.1.1 ลักษณะปัญหาการจัดตารางเวรทำงาน

- เป็นปัญหาการจัดพยาบาลประจำการที่มีอยู่ให้แก่เวรทำงานต่างๆ ที่กำหนดไว้ในช่วงเวลาหนึ่งๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกระจายการทำงานของพยาบาลประจำการแต่ละ

คนให้มีภาระงานที่ใกล้เคียงกัน หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าเพื่อให้เกิดความแปรปรวนของภาระงานในช่วงเวรทำงานของพยาบาลประจำการแต่ละคนมีค่าน้อยที่สุด วัตถุประสงค์ในการจัดตารางเวรทำงานสามารถได้ดังนี้

$$\text{Direction Span} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\left|x_{ij} - \bar{x}\right| \qquad (5.1)$$

จากสมการ (5.1) เป็นการวิเคราะห์ทิศทางการกระจาย (Direction) ของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน (x_{ij}) ของพยาบาล ว่ามีทิศทางการกระจายไปในทิศทางใด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานโดยเฉลี่ย ($\bar{x}$) โดยพยายามทำให้ค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นเข้าใกล้ค่าศูนย์มากที่สุด หรือให้มีค่าน้อยที่สุด

และ

$$\text{Accuracy Span} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\left|x_{ij} - \bar{x}\right| + \sum_{l=1}^{q} w_l \delta_l \qquad (5.2)$$

จากสมการ (5.2) เป็นการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน (Accuracy) ของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน (x_{ij}) ของพยาบาล ว่ามีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานโดยเฉลี่ย ($\bar{x}$) โดยพยายามทำให้ค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นเข้าใกล้ค่าศูนย์มากที่สุด หรือให้มีค่าน้อยที่สุด

เมื่อกำหนดให้

x_{ij} คือ ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่ j ของพยาบาลคนที่ i

$\bar{x}$ คือ ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานโดยเฉลี่ย

n คือ จำนวนพยาบาลประจำการทั้งหมด

p คือ จำนวนช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานทั้งหมด

- การจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการจะทำในหอผู้ป่วย 1 หอผู้ป่วย ไม่ยุ่งเกี่ยวกับหอผู้ป่วยอื่นๆ

- การจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการจะทำในหอผู้ป่วย 1 หอผู้ป่วยที่มีบุคลากรพยาบาลประจำ

- บุคลากรพยาบาลที่จะนำมาพิจารณาในการจัดตารางเวรการทำงาน คือ พยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วย และพยาบาลประจำการ ที่ทำหน้าที่ดูแลผู้ป่วยในหอผู้ป่วย

- ในการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ จะยึดหลักการจัดโดยให้พยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วยเลือกเวรทำงานก่อน แล้วจึงค่อยกำหนดเวรทำงานที่เหลือให้กับพยาบาลประจำการทั้งหมด

- มีการระบุจำนวนพยาบาลประจำการที่มีอยู่ในหอผู้ป่วยที่จะนำมาทำการจัดตารางเวรทำงานมาอย่างชัดเจน

- รูปแบบการจัดเวลาการทำงานจะแบ่งเป็นเวรละ 8 ชั่วโมงในหนึ่งวัน สัปดาห์ละ 5 วัน โดยมีการแบ่งเวรทำงานออกเป็น 3 เวรในแต่ละวัน คือ เวรเช้า เวรบ่าย และเวรดึก

- มีพยาบาลประจำการผลัดเปลี่ยนกันขึ้นเวรตลอดเวลา 24 ชั่วโมง

- จำนวนความต้องการพยาบาลประจำการในแต่ละเวรทำงาน ซึ่งได้แก่ เวรเช้า เวรบ่ายและเวรดึก มีจำนวนพยาบาลประจำการเท่ากัน

- เวรทำงานทุกเวรต้องมีพยาบาลประจำการตามจำนวนที่กำหนดไว้ในแต่ละเวร ไม่อนุญาตให้เกิดกรณีที่เวรทำงานไม่มีพยาบาลประจำการสักคนอยู่เข้ารับเวรอย่างเด็ดขาด

- ข้อมูลเข้า (Input) ประกอบไปด้วย ช่วงเวลาทำงานหรือจำนวนวันในแต่ละเดือน (Period) จำนวนพยาบาลประจำการทั้งหมดในหนึ่งหอผู้ป่วย และจำนวนพยาบาลประจำการในแต่ละช่วงเวรทำงาน

- พยาบาลประจำการแต่ละคนสามารถทำการเปลี่ยนวันหยุดหรือแลกวันทำงานได้ภายใต้ข้อบังคับต่างๆ ที่มีอยู่

5.1.2 ข้อจำกัดของการจัดตารางเวร

- การจัดตารางเวรไม่ควรให้เวรทำงาน 2 เวรอยู่ภายในวันเดียวกัน หรือต่อเนื่องกัน เช่น เวรเช้าต่อเวรบ่าย เวรบ่ายต่อเวรดึก เวรดึกต่อเวรเช้า หรือเวรเช้าต่อเวรดึก ควรจัดตารางเวรให้เวรทำงานห่างกันอย่างน้อย 2 เวร

- การจัดตารางเวรหากต้องมีเวรทำงานติดต่อกันหรือต่อเนื่องกัน ไม่ควรให้เกิดเวรต่อเนื่องกันเกิน 2 เวร (11 ชั่วโมง)

- ในแต่ละเวรทำงานจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้

- ในแต่ละเวรทำงานจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้

5.2 โครงสร้างของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ

5.2.1 *โครงสร้างหลัก*

โครงสร้างหลักของเจนเนติกอัลกอริทึม ประกอบด้วย 5 ส่วนคือ

1) ***Initialization*** เป็นการใส่รหัสคำตอบและสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้น

2) ***Reproduction*** เป็นการคัดเลือกสตริงคำตอบที่มีความเหมาะสม โดยดูจากค่าความเหมาะสม (Fitness) ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ในส่วนของการ Reproduction จะแบ่งเป็นขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน คือ

2.1) *Evaluation* เป็นการคำนวณหาค่าต่างๆ เพื่อนำไปสู่การหาค่าความเหมาะสม (Fitness) ของสตริงคำตอบ

2.2) *Selection* เป็นกระบวนการในการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมมากกว่า

3) ***Crossover*** เป็นการสร้างสตริงคำตอบตัวใหม่จากการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนระหว่างสตริงคำตอบ 2 ตัว

4) ***Mutation*** เป็นการสร้างสตริงคำตอบตัวใหม่โดยการย้ายค่าบางตำแหน่งภายในสตริงคำตอบ

5) ***Elite Preserve Strategy*** เป็นการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างสตริงคำตอบที่สร้างใหม่ กับสตริงคำตอบตัวที่ดีที่สุดตัวเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.2 *ขั้นตอนการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม*

ขั้นตอนการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึมมีดังนี้

1) **Data Input :** รับข้อมูลเข้าต่างๆ ซึ่งได้แก่ จำนวนวันทำงาน จำนวนพยาบาลประจำการทั้งหมดในหอผู้ป่วย และจำนวนพยาบาลประจำการในแต่ละเวร

2) **Representation & Initialization :** นำข้อมูลต่างๆ มาสร้างคำตอบเบื้องต้นแบบสุ่มจำนวน popsize ตัว โดยผ่านกระบวนการใส่รหัสคำตอบ (Representation) และการสร้างประชากรเบื้องต้น (Initial Population)

3) **Evaluation :** คำนวณหาค่าต่างๆ ที่ต้องการ เช่น ค่าความแตกต่างของทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน ค่าความคลาดเคลื่อนของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน ค่า Penalty Cost แล้วนำค่าเหล่านี้ไปคำนวณหาค่า Fitness ของประชากรเบื้องต้นทุกตัว

4) **Initial Elite Preserve Strategy :** หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากประชากรเจนเนอเรชั่นแรกและเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดนี้ไว้เป็น Elite Preserve Solution

5) **Selection :** คัดเลือกคำตอบที่ดีเข้าสู่ Mating Pool เพื่อเตรียมทำการจับคู่โดยอาศัยวิธี Selection หาคำตอบที่มีความเหมาะสมมากกว่า

6) **Crossover :** ทำการจับคู่คำตอบที่อยู่ใน Mating Pool และทำการครอสโอเวอร์ ด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เท่ากับ Pc

7) **Post-crossover Elite Preserve Strategy :** หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการครอสโอเวอร์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ Elite Preserve Solution ที่มีอยู่ ถ้าคำตอบที่ได้จากการ ครอสโอเวอร์ดีกว่า ก็ให้เก็บคำตอบนั้นเป็น Elite Preserve Solution แทน

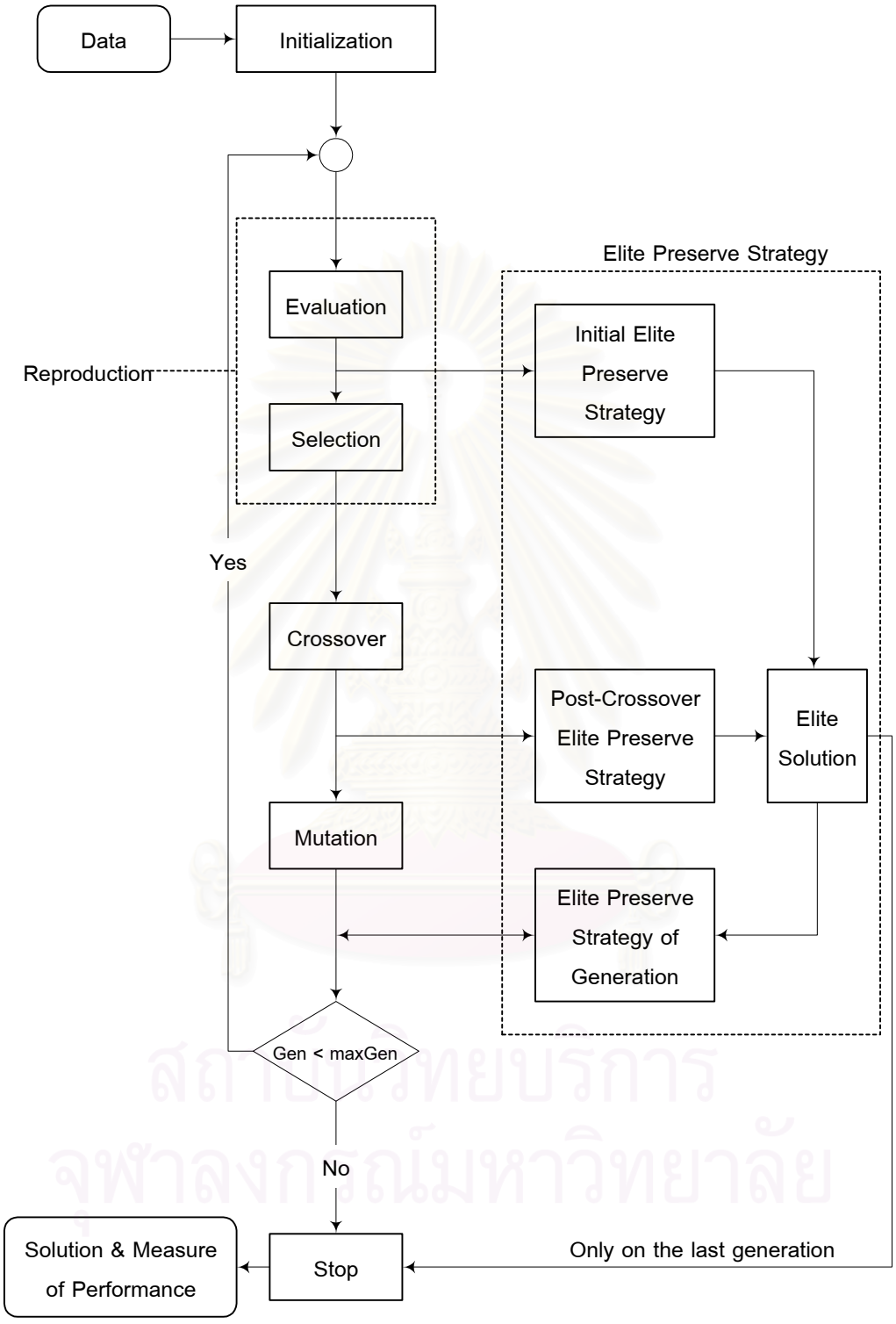
8) **Mutation :** ทำการมิวเตชั่นสตริงคำตอบที่มีด้วยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น เท่ากับ Pm

9) **Elite Preserve Strategy of Generation :** หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่น แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ Elite Preserve Solution ที่มีอยู่ ถ้าคำตอบที่ได้จากมิวเตชั่นดีกว่า ก็ให้เก็บคำตอบนั้นเป็น Elite Preserve Solution แทน แต่ถ้า Elite Preserve Solution ดีกว่า ก็ให้แทนที่คำตอบที่แย่ที่สุดจากการมิวเตชั่นด้วย Elite Preserve Solution

10) **GAs-loop :** ดูว่าเจนเนอเรชั่นน้อยกว่าจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดหรือไม่ ถ้าน้อยกว่าให้กลับไปทำข้อที่ 5) – ข้อที่ 10) ถ้าไม่ให้ทำข้อที่ 12)

11) **Stop :** หยุดกระบวนการของเจนเนติกอัลกอริทึม และนำค่า Elite Preserve Solution มาเป็นคำตอบ

โครงสร้างและวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมแสดงได้ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5. 1 *แผนผังแสดงโครงสร้างและวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม*

5.3 วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม

5.3.1 การใส่รหัสคำตอบ (Chromosome Representation / Coding)

ขั้นตอนแรกของเจนเนติกอัลกอริทึม คือ การกำหนดรูปแบบของการใส่รหัสคำตอบ ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีผลอย่างมากต่อขั้นตอนอื่นๆ ของ GAs การใส่รหัสคำตอบ คือ การเปลี่ยนคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปของสตริงคำตอบ (หรือที่เรียกว่า Chromosome) วิธีการใส่รหัสคำตอบมีทั้งแบบ Binary String และ Non-binary String ในกรณีของปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ คำตอบของปัญหาคือเวรทำงานต่างๆ ที่ถูกมอบหมายให้กับพยาบาลประจำการแต่ละคน ดังนั้นวิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงต้องสามารถระบุถึงเวรทำงานที่พยาบาลประจำการแต่ละคนจะได้รับในรูปแบบของสตริงได้ วิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงควรเป็นแบบ Binary String

ในปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ พยาบาลประจำการแต่ละคนมีข้อกำหนดของเวรทำงานต่างๆ ในแต่ละเวรทำงานที่ไม่เหมือนกัน รวมทั้งข้อกำหนดในการจัดตารางเวรทำงานของทางโรงพยาบาล จึงทำให้ไม่สามารถกำหนดเวรทำงานให้กับพยาบาลประจำการแต่ละคนได้อย่างอิสระ ดังนั้นเวรทำงานต่างๆ จึงควรจะนำมาพิจารณาให้สัมพันธ์กับข้อกำหนดที่มีอยู่เสียก่อน แล้วจึงนำไปจัดเรียงให้กับพยาบาลประจำการแต่ละคน โดยคำนึงถึงจำนวนภาระงานที่พยาบาลประจำการแต่ละคนจะได้รับ จากแนวคิดดังกล่าว เวรทำงานที่ถูกจัดสามารถนำมาใช้เป็นรูปแบบของการใส่รหัสคำตอบได้ ลักษณะของสตริงคำตอบมีดังนี้

1) คำตอบ 1 คำตอบ แทนด้วยสตริงคำตอบ 1 ตัวที่เรียกว่า Chromosome

2) ใน 1 Chromosome จะแบ่งเป็นหน่วยเล็กๆ ที่เรียกว่า bit เรียงกันอยู่ โดยจำนวนของ bit จะเท่ากับจำนวนเวรทำงานทั้งหมดที่มอบหมายให้แก่พยาบาลประจำการทุกคนในช่วงเวลาที่นำมาพิจารณา

3) ในแต่ละ bit จะมีค่าตัวเลข 0 หรือ 1 บรรจุรวมกันอยู่ m ค่าใน 1 Chromosome ซึ่งค่า 0 หมายถึง พยาบาลประจำการไม่ได้รับเวรทำงานนั้น ค่า 1 หมายถึง พยาบาลประจำการได้รับเวรทำงานนั้น และค่า m หมายถึง จำนวนเวรทำงานทั้งหมดที่มีอยู่ในช่วงเวลาที่นำมาพิจารณา

4) ตำแหน่งของ bit หมายถึง เวรทำงาน

5) ตัวเลขในแต่ละ bit จะมีเพียง 0 กับ 1 เท่านั้น สลับกันอยู่ภายใน 1 Chromosome

ตัวอย่างเช่น สตริงคำตอบเป็น [1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0; 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0; 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1; 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0] จะได้ว่า ใน 1 Chromosome มีจำนวน bit ทั้งหมด 48 bit นั้นหมายถึง ตารางเวรทำงานที่นำมาพิจารณามีช่วงเวรทำงาน 4 วัน ซึ่งคิดเป็นเวรทำงานทั้งหมด 12[1] เวรทำงาน มีจำนวนพยาบาลประจำการ 4 คน และมีพยาบาลประจำการในแต่ละเวรทำงาน 1 คน ในตำแหน่งที่ 1 ของสตริงคำตอบเป็น 1 หมายความว่าในวันที่ 1 ช่วงเวรทำงานเช้ามอบหมายให้แก่พยาบาลประจำการคนที่ 1 เช่นเดียวกันกับในตำแหน่งที่ 25 ของสตริงคำตอบที่เป็น 0 หมายความว่าในวันที่ 1 ช่วงเวรทำงานเช้านั้น พยาบาลประจำการคนที่ 3 ไม่ได้รับเวรทำงานนี้ ดังแสดงได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5. 1 *ตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 4 คนในช่วงเวลาทำงาน 12 เวร*

	วันที่ 1			วันที่ 2			วันที่ 3			วันที่ 4			
เวรทำงานที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	รวม
พยาบาลคนที่ 1	x							x			X		3
พยาบาลคนที่ 2		x				x				x			3
พยาบาลคนที่ 3				X	x							x	3
พยาบาลคนที่ 4			x				x		x				3
รวม	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12

5.3.2 การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น (Initial Population Creating)

การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น คือ การสร้างคำตอบเบื้องต้นขึ้นมาจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของ GAs โดยคำตอบ 1 คำตอบ คือประชากร 1 ตัว จำนวนของประชากรที่ต้องการสร้างนั้นเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่ต้องมีการกำหนด ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ popsize ตัว

สำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการนั้น ประชากร 1 ตัว หมายถึง เวรทำงานที่มีอยู่ทั้งหมดในหนึ่งช่วงเวลาที่นำพิจารณาซึ่งได้มอบหมายให้แก่พยาบาลประจำการทุกคนในหอผู้ป่วยหนึ่งๆ ดังนั้นการสร้างประชากรขึ้นมา 1 ตัว จึงทำได้โดยการระบุค่าที่จำเป็นต่อการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ ซึ่ง

[1] ใน 1 วันมีเวรทำงาน 3 เวร ได้แก่ เวรเช้า เวรบ่าย และเวรดึก

ได้แก่ ช่วงเวลาที่นำมาพิจารณา จำนวนพยาบาลประจำการที่มีอยู่ในหนึ่งหอผู้ป่วย และจำนวนพยาบาลประจำการที่ต้องการในเวรทำงานหนึ่งๆ เพื่อที่จะทำการใส่ค่า 0 กับ 1 สลับกันไป m จำนวนลงไปในแต่ละ bit ของสตริงคำตอบจนครบทุก bit และทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนได้ประชากรครบทั้งหมด popsize ตัว

ตามหลักการของ GAs การสร้างประชากรเบื้องต้นมักใช้วิธีการแบบสุ่ม ซึ่งหมายความว่าค่า 0 กับ 1 ที่นำมาใส่ในแต่ละ bit จะต้องถูกเลือกมาแบบสุ่ม แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีของปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ ซึ่งมีข้อจำกัดในด้านต่างๆ เช่น ในแต่ละเวรทำงานต้องการพยาบาลประจำการขึ้นเวรจำนวน 2 คน ถ้าน้อยกว่านั้นก็จะทำให้การพยาบาลผู้ป่วยได้ไม่เต็มประสิทธิภาพเท่าที่ควร หรือถ้ามากกว่านั้นก็จะเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรโดยไม่จำเป็น ในการสร้างประชากรแบบสุ่มอาจทำให้เกิดคำตอบที่ขัดแย้งกับข้อจำกัดดังกล่าว หรือที่เรียกว่า คำตอบที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible Solution) ดังนั้นในการสร้างคำตอบเบื้องต้นสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการนี้ จึงต้องใช้วิธีการสุ่มโดยพิจารณาถึงข้อกำหนดต่างๆ ของการจัดตารางเวรทำงานร่วมด้วย ซึ่งวิธีนี้จะช่วยรับประกันได้ว่าคำตอบเบื้องต้นที่สร้างขึ้นมาทั้งหมดจะเป็นคำตอบที่ไม่ขัดกับข้อกำหนดต่างๆ ที่ใช้ในการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ หรือที่เรียกว่า คำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution)

5.3.2.1 การสร้างเวกเตอร์ภาระงานเฉลี่ยที่พยาบาลประจำการแต่ละคนจะได้รับ

เป็นการกระจายภาระงานให้แก่พยาบาลประจำการแต่ละคน จากภาระงานทั้งหมดที่มีอยู่แล้วนำมาเฉลี่ยตามจำนวนพยาบาล ซึ่งจำนวนงานที่พยาบาลประจำการแต่ละคนจะได้รับนั้นมาจากการสุ่มค่า ตัวอย่างเช่น ภาระงานทั้งหมด 12 เวรทำงาน เมื่อนำมาเฉลี่ยให้กับพยาบาลประจำการ 4 คน จะได้ว่าพยาบาลประจำการแต่ละคนจะได้รับภาระงานโดยเฉลี่ยคนละ 3 เวรทำงาน การมอบหมายภาระงานโดยเฉลี่ยให้แก่พยาบาลประจำการแต่ละคนนี้จะมาจากการสุ่ม โดยทำการสุ่มค่าภาระงานโดยเฉลี่ยที่มีอยู่ให้แก่พยาบาลประจำการคนที่หนึ่งก่อน จากนั้นให้เอาภาระงานโดยเฉลี่ยที่เหลือสุ่มให้แก่พยาบาลประจำการคนที่สองต่อไป ทำเช่นนี้จนภาระงานโดยเฉลี่ยทั้งหมดถูกสุ่มให้แก่พยาบาลประจำการจนครบทุกคน ซึ่งเวกเตอร์ที่สร้างขึ้นจะได้เป็น [3 3 3 3] หมายความว่า พยาบาลประจำการคนที่หนึ่งถึงคนที่สี่ได้รับภาระงานโดยการสุ่มคนละ 3 เวรทำงาน เนื่องจากค่าเฉลี่ยเป็นจำนวนเต็มที่หารลงตัว ดังนั้นภาระงานของพยาบาลประจำการแต่ละคนจึงมีค่าเท่ากัน ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยไม่ได้เป็นจำนวนเต็มจะทำการปัดเศษขึ้นลงให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุด ซึ่งต้องคำนึงถึงภาระงานทั้งหมดร่วมด้วย

5.3.2.2 การสร้างเมตริกซ์มอบหมายงานให้แก่พยาบาลประจำการทั้งหมด

หลังจากที่ได้เวกเตอร์ภาระงานโดยเฉลี่ยของพยาบาลประจำการแล้ว จะนำเวกเตอร์นี้มากำหนดการมอบหมายงานให้แก่พยาบาลประจำการทั้งหมด ตามจำนวนภาระงานที่พยาบาลประจำการแต่ละคนได้รับ โดยการมอบหมายงานนี้จะคำนึงถึงจำนวนพยาบาลประจำการที่แต่ละเวรทำงานต้องการประกอบด้วย ซึ่งวิธีการสร้างเมตริกซ์มอบหมายงานมีขั้นตอนดังนี้

1) สร้างเมตริกซ์ศูนย์ขนาด N x S (จำนวนพยาบาลประจำการ x จำนวนเวรทำงานทั้งหมด)

2) สุ่มตำแหน่งในแถวที่หนึ่งแล้วใส่ค่า " 1 " ลงในเมตริกซ์ทีละแถวตามแนวนอนจนครบภาระงานที่พยาบาลประจำการคนที่หนึ่งจะได้รับ

3) สุ่มตำแหน่งในแถวที่สองแล้วใส่ค่า " 1 " ลงในเมตริกซ์ทีละแถวตามแนวนอนจนครบภาระงานที่พยาบาลประจำการคนที่สองจะได้รับ โดยในการมอบหมายงานให้แก่พยาบาลประจำการคนที่สองนี้จะต้องตรวจสอบด้วยว่าตำแหน่งที่มอบหมายงาน เมื่อรวมผลในแนวคอลัมม์แล้ว ค่าผลรวมที่ได้ต้องไม่มากกว่าค่าของจำนวนพยาบาลประจำการที่เวรทำงานแต่ละเวรต้องการ แต่ถ้ามากกว่าให้ทำการสุ่มตำแหน่งอื่นต่อไป

4) ทำการสุ่มค่าดังเช่นข้อ 3) ไปเรื่อยๆ จนครบทุกแถว

5.3.2.3 จำนวนประชากรเบื้องต้น

จากขั้นตอนการสร้างประชากรเบื้องต้นในข้อ 5.3.2.2 เป็นการสร้างประชากรเพียง 1 ตัวเท่านั้น แต่ในวิธีการของ GAs จำเป็นที่จะต้องมีจำนวนประชากรมากกว่า 1 ตัวเพื่อให้สามารถดำเนินการตามวิธีการของ GAs ในขั้นต่อๆ ไปได้ จำนวนประชากรเบื้องต้นจะเท่ากับจำนวนประชากรในแต่ละเจนเนอเรชั่น และเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ GAs การกำหนดจำนวนประชากรเบื้องต้นที่เหมาะสมจะได้กล่าวในบทต่อไป แต่ในที่นี้ให้ใช้จำนวนประชากรเท่ากับ *popsize* ตัว

5.3.3 การประเมินค่า (Evaluation)

ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการคัดเลือกของเจนเนติกอัลกอริทึม จำเป็นที่จะต้องมีการประเมินค่าประชากรแต่ละตัวเสียก่อนว่ามีความเหมาะสมมากหรือน้อยเพียงใด ความเหมาะสมนี้จะวัดจากค่า Fitness ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตัวใดที่มีค่า Fitness มากก็หมายความว่ามีความเหมาะสมมากตามไปด้วย โดยที่ค่า Fitness ดังกล่าวหมายถึง ค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่เราต้องการทำให้ต่ำที่สุดหรือสูงที่สุดนั่นเอง

ค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ในที่นี้คือ ค่าความแตกต่างของทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล (Direction Span) และค่าความคลาดเคลื่อนของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล (Accuracy Span) ที่ต้องการทำให้มีค่าต่ำที่สุดนั่นเอง การหาค่าความแตกต่างของทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลของสตริงแต่ละตัวสามารถหาได้จากสมการที่ 5.1 และการหาค่าความคลาดเคลื่อนของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลของสตริงแต่ละตัวสามารถหาได้จากสมการที่ 5.2

สมการดังกล่าวอยู่ในรูปแบบของการหาค่าต่ำที่สุด ดังนั้นต้องทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบการหาค่าสูงที่สุดของ Fitness Function เสียก่อน ดังสมการที่ 5.3

$$f(Xi) = \left(\sum_{i=1}^{popsize} Xi \right) - Xi \qquad (5.3)$$

เมื่อ Xi คือค่า Objective Function ของสตริงคำตอบแต่ละตัว

ซึ่งในกรณีของปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการนี้ มีวัตถุประสงค์อยู่ 2 วัตถุประสงค์ ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบการหาค่าสูงที่สุดของ Fitness Function ทั้งสองวัตถุประสงค์

5.3.4 การคัดเลือกคำตอบ (Selection)

การคัดเลือกคำตอบทำโดยนำเอากลุ่มสตริงคำตอบเบื้องต้นทั้งหมดมาผ่านวิธีการคัดเลือกโดยดูจากค่า Fitness ของสตริงคำตอบแต่ละตัวเป็นหลัก สตริงตำตอบตัวที่มีค่า Fitness มากก็มีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกไว้มากกว่าตัวที่มีค่า Fitness น้อย

สตริงคำตอบที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน popsize ตัวจะผ่านเข้าสู่ Mating Pool เพื่อรอการจับคู่และการดำเนินการของ GAs ในขั้นต่อไป

การคัดเลือกคำตอบที่ใช้ คือ วิธี Tournament Selection (Goldberg, 1991) ซึ่งเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธี Roulette Wheel Selection ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างวงล้อรูเล็ตขึ้นมาก่อน

5.3.4.1 การสร้างวงล้อรูเล็ต

วงล้อรูเล็ต คือ วงกลมที่มีพื้นที่ขนาด 1 หน่วยซึ่งพื้นที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามจำนวนของประชากรในแต่ละเจนเนอเรชั่น (เท่ากับ popsize ส่วน) พื้นที่แต่ละส่วนจะมีขนาดเท่ากับความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของสตริงคำตอบแต่ละตัว วิธีการสร้างมีดังนี้

หาค่า Fitness รวมของสตริงคำตอบทั้งหมด popsize ตัว ดังสมการที่ 5.4

$$F = \sum_{i=1}^{popsize} f(Xi) \qquad (5.4)$$

โดย $f(Xi)$ = ค่า Fitness ของสตริงตัวที่ i

หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตามสมการที่ 5.5

$$p_i = \frac{f(Xi)}{F} \qquad i = 1, 2, \ldots, popsize \qquad (5.5)$$

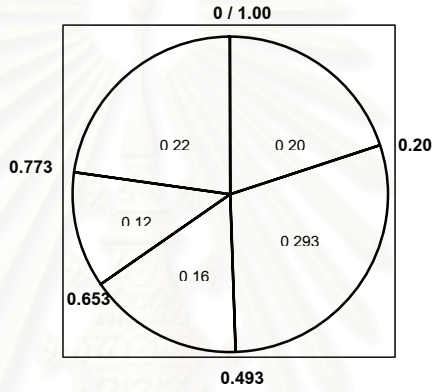
หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตามสมการที่ 5.6

$$q_i = \sum_{j=1}^{i} p_j \qquad (5.6)$$

ตัวอย่างของวงล้อรูเล็ตแสดงได้ดังตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.2

ตารางที่ 5. 2 *ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูเล็ต*

String No.	Fitness	*pi*	*qi*
1	15.000	0.200	0.200
2	22.000	0.293	0.493
3	12.000	0.160	0.653
4	9.000	0.120	0.773
5	17.000	0.227	1.000
รวม	75.000	1.000	



รูปที่ 5. 2 *วงล้อรูเล็ต*

5.3.4.2 วิธี Tournament Selection

การคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธี Roulette Wheel Selection ซึ่งใช้กันอยู่ทั่วไป จะใช้สุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูเล็ต ซึ่งมีโอกาสที่จะสุ่มได้สตริงคำตอบที่มีค่า Fitness น้อยๆ ด้วย แต่สำหรับการคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธี Tournament Selection เป็นการสุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูเล็ตมา 2 ตัว แล้วนำค่า Fitness มาเปรียบเทียบกันอีกครั้งหนึ่ง สตริงคำตอบที่ถูกเลือกจึงเป็นตัวที่มีความเหมาะสมมากกว่า สำหรับขั้นตอนการเลือกมีดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมา 1 ค่า คือ r_1
2. ถ้า $r_1 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r_1 < q_i$ (เมื่อ 2< i < popsize) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวแรก
3. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมาอีก 1 ค่า คือ r_2

4. ถ้า $r_2 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r2 < q_i$ (เมื่อ 2< i < popsize) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวที่สอง

5. นำค่า Fitness ของสตริงคำตอบทั้ง 2 ตัวมาเปรียบเทียบกัน ตัวใดมีค่า Fitness มากกว่าก็ให้เลือกตัวนั้นเข้าสู่ Mating Pool

6. ทำตามขั้นตอนข้อที่ 1 – 5 จนกว่าจะได้สตริงคำตอบใน Mating Pool ครบ popsize ตัว

จากวิธีดังกล่าวจะเห็นได้ว่า สตริงคำตอบที่มีค่า Fitness มากก็จะมีพื้นที่มากจึงมีโอกาสที่ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาจะตกอยู่ภายในบริเวณของสตริงคำตอบตัวนั้นมากกว่าตัวที่มีค่า Fitness น้อย (มีพื้นที่น้อย) ทำให้สตริงคำตอบที่ถูกเลือกเข้าสู่ Mating Pool เป็นสตริงคำตอบที่มีค่า Fitness โดยเฉลี่ยสูงกว่าสตริงคำตอบเดิม

ตารางที่ 5. 3 *ตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธี Tournament Selection*

ครั้งที่	ประชากรตัวที่ 1				ประชากรตัวที่ 2				หมายเลขประชากรที่เลือก
	r_1	$q_i > r_1$	หมายเลขประชากร	ค่า Fitness	r_2	$q_i > r_2$	หมายเลขประชากร	ค่า Fitness	
1	0.320	0.493	2	22.000	0.951	1.000	5	17.000	2
2	0.178	0.200	1	15.000	0.607	0.653	3	12.000	1
3	0.891	1.000	5	17.000	0.762	0.773	4	9.000	5
4	0.457	0.493	2	22.000	0.018	0.200	1	15.000	2
5	0.936	1.000	5	17.000	0.406	0.493	2	22.000	2

(หมายเหตุ: qi ที่มากกว่าค่า r ในคอลัมน์ที่ 3 และ7 ได้มาจากตารางที่ 5.2)

ตารางที่ 5.3 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธี Tournament Selection ซึ่งจะเห็นได้ว่าสตริงคำตอบหมายเลข 2 ซึ่งมีค่า Fitness มากที่สุด จะถูกสุ่มเลือกขึ้นมามากครั้งที่สุด ในขณะที่สตริงคำตอบซึ่งมีค่า Fitness น้อยก็จะถูกสุ่มเลือกน้อยครั้งเช่นกัน ข้อสังเกตประการหนึ่งจากตัวอย่างก็คือ ในการสุ่ม ก็สุ่มได้สตริงคำตอบหมายเลข 4 ที่มีค่า Fitness น้อยที่สุดด้วย ซึ่งถ้าใช้วิธี Roulette Wheel สตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้ก็จะมีโอกาสที่จะถูกเลือกเข้าสู่ Mating Pool และจะได้รับการดำเนินการตามกระบวนการ GAs ต่อไป แม้ว่าสตริงคำตอบตัวนี้จะมีความเหมาะสมต่ำก็ตาม แต่เมื่อใช้วิธีคัดเลือกแบบ Tournament Selection สตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้จะต้องถูกนำไปเปรียบเทียบกับสตริงคำตอบอีกตัวก่อน ดังนั้นโอกาสที่สตริงคำตอบตัวนี้จะถูกเลือกเข้าสู่ Mating Pool ก็จะลดลง

5.3.5 การครอสโอเวอร์ (Crossover)

5.3.5.1 การจับคู่สตริงคำตอบ

จากสตริงคำตอบจำนวน popsize ตัวที่ได้มาจากกระบวนการคัดเลือก จะมีสตริงคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาจับคู่เพื่อเตรียมสำหรับกระบวนการครอสโอเวอร์ สตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกนำไปจับคู่ก็จะยังคงสภาพเดิมและอยู่ใน Mating Pool (เป็นประชากรในเจนเนอเรชั่น) ต่อไป จำนวนสตริงคำตอบที่จะถูกนำมาจับคู่ (Nc) ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Pc) การจับคู่สตริงคำตอบเพื่อที่จะนำไป ครอสโอเวอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้กับสตริงคำตอบแต่ละตัว
2. สตริงคำตอบตัวใดที่ตัวเลขสุ่มมีค่าน้อยกว่า Pc จะถูกเลือกไปจับคู่และทำการครอสโอเวอร์
3. ถ้าไม่มีสตริงคำตอบตัวใดที่มีค่า r น้อยกว่า Pc ให้เริ่มทำข้อ 1 และ 2 อีกครั้ง
4. ถ้ามีสตริงคำตอบที่มีค่า r น้อยกว่า Pc ทั้งหมดจำนวน Nc ตัว โดยที่ Nc เป็นจำนวนคี่ ต้องทำการปรับให้เป็นจำนวนคู่ก่อน โดยมีเงื่อนไขในการปรับ ดังนี้

   - ถ้า Nc เป็นจำนวนคี่ซึ่งมีค่าระหว่าง 1 ถึง popsize ให้ทำการสุ่มตัวเลข 0 หรือ 1 ขึ้นมา 1 ค่า ถ้าสุ่มได้เลข 1 ให้เพิ่มสตริงคำตอบเข้าไปอีก 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่เหลืออยู่ใน Mating Pool แต่ถ้าสุ่มได้เลข 0 ให้ตัดสตริงคำตอบทิ้ง 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่ได้เลือกเอาไว้
   - ถ้า Nc มีค่าเท่ากับ 1 การปรับให้ใช้วิธีเพิ่มสตริงเข้าไปอีก 1 ตัวเท่านั้น
   - ถ้า Nc มีจำนวนเท่ากับ popsize ซึ่งเป็นจำนวนคี่ การปรับให้ใช้วิธีตัดสตริงคำตอบที่เตรียมได้ลง 1 ตัวเท่านั้น

5. เมื่อได้สตริงคำตอบที่จะนำมาจับคู่ทั้งหมด Nc ตัว ให้นำมาจับคู่ตามลำดับ ซึ่งจะได้ทั้งหมด $Nc/2$ คู่

5.3.5.2 การครอสโอเวอร์

สตริงคำตอบที่เตรียมไว้ $Nc/2$ คู่จะถูกนำมาผ่านกระบวนการครอสโอเวอร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่นำสตริงคำตอบที่ถูกจับคู่ไว้มาแลกเปลี่ยนส่วนซึ่งกันและกัน เพื่อให้เกิดสตริงใหม่ขึ้นโดยจะเรียกสตริงคำตอบ 2 ตัวที่ถูกจับคู่นี้ว่า “สตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ (Parent)” และจะเรียกสตริงคำตอบ 2 ตัวที่ได้จากการครอสโอเวอร์นี้ว่า “สตริงคำตอบรุ่นลูก (Offspring)”

สำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการนี้ เนื่องจากสตริงคำตอบของปัญหามีขนาดใหญ่มาก ดังนั้นจึงจะทำการแบ่งสตริงคำตอบออกเป็นส่วนๆ โดยสตริงคำตอบแต่ละสตริงที่ได้จากการจับคู่ จะถูกนำมาแบ่งเป็นสตริงคำตอบย่อยจำนวน n สตริงในแต่ละสตริงคำตอบนั้นๆ (n = จำนวนพยาบาลประจำการทั้งหมดที่มีอยู่) ก่อนที่จะนำมาทำการครอสโอเวอร์ ซึ่งหมายความว่า การครอสโอเวอร์ที่เกิดขึ้นจะกระทำที่พยาบาลประจำการแต่ละคน นั้นก็คือที่สตริงคำตอบย่อยรุ่นพ่อแม่ของสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ ดังนั้นในแต่ละสตริงคำตอบจะเกิดการครอสโอเวอร์เท่ากับจำนวนพยาบาลประจำการที่มีอยู่ทั้งหมด วิธีการครอสโอเวอร์มีหลายวิธี ในที่นี้เสนอวิธีการครอสโอเวอร์ไว้ทั้งหมด 3 วิธี คือ

1. วิธี Simple Crossover

วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Simple เป็นวิธีการครอสโอเวอร์แบบตำแหน่งเดียว ซึ่งทำได้โดยการหาจุดครอสโอเวอร์มา 1 ตำแหน่งบนตำแหน่งของสตริง 2 ตัว แล้วนำส่วนท้ายของสตริงตัวหนึ่งต่อเข้ากับส่วนหัวของสตริงอีกตัวหนึ่ง ผลการครอสโอเวอร์จะได้สตริงคำตอบรุ่นลูกจำนวน 2 ตัว แต่วิธีนี้อาจทำให้สตริงมีลักษณะที่ไม่ถูกต้อง

ในการครอสโอเวอร์วิธีนี้ จะเริ่มจากการกำหนดจุดครอสโอเวอร์ (Crossover Point : Xp) ขึ้นมา 1 ตำแหน่งบนสตริง โดยการสุ่มค่าระหว่าง [1, m-1] โดยที่ m คือความยาวของสตริง ตำแหน่งการครอสโอเวอร์แทนด้วย “ | ” และกำหนดให้ตำแหน่ง bit ที่ 1 ถึง Xp ของ Parent ตัวที่ 1 เป็น H1 ตำแหน่ง bit ที่ 1 ถึง Xp ของ Parent ตัวที่ 2 เป็น H2

$$p_1 = [\underbrace{1\ 0\ 0}_{H1} \mid 0\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0]$$

p_2 = [$\underbrace{0\ 0\ 1}_{H2}$ | 0 0 0 0 1 1 0 0 0]

นำ H1 มาเป็นส่วนหัวของ Offspring ตัวที่ 1 และนำ H2 มาเป็นส่วนหัวของ Offspring ตัวที่ 2 ตำแหน่งที่เหลือเป็นตำแหน่งว่างแทนด้วย #

o_1 = [1 0 0 | # # # # # # # # #]

o_2 = [0 0 1 | # # # # # # # # #]

นำค่าที่เหลืออยู่ใน p_1 มาแทนที่ # ใน o_2 และนำค่าที่เหลืออยู่ใน p_2 มาแทนที่ # ใน o_1 เช่นกัน ก็จะได้สตริงคำตอบรุ่นลูกที่สมบูรณ์

o_1 = [1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0]

o_2 = [0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0]

สำหรับในปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ หลังจากที่ได้สตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่มาหนึ่งคู่แล้ว จะนำมาแบ่งเป็นสตริงคำตอบย่อยภายในสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่นั้นก่อน โดยสตริงคำตอบที่นำมาทำการครอสโอเวอร์จะเป็นพยาบาลประจำการแต่ละคน ซึ่งสตริงจะมีลักษณะดังนี้

สตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่

P1 = [1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0
0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0]

P2 = [0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0
0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0]

สตริงคำตอบย่อยรุ่นพ่อแม่ของ Parent 1

P11 = 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0

P12 = 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0

P13 = 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1

P14 = 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สตริงคำตอบย่อยรุ่นพ่อแม่ของ Parent 2

P21 = 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0
P22 = 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
P23 = 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0
P24 = 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0

จากนั้นจะนำสตริงคำตอบที่ได้ มาทำการกำหนดจุดครอสโอเวอร์ขึ้นมา 1 ตำแหน่งบนสตริงคำตอบแต่ละคู่

P11 = 1 0 0 | 0 0 0 0 1 0 0 1 0
P21 = 0 0 1 | 0 0 0 0 1 1 0 0 0

P12 = 0 1 0 0 0 1 0 | 0 0 1 0 0
P22 = 1 0 0 0 0 0 1 | 0 0 0 0 1

P13 = 0 0 0 1 1 | 0 0 0 0 0 0 1
P23 = 0 0 0 1 0 | 1 0 0 0 0 1 0

P14 = 0 0 1 0 0 0 1 0 1 | 0 0 0
P24 = 0 1 0 0 1 0 0 0 0 | 1 0 0

นำส่วนหัวของ Parent แต่ละคู่มากำหนดค่าให้แก่ส่วนหัวของ Offspring คู่นั้นๆ แล้วเหลือส่วนท้ายไว้

O11 = 1 0 0 | # # # # # # # # #
O21 = 0 0 1 | # # # # # # # # #

O12 = 0 1 0 0 0 1 0 | # # # # #
O22 = 1 0 0 0 0 0 1 | # # # # #

O13 = 0 0 0 1 1 | # # # # # # #
O23 = 0 0 0 1 0 | # # # # # # #

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

O14 = 0 0 1 0 0 0 1 0 1 | # # #

O24 = 0 1 0 0 1 0 0 0 0 | # # #

ในแต่ละคู่จะทำการสลับค่าส่วนท้ายของ Parent แต่ละตัว เพื่อนำไปเป็นส่วนท้ายของ Offspring ในคู่นั้นๆ ซึ่งก็จะได้สตริงคำตอบรุ่นลูกขึ้นมา

O11 = 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0

O21 = 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0

O12 = 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1

O22 = 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0

O13 = 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0

O23 = 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1

O14 = 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0

O24 = 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0

ดังนั้นจะได้สตริงคำตอบรุ่นลูกที่สมบูรณ์เป็น

O1 = [1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0
0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0]

O2 = [0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0]

2. วิธี Linear Order Crossover

วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Linear Order เป็นวิธีการครอสโอเวอร์แบบเลือกตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ขึ้นมาอย่างสุ่ม 2 ตำแหน่งบนตำแหน่งของสตริง 2 ตัว โดยการครอสโอเวอร์จะทำภายในขอบเขตของช่วง “ | ”

p_1 = [1 0 | 0 0 0 0 0 1 | 0 0 1 0]

p_2 = [0 0 | 1 0 0 0 0 1 | 1 0 0 0]

ลองสุ่มตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ได้อยู่ในช่วง [2,8] จากนั้นให้ทำเครื่องหมาย # โดยเครื่องหมาย # หมายความว่าปล่อยตำแหน่งนั้นให้ว่าง ซึ่งจะได้สตริงรุ่นลูกเป็น

o_1 = [1 0 | # # # # # # | 0 0 1 0]
o_2 = [0 0 | # # # # # # | 1 0 0 0]

จากนั้นทำการสลับตำแหน่งที่อยู่ในช่วงขอบเขตของการครอสโอเวอร์ของสตริงทั้งสองที่เหลือ สตริงคำตอบที่ได้เมื่อทำการครอสโอเวอร์แล้วคือ

o_1 = [1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0]
o_2 = [0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0]

สำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ สตริงที่นำมาทำการ ครอสโอเวอร์จะมีลักษณะเหมือนกับการครอสโอเวอร์แบบ Simple จากนั้นจะสุ่มช่วงตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ขึ้น

P11 = 1 0 | 0 0 0 0 0 1 | 0 0 1 0
P21 = 0 0 | 1 0 0 0 0 1 | 1 0 0 0

P12 = 0 1 0 0 | 0 1 0 | 0 0 1 0 0
P22 = 1 0 0 0 | 0 0 1 | 0 0 0 0 1

P13 = 0 0 0 | 1 1 | 0 0 0 0 0 0 1
P23 = 0 0 0 | 1 0 | 1 0 0 0 0 1 0

P14 = 0 0 | 1 0 0 0 | 1 0 1 0 0 0
P24 = 0 1 | 0 0 1 0 | 0 0 0 1 0 0

กำหนดช่วงของตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ ซึ่งสตริงคำตอบที่ได้จะเป็น

O11 = 1 0 | # # # # # # | 0 0 1 0
O21 = 0 0 | # # # # # # | 1 0 0 0

O12 = 0 1 0 0 | # # # | 0 0 1 0 0
O22 = 1 0 0 0 | # # # | 0 0 0 0 1

O13 = 0 0 0 | # # | 0 0 0 0 0 0 1
O23 = 0 0 0 | # # | 1 0 0 0 0 1 0

O14 = 0 0 | # # # # | 1 0 1 0 0 0
O24 = 0 1 | # # # # | 0 0 0 1 0 0

ในแต่ละคู่จะทำการสลับช่วงที่อยู่ระหว่าง " | " ซึ่งก็จะได้สตริงคำตอบรุ่นลูกขึ้นมา

O11 = 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0
O21 = 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0

O12 = 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0
O22 = 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1

O13 = 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1
O23 = 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0

O14 = 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0
O24 = 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0

ดังนั้นจะได้สตริงคำตอบรุ่นลูกที่สมบูรณ์เป็น

O1 = [1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0]
O2 = [0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0
0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. วิธี Uniform Crossover

วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Uniform เป็นวิธีการครอสโอเวอร์แบบเลือกตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ขึ้นมาอย่างสุ่มหลายๆ ค่า โดยจำนวนค่าของตำแหน่งที่ได้ก็ได้มาจากการสุ่มเช่นกัน

p_1 = [1 0 **0** 0 **0** 0 0 1 0 0 **1** 0]
p_2 = [0 0 **1** 0 **0** 0 0 1 1 0 **0** 0]

ลองสุ่มจำนวนตำแหน่งที่จะนำมาหาจุดตำแหน่งเพื่อทำการครอสโอเวอร์ได้ 3 ตำแหน่ง ซึ่งได้แก่ [3,5,11] จากนั้นทำการสลับตำแหน่งที่ได้ระหว่างสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ ซึ่งจะได้สตริงรุ่นลูกเป็น

o_1 = [1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0]
o_2 = [0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0]

สำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ สตริงที่นำมาทำการ ครอสโอเวอร์จะมีลักษณะเหมือนกับการครอสโอเวอร์แบบ Simple จากนั้นจะสุ่มช่วงตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ขึ้น ซึ่งสตริงคำตอบที่ได้จะเป็น

P11 = 1 0 **0** 0 **0** 0 0 1 0 0 **1** 0
P21 = 0 0 **1** 0 **0** 0 0 1 1 0 **0** 0

P12 = 0 1 0 0 0 **1** **0** 0 0 1 0 0
P22 = 1 0 0 0 0 **0** **1** 0 0 0 0 1

P13 = 0 0 **0** **1** 1 0 0 0 0 **0** **0** 1
P23 = 0 0 **0** **1** 0 1 0 0 0 **0** **1** 0

P14 = 0 **0** 1 0 0 0 **1** 0 **1** 0 0 0
P24 = 0 **1** 0 0 1 0 **0** 0 **0** 1 0 0

ในแต่ละคู่จะทำการสลับตำแน่งที่เลือกไว้ ซึ่งก็จะได้สตริงคำตอบรุ่นลูกขึ้นมา

O11 = 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0

O21 = 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0

O12 = 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0

O22 = 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1

O13 = 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1

O23 = 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0

O14 = 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

O24 = 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0

ดังนั้นจะได้สตริงคำตอบรุ่นลูกที่สมบูรณ์เป็น

O1 = [1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0
0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0]

O2 = [0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0
0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0]

5.3.5.3 การซ่อมแซมคำตอบ

จากการครอสโอเวอร์ทั้ง 3 วิธี คำตอบที่ได้อาจเป็นคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ เนื่องจากขัดแย้งกับข้อกำหนดที่ตั้งไว้ ดังนั้นจึงต้องทำการซ่อมแซมคำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่เป็นไปได้เสียก่อน

การซ่อมแซมคำตอบนี้เป็นการซ่อมแซมคำตอบโดยพยายามที่จะรักษาตำแหน่งของค่าในสตริงคำตอบให้เหมือนเดิมมากที่สุด สำหรับในปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการนี้จะแบ่งการซ่อมแซมคำตอบออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1) ตรวจสอบเงื่อนไขของพยาบาลประจำการ

1.1) หาว่าตำแหน่งใดในสตริงคำตอบที่ขัดแย้งกับข้อกำหนดที่มีอยู่

1.2) เปลี่ยนสตริงคำตอบที่อยู่ในรูปเวกเตอร์ให้เป็นรูปเมตริกซ์ขนาด N x S (จำนวนพยาบาลประจำการ x จำนวนเวรทำงานทั้งหมด)

1.3) สลับตำแหน่งที่มีข้อขัดแย้งกับตำแหน่งอื่นที่อยู่ในแถวเดียวกันตามแนวนอน

1.4) ทำตามขั้นตอนที่ 1.1) ถึง 1.3) จนไม่พบตำแหน่งที่ขัดแย้ง

1.5) เปลี่ยนสตริงคำตอบกลับให้อยู่ในรูปเวกเตอร์ดังเดิม

2) ตรวจสอบเงื่อนไขของตารางเวรทำงาน

2.1) ค่ารวมของเวรทำงานทั้งหมดในสตริงคำตอบมีค่าไม่เท่ากับภาระงานทั้งหมด

2.2) เปลี่ยนสตริงคำตอบที่อยู่ในรูปเวกเตอร์ให้เป็นรูปเมตริกซ์ขนาด N x S (จำนวนพยาบาลประจำการ x จำนวนเวรทำงานทั้งหมด)

2.3) ถ้าค่าที่รวมได้น้อยกว่าภาระงานทั้งหมด ให้รวมค่าตามแนวคอลัมม์แล้วหาว่าในคอลัมม์ใดมีค่าน้อยสุด จากนั้นให้ทำการสุ่มตามแนวนอนและแทนค่า “ 1 ” ลงในตำแหน่งที่สุ่มได้

2.4) ถ้าค่าที่รวมได้มากกว่าภาระงานทั้งหมด ให้รวมค่าตามแนวคอลัมม์แล้วหาว่าในคอลัมม์ใดมีค่ามากสุด จากนั้นให้ทำการสุ่มตามแนวนอนและแทนค่า “ 0 ” ลงในตำแหน่งที่สุ่มได้

2.5) ทำตามขั้นตอน 2.1) ถึง 2.4) จนค่ารวมของเวรทำงานเท่ากับภาระงานทั้งหมด

2.6) เปลี่ยนสตริงคำตอบกลับให้อยู่ในรูปเวกเตอร์ดังเดิม

3) กลับไปทำขั้นตอนที่ 1) และ 2) จนสตริงคำตอบที่ได้สมบูรณ์

เมื่อทำการครอสโอเวอร์และซ่อมแซมคำตอบเสร็จแล้ว สตริงคำตอบรุ่นลูกที่เป็นคำตอบที่เป็นไปได้จะถูกส่งกลับเข้าสู่ Mating Pool เพื่อไปรวมกับสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ที่ไม่ได้ถูกเลือกมาครอสโอเวอร์ จากนั้นก็จะเข้าสู่กระบวนการของ GAs ลำดับถัดไป

5.3.6 การมิวเตชั่น (Mutation)

5.3.6.1 การสลับตำแหน่งสตริงคำตอบ

การมิวเตชั่นคือการสลับตำแหน่งของค่าภายในสตริงคำตอบตัวเดียว การพิจารณาว่าสตริงตัวใดจะถูกนำมามิวเตชั่นขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm) โดยการพิจารณาจะเริ่มจากการสุ่มค่า r ซึ่งมีค่าระหว่าง [0,1] ให้กับสตริงคำตอบทุกตัวใน Mating Pool จากนั้น ทำการเลือกเฉพาะสตริงที่มีค่า r น้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm) ไปทำการมิวเตชั่น

เมื่อได้สตริงตัวที่จะทำการมิวเตชั่นแล้ว ให้ทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่น (Mp) ขึ้นมา 1 ตำแหน่ง ซึ่งเป็นค่าระหว่าง [1,m-1] โดยที่ m คือความยาวของสตริงคำตอบ ตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่นแทนด้วยแถบสี “ ” จากนั้นให้ทำการสลับเปลี่ยนค่าในตำแหน่งที่ Mp มาเป็นค่าตรงกันข้ามในสตริงคำตอบตัวใหม่ โดยค่า “ 0 ” เปลี่ยนเป็น “ 1 “ และค่า “ 0 “ เปลี่ยนเป็น “ 1 ”

p = [1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0]
o = [1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0]

สตริงคำตอบที่ได้จากการมิวเตชั่นและสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการมิวเตชั่นจะถูกนำมารวมกัน เพื่อเตรียมเข้าสู่เจนเนอเรชั่นต่อไป

5.3.6.2 การมิวเตชั่น

วิธีการมิวเตชั่นมีหลายวิธี สำหรับในกรณีของปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ การสลับตำแหน่งของค่าในสตริงมีโอกาสทำให้ได้สตริงตัวใหม่ที่เป็นคำตอบที่เป็นไปได้ แต่เนื่องจากสตริงคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการมีขนาดใหญ่มาก การสลับตำแหน่งของค่าเพียงค่าเดียวในสตริงคำตอบอาจไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ ดังนั้นจึงได้เสนอวิธีการมิวเตชั่นสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานขึ้นมา 4 แบบ ดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

1. วิธี Mutation Type 1

วิธีการ Mutation Type 1 นี้ จะทำการสุ่มเลือกสตริงคำตอบก่อนที่จะนำมาทำการมิวเตชั่น โดยสตริงคำตอบที่ได้หลังจากการสุ่มจะนำมาทำการมิวเตชั่นทันที ซึ่งวิธีการนี้สตริงคำตอบที่ได้จะมีขนาดใหญ่มาก ดังนั้นการสลับตำแหน่งของค่าเพียงค่าเดียวในสตริงคำตอบอาจไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ มากนัก

สตริงคำตอบที่ได้จากการสุ่ม

P = [1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 **1** 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1
1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0]

สตริงคำตอบที่ได้หลังจากการมิวเตชั่น

O = [1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 **0** 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1
1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0]

ส่วนสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการมิวเตชั่นนั้น จะถูกนำมารวมกับสตริงคำตอบที่ได้จากการมิวเตชั่น เพื่อเตรียมเข้าสู่เจนเนอเรชั่นต่อไป

2. วิธี Mutation Type 2

วิธีการ Mutation Type 2 นี้ จะนำสตริงคำตอบทุกสตริงมาแบ่งออกเป็นสตริงคำตอบย่อยๆ ก่อน โดยสตริงคำตอบย่อยที่ได้จะมีจำนวนสตริงเท่ากับจำนวนพยาบาลประจำการที่มีอยู่ คล้ายดังวิธีการครอสโอเวอร์ จากนั้นจึงค่อยเลือกสตริงคำตอบย่อยที่จะนำมาทำการมิวเตชั่นจากสตริงคำตอบย่อยทั้งหมดของแต่ละสตริงคำตอบ

สตริงคำตอบที่จะนำมาแบ่งเป็นสตริงคำตอบย่อย

P = [1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1
1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0]

สตริงคำตอบย่อยที่จะนำมาสุ่ม เพื่อนำไปทำการมิวเตชั่น

P1 = 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0
P2 = 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0
P3 = 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1
P4 = 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0

ลองสุ่มได้สตริงคำตอบย่อยตัวที่ 2 และ 3 ดังนั้นจะทำการมิวเตชั่นที่ P2 และ P3 ได้สตริงคำตอบรุ่นลูกเป็น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

P2 = 0 1 0 0 0 1 0 **0** 0 1 0 0

O2 = 0 1 0 0 0 1 0 **1** 0 1 0 0

P3 = 0 0 0 **1** 1 0 0 0 0 0 0 1

O3 = 0 0 0 **0** 1 0 0 0 0 0 0 1

ส่วนสตริงคำตอบย่อยที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการมิวเตชั่นนั้น จะถูกนำมารวมกับสตริงคำตอบย่อยที่ได้จากการมิวเตชั่น เพื่อให้เป็นสตริงคำตอบเดียวกัน ดังนั้นสตริงคำตอบที่ได้จะเป็น

O = [1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 **1** 0 1 0 0 0 0 0 **0**
1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0]

ซึ่งการมิวเตชั่นวิธีนี้ สตริงคำตอบทุกสตริงจะต้องผ่านการมิวเตชั่นทั้งหมด โดยการมิวเตชั่นจะเกิดขึ้นที่สตริงคำตอบย่อยบางสตริง นั้นก็คือจะเกิดขึ้นเฉพาะสตริงที่ถูกเลือกเท่านั้น

3. วิธี Mutation Type 3

วิธีการ Mutation Type 3 นี้ จะทำการสุ่มเลือกสตริงคำตอบก่อนที่จะนำมาทำการมิวเตชั่น โดยสตริงคำตอบที่ได้หลังจากการสุ่มจะต้องนำมาแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามจำนวนพยาบาลประจำการ คล้ายดังวิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 2 ซึ่งในการมิวเตชั่นที่เกิดขึ้นจะทำที่สตริงคำตอบย่อย (พยาบาลประจำการ) ทุกสตริงของสตริงคำตอบที่ได้จากการสุ่ม

สตริงคำตอบที่สุ่มขึ้นมาและจะนำมาแบ่งเป็นสตริงคำตอบย่อย

P = [1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1
1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0]

สตริงคำตอบย่อยทั้งหมดที่จะนำมาทำการมิวเตชั่น

P1 = 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0

P2 = 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0

P3 = 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1

P4 = 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0

สตริงคำตอบย่อยที่ได้หลังจากการมิวเตชั่น

P1 = **1** 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0

O1 = **0** 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0

P2 = 0 1 0 0 0 1 0 **0** 0 1 0 0

O2 = 0 1 0 0 0 1 0 **1** 0 1 0 0

P3 = 0 0 0 **1** 1 0 0 0 0 0 0 1

O3 = 0 0 0 **0** 1 0 0 0 0 0 0 1

P4 = 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 **0** 0

O4 = 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 **1** 0

จากนั้นจะนำสตริงคำตอบย่อยทั้งหมดมารวมกันให้เป็นสตริงคำตอบเดียว

O = [**0** 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 **1** 0 1 0 0 0 0 0 **0**

1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 **1** 0]

ส่วนสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการมิวเตชั่นนั้น จะถูกนำมารวมกับสตริงคำตอบที่ได้จากการมิวเตชั่น เพื่อเตรียมเข้าสู่เจนเนอเรชั่นต่อไป

4. วิธี Mutation Type 4

วิธีการ Mutation Type 4 นี้ จะคล้ายกับวิธีการมิวเตชั่นทั้ง 3 แบบที่กล่าวมา แต่ในวิธีการนี้จะทำการสุ่มเลือกสตริงจำนวน 2 ครั้งก่อนที่จะนำมาทำการมิวเตชั่น โดยครั้งแรกจะทำการสุ่มเลือกสตริงคำตอบจากสตริงคำตอบทั้งหมด และนำเอาสตริงคำตอบที่ได้จากการสุ่มมาแบ่งออกเป็นสตริงคำตอบย่อย ๆ ตามจำนวนพยาบาลประจำการ จากนั้นจะนำสตริงคำตอบย่อยทั้งหมดมาทำการสุ่มเลือกครั้งที่ 2 เมื่อได้สตริงคำตอบย่อยที่ผ่านการสุ่มแล้ว จึงจะนำสตริงคำตอบย่อยนั้นมาทำการ

มิวเตชั่น ซึ่งวิธีการนี้จะทำการมิวเตชั่นที่สตริงคำตอบย่อยที่ถูกสุ่มขึ้นมาจากสตริงคำตอบที่ถูกเลือก

สตริงคำตอบที่ได้จากการสุ่มครั้งแรก

P = [1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1
1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0]

สตริงคำตอบย่อยที่จะนำมาทำการสุ่มครั้งที่ 2 เพื่อทำการมิวเตชั่น

P1 = 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0
P2 = 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0
P3 = 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1
P4 = 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0

ลองสุ่มได้สตริงคำตอบย่อยตัวที่ 2 และ 3 ดังนั้นจะทำการมิวเตชั่นที่ P2 และ P3 ได้สตริงคำตอบรุ่นลูกเป็น

P2 = 0 1 0 0 0 1 0 **0** 0 1 0 0
O2 = 0 1 0 0 0 1 0 **1** 0 1 0 0

P3 = 0 0 0 **1** 1 0 0 0 0 0 0 1
O3 = 0 0 0 **0** 1 0 0 0 0 0 0 1

ส่วนสตริงคำตอบย่อยที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการมิวเตชั่นนั้น จะถูกนำมารวมกับสตริงคำตอบย่อยที่ได้จากการมิวเตชั่น เพื่อให้เป็นสตริงคำตอบเดียวกัน ดังนั้นสตริงคำตอบที่ได้จะเป็น

O = [1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 **1** 0 1 0 0 0 0 0 **0**
1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0]

จากนั้นจะนำสตริงคำตอบที่ได้จากการมิวเตชั่นนี้ไปรวมสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการมิวเตชั่น เพื่อเตรียมเข้าสู่เจนเนอเรชั่นต่อไป

5.3.6.3 การซ่อมแซมคำตอบ

การซ่อมแซมคำตอบหลังจากการมิวเตชั่น เพื่อให้ได้สตริงคำตอบที่เป็นไปได้นั้น มีขั้นตอนดังนี้

1) ตรวจสอบเงื่อนไขของพยาบาลประจำการ

1.1) หาว่าตำแหน่งใดในสตริงคำตอบที่ขัดแย้งกับข้อกำหนดที่มีอยู่
1.2) เปลี่ยนสตริงคำตอบที่อยู่ในรูปเวกเตอร์ให้เป็นรูปเมตริกซ์ขนาด N x S (จำนวนพยาบาลประจำการ x จำนวนเวรทำงานทั้งหมด)
1.3) สลับตำแหน่งที่มีข้อขัดแย้งกับตำแหน่งอื่นที่อยู่ในแถวเดียวกันตามแนวนอน
1.4) ทำตามขั้นตอนที่ 1.1) ถึง 1.3) จนไม่พบตำแหน่งที่ขัดแย้ง
1.5) เปลี่ยนสตริงคำตอบกลับให้อยู่ในรูปเวกเตอร์ดังเดิม

2) ตรวจสอบเงื่อนไขของตารางเวรทำงาน

2.1) ค่ารวมของเวรทำงานทั้งหมดในสตริงคำตอบมีค่าไม่เท่ากับภาระงานทั้งหมด
2.2) เปลี่ยนสตริงคำตอบที่อยู่ในรูปเวกเตอร์ให้เป็นรูปเมตริกซ์ขนาด N x S (จำนวนพยาบาลประจำการ x จำนวนเวรทำงานทั้งหมด)
2.3) ถ้าค่าที่รวมได้น้อยกว่าภาระงานทั้งหมด ให้รวมค่าตามแนวคอลัมม์ แล้วหาว่าในคอลัมม์ใดมีค่าน้อยสุด จากนั้นให้ทำการสุ่มตามแนวนอน และแทนค่า “ 1 ” ลงในตำแหน่งที่สุ่มได้
2.4) ถ้าค่าที่รวมได้มากกว่าภาระงานทั้งหมด ให้รวมค่าตามแนวคอลัมม์ แล้วหาว่าในคอลัมม์ใดมีค่ามากสุด จากนั้นให้ทำการสุ่มตามแนวนอน และแทนค่า “ 0 ” ลงในตำแหน่งที่สุ่มได้
2.5) ทำตามขั้นตอน 2.1) ถึง 2.4) จนค่ารวมของเวรทำงานเท่ากับภาระงานทั้งหมด
2.6) เปลี่ยนสตริงคำตอบกลับให้อยู่ในรูปเวกเตอร์ดังเดิม

3) กลับไปทำขั้นตอนที่ 1) และ 2) จนสตริงคำตอบที่ได้สมบูรณ์

เมื่อทำการิวเตชั่นและซ่อมแซมคำตอบเสร็จแล้ว สตริงคำตอบรุ่นลูกที่เป็นคำตอบที่เป็นไปได้จะถูกส่งกลับเข้าสู่ Mating Pool เพื่อไปรวมกับสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ จากนั้นก็จะเข้าสู่กระบวนการของ GAs ลำดับถัดไป

5.3.7 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy)

เนื่องจากสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น อาจเป็นคำตอบที่แย่กว่าคำตอบที่เคยปรากฏในเจนเนอเรชั่นที่ผ่านๆ มา ดังนั้นจึงต้องมีการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Solution) เอาไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ดีที่สุดของสตริงคำตอบชุดใหม่ ถ้าหาก Elite Preserve Solution ให้ค่า Fitness ที่ดีกว่าค่าที่ดีที่สุดของสตริงชุดใหม่ก็ให้เอา Elite Preserve Solution แทนที่ค่าที่แย่ที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่พบยังคงอยู่ในกระบวนการของ GAs ต่อไป

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดจะถูกนำไปใช้ระหว่างกระบวนการของ GAs 3 ครั้ง คือ ดังนั้นจึงแบ่งเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดออกเป็น 3 เทคนิค คือ

1. Initial Elite Preserve Strategy

เป็นจุดเริ่มต้นของเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะกระทำเพียงครั้งเดียวภายหลังจากการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นในตอนต้นของกระบวนการ GAs และผ่านการประเมินค่าเรียบร้อยแล้ว ค่า Fitness ของสตริงแต่ละตัวที่ได้จากการประเมินค่าจะถูกเรียงลำดับจากมากไปน้อย สตริงคำตอบเพียงหนึ่งตัวที่ให้ค่า Fitness มากที่สุดก็จะถูกเลือกไปเป็น คำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ (Elite Preserve Solution) จากนั้นสตริงคำตอบทั้งหมดรวมทั้งตัวที่เลือกไปเป็น Elite Preserve Solution จะเข้าสู่ขั้นตอนต่างๆ ของ GAs ต่อไป

2. Post-crossover Elite Preserve Strategy

เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใช้ภายหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนการครอสโอเวอร์แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากว่าสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์อาจเป็นคำตอบที่ดีกว่าคำตอบอื่นๆ ที่เคยพบมา แต่เมื่อนำไปมิวเตชั่นแล้ว สตริงคำตอบตัวนี้จะเปลี่ยนไปและอาจให้คำตอบที่ดีน้อยกว่าเดิม ดังนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้สตริง

คำตอบที่ดีที่ได้หลังจากการครอสโอเวอร์สูญหายไป จึงต้องทำการประเมินค่าสตริงคำตอบภายหลังการครอสโอเวอร์ทั้งหมด popsize ตัว แล้วนำสตริงคำตอบที่ดีที่สุดภายหลังการครอสโอเวอร์ไปเปรียบเทียบกับ Elite Preserve Solution ถ้าหากสตริงคำตอบภายหลังการครอสโอเวอร์ดีกว่า ก็ให้เอาสตริงคำตอบที่ดีที่สุดนั้นไปเป็น Elite Preserve Solution แทน แต่ถ้า Elite Preserve Solution ดีกว่า ก็ให้นำสตริงคำตอบภายหลังจากการครอสโอเวอร์ทั้งหมด popsize ตัวไปผ่านกระบวนการมิวเตชั่นตามปกติ

ยกตัวอย่างเช่น ภายหลังการครอสโอเวอร์ มีสตริงคำตอบ 10 ตัว ซึ่งเมื่อนำไปผ่านกระบวนการประเมินค่าแล้วได้ค่า Fitness ของสตริงคำตอบแต่ละตัวเป็น 2 6 8 7 9 4 5 12 6 4 ค่า Fitness ที่ดีที่สุดใน 10 ตัวนี้คือค่า 12 ของสตริงคำตอบตัวที่ 8 ก็ให้เอาค่า 12 นี้ไปเปรียบเทียบกับค่า Fitness ของ Elite Preserve Solution ถ้าหากดังกล่าวน้อยกว่า 12 ก็ให้เอาสตริงคำตอบตัวที่ 8 นี้ไปใช้เป็น Elite Preserve Solution ตัวใหม่แทน แต่ถ้าค่าดังกล่าวมากกว่าหรือเท่ากับ 12 ก็ให้คงคำตอบของ Elite Preserve Solution ไว้ แล้วนำสตริงคำตอบทั้ง 10 ตัวนี้ไปทำการมิวเตชั่นต่อไป

3. Elite Preserve Strategy of Generation

เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใช้ภายหลังการมิวเตชั่น ซึ่งถือว่าเป็นการเก็บค่าที่ดีที่สุดของเจนเนอเรชั่นนั้นๆ ด้วย การเก็บค่าที่ดีที่สุดของเจนเนอเรชั่นจะช่วยให้คำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่เคยปรากฏขึ้นมายังคงมีอยู่ในเจนเนอเรชั่นต่อไป การเก็บค่าในขั้นตอนนี้จะทำหลังจากที่มีการมิวเตชั่นเรียบร้อยแล้ว สตริงคำตอบที่ได้ภายหลังการมิวเตชั่นจำนวน popsize ตัว จะถูกประเมินค่า จากนั้นก็ให้เอาสตริงคำตอบหลังที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่น มาเปรียบเทียบกับ Elite Preserve Solution เช่นเดียวกับในขั้นตอนของ Post-crossver Elite Preserve Strategy แต่แตกต่างกันตรงที่ จะมีการนำเอา Elite Preserve Solution มาแทนที่คำตอบที่แย่ที่สุดของสตริงคำตอบชุดนี้เมื่อ Elite Preserve Solution เป็นคำตอบที่ดีกว่า

ยกตัวอย่างเช่น ภายหลังการมิวเตชั่นได้สตริงคำตอบ 10 ตัว ที่มีค่า Fitness เป็น 5 6 8 3 1 9 4 6 7 7 จะได้ว่าค่า Fitness ที่ดีที่สุดคือ 9 ของสตริงคำตอบตัวที่ 6 ซึ่งถ้าค่า Fitness ของ Elite Preserve Solution น้อยกว่า 9 สตริงคำตอบตัวที่ 6 จะกลายเป็น Elite Preserve Solution ตัวใหม่ แต่ถ้าค่า Fitness ของ Elite Preserve Solution มากกว่า 9 ก็ให้ตัดสตริงคำตอบตัวที่ 5 ซึ่งมีค่า

Fitness ต่ำที่สุดทิ้งไป เอาสตริงคำตอบที่เป็น Elite Preserve Solution ขณะนั้นไปใส่แทน

สตริงคำตอบที่ได้ภายหลังจากขั้นตอนนี้จะกลายเป็นสตริงคำตอบพ่อแม่ที่แท้จริงในเจนเนอเรชั่นต่อไป

5.4 สรุปท้ายบท

วิธีการเจนเนติกอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการแบ่งเป็น 5 ส่วนหลัก ได้แก่ การสร้างประชากรเบื้องต้น (Initialization) การรีโปรดักชั่น (Reproduction) การครอสโอเวอร์ (Crossover) การมิวเตชั่น (Mutation) และเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy)

การสร้างประชากรเบื้องต้นทำได้โดยการสร้างคำตอบเบื้องต้นจำนวนหนึ่งในรูปของสตริงคำตอบที่ได้จากการใส่รหัสแบบ Binary โดยพิจารณาในส่วนของการรีโปรดักชั่นจะแบ่งเป็น 2 ส่วนย่อย คือ การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการคำนวณหาค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว และการคัดเลือก (Selection) ซึ่งเป็นการคัดเลือกสตริงตัวที่มีความเหมาะสมมากกว่า เพื่อเข้าสู่กระบวนการถัดไปโดยวิธีการคัดเลือกแบบ Tournament Selection เมื่อเข้าสู่กระบวนการครอสโอเวอร์ สตริงจะถูกสุ่มเลือกด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เพื่อนำมาจับคู่และทำการครอสโอเวอร์ วิธีครอสโอเวอร์ที่ใช้มี 3 วิธีคือ วิธี Simple วิธี Linear Order และ วิธี Uniform ร่วมกับวิธีการซ่อมแซมคำตอบเพื่อให้ได้สตริงคำตอบที่เป็นไปได้ จากนั้นสตริงคำตอบจะถูกสุ่มเลือกไปทำการมิวเตชั่นด้วยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น วิธีมิวเตชั่นที่ใช้สำหรับปัญหาการจัดตารางเวรนี้มี 4 แบบ ซึ่งแต่ละแบบจะมีวิธีการมิวเตชั่นที่แตกต่างกัน หลังจากมิวเตชั่นแล้วจะผ่านวิธีการซ่อมแซมคำตอบอีกครั้งเพื่อให้ได้คำตอบที่เป็นไปได้ สตริงคำตอบที่ได้เหล่านี้จะกลายเป็นประชากรพ่อแม่ในเจนเนอเรชั่นต่อไป กระบวนการของ GAs จะเกิดขึ้นซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงเจนเนอเรชั่นสูงสุดที่กำหนด

ในระหว่างกระบวนการของ GAs มีการนำเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดเข้าไปใช้ภายหลังการสตริงคำตอบเบื้องต้น ภายหลังการครอสโอเวอร์ และภายหลังการมิวเตชั่น ทั้งนี้เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดียังคงอยู่ต่อไปในเจนเนอเรชั่นถัดไป

บทที่ 6

การทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs

วิธีการของ GAs ที่ได้เสนอไปนั้น มีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัว การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะช่วยให้ประสิทธิภาพของ GAs ดีขึ้น ดังนั้นจึงได้ออกแบบการทดลอง (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2537) และทำการทดลองตามวิธีของ Design of Experiment (Montgomery, D.C., 1997) เพื่อหาพารามิเตอร์ดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของ GAs ในด้านความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด วิธีการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนตามลำดับ คือ

1) การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด
2) การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบ
3) การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

6.1 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

6.1.1 การระบุปัญหา

วิธีการของ GAs ที่พัฒนาขึ้นมา ต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัว เช่น จำนวนประชากร (Population Size) ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Pc) ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm) เป็นต้น นอกจากนี้ในขั้นตอนของการครอสโอเวอร์และขั้นตอนของการมิวเตชั่น ได้มีการเสนอวิธีการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่นไว้หลายแบบ ดังนั้นเพื่อให้วิธีการ GAs มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น จึงต้องมีการทดสอบดูว่าพารามิเตอร์ตัวใด วิธีการครอสโอเวอร์แบบใด หรือวิธีการมิวเตชั่นแบบใดที่จะมีผลต่อคำตอบที่ดีที่สุด

ในการทดลอง จะนำเอาวิธีการของ GAs ที่ได้มาใช้กับปัญหาตัวอย่างจำนวน 2 ปัญหา ซึ่งเป็นปัญหาที่มีขนาดต่างๆ กัน ทั้งปัญหาขนาดเล็กและปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น การกำหนดว่าปัญหาใดเป็นปัญหาขนาดใหญ่และปัญหาใดเป็นปัญหาขนาดเล็กนั้นไม่มีกฎเกณฑ์ระบุแน่ชัด เนื่องจากขนาดของปัญหาไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับจำนวนบิท (เวรทำงานของพยาบาลประจำการแต่ละคนในแต่ละช่วงเวลา) ของปัญหาเท่านั้น หากแต่ยังขึ้นอยู่กับจำนวนข้อจำกัดต่างๆ (Constraints) ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างเวรทำงานกับพยาบาลประจำการอีกด้วย

รายละเอียดและข้อกำหนดเบื้องต้นของปัญหาตัวอย่างที่ใช้แสดงไว้ในตารางที่ 6.1 และภาคผนวก ข

ตารางที่ 6. 1 *รายละเอียดและข้อกำหนดเบื้องต้นของปัญหาตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง*

ปัญหาที่	พยาบาล	ช่วงเวลา	พยาบาล/เวร	ข้อจำกัด
1	8 คน	30 วัน	2	กำหนด
2	12 คน	30 วัน	3	กำหนด

หมายเหตุ กำหนด หมายถึง ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในตารางเวรทำงาน ซึ่งจะถูกกำหนดมาให้พร้อมกับปัญหานั้นๆ อยู่แล้ว

6.1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง

เนื่องจากเป็นการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นตัวแปรตอบสนองที่ใช้ ควรเป็นค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย (Objective Value) ของปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ ในที่นี้ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาการจัดเวรทำงานให้แก่พยาบาลประจำการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงห่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการแต่ละคนให้มีค่าน้อยที่สุด และค่า Penalty Cost ที่ต่ำที่สุด ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ทิศทางการกระจาย (Direction) ของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล และเป็นการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน (Accuracy) ของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล เหตุที่กำหนดให้ใช้ค่าความแตกต่างระหว่างช่วงห่างเวรทำงานของพยาบาลแต่ละคนเป็นค่าวัตถุประสงค์ที่ต้องการทำให้ต่ำสุด เนื่องจากต้องการที่จะให้การกระจายภาระงานหรือเวรทำงานที่สม่ำเสมอ ซึ่งจะทำให้ภาระงานที่เกิดขึ้นมีความเหมาะสมยุติธรรมต่อพยาบาลประจำการมากที่สุด

แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ใช้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายของปัญหา แล้วยังไม่สามารถวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ก็จะเปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ แล้วทำวิเคราะห์เช่นเดียวกับที่ใช้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายของปัญหาเป็นค่าตอบสนองอีกครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากว่าประสิทธิภาพของ GAs ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการหาคำตอบเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบด้วย ในที่นี้จะพิจารณาความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบจากลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ดีที่สุดซึ่งถูกใช้เป็นค่าตอบสนองในลำดับที่สองนั่นเอง

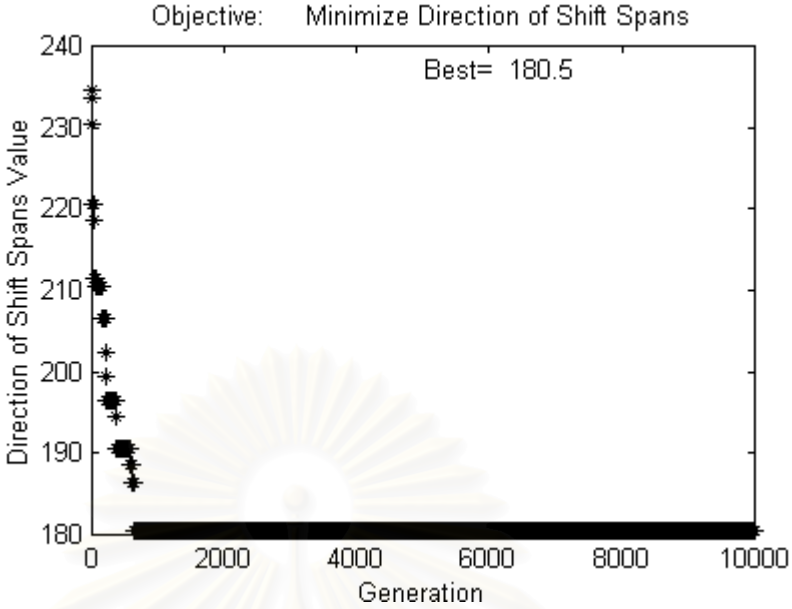
6.1.3 การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย

ตามวิธีการของ GAs จำเป็นต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ และวิธีการหลายๆ อย่าง คือ

1) **จำนวนเจนเนอเรชั่น (Generation)**

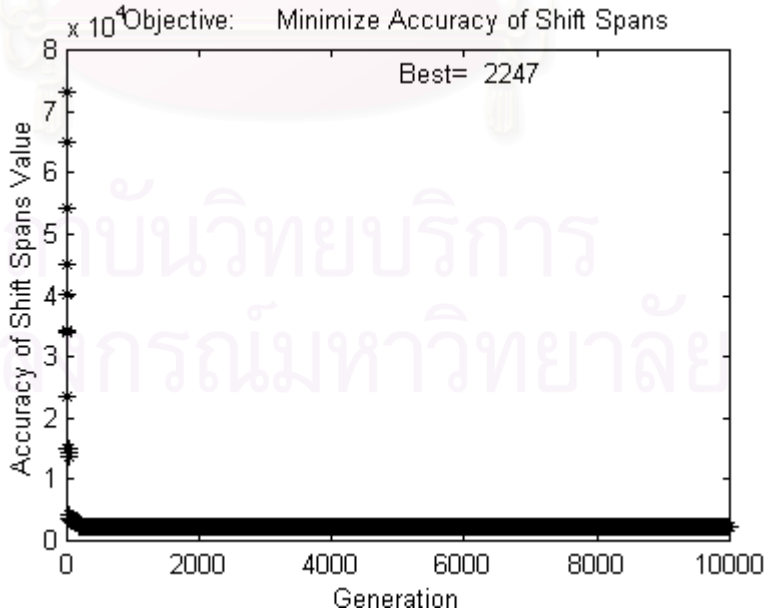
จำนวนเจนเนอเรชั่น คือ จำนวนรอบทั้งหมดในการคำนวณหาค่าตอบสนอง 1 ค่า โดยที่ 1 เจนเนอเรชั่น คือ การคำนวณตามอัลกอริทึมตั้งแต่เริ่มต้นจนจบ (ก่อนจะเริ่มวนขึ้นรอบใหม่) ครบ 1 รอบ (หรือ 1 เจนเนอเรชั่นก็คือ การวนรอบคำนวณซ้ำ 1 รอบนั่นเอง) การกำหนดเจนเนอเรชั่นที่น้อยเกินไปอาจทำให้ยังไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุด ในขณะที่การกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นมากเกินไปจะทำให้เสียเวลาในการคำนวณมากโดยไม่จำเป็น

ในการทดลองนี้ จะกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นที่ใช้ในแต่ละวัตถุประสงค์เป้าหมายของปัญหาแตกต่างกัน โดยจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนดให้กับแต่ละปัญหา ได้มาจากการทดลองทำ Pilot Run โดยใช้จำนวนเจนเนอเรชั่น 10,000 เจนเนอเรชั่น สำหรับปัญหาตัวอย่างที่นำมาทดลอง ซึ่งได้แก่ปัญหาจำนวนพยาบาลประจำการขนาด 8 คน และปัญหาจำนวนพยาบาลประจำการขนาด 12 คน เพื่อดูว่าค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายที่ได้จะต่ำที่สุดและคงที่ที่เจนเนอเรชั่นเท่าใด โดยพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ได้มาจากการสุ่มผลของการทำ Pilot Run แสดงได้ดังรูปที่ 6.1 - รูปที่ 6.4



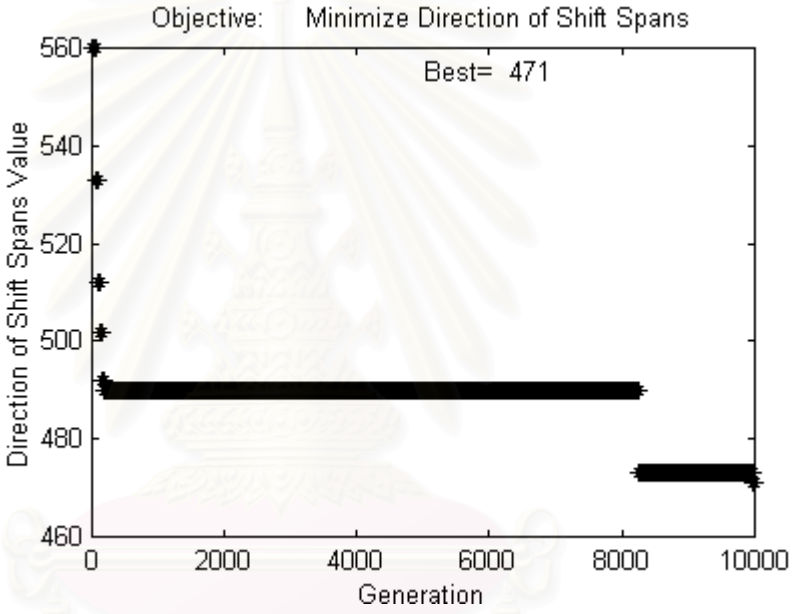
รูปที่ 6. 1 *ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาจำนวนพยาบาลประจำการขนาด 8 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน*

จากรูปที่ 6.1 เป็นการทำ Pilot Run ของปัญหาจำนวนพยาบาลประจำการขนาด 8 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน จะได้ว่าค่าต่ำสุดอยู่ที่เจนเนอเรชั่นที่ 450 แต่อย่างไรก็ตามให้เผื่อจำนวนเจนเนอเรชั่นเป็น 800 เจนเนอเรชั่น



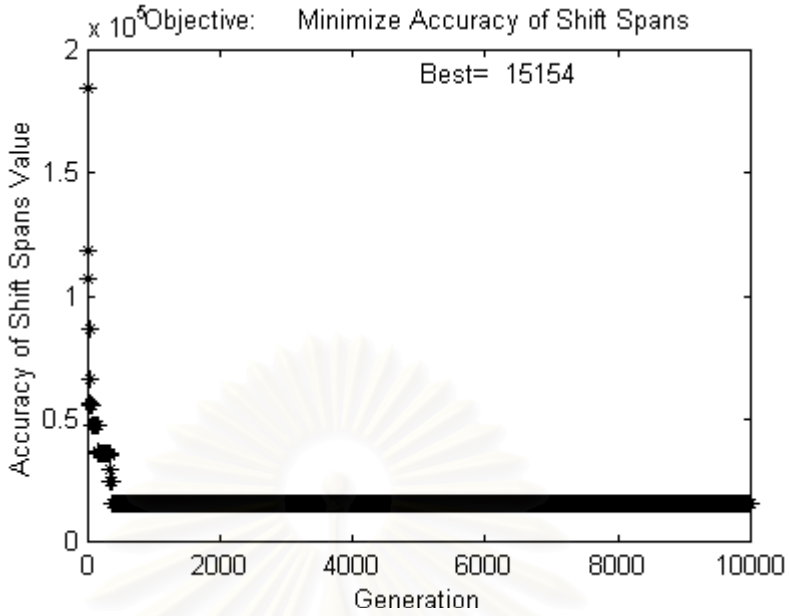
รูปที่ 6. 2 *ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาจำนวนพยาบาลประจำการขนาด 8 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าความคลาดเคลื่อนกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน*

จากรูปที่ 6.2 เป็นการทำ Pilot Run ของปัญหาจำนวนพยาบาลประจำการขนาด 8 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน จากรูปแสดงให้เห็นว่า ผลที่ได้มีค่าคงที่อยู่ 2 ช่วง คือ ค่า 2247 อันเป็นค่าต่ำสุด ซึ่งเกิดขึ้นที่เจนเนอเรชั่นที่ 1874 และอีกค่าหนึ่งคือ ค่า 2355 ซึ่งเกิดขึ้นที่เจนเนเรชั่นที่ 197 ในกรณีนี้จะทำการพิจารณาที่เจนเนเรชั่นที่ 197 เป็นหลัก เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลา และเนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่ได้ทั้งสองค่านี้มีความแตกต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นจึงจะใช้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดเป็น 500 เจนเนอเรชั่นสำหรับปัญหานี้



รูปที่ 6. 3 *ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาจำนวนพยาบาลประจำการขนาด 12 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน*

จากรูปที่ 6.3 เป็นการทำ Pilot Run ของปัญหาจำนวนพยาบาลประจำการขนาด 12 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน จากรูปแสดงให้เห็นว่า ผลที่ได้มีค่าคงที่อยู่ 2 ช่วง คือ ค่า 471 อันเป็นค่าต่ำสุด ซึ่งเกิดขึ้นที่เจนเนอเรชั่นที่ 8250 และอีกค่าหนึ่งคือ ค่า 490 ซึ่งเกิดขึ้นที่เจนเนเรชั่นที่ 192 ในกรณีนี้จะทำการพิจารณาที่เจนเนเรชั่นที่ 192 เป็นหลัก เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลา และเนื่องจากค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่ได้ทั้งสองค่านี้มีความแตกต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นจึงจะใช้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดเป็น 800 เจนเนอเรชั่นสำหรับปัญหานี้



รูปที่ 6. 4 *ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาจำนวนพยาบาลประจำการขนาด 12 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าความคลาดเคลื่อนกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน*

จากรูปที่ 6.4 เป็นการทำ Pilot Run ของปัญหาจำนวนพยาบาลประจำการขนาด 12 คน โดยวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน จากรูปแสดงให้เห็นว่า ผลที่ได้มีค่าคงที่อยู่ที่ค่า 15154 อันเป็นค่าต่ำสุด ซึ่งเกิดขึ้นที่เจนเนอเรชั่นที่ 360 ดังนั้นจึงใช้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดเป็น 800 เจนเนอเรชั่นสำหรับปัญหานี้

2) **จำนวนประชากร (Population Size)**

จำนวนประชากร คือ จำนวนคำตอบทั้งหมดที่มีอยู่ในแต่ละเจนเนอเรชั่น เช่นถ้ากำหนดให้จำนวนประชากรเป็น 10 หมายความว่าในแต่ละเจนเนอเรชั่นจะมีคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาทั้งหมด 10 คำตอบ ซึ่งอาจจะเป็นคำตอบที่แตกต่างกันหรือคำตอบที่เหมือนกันก็ได้ การกำหนดประชากรที่น้อยเกินไปจะทำให้คำตอบติดอยู่ใน Local Optimum ได้ง่าย ในขณะเดียวกันการกำหนดประชากรที่มากเกินไปก็จะทำให้ต้องใช้เวลาในการหาคำตอบนาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทดสอบว่าจำนวนประชากรที่ใช้ควรเป็นเท่าใด

ในการทดลองนี้จะกำหนดระดับจำนวนประชากรสำหรับปัญหาตัวอย่าง 2 ปัญหาเหมือนกัน เนื่องจากว่าขนาดของปัญหาแตกต่างกันไม่มาก กล่าวคือ

- ปัญหาตัวอย่างพยาบาลประจำการขนาด 8 คน
  จะกำหนดจำนวนประชากรทั้งหมด 3 ระดับคือ 20 30 และ 40
- ปัญหาตัวอย่างพยาบาลประจำการขนาด 12 คน
  จะกำหนดจำนวนประชากรทั้งหมด 3 ระดับคือ 20 30 และ 40

3) **วิธีการคัดเลือกสตริง (Selection Method)**

ในอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมาได้เสนอวิธีการคัดเลือกสตริงไว้เพียงวิธีการเดียว คือ วิธี Tournament Selection ดังนั้นจึงไม่ต้องนำวิธีการคัดเลือกสตริงมากำหนดเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

4) **วิธีการครอสโอเวอร์ (Crossover Method)**

ในอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมานั้น ได้เสนอวิธีการครอสโอเวอร์เอาไว้ทั้งหมด 3 วิธี ซึ่งวิธีการครอสโอเวอร์นี้ก็น่าที่จะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการหาคำตอบ ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีการครอสโอเวอร์เป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 3 ระดับตามวิธีแต่ละวิธี กล่าวคือ

- ระดับที่ 1 วิธี Simple Crossover
- ระดับที่ 2 วิธี Linear Order Crossover
- ระดับที่ 3 วิธี Uniform Crossover

5) **วิธีการมิวเตชั่น (Mutation Method)**

ในอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมาได้เสนอวิธีการมิวเตชั่นเอาไว้ทั้งหมด 4 วิธีการ ซึ่งวิธีการมิวเตชั่นที่ใช้นี้คาดว่าน่าจะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการหาคำตอบ สำหรับปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีมิวเตชั่นเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 4 ระดับตามวิธีแต่ละวิธี กล่าวคือ

- ระดับที่ 1 วิธี Mutation Type 1
- ระดับที่ 2 วิธี Mutation Type 2
- ระดับที่ 3 วิธี Mutation Type 3

- ระดับที่ 4 วิธี Mutation Type 4

6) **ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Crossover Probability: *Pc*)**

ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์นี้ สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0 –1.00 โดยการกำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ให้มีค่ามาก จะทำให้ประสิทธิภาพของ GAs ดีขึ้น (De Jong's, 1975)

ในการทดลองกำหนดให้ใช้ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ 3 ระดับคือ 0.7 0.8 และ 0.9

7) **ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Mutation Probability: Pm)**

ค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นนี้ สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0 –1.00 เช่นเดียวกับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ แต่การกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นต่ำ จะทำให้ประสิทธิภาพของ GAs ดีขึ้น (De Jong's, 1975) แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีของการนำเอา GAs มาใช้ ไม่ควรกำหนดค่า Mutation ที่ต่ำจนเกินไป เนื่องจาก Mutation เป็น Operator ที่สำคัญในการหาคำตอบของปัญหา โดยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นควรอยู่ระหว่าง 0.1-0.3

ดังนั้นในการทดลองกำหนดให้ใช้ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น 3 ระดับคือ 0.1 0.2 และ 0.3

6.1.4 การพิจารณาผลกระทบร่วมกันของระดับปัจจัย

เนื่องจากปัจจัยที่พิจารณาในการทดลองมีมากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้นอาจเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ขึ้นได้

ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) เกิดขึ้นเมื่อความแตกต่างระหว่างผลตอบที่หลายๆ ระดับของปัจจัยหนึ่งไม่เท่ากันที่ทุกระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง (Montgomery, 1997) การเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ชี้ให้เห็นถึงผลของปัจจัยหนึ่งที่มีต่ออีกปัจจัยหนึ่ง

ยกตัวอย่างเช่น ถ้าในการทดลองพบว่าจำนวนประชากรที่ทำให้ได้ค่า Response ดีที่สุดคือ จำนวนประชากรเท่ากับ 10 และพบว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมคือ 0.7 ในกรณีที่ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย เราสามารถสรุปได้ทันทีว่า ควรใช้จำนวนประชากรเป็น 10 และใช้ Pc เป็น 0.7 แต่ถ้ามีผลกระทบร่วมระหว่างทั้ง 2 ปัจจัยนี้ หมายความว่าถ้ากำหนดจำนวนประชากรเป็น 10 ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์อาจเป็น 0.7 หรือไม่ใช่ก็ได้ ในขณะเดียวกัน ถ้ากำหนดให้ Pc เป็น 0.7 แล้วจำนวนประชากรที่ทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดก็อาจเป็น 10 หรือไม่ใช่ก็ได้เช่นกัน การพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะทำต่อไป

ผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้หลายระดับ คือ

- 1st Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย เช่น จำนวนประชากร*วิธีการครอสโอเวอร์ หรือ วิธีการครอสโอเวอร์*Pc
- 2nd Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 3 ปัจจัย เช่น วิธีการครอสโอเวอร์*Pc*Pm
- 3rd Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 4 ปัจจัย เช่น วิธีการครอสโอเวอร์*วิธีการมิวเตชั่น*Pc*Pm
- 4th Level Interaction เป็นผลกระทบร่วมขั้นสูงสุดสำหรับการทดลองนี้ โดยหมายถึงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัย

ถึงแม้ว่า ในการทดลองนี้สามารถเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ถึงระดับที่ 4 แต่เนื่องจากผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับสูงๆ ไม่ค่อยนิยมนำมาพิจารณา (Montgomery, DC., 1997) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงพิจารณาเฉพาะผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับที่หนึ่งเท่านั้น ซึ่งได้แก่

- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ วิธีครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ วิธีการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีครอสโอเวอร์ กับ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีครอสโอเวอร์ กับ วิธีการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีครอสโอเวอร์ กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ กับ วิธีการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีมิวเตชั่น กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

6.2 การออกแบบการทดลอง

6.2.1 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการจากการทดลองแต่ละระดับปัจจัย

การทดลองในแต่ละระดับปัจจัย (แต่ละ Treatment Combination) ต้องการข้อมูลซึ่งได้แก่ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายของคำตอบ นอกจากนี้ ยังต้องการเก็บลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบอีก 2 ข้อมูล โดยจะเก็บไปพร้อมๆ กับการเก็บค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายของคำตอบ

6.2.2 การกำหนดรูปแบบการทดลอง

การทดลองที่ใช้เป็นการทดลองแบบ Full Factorial Design ซึ่งมีปัจจัยในการพิจารณาทั้งหมด 5 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมีระดับปัจจัยไม่เท่ากัน โดยมีตัวแปรตอบสนองในทุก Treatment Combination ของการทดลองขั้นที่หนึ่งเป็นค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย และมีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองของการทดลองในขั้นที่สอง ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณามี 5 ปัจจัย รายละเอียดต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 6.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6. 2 *รายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา*

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร	3	1. จำนวนประชากร 20 ประชากร 2. จำนวนประชากร 30 ประชากร 3. จำนวนประชากร 40 ประชากร
2. วิธีการครอสโอเวอร์	3	1. วิธี Simple Crossover 2. วิธี Linear Order Crossover 3. วิธี Uniform Crossover
3. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	3	1. Pc = 0.7 2. Pc = 0.8 3. Pc = 0.9
4. วิธีการมิวเตชั่น	4	1. วิธี Mutation Type 1 2. วิธี Mutation Type 2 3. วิธี Mutation Type 3 4. วิธี Mutation Type 4
5. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	3	1. Pm = 0.1 2. Pm = 0.2 3. Pm = 0.3

หมายเหตุ วิธีครอสโอเวอร์แบบ SimpleX LinearOX และ UniformX จะแทนด้วยหมายเลข 1-3 ตามลำดับ

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 การทดลองใหญ่ๆ ตามขนาดของปัญหา โดยในแต่ละปัญหาจะมี 2 วัตถุประสงค์ และในแต่ละวัตถุประสงค์ของปัญหาจะมีจำนวนวนซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 2 ดังนี้

การทดลองที่ 1: การทดลองจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการขนาดพยาบาล 8 คน

ใช้จำนวนเจนเนอเรชั่น 500 เจนเนอเรชั่น

การทดลองที่ 1.1: การทดลองที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานพยาบาล

การทดลองที่ 1.2: การทดลองที่วัตถุประสงค์ความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานพยาบาล

การทดลองที่ 2: การทดลองจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการขนาดพยาบาล 12 คน

ใช้จำนวนเจนเนอเรชั่น 800 เจนเนอเรชั่น

การทดลองที่ 2.1: การทดลองที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานพยาบาล

การทดลองที่ 2.2: การทดลองที่วัตถุประสงค์ความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานพยาบาล

แต่ละการทดลองมี Treatment Combination = 2x3x3x3x4x3 = 648 และจำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลองเท่ากับ 648x2 = 1296 ข้อมูล

6.2.3 การเก็บและจัดระบบข้อมูล

จากการทดลองที่ระดับปัจจัยต่างๆ จะทำการเก็บค่าตัวแปรตอบสนอง ซึ่งได้แก่ ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย และ ค่าเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ โดยจะเก็บไว้ในตารางแสดงผลการรันโปรแกรมในภาคผนวก ง

6.3 การวิเคราะห์การทดลอง

การวิเคราะห์การทดลองจะแยกออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ตามขนาดของปัญหา โดยในแต่ละปัญหาจะมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป้าหมายอยู่ 2 ฟังก์ชัน และในแต่ละฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป้าหมายจะมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ 3 ขั้นตอน ซึ่งในขั้นตอนที่ 1 และ ขั้นตอนที่ 2 จะมีวิธีการวิเคราะห์ที่เหมือนกัน แต่แตกต่างกันเพียงค่าตอบสนองที่ใช้ โดยวิธีการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนมี 2 ขั้น (ดูใน Montagomery, D.C) คือ

- การวิเคราะห์ด้วย ANOVA ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อดูว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการหาคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยจะใช้โปรแกรม MINITAB12 เป็นโปรแกรมที่นำมาช่วยในการวิเคราะห์

- การวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกับระดับปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (รายละเอียดของการวิเคราะห์ ดูในภาคผนวก จ)

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ 3 ขั้นตอน มีดังนี้คือ

1) การวิเคราะห์โดยพิจารณาค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าตอบสนอง
2) การวิเคราะห์โดยพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง
3) การวิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

6.3.1 การวิเคราะห์โดยพิจารณาค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าตอบสนอง

ในการทดสอบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะกระทำนี้ เราสนใจค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าตอบสนองหลัก โดยปัจจัยใดที่นำมาทดสอบแล้วพบระดับปัจจัยที่เหมาะสม (ระดับปัจจัยที่ให้ค่าตอบสนองที่ดีที่สุดเพียงระดับเดียว) ก็จะกำหนดระดับปัจจัยนั้นเป็นพารามิเตอร์ที่จะนำมาใช้ แต่ถ้าปัจจัยใดที่มีระดับปัจจัยที่เหมาะสมหลายระดับ ก็จะนำปัจจัยนั้นไปทำการวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนที่ 2

6.3.2 การวิเคราะห์โดยพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

การวิเคราะห์โดยพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองเป็นการวิเคราะห์ที่ทำต่อจากขั้นที่หนึ่ง เมื่อการวิเคราะห์ขั้นแรกแล้วไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้

6.3.3 การวิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นการวิเคราะห์ที่ใช้ในกรณีที่ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้มีหลายค่า แต่จำเป็นที่จะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพียงค่าเดียวเพื่อนำไปใช้ในการหาคำตอบในบทต่อไป

6.4 ปัญหาตัวอย่างขนาดพยาบาลประจำการ 8 คน

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป้าหมายที่ใช้มี 2 ฟังก์ชัน ได้แก่

1) ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ
2) ค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ

6.4.1 ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 8 คน

6.4.1.1 ใช้ค่าวัตถุประสงค์เป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6. 3 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดพยาบาลประจำการ 8 คน โดยใช้ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Direct, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Popsize	2	138271	138271	69135	5.30	0.005
Ctype	2	1386987	1386987	693494	53.14	0.000
Pc	2	607852	607852	303926	23.29	0.000
Mtype	3	1856340	1856340	618780	47.41	0.000
Pm	2	3535778	3535778	1767889	135.46	0.000
Popsize*Ctype	4	51338	51338	12835	0.98	0.417
Popsize*Pc	4	93333	93333	23333	1.79	0.131
Popsize*Mtype	6	92166	92166	15361	1.18	0.318
Popsize*Pm	4	58726	58726	14682	1.12	0.345
Ctype*Pc	4	26065	26065	6516	0.50	0.736
Ctype*Mtype	6	94846	94846	15808	1.21	0.300
Ctype*Pm	4	132897	132897	33224	2.55	0.039
Pc*Mtype	6	121690	121690	20282	1.55	0.160
Pc*Pm	4	111478	111478	27869	2.14	0.076
Mtype*Pm	6	211440	211440	35240	2.70	0.014
Popsize*Ctype*Pc	8	57242	57242	7155	0.55	0.820
Popsize*Ctype*Mtype	12	328906	328906	27409	2.10	0.017
Popsize*Ctype*Pm	8	116108	116108	14514	1.11	0.354
Popsize*Pc*Mtype	12	88387	88387	7366	0.56	0.870
Popsize*Pc*Pm	8	138194	138194	17274	1.32	0.231
Popsize*Mtype*Pm	12	126258	126258	10522	0.81	0.644
Ctype*Pc*Mtype	12	274962	274962	22914	1.76	0.055
Ctype*Pc*Pm	8	58440	58440	7305	0.56	0.811
Ctype*Mtype*Pm	12	85795	85795	7150	0.55	0.882
Pc*Mtype*Pm	12	141072	141072	11756	0.90	0.547
Popsize*Ctype*Pc*Mtype	24	142097	142097	5921	0.45	0.989
Popsize*Ctype*Pc*Pm	16	320294	320294	20018	1.53	0.086
Popsize*Ctype*Mtype*Pm	24	278227	278227	11593	0.89	0.619
Popsize*Pc*Mtype*Pm	24	546797	546797	22783	1.75	0.018
Ctype*Pc*Mtype*Pm	24	348143	348143	14506	1.11	0.329
Popsize*Ctype*Pc*Mtype*Pm	48	456964	456964	9520	0.73	0.908
Error	324	4228672	4228672	13051		
Total	647	16255765				

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าพารามิเตอร์ทั้งหมด 5 ตัว ซึ่งได้แก่ จำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีมิวเตชั่น และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ Crossover Type*Pm และ Mutation Type*Pm

2) การวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าจำนวนประชากรขนาด 40 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าจำนวนประชากรขนาดอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัดจำนวนประชากรขนาด 40 ออก

ข. วิธีการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัดวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 ออก

ค. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์พบว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ค่า 0.9 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ค่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัดความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ค่า 0.9 ออก

ง. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 4 จะให้ค่าตอบสนองที่ต่ำกว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงตัดวิธีการมิวเตชั่นแบบอื่นออก

จ. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ค่า 0.1 จะให้ค่าตอบสนองที่ต่ำกว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ค่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงตัดความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ค่าอื่นออก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉ. Interaction ระหว่าง Crossover Type กับ Pm

แบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ทดสอบผลของ Pm ที่ต่างกัน โดย Fixed Crossover Type

หลังจากการวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests แล้ว พบว่า Crossover Type ที่ให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำมี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 และ แบบที่ 2 ดังนั้นจะทำการ Fixed Crossover Type เพื่อดูผลของ Pm

- Fixed Crossover Type ที่แบบที่ 1
  จะได้ว่า Pm มีค่าเป็น 0.1
- Fixed Crossover Type ที่แบบที่ 2
  จะได้ว่า Pm มีค่าเป็น 0.1

จะเห็นว่าเมื่อ Fixed Crossover Type ทั้ง 2 แบบแล้ว พบว่า Crossover Type ทั้ง 2 แบบล้วนให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายต่ำที่ Pm เท่ากับ 0.1 ทั้งคู่

2. ทดสอบผลของ Crossover Type ที่ต่างกัน โดย Fixed Pm

จากการวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests พบว่า Pm ที่ให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำมีเพียงค่าเดียว คือ 0.1 ดังนั้นจะทำการ Fixed Pm เท่ากับ 0.1 เพื่อดูผลของ Crossover Type

- Fixed Pm ที่ค่า 0.1
  จะได้ว่า Crossover Type แบบที่ 1 และ Crossover แบบที่ 2 ให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายต่ำ

ช. Interaction ระหว่าง Mutation Type กับ Pm

จากการวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests พบว่ามีเพียง Mutation Type แบบที่ 4 เท่านั้นที่ให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำ ดังนั้นจะทำการ Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4 เพื่อดูผลของ Pm

- Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จะได้ว่า Pm ที่ 0.1 ให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายต่ำ ดังนั้นจึงตัด Pm ค่าอื่นออก

3) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย

จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าตอบสนอง จะช่วยคัดระดับปัจจัยที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายสูงออกไป ดังนั้นจะเหลือระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

จำนวนประชากร	:	20 30
วิธีการครอสโอเวอร์	:	1 2
Pc	:	0.7 0.8
วิธีการมิวเตชั่น	:	4
Pm	:	0.1

ระดับปัจจัยที่เหลือในแต่ละพารามิเตอร์จะนำมาพิจารณา โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองต่อไป

6.4.1.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6. 4 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดพยาบาลประจำการ 8 คน โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Generation, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Popsize	1	25600	25600	25600	1.59	0.243
Ctype	1	53824	53824	53824	3.34	0.105
Pc	1	36864	36864	36864	2.29	0.169
Popsize*Ctype	1	9	9	9	0.00	0.982
Popsize*Pc	1	900	900	900	0.06	0.819
Ctype*Pc	1	29929	29929	29929	1.86	0.210
Popsize*Ctype*Pc	1	37636	37636	37636	2.34	0.165
Error	8	128848	128848	16106		
Total	15	313610				

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าไม่มีระดับปัจจัยของพารามิเตอร์ใดมีผลต่อลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 แสดงว่าระดับปัจจัยไม่มีความแตกต่างกัน

2) การวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests

เนื่องจากการวิเคราะห์ ANOVA ไม่พบว่ามีระดับปัจจัยใดมีผลต่อค่าตอบสนอง ดังนั้นจึงไม่ต้องทำการวิเคราะห์ Tukey Simultaneous Tests

3) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบ ไม่พบว่ามีระดับปัจจัยใดมีผลต่อค่าตอบสนอง ดังนั้นระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากขั้นตอนที่แล้ว

จำนวนประชากร	: 20 30
วิธีการครอสโอเวอร์	: 1 2
Pc	: 0.7 0.8
วิธีการมิวเตชั่น	: 4
Pm	: 0.1

ระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์จะนำมาพิจารณา โดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบต่อไป

6.4.1.3 ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 ขั้นตอนที่ผ่านมา จะนำมาพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย เพื่อหาพารามิเตอร์ที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด ได้ระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

จำนวนประชากร	: 20
วิธีการครอสโอเวอร์	: 1
Pc	: 0.7 0.8
วิธีการมิวเตชั่น	: 4
Pm	: 0.1

6.4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 8 คน

6.4.2.1 ใช้ค่าวัตถุประสงค์เป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6. 5 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดพยาบาลประจำการ 8 คน โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Accuracy, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Popsize	2	119666963	119666963	59833481	4.52	0.012
Ctype	2	213280231	213280231	106640115	8.05	0.000
Pc	2	16997031	16997031	8498515	0.64	0.527
Mtype	3	528998545	528998545	176332848	13.32	0.000
Pm	2	64931812	64931812	32465906	2.45	0.088
Popsize*Ctype	4	44460182	44460182	11115046	0.84	0.501
Popsize*Pc	4	36476990	36476990	9119248	0.69	0.600
Popsize*Mtype	6	95074769	95074769	15845795	1.20	0.308
Popsize*Pm	4	2017570	2017570	504392	0.04	0.997
Ctype*Pc	4	57432994	57432994	14358249	1.08	0.364
Ctype*Mtype	6	117158652	117158652	19526442	1.47	0.186
Ctype*Pm	4	15624746	15624746	3906186	0.30	0.881
Pc*Mtype	6	56962738	56962738	9493790	0.72	0.636
Pc*Pm	4	69256889	69256889	17314222	1.31	0.267
Mtype*Pm	6	267543943	267543943	44590657	3.37	0.003
Popsize*Ctype*Pc	8	87445668	87445668	10930708	0.83	0.580
Popsize*Ctype*Mtype	12	117458946	117458946	9788245	0.74	0.713
Popsize*Ctype*Pm	8	73837764	73837764	9229721	0.70	0.694
Popsize*Pc*Mtype	12	231785176	231785176	19315431	1.46	0.138
Popsize*Pc*Pm	8	114118486	114118486	14264811	1.08	0.378
Popsize*Mtype*Pm	12	60313269	60313269	5026106	0.38	0.970
Ctype*Pc*Mtype	12	87072328	87072328	7256027	0.55	0.882
Ctype*Pc*Pm	8	47632139	47632139	5954017	0.45	0.890
Ctype*Mtype*Pm	12	176090169	176090169	14674181	1.11	0.352
Pc*Mtype*Pm	12	101557890	101557890	8463158	0.64	0.808
Popsize*Ctype*Pc*Mtype	24	223488844	223488844	9312035	0.70	0.848
Popsize*Ctype*Pc*Pm	16	81820766	81820766	5113798	0.39	0.985
Popsize*Ctype*Mtype*Pm	24	299653589	299653589	12485566	0.94	0.543
Popsize*Pc*Mtype*Pm	24	195628676	195628676	8151195	0.62	0.923
Ctype*Pc*Mtype*Pm	24	284719918	284719918	11863330	0.90	0.608
Popsize*Ctype*Pc*Mtype*Pm	48	432009983	432009983	9000208	0.68	0.948
Error	324	4289586171	4289586171	13239463		
Total	647	8610103838				

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าพารามิเตอร์ซึ่งได้แก่ จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ Mutation Type*Pm

2) การวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าจำนวนประชากรขนาด 20 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าจำนวนประชากรขนาดอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัดจำนวนประชากรขนาด 20 ออก

ข. วิธีการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัดวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 ออก

ค. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 4 จะให้ค่าตอบสนองที่ต่ำกว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงตัดวิธีการมิวเตชั่นแบบอื่นออก

ง. Interaction ระหว่าง Mutation Type กับ Pm

จากการวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests พบว่ามีเพียง Mutation Type แบบที่ 4 เท่านั้นที่ให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำ ดังนั้นจะทำการ Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4 เพื่อดูผลของ Pm

- Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4

  จะได้ว่า Pm ที่ 0.1 และ 0.2 ให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายต่ำ ดังนั้นจึงตัด Pm ค่าอื่นออก

3) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย

จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าตอบสนอง จะช่วยคัดระดับปัจจัยที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายสูงออกไป ดังนั้นจะเหลือระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จำนวนประชากร	:	30 40
วิธีการครอสโอเวอร์	:	1 2
Pc	:	0.7 0.8 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	:	4
Pm	:	0.1 0.2

ระดับปัจจัยที่เหลือในแต่ละพารามิเตอร์จะนำมาพิจารณา โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองต่อไป

6.4.2.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6. 6 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดพยาบาลประจำการ 8 คน โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Generation, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Popsize	1	22188	22188	22188	0.85	0.366
Ctype	1	1323	1323	1323	0.05	0.824
Pc	2	332780	332780	166390	6.36	0.006
Pm	1	5125	5125	5125	0.20	0.662
Popsize*Ctype	1	30301	30301	30301	1.16	0.293
Popsize*Pc	2	6303	6303	3152	0.12	0.887
Popsize*Pm	1	6487	6487	6487	0.25	0.623
Ctype*Pc	2	78239	78239	39119	1.50	0.244
Ctype*Pm	1	44774	44774	44774	1.71	0.203
Pc*Pm	2	190272	190272	95136	3.64	0.042
Popsize*Ctype*Pc	2	35982	35982	17991	0.69	0.512
Popsize*Ctype*Pm	1	52008	52008	52008	1.99	0.171
Popsize*Pc*Pm	2	8854	8854	4427	0.17	0.845
Ctype*Pc*Pm	2	122485	122485	61243	2.34	0.118
Popsize*Ctype*Pc*Pm	2	50581	50581	25290	0.97	0.395
Error	24	627958	627958	26165		
Total	47	1615660				

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์ และ Interaction ของ Pc และ Pm มีผลต่อลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2) การวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ก. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์ พบว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ค่า 0.7 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ค่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัด Pc ที่ 0.7 ออก

ข. Interaction ระหว่าง Pc กับ Pm

แบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ทดสอบผลของ Pm ที่ต่างกัน โดย Fixed Pc

หลังจากการวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests แล้วพบว่า Pc ที่ให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำมี 2 ค่า คือ 0.8 และ 0.9 ดังนั้นจะทำการ Fixed Pc เพื่อดูผลของ Pm

- Fixed Pc ที่ 0.8
  จะได้ว่า Pm มีค่าเป็น 0.1 และ 0.2
- Fixed Pc ที่ 0.9
  จะได้ว่า Pm มีค่าเป็น 0.1 และ 0.2

จะเห็นว่าเมื่อ Fixed Pc ที่ทั้ง 2 ค่าแล้ว พบ Pc ทั้ง 2 ค่าล้วนให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายต่ำที่ Pm เท่ากับ 0.1 และ 0.2 ทั้งคู่

2. ทดสอบผลของ Pc ที่ต่างกัน โดย Fixed Pm

จากการวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests พบว่า Pm ที่ให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำมี 2 ค่า คือ 0.1 และ 0.2 ดังนั้นจะทำการ Fixed Pm เพื่อดูผลของ Pc

- Fixed Pm ที่ค่า 0.1
  จะได้ว่า Pc มีค่าเป็น 0.8 และ 0.9
- Fixed Pm ที่ค่า 0.2
  จะได้ว่า Pc มีค่าเป็น 0.8 และ 0.9

จะเห็นว่าเมื่อ Fixed Pm ที่ทั้ง 2 ค่าแล้ว พบ Pm ทั้ง 2 ค่าล้วนให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายต่ำที่ Pc เท่ากับ 0.8 และ 0.9 ทั้งคู่

3) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองจะช่วยคัดระดับปัจจัยที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายสูงออกไป ดังนั้นจะเหลือระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

จำนวนประชากร	:	30 40
วิธีการครอสโอเวอร์	:	1 2
Pc	:	0.8 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	:	4
Pm	:	0.1 0.2

ระดับปัจจัยที่เหลือในแต่ละพารามิเตอร์จะนำมาพิจารณา โดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบต่อไป

6.4.2.3 ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 ขั้นตอนที่ผ่านมา จะนำมาพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย เพื่อหาพารามิเตอร์ที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด ได้ระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

จำนวนประชากร	:	40
วิธีการครอสโอเวอร์	:	2
Pc	:	0.9
วิธีการมิวเตชั่น	:	4
Pm	:	0.2

6.5 ปัญหาตัวอย่างขนาดพยาบาลประจำการ 12 คน

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป้าหมายที่ใช้มี 2 ฟังก์ชัน ได้แก่

1) ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ
2) ค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ

6.5.1 ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 12 คน

6.5.1.1 ใช้ค่าวัตถุประสงค์เป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6. 7 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดพยาบาลประจำการ 12 คน โดยใช้ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Direct, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Popsize	2	696239	696239	348119	10.26	0.000
Ctype	2	3872343	3872343	1936172	57.05	0.000
Pc	2	1420894	1420894	710447	20.93	0.000
Mtype	3	4580019	4580019	1526673	44.98	0.000
Pm	2	7210992	7210992	3605496	106.24	0.000
Popsize*Ctype	4	146148	146148	36537	1.08	0.368
Popsize*Pc	4	128855	128855	32214	0.95	0.436
Popsize*Mtype	6	593837	593837	98973	2.92	0.009
Popsize*Pm	4	685067	685067	171267	5.05	0.001
Ctype*Pc	4	281191	281191	70298	2.07	0.084
Ctype*Mtype	6	791932	791932	131989	3.89	0.001
Ctype*Pm	4	218765	218765	54691	1.61	0.171
Pc*Mtype	6	974738	974738	162456	4.79	0.000
Pc*Pm	4	246066	246066	61516	1.81	0.126
Mtype*Pm	6	1021770	1021770	170295	5.02	0.000
Popsize*Ctype*Pc	8	172114	172114	21514	0.63	0.749
Popsize*Ctype*Mtype	12	589368	589368	49114	1.45	0.143
Popsize*Ctype*Pm	8	262081	262081	32760	0.97	0.463
Popsize*Pc*Mtype	12	126581	126581	10548	0.31	0.987
Popsize*Pc*Pm	8	422039	422039	52755	1.55	0.138
Popsize*Mtype*Pm	12	516615	516615	43051	1.27	0.236
Ctype*Pc*Mtype	12	356926	356926	29744	0.88	0.571
Ctype*Pc*Pm	8	73368	73368	9171	0.27	0.975
Ctype*Mtype*Pm	12	359434	359434	29953	0.88	0.565
Pc*Mtype*Pm	12	249286	249286	20774	0.61	0.832
Popsize*Ctype*Pc*Mtype	24	1092155	1092155	45506	1.34	0.134
Popsize*Ctype*Pc*Pm	16	223004	223004	13938	0.41	0.980
Popsize*Ctype*Mtype*Pm	24	1254753	1254753	52281	1.54	0.053
Popsize*Pc*Mtype*Pm	24	748669	748669	31195	0.92	0.576
Ctype*Pc*Mtype*Pm	24	693071	693071	28878	0.85	0.670
Popsize*Ctype*Pc*Mtype*Pm	48	2030944	2030944	42311	1.25	0.138
Error	324	10995749	10995749	33937		
Total	647	43035015				

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าพารามิเตอร์ทั้งหมด 5 ตัว ซึ่งได้แก่ จำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีมิวเตชั่น และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ Population*Mutation Type, Popution*Pm, Crossover Type*Mutation Type, Pc*Mutation Type และ Mutation Type*Pm

2) การวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าจำนวนประชากรขนาด 20 จะให้ค่าตอบสนองที่ต่ำกว่าจำนวนประชากรขนาดอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัดจำนวนประชากรขนาดอื่นออก

ข. วิธีการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัดวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 ออก

ค. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์พบว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ค่า 0.9 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ค่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัดความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ค่า 0.9 ออก

ง. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 4 จะให้ค่าตอบสนองที่ต่ำกว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงตัดวิธีการมิวเตชั่นแบบอื่นออก

จ. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ค่า 0.1 จะให้ค่าตอบสนองที่ต่ำกว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ค่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงตัดความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ค่าอื่นออก

ฉ. Interaction ระหว่าง Population Size กับ Mutation Type

จากการวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests พบว่ามีเพียง Mutation Type แบบที่ 4 เท่านั้นที่ให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำ ดังนั้นจะทำการ Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4 เพื่อดูผลของ Population Size

- Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4
  จะได้ว่า Population Size ที่ขนาด 20 และ 30 ให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายต่ำ ดังนั้นจึงตัด Population Size ที่ขนาด 40 ออก

ช. Interaction ระหว่าง Population Size กับ Pm

แบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ทดสอบผลของ Pm ที่ต่างกัน โดย Fixed Population Size

   จากการวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests แล้วพบว่า Population Size ที่ให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำมีเพียงขนาดเดียว คือ 20 ดังนั้นจะทำการ Fixed Population Size เพื่อดูผลของ Pm

   - Fixed Population Size ที่ขนาด 20
     จะได้ว่า Pm ที่ค่า 0.1 ให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายต่ำ

2. ทดสอบผลของ Population Size ที่ต่างกัน โดย Fixed Pm

   หลังจากการวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests แล้วพบว่า Pm ที่ให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำมีเพียงค่าเดียว คือ 0.1 ดังนั้นจะทำการ Fixed Pm เพื่อดูผลของ Population Size

   - Fixed Pm ที่ค่า 0.1
     จะได้ว่า Population Size ที่ขนาด 20 ให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายต่ำ

ซ. Interaction ระหว่าง Crossover Type กับ Mutation Type

จากการวิเคราะห์จะทำการ Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4 เพื่อดูผลของ Crossover Type

- Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4
  จะได้ว่า Crossover Type แบบที่ 3 ให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายสูง ดังนั้นจึงตัด Crossover Type แบบที่ 3 ออก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฌ. Interaction ระหว่าง Pc กับ Mutation Type

จากการวิเคราะห์จะทำการ Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4 เพื่อดูผลของ Pc

- Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4
  จะได้ว่า Pc ที่ค่า 0.9 ให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายสูง ดังนั้นจึงตัด Pc ที่ค่า 0.9 ออก

ญ. Interaction ระหว่าง Mutation Type กับ Pm

จากการวิเคราะห์จะทำการ Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4 เพื่อดูผลของ Pm

- Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4
  จะได้ว่า Pm ที่ 0.1 ให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายต่ำ ดังนั้นจึงตัด Pm ค่าอื่นออก

3) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย

จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าตอบสนอง จะช่วยคัดระดับปัจจัยที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายสูงออกไป ดังนั้นจะเหลือระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

จำนวนประชากร	:	20 30
วิธีการครอสโอเวอร์	:	1 2
Pc	:	0.7 0.8
วิธีการมิวเตชั่น	:	4
Pm	:	0.1

ระดับปัจจัยที่เหลือในแต่ละพารามิเตอร์จะนำมาพิจารณา โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองต่อไป

6.5.1.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6. 8 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดพยาบาลประจำการ 12 คน โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for generation, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Popsize	1	28392	28392	28392	1.10	0.325
Ctype	1	17822	17822	17822	0.69	0.430
Pc	1	48841	48841	48841	1.89	0.206
Popsize*Ctype	1	16129	16129	16129	0.62	0.452
Popsize*Pc	1	210	210	210	0.01	0.930
Ctype*Pc	1	92720	92720	92720	3.59	0.095
Popsize*Ctype*Pc	1	72361	72361	72361	2.80	0.133
Error	8	206545	206545	25818		
Total	15	483021				

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าไม่มีระดับปัจจัยของพารามิเตอร์ใดมีผลต่อลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 แสดงว่าระดับปัจจัยไม่มีความแตกต่างกัน

2) การวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests

เนื่องจากการวิเคราะห์ ANOVA ไม่พบว่ามีระดับปัจจัยใดมีผลต่อค่าตอบสนอง ดังนั้นจึงไม่ต้องทำการวิเคราะห์ Tukey Simultaneous Tests

3) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบ ไม่พบว่ามีระดับปัจจัยใดมีผลต่อค่าตอบสนอง ดังนั้นระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากขั้นตอนที่แล้ว

จำนวนประชากร	:	20 30
วิธีการครอสโอเวอร์	:	1 2
Pc	:	0.7 0.8
วิธีการมิวเตชั่น	:	4
Pm	:	0.1

ระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์จะนำมาพิจารณา โดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.5.1.3 ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 ขั้นตอนที่ผ่านมา จะนำมาพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย เพื่อหาพารามิเตอร์ที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด ได้ระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

จำนวนประชากร	: 20
วิธีการครอสโอเวอร์	: 1
Pc	: 0.7 0.8
วิธีการมิวเตชั่น	: 4
Pm	: 0.1

6.5.2 ค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 12 คน

6.5.2.1 ใช้ค่าวัตถุประสงค์เป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6. 9 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดพยาบาลประจำการ 12 คน โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Accuracy, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Popsize	2	202059978	202059978	101029989	1.53	0.218
Ctype	2	4540190147	4540190147	2270095074	34.37	0.000
Pc	2	237946894	237946894	118973447	1.80	0.167
Mtype	3	4605288235	4605288235	1535096078	23.24	0.000
Pm	2	807131610	807131610	403565805	6.11	0.002
Popsize*Ctype	4	420466430	420466430	105116608	1.59	0.176
Popsize*Pc	4	172353971	172353971	43088493	0.65	0.626
Popsize*Mtype	6	974499842	974499842	162416640	2.46	0.024
Popsize*Pm	4	147019188	147019188	36754797	0.56	0.694
Ctype*Pc	4	228770761	228770761	57192690	0.87	0.485
Ctype*Mtype	6	920789768	920789768	153464961	2.32	0.033
Ctype*Pm	4	291553531	291553531	72888383	1.10	0.355
Pc*Mtype	6	341295231	341295231	56882538	0.86	0.524
Pc*Pm	4	279960084	279960084	69990021	1.06	0.377
Mtype*Pm	6	204969662	204969662	34161610	0.52	0.795
Popsize*Ctype*Pc	8	616084546	616084546	77010568	1.17	0.319
Popsize*Ctype*Mtype	12	298681125	298681125	24890094	0.38	0.971
Popsize*Ctype*Pm	8	916664231	916664231	114583029	1.73	0.090
Popsize*Pc*Mtype	12	491390389	491390389	40949199	0.62	0.825
Popsize*Pc*Pm	8	315898704	315898704	39487338	0.60	0.780
Popsize*Mtype*Pm	12	822285388	822285388	68523782	1.04	0.414
Ctype*Pc*Mtype	12	452977609	452977609	37748134	0.57	0.865
Ctype*Pc*Pm	8	619257099	619257099	77407137	1.17	0.315
Ctype*Mtype*Pm	12	915629909	915629909	76302492	1.16	0.315
Pc*Mtype*Pm	12	218808950	218808950	18234079	0.28	0.993
Popsize*Ctype*Pc*Mtype	24	2049145380	2049145380	85381057	1.29	0.165
Popsize*Ctype*Pc*Pm	16	1404475194	1404475194	87779700	1.33	0.177
Popsize*Ctype*Mtype*Pm	24	2404049162	2404049162	100168715	1.52	0.059
Popsize*Pc*Mtype*Pm	24	1614370291	1614370291	67265429	1.02	0.442
Ctype*Pc*Mtype*Pm	24	859304463	859304463	35804353	0.54	0.963
Popsize*Ctype*Pc*Mtype*Pm	48	3493661660	3493661660	72784618	1.10	0.308
Error	324	2.1400E+10	2.1400E+10	66048632		
Total	647	5.3267E+10				

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าพารามิเตอร์ซึ่งได้แก่ วิธีครอสโอเวอร์ วิธีมิวเตชั่น และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ Population Size*Mutation Type และ Crossover Type*Mutation Type

2) การวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ก. วิธีครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัดวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 ออก

ข. วิธีมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 4 จะให้ค่าตอบสนองที่ต่ำกว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงตัดวิธีการมิวเตชั่นแบบอื่นออก

ค. ค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ค่า 0.3 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นค่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงตัดค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ค่า 0.3 ออก

ง. Interaction ระหว่าง Population Size กับ Mutation Type

จากการวิเคราะห์จะทำการ Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4 เพื่อดูผลของ Population Size

- Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4
  จะได้ว่า Population Size ทั้ง 3 ขนาดไม่มีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญเท่ากับ 0.05

จ. Interaction ระหว่าง Crossover Type กับ Mutation Type

จากการวิเคราะห์จะทำการ Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4 เพื่อดูผลของ Crossover Type

- Fixed Mutation Type ที่แบบที่ 4
  จะได้ว่า Crossover Type แบบที่ 3 ให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายสูง ดังนั้นจึงตัด Crossover Type แบบที่ 3 ออก

3) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย

จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าตอบสนอง จะช่วยคัดระดับปัจจัยที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายสูงออกไป ดังนั้นจะเหลือระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

จำนวนประชากร	:	20 30 40
วิธีการครอสโอเวอร์	:	1 2
Pc	:	0.7 0.8 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	:	4
Pm	:	0.1 0.2

ระดับปัจจัยที่เหลือในแต่ละพารามิเตอร์จะนำมาพิจารณา โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองต่อไป

6.5.2.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6. 10 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดพยาบาลประจำการ 12 คน โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Generation, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Popsize	2	570336	570336	285168	6.80	0.003
Ctype	1	141069	141069	141069	3.37	0.075
Pc	2	1509282	1509282	754641	18.01	0.000
Pm	1	503841	503841	503841	12.02	0.001
Popsize*Ctype	2	12334	12334	6167	0.15	0.864
Popsize*Pc	4	169847	169847	42462	1.01	0.414
Popsize*Pm	2	42889	42889	21444	0.51	0.604
Ctype*Pc	2	7050	7050	3525	0.08	0.920
Ctype*Pm	1	77552	77552	77552	1.85	0.182
Pc*Pm	2	148095	148095	74047	1.77	0.185
Popsize*Ctype*Pc	4	284342	284342	71085	1.70	0.172
Popsize*Ctype*Pm	2	90944	90944	45472	1.09	0.349
Popsize*Pc*Pm	4	190894	190894	47723	1.14	0.354
Ctype*Pc*Pm	2	279493	279493	139746	3.33	0.047
Popsize*Ctype*Pc*Pm	4	178913	178913	44728	1.07	0.387
Error	36	1508645	1508645	41907		
Total	71	5715524				

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าจำนวนประชากร ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และ ค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีผลต่อลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2) การวิเคราะห์ด้วย Tukey Simultaneous Tests

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB12 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์ พบว่าจำนวนประชากรที่ขนาด 40 จะให้ค่าตอบสนองที่ต่ำกว่าจำนวนประชากรที่ขนาดอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัด จำนวนประชากรที่ขนาดอื่นออก

ข. ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์ พบว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ค่า 0.7 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ค่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัด Pc ที่ 0.7 ออก

ค. ค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์ พบว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ค่า 0.2 จะให้ค่าตอบสนองที่ต่ำกว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ค่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงตัด Pm ที่ 0.1 ออก

3) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองจะช่วยคัดระดับปัจจัยที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายสูงออกไป ดังนั้นจะเหลือระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

จำนวนประชากร	:	40
วิธีการครอสโอเวอร์	:	1 2
Pc	:	0.8 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	:	4
Pm	:	0.2

ระดับปัจจัยที่เหลือในแต่ละพารามิเตอร์จะนำมาพิจารณา โดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.5.2.3 ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 ขั้นตอนที่ผ่านมา จะนำมาพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย เพื่อหาพารามิเตอร์ที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด ได้ระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

จำนวนประชากร	: 40
วิธีการครอสโอเวอร์	: 1
Pc	: 0.8
วิธีการมิวเตชั่น	: 4
Pm	: 0.2

6.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองและการวิเคราะห์ผลด้วย ANOVA และ Tukey Simultaneous Tests โดยโปรแกรม MINITAB12 ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.95 ได้ผลดังตารางที่ 6.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6. 11 *ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs*

ปัญหา	ค่าที่เหมาะสม		
	ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย	ลำดับที่เจนเนอเรชั่น	ค่าเฉลี่ยวัตถุประสงค์เป้าหมาย
พยาบาล 8 คน			
1. *Direction*			
Pop_Size	20 หรือ 30	20 หรือ 30	20
Cross_Type	1 หรือ 2	1 หรือ 2	1
Pc	0.7 หรือ 0.8	0.7 หรือ 0.8	0.7 หรือ 0.8
Mutate_Type	4	4	4
Pm	0.1	0.1	0.1
2. *Accuracy*			
Pop_Size	30 หรือ 40	30 หรือ 40	40
Cross_Type	1 หรือ 2	1 หรือ 2	2
Pc	0.7 หรือ 0.8 หรือ 0.9	0.8 หรือ 0.9	0.9
Mutate_Type	4	4	4
Pm	0.1 หรือ 0.2	0.1 หรือ 0.2	0.2
พยาบาล 12 คน			
1. *Direction*			
Pop_Size	20 หรือ 30	20 หรือ 30	20
Cross_Type	1 หรือ 2	1 หรือ 2	1
Pc	0.7 หรือ 0.8	0.7 หรือ 0.8	0.7 หรือ 0.8
Mutate_Type	4	4	4
Pm	0.1	0.1	0.1
2. *Accuracy*			
Pop_Size	20 หรือ 30 หรือ 40	40	40
Cross_Type	1 หรือ 2	1 หรือ 2	1
Pc	0.7 หรือ 0.8 หรือ 0.9	0.8 หรือ 0.9	0.8
Mutate_Type	4	4	4
Pm	0.1 หรือ 0.2	0.2	0.2

6.7 สรุปท้ายบท

การทดสอบพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของ GAs ทำขึ้นเพื่อตรวจสอบดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่มีผลต่อความสามารถในการหาคำตอบ และเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นแนวทางในการนำ GAs ไปใช้ในการแก้ปัญหาจริง การทดลองทั้งหมดแบ่งเป็น 2 การทดลองใหญ่ตามขนาดของปัญหาตัวอย่างที่นำมาใช้ ซึ่งประกอบด้วยปัญหาพยาบาลประจำการขนาด 8 และ 12 คน โดยในแต่ละการทดลองใหญ่นี้ยังได้แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยตามวัตถุประสงค์เป้าหมาย ซึ่งได้แก่ทิศทางการกระจายช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล และค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล สำหรับการวิเคราะห์การทดลองที่ใช้เป็นแบบ Full Factorial Design ซึ่งใช้ค่าวัตถุประสงค์ที่สนใจเป็นค่าตอบสนอง แต่ในกรณีที่ไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ให้ทำการทดสอบอีกครั้งโดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองแทน ปัจจัยที่พิจารณา คือ จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น จำนวนทำซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2 รอบ ดังนั้นในแต่ละการทดลองจะมีทั้งหมด 1296 Treatment Combination

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ด้วย ANOVA และ Tukey Simultaneous Tests ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.95 โดยโปรแกรม MINITAB12 จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีผลคือ จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น สำหรับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์จะไม่ค่อยมีผล ในการทดสอบจะได้ค่าพารามิเตอร์หลายตัวที่ให้คำตอบที่ดีพอๆ กันและเป็นคำตอบที่ดีที่สุด แสดงให้เห็นว่าช่วงของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นช่วงที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพารามิเตอร์ในการใช้งานจริงได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

การเปรียบเทียบคำตอบจากเจนเนติกอัลกอริทึมกับตารางเวรทำงาน

หลังจากได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการหาคำตอบของตัวอย่างปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการทั้ง 2 ตัวอย่างแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำเอาวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมที่เสนอรวมทั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้ มาทดลองแก้ปัญหาตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากตารางเวรทำงานจริง เพื่อดูว่าวิธีการใดสามารถให้คำตอบได้ดีกว่ากัน

เนื้อหาในบทนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามขนาดของปัญหาตัวอย่าง ในแต่ละส่วนจะประกอบไปด้วย

1. การทดลองหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการโดยใช้วิธีการของ GAs ที่เสนอไปในบทที่ 5 และใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองและวิเคราะห์ในบทที่ 6
2. การหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการจากตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการจริงที่นำมาจากโรงพยาบาล
3. การเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีการทั้งสอง

7.1 ปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการขนาด 8 คน

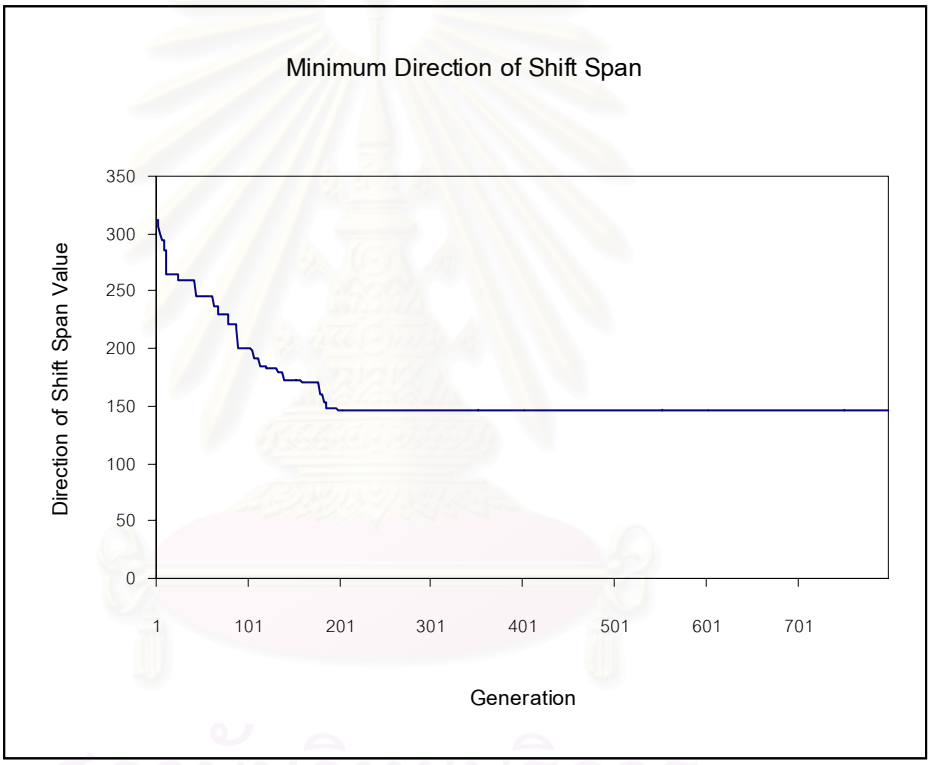
7.1.1 วัตถุประสงค์เป็นทิศทางการกระจายระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 8 คน

7.1.1.1 การหาคำตอบโดยใช้เจนเนติอัลกอริทึม

สำหรับการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการนี้ จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้ คือ

1. จำนวนประชากร 20 ตัว
2. วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Simple
3. Pc = 0.7
4. วิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 4
5. Pm = 0.1
6. จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด 800 เจนเนอเรชั่น

ผลของคำตอบจากการโดยเจนเนติกอัลกอริทึม แสดงดังรูปที่ 7.1



รูปที่ 7. 1 *การหาคำตอบโดย GAs สำหรับปัญหาพยาบาลประจำการ 8 คนที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย*

จากการหาคำตอบโดยวิธี GAs จะได้คำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7. 1 *ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรของพยาบาลประจำการ 8 คน โดยวิธี GAs ที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย*

	ค่า Performance ที่ได้
ค่าทิศทางการกระจาย	159
ค่าความแตกต่างระหว่างช่วง	147
ค่า Penalty	1345
ค่าความแปรปรวนของเวรทำงาน	0.534

7.1.1.2 การหาคำตอบจากตารางเวรทำงานจริง

ผลที่ได้จากตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 8 คน เป็นดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7. 2 *ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรทำงานจริงของพยาบาลประจำการ 8 คน ที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย*

	ค่า Performance ที่ได้
ค่าทิศทางการกระจาย	350
ค่าความแตกต่างระหว่างช่วง	317
ค่า Penalty	3659
ค่าความแปรปรวนของเวรทำงาน	2.27

7.1.1.3 การเปรียบเทียบผล

จากตารางที่ 7.1 และ 7.2 จะเห็นได้ว่าวิธีการของ GAs ให้คำตอบของค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่ต่ำกว่าวิธีการจัดตารางเวรทำงานจริงอยู่ 54.57% นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า Performance อื่นๆ พบว่าวิธีการ GAs จะให้ค่าความแปรปรวนของเวรทำงานที่ดีกว่าอยู่ถึง 76.48% ค่า Penalty ที่ต่ำกว่าอยู่ถึง 63.24% และค่าความแตกต่างระหว่างช่วงเวรทำงานที่ดีกว่าอยู่ 53.63%

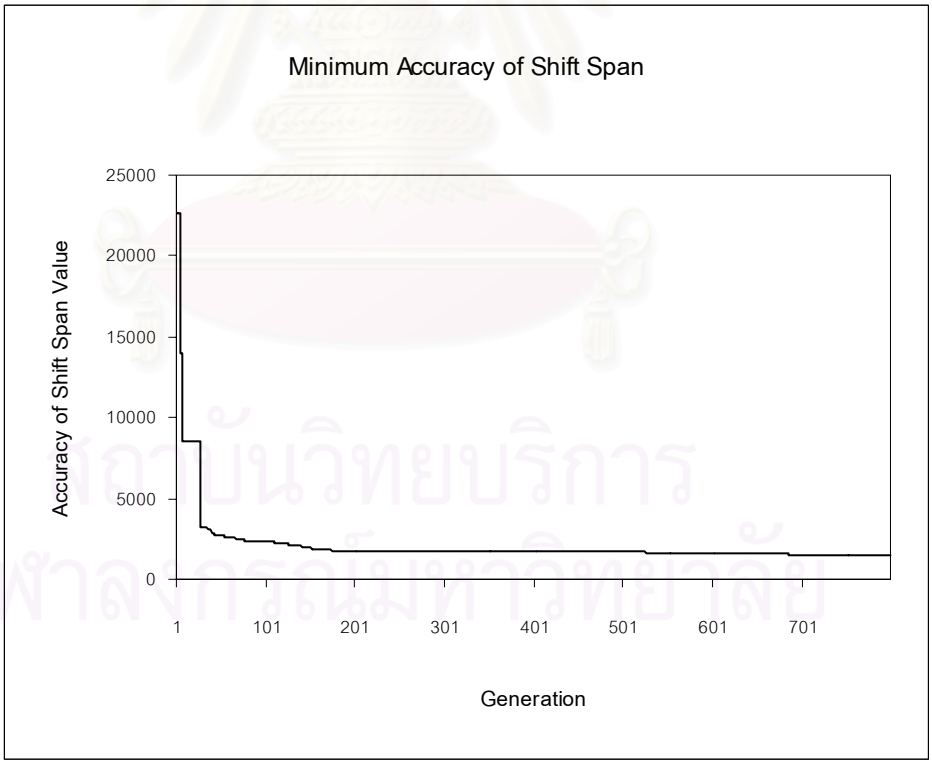
7.1.2 วัตถุประสงค์เป็นค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายระห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 8 คน

7.1.2.1 การหาคำตอบโดยใช้เจนเนติอัลกอริทึม

สำหรับการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการนี้ จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้ คือ

1. จำนวนประชากร 40 ตัว
2. วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Linear Order
3. Pc = 0.9
4. วิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 4
5. Pm = 0.2
6. จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด 500 เจนเนอเรชั่น

ผลของคำตอบจากการโดยเจนเนติกอัลกอริทึม แสดงดังรูปที่ 7.2



***รูปที่ 7. 2** การหาคำตอบโดย GAs สำหรับปัญหาพยาบาลประจำการ 8 คนที่วัตถุประสงค์คลาดเคลื่อนการกระจาย*

จากการหาคำตอบโดยวิธี GAs จะได้คำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ ดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7. 3 *ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรของพยาบาลประจำการ 8 คน โดยวิธี GAs ที่วัตถุประสงค์ความคลาดเคลื่อนการกระจาย*

	ค่า Performance ที่ได้
ค่าความคลาดเคลื่อน	1450
ค่าความแตกต่างระหว่างช่วง	185
ค่า Penalty	1265
ค่าความแปรปรวนของเวรทำงาน	0.534

7.1.2.2 การหาคำตอบจากตารางเวรทำงานจริง

ผลที่ได้จากตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 8 คน เป็นดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7. 4 *ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรทำงานจริงของพยาบาลประจำการ 8 คน ที่วัตถุประสงค์ความคลาดเคลื่อนการกระจาย*

	ค่า Performance ที่ได้
ค่าความคลาดเคลื่อน	3976
ค่าความแตกต่างระหว่างช่วง	317
ค่า Penalty	3659
ค่าความแปรปรวนของเวรทำงาน	2.27

7.1.2.3 การเปรียบเทียบผล

จากตารางที่ 7.3 และ 7.4 จะเห็นได้ว่าวิธีการของ GAs ให้คำตอบของค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่ต่ำกว่าวิธีการจัดตารางเวรทำงานจริงอยู่ 63.53% นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า Performance อื่นๆ พบว่าวิธีการ GAs จะให้ค่าความแปรปรวนของเวรทำงานที่ดีกว่าอยู่ถึง 76.48% ค่า Penalty ที่ต่ำกว่าอยู่ถึง 65.43% และค่าความแตกต่างระหว่างช่วงเวรทำงานที่ดีกว่าอยู่ 41.64%

7.2 ปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการขนาด 12 คน

7.2.1 วัตถุประสงค์เป็นทิศทางการกระจายระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 12 คน

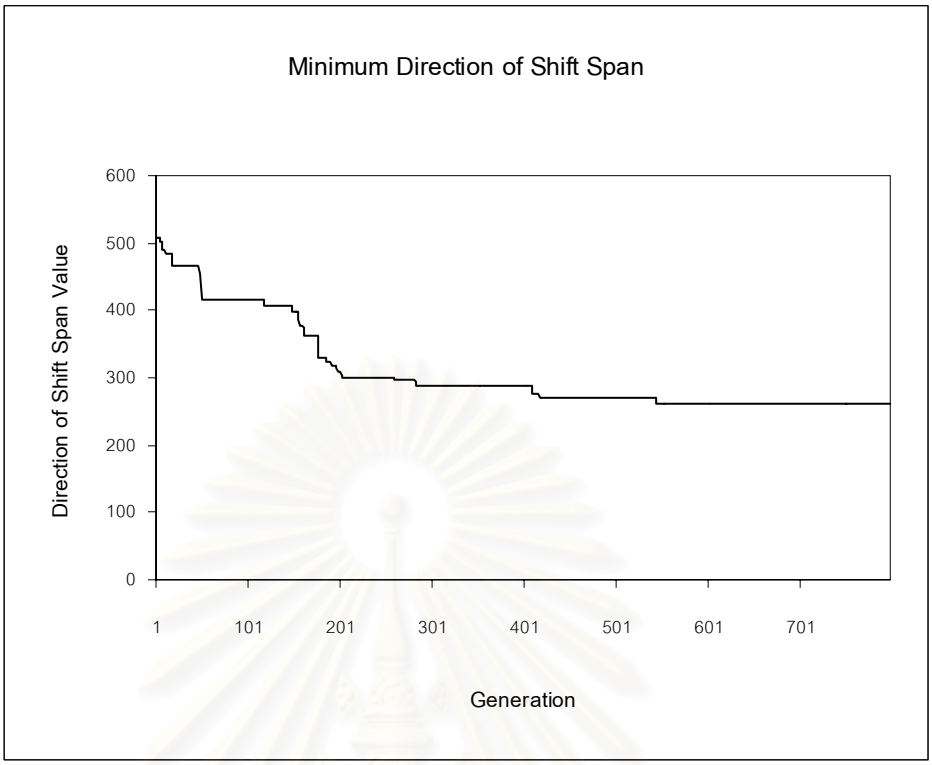
7.2.1.1 การหาคำตอบโดยใช้เจนเนติอัลกอริทึม

สำหรับการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการนี้ จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้ คือ

1. จำนวนประชากร 20 ตัว
2. วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Simple
3. Pc = 0.7
4. วิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 4
5. Pm = 0.1
6. จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด 800 เจนเนอเรชั่น

ผลของคำตอบจากการโดยเจนเนติกอัลกอริทึม แสดงดังรูปที่ 7.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7. 3 *การหาคำตอบโดย GAs สำหรับปัญหาพยาบาลประจำการ 12 คนที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย*

จากการหาคำตอบโดยวิธี GAs จะได้คำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ ดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7. 5 *ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรของพยาบาลประจำการ 12 คน โดยวิธี GAs ที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย*

	ค่า Performance ที่ได้
ค่าทิศทางการกระจาย	234
ค่าความแตกต่างระหว่างช่วง	216
ค่า Penalty	2035
ค่าความแปรปรวนของเวรทำงาน	0.522

7.2.1.2 การหาคำตอบจากตารางเวรทำงานจริง

ผลที่ได้จากตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 12 คน เป็นดังตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7. 6 *ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรทำงานจริงของพยาบาลประจำการ 12 คน ที่วัตถุประสงค์ทิศทางการกระจาย*

	ค่า Performance ที่ได้
ค่าทิศทางการกระจาย	303
ค่าความแตกต่างระหว่างช่วง	253
ค่า Penalty	5275
ค่าความแปรปรวนของเวรทำงาน	1.732

7.2.1.3 การเปรียบเทียบผล

จากตารางที่ 7.5 และ 7.6 จะเห็นได้ว่าวิธีการของ GAs ให้คำตอบของค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่ต่ำกว่าวิธีการจัดตารางเวรทำงานจริงอยู่ 22.77% นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า Performance อื่นๆ พบว่าวิธีการ GAs จะให้ค่าความแปรปรวนของเวรทำงานที่ดีกว่าอยู่ 69.86% ค่า Penalty ที่ต่ำกว่าอยู่ถึง 61.42% และค่าความแตกต่างระหว่างช่วงเวรทำงานที่ดีกว่าอยู่ 14.62%

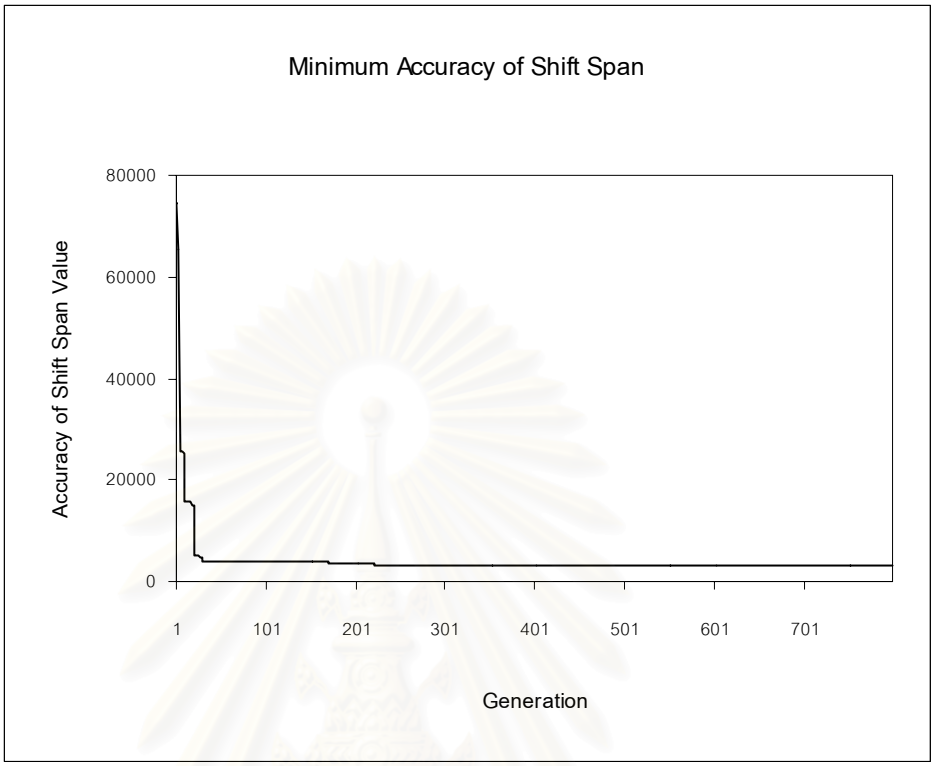
7.2.2 วัตถุประสงค์เป็นค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายระห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 12 คน

7.2.2.1 การหาคำตอบโดยใช้เจนเนติอัลกอริทึม

สำหรับการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการนี้ จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ คือ

1. จำนวนประชากร 40 ตัว
2. วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Simple
3. Pc = 0.8
4. วิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 4
5. Pm = 0.2
6. จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด 800 เจนเนอเรชั่น

ผลของคำตอบจากการโดยเจนเนติกอัลกอริทึม แสดงดังรูปที่ 7.4



รูปที่ 7. 4 *การหาคำตอบโดย GAs สำหรับปัญหาพยาบาลประจำการ 12 คนที่วัตถุประสงค์คลาดเคลื่อนของการกระจาย*

จากการหาคำตอบโดยวิธี GAs จะได้คำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ ดังตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7. 7 *ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรของพยาบาลประจำการ 12 คน โดยวิธี GAs ที่วัตถุประสงค์ความคลาดเคลื่อนการกระจาย*

	ค่า Performance ที่ได้
ค่าความคลาดเคลื่อน	2745
ค่าความแตกต่างระหว่างช่วง	200
ค่า Penalty	2545
ค่าความแปรปรวนของเวรทำงาน	0.522

7.2.2.2 การหาคำตอบจากตารางเวรทำงานจริง

ผลที่ได้จากตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ 12 คนเป็นดังตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7. 8 *ค่า Performance ที่วัดได้จากตารางเวรทำงานจริงของพยาบาลประจำการ 12 คน ที่วัตถุประสงค์คลาดเคลื่อนการกระจาย*

	ค่า Performance ที่ได้
ค่าความคลาดเคลื่อน	5528
ค่าความแตกต่างระหว่างช่วง	253
ค่า Penalty	5275
ค่าความแปรปรวนของเวรทำงาน	1.732

7.2.2.3 การเปรียบเทียบผล

จากตารางที่ 7.8 จะเห็นได้ว่าวิธีการของ GAs ให้คำตอบของค่าความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่ต่ำกว่าวิธีการจัดตารางเวรทำงานจริงอยู่ 50.34% นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า Performance อื่นๆ พบว่าวิธีการ GAs จะให้ค่าความแปรปรวนของเวรทำงานที่ดีกว่าอยู่ 69.86% ค่าความแตกต่างระหว่างช่วงเวรทำงานที่ดีกว่า 20.95% และค่า Penalty ที่ต่ำกว่าอยู่ถึง 51.75%

7.3 สรุปท้ายบท

จากการนำวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกระจายงานให้แก่พยาบาลประจำการอย่างเท่าเทียมกัน จะได้ว่าในช่วงแรก ค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์จะลดลงอย่างรวดเร็ว และจะลู่เข้าสู่ค่าๆ หนึ่งเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง ค่านี้คือค่าคำตอบที่ดีที่สุด หรือใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบระหว่างวิธี GAs กับ ตารางเวรพยาบาลจริง จะเห็นว่าวิธี GAs จะทำให้เกิดค่าความแปรปรวนของภาระงานที่น้อยกว่าตารางเวรที่นำเปรียบเทียบ และเมื่อขยายขอบเขตการพิจารณาไปสู่ค่า Performance อื่นๆ ซึ่งได้แก่ ค่าความแปรปรวนของเวรทำงาน ค่า Penalty และค่าความแตกต่างระหว่างช่วงเวรทำงาน จะได้ว่าโดยส่วนมากแล้ว GAs สามารถให้คำตอบได้ดีกว่าหรือใกล้เคียงกับตารางเวรพยาบาลตัวอย่าง ดังนั้น GAs จึงเป็นวิธีการที่สามารถนำมาใช้กับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการได้

บทที่ 8

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยทั้งหมดโดยสรุป และมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยนี้ในตอนท้ายของบท

8.1 สรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงการนำวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ ซึ่งเป็นปัญหาการจัดบุคลากรพยาบาล อันได้แก่ พยาบาลหัวหน้าหอผู้ป่วย และพยาบาลประจำการให้กับเวรทำงานที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยวัตถุประสงค์ที่นำมาพิจารณาจะมี 2 วัตถุประสงค์ ได้แก่ ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล และความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล เพื่อให้เกิดการกระจายภาระงานไปยังพยาบาลประจำการแต่ละคนอย่างยุติธรรมที่สุด

8.1.1 เจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ

ในเบื้องต้นจะทำการพัฒนาเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ เพื่อตรวจสอบดูว่าวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมสามารถนำมาใช้กับปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ และทำการเก็บค่า Performance ที่วัดได้ต่างๆ ที่จะนำไปใช้เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณมาได้จากการจัดตารางเวรทำงานจริงของพยาบาลประจำการ

วิธีการเจนเนติกอัลกอริทึมมีขั้นตอนโดยสรุป ดังนี้

1) การสร้างประชากรเบื้องต้น

คำตอบเบื้องต้นจำนวนหนึ่งจะถูกนำมาทำให้กลายเป็นสตริงคำตอบทั้งหมด เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของ GAs โดยสตริงคำตอบเบื้องต้นที่ได้จะสามารถรับประกันได้ว่าเป็นสตริงคำตอบที่เป็นไปได้ เนื่องจากในขั้นตอนการสร้างสตริงจะมีการพิจารณาถึงรูปแบบการจัดตารางเวรที่เป็นไปได้ประกอบด้วย

2) การรีโปรดักชั่น

การรีโปรดักชั่นจะประกอบไปด้วย

- *การประเมินค่า* เป็นการนำผลการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการมาคำนวณหาค่าวัตถุประสงค์ที่สนใจ (ในที่นี้คือค่าวัตถุประสงค์มี 2 วัตถุประสงค์ ได้แก่ ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล และความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล) เพื่อดูว่าสตริงคำตอบตัวใดที่มีความเหมาะสมมากกว่า
- *การคัดเลือก* เป็นการคัดเลือกสตริงตามทฤษฎีการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต สตริงที่มีความเหมาะสมมากกว่าจะผ่านเข้าไปในกระบวนการถัดไปของ GAs วิธีการคัดเลือกที่ใช้คือวิธี Tournament Selection ซึ่งจะสุ่มสตริงคำตอบมา 2 ตัว แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน สตริงตัวที่มีความเหมาะสมมากกว่าจะถูกเลือกไป

3) การครอสโอเวอร์

การครอสโอเวอร์เป็นการแลกเปลี่ยนบางส่วนของสตริงคำตอบระหว่างสตริงคำตอบสองตัว โดยสตริงจะถูกเลือกมาด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เพื่อนำมาจับคู่และทำการครอสโอเวอร์ตามวิธีต่างๆ ซึ่งในที่นี้มีวิธีการครอสโอเวอร์อยู่ 3 วิธี คือ SimpleX LinearOX และ UniformX หลังจากผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว จะต้องมีการซ่อมแซมคำตอบที่ได้หลังการครอสโอเวอร์เพื่อให้ได้สตริงคำตอบที่เป็นไปได้

4) การมิวเตชั่น

การมิวเตชั่นเป็นการสลับเปลี่ยนบางตำแหน่งภายในสตริงคำตอบตัวเดียว เพื่อป้องกันไม่ให้คำตอบที่ได้ติดอยู่ในค่า Local Optimal โดยวิธีมิวเตชั่นที่ใช้มีอยู่ 4 วิธีคือ

- วิธีการ Mutation Type 1 จะทำการสุ่มเลือกสตริงคำตอบก่อนที่จะนำมาทำการมิวเตชั่น
- วิธีการ Mutation Type 2 จะนำสตริงคำตอบทุกสตริงมาแบ่งออกเป็นสตริงคำตอบย่อยๆ แล้วจึงเลือกสตริงคำตอบย่อยมาทำการมิวเตชั่น จากสตริงคำตอบย่อยทั้งหมดของแต่ละสตริงคำตอบ
- วิธีการ Mutation Type 3 จะทำการสุ่มเลือกสตริงคำตอบก่อนที่จะนำมาทำการมิวเตชั่น โดยสตริงคำตอบที่ได้หลังจากการสุ่มจะต้องนำมาแบ่งเป็นสตริงคำตอบย่อยๆ แล้วทำการมิวเตชั่นที่สตริงคำตอบย่อยทุกสตริงของสตริงคำตอบที่ได้จากการสุ่ม
- วิธีการ Mutation Type 4 จะทำการสุ่มเลือกสตริงคำตอบที่จะนำมาทำการแบ่งออกเป็นสตริงคำตอบย่อย จากนั้นจึงนำสตริงคำตอบย่อยทั้งหมดมาทำการสุ่มเลือกอีกครั้ง เพื่อมาทำการมิวเตชั่น

5) เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดเป็นเทคนิคที่นำมาใช้เพื่อรักษาคำตอบที่ดีให้คงอยู่ต่อไปในเจนเนอเรชั่นหน้า

8.1.2 การทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs

ในกระบวนการของ GAs มีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายค่า จึงต้องมีการทดสอบเพื่อดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่มีผลต่อ GAs และเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ โดยการทดสอบจะใช้การทดลองแบบ Full Factorial Design ซึ่งมีปัจจัยที่พิจารณาคือจำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์ผลด้วย ANOVA และ Tukey Simultaneous Tests ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.95 จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อ GAs คือ จำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ การมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิว

เตชั่น ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้จะนำมาเสนอค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละขนาดปัญหา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำ GAs ไปใช้งาน

8.1.3 ผลการใช้ GAs แก้ปัญหา

จากการทดลองนำ GAs ไปใช้แก้ปัญหาตัวอย่าง โดยอาศัยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ จะได้ว่าแนวโน้มของผลลัพธ์ที่ได้จะสอดคล้องกับทฤษฎีของ GAs ทั่วๆ ไป คือในตอนแรกๆ ค่าจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อเวลาผ่านไปสักระยะ ค่าจะลู่เข้าสู่ค่าๆ หนึ่งและคงที่จนกว่าจะถึงเงื่อนไขในการหยุด เมื่อนำคำตอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จากตารางเวรทำงานจริง จะได้ว่าถึงแม้จะมีค่า Performance ที่วัดได้บางตัวในบางปัญหาที่ตารางเวรทำงานจริงให้ค่าที่ดีกว่า แต่โดยส่วนมากแล้วคำตอบจาก GAs จะให้ค่าวัตถุประสงค์ที่นำพิจารณาที่ดีกว่า และให้ค่า Performance ที่วัดได้ต่างๆ ที่ดีกว่าตารางเวรทำงานจริง โดยเฉพาะช่วยลดเวลาในการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการให้สะดวกรวดเร็วขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า GAs สามารถนำมาใช้จัดการกับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8.2 ข้อเสนอแนะ

1) ปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการที่พิจารณาในงานวิจัยนี้เป็นปัญหาอย่างง่ายๆ เท่านั้น อาจมีการพัฒนาวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานรูปแบบอื่นๆ ด้วย

2) ในการนำ GAs ไปใช้งานจริงจำเป็นต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับปัญหาเสียก่อน โดยอาจนำเอาวิธีทดสอบ และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่เสนอในงานวิจัยไปใช้เป็นแนวทางได้

3) โปรแกรม MATLAB ที่ใช้ไม่สามารถสร้าง User Interface ที่ใช้งานง่ายได้ ดังนั้นอาจมีการพัฒนาโดยการใช้โปรแกรมอื่นสร้าง User Interface แล้วค่อยนำมาเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรม MATLAB ที่เขียนขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

โครงการอบรมเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. การใช้งานโปรแกรมประยุกต์ MATLAB. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2542.

กรรณิกา ศิลานนท์, การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

จรรยา ประดิษฐ์วงศ์สิน, ระบบการจัดเวลาปฏิบัติงานของพยาบาลด้วยคอมพิวเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์. การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

เถลิงศรี ศรทรง. การจัดอัตรากำลังบุคลากรพยาบาลในแต่ละเวร โดยใช้ความต้องการการพยาบาลเป็นพื้นฐานของหน่วยผู้ป่วยอายุรศาสตร์ โรงพยาบาลศิริราช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพยาบาลศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

พวงรัตน์ บุญญานุรักษ์. การจัดบุคลากรเพื่อคุณภาพการดูแล. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2522.

มนัส สังวรศิลป์, วรรัตน์ ภัทรอมกุล. คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์. บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด. 2541.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. การจำลองแบบปัญหา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

สุธรรม ศรีเกษม, สง่า ศุภปรีดา, กิติ ศรีนุชศาสตร์, ปรีชา วงษ์ษา. MATLAB เพื่อการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยรังสิต, 2521.

สุลักษณ์ มีชูทรัพย์. การบริหารการพยาบาล. กรุงเทพมหานคร, กรุงสยามการพิมพ์, 2530.

เสาวลักษณ์ พัวพัฒนกุล, เกษรา ชัยกิจวัฒนะ. “ การจัดตารางการปฏิบัติงาน ”, การพัฒนาประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของพยาบาล: เฉพาะกรณีการจัดระบบงานและการวินิจฉัยทางการพยาบาล, คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

ภาษาอังกฤษ

Alexander, E.L., Nursing Administration in the Hospital Health Care System. Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1972.

Bramlette, M.F., “ Initialization, mutation and selection methods in genetic algorithms for function optimization ”, Proc. third Int. Conf. On Genetic Algorithms. George Mason University, 1989 : 100-107.

Christopher, R.H., Jeffery, A. J., and Michael, G.K., *A Genetic Algorithm for Function Optimization: A Matlab Implementation*. North Carolina State University.

Chu, P.C., Beasley, J.E., “ A genetic algorithm for the generalized assignment problem ” , Computer Operation Research 24 (1997) : 17-23.

Coello, C.A., and Christiansen, A.D., *MOSES: A multiobjective Optimization Tool for Engineering Design*. Tulane University, LA, USA. (n.d.).

Croce, F.D., Tadei, R., and Guiuseppe, S., “ A Genetic Algorithm for the Job Shop Problem ”, Computer Operation Research 22 (1995) : 15-24.

David, M.T., and Alice, E.S., “ Expected Allele Coverage and the Role of Mutation in Genetic Algorithms ” , Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms. University of Illinois at Urbana-Champaign, 1993 : 31-37.

Davis, L., “ Adapting Operator Probabilities In Genetic Algorithms ”, ICGA’89., 1989 : 61-69.

Eva, P.E., and Anders S., The Matlab 5 Handbook. Addison Wesley Longman, 2nd edition, 1999.

Gen, M., and Chen, R., Genetic Algorithm and Engineering Design. New York: John Wiley & Sons, 1997.

Gen, M., and Chen, R., Genetic Algorithm and Engineering Optimization. New York: John Wiley & Sons, 2000.

Helt, E.H., Dolbee, M.K., and Southwick, A., “ Coronary Care Unit in Small Hospitals ”, The Standish Michigan Experience. Battle Creek, Mich.: W.K. Kellogg Foundation, 1970.

Horn, J., Nafpliotis,N., Goldberg, D.E., " A niched pareto genetic algorithm for multiobjective optimization ", Proc. 1st IEEE Conf. Evolutionary Computation. IEEE 1994 : 82-87.

Hytug, et.al., " Genetic Learning of Dynamic Scheduling within A Simulation Environment ", Computer Operation Research 21 (1994) : 909-925.

John, C. G., Luis, C. R. and Brian, O. B., A Real-World Scheduling Problem Using Genertic Algorithms (1995)

Kubota, N. et.al., " Virus-Evolutionary Genetic Algorithm for a Self-Organizing Manufacturing System", Computer Industrial Engineer 30 (1996) : 1015-1026.

Levitin, V., and Rubinovitz, J., " Genetic Algorithm for Linear and Cyclic Assignment Problem ", Computer Operation Research 20 (1993)

Lysaught, Jerome P., An Abstract for Action. New York: McGraw-Hill Book Company, 1973.

Marriner Ann., Guide to Nursing Management. Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1980.

Michalewicz, Z., Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs. 2nd edition, NY, USA : Springer-Verlag 1994.

Michalewicz, Z., and Janikow, C.Z, " Handling Constraints in Genetic Algorithms ", Proc. third Int. Conf. On Genetic Algorithms. George Mason University.

Montgomery, D.C., Design and Analysis of Experiments. New York, John Wiley & Sons, 1997.

Poon, P.W., and Carter, J.N., " Genetic Algorithm Crossover Operators for Ordering Application " , Computer Operation Research 22 (1995) : 135-147.

Ruasell, C.S., Introductory Manangemet and Leadership for Clinical Nurses: A Text-Workbook. Jones and Bartlett Publidher, 1993.

Sandra, J.H., *Implementation of a Computerized Nurse Scheduling and Productivity Management System*. Nursing Informatics, 2000.

Schaffer, J.D., and Eshelman, L.J., "On Crossover as an Evolutionarily Viable Strategy", Proc. third Int. Conf. On Genetic Algorithms. George Mason University. (n.d.).

Slim, A., and Hans, S., " Nurse Scheduling Using Constraint Logic Programming ", Eleventh Annual Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence, IAAI-99, Orlando, Florida, July 1999.

Starkweather, T., Mcdaniel, S., Mathias, K., and Whitley, D*., A comparison of genetic Sequencing Operators*, Colorado State University, Fort Collins, (n.d.).

Stefan, J.D., *Horoplan: Computer-Assisted Nurse Scheduling Using Constraint-Based Programming.* Information System, Computing and Telecommunications Department, Rouen University Hospital, 1999.

Tadahiko, M., Hisao, I. and Hideo T., *Multi-Objective Genetic Algorithm and Its Applications to Flowshop Scheduling*., 1999.

Tate, D.M., and Smith, A.E., " A Genetic Approach to The Quadratic Assignment Problem ". Computer Operation Research 22 (1995) : 73-83.

Ting, K., and Shu-Yuen, H., " A Genetic Algorithm with Disruptive Selection ", Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms. University of Illinois at Urbana-Champaign (1993) : 65-69.

The MathWorks Inc., " Getting started with MATLAB ", MATLAB: The language of technical Computing. 1998.

The Minitab Inc., Meet Minitab Release 12 for Windows, 1997.

The Minitab Inc., Minitab User's Guide 2: Data Analysis and Quality Tools, Release 12 for Window, 1st edition, 1997.

Warner, M.D., " Scheduling Nursing Personnel According to Nursing Preference: A Mathematical Programming Approach ", Operations Research 24 (1976) : 842-856.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ปัญหา NP-hard

ปัญหา NP-hard คือปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบยาวนานและเวลาในการหาคำตอบจะเพิ่มมากขึ้นเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่เหมาะกับการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบตรงไปตรงมาในทางปฏิบัติ และโดยทั่วไปแล้วจะใช้ฮิวริสติกในการแก้ปัญหาประเภทนี้เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีถึงแม้ว่าจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดก็ตาม

ลักษณะของปัญหาแบบ NP-hard จะอยู่ในรูปของ $f(\nu)$ (Time Complexity Function) ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นที่ใช้แสดงถึงเวลาสูงสุดของปัญหาที่มีขนาด ν ตัวอย่างของเวลาในการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ ก.1 เช่น เวลาที่ใช้ในการคำนวณของรูปแบบปัญหาที่มีฟังก์ชั่น $f(\nu)=\nu$ โดยกำหนดให้ ν ขนาดเท่ากับ 10 และกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละขั้นตอนเท่ากับ 1 ไมโครวินาทีดังนั้นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณทั้งหมดเท่ากับ 10 ไมโครวินาที (1x10) แต่ถ้าปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น เวลาที่ใช้ก็จะเพิ่มมากขึ้นเป็นแบบเส้นตรง แต่ถ้าปัญหาที่มีค่าของ $f(\nu)$ เป็น 2^ν 3^ν และ $\nu!$ เวลาที่ใช้จะเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

ตารางที่ ก.1 *เวลาในการคำนวณที่อยู่ในรูป Time Complexity Function โดยมีสมมติฐานว่าการคำนวณในแต่ละครั้งใช้เวลา 1 ไมโครวินาที*

Time Complexity Function $f(\nu)$	ν					
	10	20	30	40	50	60
ν	0.00001 sec	0.00002 sec	0.00003 sec	0.00004 sec	0.00005 sec	0.00006 sec
ν^2	0.001 sec	0.0004 sec	0.0009 sec	0.0016 sec	0.0025 sec	0.0036 sec
ν^5	0.1 sec	3.2 sec	24.3 sec	1.7 min	5.2 min	13 min
ν^{10}	2.7 hr	118.5 days	18.7 yrs	3.3 centuries	30.9 centuries	192 centuries
2^ν	0.001 sec	1.0 sec	17.9 min	12.7 days	35.7 yrs	366 centuries
3^ν	0.59 sec	58 min	6.5 yrs	3855 centuries	$2*10^8$ centuries	$1.3*10^{13}$ centuries
$\nu!$	3.6 sec	770 centuries	$8.4*10^{16}$ yrs	$2.5*10^{32}$ centuries	$9.6*10^{48}$ centuries	$2.6*19^{66}$ centuries

สมมติให้มีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์จากตัวอย่างที่ผ่านมา 1,000 เท่า ถ้าปัญหาไม่มีความซับซ้อนมากนักและให้ระยะเวลาในการคำนวณเท่ากับเครื่องคอมพิวเตอร์จากปัญหาที่ผ่านมา ถ้าปัญหาที่มีฟังก์ชัน ν ก็สามารถทำให้เวลาในการคำนวณเร็วขึ้น 1,000 เท่า แต่ถ้าปัญหามีความซับซ้อนมากคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงก็สามารถช่วยใน

การคำนวณได้เร็วขึ้นในระดับหนึ่ง เช่นปัญหาที่มีฟังก์ชั่นเป็น $n!$ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการคำนวณเร็วกว่า 1,000 เท่า ช่วยให้การคำนวณได้เร็วขึ้นเล็กน้อย ดังตัวอย่างในตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.2 *ขนาดของปัญหาในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่า 1000 เท่า*

Time Complexity Function	ขนาดของปัญหาที่ถูกแก้	
	คอมพิวเตอร์ธรรมดา	คอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่า 1000 เท่า
n	n_1	$1000n_1$
n^2	n_2	$31.62n_2$
n^5	n_3	$3.98n_3$
n^{10}	n_4	$1.99n_4$
2^n	n_5	n_5+10
3^n	n_6	n_6+6
$n!$	n_7	n_7+3 $\quad n_7 \leq 10$ n_7+2 $\quad 10 < n_7 \leq 30$ n_7+1 $\quad 30 < n_7 \leq 1000$

ปัญหา NP-hard เป็นปัญหาที่ใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบยาวนาน ดังนั้นการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบตรงไปตรงมาจึงเป็นไปได้ลำบาก และถึงแม้จะมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงมาช่วยในการคำนวณก็สามารถช่วยได้ในระดับหนึ่ง วิธีการหาคำตอบของปัญหารูปแบบนี้ได้แก่การใช้ฮิวริสติก หรือ อัลกอลิทึมต่างๆมาช่วยใช้ในการหาคำตอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของปัญหาตัวอย่าง

1. ปัญหาตารางเวรทำงานของพยาบาล 8 คน

รายละเอียดของปัญหาตารางเวรทำงาน

- หัวหน้าพยาบาล 1 คน
- พยาบาลประจำการ 7 คน

ตารางที่ ข.1 *ตารางแสดงจำนวนเวรทำงานของพยาบาลทั้ง 8 คน*

	เวรเช้า	เวรบ่าย	เวรดึก	รวม
พยาบาล 1	18	0	0	18
พยาบาล 2	8	7	7	22
พยาบาล 3	8	9	5	22
พยาบาล 4	7	7	8	22
พยาบาล 5	7	8	10	25
พยาบาล 6	3	8	11	22
พยาบาล 7	4	11	9	24
พยาบาล 8	6	10	9	25
รวม	**61**	**60**	**59**	***180***

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 *ตารางเวรทำงานของพยาบาล 8 คน*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total
พยาบาล 1	ช					ช	ช	ช				ช	ช	ช	ช	ช			ช	ช	ช	ช				ช	ช	ช	ช	ช	18
พยาบาล 2			ด	บ	ชด			ชบ	ช				ด	บ	ด	บ	บ	ด			ชบ	ช		ชบ		ช	ด			ชด	22
พยาบาล 3	ชบ	ช	ช	ช	บ		ด	ด	บ	ช				ด	บ	ด	ช	ชบ				บ	ชบ			ด	บ			บ	22
พยาบาล 4		ด	บ	ด		ด	บ				ชด	บ	ช	ช		ด	ด		ชบ	ช		บ			ชด	บ		ชบ	ด		22
พยาบาล 5		บ	ช	ชด		ชบ		ด	ด	บ	ชบ	ด	บ		ช			ด	ด	บ	ด	ด		ช	ชบ	ด		ด	บ		25
พยาบาล 6	ด	บ	บด		ด		บ		ชด	ด		ช	ด	บ	ด				ด	ด	บ		ชด	ด		บ		บ		บ	22
พยาบาล 7	บ					ด	ด	บ		บ	บ	บด		ช	บ	ชบ	ด	บ		ด	ด		บ	ด	ด		ชบ		ชบ	ด	24
พยาบาล 8	ด	ชด		บ	ชบ	บ	ช		บ	ชด	ด		บ	ด			ชบ	ช	บ	บ		ด	ด	บ	บ		ด		ด		25
																															180

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 *ตารางเวรทำงานของพยาบาล 8 คนแบ่งตามจำนวนเวรทำงาน*

	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			13			14			15		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
N1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
N2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
N3	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
N4	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
N5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
N6	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
N7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
N8	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 *ตารางเวรทำงานของพยาบาล 8 คนแบ่งตามจำนวนเวรทำงาน (ต่อ)*

	16			17			18			19			20			21			22			23			24			25			26			27			28			29			30			Total
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
N1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	18
N2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	22
N3	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	22
N4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	22
N5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	25
N6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	22
N7	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	24
N8	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	25
																																													180

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ปัญหาตารางเวรทำงานของพยาบาล 12 คน

รายละเอียดของปัญหาตารางเวรทำงาน

- หัวหน้าพยาบาล 1 คน
- พยาบาลประจำการ 11 คน

ตารางที่ ข.4 *ตารางแสดงจำนวนเวรทำงานของพยาบาลทั้ง 12 คน*

	เวรเช้า	เวรบ่าย	เวรดึก	รวม
พยาบาล 1	22	0	0	22
พยาบาล 2	5	7	7	19
พยาบาล 3	8	8	6	22
พยาบาล 4	5	8	9	22
พยาบาล 5	6	8	7	21
พยาบาล 6	7	8	8	23
พยาบาล 7	7	9	7	23
พยาบาล 8	8	9	7	24
พยาบาล 9	4	10	8	22
พยาบาล 10	5	9	12	26
พยาบาล 11	7	8	7	22
พยาบาล 12	8	6	10	24
Total	**92**	**90**	**88**	***270***

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.5 *ตารางเวรทำงานของพยาบาล 12 คน*

	1	2	**3**	**4**	5	6	7	8	9	**10**	**11**	12	13	14	15	16	**17**	**18**	19	20	21	22	23	**24**	**25**	26	27	28	29	30	Total
พยาบาล 1	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช	22
พยาบาล 2	บ	บ	ด	ด						ช	บ	บ	ด	ด			ช	ช	บ		บ	บ	ด	ด		ช	ด			ช	19
พยาบาล 3			บ	บ	ด	ด			ช		ช	บ	บ	บ	ด	ด		ช	ช	ช	บ		บ	บ	ด	ด		ช	ช	ช	22
พยาบาล 4		ด		ช	บ	บ	ด	ด	ด	บ	ช	ช	ช		บ	บ	ด	ด			ช	ด			บ	บ	ด	ด		บ	22
พยาบาล 5	ด	บ	ช	ช		ช	บ	บ	ด	ด						ช	บ	บ	ด	ด		บ		ช	ช		บ	บ	ด	ด	21
พยาบาล 6	ด	ด		ช	ช		ช	ช	บ	บ	ด	ด		ช	ช		ช	บ	บ	บ	ด	ด		บ	ด	ด			บ	บ	23
พยาบาล 7			ช	บ	บ	ด	ด	ด		ช	บ	ช	ด		ช	บ	บ	ด	ด			ช	ช	ช	บ	บ		บ	บ	ด	23
พยาบาล 8	บ	ช	ช	บ		บ	บ	ด	ด		ด		บ	ช	ด		ช	บ	บ	ด	ด		ช	ช	ช		ช	บ	ด	บ	24
พยาบาล 9	ช	ช	บ	ด		บด	ด	บ	บ	ด	ด		ช	บ		บ	บ			บ	บ	ด	ด			ช	บ	ด			22
พยาบาล 10	ด		ด		ชด		ช	บ	บ	ด	บ	ด	ด	บ	บ	ชด	ด		ด	บ		บ	บ	ด	ด		ช	ช	บ	ด	26
พยาบาล 11	บ	ด	ด		บ	ช	บ	ช		บ		บ	บ	ด	ด			ช	ช	ช	ด		ช	บ	บ	ด	ด		ช		22
พยาบาล 12	ช	บ	บ	ด	ด				ช	ช	ช	ด		ด	บ	ด	ด	ด		ช	ช	ช	บ	ด	ช	บ	บ	ด	ด		24
																															270

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.6 *ตารางเวรทำงานของพยาบาล 12 คนแบ่งตามจำนวนเวรทำงาน*

	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			13			14			15		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
N1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
N2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
N3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
N4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
N5	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
N7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
N8	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
N9	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
N10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
N11	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
N12	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.6 *ตารางเวรทำงานของพยาบาล 12 คนแบ่งตามจำนวนเวรทำงาน (ต่อ)*

	16			17			18			19			20			21			22			23			24			25			26			27			28			29			30			Total
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
N1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	22
N2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	19
N3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	22
N4	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	22
N5	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	21
N6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	23
N7	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	23
N8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	24
N9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	22
N10	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	26
N11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	22
N12	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	24

270

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ข้อกำหนดของการจัดตารางเวรทำงาน

ข้อกำหนดต่างๆ ของการจัดตารางเวรทำงาน (Penalty Cost) ของพยาบาลประจำการที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ได้มาจาก

1) การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการสอบถามข้อมูลจากพยาบาลประจำการในหอผู้ป่วยตามโรงพยาบาลที่เข้าไปศึกษา

2) การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ของข้อกำหนดต่างๆ ที่นำมาใช้ในการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการ

1. ข้อกำหนดที่ได้นำมาใช้ในงานวิจัย

ข้อกำหนดที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการสอบถามข้อมูลจากพยาบาลประจำการในหอผู้ป่วยตามโรงพยาบาลที่เข้าไปศึกษา ซึ่งได้ทำการพิจารณาถึงข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

1.1) การจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการไม่ควรจัดให้เวรทำงานของพยาบาลประจำการ 2 เวรอยู่ภายในวันเดียวกันหรือต่อเนื่องกัน เช่น เวรเช้าต่อเวรบ่าย เวรบ่ายต่อเวรดึก เวรดึกต่อเวรเช้า หรือ เวรเช้าต่อเวรดึก

1.2) การจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการยอมให้มีเวรทำงานติดต่อกันหรือต่อเนื่องกันได้ แต่ถ้าหากต้องมีเวรทำงานติดต่อกันหรือต่อเนื่องกัน ไม่ควรให้เกิดเวรต่อเนื่องกันเกิน 2 เวรทำงาน คือการจัดเวรทำงานที่ต่อเนื่องกันจะต้องติดต่อกันไม่มากกว่า 2 เวรทำงาน

1.3) การจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่น้อยกว่าที่กำหนดในแต่ละเวรทำงาน

1.4) การจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่มากกว่าที่กำหนดในแต่ละเวรทำงาน

2. การให้ค่าข้อกำหนดต่าง ๆ ในการจัดตารางเวรทำงาน

การให้ค่าข้อกำหนดต่าง ๆ ในการจัดตารางเวรทำงาน (Penalty Cost) ได้มาจากการงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสอบถามจากพยาบาลประจำการ โดยมีการให้ค่าข้อกำหนดต่าง ๆ ดังนี้

2.1) การจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการไม่ควรจัดให้เวรทำงานของพยาบาลประจำการ 2 เวรอยู่ภายในวันเดียวกันหรือต่อเนื่องกัน เช่น เวรเช้าต่อเวรบ่าย เวรบ่ายต่อเวรดึก เวรดึกต่อเวรเช้า หรือ เวรเช้าต่อเวรดึก

$$\text{Penalty} = 10\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p} a_{ij}$$

โดยที่ $a_{ij} = |x_{ij} - 3|$ เมื่อ $x_{ij} < 3$

$a_{ij} = 0$ เมื่อ $x_{ij} \geq 3$

การให้ค่า Penalty จะทำได้โดยให้ช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานห่างกันอย่างน้อย 3 ช่วงเวรทำงาน โดยถ้าช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานอยู่ห่างกันไม่เกิน 3 ช่วงจะเกิดค่า Penalty ขึ้น แต่ถ้าช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานอยู่ห่างกันมากกว่าหรือเท่ากับ 3 ช่วงจะไม่เกิดค่า Penalty ซึ่งข้อกำหนดนี้ยอมให้เกิดค่า Penalty ขึ้นได้ในกรณีที่จำนวนงานมากกว่าจำนวนพยาบาล โดยค่า Penalty ที่ให้นี้จะนำเอาผลรวมของผลต่างช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่น้อยกว่า 3 ช่วงมาคูณกับค่าน้ำหนักที่ให้ นั้นคือ Weight = 10 ซึ่งค่าน้ำหนักนี้ได้มาจากการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ในช่วงของค่าน้ำหนักที่ให้ดังตารางที่ ค.1 และรูปที่ ค.1 – รูปที่ ค.4

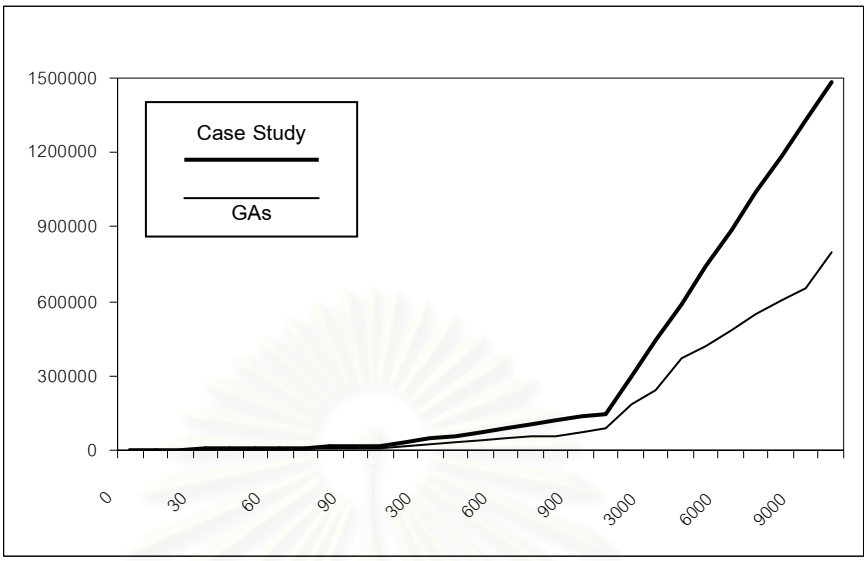
ตารางที่ ค. 1 *การวิเคราะห์ความไวของข้อกำหนดที่ 1*

Weight	GAs[1]			Case Study			% Difference[2]	
	Objective	Penalty	Span[3]	Objective	Penalty	Span[3]	Objective	Penalty
0	234	0	234	362	0	362	35.36	0
10	1036	800	236	1842	1480	362	43.76	45.95
20	1536	1320	216	3322	2960	362	53.76	55.41
30	2358	2130	228	4802	4440	362	50.90	52.03
40	3128	2880	248	6282	5920	362	50.21	51.35
50	4495	4250	245	7762	7400	362	42.09	42.57
60	5050	4800	250	9242	8880	362	45.36	45.95
70	6122	5880	242	10722	10360	362	42.90	43.24
80	6397	6160	237	12202	11840	362	47.57	47.97
90	7998	7740	258	13682	13320	362	41.54	41.89
100	8244	8000	244	15162	14800	362	45.63	45.95
200	17449	17200	249	29962	29600	362	41.76	41.89
300	27247	27000	247	44762	44400	362	39.13	39.19
400	34634	34400	234	59562	59200	362	41.85	41.89
500	39739	39500	239	74362	74000	362	46.56	46.62
600	48244	48000	244	89162	88800	362	45.89	45.95
700	60444	60200	244	103962	103600	362	41.86	41.89
800	58649	58400	249	118762	118400	362	50.62	50.68
900	69536	69300	236	133562	133200	362	47.94	47.97
1000	89260	89000	260	148362	148000	362	39.84	39.86
2000	184263	184000	263	296362	296000	362	37.83	37.84
3000	240220	240000	220	444362	444000	362	45.94	45.95
4000	368241	368000	241	592362	592000	362	37.84	37.84
5000	420256	420000	256	740362	740000	362	43.24	43.24
6000	480221	480000	221	888362	888000	362	45.94	45.95
7000	546233	546000	233	1036362	1036000	362	47.29	47.30
8000	608239	608000	239	1184362	1184000	362	48.64	48.65
9000	657244	657000	244	1332362	1332000	362	50.67	50.68
10000	800251	800000	251	1480362	1480000	362	45.94	45.95

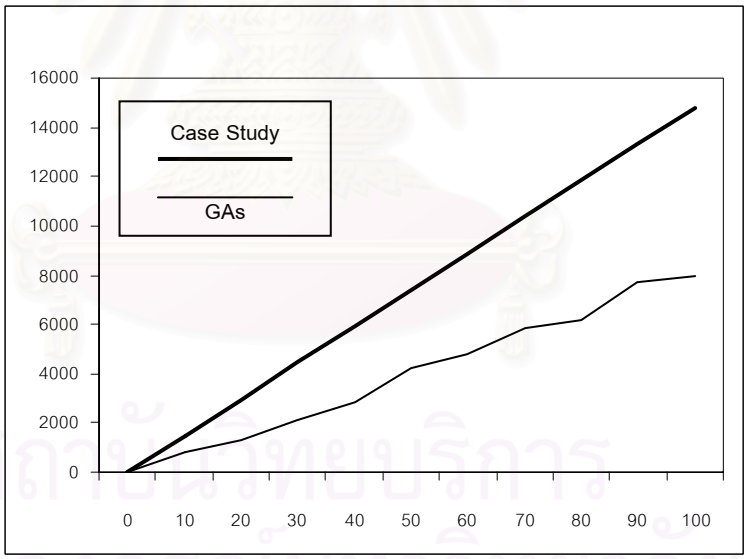
หมายเหตุ 1. จำนวนเจนเนเรชั่น 100 เจนเนเรชั่น

2. % Difference = $\frac{(\text{CaseStudy} - \text{GAs})}{\text{CaseStudy}} \times 100$

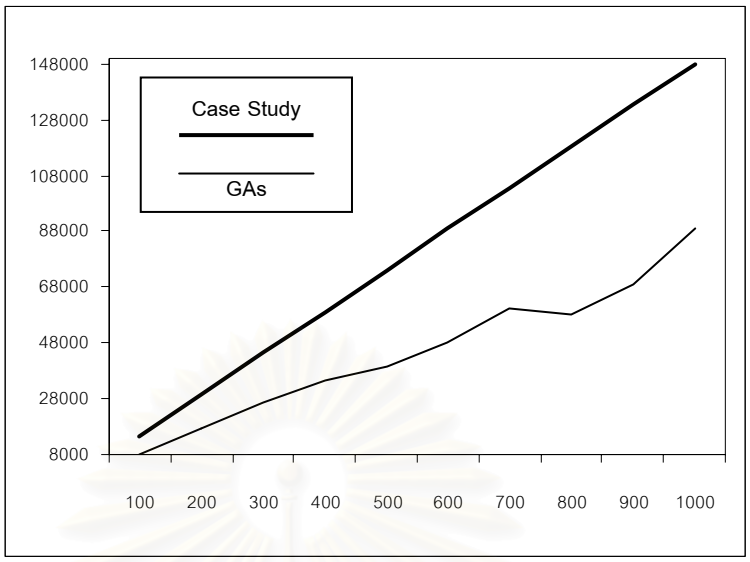
3. Span = Objective - Penalty



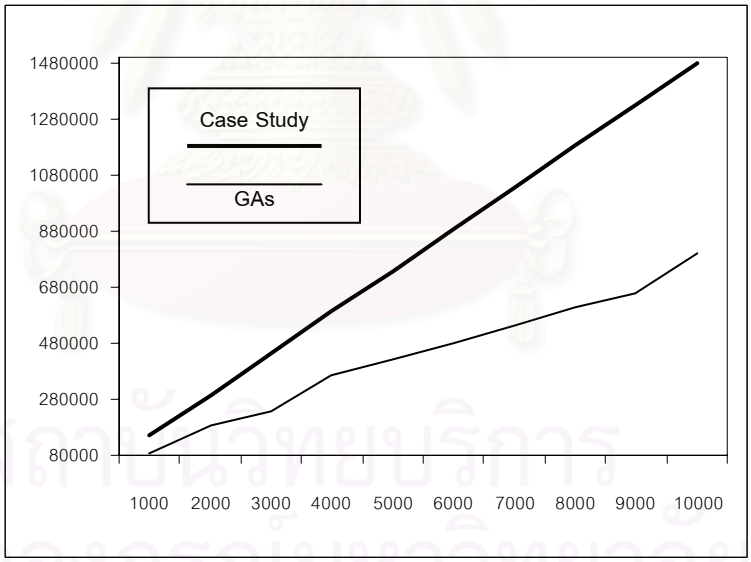
รูปที่ ค. 1 *การวิเคราะห์ความไวของข้อกำหนดที่ 1*



รูปที่ ค. 2 *ค่าความแตกต่างของข้อกำหนดที่ 1 ระหว่าง GAs กับ Case Study ที่ค่าน้ำหนักที่ 0 - 100*



รูปที่ ค. 3 *ค่าความแตกต่างของข้อกำหนดที่ 1 ระหว่าง GAs กับ Case Study ที่ค่าน้ำหนักที่ 100 - 1000*



รูปที่ ค. 4 *ค่าความแตกต่างของข้อกำหนดที่ 1 ระหว่าง GAs กับ Case Study ที่ค่าน้ำหนักที่ 1000 - 10000*

จากการวิเคราะห์ความไวพบว่า GAs จะให้ค่า Penalty ที่ต่ำกว่าตารางเวรทำงานตัวอย่างในทุกๆ ค่าของค่าน้ำหนักที่นำมาเปรียบเทียบ ดังนั้นในข้อกำหนดนี้จึงสามารถที่จะสรุปได้ว่า การจัดตารางเวรโดยใช้ GAs ให้ค่าคำตอบที่เป็น Optimal ที่ดีกว่าการจัดตารางเวรจริงที่นำมาเป็น Case Study เนื่องจากในทุกๆ ค่าของค่าน้ำหนักที่นำมาเปรียบเทียบนั้น GAs ให้

ค่าที่ต่ำกว่าตารางเวรจริง และเนื่องจากข้อกำหนดนี้พิจารณาถึงช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาล ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าน้ำหนักมีค่าเป็น 10

2.2) การจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการยอมให้มีเวรทำงานติดต่อกันหรือต่อเนื่องกันได้ แต่ถ้าหากต้องมีเวรทำงานติดต่อกันหรือต่อเนื่องกัน ไม่ควรให้เกิดเวรต่อเนื่องกันเกิน 2 เวรทำงาน คือการจัดเวรทำงานที่ต่อเนื่องกันจะต้องติดต่อกันไม่มากกว่า 2 เวรทำงาน

$$\text{Penalty} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{g=1}^{r} 10^{\left(b_{ig}+1\right)} \qquad \text{เมื่อ } b_{ig} \geq 3$$

การให้ค่า Penalty จะเกิดขึ้นต่อเมื่อถ้ามีเวรทำงานติดต่อกันหรือต่อเนื่องกันเกิน 2 เวรทำงาน ซึ่งหมายความว่าพยาบาลจะได้รับเวรทำงานต่อเนื่องกันมากกว่า 2 เวรทำงาน หรือมากกว่า 16 ชั่วโมง ซึ่งในการจัดตารางเวรทำงานจริงนั้นเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นค่า Penalty ที่ใช้จะนำมายกกำลังตามค่าของเวรทำงานที่ต่อเนื่องกัน โดยให้ค่าน้ำหนักมีค่าเป็น 10 ยกกำลังด้วยจำนวนเวรทำงานที่ต่อเนื่องกัน จากการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของข้อกำหนดในกรณีที่ยกกำลังด้วยจำนวนเวรทำงานที่ต่อเนื่องกันกับคูณด้วยจำนวนเวรทำงานที่ต่อเนื่องกันในช่วงของค่าน้ำหนักที่ให้แสดงดังตารางที่ ค.2 โดยสมมติให้เกิดเวรทำงานที่ต่อเนื่องกัน 3 เวรทำงาน (24 ชั่วโมง) หรือเวรทำงานต่อเนื่องกัน 4 ช่วง (Shift = 4)

จากตารางที่ ค.2 จะเห็นว่าค่า Penalty ของทั้งสองกรณีมีความแตกต่างกันมาก แต่เมื่อพิจารณาถึงการจัดตารางเวรที่เป็นจริงแล้ว เป็นไปไม่ที่จะเกิดเวรทำงานติดต่อกันเกิน 2 เวรทำงาน หรือในการจัดตารางเวรห้ามจัดให้เวรทำงานต่อเนื่องกันเกินกว่า 2 เวรทำงาน ดังนั้นจะเห็นว่าค่า Penalty ที่เกิดจากการนำค่าน้ำหนักที่ให้คูณกับจำนวนเวรทำงานที่ต่อเนื่องเป็นค่าที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าผลรวมของผลต่างช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน ซึ่งในการคำนวณหาค่า Optimal นั้น ค่า Penalty ในกรณีนี้จะส่งผลต่อการจัดตารางเวรน้อยมาก แต่โดยความเป็นจริงแล้วค่า Penalty ตัวนี้ควรจะมีผลต่อการจัดตารางเวรมากๆ เพราะว่าเป็นข้อกำหนดที่ไม่ควรที่จะให้เกิดขึ้นอย่างยิ่ง ดังนั้นจึงได้กำหนดให้ค่า Penalty นี้ เกิดจากการนำเอาค่าน้ำหนักที่ให้ยกกำลังด้วยจำนวนเวรทำงานที่ต่อเนื่องกัน และกำหนดให้ค่าน้ำหนักมีค่าเป็น 10

ตารางที่ ค.2 *การเปรียบเทียบค่าข้อกำหนดที่ 2*

Weight	$Weight^{Shift}$		Weight x Shift	
	Objective	Penalty	Objective	Penalty
0	366	0	366	0
10	10366	10000	407	40
20	160366	160000	448	80
30	810366	810000	489	120
40	2560366	2560000	530	160
50	6250366	6250000	571	200
60	1.3E+07	12960000	612	240
70	2.4E+07	24010000	653	280
80	4.1E+07	40960000	694	320
90	6.6E+07	65610000	735	360
100	1E+08	100000000	776	400
200	1.6E+09	1.6E+09	1177	800
300	8.1E+09	8.1E+09	1578	1200
400	2.6E+10	2.56E+10	1979	1600
500	6.3E+10	6.25E+10	2380	2000
600	1.3E+11	1.296E+11	2781	2400
700	2.4E+11	2.401E+11	3182	2800
800	4.1E+11	4.096E+11	3583	3200
900	6.6E+11	6.561E+11	3984	3600
1000	1E+12	1E+12	4385	4000
2000	1.6E+13	1.6E+13	8386	8000
3000	8.1E+13	8.1E+13	12387	12000
4000	2.6E+14	2.56E+14	16388	16000
5000	6.3E+14	6.25E+14	20389	20000
6000	1.3E+15	1.296E+15	24390	24000
7000	2.4E+15	2.401E+15	28391	28000
8000	4.1E+15	4.096E+15	32392	32000
9000	6.6E+15	6.561E+15	36393	36000
10000	1E+16	1E+16	40394	40000

หมายเหตุ 1. จำนวนเจนเนเรชั่น 100 เจนเนเรชั่น

2. ค่า Objective ที่ค่า Weight ตั้งแต่ 60 ขึ้นไป เป็นค่าประมาณ

3. ค่า Penalty ที่ค่า Weight ตั้งแต่ 200 ขึ้นไป เป็นค่าประมาณ

ตารางที่ ค.3 *การวิเคราะห์ความไวของข้อกำหนดที่ 2*

Weight	GAs[1]		Case Study		% Difference[2]	
	Objective	Penalty	Objective	Penalty	Objective	Penalty
0	218	0	362	0	39.78	0
10	254	0	362	0	29.83	0
20	264	0	362	0	27.07	0
30	278	0	362	0	23.20	0
40	268	0	362	0	25.97	0
50	229	0	362	0	36.74	0
60	252	0	362	0	30.39	0
70	231	0	362	0	36.19	0
80	267	0	362	0	26.24	0
90	253	0	362	0	30.11	0
100	276	0	362	0	23.76	0
200	263	0	362	0	27.35	0
300	278	0	362	0	23.20	0
400	262	0	362	0	27.62	0
500	266	0	362	0	26.52	0
600	208	0	362	0	42.54	0
700	264	0	362	0	27.07	0
800	259	0	362	0	28.45	0
900	255	0	362	0	29.56	0
1000	232	0	362	0	35.91	0
2000	277	0	362	0	23.48	0
3000	261	0	362	0	27.90	0
4000	245	0	362	0	32.32	0
5000	283	0	362	0	21.82	0
6000	280	0	362	0	22.65	0
7000	268	0	362	0	25.97	0
8000	243	0	362	0	32.87	0
9000	236	0	362	0	34.81	0
10000	237	0	362	0	34.53	0

หมายเหตุ 1. จำนวนเจนเนเรชั่น 100 เจนเนเรชั่น

2. % Difference = $\frac{(\text{CaseStudy} - \text{GAs})}{\text{CaseStudy}} \times 100$

จากตารางที่ ค.3 จะเห็นว่าค่า Penalty ที่เกิดขึ้นมีค่าเป็น 0 ทั้งในการจัดตารางเวรโดยใช้วิธี GAs และตารางเวรทำงานจริงในทุกๆ ค่าของค่าน้ำหนัก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการ GAs สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับข้อกำหนดนี้ได้ เหมือนกับการจัดตารางเวรทำงานจริงที่เกิดขึ้น อีกทั้งวิธีการจัดตารางเวรด้วย GAs จะให้ค่าคำตอบที่ดีกว่าตารางเวรจริง เมื่อเปรียบเทียบที่ค่าผลรวมของผลต่างช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน

2.3) การจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่น้อยกว่าที่กำหนดในแต่ละเวรทำงาน

$$\text{Penalty} = 10{,}000 \times \sum_{k=1}^{s} (m - c_k)$$

การกำหนดค่า Penalty ที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ ยอมให้เกิดขึ้นไม่ได้ ดังนั้นจะกำหนดค่า Penalty ไว้สูง ซึ่งในการจัดตารางเวรทำงานโดยวิธี GAs จะไม่ยอมให้จำนวนพยาบาลน้อยกว่าจำนวนพยาบาลที่กำหนดไว้ในแต่ละเวรทำงาน

จากตารางที่ ค.4 เนื่องจากเป็นข้อกำหนดที่ยอมให้เกิดขึ้นไม่ได้ ดังนั้นจะเห็นว่าค่า Penalty ที่เกิดขึ้นมีค่าเป็น 0 ทั้งในการจัดตารางเวรโดยใช้วิธี GAs และตารางเวรทำงานจริงในทุกๆ ค่าของค่าน้ำหนักที่นำมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการ GAs สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับข้อกำหนดนี้ได้ เหมือนกับการจัดตารางเวรทำงานจริงที่เกิดขึ้น อีกทั้งวิธีการจัดตารางเวรด้วย GAs จะให้ค่าคำตอบที่ดีกว่าตารางเวรจริง เมื่อนำมาเปรียบเทียบที่ค่าผลรวมของผลต่างช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน

ส่วนค่าน้ำหนักที่ใช้ในข้อกำหนดนี้ แม้ว่าค่าคำตอบที่เป็น Optimal สามารถหาได้ตั้งแต่ที่ค่าน้ำหนักต่ำๆ แต่เนื่องจากจะต้องพิจารณาถึงข้อกำหนดที่ 1 และข้อกำหนดที่ 2 ประกอบด้วยในการจัดตารางเวรการทำงาน ดังนั้นจะให้ค่าน้ำหนักมีค่าเป็น 10,000 คูณกับจำนวนพยาบาลที่ขาด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.4 *การวิเคราะห์ความไวของข้อกำหนดที่ 3*

Weight	GAs[1]		Case Study		% Difference[2]	
	Objective	Penalty	Objective	Penalty	Objective	Penalty
0	218	0	362	0	39.78	0
10	232	0	362	0	35.91	0
20	264	0	362	0	27.07	0
30	269	0	362	0	25.69	0
40	255	0	362	0	29.56	0
50	236	0	362	0	34.81	0
60	203	0	362	0	43.92	0
70	239	0	362	0	33.98	0
80	248	0	362	0	31.49	0
90	224	0	362	0	38.12	0
100	232	0	362	0	35.91	0
200	226	0	362	0	37.57	0
300	216	0	362	0	40.33	0
400	221	0	362	0	38.95	0
500	213	0	362	0	41.16	0
600	281	0	362	0	22.38	0
700	268	0	362	0	25.97	0
800	235	0	362	0	35.08	0
900	285	0	362	0	21.27	0
1000	277	0	362	0	23.48	0
2000	273	0	362	0	24.59	0
3000	250	0	362	0	30.94	0
4000	263	0	362	0	27.35	0
5000	266	0	362	0	26.52	0
6000	289	0	362	0	20.17	0
7000	265	0	362	0	26.80	0
8000	270	0	362	0	25.41	0
9000	240	0	362	0	33.70	0
10000	260	0	362	0	28.18	0

หมายเหตุ 1. จำนวนเจนเนเรชั่น 100 เจนเนเรชั่น

2. % Difference = $\frac{(\text{CaseStudy} - \text{GAs})}{\text{CaseStudy}} \times 100$

2.4) การจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการจะต้องมีพยาบาลประจำการไม่มากกว่าที่กำหนดในแต่ละเวรทำงาน

$$\text{Penalty} = 5{,}000 \times \sum_{k=1}^{s} (c_k - m)$$

การกำหนดค่า Penalty ที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ ยอมให้เกิดขึ้นไม่ได้เช่นกัน โดยจะกำหนดค่า Penalty ไว้สูง แต่ในกรณีนี้การมีพยาบาลเกินกว่าที่กำหนดจะส่งผลกระทบต่อการจัดตารางเวรทำงานน้อยกว่าการขาดพยาบาลในแต่ละเวรทำงาน ดังนั้นค่า Penalty ที่กำหนดให้แก่กรณีนี้จะมีค่าน้อยกว่าค่า Penalty ที่กำหนดให้ในกรณีที่ขาดพยาบาล ซึ่งในการจัดตารางเวรทำงานโดยวิธี GAs จะไม่ยอมให้จำนวนพยาบาลเกินกว่าจำนวนพยาบาลที่กำหนดไว้ในแต่ละเวรทำงานเช่นกัน

จากตารางที่ ค.5 เนื่องจากเป็นข้อกำหนดที่ยอมให้เกิดขึ้นไม่ได้ ดังนั้นจะเห็นว่าค่า Penalty ที่เกิดขึ้นมีค่าเป็น 0 ทั้งในการจัดตารางเวรโดยใช้วิธี GAs และตารางเวรทำงานจริงในทุกๆ ค่าของค่าน้ำหนักที่นำมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการ GAs สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับข้อกำหนดนี้ได้ เหมือนกับการจัดตารางเวรทำงานจริงที่เกิดขึ้น อีกทั้งวิธีการจัดตารางเวรด้วย GAs จะให้ค่าคำตอบที่ดีกว่าตารางเวรจริง เมื่อนำมาเปรียบเทียบที่ค่าผลรวมของผลต่างช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงาน

ส่วนค่าน้ำหนักที่ใช้ในข้อกำหนดนี้ แม้ว่าค่าคำตอบที่เป็น Optimal สามารถหาได้ตั้งแต่ที่ค่าน้ำหนักต่ำๆ แต่เนื่องจากจะต้องพิจารณาถึงข้อกำหนดที่ 1 ข้อกำหนดที่ 2 และข้อกำหนดที่ 3 ประกอบด้วยในการจัดตารางเวรการทำงาน ดังนั้นจะกำหนดให้ค่าน้ำหนักมีค่าเป็น 5,000 คูณกับจำนวนพยาบาลที่เกิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.5 *การวิเคราะห์ความไวของข้อกำหนดที่ 4*

Weight	GAs[1]		Case Study		% Difference[2]	
	Objective	Penalty	Objective	Penalty	Objective	Penalty
0	218	0	362	0	39.78	0
10	249	0	362	0	31.22	0
20	245	0	362	0	32.32	0
30	246	0	362	0	32.04	0
40	270	0	362	0	25.41	0
50	277	0	362	0	23.48	0
60	282	0	362	0	22.10	0
70	256	0	362	0	29.28	0
80	255	0	362	0	29.56	0
90	277	0	362	0	23.48	0
100	278	0	362	0	23.20	0
200	273	0	362	0	24.59	0
300	278	0	362	0	23.20	0
400	260	0	362	0	28.18	0
500	254	0	362	0	29.83	0
600	279	0	362	0	22.93	0
700	276	0	362	0	23.76	0
800	258	0	362	0	28.73	0
900	249	0	362	0	31.22	0
1000	270	0	362	0	25.41	0
2000	257	0	362	0	29.01	0
3000	270	0	362	0	25.41	0
4000	276	0	362	0	23.76	0
5000	267	0	362	0	26.24	0
6000	279	0	362	0	22.93	0
7000	280	0	362	0	22.65	0
8000	281	0	362	0	22.38	0
9000	264	0	362	0	27.07	0
10000	262	0	362	0	27.62	0

หมายเหตุ 1. จำนวนเจนเนเรชั่น 100 เจนเนเรชั่น

2. % Difference = $\frac{(\text{CaseStudy} - \text{GAs})}{\text{CaseStudy}} \times 100$

ภาคผนวก ง
ข้อมูลการทดลองเพื่อทดสอบค่าพารามิเตอร์ของ GAs

1. ข้อมูลทิศทางการกระจายช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 8 คน

ตารางที่ ง.1 ทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 8 คน

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
1	20	1	0.7	1	0.1	373	385	269	97
2					0.2	291	375	436	291
3					0.3	498	100	381	63
4				2	0.1	346	380	468	225
5					0.2	362	194	457	310
6					0.3	599	499	471	304
7				3	0.1	333	40	291	81
8					0.2	287	220	255	452
9					0.3	413	144	448	123
10				4	0.1	291	64	347	344
11					0.2	198	397	224	494
12					0.3	337	499	345	128
13			0.8	1	0.1	255	423	230	443
14					0.2	344	83	318	497
15					0.3	462	212	451	59
16				2	0.1	473	30	363	40
17					0.2	403	425	486	85
18					0.3	469	219	484	495
19				3	0.1	246	483	285	423
20					0.2	289	328	337	68
21					0.3	367	268	440	274
22				4	0.1	230	126	283	81
23					0.2	207	481	209	495
24					0.3	355	143	325	297
25			0.9	1	0.1	274	88	305	58
26					0.2	442	51	327	178
27					0.3	496	269	667	217
28				2	0.1	371	155	472	353
29					0.2	482	198	487	109
30					0.3	744	303	377	422
31				3	0.1	223	283	206	485
32					0.2	349	314	353	120
33					0.3	494	11	361	375
34				4	0.1	224	385	256	231
35					0.2	258	305	378	192
36					0.3	381	468	329	57

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
37	20	2	0.7	1	0.1	486	2	376	263
38					0.2	300	287	401	473
39					0.3	368	354	352	409
40				2	0.1	471	460	458	297
41					0.2	485	166	569	445
42					0.3	489	197	575	327
43				3	0.1	237	102	254	380
44					0.2	322	113	319	176
45					0.3	668	474	439	132
46				4	0.1	213	469	240	189
47					0.2	240	410	214	461
48					0.3	359	240	348	203
49			0.8	1	0.1	232	234	303	67
50					0.2	339	308	331	35
51					0.3	382	424	406	106
52				2	0.1	386	129	352	138
53					0.2	453	439	366	288
54					0.3	407	104	579	237
55				3	0.1	248	263	238	473
56					0.2	365	174	332	352
57					0.3	386	257	659	121
58				4	0.1	251	293	333	122
59					0.2	268	481	320	277
60					0.3	472	52	465	147
61			0.9	1	0.1	235	492	251	452
62					0.2	376	209	525	52
63					0.3	385	202	366	155
64				2	0.1	487	436	477	214
65					0.2	473	136	399	416
66					0.3	673	57	502	20
67				3	0.1	333	459	319	206
68					0.2	367	144	571	418
69					0.3	585	45	543	226
70				4	0.1	286	365	227	205
71					0.2	307	162	456	174
72					0.3	462	129	351	322

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
73	20	3	0.7	1	0.1	218	383	228	377
74					0.2	531	182	338	285
75					0.3	588	479	583	302
76				2	0.1	563	434	466	132
77					0.2	394	85	485	36
78					0.3	529	445	1569	301
79				3	0.1	240	236	288	84
80					0.2	322	123	345	187
81					0.3	568	233	682	60
82				4	0.1	211	424	255	194
83					0.2	288	346	318	248
84					0.3	552	15	354	463
85			0.8	1	0.1	288	196	221	235
86					0.2	345	391	459	205
87					0.3	540	101	617	197
88				2	0.1	423	68	454	341
89					0.2	430	181	685	76
90					0.3	418	179	976	159
91				3	0.1	272	461	266	231
92					0.2	562	193	490	61
93					0.3	473	420	391	359
94				4	0.1	232	439	230	481
95					0.2	373	45	353	202
96					0.3	473	107	459	123
97			0.9	1	0.1	334	101	349	394
98					0.2	485	159	486	241
99					0.3	503	1	420	142
100				2	0.1	506	499	583	135
101					0.2	469	371	696	279
102					0.3	565	53	564	344
103				3	0.1	284	93	349	490
104					0.2	515	27	580	291
105					0.3	566	319	486	174
106				4	0.1	309	191	336	134
107					0.2	352	386	450	471
108					0.3	678	334	602	61

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
109	30	1	0.7	1	0.1	266	465	229	140
110					0.2	334	41	253	349
111					0.3	388	43	427	490
112				2	0.1	360	43	366	459
113					0.2	501	190	480	71
114					0.3	405	93	414	214
115				3	0.1	214	210	212	151
116					0.2	385	390	312	318
117					0.3	445	95	346	423
118				4	0.1	247	242	236	487
119					0.2	224	453	222	362
120					0.3	380	484	338	81
121			0.8	1	0.1	271	122	260	245
122					0.2	526	179	348	493
123					0.3	416	131	370	274
124				2	0.1	368	415	458	206
125					0.2	401	118	568	88
126					0.3	501	197	409	414
127				3	0.1	208	235	216	492
128					0.2	322	359	318	313
129					0.3	374	103	486	436
130				4	0.1	210	115	282	85
131					0.2	314	269	251	414
132					0.3	464	106	358	196
133			0.9	1	0.1	308	407	197	295
134					0.2	455	50	351	320
135					0.3	455	138	457	248
136				2	0.1	642	22	491	70
137					0.2	461	59	488	8
138					0.3	586	371	513	169
139				3	0.1	294	428	327	454
140					0.2	345	232	360	241
141					0.3	580	110	664	29
142				4	0.1	306	347	265	421
143					0.2	304	150	306	330
144					0.3	346	492	343	336

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
145	30	2	0.7	1	0.1	194	223	232	419
146					0.2	378	331	340	53
147					0.3	397	273	1748	18
148				2	0.1	448	57	364	415
149					0.2	390	126	448	215
150					0.3	621	200	585	75
151				3	0.1	209	219	359	81
152					0.2	359	93	366	325
153					0.3	454	394	476	124
154				4	0.1	204	254	206	343
155					0.2	255	409	239	320
156					0.3	354	142	345	470
157			0.8	1	0.1	322	163	238	437
158					0.2	352	93	467	39
159					0.3	728	251	371	400
160				2	0.1	381	23	462	211
161					0.2	502	18	383	247
162					0.3	372	350	380	183
163				3	0.1	226	489	175	413
164					0.2	359	47	346	314
165					0.3	494	266	497	26
166				4	0.1	183	387	167	415
167					0.2	317	68	307	116
168					0.3	547	206	352	138
169			0.9	1	0.1	435	67	322	342
170					0.2	470	327	426	172
171					0.3	396	94	489	28
172				2	0.1	479	51	580	281
173					0.2	581	190	573	201
174					0.3	591	65	786	3
175				3	0.1	454	245	339	70
176					0.2	444	312	378	311
177					0.3	534	231	679	17
178				4	0.1	316	469	325	344
179					0.2	636	17	328	268
180					0.3	471	431	389	1

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
181	30	3	0.7	1	0.1	244	476	177	333
182					0.2	566	60	353	474
183					0.3	988	489	497	157
184				2	0.1	596	50	485	40
185					0.2	513	68	378	358
186					0.3	588	1	483	402
187				3	0.1	219	237	259	146
188					0.2	568	128	379	208
189					0.3	523	21	573	113
190				4	0.1	207	147	205	227
191					0.2	404	154	367	62
192					0.3	374	284	390	20
193			0.8	1	0.1	351	270	331	145
194					0.2	379	119	591	88
195					0.3	500	150	586	38
196				2	0.1	692	23	500	165
197					0.2	511	208	372	378
198					0.3	749	483	693	72
199				3	0.1	312	385	460	274
200					0.2	554	42	490	485
201					0.3	484	144	465	469
202				4	0.1	340	458	415	142
203					0.2	344	219	477	97
204					0.3	510	119	776	419
205			0.9	1	0.1	345	125	565	265
206					0.2	560	171	580	26
207					0.3	707	144	583	19
208				2	0.1	364	119	404	320
209					0.2	490	154	585	207
210					0.3	786	309	421	85
211				3	0.1	437	64	377	339
212					0.2	605	57	465	321
213					0.3	600	24	780	354
214				4	0.1	465	350	475	61
215					0.2	492	45	374	66
216					0.3	1374	16	491	163

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
217	40	1	0.7	1	0.1	204	231	196	265
218					0.2	330	79	342	175
219					0.3	363	379	364	409
220				2	0.1	359	388	376	227
221					0.2	556	37	464	395
222					0.3	757	402	382	181
223				3	0.1	207	176	213	213
224					0.2	352	470	313	153
225					0.3	570	413	452	323
226				4	0.1	200	263	200	272
227					0.2	214	497	298	483
228					0.3	575	81	361	68
229			0.8	1	0.1	196	439	315	288
230					0.2	383	336	332	447
231					0.3	470	26	465	21
232				2	0.1	364	171	363	354
233					0.2	489	72	623	318
234					0.3	777	93	511	274
235				3	0.1	242	326	204	406
236					0.2	454	351	346	116
237					0.3	361	164	383	88
238				4	0.1	200	467	224	198
239					0.2	327	296	323	188
240					0.3	365	229	459	382
241			0.9	1	0.1	314	498	343	111
242					0.2	468	224	387	218
243					0.3	469	140	481	245
244				2	0.1	635	157	479	240
245					0.2	588	112	542	90
246					0.3	483	493	692	82
247				3	0.1	304	67	336	192
248					0.2	467	125	386	436
249					0.3	345	160	553	180
250				4	0.1	302	279	411	77
251					0.2	342	28	544	62
252					0.3	339	466	520	239

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
253	40	2	0.7	1	0.1	197	393	270	500
254					0.2	371	257	360	87
255					0.3	475	142	456	73
256				2	0.1	449	161	364	264
257					0.2	462	331	712	62
258					0.3	423	246	376	147
259				3	0.1	178	284	302	440
260					0.2	363	254	467	97
261					0.3	480	372	375	464
262				4	0.1	190	203	195	222
263					0.2	322	76	321	385
264					0.3	369	150	471	140
265			0.8	1	0.1	306	226	339	107
266					0.2	475	99	369	218
267					0.3	463	315	470	185
268				2	0.1	394	28	354	116
269					0.2	568	162	370	427
270					0.3	395	352	494	440
271				3	0.1	322	116	295	202
272					0.2	349	296	363	493
273					0.3	479	257	385	278
274				4	0.1	274	211	278	362
275					0.2	356	200	435	344
276					0.3	347	219	385	201
277			0.9	1	0.1	379	147	322	148
278					0.2	372	366	393	77
279					0.3	477	238	445	178
280				2	0.1	921	396	482	136
281					0.2	489	392	358	356
282					0.3	949	97	595	227
283				3	0.1	456	71	438	81
284					0.2	366	103	360	239
285					0.3	571	65	468	77
286				4	0.1	359	29	335	256
287					0.2	456	30	465	90
288					0.3	375	106	374	80

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
289	40	3	0.7	1	0.1	293	107	316	162
290					0.2	489	275	369	412
291					0.3	834	420	588	12
292				2	0.1	465	202	446	359
293					0.2	480	453	769	16
294					0.3	484	484	398	84
295				3	0.1	368	347	357	74
296					0.2	581	67	382	114
297					0.3	900	115	486	480
298				4	0.1	181	369	214	499
299					0.2	340	420	477	94
300					0.3	582	71	672	242
301			0.8	1	0.1	367	183	478	241
302					0.2	504	93	506	142
303					0.3	581	145	491	39
304				2	0.1	400	39	471	45
305					0.2	488	393	470	378
306					0.3	566	81	526	1
307				3	0.1	374	389	480	127
308					0.2	591	131	386	286
309					0.3	391	69	774	1
310				4	0.1	393	382	351	133
311					0.2	459	224	577	22
312					0.3	582	352	474	101
313			0.9	1	0.1	439	397	578	175
314					0.2	590	299	566	447
315					0.3	588	263	644	171
316				2	0.1	383	357	508	221
317					0.2	374	408	593	187
318					0.3	667	16	699	475
319				3	0.1	456	127	445	198
320					0.2	647	102	588	94
321					0.3	791	76	879	66
322				4	0.1	579	10	558	21
323					0.2	571	34	498	90
324					0.3	482	404	390	167

2. ข้อมูลความคลาดเคลื่อนการกระจายช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 8 คน

ตารางที่ ง.2 ความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 8 คน

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Acc.	Gen.	Acc.	Gen.
1	20	1	0.7	1	0.1	2533	233	13432	8
2					0.2	2339	423	2518	182
3					0.3	12785	149	2981	89
4				2	0.1	3545	23	2819	373
5					0.2	3296	315	4671	20
6					0.3	3751	208	13387	83
7				3	0.1	3333	22	2810	37
8					0.2	13154	17	13635	27
9					0.3	2496	24	3014	160
10				4	0.1	2673	244	2358	239
11					0.2	2070	380	2472	408
12					0.3	3039	468	2521	224
13			0.8	1	0.1	23131	8	2711	44
14					0.2	13065	22	2818	402
15					0.3	3232	110	2863	402
16				2	0.1	3650	216	3157	412
17					0.2	2881	221	3772	117
18					0.3	4633	192	3075	337
19				3	0.1	2598	63	3173	233
20					0.2	2524	31	2557	115
21					0.3	2467	125	2548	225
22				4	0.1	2235	342	2471	410
23					0.2	2161	473	2094	421
24					0.3	2726	249	2223	325
25			0.9	1	0.1	2495	247	12451	180
26					0.2	2566	86	13679	7
27					0.3	2981	90	4111	251
28				2	0.1	3130	35	3355	479
29					0.2	4511	300	4319	479
30					0.3	13459	481	3600	35
31				3	0.1	14739	20	3561	20
32					0.2	2990	38	2385	200
33					0.3	13740	14	2839	31
34				4	0.1	2304	56	2767	297
35					0.2	2446	456	2434	351
36					0.3	2993	62	2767	49

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
37	20	2	0.7	1	0.1	2757	69	2298	322
38					0.2	2487	441	2316	436
39					0.3	2822	46	3409	84
40				2	0.1	3524	186	2985	129
41					0.2	3485	462	4243	310
42					0.3	5681	30	4151	445
43				3	0.1	23651	6	2835	34
44					0.2	2613	77	2333	305
45					0.3	13396	91	2811	344
46				4	0.1	2580	333	2319	319
47					0.2	2211	387	1981	480
48					0.3	2666	57	2641	327
49			0.8	1	0.1	12799	383	2470	62
50					0.2	2738	86	2462	351
51					0.3	3884	187	2898	51
52				2	0.1	2984	379	3429	245
53					0.2	3719	310	4114	305
54					0.3	4966	225	5211	291
55				3	0.1	2441	197	23774	6
56					0.2	3616	491	3182	24
57					0.3	2919	364	2730	170
58				4	0.1	2607	459	2338	420
59					0.2	2102	488	1992	417
60					0.3	3248	54	2683	34
61			0.9	1	0.1	2330	452	2773	92
62					0.2	2820	110	2478	140
63					0.3	2870	453	7302	22
64				2	0.1	3937	185	3276	96
65					0.2	3317	106	4293	170
66					0.3	3277	361	3599	442
67				3	0.1	2458	90	2651	55
68					0.2	2975	38	2856	346
69					0.3	3491	209	2519	475
70				4	0.1	2612	192	2045	284
71					0.2	1843	494	2255	313
72					0.3	3330	17	3462	222

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
73	20	3	0.7	1	0.1	2619	101	4083	6
74					0.2	24167	7	3236	46
75					0.3	2738	232	13545	170
76				2	0.1	3926	356	3576	372
77					0.2	3495	479	3883	376
78					0.3	5252	129	4313	342
79				3	0.1	3489	138	12865	64
80					0.2	2797	389	2874	219
81					0.3	26573	65	3897	334
82				4	0.1	2400	454	2797	200
83					0.2	2282	491	2638	84
84					0.3	3378	43	3628	302
85			0.8	1	0.1	2545	142	24343	5
86					0.2	2926	338	25245	6
87					0.3	2693	332	3011	406
88				2	0.1	3255	117	3905	394
89					0.2	3354	100	13745	21
90					0.3	5624	134	3833	95
91				3	0.1	3652	111	16930	34
92					0.2	2740	168	2584	352
93					0.3	4342	262	3913	499
94				4	0.1	2497	432	2565	56
95					0.2	2296	499	2957	94
96					0.3	2905	67	3474	25
97			0.9	1	0.1	3365	20	2583	402
98					0.2	3119	31	2713	30
99					0.3	2790	483	4834	392
100				2	0.1	4442	17	4747	468
101					0.2	5240	126	4040	35
102					0.3	5635	119	3536	485
103				3	0.1	2553	46	3145	26
104					0.2	4439	130	2938	500
105					0.3	5676	374	3439	344
106				4	0.1	2477	492	2227	315
107					0.2	2433	390	2920	96
108					0.3	3053	60	3877	148

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
109	30	1	0.7	1	0.1	2884	25	2810	45
110					0.2	2989	21	2451	73
111					0.3	3519	78	3867	283
112				2	0.1	2756	438	3123	41
113					0.2	3608	98	3250	296
114					0.3	3651	318	4769	367
115				3	0.1	2314	402	2697	14
116					0.2	2449	70	2883	129
117					0.3	3123	163	3080	58
118				4	0.1	2396	466	2519	103
119					0.2	2352	456	2055	461
120					0.3	2949	48	2900	115
121			0.8	1	0.1	2805	31	2819	262
122					0.2	2667	396	2472	179
123					0.3	3393	97	2874	65
124				2	0.1	2741	255	3785	15
125					0.2	3969	257	4922	302
126					0.3	4140	212	3920	177
127				3	0.1	2155	66	12680	36
128					0.2	2312	170	3276	52
129					0.3	2918	33	2919	134
130				4	0.1	2481	54	2007	374
131					0.2	2144	482	2548	62
132					0.3	2533	46	3238	84
133			0.9	1	0.1	2864	41	2325	494
134					0.2	2852	226	2893	23
135					0.3	3150	490	3290	280
136				2	0.1	2655	444	3150	13
137					0.2	3106	217	3101	71
138					0.3	3273	239	3913	450
139				3	0.1	15150	14	2554	78
140					0.2	2693	83	2540	64
141					0.3	3960	150	3044	282
142				4	0.1	2432	496	2645	28
143					0.2	2416	26	3069	21
144					0.3	3050	69	2985	12

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
145	30	2	0.7	1	0.1	12621	41	2524	188
146					0.2	2647	90	2495	500
147					0.3	3194	29	2791	78
148				2	0.1	3162	443	3194	48
149					0.2	4409	61	3620	407
150					0.3	3679	477	4667	234
151				3	0.1	13623	18	2563	33
152					0.2	3046	155	12770	452
153					0.3	2813	496	2848	230
154				4	0.1	2554	264	2559	215
155					0.2	2053	476	2562	499
156					0.3	2494	160	3035	301
157			0.8	1	0.1	2611	56	2437	54
158					0.2	2674	107	2762	305
159					0.3	3047	166	3353	476
160				2	0.1	3737	463	3319	77
161					0.2	3346	128	3564	63
162					0.3	4383	388	3936	378
163				3	0.1	2755	246	2515	136
164					0.2	2797	14	3171	23
165					0.3	13473	68	2889	243
166				4	0.1	2009	372	2105	481
167					0.2	2757	39	2312	451
168					0.3	2696	29	2635	76
169			0.9	1	0.1	2752	75	4350	13
170					0.2	3538	26	2975	47
171					0.3	3059	17	3120	45
172				2	0.1	4041	79	4696	85
173					0.2	3229	127	2884	498
174					0.3	4053	32	4017	5
175				3	0.1	2442	39	3000	171
176					0.2	3136	107	2693	103
177					0.3	3193	294	3003	76
178				4	0.1	2475	67	2214	458
179					0.2	2195	185	3350	251
180					0.3	3282	40	2677	142

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
181	30	3	0.7	1	0.1	15489	42	2723	39
182					0.2	14491	251	3609	34
183					0.3	3950	93	3363	209
184				2	0.1	2832	44	3016	15
185					0.2	3093	316	4151	485
186					0.3	3571	370	3575	116
187				3	0.1	2090	146	2803	57
188					0.2	2189	270	2825	279
189					0.3	3563	25	13613	43
190				4	0.1	2166	167	2178	457
191					0.2	2079	424	2079	496
192					0.3	2527	197	2569	117
193			0.8	1	0.1	2633	93	3236	52
194					0.2	2607	26	3307	43
195					0.3	4046	189	3372	128
196				2	0.1	4892	246	3607	60
197					0.2	4123	457	3418	423
198					0.3	5482	34	4417	226
199				3	0.1	2693	19	23683	5
200					0.2	4012	9	4319	125
201					0.3	13764	232	3634	476
202				4	0.1	2422	43	2457	483
203					0.2	2843	61	2383	36
204					0.3	4666	19	3420	34
205			0.9	1	0.1	13292	218	2835	287
206					0.2	14062	20	4447	170
207					0.3	5436	99	13979	21
208				2	0.1	4158	411	3610	93
209					0.2	3727	232	4065	85
210					0.3	4031	91	3367	21
211				3	0.1	14282	10	14473	3
212					0.2	3245	60	2702	48
213					0.3	3271	350	2716	330
214				4	0.1	1845	379	2511	478
215					0.2	2799	29	2811	29
216					0.3	2521	483	2653	282

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
217	40	1	0.7	1	0.1	2457	93	2543	249
218					0.2	2795	37	2710	435
219					0.3	2549	37	2820	128
220				2	0.1	3357	25	2806	109
221					0.2	4702	221	3507	268
222					0.3	4305	98	3863	173
223				3	0.1	2497	133	2501	62
224					0.2	3065	83	1877	498
225					0.3	3620	96	3320	23
226				4	0.1	2442	413	2047	414
227					0.2	2162	413	1963	450
228					0.3	3222	147	2728	31
229			0.8	1	0.1	2221	419	2587	14
230					0.2	2483	81	2237	199
231					0.3	2507	424	2511	54
232				2	0.1	3877	127	3477	12
233					0.2	2992	399	3211	403
234					0.3	3327	378	3979	130
235				3	0.1	3250	54	2553	65
236					0.2	2474	84	2601	84
237					0.3	2584	60	3336	92
238				4	0.1	1972	279	2227	127
239					0.2	1809	315	1904	499
240					0.3	2847	155	2505	59
241			0.9	1	0.1	4262	10	2443	294
242					0.2	4220	108	2462	97
243					0.3	2630	485	2994	258
244				2	0.1	3543	51	3384	179
245					0.2	3575	230	3571	76
246					0.3	3989	74	3519	54
247				3	0.1	2754	19	2607	63
248					0.2	2764	357	3682	490
249					0.3	2423	118	13194	37
250				4	0.1	2511	45	2561	31
251					0.2	2675	95	2505	35
252					0.3	3037	40	2748	289

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
253	40	2	0.7	1	0.1	3181	24	2546	51
254					0.2	2450	64	2811	158
255					0.3	2622	367	4139	16
256				2	0.1	3654	398	3362	423
257					0.2	3803	54	3387	207
258					0.3	3760	140	3668	259
259				3	0.1	2581	40	2374	143
260					0.2	2402	182	3139	212
261					0.3	2617	369	13755	24
262				4	0.1	2315	318	2075	96
263					0.2	2039	318	1987	414
264					0.3	2407	113	3767	20
265			0.8	1	0.1	2703	54	13120	23
266					0.2	3135	21	2706	42
267					0.3	3589	91	3057	302
268				2	0.1	3860	143	3356	80
269					0.2	3567	35	3921	21
270					0.3	3928	36	3182	219
271				3	0.1	2079	220	2899	78
272					0.2	2903	51	2682	246
273					0.3	3611	59	2608	402
274				4	0.1	2203	186	2281	497
275					0.2	2934	13	3250	20
276					0.3	2770	68	2863	203
277			0.9	1	0.1	2262	88	3103	49
278					0.2	3102	55	2778	10
279					0.3	3487	25	2891	407
280				2	0.1	3543	18	3425	253
281					0.2	3537	29	3447	207
282					0.3	4455	347	4989	70
283				3	0.1	3613	23	2516	24
284					0.2	2640	434	3455	372
285					0.3	2915	149	3069	179
286				4	0.1	2228	238	2240	497
287					0.2	2922	22	3009	20
288					0.3	2761	120	3059	5

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
289	40	3	0.7	1	0.1	4016	97	2755	28
290					0.2	2810	468	2677	108
291					0.3	3150	355	3299	381
292				2	0.1	3475	27	3199	402
293					0.2	13809	454	4810	439
294					0.3	4238	363	3639	191
295				3	0.1	4483	32	22830	1
296					0.2	4628	22	2598	63
297					0.3	13539	24	3630	93
298				4	0.1	1933	490	2357	413
299					0.2	3102	36	2575	37
300					0.3	2990	26	2792	18
301			0.8	1	0.1	24629	4	2291	81
302					0.2	2864	1	3052	15
303					0.3	2865	88	4247	428
304				2	0.1	3475	455	3639	311
305					0.2	4468	387	3548	202
306					0.3	2757	1	3573	172
307				3	0.1	3919	112	13116	19
308					0.2	2692	260	2748	57
309					0.3	3751	451	2902	269
310				4	0.1	2100	432	2385	44
311					0.2	2745	40	3383	51
312					0.3	3318	448	8674	43
313			0.9	1	0.1	2560	52	3674	21
314					0.2	3200	136	2722	150
315					0.3	5450	6	3395	123
316				2	0.1	3498	66	3652	206
317					0.2	4813	111	3856	287
318					0.3	3294	189	4447	4
319				3	0.1	14685	14	2684	58
320					0.2	3052	486	3826	235
321					0.3	2955	216	3552	253
322				4	0.1	2903	44	2081	482
323					0.2	3483	11	3142	20
324					0.3	2866	63	3123	439

3. ข้อมูลทิศทางการกระจายช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 12 คน

ตารางที่ ง.3 ทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 12 คน

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
1	20	1	0.7	1	0.1	360	499	342	598
2					0.2	708	241	561	299
3					0.3	889	714	694	744
4				2	0.1	1173	353	770	309
5					0.2	791	522	870	452
6					0.3	883	475	1347	42
7				3	0.1	488	671	448	109
8					0.2	538	156	704	104
9					0.3	520	641	872	242
10				4	0.1	428	673	595	605
11					0.2	436	750	387	659
12					0.3	981	526	857	143
13			0.8	1	0.1	375	757	329	472
14					0.2	650	573	573	505
15					0.3	1166	46	686	646
16				2	0.1	751	425	646	419
17					0.2	878	250	914	153
18					0.3	822	14	1151	501
19				3	0.1	416	351	370	733
20					0.2	606	385	615	726
21					0.3	805	242	600	261
22				4	0.1	378	670	348	366
23					0.2	522	176	685	239
24					0.3	832	85	656	793
25			0.9	1	0.1	705	149	489	104
26					0.2	662	366	603	88
27					0.3	954	29	966	61
28				2	0.1	644	445	680	530
29					0.2	814	152	977	367
30					0.3	967	113	1165	412
31				3	0.1	445	215	802	420
32					0.2	732	97	743	144
33					0.3	652	772	806	98
34				4	0.1	404	793	460	520
35					0.2	628	83	611	169
36					0.3	1145	36	529	216

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
37	20	2	0.7	1	0.1	381	731	334	537
38					0.2	482	432	705	38
39					0.3	733	230	760	216
40				2	0.1	822	717	955	218
41					0.2	1010	611	782	503
42					0.3	890	517	952	114
43				3	0.1	362	560	425	212
44					0.2	611	188	625	230
45					0.3	746	707	609	95
46				4	0.1	373	750	338	486
47					0.2	498	433	610	794
48					0.3	842	635	742	649
49			0.8	1	0.1	543	159	378	528
50					0.2	549	111	671	188
51					0.3	656	124	735	314
52				2	0.1	693	136	867	170
53					0.2	677	699	789	258
54					0.3	1218	9	691	743
55				3	0.1	456	503	300	684
56					0.2	655	706	848	38
57					0.3	774	567	969	114
58				4	0.1	328	633	368	432
59					0.2	696	296	610	95
60					0.3	1076	383	623	572
61			0.9	1	0.1	609	147	627	417
62					0.2	551	592	708	75
63					0.3	851	761	879	97
64				2	0.1	873	560	582	589
65					0.2	796	207	834	112
66					0.3	998	418	792	63
67				3	0.1	807	123	646	305
68					0.2	768	441	872	318
69					0.3	843	244	2244	8
70				4	0.1	627	55	506	288
71					0.2	660	239	730	34
72					0.3	564	655	948	24

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
73	20	3	0.7	1	0.1	431	345	364	657
74					0.2	799	799	661	208
75					0.3	773	70	736	525
76				2	0.1	870	767	776	681
77					0.2	778	334	786	203
78					0.3	995	6	862	446
79				3	0.1	586	733	405	752
80					0.2	865	738	711	493
81					0.3	915	46	1888	693
82				4	0.1	345	731	397	705
83					0.2	528	241	785	105
84					0.3	553	340	640	391
85			0.8	1	0.1	664	391	528	715
86					0.2	1133	14	1342	474
87					0.3	1000	348	979	641
88				2	0.1	653	626	783	434
89					0.2	876	685	551	658
90					0.3	981	644	1087	40
91				3	0.1	602	516	574	784
92					0.2	1374	509	918	18
93					0.3	862	85	1271	559
94				4	0.1	428	334	336	523
95					0.2	866	26	648	652
96					0.3	1173	24	673	318
97			0.9	1	0.1	654	605	836	552
98					0.2	1256	288	969	499
99					0.3	887	583	1571	321
100				2	0.1	1013	199	985	388
101					0.2	1083	544	983	39
102					0.3	1005	538	885	536
103				3	0.1	650	423	529	286
104					0.2	894	270	848	220
105					0.3	1054	782	1216	114
106				4	0.1	716	305	674	209
107					0.2	778	457	1241	11
108					0.3	770	452	962	492

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
109	30	1	0.7	1	0.1	321	442	416	260
110					0.2	543	458	616	240
111					0.3	650	561	737	196
112				2	0.1	640	271	962	106
113					0.2	1257	299	1691	291
114					0.3	1266	196	991	779
115				3	0.1	297	629	353	199
116					0.2	475	295	516	474
117					0.3	773	137	1249	366
118				4	0.1	383	759	348	761
119					0.2	511	666	501	137
120					0.3	641	559	616	299
121			0.8	1	0.1	482	100	477	95
122					0.2	755	34	731	142
123					0.3	870	399	1096	74
124				2	0.1	661	438	778	604
125					0.2	875	463	891	77
126					0.3	1029	628	1175	508
127				3	0.1	456	348	517	605
128					0.2	484	517	626	728
129					0.3	775	115	660	545
130				4	0.1	456	374	473	337
131					0.2	622	281	635	52
132					0.3	625	251	861	58
133			0.9	1	0.1	455	407	506	447
134					0.2	653	429	1023	308
135					0.3	740	139	1097	53
136				2	0.1	667	216	1467	51
137					0.2	865	43	1094	8
138					0.3	651	242	1478	40
139				3	0.1	724	562	623	287
140					0.2	799	581	616	241
141					0.3	969	91	903	504
142				4	0.1	515	577	492	112
143					0.2	531	93	643	379
144					0.3	1001	128	738	771

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
145	30	2	0.7	1	0.1	395	529	404	797
146					0.2	1041	355	1041	355
147					0.3	661	737	854	311
148				2	0.1	772	491	743	319
149					0.2	803	525	878	618
150					0.3	912	11	890	283
151				3	0.1	459	271	312	525
152					*0.2*	*563*	*95*	*646*	*789*
153					0.3	1058	752	682	735
154				4	0.1	305	491	441	195
155					0.2	515	554	665	416
156					0.3	619	322	752	73
157			0.8	1	0.1	832	153	626	715
158					0.2	741	271	667	367
159					0.3	866	252	1460	17
160				2	0.1	1044	671	668	680
161					0.2	958	297	1249	301
162					0.3	897	509	856	674
163				3	0.1	553	50	473	234
164					0.2	935	136	861	190
165					0.3	1066	30	780	651
166				4	0.1	608	683	627	341
167					0.2	541	146	718	43
168					0.3	765	262	914	180
169			0.9	1	0.1	732	305	656	35
170					0.2	1184	355	950	74
171					0.3	1177	51	746	793
172				2	0.1	1197	277	1012	138
173					0.2	907	767	1061	80
174					0.3	614	523	977	638
175				3	0.1	539	263	558	276
176					0.2	661	650	1024	369
177					0.3	1187	150	1331	14
178				4	0.1	650	86	645	138
179					0.2	924	126	776	94
180					0.3	795	116	717	301

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
181	30	3	0.7	1	0.1	798	66	642	313
182					0.2	766	519	772	535
183					0.3	1083	50	959	630
184				2	0.1	851	356	1452	730
185					0.2	1564	233	908	505
186					0.3	768	555	1344	183
187				3	0.1	483	776	509	661
188					0.2	742	394	744	390
189					0.3	981	799	678	65
190				4	0.1	478	207	452	683
191					0.2	1244	530	620	203
192					0.3	710	401	852	237
193			0.8	1	0.1	970	34	853	61
194					0.2	892	111	948	637
195					0.3	790	164	864	452
196				2	0.1	866	551	1051	237
197					0.2	1050	23	1386	432
198					0.3	1615	62	774	238
199				3	0.1	748	715	835	633
200					0.2	672	663	883	43
201					0.3	1107	333	1158	545
202				4	0.1	716	754	646	539
203					0.2	890	789	1160	680
204					0.3	660	232	895	81
205			0.9	1	0.1	902	74	996	172
206					0.2	1410	11	893	216
207					0.3	764	389	1179	666
208				2	0.1	784	504	794	696
209					0.2	885	436	662	333
210					0.3	1285	765	1080	669
211				3	0.1	852	92	1155	107
212					0.2	879	77	793	581
213					0.3	1270	748	1184	417
214				4	0.1	755	190	756	94
215					0.2	883	22	981	421
216					0.3	792	323	989	37

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
217	40	1	0.7	1	0.1	423	231	394	485
218					0.2	588	45	618	260
219					0.3	860	242	1163	90
220				2	0.1	1236	71	748	154
221					0.2	1038	317	792	50
222					0.3	768	303	1235	533
223				3	0.1	422	725	442	267
224					0.2	651	300	678	26
225					0.3	723	7	1038	71
226				4	0.1	410	314	373	248
227					0.2	519	387	509	368
228					0.3	1067	38	648	75
229			0.8	1	0.1	582	365	802	732
230					0.2	604	322	637	790
231					0.3	951	98	761	203
232				2	0.1	701	109	799	639
233					0.2	788	464	1030	109
234					0.3	795	451	879	772
235				3	0.1	603	466	488	230
236					0.2	674	287	647	390
237					0.3	871	147	817	94
238				4	0.1	567	181	497	171
239					0.2	565	81	565	81
240					0.3	569	652	675	263
241			0.9	1	0.1	511	501	822	486
242					0.2	762	663	671	103
243					0.3	771	426	889	42
244				2	0.1	871	566	647	211
245					0.2	873	732	855	518
246					0.3	879	602	790	312
247				3	0.1	809	65	494	360
248					0.2	726	225	1026	71
249					0.3	942	649	1036	77
250				4	0.1	626	71	704	255
251					0.2	625	630	699	131
252					0.3	747	626	673	783

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
253	40	2	0.7	1	0.1	611	129	510	90
254					0.2	633	668	823	266
255					0.3	761	236	948	333
256				2	0.1	846	225	776	256
257					0.2	632	566	887	48
258					0.3	886	206	1189	600
259				3	0.1	476	47	615	216
260					0.2	668	73	737	158
261					0.3	670	253	666	392
262				4	0.1	516	725	595	63
263					0.2	468	331	527	300
264					0.3	853	381	534	750
265			0.8	1	0.1	549	60	750	194
266					0.2	831	664	856	187
267					0.3	740	611	961	609
268				2	0.1	1073	17	744	70
269					0.2	655	448	646	378
270					0.3	817	376	1278	307
271				3	0.1	740	39	616	304
272					0.2	680	50	559	514
273					0.3	860	203	874	602
274				4	0.1	820	33	625	62
275					0.2	854	23	719	82
276					0.3	673	85	754	320
277			0.9	1	0.1	1064	39	512	680
278					0.2	847	24	968	183
279					0.3	658	316	878	340
280				2	0.1	783	440	1006	51
281					0.2	1059	35	991	16
282					0.3	739	650	674	713
283				3	0.1	1007	75	567	262
284					0.2	645	155	1213	5
285					0.3	621	450	888	785
286				4	0.1	638	799	1128	481
287					0.2	754	376	544	229
288					0.3	1017	444	853	381

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Direct	Gen.	Direct	Gen.
289	40	3	0.7	1	0.1	1088	37	853	594
290					0.2	661	504	809	51
291					0.3	705	485	1125	228
292				2	0.1	1082	328	683	303
293					0.2	1183	34	1168	572
294					0.3	825	577	862	647
295				3	0.1	655	223	657	461
296					0.2	968	328	965	262
297					0.3	924	460	884	294
298				4	0.1	814	99	658	203
299					0.2	747	627	778	327
300					0.3	1085	109	2052	324
301			0.8	1	0.1	869	430	774	572
302					0.2	1172	777	1089	111
303					0.3	1101	719	1565	214
304				2	0.1	950	210	982	582
305					0.2	954	94	775	621
306					0.3	900	325	768	371
307				3	0.1	883	148	679	149
308					0.2	996	181	995	85
309					0.3	1009	31	1026	146
310				4	0.1	686	76	832	206
311					0.2	876	788	986	240
312					0.3	993	34	1131	27
313			0.9	1	0.1	962	90	866	82
314					0.2	1377	132	897	239
315					0.3	1274	577	877	454
316				2	0.1	1422	11	804	380
317					0.2	1072	707	1015	54
318					0.3	795	557	1110	763
319				3	0.1	937	351	980	206
320					0.2	873	527	888	260
321					0.3	680	443	882	26
322				4	0.1	835	629	763	477
323					0.2	875	609	965	394
324					0.3	1217	328	884	376

4. ข้อมูลความคลาดเคลื่อนการกระจายช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 12 คน

ตารางที่ ง.4 ความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล 12 คน

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Acc.	Gen.	Acc.	Gen.
1	20	1	0.7	1	0.1	24455	28	4198	97
2					0.2	3713	486	4492	62
3					0.3	36097	44	5549	85
4				2	0.1	4846	232	15293	9
5					0.2	15864	681	18048	31
6					0.3	5855	772	5993	262
7				3	0.1	4177	633	3484	411
8					0.2	6460	22	14140	459
9					0.3	7023	45	14729	679
10				4	0.1	3606	795	3784	562
11					0.2	3140	716	3568	635
12					0.3	4626	543	4255	114
13			0.8	1	0.1	4882	186	24341	50
14					0.2	34302	1	24703	49
15					0.3	5742	771	4706	95
16				2	0.1	15965	565	6078	684
17					0.2	16521	165	26334	35
18					0.3	27348	469	21306	184
19				3	0.1	4084	88	4128	61
20					0.2	3992	717	34718	542
21					0.3	4368	535	4446	298
22				4	0.1	3192	415	3293	553
23					0.2	3435	216	4110	240
24					0.3	14908	781	5582	789
25			0.9	1	0.1	14443	53	3855	758
26					0.2	4516	180	15130	372
27					0.3	16094	578	16587	37
28				2	0.1	5620	209	6956	689
29					0.2	6442	539	6987	515
30					0.3	6399	572	16868	775
31				3	0.1	14969	34	4154	762
32					0.2	16771	18	35521	21
33					0.3	25596	236	5537	290
34				4	0.1	3582	555	3568	447
35					0.2	4507	23	4359	776
36					0.3	5390	123	4549	36

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
37	20	2	0.7	1	0.1	4118	798	4437	45
38					0.2	4210	104	4841	89
39					0.3	5119	147	14328	558
40				2	0.1	8115	649	16124	210
41					0.2	25864	94	5280	140
42					0.3	16570	121	26569	8
43				3	0.1	4218	44	4286	207
44					0.2	26787	4	4270	231
45					0.3	14757	295	4314	728
46				4	0.1	3962	771	3536	698
47					0.2	3353	613	3612	379
48					0.3	5681	292	5645	98
49			0.8	1	0.1	14352	34	4241	48
50					0.2	36397	22	4935	800
51					0.3	4794	107	8242	156
52				2	0.1	6429	42	10932	118
53					0.2	15677	689	15637	355
54					0.3	16114	307	17483	630
55				3	0.1	15661	140	4470	115
56					0.2	21871	339	5029	424
57					0.3	5151	764	4615	61
58				4	0.1	3490	497	4209	248
59					0.2	3858	237	3822	722
60					0.3	6780	669	12170	60
61			0.9	1	0.1	3866	614	3695	285
62					0.2	4143	474	15650	165
63					0.3	5562	299	14533	761
64				2	0.1	5025	227	16858	148
65					0.2	26181	194	5732	325
66					0.3	15985	156	16303	328
67				3	0.1	36217	6	14844	374
68					0.2	4600	731	4932	96
69					0.3	4929	90	16048	292
70				4	0.1	3715	306	3430	218
71					0.2	4828	49	5019	31
72					0.3	15971	235	16388	638

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
73	20	3	0.7	1	0.1	45350	14	4644	41
74					0.2	27207	140	5552	172
75					0.3	15561	613	5229	735
76				2	0.1	27371	560	7271	672
77					0.2	17249	171	16604	675
78					0.3	16302	114	17284	614
79				3	0.1	4138	386	25524	10
80					0.2	3900	657	3959	413
81					0.3	5906	414	37562	4
82				4	0.1	3573	726	3603	792
83					0.2	3817	370	4059	699
84					0.3	17520	648	15443	36
85			0.8	1	0.1	25444	18	4627	116
86					0.2	5778	459	36574	25
87					0.3	15658	432	5685	185
88				2	0.1	6150	583	6679	751
89					0.2	15577	95	17129	257
90					0.3	7321	28	7295	253
91				3	0.1	15977	32	35662	714
92					0.2	5881	497	17047	119
93					0.3	25576	525	35580	128
94				4	0.1	3803	125	4257	692
95					0.2	15516	32	4669	62
96					0.3	4714	90	17237	49
97			0.9	1	0.1	16066	14	26273	183
98					0.2	15740	508	24897	760
99					0.3	16220	201	7637	314
100				2	0.1	15370	625	16452	26
101					0.2	13377	180	8038	300
102					0.3	17275	60	6788	242
103				3	0.1	15284	25	14372	38
104					0.2	16486	64	15720	419
105					0.3	15874	111	4160	125
106				4	0.1	4615	39	14972	83
107					0.2	5203	138	4306	253
108					0.3	15020	321	15550	59

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
109	30	1	0.7	1	0.1	24329	463	25289	7
110					0.2	3884	150	3815	322
111					0.3	5528	246	14127	55
112				2	0.1	6703	368	15640	452
113					0.2	12303	238	15756	225
114					0.3	24946	91	15887	479
115				3	0.1	3681	465	4071	65
116					0.2	24752	58	3688	349
117					0.3	4238	731	14012	417
118				4	0.1	3087	706	3612	752
119					0.2	3601	167	2723	709
120					0.3	4907	125	4815	74
121			0.8	1	0.1	5380	36	4070	57
122					0.2	15088	14	5177	489
123					0.3	17310	71	16072	36
124				2	0.1	4960	442	5297	38
125					0.2	16664	228	23704	69
126					0.3	7043	513	16223	94
127				3	0.1	25398	23	4123	43
128					0.2	14578	191	3893	439
129					0.3	25053	16	15938	139
130				4	0.1	3511	762	3135	772
131					0.2	4058	315	4074	266
132					0.3	5228	31	4351	305
133			0.9	1	0.1	4058	28	25290	525
134					0.2	4334	64	3973	77
135					0.3	4014	386	15657	772
136				2	0.1	6795	21	5217	346
137					0.2	16013	183	16623	58
138					0.3	16177	643	15709	699
139				3	0.1	26784	717	4062	41
140					0.2	15678	43	4429	146
141					0.3	16171	274	5445	206
142				4	0.1	2685	448	3299	554
143					0.2	4923	18	5291	126
144					0.3	4269	69	5344	41

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
145	30	2	0.7	1	0.1	4994	15	16306	9
146					0.2	24983	216	9117	222
147					0.3	4537	334	24034	40
148				2	0.1	5727	64	16342	254
149					0.2	6662	450	16622	279
150					0.3	17617	699	7046	572
151				3	0.1	4072	271	25409	15
152					0.2	4088	519	6026	142
153					0.3	5931	751	5090	36
154				4	0.1	3218	783	2852	743
155					0.2	4273	354	3882	551
156					0.3	6152	67	4691	701
157			0.8	1	0.1	3869	73	5131	82
158					0.2	4357	512	5276	61
159					0.3	4278	793	5219	103
160				2	0.1	4774	777	15188	54
161					0.2	5965	586	6178	254
162					0.3	6675	773	17318	757
163				3	0.1	3892	107	3883	63
164					0.2	8710	389	25520	17
165					0.3	4922	89	25181	421
166				4	0.1	3850	102	4230	621
167					0.2	4874	46	6206	286
168					0.3	5293	304	4354	288
169			0.9	1	0.1	4064	114	3929	536
170					0.2	36594	18	5178	593
171					0.3	4269	133	5118	68
172				2	0.1	6893	49	6553	211
173					0.2	6238	80	5044	690
174					0.3	15461	718	18935	572
175				3	0.1	3265	557	4172	54
176					0.2	36586	8	4010	77
177					0.3	25510	248	25361	535
178				4	0.1	4651	56	7361	8
179					0.2	14763	36	5289	623
180					0.3	15587	11	14611	49

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
181	30	3	0.7	1	0.1	4058	83	4460	132
182					0.2	16724	177	17510	25
183					0.3	12645	776	15448	485
184				2	0.1	6655	275	15926	20
185					0.2	7079	221	16271	701
186					0.3	26180	566	26029	313
187				3	0.1	26661	32	3531	290
188					0.2	35924	76	4120	105
189					0.3	15727	306	36983	72
190				4	0.1	3254	613	2954	672
191					0.2	3781	313	3835	414
192					0.3	25375	17	7086	41
193			0.8	1	0.1	15149	113	4262	117
194					0.2	27134	107	4186	708
195					0.3	19220	215	28415	137
196				2	0.1	27128	33	5902	750
197					0.2	6576	495	24369	401
198					0.3	5685	693	27286	323
199				3	0.1	36698	83	4544	214
200					0.2	4009	461	16863	720
201					0.3	24925	25	24467	1
202				4	0.1	15235	301	15690	19
203					0.2	4675	194	14794	17
204					0.3	14873	159	23217	339
205			0.9	1	0.1	36428	24	34827	9
206					0.2	35752	25	15607	172
207					0.3	15019	345	25346	315
208				2	0.1	25384	47	15301	20
209					0.2	16803	383	4854	595
210					0.3	6495	143	15197	799
211				3	0.1	35300	59	48800	558
212					0.2	15158	743	24612	748
213					0.3	25179	666	25519	564
214				4	0.1	14525	299	5561	42
215					0.2	4920	223	4435	68
216					0.3	25133	569	5385	307

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
217	40	1	0.7	1	0.1	3427	93	6830	56
218					0.2	3661	388	3486	189
219					0.3	4797	694	4990	548
220				2	0.1	5291	395	12192	471
221					0.2	5220	72	5604	635
222					0.3	16024	51	5242	271
223				3	0.1	3812	84	4196	60
224					0.2	4268	50	4177	43
225					0.3	4499	715	5550	726
226				4	0.1	2654	673	2813	696
227					0.2	2629	693	3645	182
228					0.3	4642	113	5899	595
229			0.8	1	0.1	44347	1	3406	510
230					0.2	5940	28	4773	221
231					0.3	4328	649	15696	15
232				2	0.1	6090	279	15562	282
233					0.2	6556	580	13405	335
234					0.3	11630	483	16584	31
235				3	0.1	15986	20	4806	109
236					0.2	3951	356	4542	91
237					0.3	8268	576	8024	61
238				4	0.1	4023	149	3722	73
239					0.2	4333	55	4300	58
240					0.3	5613	112	5814	30
241			0.9	1	0.1	4308	237	16587	34
242					0.2	15765	213	25801	96
243					0.3	5165	94	7936	16
244				2	0.1	6001	158	15443	32
245					0.2	16423	45	17049	46
246					0.3	16154	582	14790	543
247				3	0.1	17666	45	3719	118
248					0.2	4169	171	3907	605
249					0.3	5194	54	5571	740
250				4	0.1	4923	500	5105	55
251					0.2	4794	29	4631	50
252					0.3	4743	146	5740	83

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
253	40	2	0.7	1	0.1	15814	15	3596	179
254					0.2	3764	191	3994	477
255					0.3	4250	247	25639	24
256				2	0.1	16578	662	15840	444
257					0.2	15890	729	16287	610
258					0.3	11862	282	15655	548
259				3	0.1	26968	15	4179	61
260					0.2	4977	652	3960	316
261					0.3	4186	397	3956	745
262				4	0.1	3559	552	3357	787
263					0.2	4432	39	4855	80
264					0.3	5291	38	6607	49
265			0.8	1	0.1	4161	132	15093	577
266					0.2	4826	702	5528	152
267					0.3	4902	192	16812	46
268				2	0.1	16761	150	14364	456
269					0.2	16129	322	15480	684
270					0.3	16582	561	16966	644
271				3	0.1	4812	51	3929	520
272					0.2	15404	257	5048	182
273					0.3	5495	291	5958	505
274				4	0.1	4126	127	4297	67
275					0.2	4381	29	4982	36
276					0.3	6246	57	15722	20
277			0.9	1	0.1	25680	9	3680	141
278					0.2	4728	67	4344	694
279					0.3	21076	77	4485	451
280				2	0.1	7379	508	16295	121
281					0.2	6058	332	16701	128
282					0.3	5511	781	15985	191
283				3	0.1	4847	448	4357	506
284					0.2	3898	403	16894	87
285					0.3	4481	204	4563	764
286				4	0.1	4770	33	5004	75
287					0.2	5438	703	16166	48
288					0.3	15401	678	5908	11

No.	psize	Ctype	Pc	Mtype	Pm	Replication 1		Replication 2	
						Span	Gen.	Span	Gen.
289	40	3	0.7	1	0.1	3309	196	35336	30
290					0.2	4092	184	26921	156
291					0.3	36046	138	27899	413
292				2	0.1	25125	575	5024	492
293					0.2	15953	711	25972	329
294					0.3	18058	644	15433	382
295				3	0.1	4495	126	14541	295
296					0.2	15625	224	5960	28
297					0.3	24800	49	36500	333
298				4	0.1	3892	72	4600	146
299					0.2	3672	54	25463	19
300					0.3	15863	285	4708	51
301			0.8	1	0.1	5229	137	4250	160
302					0.2	25809	19	6385	448
303					0.3	25378	159	26431	223
304				2	0.1	26143	195	15698	365
305					0.2	7498	670	7280	534
306					0.3	17069	515	6645	754
307				3	0.1	4763	56	4587	97
308					0.2	25277	13	25543	287
309					0.3	5313	353	6116	593
310				4	0.1	4130	29	4263	31
311					0.2	15944	92	18227	14
312					0.3	4525	589	25193	21
313			0.9	1	0.1	15615	86	4458	362
314					0.2	4841	149	14445	271
315					0.3	35820	182	15193	87
316				2	0.1	25382	657	16140	507
317					0.2	25057	83	16367	605
318					0.3	35976	590	6636	552
319				3	0.1	4894	53	5084	288
320					0.2	5758	371	16179	388
321					0.3	25304	110	32535	388
322				4	0.1	14743	46	15974	544
323					0.2	15226	26	5410	134
324					0.3	6360	112	5675	518

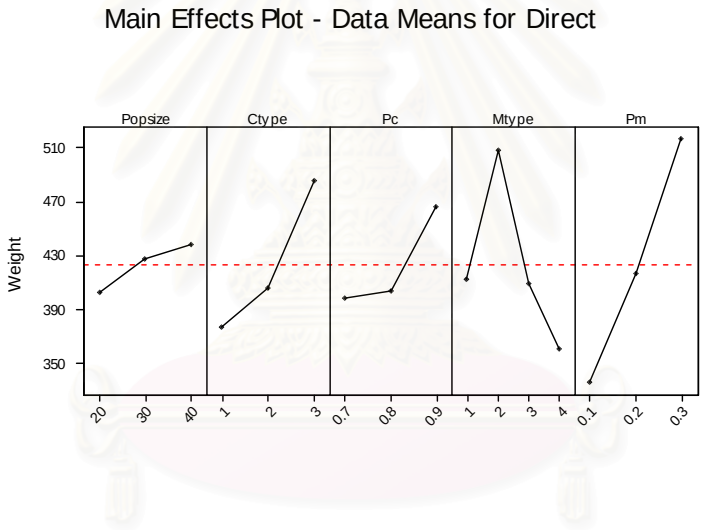
ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

กราฟผลกระทบของปัจจัย

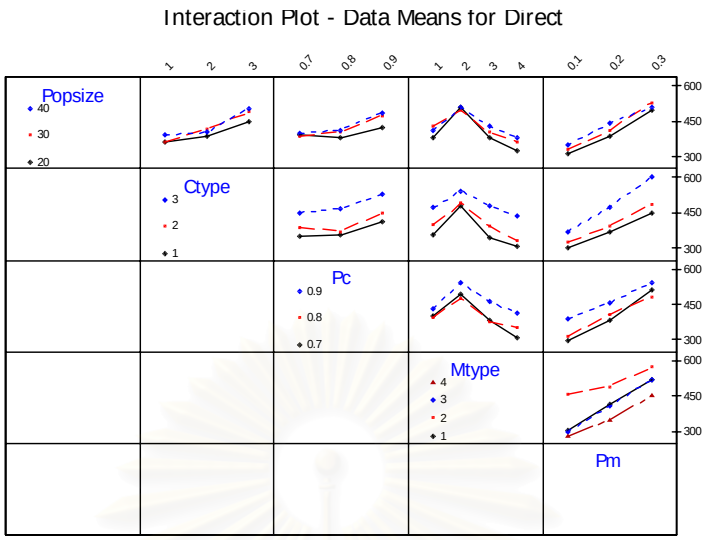
1. ปัญหาบุคลากรพยาบาลขนาด 8 คน

1.1 Direction



รูปที่ จ. 1 *กราฟแสดงผลกระทบของปัจจัยหลักของ Direction จากปัญหาพยาบาล 8 คน*

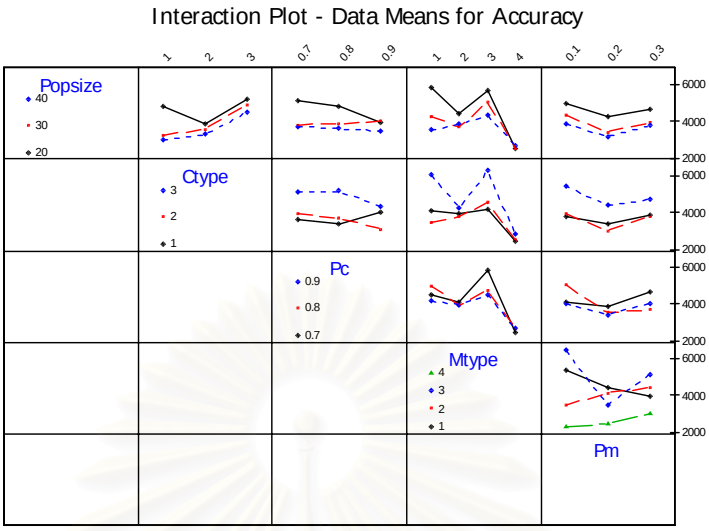
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ จ. 2 *กราฟแสดงผลกระทบร่วมของปัจจัยของ Direction จากปัญหาพยาบาล 8 คน*

1.2 Accuracy

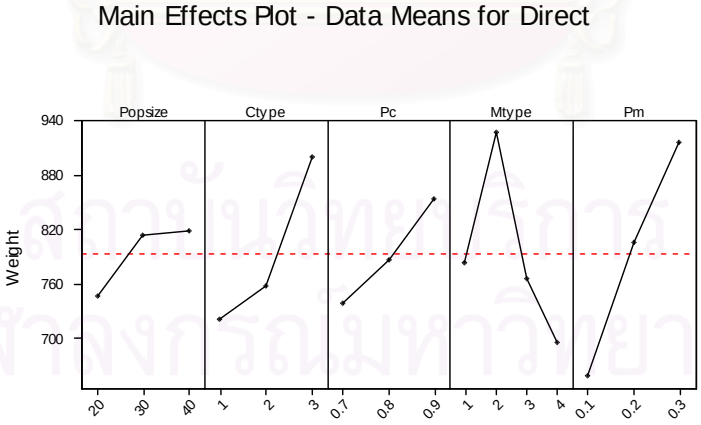
รูปที่ จ. 3 *กราฟแสดงผลกระทบของปัจจัยหลักของ Accuracy จากปัญหาพยาบาล 8 คน*



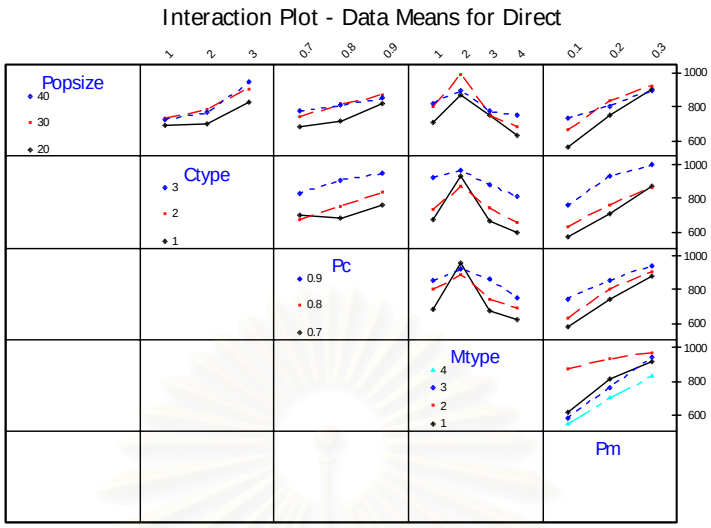
รูปที่ จ. 4 *กราฟแสดงผลกระทบร่วมของปัจจัยของ Accuracy จากปัญหาพยาบาล 8 คน*

2. ปัญหาบุคลากรพยาบาลขนาด 12 คน

2.1 Direction

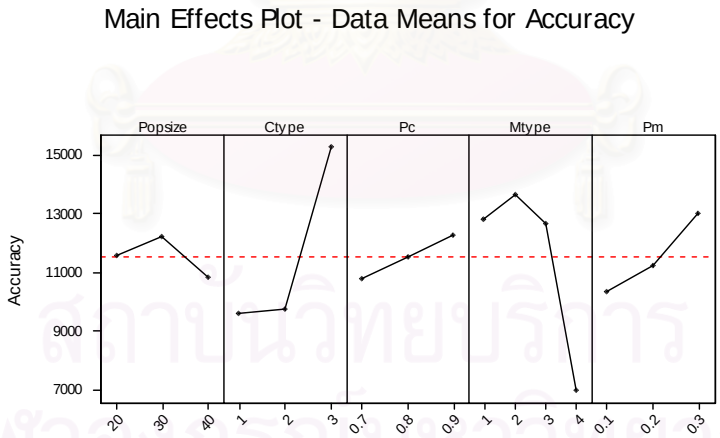


รูปที่ จ. 5 *กราฟแสดงผลกระทบของปัจจัยหลักของ Direction จากปัญหาพยาบาล 12 คน*

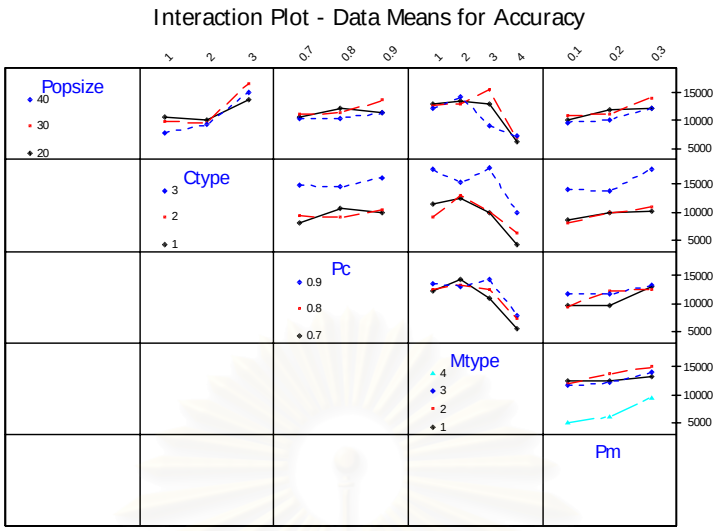


รูปที่ จ. 6 *กราฟแสดงผลกระทบร่วมของปัจจัยของ Direction จากปัญหาพยาบาล 12 คน*

2.2 Accuracy



รูปที่ จ. 7 *กราฟแสดงผลกระทบของปัจจัยหลักของ Accuracy จากปัญหาพยาบาล 12 คน*



รูปที่ จ. 8 *กราฟแสดงผลกระทบร่วมของปัจจัยของ Accuracy จากปัญหาพยาบาล 12 คน*

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tukey Simultaneous Tests

1. ปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 8 คน

1.1 ทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล

Response = Direction

Populution Size

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
20	403.2	150.2	/
30	427.7	178.3	/
40	438.1	143.6	

SE = 11.27

VS.	Diff.	P-Value	Result
20 vs. 30	24.42	0.0771	-
20 vs. 40	34.86	0.0056	S
30 vs. 40	10.43	0.6241	-

Populution Size = 20 30

Crossover Type

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
1	376.6	118.8	/
2	406.2	155.4	/
3	486.2	175.8	

SE = 11.27

VS.	Diff.	P-Value	Result
1 vs. 2	29.57	0.0237	S
1 vs. 3	109.53	0.0000	S
2 vs. 3	79.96	0.0000	S

Crossover Type = 1 2

PC

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
0.7	398.9	185.8	/
0.8	403.9	127.3	/
0.9	466.2	148.4	

SE = 11.27

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.7 vs. 0.8	4.935	0.8998	-
0.7 vs. 0.9	67.298	0.0000	S
0.8 vs. 0.9	62.36	0.0000	S

Pc = 0.7 0.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Mutation Type

n = 162

Level	Mean	StDev	Select
1	412.7	166.3	
2	508.7	148.2	
3	409.4	140	
4	361.2	142.2	/

SE = 13.02

VS.	Diff.	P-Value	Result
1 vs. 2	95.98	0.0000	S
1 vs. 3	-3.34	0.9941	-
1 vs. 4	-51.55	0.0004	S
2 vs. 3	-99.3	0.0000	S
2 vs. 4	-147.5	0.0000	S
3 vs. 4	-48.21	0.0012	S

Mutation Type = 4

PM

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
0.1	336	116.5	/
0.2	416.5	108.9	
0.3	516.5	183.7	

SE = 11.27

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	80.58	0.0000	S
0.1 vs. 0.3	180.59	0.0000	S
0.2 vs. 0.3	100	0.0000	S

Pm = 0.1

Crossover Type * Pm

Fixed Crossover Type

n = 72

Crossover Type = 1

Level	Mean	StDev	Select
0.1	303.2	97.7	/
0.2	373.2	101.3	
0.3	453.5	106.9	

SE = 17.01

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	70.04	0.0002	S
0.1 vs. 0.3	150.33	0.0000	S
0.2 vs. 0.3	80.29	0.0000	S

Pm = 0.1

Crossover Type = 2

Level	Mean	StDev	Select
0.1	329.3	120.7	/
0.2	398.1	94.5	
0.3	491.3	190.2	

SE = 23.51

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	68.8	0.0106	S
0.1 vs. 0.3	161.99	0.0000	S
0.2 vs. 0.3	93.19	0.0003	S

Pm = 0.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Fixed Pm = 0.1

n = 72

Level	Mean	StDev	Select
1	573.3	219.3	/
2	639.1	218.8	/
3	761.8	224.1	

SE = 36.79

VS.	Diff.	P-Value	Result
1 vs. 2	65.71	0.1767	-
1 vs. 3	188.49	0.0000	S
2 vs. 3	122.8	0.0029	S

Crossover Type = 1 2

Mutation Type * Pm

Fixed Mutation Type = 4

n = 54

Level	Mean	StDev	Select
0.1	553.2	173.1	/
0.2	700.9	194.4	
0.3	832.1	246.6	

SE = 39.84

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	147.7	0.0008	S
0.1 vs. 0.3	278.9	0.0000	S
0.2 vs. 0.3	131.2	0.0035	S

Pm = 0.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 ความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล

Response = Accuracy

Populution Size

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
20	4654	4668	
30	3929	3136	/
40	3631	2804	/

SE = 350.1

VS.	Diff.	P-Value	Result
20 vs. 30	-725	0.0957	-
20 vs. 40	-1023	0.0097	S
30 vs. 40	-297.9	0.6713	-

Populution Size = 30 40

Crossover Type

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
1	3716	2983	/
2	3617	2827	/
3	4881	4708	

SE = 350.1

VS.	Diff.	P-Value	Result
1 vs. 2	-98.5	0.9573	-
1 vs. 3	1164.76	0.0025	S
2 vs. 3	1263	0.0009	S

Crossover Type = 1 2

Mutation Type

n = 162

Level	Mean	StDev	Select
1	4584	4650	
2	4024	1651	
3	5041	5040	
4	2636	662	/

SE = 404.3

VS.	Diff.	P-Value	Result
1 vs. 2	-560	0.5083	-
1 vs. 3	456	0.6721	-
1 vs. 4	-1949	0.0000	S
2 vs. 3	1016	0.0578	-
2 vs. 4	-1388	0.0033	S
3 vs. 4	-2405	0.0000	S

Mutation Type = 4

Mutation Type * Pm

Fixed Mutation Type = 4

n = 54

Level	Mean	StDev	Select
0.1	2353.8	233.2	/
0.2	2481.2	438.7	/
0.3	3072.6	885.0	

SE = 112.8

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	127.4	0.4975	-
0.1 vs. 0.3	718.8	0.000	S
0.2 vs. 0.3	591.4	0.000	S

Pm = 0.1 0.2

Response = Founding Generation of Best Solution

Pc

n = 16

Level	Mean	StDev	Select
0.7	361	129.7	
0.8	265.7	191.2	/
0.9	157.2	179.2	/

SE = 59.70

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.7 vs. 0.8	-95.3	0.2576	-
0.7 vs. 0.9	-203.8	0.0038	S
0.8 vs. 0.9	-108.5	0.1754	-

Pc = 0.8 0.9

Pc * Pm

Fixed Pc

n = 8

Pc = 0.8

Level	Mean	StDev	Select
0.1	296.3	163	/
0.2	235.1	222.8	/

SE = 97.96

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	-61.12	0.5500	-

Pm = 0.1 0.2

Pc = 0.9

Level	Mean	StDev	Select
0.1	232.5	218.8	/
0.2	81.9	89.3	/

SE = 80.95

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	-150.6	0.0875	-

Pm = 0.1 0.2

Fixed Pm

n = 8

Pm = 0.1

Level	Mean	StDev	Select
0.8	296.3	163	/
0.9	232.5	218.8	/

SE = 90.57

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.8 vs. 0.9	-63.75	0.4950	-

Pc = 0.8 0.9

Pm = 0.2

Level	Mean	StDev	Select
0.8	235.1	222.8	/
0.9	81.9	89.3	/

SE = 87.81

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.8 vs. 0.9	-153.2	0.1065	-

Pc = 0.8 0.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 12 คน

2.1 ทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล

Response = Direction

Populution Size

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
20	746.6	271	/
30	814.3	270	
40	817.9	224.8	

SE = 19.17

VS.	Diff.	P-Value	Result
20 vs. 30	67.65	0.0012	S
20 vs. 40	71.27	0.0006	S
30 vs. 40	3.622	0.9805	-

Populution Size = 20

Crossover Type

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
1	720.6	243.6	/
2	758.1	236	/
3	900.1	259.1	

SE = 19.17

VS.	Diff.	P-Value	Result
1 vs. 2	37.5	0.1234	-
1 vs. 3	179.49	0.0000	S
2 vs. 3	142	0.0000	S

Crossover Type = 1 2

PC

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
0.7	739	282.4	/
0.8	786.6	236.4	/
0.9	853.2	240.6	

SE = 19.17

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.7 vs. 0.8	47.57	0.0350	S
0.7 vs. 0.9	114.17	0.0000	S
0.8 vs. 0.9	66.6	0.0015	S

Pc = 0.7 0.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Mutation Type

n = 162

Level	Mean	StDev	Select
1	783.3	252.7	
2	926.9	216.6	
3	766.2	269.6	
4	695.4	235.3	/

SE = 22.14

VS.	Diff.	P-Value	Result
1 vs. 2	143.63	0.0000	S
1 vs. 3	-17.08	0.8674	-
1 vs. 4	-87.89	0.0004	S
2 vs. 3	-160.7	0.0000	S
2 vs. 4	-231.5	0.0000	S
3 vs. 4	-70.81	0.0076	S

Mutation Type = 4

PM

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
0.1	658.1	233.3	/
0.2	805.2	221.7	
0.3	915.6	251.1	

SE = 19.17

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	147.1	0.0000	S
0.1 vs. 0.3	257.5	0.0000	S
0.2 vs. 0.3	110.4	0.0000	S

Pm = 0.1

Population Size * Mutation Type

Fixed Mutation Type = 4

n = 54

Level	Mean	StDev	Select
20	639.5	228.9	/
30	685.9	195.2	/
40	760.8	264.8	

SE = 33.5

VS.	Diff.	P-Value	Result
20 vs. 30	46.45	0.3505	-
20 vs. 40	121.34	0.0012	S
30 vs. 40	74.89	0.0685	-

Population Size = 20 30

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Population Size * Pm

Fixed Populatio Size = 20

n = 72

Level	Mean	StDev	Select
0.1	567.3	200.6	/
0.2	758.5	201	
0.3	914.1	283.9	

SE = 33.36

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	191.3	0.0000	S
0.1 vs. 0.3	346.9	0.0000	S
0.2 vs. 0.3	155.6	0.0000	S

Pm = 0.1

Fixed Pm = 0.1

n = 72

Level	Mean	StDev	Select
20	567.3	200.6	/
30	667.5	251.8	
40	739.5	214.3	

SE = 37.21

VS.	Diff.	P-Value	Result
20 vs. 30	100.2	0.0208	S
20 vs. 40	172.3	0.0000	S
30 vs. 40	72.06	0.1311	-

Population Size = 20

Crossover Type * Mutation Type

Fixed Mutation Type = 4

n = 54

Level	Mean	StDev	Select
1	602	178.8	/
2	666.4	182.8	/
3	817.9	279	

SE = 33.5

VS.	Diff.	P-Value	Result
1 vs. 2	64.39	0.1359	-
1 vs. 3	215.92	0.0000	S
2 vs. 3	151.5	0.0000	S

Crossover Type = 1 2

Pc * Mutation Type

Fixed Mutation Type = 4

n = 54

Level	Mean	StDev	Select
0.7	632.2	284.4	/
0.8	693.3	205.5	/
0.9	760.7	191.5	

SE = 33.5

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.7 vs. 0.8	61.07	0.1656	-
0.7 vs. 0.9	128.49	0.0005	S
0.8 vs. 0.9	67.42	0.1127	-

Pc = 0.7 0.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Mutation Type * Pm

Fixed Mutation Type = 4

n = 54

Level	Mean	StDev	Select
0.1	553.2	173.1	/
0.2	700.9	194.4	
0.3	832.1	246.6	

SE = 33.5

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	147.7	0.0001	S
0.1 vs. 0.3	278.9	0.0000	S
0.2 vs. 0.3	131.2	0.0000	S

Pm = 0.1

2.2 ความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาล

Response = Accuracy

Crossover Type

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
1	9607	7907	/
2	9732	7558	/
3	15284	10343	

SE = 791.0

VS.	Diff.	P-Value	Result
1 vs. 2	125.7	0.9862	-
1 vs. 3	5676.9	0.0000	S
2 vs. 3	5551	0.0000	S

Crossover Type = 1 2

Mutation Type

n = 162

Level	Mean	StDev	Select
1	12848	10590	
2	13668	6753	
3	12679	10756	
4	6969	5366	/

SE = 913.4

VS.	Diff.	P-Value	Result
1 vs. 2	820	0.8059	-
1 vs. 3	-168	0.9978	-
1 vs. 4	-5878	0.0000	S
2 vs. 3	-989	0.7003	-
2 vs. 4	-6699	0.0000	S
3 vs. 4	-5710	0.0000	S

Mutation Type = 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PM

n = 216

Level	Mean	StDev	Select
0.1	10361	9498	/
0.2	11223	8850	/
0.3	13039	8687	

SE = 791.0

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	861.6	0.5207	-
0.1 vs. 0.3	2677.7	0.0021	S
0.2 vs. 0.3	1816	0.0564	-

Pm = 0.1 0.2

Population Size * Mutation Type

Fixed Mutation Type = 4

n = 54

Level	Mean	StDev	Select
20	6496	4701	/
30	7107	5797	/
40	7304	5603	/

SE = 934.3

VS.	Diff.	P-Value	Result
20 vs. 30	610.7	0.7906	-
20 vs. 40	808	0.6632	-
30 vs. 40	197.3	0.9757	-

Population Size = 20 30 40

Crossover Type * Mutation Type

Fixed Mutation Type = 4

n = 54

Level	Mean	StDev	Select
1	4378	1713	/
2	6410	4112	/
3	10120	7095	

SE = 934.3

VS.	Diff.	P-Value	Result
1 vs. 2	2033	0.0786	-
1 vs. 3	5742	0.0000	S
2 vs. 3	3710	0.0003	S

Crossover Type = 1 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Response = Founding Generation of Best Solution

Populution Size

n = 24

Level	Mean	StDev	Select
20	445.9	248.1	
30	408.5	289.4	
40	241.2	280	/

SE = 62.89

VS.	Diff.	P-Value	Result
20 vs. 30	-37.4	0.8233	-
20 vs. 40	-204.7	0.005	S
30 vs. 40	-167.3	0.0262	S

Populution Size = 40

PC

n = 24

Level	Mean	StDev	Select
0.7	568.2	236.7	
0.8	287.2	244.3	/
0.9	240.3	259.2	/

SE = 62.89

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.7 vs. 0.8	-281	0.0001	S
0.7 vs. 0.9	-327.9	0.0000	S
0.8 vs. 0.9	-46.87	0.7375	-

Pc = 0.8 0.9

PM

n = 36

Level	Mean	StDev	Select
0.1	448.9	277.4	
0.2	281.6	268.2	/

SE = 51.35

VS.	Diff.	P-Value	Result
0.1 vs. 0.2	-167.3	0.0018	S

Pm = 0.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Average Value

1. ปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 8 คน

Average of Direction

Population Size

	20		30	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	403.25	248.87	427.67	218.95
SD	150.2	145.72	178.25	147.87
	/			

Population Size = 20

Crossover Type

	1		2	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	376.64	249.5	406.1	228.01
SD	118.76	147.89	155.37	137.66
	/			

Crossover Type = 1

Pc

	0.7		0.8	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	398.93	250.13	403.87	231.7
SD	185.85	149.09	127.32	142.28
	/		/	

Pc = 0.7 0.8

Average of Accuracy

Population Size

	30		40	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	3928.8	179.98	3630.9	168.87
SD	3136	160.56	2804.2	154.42
			/	

Population Size = 40

Crossover Type

	1		2	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	3715.8	182.96	3617.3	194.26
SD	2982.7	154.85	2827.2	159.36
			/	

Crossover Type = 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Pc

	0.8		0.9	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	4118.8	187.02	3853.5	173.74
SD	4080	156.73	2673.6	160.81
			/	

Pc = 0.9

Pm

	0.1		0.2	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	4416.5	172.92	3651.8	206.49
SD	4667	161.65	3022.5	169.54
			/	

Pm = 0.2

2. ปัญหาขนาดบุคลากรพยาบาล 12 คน

Average of Direction

Population Size

	20		30	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	746.64	382.74	814.29	351.63
SD	271.05	239.39	270.03	236.11
	/			

Population Size = 20

Crossover Type

	1		2	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	720.62	339.65	758.12	334.89
SD	243.57	228.39	236.04	237.65
	/			

Crossover Type = 1

Pc

	0.7		0.8	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	792.81	349.96	786.61	344.33
SD	258.08	235.38	236.45	240.81
	/		/	

Pc = 0.7 0.8

Average of Accuracy

Crossover Type

	1		2	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	9606.8	296.37	9732.5	305.54
SD	7907.5	257.66	7558.3	256.2
	/			

Crossover Type = 1

Pm

	0.8		0.9	
	Obj	Gen	Obj	Gen
Mean	11513	278.38	12297	278.89
SD	8923.9	247.21	9063.6	245.1
	/			

Pm = 0.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

คำตอบที่ได้หลังจากการวิเคราะห์

1. ปัญหาตารางเวรทำงานของพยาบาล 8 คน

รายละเอียดของปัญหาตารางเวรทำงาน

- หัวหน้าพยาบาล 1 คน
- พยาบาลประจำการ 7 คน

ตารางที่ ฉ.1 *ตารางแสดงจำนวนเวรทำงานของพยาบาลทั้ง 8 คน*

	เวรเช้า	เวรบ่าย	เวรดึก	รวม
พยาบาล 1	22	0	0	22
พยาบาล 2	5	8	9	22
พยาบาล 3	6	8	9	23
พยาบาล 4	5	9	8	22
พยาบาล 5	6	9	8	23
พยาบาล 6	5	9	9	23
พยาบาล 7	5	8	9	22
พยาบาล 8	6	9	8	23
รวม	**60**	**60**	**60**	***180***

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.2 ตารางเวรทำงานของพยาบาล 8 คน

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total
พยาบาล 1	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช	22
พยาบาล 2				ช	บ	ด	ช		บ	บด			บ	ด	ด	บ		ด		ช	บ	ด	ด	ช	บ	ด		ช	บ	ด	22
พยาบาล 3	ด	ด	ช	บ	ด	บ		บ	ด		ชด	บ	ด				ชด	บ	ด	บ	ด		ช	บ		บ	ช		ช		23
พยาบาล 4		บ	บ	ด	บ		บด	ด		ช	บ	ด		ช	บ	ชด		ช	ช	ด			บ	ด	ด				บ	บ	22
พยาบาล 5	ช	บ	ด		ชด		ด		ช	บ	ด		ช	บ	ด		บ	บ	บ		ช	บ	ด		ช	บ	ด	ด		บ	23
พยาบาล 6	บ	ด	ด	ช		ด		ช	บ	ด		ช	บ	ด			ชบ				บ	ชด		บ	บ	ด	บ	บ	ด	ด	23
พยาบาล 7	บด		ช	บ		บ		บ	ด		ช	บ	ด		ช	บ	ด	ด		บ	ด			ช	ชด		ด	บ	ด		22
พยาบาล 8		ช	บ	ด		ช	บ	ด		ช	บ	ด		บ	บ	ด		ช	บด	ด		บ	บ	ด		ช	บ	ด		ช	23
																															180

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.3 ตารางเวรทำงานของพยาบาล 8 คนแบ่งตามจำนวนเวรทำงาน

	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			13			14			15		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
N1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
N2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
N3	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
N4	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
N5	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
N6	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
N7	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
N8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.3 ตารางเวรทำงานของพยาบาล 8 คนแบ่งตามจำนวนเวรทำงาน (ต่อ)

	16			17			18			19			20			21			22			23			24			25			26			27			28			29			30			Total
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
N1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	22
N2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	22
N3	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	23
N4	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	22
N5	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	23
N6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	23
N7	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	22
N8	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	23
																																													180

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ปัญหาตารางเวรทำงานของพยาบาล 12 คน

รายละเอียดของปัญหาตารางเวรทำงาน

- หัวหน้าพยาบาล 1 คน
- พยาบาลประจำการ 11 คน

ตารางที่ ฉ.4 ตารางแสดงจำนวนเวรทำงานของพยาบาลทั้ง 12 คน

	เวรเช้า	เวรบ่าย	เวรดึก	รวม
พยาบาล 1	22	0	0	22
พยาบาล 2	6	9	8	23
พยาบาล 3	6	8	8	22
พยาบาล 4	6	8	9	23
พยาบาล 5	7	8	8	23
พยาบาล 6	7	8	8	23
พยาบาล 7	6	8	8	22
พยาบาล 8	5	8	9	22
พยาบาล 9	6	8	8	22
พยาบาล 10	7	8	8	23
พยาบาล 11	6	9	8	23
พยาบาล 12	6	8	8	22
Total	**90**	**90**	**90**	***270***

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.5 ตารางเวรทำงานของพยาบาล 12 คน

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total
พยาบาล 1	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช			ช	ช	ช	ช	ช	22
พยาบาล 2	บ	ค		ช	บ	ค		บ	บ	ค	ค		บ	ค	ช	ช	บ	ค		ช	บ			ช	บ	ค		ช	บ	ค	23
พยาบาล 3	ค		ช	บ	ค						ช	บ	ค		ช	บค	ค		ช	บ	ค	บ	ช	บ	ค			บ	ชค	บ	22
พยาบาล 4		ช	บ	ค		บ	บ	ค		ช		ค	ค	ช	บ	ค		ชบ	บ	ค			ชบ	ค			บค	ค		ช	23
พยาบาล 5	ช	บ	ค		ช	บ	ค		ชค	บ	ค		ช	บ	ค		ช	บ	ค			บ	ค		ช	บ	ค		ช	บ	23
พยาบาล 6	บ	ค	ค	ช	บ			ช	บ	ค		ช	บ	ค			ช	ค		ช	บ	ค		ช	ชบ	บค			บ	ค	23
พยาบาล 7	ค		ช	บ	ค		ช	บ	ค		ชบ	บ				บ	ค		ช	บ	ค	ค		บ	ค	ช	ช	บ	ค		22
พยาบาล 8			บ	ค		ช	บค	ค		ช	บ	ค			บ	ค	บ	ช	บค	ค		ช	บ	ค		ช	บ	ค			22
พยาบาล 9	ช	บ	ค			บค	ค		ช	บ	ค		ช	บ	ค		ช	บ	ค		ช	บ	ค		ช	บ	ค			บ	22
พยาบาล 10	บ	ค		ช	บ	ค		ช	บ	ค		ช	บ	ค		ช	บ	ค			ชบ	ค		ช	บ	ค		ช	บ	ค	23
พยาบาล 11	ค	บ	ช	บ	ชค	ช	ช	บ	ค		ช	บ	ค	บ		บ	ค			บ	ค			บ	ค		ช	บ	ค		23
พยาบาล 12		ช	บ	ค			บ	ค		ชบ	บ	ค		ช	บค			ช	บ	ค		ช	บค	ค			บ	ค		ช	22
																															270

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.6 ตารางเวรทำงานของพยาบาล 12 คนแบ่งตามจำนวนเวรทำงาน

	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			13			14			15		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
N1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
N2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
N3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
N4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0
N5	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
N6	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
N7	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
N9	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
N10	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
N11	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
N12	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.6 ตารางเวรทำงานของพยาบาล 12 คนแบ่งตามจำนวนเวรทำงาน (ต่อ)

	16			17			18			19			20			21			22			23			24			25			26			27			28			29			30			Total
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
N1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	22
N2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	23
N3	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	22
N4	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	23
N5	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	23
N6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	23
N7	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	22
N8	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	22
N9	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	22
N10	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	23
N11	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	23
N12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	22
																																													270

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

โปรแกรมการจัดตารางเวรทำงาน

โปรแกรมการจัดตารางเวรทำงานที่สร้างขึ้นนั้น เป็นโปรแกรมการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาล โดยเขียนบนโปรแกรมประยุกต์ MATLAB 5.3.1

1. การใช้งานโปรแกรม

ขั้นตอนการใช้โปรแกรมประกอบด้วย

1.1 การเตรียมการใช้โปรแกรม โดยการติดตั้งโปรแกรม MATLAB 5.3.1 ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ Pentium II ที่มีหน่วยความจำ 32 MB เทียบเท่าหรือขึ้นไป

1.2 Copy File : Nurse ลงใน Sub Directory ที่สร้างขึ้นใน Hard Disk

1.3 เปิดโปรแกรม MATLAB แล้ว Set Path ที่ Sub Directory ของ Nurse ที่สร้างขึ้น

1.4 Run Program ที่หน้าจอ Command Window ของ MATLAB

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ส่วนประกอบของโปรแกรม

โปรแกรมการจัดตารางเวรทำงานเป็นโปรแกรมที่สั่งให้ดำเนินการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาล ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ๆ คือ

1.1 Input Data เป็นโปรแกรมสำหรับข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นในการจัดตาราง ซึ่งได้แก่

- จำนวนพยาบาลที่มีอยู่ในหอผู้ป่วย
- จำนวนวันที่นำมาจัดตารางเวรทำงาน
- จำนวนพยาบาลที่อยู่ประจำแต่ในแต่ละเวรทำงาน

1.2 *Parameter Setting* เป็นโปรแกรมสำหรับกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมที่ใช้ในการแก้ปัญหาประกอบด้วย

- วัตถุประสงค์ที่ต้องการในการจัดสมดุลประกอบด้วย
    1) Minimize Direction of Shift Span
    2) Minimize Accuracy of Shift Span
- จำนวนประชากร
- วิธีการครอสโอเวอร์
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- วิธีการมิวเตชั่น
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด

1.3 *GAs* เป็นโปรแกรมสำหรับการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาล ซึ่งภายในโปรแกรมจะประกอบโปรแกรมย่อยต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของอัลกอริทึมที่ใช้ โปรแกรมรันจนถึงเจนเนอเรชั่นสูงสุดที่กำหนดไว้

1.4 *Output* เป็นโปรแกรมในการแสดงคำตอบที่ได้ โดยแสดงผลในหน้าจอของโปรแกรม MATLAB

1.5 *Report* เป็นโปรแกรมที่แสดงผลที่ได้จากการรันเก็บไว้ในไฟล์เพื่อเรียกดูภายหลัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจุฑามาศ เทวินบุรานุวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2519 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2541 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษาที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย