

## บทที่ 4

### การทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการวิเคราะห์ผลงานวิจัย

การประเมินผลการจัดตารางการทำงานของพยาบาลในแผนกฉุกเฉินที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้นำเสนอในบทที่ 3 โดยครอบคลุมข้อจำกัดที่นำเสนอ โดยเฉพาะความต้องการกำลังคนที่เปลี่ยนแปลง และตรงตามวัตถุประสงค์ที่นำเสนอ จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสม และการแสดงคำตอบ นอกจากนี้การวิเคราะห์และประเมินผลงานวิจัยยังทำให้ทราบถึงข้อได้เปรียบ และข้อบกพร่องของสมการเพื่อนำไปปรับปรุงต่อไป ซึ่งแนวทางการวิเคราะห์และประเมินงานวิจัยมีดังนี้

#### 4.1 วิธีการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปทดสอบใช้กับปัญหาขนาดต่างๆ โดยผู้วิจัยได้ทำการสร้างปัญหาทดสอบจำนวน 5 ขนาด ได้แก่ ปัญหาที่มีจำนวนพยาบาลที่ต้องจัดตารางงาน 10 คน 15 คน 20 คน 25 คน 30 คน ขนาดละ 15 ปัญหา โดยมีความต้องการกำลังคน และวันลาหยุดหรือวันที่พยาบาลมาทำงานได้แตกต่างกันไปในแต่ละปัญหาเพื่อสังเกต เวลาที่ใช้และคำตอบที่ได้ว่า ได้ตารางงานที่เหมาะสมต่อการทำงานหรือไม่

#### 4.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

พารามิเตอร์ที่ต้องนำมาใช้ในแบบจำลองของปัญหาทั้งสองกรณี จะประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่กำหนดโดยการรับค่าจากพยาบาลเป็นผู้กำหนด และพารามิเตอร์ที่รับเข้าจากตารางเดิมที่ได้รับการจัดตารางงานมาแล้ว

##### 4.2.1 พารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในสถานการณ์ปกติ

1) พารามิเตอร์  $D_{jk}$  คือ ความต้องการกำลังคนในกะ  $j \in S$  ในวันที่  $k \in DAY$  ความต้องการกำลังคนนี้ โดยทั่วไปพยาบาลหัวหน้าแผนกจะเป็นผู้กำหนดจากการคำนวณจากจำนวนผู้ป่วยเฉลี่ย และความเหมาะสมจากจำนวนพยาบาลในแผนก และจากประสิทธิภาพการทำงานของหัวหน้าแผนกเอง ในการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้ความต้องการ

กำลังคนในแต่ละกะ จะกำหนดโดยการสุ่มค่าจากการกระจายตัวแบบสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) โดยกำหนดช่วงของการกระจาย เป็น  $[1, n/3]$  คือกำหนดค่าสูงสุดจากจำนวนพยาบาลในแผนก(n)หารด้วยจำนวนกะการทำงานใน 1 วัน

2) พารามิเตอร์  $A_{ik}$  คือ การมาทำงานได้ของพยาบาล  $i \in N$  ในวันที่  $k \in DAY$  การมาทำงานได้ของพยาบาลนี้สามารถกำหนดได้จากการกำหนดวันลาของพยาบาลมีค่าเป็น 0 และวันที่มาทำงานได้มีค่าเป็น 1 ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดวันมาทำงานได้ และวันลาของพยาบาลแต่ละคนโดยการสุ่มค่าจากการกระจายตัวแบบสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) โดยกำหนดช่วงการกระจายของวันหยุด เป็น  $[0,8]$  คือ มีวันลาหรือกำหนดวันหยุดล่วงหน้าได้ไม่เกิน 8 วัน และวันหยุดแต่ละครั้งจะเป็นการสุ่มตำแหน่งวันหยุดจากการกระจายตัวแบบสม่ำเสมอช่วง  $[1,28]$  และจะต้องไม่ขัดกับข้อกำหนดที่ห้ามหยุดติดกันเกิน 3 วัน

#### 4.2.2 พารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในสถานการณ์ฉุกเฉิน

1) พารามิเตอร์  $D_{jl}$  คือ ความต้องการกำลังคนในกะ  $j \in S$  ในวันที่  $l \in ED$  ความต้องการกำลังคนนี้ ต่างจากสถานการณ์ปกติ ที่พยาบาลต้องกำหนด ความต้องการกำลังคนในวันที่เกิดเหตุฉุกเฉินตามความต้องการกำลังคนที่เกิดขึ้นใหม่ โดยการสุ่มจำนวนความต้องการกำลังคนที่เพิ่มขึ้นจากเดิมจากการกระจายตัวแบบสม่ำเสมอช่วง  $[1,n/3]$  และนำมาบวกเพิ่มจากความต้องการกำลังคนเดิม ไม่เกิน 6 กะทำงาน(จากการสุ่มจากการกระจายตัวแบบสม่ำเสมอช่วง  $[1,6]$ ) หรือ 2 วันทำงานในการทดสอบ ความต้องการกำลังคนวันถัดจากสถานการณ์ฉุกเฉินในรอบการจัดตารางการทำงานเดิมให้คงไว้ดังเดิม และกำหนดความต้องการกำลังคนของวันที่ต้องจัดตารางงานที่เพิ่มขึ้นจากรอบตารางการทำงานเดิมให้ครบ 28 วันรวมวันที่เกิดสถานการณ์ฉุกเฉินในตารางการทำงานใหม่ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำได้โดยการสุ่มค่าเช่นเดียวกับสถานการณ์ปกติ

2) พารามิเตอร์  $A_{il}$  คือ การมาทำงานได้ของพยาบาล  $i \in N$  ในวันที่  $l \in ED$  การมาทำงานได้ของพยาบาลนี้มีวิธีกำหนดเช่นเดียวกับการกำหนดในสถานการณ์ปกติ โดยจะต้องนำวันที่มาทำงานได้ และวันลาของวันทำงานโดยใช้หลักการเดิม คือ มีวันลาหรือกำหนดวันหยุดล่วงหน้าได้ไม่เกิน 8 วัน และวันหยุดแต่ละครั้งจะเป็นการสุ่มตำแหน่งวันหยุดจากการกระจายตัวแบบสม่ำเสมอช่วง  $[1,28]$  และจะต้องไม่ขัดกับข้อกำหนดที่ห้ามหยุดติดกันเกิน 3 วัน

- 3) พารามิเตอร์  $X_{ijk}$  คือ งานที่พยาบาล  $i \in N$  ได้รับมอบหมายงานในกะ  $j \in S$  ในวัน  $k \in DAY$  จากรอบการทำงานเดิมการทดสอบจะกำหนดให้มีการอ่านค่าจากตารางเดิมมาเป็นข้อมูลเพื่อการเฉลี่ยภาระงานที่ดีทั้งการคำนวณจากรอบเวลาเดิม หรือรอบเวลาที่กำหนดขึ้นใหม่
- 4) ค่า  $p$  คือ วันสุดท้ายของสภาวะปกติ หรือวันก่อนเกิดสภาวะฉุกเฉิน 1 วันเป็นค่าที่จะต้องป้อนค่าโดยพยาบาลโดยป้อนค่าเพื่อกำหนดวันสิ้นสุดการใช้งานตารางงานเก่าโดยจะเป็นการกำหนดการนำค่า  $X_{ijk}$  มาใช้งานเพื่อจัดตารางการทำงานในสภาวะฉุกเฉินทันที

#### 4.3 ตัวอย่างปัญหาที่ใช้ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งสอง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งสองเป็นแบบจำลองที่มีการใช้งานต่อเนื่องกัน จึงยกตัวอย่างปัญหาจำลองสำหรับพยาบาล 10 คนเพื่ออธิบายปัญหาโดยมีการทำงานดังตัวอย่างที่แสดงต่อไปนี้

##### 4.3.1 ตัวอย่างการจัดตารางการทำงานของพยาบาลในสถานการณปกติ

การจัดตารางการทำงานของพยาบาลเริ่มจากกำหนดข้อมูลรับเข้าซึ่งทำได้โดยการกำหนดคลังไฟล์ DATA ดังนี้

```
##### AMPL Model #####
#Problem      10N-1

### Set Index ###

set N := 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10;
set S := 1 2 3;
set DAY := 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;
set C1 := 1 8 15 22;

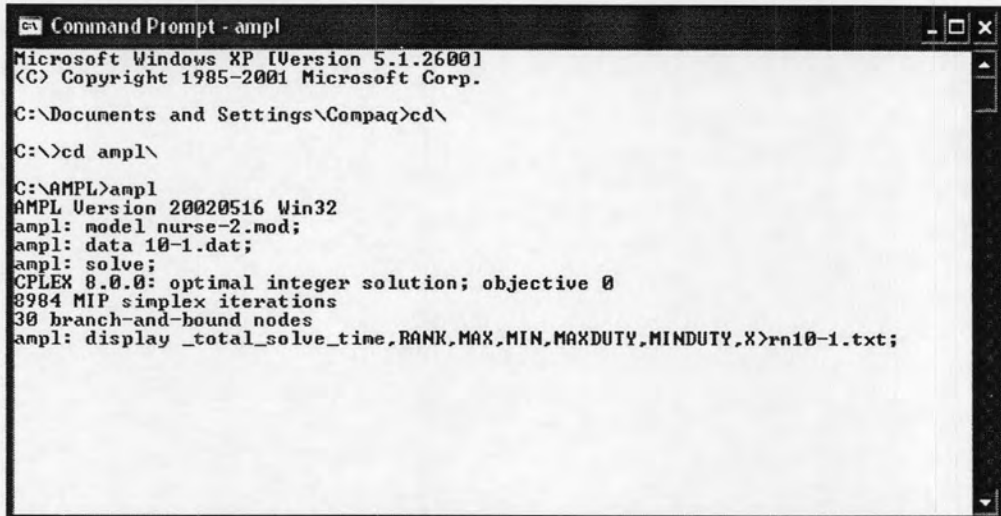
### Set Parameters ###

param D : 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 :=
1 1 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 2 2 1 1 2 3 1 1 3 3 3 2 3 2 3 3 1
2 1 1 2 2 1 1 1 1 2 1 1 1 3 1 2 3 3 3 1 1 2 1 2 1 2 2 1
3 1 1 3 3 3 2 3 1 1 1 3 3 3 2 3 2 3 2 2 3 2 3 3 3 2 2 2 2;

param A : 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 :=
1 1 1 1 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1
2 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1
3 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
4 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1
5 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1
6 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1
7 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
8 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1
9 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
10 1 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0;
```

รูปที่ 4.1 การใส่ข้อมูลรับเข้าเพื่อจัดตารางสำหรับพยาบาล 10 คน

หลังจากป้อนข้อมูลรับเข้าซึ่งประกอบด้วยจำนวนพยาบาล กะทำงาน วันทำงาน วัน  
เริ่มต้นสัปดาห์ ความต้องการกำลังคนในแต่ละกะ และการมาทำงานได้และวันหยุดของพยาบาล  
แล้วเราสามารถใส่โปรแกรม Ampl เรียก และหาคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้ง  
ใช้คำสั่งให้แสดงผลโดยทำงานผ่านระบบ DOS ได้ดังนี้



```

Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Compaq>cd \
C:\>cd ampl\
C:\AMPL>ampl
AMPL Version 20020516 Win32
ampl: model nurse-2.mod;
ampl: data 10-1.dat;
ampl: solve;
CPLEX 8.0.0: optimal integer solution; objective 0
8984 MIP simplex iterations
30 branch-and-bound nodes
ampl: display _total_solve_time, RANK, MAX, MIN, MAXDUTY, MINDUTY, X>rn10-1.txt;

```

รูปที่ 4.2 การเรียกแบบจำลอง และหาคำตอบผ่านโปรแกรม Ampl และ Cplex 8.0

หลังจากให้โปรแกรมหาคำตอบ และให้แสดงผลแล้ว ผลที่ได้จะแสดงดังต่อไปนี้

rn10-1.txt

4/10/2007 1:13 PM

```

1  _total_solve_time = 11.3125
2  RANK = 0
3
4  : MAX MIN :=
5  1  6  6
6  2  5  5
7  3  7  7
8  ;
9
10 MAXDUTY = 18
11 MINDUTY = 18
12
13 X [* , 1, *] (tr)
14 : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 :=
15 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
16 2 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
17 3 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
18 4 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
19 5 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0
20 6 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0
21 7 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0
22 8 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0
23 9 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0
24 10 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0
25 11 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1
26 12 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0
27 13 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
28 14 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
29 15 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
30 16 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0
31 17 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1
32 18 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
33 19 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
34 20 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1
35 21 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
36 22 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0
37 23 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0
38 24 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0
39 25 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0
40 26 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0
41 27 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0
42 28 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
43
44 [* , 2, *] (tr)
45 : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 :=
46 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
47 2 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
48 3 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0
49 4 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
50 5 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
51 6 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
52 7 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
53 8 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
54 9 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1
55 10 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0
56 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
57 12 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
58 13 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
59 14 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0
60 15 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
61 16 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0
62 17 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0
63 18 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0
64 19 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0
65 20 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
66 21 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
67 22 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
68 23 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
69 24 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0
70 25 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0
71 26 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
72 27 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0
73 28 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0

```

รูปที่ 4.3 แสดงคำตอบที่ได้จากโปรแกรม Ampl และ Cplex 8.0 (เวลาที่ใช้นับถึงกะทำงานที่ 2)

```

78      [,3,*) (tr)
79
80      :      1      2      3      4      5      6      7      8      9     10     :=
81      1      0      0      0      0      0      0      1      0      0      0
82      2      0      0      0      0      0      0      1      0      0      0
83      3      0      0      0      0      1      1      0      0      1      0
84      4      0      0      1      1      0      1      0      0      1      0
85      5      0      1      1      1      0      0      0      0      0      0
86      6      0      0      1      0      0      0      0      0      1      0
87      7      1      0      0      0      0      0      0      1      0      0
88      8      0      0      0      0      0      0      0      1      0      0
89      9      0      0      0      0      0      0      0      0      0      1
90     10      0      0      1      0      0      0      0      0      1      0
91     11      1      0      1      0      1      0      0      0      0      0
92     12      1      0      1      0      0      1      0      0      0      0
93     13      0      0      0      1      0      0      0      1      1      0
94     14      0      0      1      1      0      0      0      1      1      0
95     15      1      1      0      0      0      0      0      0      0      1
96     16      0      1      0      0      0      0      0      0      1      0
97     17      0      1      0      0      0      0      0      1      1      0
98     18      0      0      0      0      0      0      1      0      1      0
99     19      0      0      0      0      0      1      1      0      1      0
100    20      0      0      0      1      1      1      0      0      0      0
101    21      0      0      0      0      0      1      0      1      0      0
102    22      0      0      0      0      1      0      1      1      0      0
103    23      1      0      0      0      0      1      0      0      0      1
104    24      1      1      0      0      0      0      0      0      0      1
105    25      0      1      0      1      0      0      0      0      0      0
106    26      0      1      0      0      0      0      0      0      0      1
107    27      0      0      0      0      0      1      0      0      0      1
108    28      1      0      0      0      1      0      1      0      0      0
109      ;
110
111

```

รูปที่ 4.4 แสดงคำตอบที่ได้จากโปรแกรม Ampl และ Cplex 8.0 (กะทำงานที่ 3)

### 4.3.2 ตัวอย่างการจัดตารางการทำงานของพยาบาลในสถานการณฉุกเฉิน

เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงความต้องการกำลังคนทำได้โดยการกำหนดคลังไฟล์ DATA

ดังนี้

```

1  |##### AMPL Model #####
2
3  #Problem      10N-1
4
5  ### Set Index ###
6
7  set N := 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10;
8  set S := 1 2 3;
9  set DAY := 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;
10 set ED := 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;
11 set C2 := 8 15 22;
12
13 ### Set Parameters ###
14
15 param p := 11;
16
17 param D : 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 :=
18 1 3 2 1 1 2 3 1 1 3 3 3 2 3 2 3 3 1 1 1 3 2 2 1 1 2 1 3 3
19 2 3 1 3 1 2 3 3 3 1 1 2 1 2 1 2 2 1 3 2 2 2 2 1 3 2 1 3 3
20 3 3 3 2 3 2 3 2 2 3 2 3 3 3 2 2 2 2 2 2 1 1 3 2 2 2 3 1 2 2;
21
22 param A : 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 :=
23 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
24 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
25 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
26 4 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
27 5 0 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
28 6 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 0
29 7 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
30 8 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
31 9 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
32 10 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 1;

```

รูปที่ 4.5 การใส่ข้อมูลรับเข้าเพื่อจัดตารางสำหรับพยาบาล 10 คนในสถานการณฉุกเฉิน

```

34 param X [* ,1,*] (tr)
35 : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 :=
36 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0
37 2 1 0 0 0 0 0 0 1 0
38 3 1 0 0 0 0 0 0 0 1
39 4 1 1 0 0 0 0 0 0 0
40 5 0 0 0 0 1 0 1 0 0
41 6 0 0 0 0 1 0 1 0 0
42 7 0 0 0 0 0 1 0 1 0
43 8 0 1 0 1 0 0 0 0 0
44 9 1 0 0 0 1 1 0 0 0
45 10 0 1 0 0 1 1 0 0 0
46 11 0 1 0 0 0 0 1 0 1
47 12 0 1 0 0 0 0 0 1 0
48 13 0 0 0 0 1 0 0 0 1
49 14 0 1 0 0 0 0 0 0 0
50 15 0 0 0 0 0 1 0 0 0
51 16 0 0 0 0 0 0 1 0 1
52 17 1 0 0 1 0 0 0 0 1
53 18 0 0 0 0 0 1 0 0 0
54 19 0 0 0 0 0 0 0 1 0
55 20 0 0 1 0 0 0 0 1 0
56 21 0 0 0 0 0 0 0 1 1
57 22 1 0 1 0 0 0 0 0 1
58 23 0 0 1 1 0 0 0 0 0
59 24 0 0 0 1 0 0 1 0 1
60 25 0 0 1 0 1 0 0 0 0
61 26 0 0 1 0 0 1 1 0 0
62 27 0 0 1 1 0 0 0 0 1
63 28 0 0 0 0 0 0 0 0 1
64
65 [* ,2,*] (tr)
66 : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 :=
67 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0
68 2 0 1 1 0 0 0 0 0 0
69 3 0 1 1 0 0 0 0 0 0
70 4 0 0 0 0 0 0 1 0 1
71 5 0 0 0 0 0 0 0 1 0
72 6 1 0 0 0 0 0 0 0 0
73 7 0 0 0 1 0 0 0 0 0
74 8 0 0 0 0 0 1 0 0 0
75 9 0 0 0 1 0 0 0 1 1
76 10 1 0 0 1 0 0 0 0 0
77 11 0 0 0 0 0 0 0 0 1
78 12 0 0 0 0 0 0 0 1 1
79 13 0 0 0 0 0 0 1 0 0
80 14 1 0 0 0 1 0 1 0 1
81 15 0 0 0 0 1 0 0 0 0
82 16 0 0 1 0 0 1 0 0 0
83 17 0 0 1 0 1 0 1 0 0
84 18 1 0 1 0 0 0 0 0 1
85 19 0 1 0 1 1 0 0 0 0
86 20 0 1 0 0 0 0 0 0 0
87 21 0 0 1 0 0 0 0 0 0
88 22 0 0 0 1 0 0 0 0 1
89 23 0 1 0 0 0 0 0 0 0
90 24 0 0 0 0 1 0 0 1 0
91 25 0 0 0 0 0 1 0 1 0
92 26 0 0 0 0 0 0 0 1 1
93 27 1 0 0 0 0 1 0 0 0
94 28 0 0 0 0 0 1 0 0 0
96 [* ,3,*] (tr)
97 : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 :=
98 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0
99 2 0 0 0 0 0 1 0 0 0
100 3 0 0 0 1 1 0 0 1 0
101 4 0 0 1 1 0 1 0 1 0
102 5 0 1 1 1 0 0 0 0 0
103 6 0 0 1 0 0 0 0 1 0
104 7 1 0 0 0 0 0 1 0 1
105 8 0 0 0 0 0 0 1 0 0
106 9 0 0 0 0 0 0 0 0 1
107 10 0 0 1 0 0 0 0 1 0
108 11 1 0 1 0 1 0 0 0 0
109 12 1 0 1 0 0 1 0 0 0
110 13 0 0 0 1 0 0 0 1 1
111 14 0 0 1 1 0 0 0 1 1
112 15 1 1 0 0 0 0 0 0 1
113 16 0 1 0 0 0 0 0 1 0
114 17 0 1 0 0 0 0 0 1 1
115 18 0 0 0 0 0 0 1 0 1
116 19 0 0 0 0 0 1 1 0 1
117 20 0 0 0 1 1 1 0 0 0
118 21 0 0 0 0 1 0 1 0 0
119 22 0 0 0 0 1 0 1 1 0
120 23 1 0 0 0 0 1 0 0 1
121 24 1 1 0 0 0 0 0 0 1
122 25 0 1 0 1 0 0 0 0 0
123 26 0 1 0 0 0 0 0 0 1
124 27 0 0 0 0 1 0 0 0 1
125 28 1 0 0 0 1 0 1 0 0
126 ;

```

รูปที่ 4.6 การใส่ข้อมูลรับเข้าเพื่อจัดตารางสำหรับพยาบาล 10 คนในสถานการณ์ฉุกเฉิน (ต่อ)

หลังจากป้อนข้อมูลรับเข้าซึ่งประกอบด้วยจำนวนพยาบาล กะทำงาน วันทำงาน วันเริ่มต้นสัปดาห์ ความต้องการกำลังคนในแต่ละกะ และการมาทำงานได้และวันหยุดของพยาบาล แล้วเราสามารถใช้โปรแกรม Ampl เรียก และหาคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งใช้คำสั่งให้แสดงผลโดยทำงานผ่านระบบ DOS ได้ดังนี้

```

Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Compaq>cd\
C:\>cd ampl\
C:\AMPL>ampl
AMPL Version 20020516 Win32
ampl: model nurse-ed28-zy.mod;
ampl: data e10-1.dat;
ampl: solve;
CPLEX 8.0.0: optimal integer solution; objective 4
1128 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
ampl: display _total_solve_time,RANK,MAXA,MINA,MINA,MAXB,MINB,MAXDUTYA,MINDUTYA,
MAXDUTYB,MINDUTYB,Z,Y>e10-1.txt_

```

รูปที่ 4.7 การเรียกแบบจำลอง และหาคำตอบผ่านโปรแกรม Ampl และ Cplex 8.0

หลังจากให้โปรแกรมหาคำตอบ และให้แสดงผลแล้ว ผลที่ได้จะแสดงดังต่อไปนี้

```

e10-1.txt
1  _total_solve_time = 0.515625
2  RANK = 4
3
4  : MAXA MINA MAXB MINB      :=
5  1   7   6   6   6
6  2   5   5   6   5
7  3   8   8   8   8
8  ;
9
10 MAXDUTYA = 20
11 MINDUTYA = 19
12 MAXDUTYB = 20
13 MINDUTYB = 19
14

```

รูปที่ 4.8 แสดงคำตอบที่ได้จากโปรแกรม Ampl และ Cplex 8.0



|    |   |   |    |   |   |    |  |
|----|---|---|----|---|---|----|--|
| 14 |   |   |    |   |   |    |  |
| 15 | : |   |    | Z | Y | := |  |
| 16 | 1 | 1 | 1  | 1 | 1 |    |  |
| 17 | 1 | 1 | 2  | 0 | 0 |    |  |
| 18 | 1 | 1 | 3  | 0 | 0 |    |  |
| 19 | 1 | 1 | 4  | 0 | 0 |    |  |
| 20 | 1 | 1 | 5  | 0 | 0 |    |  |
| 21 | 1 | 1 | 6  | 1 | 0 |    |  |
| 22 | 1 | 1 | 7  | 0 | 0 |    |  |
| 23 | 1 | 1 | 8  | 0 | 0 |    |  |
| 24 | 1 | 1 | 9  | 0 | 0 |    |  |
| 25 | 1 | 1 | 10 | 0 | 0 |    |  |
| 26 | 1 | 1 | 11 | 1 | 0 |    |  |
| 27 | 1 | 1 | 12 | 0 | 0 |    |  |
| 28 | 1 | 1 | 13 | 0 | 0 |    |  |
| 29 | 1 | 1 | 14 | 0 | 0 |    |  |
| 30 | 1 | 1 | 15 | 0 | 0 |    |  |
| 31 | 1 | 1 | 16 | 0 | 0 |    |  |
| 32 | 1 | 1 | 17 | 0 | 0 |    |  |
| 33 | 1 | 1 | 18 | 0 | 0 |    |  |
| 34 | 1 | 1 | 19 | 0 | 0 |    |  |
| 35 | 1 | 1 | 20 | 0 | 1 |    |  |
| 36 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 |    |  |
| 37 | 1 | 1 | 22 | 0 | 0 |    |  |
| 38 | 1 | 1 | 23 | 0 | 0 |    |  |
| 39 | 1 | 1 | 24 | 0 | 0 |    |  |
| 40 | 1 | 1 | 25 | 0 | 0 |    |  |
| 41 | 1 | 1 | 26 | 0 | 0 |    |  |
| 42 | 1 | 1 | 27 | 0 | 1 |    |  |
| 43 | 1 | 1 | 28 | 0 | 1 |    |  |

รูปที่ 4.9 ตัวอย่างคำตอบที่ได้จากโปรแกรม Ampl และ Cplex 8.0 (พยาบาลคนที่ 1 กะทำงานที่ 1)

#### 4.4 ผลการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างปัญหาทดสอบจำนวน 5 ขนาด ได้แก่ ปัญหาที่มีจำนวนพยาบาลที่ต้องจัดตารางงาน 10 คน 15 คน 20 คน 25 คน 30 คน ขนาดละ 15 ปัญหาโดยแต่ละปัญหามีลักษณะความต้องการกำลังคน และการลาหยุดหรือวันที่พยาบาลมาทำงานได้ แตกต่างกันไป โดยการทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือการจัดตารางการทำงานในสถานการณ์ปกติเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการกำหนดเงื่อนไขบังคับต่างๆ และได้ตารางคำตอบแรก ( $X_{ij}$ ) เพื่อเป็นข้อมูลรับเข้าสำหรับ การจัดตารางการทำงานในสถานการณ์ฉุกเฉินซึ่งเป็น แบบจำลองที่ปรับปรุงจากสถานการณ์ปกติ

##### 4.4.1 การทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในสถานการณ์ปกติ

การทดสอบแบบจำลองของปัญหาในสถานการณ์ปกติทำได้โดยการสุ่มค่าพารามิเตอร์  $D_{jk}$  และ  $A_{jk}$  ด้วยวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว ตามขนาดของปัญหาที่กำหนดดังต่อไปนี้

#### 4.4.1.1 ปัญหาการจัดตารางการทำงานในสถานการณ์ปกติสำหรับพยาบาล 10 คน

การจัดตารางงานของพยาบาล 10 คนนี้ จะทำการจัดสรรภาระงาน 3 กะ 28 วันรวม 84 กะ เมื่อเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพบว่ามีความจำเป็นจำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 848 ตัวแปร ซึ่งได้รับคำตอบดังแสดงในตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาทดสอบทั้ง 15 ปัญหาจะได้ว่าภาระงานในรอบ 28 วันของพยาบาลทั้ง 10 คน ไม่มีความแตกต่างกัน คือพยาบาลทุกคน ได้รับการจัดสรรงานเท่ากัน จากการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Genuine Intel(R) 1.60 GHz หน่วยความจำ 512 Mb พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ 4.191666 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่สามารถยอมรับได้ในการแก้ปัญหา

ตารางที่ 4.1 ค่าตอบที่ได้จากการจัดตารางงานในสถานการณ์ปกติของพยาบาล 10 คน

| ปัญหาทดสอบ | คำตอบที่เหมาะสมที่สุด |         |            | เวลาที่ใช้ |
|------------|-----------------------|---------|------------|------------|
|            | RANK                  | MAXDUTY | MINDUTY    |            |
| 10N-1      | 0                     | 18      | 18         | 11.3125    |
| 10N-2      | 0                     | 19      | 19         | 14.5781    |
| 10N-3      | 0                     | 18      | 18         | 1.60938    |
| 10N-4      | 0                     | 18      | 18         | 4.125      |
| 10N-5      | 0                     | 17      | 17         | 0.9375     |
| 10N-6      | 0                     | 17      | 17         | 1.75       |
| 10N-7      | 0                     | 18      | 18         | 0.75       |
| 10N-8      | 0                     | 18      | 18         | 1.95312    |
| 10N-9      | 0                     | 17      | 17         | 0.859375   |
| 10N-10     | 0                     | 18      | 18         | 1.875      |
| 10N-11     | 0                     | 18      | 18         | 4.53125    |
| 10N-12     | 0                     | 19      | 19         | 10         |
| 10N-13     | 0                     | 17      | 17         | 1.10938    |
| 10N-14     | 0                     | 18      | 18         | 5.48438    |
| 10N-15     | 0                     | 18      | 18         | 2          |
|            |                       |         | เวลารวม    | 62.87499   |
|            |                       |         | เวลาเฉลี่ย | 4.191666   |

#### 4.4.1.2 ปัญหาการจัดตารางการทำงานในสถานการณ์ปกติสำหรับพยาบาล 15 คน

การจัดตารางงานของพยาบาล 15 คนนี้ จะทำการจัดสรรภาระงาน 3 กะ 28 วัน รวม 84 กะ เมื่อเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพบว่า มีจำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 1268 ตัวแปร ซึ่งได้รับคำตอบดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าตอบที่ได้จากการจัดตารางงานในสถานการณ์ปกติของพยาบาล 15 คน

| ปัญหาทดสอบ | คำตอบที่เหมาะสมที่สุด |         |            | เวลาที่ใช้ |
|------------|-----------------------|---------|------------|------------|
|            | RANK                  | MAXDUTY | MINDUTY    |            |
| 15N-1      | 0                     | 17      | 17         | 2.35938    |
| 15N-2      | 0                     | 18      | 18         | 33.6719    |
| 15N-3      | 0                     | 18      | 18         | 10.2031    |
| 15N-4      | 0                     | 17      | 17         | 1.82812    |
| 15N-5      | 0                     | 17      | 17         | 17.1094    |
| 15N-6      | 0                     | 17      | 17         | 2.54688    |
| 15N-7      | 0                     | 17      | 17         | 2.9375     |
| 15N-8      | 0                     | 17      | 17         | 9.71875    |
| 15N-9      | 0                     | 18      | 18         | 14.9688    |
| 15N-10     | 0                     | 17      | 17         | 10.7344    |
| 15N-11     | 0                     | 18      | 18         | 10.8594    |
| 15N-12     | 0                     | 17      | 17         | 2.79688    |
| 15N-13     | 0                     | 17      | 17         | 6.03125    |
| 15N-14     | 0                     | 17      | 17         | 2.21875    |
| 15N-15     | 0                     | 17      | 17         | 2.48438    |
|            |                       |         | เวลารวม    | 130.4689   |
|            |                       |         | เวลาเฉลี่ย | 8.697926   |

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาทดสอบทั้ง 15 ปัญหาจะได้ว่าภาระงานในรอบ 28 วันของพยาบาลทั้ง 15 คน ไม่มีความแตกต่างกัน คือพยาบาลทุกคน ได้รับการจัดสรรงานเท่ากัน จากการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Genuine Intel(R) 1.60 GHz หน่วยความจำ 512 Mb พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ 8.697926 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่สามารยอมรับได้ในการแก้ปัญหา

#### 4.4.1.3 ปัญหาการจัดตารางการทำงานในสถานการณ์ปกติสำหรับพยาบาล 20 คน

การจัดตารางงานของพยาบาล 20 คนนี้ จะทำการจัดสรรภาระงาน 3 กะ 28 วันรวม 84 กะ เมื่อเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพบว่ามีจำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 1688 ตัวแปร ซึ่งได้รับคำตอบดังแสดงในตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาทดสอบทั้ง 20 ปัญหาจะได้ว่าภาระงานในรอบ 28 วันของพยาบาลทั้ง 20 คน ไม่มีความแตกต่างกัน คือพยาบาลทุกคน ได้รับการจัดสรรงานเท่ากัน จากการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Genuine Intel(R) 1.60 GHz หน่วยความจำ 512 Mb พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ 8.663543 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่สามารถยอมรับได้ในการแก้ปัญหา

ตารางที่ 4.3 คำตอบที่ได้จากการจัดตารางงานในสถานการณ์ปกติของพยาบาล 20 คน

| ปัญหาทดสอบ | คำตอบที่เหมาะสมที่สุด |         |            | เวลาที่ใช้ |
|------------|-----------------------|---------|------------|------------|
|            | RANK                  | MAXDUTY | MINDUTY    |            |
| 20N-1      | 0                     | 16      | 16         | 16.4531    |
| 20N-2      | 0                     | 16      | 16         | 4.25       |
| 20N-3      | 0                     | 17      | 17         | 5.78125    |
| 20N-4      | 0                     | 17      | 17         | 6.21875    |
| 20N-5      | 0                     | 17      | 17         | 4.125      |
| 20N-6      | 0                     | 18      | 18         | 46.1875    |
| 20N-7      | 0                     | 17      | 17         | 4.3125     |
| 20N-8      | 0                     | 16      | 16         | 3.29688    |
| 20N-9      | 0                     | 16      | 16         | 5.1875     |
| 20N-10     | 0                     | 15      | 15         | 5.64062    |
| 20N-11     | 0                     | 17      | 17         | 3.60938    |
| 20N-12     | 0                     | 15      | 15         | 3.67188    |
| 20N-13     | 0                     | 16      | 16         | 14.2969    |
| 20N-14     | 0                     | 15      | 15         | 2.73438    |
| 20N-15     | 0                     | 16      | 16         | 4.1875     |
|            |                       |         | เวลารวม    | 129.9531   |
|            |                       |         | เวลาเฉลี่ย | 8.663543   |

#### 4.4.1.4 ปัญหาการจัดตารางการทำงานในสถานการณ์ปกติสำหรับพยาบาล 25 คน

การจัดตารางงานของพยาบาล 25 คนนี้ จะทำการจัดสรรภาระงาน 3 กะ 28 วัน รวม 84 กะ เมื่อเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพบว่า มีจำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 2108 ตัวแปร ซึ่งได้รับคำตอบดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าตอบที่ได้จากการจัดตารางงานในสถานการณ์ปกติของพยาบาล 25 คน

| ปัญหาทดสอบ | คำตอบที่เหมาะสมที่สุด |         |            | เวลาที่ใช้ |
|------------|-----------------------|---------|------------|------------|
|            | RANK                  | MAXDUTY | MINDUTY    |            |
| 25N-1      | 0                     | 17      | 17         | 90.7188    |
| 25N-2      | 0                     | 17      | 17         | 55.2656    |
| 25N-3      | 0                     | 17      | 17         | 114.5      |
| 25N-4      | 0                     | 17      | 17         | 48.7344    |
| 25N-5      | 0                     | 15      | 15         | 35.7188    |
| 25N-6      | 0                     | 17      | 17         | 74.7812    |
| 25N-7      | 0                     | 17      | 17         | 44.1625    |
| 25N-8      | 0                     | 17      | 17         | 105.266    |
| 25N-9      | 0                     | 17      | 17         | 50.5156    |
| 25N-10     | 0                     | 16      | 16         | 29.0469    |
| 25N-11     | 0                     | 17      | 17         | 56.7969    |
| 25N-12     | 0                     | 18      | 18         | 65.7344    |
| 25N-13     | 0                     | 17      | 17         | 44.1094    |
| 25N-14     | 0                     | 17      | 17         | 44.9375    |
| 25N-15     | 0                     | 17      | 17         | 44.75      |
|            |                       |         | เวลารวม    | 905.038    |
|            |                       |         | เวลาเฉลี่ย | 60.33587   |

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาทดสอบทั้ง 25 ปัญหาจะได้ว่าภาระงานในรอบ 28 วันของพยาบาลทั้ง 25 คน ไม่มีความแตกต่างกัน คือพยาบาลทุกคน ได้รับการจัดสรรงานเท่ากัน จากการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Genuine Intel(R) 1.60 GHz หน่วยความจำ 512 Mb พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ 60.33587 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่สามารถยอมรับได้ในการแก้ปัญหา

#### 4.4.1.5 ปัญหาการจัดตารางการทำงานในสถานการณ์ปกติสำหรับพยาบาล 30 คน

การจัดตารางงานของพยาบาล 30 คนนี้ จะทำการจัดสรรภาระงาน 3 กะ 28 วัน รวม 84 กะ เมื่อเมื่อเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพบว่ามีความจำเป็นจำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 2528 ตัวแปร ซึ่งได้รับคำตอบดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คำตอบที่ได้จากการจัดตารางงานในสถานการณ์ปกติของพยาบาล 30 คน

| ปัญหาทดสอบ | คำตอบที่เหมาะสมที่สุด |         |            | เวลาที่ใช้ |
|------------|-----------------------|---------|------------|------------|
|            | RANK                  | MAXDUTY | MINDUTY    |            |
| 30N-1      | 0                     | 16      | 16         | 46.7656    |
| 30N-2      | 0                     | 16      | 16         | 88.8281    |
| 30N-3      | 0                     | 16      | 16         | 58.625     |
| 30N-4      | 0                     | 17      | 17         | 111.5      |
| 30N-5      | 0                     | 17      | 17         | 87.0312    |
| 30N-6      | 0                     | 16      | 16         | 85.5469    |
| 30N-7      | 0                     | 16      | 16         | 13.2188    |
| 30N-8      | 0                     | 16      | 16         | 56.0312    |
| 30N-9      | 0                     | 16      | 16         | 15.75      |
| 30N-10     | 0                     | 16      | 16         | 16.0469    |
| 30N-11     | 0                     | 16      | 16         | 51.6094    |
| 30N-12     | 0                     | 16      | 16         | 108.078    |
| 30N-13     | 0                     | 16      | 16         | 25.1875    |
| 30N-14     | 0                     | 16      | 16         | 100.219    |
| 30N-15     | 0                     | 16      | 16         | 18         |
|            |                       |         | เวลารวม    | 882.4376   |
|            |                       |         | เวลาเฉลี่ย | 58.82917   |



จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาทดสอบทั้ง 15 ปัญหาจะได้ว่าภาระงานในรอบ 28 วันของพยาบาลทั้ง 30 คน ไม่มีความแตกต่างกัน คือพยาบาลทุกคน ได้รับการจัดสรรงานเท่ากัน จากการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Genuine Intel(R) 1.60 GHz หน่วยความจำ 512 Mb พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ 58.82917 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่สามารถยอมรับได้ในการแก้ปัญหา

#### 4.4.2 การทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในสถานการณ์ฉุกเฉิน

การทดสอบแบบจำลองของปัญหาในสถานการณ์ฉุกเฉินทำได้โดยการสุ่มค่าพารามิเตอร์  $D_{jk}$   $A_{jk}$  และค่า  $p$  ด้วยวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว และนำค่า  $X_{ij}$  มาใช้ตามขนาดของปัญหาที่กำหนดดังต่อไปนี้

##### 4.4.2.1 ปัญหาการจัดตารางการทำงานในสถานการณ์ฉุกเฉินสำหรับพยาบาล 10 คน

การจัดตารางงานของพยาบาล 10 คนนี้ จะทำการจัดสรรภาระงาน 3 กะ 28 วัน รวม 84 กะ เมื่อเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพบว่ามีจำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 1688 ตัวแปร ซึ่งได้รับคำตอบดังแสดงในตารางที่ 4.6

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาทดสอบทั้ง 10 ปัญหาจะได้ว่าภาระงานในรอบ 28 วันของพยาบาลทั้ง 10 คน ในปัญหาตัวอย่างจะมีบางตัวอย่างที่เกิดความแตกต่างขึ้นเล็กน้อย ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกัน คือพยาบาลทุกคน ได้รับการจัดสรรงานเท่ากัน จากการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Genuine Intel(R) 1.60 GHz หน่วยความจำ 512 Mb พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ 40.907307 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่สามารถยอมรับได้ในการแก้ปัญหา



ตารางที่ 4.6 ค่าตอบที่ได้จากการจัดตารางงานในสถานการณ์ฉุกเฉินของพยาบาล 10 คน

| ปัญหา   | คำตอบที่เหมาะสมที่สุด |          |          |          |          | เวลาที่ใช้ |           |
|---------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|------------|-----------|
|         | RANK                  | MAXDUTYA | MINDUTYA | MAXDUTYB | MINDUTYB |            |           |
| e10N-1  | 4                     | 20       | 19       | 20       | 19       | 0.515625   |           |
| e10N-2  | 0                     | 19       | 19       | 19       | 19       | 2.85938    |           |
| e10N-3  | 2                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 3.85938    |           |
| e10N-4  | 4                     | 20       | 20       | 20       | 18       | 2.59375    |           |
| e10N-5  | 4                     | 20       | 19       | 20       | 20       | 19.7031    |           |
| e10N-6  | 5                     | 21       | 19       | 20       | 20       | 34.7656    |           |
| e10N-7  | 3                     | 20       | 19       | 20       | 20       | 6.20312    |           |
| e10N-8  | 2                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 85.7656    |           |
| e10N-9  | 0                     | 18       | 18       | 20       | 20       | 39.969     |           |
| e10N-10 | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 3.39062    |           |
| e10N-11 | 0                     | 18       | 18       | 19       | 19       | 8.85938    |           |
| e10N-12 | 0                     | 21       | 21       | 20       | 20       | 0.3125     |           |
| e10N-13 | 0                     | 17       | 17       | 18       | 18       | 14.5938    |           |
| e10N-14 | 3                     | 18       | 18       | 19       | 18       | 6.71875    |           |
| e10N-15 | 2                     | 21       | 20       | 20       | 20       | 383.5      |           |
|         |                       |          |          |          |          | เวลารวม    | 613.6096  |
|         |                       |          |          |          |          | เวลาเฉลี่ย | 40.907307 |

#### 4.4.2.2 ปัญหาการจัดตารางการทำงานในสถานการณ์ฉุกเฉินสำหรับพยาบาล 15 คน

การจัดตารางงานของพยาบาล 15 คนนี้ จะทำการจัดสรรภาระงาน 3 กะ 28 วัน รวม 84 กะ เมื่อเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพบว่า มีจำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 2528 ตัวแปร ซึ่งได้รับคำตอบดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าตอบที่ได้จากการจัดตารางงานในสถานการณ์ฉุกเฉินของพยาบาล 15 คน

| ปัญหา   | คำตอบที่เหมาะสมที่สุด |          |          |          |          | เวลาที่ใช้ |           |
|---------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|------------|-----------|
|         | RANK                  | MAXDUTYA | MINDUTYA | MAXDUTYB | MINDUTYB |            |           |
| e15N-1  | 2                     | 20       | 19       | 20       | 20       | 169.3      |           |
| e15N-2  | 2                     | 20       | 19       | 20       | 20       | 130.25     |           |
| e15N-3  | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 0.796875   |           |
| e15N-4  | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 1.78125    |           |
| e15N-5  | 4                     | 21       | 19       | 20       | 20       | 101.12     |           |
| e15N-6  | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 2.04688    |           |
| e15N-7  | 2                     | 20       | 19       | 20       | 20       | 19.4375    |           |
| e15N-8  | 2                     | 20       | 19       | 20       | 20       | 876.44     |           |
| e15N-9  | 2                     | 20       | 20       | 19       | 19       | 8.1875     |           |
| e15N-10 | 4                     | 20       | 19       | 20       | 19       | 1.35938    |           |
| e15N-11 | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 6.45312    |           |
| e15N-12 | 2                     | 21       | 21       | 20       | 20       | 3.375      |           |
| e15N-13 | 2                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 119.109    |           |
| e15N-14 | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 1.15625    |           |
| e15N-15 | 2                     | 20       | 19       | 20       | 20       | 72.953     |           |
|         |                       |          |          |          |          | เวลารวม    | 1513.766  |
|         |                       |          |          |          |          | เวลาเฉลี่ย | 100.91772 |

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาทดสอบทั้ง 15 ปัญหาจะได้ว่าภาระงานในรอบ 28 วันของพยาบาลทั้ง 15 คน ในปัญหาตัวอย่างจะมีบางตัวอย่างที่เกิดความแตกต่างขึ้นเล็กน้อย ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกัน คือพยาบาลทุกคน ได้รับการจัดสรรงานเท่ากัน จากการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Genuine Intel(R) 1.60 GHz หน่วยความจำ 512 Mb พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ 100.91772 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่สามารถยอมรับได้ในการแก้ปัญหา

#### 4.4.2.3 ปัญหาการจัดตารางการทำงานในสถานการณ์ฉุกเฉินสำหรับพยาบาล 20 คน

การจัดตารางงานของพยาบาล 20 คนนี้ จะทำการจัดสรรภาระงาน 3 กะ 28 วัน รวม 84 กะ เมื่อเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพบว่ามีความถี่จำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 3368 ตัวแปร ซึ่งได้รับคำตอบดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 คำตอบที่ได้จากการจัดตารางงานในสถานการณ์ฉุกเฉินของพยาบาล 20 คน

| ปัญหา      | คำตอบที่เหมาะสมที่สุด |          |          |          |          | เวลาที่ใช้ |
|------------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|------------|
|            | RANK                  | MAXDUTYA | MINDUTYA | MAXDUTYB | MINDUTYB |            |
| e20N-1     | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 1.39062    |
| e20N-2     | 0                     | 19       | 19       | 20       | 20       | 6.59375    |
| e20N-3     | 2                     | 21       | 21       | 20       | 20       | 2.03125    |
| e20N-4     | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 4.42188    |
| e20N-5     | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 10.7812    |
| e20N-6     | 2                     | 21       | 21       | 20       | 19       | 440.438    |
| e20N-7     | 2                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 618.656    |
| e20N-8     | 2                     | 17       | 17       | 17       | 17       | 19.8125    |
| e20N-9     | 0                     | 18       | 18       | 16       | 16       | 41.4531    |
| e20N-10    | 0                     | 19       | 19       | 20       | 20       | 6.3125     |
| e20N-11    | 3                     | 20       | 20       | 20       | 19       | 351.438    |
| e20N-12    | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 1.42188    |
| e20N-13    | 0                     | 17       | 17       | 17       | 17       | 48.4531    |
| e20N-14    | 2                     | 18       | 18       | 19       | 18       | 3.04688    |
| e20N-15    | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 19.75      |
| เวลารวม    |                       |          |          |          |          | 1576.001   |
| เวลาเฉลี่ย |                       |          |          |          |          | 105.06671  |

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาทดสอบทั้ง 15 ปัญหาจะได้ว่าภาระงานในรอบ 28 วันของพยาบาลทั้ง 20 คน ในปัญหาตัวอย่างจะมีบางตัวอย่างที่เกิดความแตกต่างขึ้นเล็กน้อย ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกัน คือพยาบาลทุกคน ได้รับการจัดสรรงานเท่ากัน จากการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Genuine Intel(R) 1.60 GHz หน่วยความจำ 512 Mb พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ 105.06671 วินาที ซึ่ง เป็นเวลาที่สามารถยอมรับได้ในการแก้ปัญหา

#### 4.4.2.4 ปัญหาการจัดตารางการทำงานในสถานการณ้ฉุกเฉินสำหรับพยาบาล 25 คน

การจัดตารางงานของพยาบาล 25 คนนี้ จะทำการจัดสรรภาระงาน 3 กะ 28 วัน รวม 84 กะ เมื่อเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพบว่ามีจำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 4208 ตัวแปร ซึ่งได้รับคำตอบดังแสดงในตารางที่ 4.9

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาทดสอบทั้ง 15 ปัญหาจะได้ว่าภาระงานในรอบ 28 วันของพยาบาลทั้ง 25 คน ในปัญหาตัวอย่างจะมีบางตัวอย่างที่เกิดความแตกต่างขึ้นเล็กน้อย ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกัน คือพยาบาลทุกคน ได้รับการจัดสรรงานเท่ากัน จากการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Genuine Intel(R) 1.60 GHz หน่วยความจำ 512 Mb พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ 146.74379วินาที ซึ่ง เป็นเวลาที่สามารถยอมรับได้ในการแก้ปัญหา

ตารางที่ 4.9 ค่าตอบที่ได้จากการจัดตารางงานในสถานการณ์ฉุกเฉินของพยาบาล 25 คน

| ปัญหา   | คำตอบที่เหมาะสมที่สุด |          |          |          |            | เวลาที่ใช้ |
|---------|-----------------------|----------|----------|----------|------------|------------|
|         | RANK                  | MAXDUTYA | MINDUTYA | MAXDUTYB | MINDUTYB   |            |
| e25N-1  | 2                     | 20       | 20       | 20       | 20         | 511.844    |
| e25N-2  | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20         | 1.5625     |
| e25N-3  | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20         | 8.96875    |
| e25N-4  | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20         | 5.34375    |
| e25N-5  | 5                     | 19       | 18       | 18       | 18         | 642.203    |
| e25N-6  | 0                     | 19       | 19       | 19       | 19         | 5.42188    |
| e25N-7  | 2                     | 20       | 19       | 20       | 20         | 334.922    |
| e25N-8  | 3                     | 19       | 19       | 19       | 18         | 286.875    |
| e25N-9  | 0                     | 17       | 17       | 17       | 17         | 15.1094    |
| e25N-10 | 2                     | 20       | 20       | 20       | 19         | 6.57812    |
| e25N-11 | 2                     | 21       | 21       | 20       | 20         | 3.34375    |
| e25N-12 | 2                     | 21       | 21       | 20       | 20         | 12         |
| e25N-13 | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20         | 1.95312    |
| e25N-14 | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20         | 21.9375    |
| e25N-15 | 2                     | 19       | 19       | 18       | 18         | 343.094    |
|         |                       |          |          |          | เวลารวม    | 2201.157   |
|         |                       |          |          |          | เวลาเฉลี่ย | 146.74379  |

#### 4.4.2.5 ปัญหาการจัดตารางการทำงานในสถานการณ์ฉุกเฉินสำหรับพยาบาล 30 คน

การจัดตารางงานของพยาบาล 30 คนนี้ จะทำการจัดสรรภาระงาน 3 กะ 28 วัน รวม 84 กะ เมื่อเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพบว่ามีจำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 4508 ตัวแปร ซึ่งได้รับคำตอบดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 คำตอบที่ได้จากการจัดตารางงานในสถานการณ์ฉุกเฉินของพยาบาล 30 คน

| ปัญหา      | คำตอบที่เหมาะสมที่สุด |          |          |          |          | เวลาที่ใช้ |
|------------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|------------|
|            | RANK                  | MAXDUTYA | MINDUTYA | MAXDUTYB | MINDUTYB |            |
| e30N-1     | 0                     | 19       | 19       | 20       | 20       | 20.0938    |
| e30N-2     | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 33.4531    |
| e30N-3     | 0                     | 0        | 19       | 19       | 19       | 15.0781    |
| e30N-4     | 0                     | 18       | 18       | 17       | 17       | 381.969    |
| e30N-5     | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 93.6875    |
| e30N-6     | 0                     | 19       | 19       | 19       | 19       | 166.969    |
| e30N-7     | 2                     | 18       | 17       | 19       | 19       | 278.625    |
| e30N-8     | 0                     | 19       | 19       | 19       | 19       | 11.2344    |
| e30N-9     | 2                     | 18       | 18       | 19       | 19       | 599.656    |
| e30N-10    | 0                     | 19       | 19       | 20       | 20       | 64.1719    |
| e30N-11    | 0                     | 20       | 20       | 20       | 20       | 80.9688    |
| e30N-12    | 2                     | 18       | 18       | 18       | 18       | 297.688    |
| e30N-13    | 0                     | 21       | 21       | 20       | 20       | 25.6562    |
| e30N-14    | 0                     | 21       | 21       | 20       | 20       | 29.0625    |
| e30N-15    | 0                     | 19       | 19       | 19       | 19       | 5.90625    |
| เวลารวม    |                       |          |          |          |          | 2104.22    |
| เวลาเฉลี่ย |                       |          |          |          |          | 140.281303 |

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาทดสอบทั้ง 15 ปัญหาจะได้ว่าภาระงานในรอบ 28 วันของพยาบาลทั้ง 30 คน ในปัญหาตัวอย่างจะมีบางตัวอย่างที่เกิดความแตกต่างขึ้นเล็กน้อย ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกัน คือพยาบาลทุกคน ได้รับการจัดสรรงานเท่ากัน จากการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Genuine Intel(R) 1.60 GHz หน่วยความจำ 512 Mb พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ 140.281303วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่สามารถยอมรับได้ในการแก้ปัญหา

#### 4.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดสอบ

จากการทดสอบ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 กรณีดังตารางที่ 4.11 พบว่า ตารางงานที่ได้จากทั้ง 2 กรณี สามารถจัดการตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ แม้ในสถานการณ์ฉุกเฉิน จะใช้เวลาเพิ่มขึ้นจากสถานการณ์ปกติ อันเนื่องมาจากพารามิเตอร์แต่ละตัวมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการจัดการงานของพยาบาลโดยหาก ค่าความต้องการมีมากในขณะที่ทรัพยากรมีน้อยก็จะทำให้จัดการงานได้ยาก และทำให้ใช้เวลาในการจัดการการทำงานนานขึ้น อีกทั้งจำนวนข้อมูลรับเข้า และตัวแปรตัดสินใจมีจำนวนมาก แต่ก็ใช้เวลาในการหาคำตอบในระดับที่สามารถยอมรับได้

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 กรณี

| จำนวน<br>พยาบาล | RANK |           | MAXDUTY(A) |            | MINDUTY(A) |            | เวลาเฉลี่ยที่ใช้ |            |
|-----------------|------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------------|------------|
|                 | ปกติ | ฉุกเฉิน   | ปกติ       | ฉุกเฉิน    | ปกติ       | ฉุกเฉิน    | ปกติ             | ฉุกเฉิน    |
| 10N             | 0    | 1.9333333 | 17.86667   | 19.5333333 | 17.86667   | 19.1333333 | 4.191666         | 40.907307  |
| 15N             | 0    | 1.6       | 17.26667   | 20.1333333 | 17.26667   | 19.6       | 8.697926         | 100.917717 |
| 20N             | 0    | 0.866667  | 16.26667   | 19.3333333 | 16.26667   | 19.3333333 | 8.663543         | 105.066711 |
| 25N             | 0    | 1.3333333 | 16.86667   | 19.666667  | 16.86667   | 19.5333333 | 60.33587         | 146.743785 |
| 30N             | 0    | 0.4       | 16.133333  | 17.9333333 | 16.133333  | 19.1333333 | 58.82917         | 140.281303 |

สรุปได้ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่พัฒนาและปรับปรุงขึ้นทั้ง 2 กรณีนี้ สามารถใช้แก้ปัญหาการจัดการการทำงานของพยาบาลในแผนกฉุกเฉิน ในกรณีปกติ และกรณีที่เกิดสถานการณ์ฉุกเฉินจากปัญหาจำลองทั้งสิ้น 150 ปัญหา ได้อย่างน่าพอใจ

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้จำลองปัญหาขนาดใหญ่ขึ้นอีก 4 ขนาด ขนาดละ 10 ปัญหา ได้แก่ ปัญหาที่มีพยาบาล 35 คน 40 คน 45 คน และ 50 คน ซึ่งให้คำตอบที่ดี แต่ใช้เวลาในการแก้ปัญหาสูงกว่าปัญหาทดลองขนาดปกติมาก ดังแสดงในตารางที่ 4.12

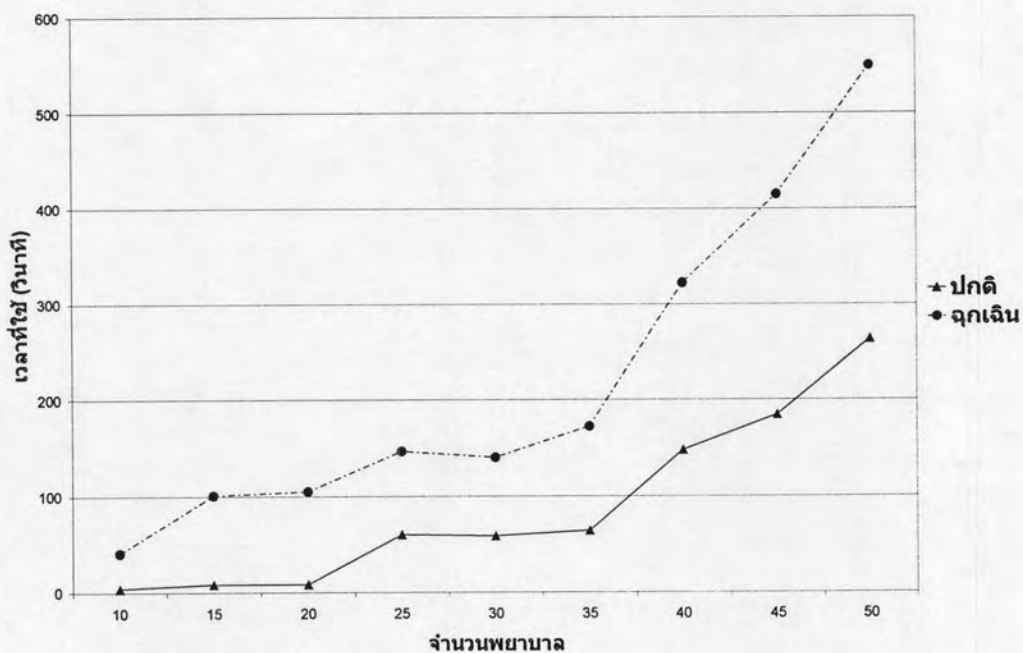
จากเวลาในการทดสอบทั้งปัญหาทดสอบขนาดเล็ก 5 ขนาด และ ปัญหาทดสอบขนาดใหญ่ 4 ขนาด สามารถแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ ได้ดังรูปที่ 4.9



ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้จากการทดสอบด้วยปัญหาขนาดใหญ่ทั้ง 2 กรณี

| จำนวนพยาบาล | เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสม |             |
|-------------|--|-------------|
|             | ปกติ                                   | ฉุกเฉิน     |
| 35N         | 64.3259                                | 172.4103    |
| 40N         | 147.894725                             | 322.5059125 |
| 45N         | 184.482438                             | 415.036     |
| 50N         | 263.55639                              | 549.65351   |

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพยาบาล กับเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ



รูปที่ 4.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพยาบาล และเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ

จากตารางที่ 4.11 และ 4.12 จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีฉุกเฉินทำให้วิธีที่นำเสนอนี้ไม่เหมาะสมที่จะใช้แก้ปัญหาการจัดการงานพยาบาลในแผนกที่มีพยาบาลมากกว่า 40 คน เนื่องจากจะใช้เวลาในการหาคำตอบนานเกินกว่า 5 นาที ทำให้ไม่เหมาะสมในการใช้งานจริง