



# การแก้ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพยาบาลโดยวิธี แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

## Solving Nurse Scheduling Problem by Using Mathematical Modeling

สุกฤษฎี เพชรสวัสดิ์ และ คมกฤต เล็กสกุล

Sukrit Phetsawat and Komgrit Leksakul

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถ. ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

Department of Industrial Engineering, Chiang Mai University  
 239 HuayKaew Road, Muang District, Chiang Mai, Thailand, 50200

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำองค์ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์มาแก้ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพยาบาล โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างตารางการทำงานของพยาบาลที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายแก่โรงพยาบาลน้อยที่สุด และเกิดความเป็นธรรมในการจ่ายค่าล่วงเวลาให้แก่พยาบาลทุกคนในอัตราที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยที่ยังสามารถรักษาระดับการให้บริการได้ดี ด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ ผลรวมของค่าล่วงเวลาที่พยาบาลทุกคนได้รับทั้งหมด และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าล่วงเวลารวมที่พยาบาลแต่ละคนได้รับ ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยงานวิจัยนี้จะทำการสร้างตารางการทำงานของพยาบาลที่เหมาะสมที่สุดจากการประยุกต์ใช้โปรแกรมอาร์น่า (Arena) เพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล แล้วทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อหาปริมาณความต้องการพยาบาลที่เหมาะสมโดยมีผู้ป่วยที่รอคอยเกินเวลาที่กำหนดได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนผู้ป่วยที่เข้ามาใช้บริการทั้งหมด ณ แผนกนั้นๆ และประยุกต์ใช้โปรแกรมลินโก้ (Lingo) เพื่อคำนวณหาตารางการทำงานที่ดีที่สุดจากปริมาณความต้องการพยาบาลที่เหมาะสมที่ได้จากโปรแกรมอาร์น่า (Arena) แล้วนำค่าใช้จ่ายและจำนวนพยาบาลของตารางการทำงานใหม่เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงจากรายงานการทำงานและจำนวนพยาบาลเดิมของโรงพยาบาลพบว่าตารางการทำงานใหม่ใช้จำนวนพยาบาลน้อยกว่าเดิม 2 คน และมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าตารางการทำงานของพยาบาลเดิม 34,960 บาทต่อเดือน โดยที่สามารถจัดตารางการทำงานโดยให้พยาบาลทุกคนได้รับค่าล่วงเวลาเท่ากันทุกคน

### ABSTRACT

The purposes of this research were to present knowledge of engineering to solve the problems of nurse schedule which has the purposes to reduce the hospital expense and to pay the reasonable overtime payment for every nurse and also still keep good service by applying mathematical model. The function has the purpose to sum every nurse's overtime including the standard division. The study set the most suitable nurse scheduling program by applying Arena Program to analyse the data and then set the role play situation to fine the suitable nurse demand that allows only 5% of waiting patient in all patients in each section. And also applying Lingo Program to calculate the most work timetable from the suitable nurse scheduling program in Arena Program and then calculate the expense and the

amount of nurses from the new timetable compare to the real expense from the original one. The results revealed that the new timetable used less 2 nurses and saved 34,960 baht per month and could set the timetable for every nurse to get equal wages.

## 1. บทนำ

การบริหารงานองค์กรให้ประสบความสำเร็จนั้น ปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ การบริหารทรัพยากรบุคคลภายในองค์กรให้มีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่เสมอ ซึ่งจะทำให้องค์กรสามารถขับเคลื่อนภารกิจไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้ได้สำเร็จด้วยประสิทธิภาพและประสิทธิผล สำหรับการบริหารบุคลากรในโรงพยาบาลนั้น การจัดการตารางการทำงานของพยาบาล ถือเป็นหนึ่งปัจจัยที่สำคัญและมีความยุ่งยากในการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากปริมาณผู้ใช้บริการในแต่ละวันมีปริมาณไม่คงที่ ทำให้การจัดอัตรากำลังของบุคลากรทางการพยาบาลให้สามารถปฏิบัติงานได้เพียงพอต่อจำนวนคนได้อย่างเหมาะสมในแต่ละวันนั้นทำได้ยาก เนื่องจากถ้าทำการจัดอัตรากำลังของพยาบาลมากเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณของโรงพยาบาลมากเกินไป แต่ถ้าจัดอัตรากำลังของพยาบาลน้อยเกินไป จะทำให้พยาบาลไม่เพียงพอต่อผู้ป่วยที่เข้ามารับการรักษา หรืออาจทำให้พยาบาลรับภาระงานต่อคนมากเกินไป [1] เป็นต้น เนื่องจากเป็นปัญหาการจัดการตารางการทำงานของพยาบาลนี้ มีความซับซ้อนสูง การใช้คนในการจัดการตารางการทำงานจึงอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย ซึ่งอาจจะไม่ได้ตารางการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และใช้เวลาในการจัดการยาวนาน

## 2. การวิเคราะห์ปัญหาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

### 2.1 การวิเคราะห์สาเหตุและปัญหาการจัดการตารางการผลิต

ปัจจุบันโรงพยาบาลแห่งหนึ่งได้ทำการจัดการตารางการทำงานของพยาบาลด้วยวิธี Man Power Planning มีการวัดประสิทธิภาพจากภาระงานของพยาบาล และผลิตภาพ (Productivity) ต่อชั่วโมงการทำงานของภาพรวม และมีจำนวนพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกทั้งหมด 20 คน จัดสรร

หมุนเวียนทำงานใน 5 แผนก คือ 1.แผนกศัลยกรรม (SUR) 2.แผนกอายุรกรรม (MED) 3.แผนกหู ตา คอ จมูก (EENT) 4.แผนกกุมารเวช (PED) 5.แผนกสูติ-นารี เวช (OBG) ซึ่งเวลาการทำงานของพยาบาลมี 2 แบบ คือ ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน (8.00 – 16.00น.) และทำงาน 12 ชั่วโมงต่อวัน (8.00 – 20.00น.) โดยมีรูปแบบการทำงานแบบตายตัวในแต่ละวัน ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ จึงทำให้มีปัญหาในการจัดสรรวันหยุดเพื่อตอบสนองความต้องการของพยาบาลได้ยาก [2]

การจัดการตารางการทำงานของพยาบาลในโรงพยาบาลเชียงใหม่รานั้นใช้รูปแบบตารางการทำงานของพยาบาลรูปแบบเดียว ซึ่งมีพยาบาลดูแลแต่ละแผนกเท่าเดิมทุกสัปดาห์ ไม่ได้แปรผันตามจำนวนผู้ป่วยที่เข้ามารับการรักษาในแต่ละวัน รวมถึงยังไม่ได้นำเอาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระดับการให้บริการ และปัจจัยเกี่ยวกับระบบแถวคอยมาพิจารณาไว้ร่วมกับการจัดการตารางการทำงานของพยาบาล อีกทั้งยังไม่สามารถทำการจัดสรรค่าล่วงเวลาของพยาบาลให้มีอัตราที่ใกล้เคียงกันทุกคนได้ ซึ่งทางผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญและสนใจที่จะจัดทำแบบจำลองการจัดการตารางการทำงานของพยาบาลที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายแก่โรงพยาบาลน้อยที่สุด โดยที่ยังสามารถรักษาระดับการให้บริการของพยาบาลได้ดี และเกิดความเป็นธรรมในการจ่ายค่าล่วงเวลาให้แก่พยาบาลทุกคนในอัตราที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมอาร์น่า (Arena) และโปรแกรมลินโก้ (Lingo) เพื่อสร้างตารางการทำงานของพยาบาลที่เหมาะสมที่สุด

### 2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และฟังก์ชันอุปสงค์

ทำการสร้างสมการวัตถุประสงค์และสมการข้อจำกัดตามเงื่อนไขต่างๆตามข้อมูลที่ได้จากโรงพยาบาล โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Integer Programming ด้วยลักษณะปัญหาแบบ Assignment Problem [3, 4]

จากข้อมูลเบื้องต้นที่ทำการเก็บข้อมูลมาได้กำหนด

เป็นเงื่อนไขดังนี้

$$X_{ijkl} = \begin{cases} 1, & \text{เมื่อพยาบาลคนที่ } i \text{ ทำงานในวันที่ } j \\ & \text{ช่วงเวลา } k \text{ ในแผนกที่ } l \\ 0, & \text{เมื่อเป็นอย่างอื่น} \end{cases}$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 20$  (พยาบาลคนที่)

$j = 1, 2, 3, \dots, 7$  (วันทำงาน 7 วัน คือ วัน

จันทร์, วันอังคาร, วันพุธ, ..., วันอาทิตย์)

$k = 1, 2$  (ช่วงเวลาทำงาน 2 ช่วงเวลา คือ

ช่วงเวลาทำงานปกติ (08.00-16.00 น.) และ

ช่วงเวลาทำงานล่วงเวลา(16.00-20.00 น.)

$l = 1, 2, 3, 4, 5$  (แผนกศัลยกรรม (SUR),

แผนกอายุรกรรม(MED), แผนกหู ตา คอ จมูก

(EENT), แผนกกุมารเวช(PED), แผนกสูติ นารี

เวช (OBG))

$SOT$  =ผลรวมของค่าล่วงเวลาที่พยาบาลทุกคนที่ได้รับทั้งหมด

$SD$  =ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าล่วงเวลารวมที่พยาบาลแต่ละคนได้รับ

$AVG$  =ค่าเฉลี่ยของค่าล่วงเวลารวมที่พยาบาลได้รับทั้งหมด

$OTD_{ijl}$  =ค่าล่วงเวลาเพิ่มเติมที่พยาบาลคนที่  $i$  ได้รับในวันทำงานที่  $j$  แผนกที่  $l$

$OTW_i$  =ค่าล่วงเวลาที่พยาบาลคนที่  $i$  ได้รับใน 1 สัปดาห์

$OTS_i$  = ค่าล่วงเวลารวมที่พยาบาลคนที่  $i$  ได้รับทั้งหมด

$Demand_{jkl}$  = ปริมาณความต้องการพยาบาลในวันที่  $j$  ช่วงเวลาที่  $k$  แผนกที่  $l$

สมการวัตถุประสงค์ มี 2 เป้าหมาย คือ

1. ค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาลน้อยที่สุด

2. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าล่วงเวลารวมที่พยาบาลแต่ละคนได้รับใกล้เคียงกันมากที่สุด

การคำนวณหาคำตอบจากรูปแบบปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์นั้นมีความซับซ้อนสูง ซึ่งยากต่อการหาคำตอบ [5, 6] เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณมากขึ้น จึงได้ทำการรวม 2 สมการเป้าหมายเข้าด้วยกัน แต่เนื่องจากสมการวัตถุประสงค์ทั้ง 2 สมการมีหน่วยที่แตกต่างกัน การจะรวมสมการทั้ง 2 เข้าด้วยกันได้จึงจำเป็นต้องทำให้สมการ

วัตถุประสงค์ทั้ง 2 สมการมีหน่วยเดียวกันเสียก่อน โดยการทำให้ทั้ง 2 สมการอยู่ในรูปแบบของผลรวมที่เป็นเปอร์เซ็นต์ โดยให้น้ำหนักความสำคัญของฟังก์ชันเป้าหมายเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะได้เป็นสมการของผลรวมของเปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาลและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าล่วงเวลารวมที่พยาบาลแต่ละคนได้รับ ดังนี้

$$Min Z = 0.6 * \left(\frac{SOT}{MaxSOT}\right) + 0.4 * \left(\frac{SD}{MaxSD}\right) \quad (1)$$

โดยที่  $MaxSOT$  = ค่าผลรวมของค่าล่วงเวลาที่พยาบาลของทุกคนที่ได้รับจริงในเดือนนั้น (จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นทราบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34,990บาทต่อสัปดาห์ ซึ่งเป็นของเดือนมกราคม)

$MaxSD$  = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าล่วงเวลารวมที่พยาบาลแต่ละคนได้รับจริงในเดือนนั้นๆ (จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นทราบค่าเท่ากับ 1,089.212 ซึ่งเป็นของเดือนมกราคม)

เมื่อทำการแทนค่าในสมการที่ (1)จะได้

$$Min Z = 0.6 * \left(\frac{SOT}{34,990}\right) + 0.4 * \left(\frac{SD}{1,089.212}\right) \quad (2)$$

สมการข้อจำกัด คือ

1.Service Level คือ เมื่อผู้ป่วยเข้ามาที่แผนกจะต้องได้รับการภายในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งจะมีผู้ป่วยที่รอคอยเกินเวลาที่กำหนดได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนผู้ป่วยที่เข้ามาใช้บริการทั้งหมด ณ แผนกนั้นๆ โดยพิจารณาจากระยะเวลารอคอยเฉลี่ยต่อคน [7] (ตั้งแต่ลงทะเบียนจนถึงรอเข้าพบแพทย์) ซึ่งในส่วนนี้จะใช้โปรแกรมอารีน่า (Arena) ทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วย และระยะเวลาการให้บริการของพยาบาลแต่ละแผนกในทุกๆช่วงเวลาของแต่ละวัน ว่ามีการกระจายตัวแบบใด แล้วนำไปสร้างแบบจำลองสถานการณ์ [8] เพื่อหาความต้องการพยาบาลที่เหมาะสม ( $Demand_{jkl}$ ) ในแต่ละแผนกในทุกๆช่วงเวลาของแต่ละวันซึ่งในส่วนของโปรแกรมอารีน่านี้มีขั้นตอนดังนี้

1.1. ทำการเก็บข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วย และระยะเวลาการให้บริการของพยาบาลแต่ละแผนกใน

ทุกๆช่วงเวลาของแต่ละวัน (ตั้งแต่ลงทะเบียนจนถึงรอเข้าพบแพทย์) ลักษณะของข้อมูลเป็นดังตารางที่ 1 ทั้งนี้ผู้วิจัยพิจารณาเลือกใช้ข้อมูลในเดือนมกราคมเท่านั้น ซึ่งเป็น

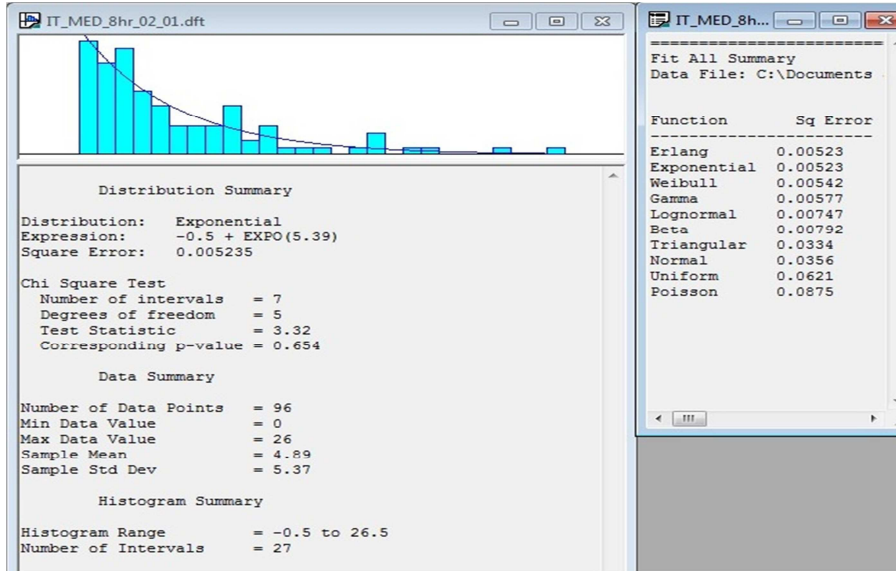
เดือนที่มักจะมีผู้ป่วยสูงสุดในรอบ 1 ปี โดยเลือกสัปดาห์ที่มีผู้เข้ามาใช้บริการมากที่สุดมาทำการจัดตารางการทำงาน ของพยาบาล

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วย และระยะเวลาการให้บริการของพยาบาล

Registration Time	Nurse Time	Interarrival Time	Service Time
8:28:00	8:44:00	1	16
8:46:00	8:48:00	18	2
9:12:00	9:12:00	26	
9:21:00	9:21:00	9	
9:25:00	9:29:00	4	4
9:26:00	9:27:00	1	1
9:36:00	10:24:00	10	
9:37:00	10:06:00	1	
9:38:00	9:38:00	1	
9:43:00	9:52:00	5	9
9:44:00	9:45:00	1	1
9:53:00	9:53:00	9	
9:56:00	10:11:00	3	15
10:18:00	10:20:00	22	2
10:19:00	10:20:00	1	1
10:20:00	10:21:00	1	1
10:25:00	10:29:00	5	4
10:32:00	10:33:00	7	1

1.2. นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาการกระจายตัวที่เหมาะสมโดยใช้เครื่องมือ Input Analyzer ใน

โปรแกรมอริ นำเป็นตัววิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะแสดงผลดังรูปที่ 1



**รูปที่ 1** ตัวอย่างการหากระจายตัวของข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วย และระยะเวลาการให้บริการของพยาบาลจากโปรแกรมอริน่า (Arena)

1.3. เมื่อได้การกระจายตัวของข้อมูลทั้งหมดแล้วดังตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 5

**ตารางที่ 2** แสดงการกระจายตัวของข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วย และระยะเวลาการให้บริการในวันจันทร์, อังคาร ในช่วงเวลาปกติและช่วงล่วงเวลา

วัน	แผนก	ช่วงเวลาปกติ		ช่วงล่วงเวลา	
		Interarrival Time	Service Time	Interarrival Time	Service Time
จันทร์	SUR	$-0.5 + \text{EXPO}(8.52)$	$0.5 + \text{WEIB}(7.11, 1.85)$	$-0.5 + \text{EXPO}(10.7)$	$0.5 + \text{WEIB}(7.11, 1.85)$
	MED	$-0.5 + \text{EXPO}(5.39)$	POIS(4.13)	$-0.5 + \text{EXPO}(7.68)$	POIS(4.13)
	PED	$-0.5 + \text{WEIB}(9.51, 1.14)$	$0.5 + \text{EXPO}(6.5)$	$-0.5 + \text{EXPO}(12.3)$	$0.5 + \text{EXPO}(6.5)$
	EENT	$-0.5 + \text{EXPO}(9.54)$	$0.5 + \text{EXPO}(4.58)$	$5.5 + \text{EXPO}(16.5)$	$0.5 + \text{EXPO}(4.58)$
	OBG	$-0.5 + \text{WEIB}(14.6, 1.54)$	TRIA(2.5, 3, 19.5)	$11.5 + \text{EXPO}(22.5)$	TRIA(2.5, 3, 19.5)
อังคาร	SUR	$-0.5 + \text{WEIB}(10.5, 1.2)$	$0.5 + 18 * \text{BETA}(0.774, 1.25)$	$-0.5 + \text{WEIB}(9.87, 0.925)$	$0.5 + 18 * \text{BETA}(0.774, 1.25)$
	MED	$-0.5 + \text{WEIB}(6.32, 1.33)$	$0.5 + \text{LOGN}(4.12, 5.32)$	$-0.5 + \text{EXPO}(9.13)$	$0.5 + \text{LOGN}(4.12, 5.32)$
	PED	$-0.5 + \text{EXPO}(5.6)$	$1.5 + \text{EXPO}(8.7)$	$-0.5 + \text{ERLA}(4.98, 2)$	$1.5 + \text{EXPO}(8.7)$
	EENT	$-0.5 + \text{GAMM}(6.63, 1.11)$	$0.5 + 18 * \text{BETA}(0.409, 1.23)$	$-0.5 + \text{EXPO}(10.5)$	$0.5 + 18 * \text{BETA}(0.409, 1.23)$
	OBG	$-0.5 + \text{GAMM}(7.59, 1.3)$	TRIA(2.5, 5.96, 19.5)	$1.5 + \text{EXPO}(30.1)$	TRIA(2.5, 5.96, 19.5)

**ตารางที่ 3** แสดงการกระจายตัวของข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วย และระยะเวลาการให้บริการในวันพุธ, วันพฤหัสบดีในช่วงเวลาปกติและช่วงล่วงเวลา

วัน	แผนก	ช่วงเวลปกติ		ช่วงล่วงเวลา	
		Interarrival Time	Service Time	Interarrival Time	Service Time
พุธ	SUR	$-0.5 + \text{EXPO}(8.19)$	$\text{TRIA}(0.5, 1, 20.5)$	$\text{TRIA}(-0.5, 3, 23.5)$	$\text{TRIA}(0.5, 1, 20.5)$
	MED	$-0.5 + \text{GAMM}(4.31, 1.34)$	$\text{UNIF}(0.5, 19.5)$	$1.5 + \text{EXPO}(15)$	$\text{UNIF}(0.5, 19.5)$
	PED	$-0.5 + \text{EXPO}(6.27)$	$0.5 + \text{EXPO}(7.77)$	$0.5 + \text{EXPO}(9.9)$	$0.5 + \text{EXPO}(7.77)$
	EENT	$-0.5 + \text{LOGN}(8.28, 12.2)$	$-0.5 + \text{LOGN}(6.55, 7.39)$	$-0.5 + \text{EXPO}(7.67)$	$-0.5 + \text{LOGN}(6.55, 7.39)$
	OBG	$0.5 + \text{EXPO}(12)$	$1.5 + \text{EXPO}(7.09)$	$13.5 + \text{EXPO}(16.8)$	$1.5 + \text{EXPO}(7.09)$
พฤหัสบดี	SUR	$-0.5 + \text{GAMM}(5.49, 1.59)$	$-0.5 + 21*\text{BETA}(1.16, 1.64)$	$0.5 + \text{EXPO}(12.1)$	$-0.5 + 21*\text{BETA}(1.16, 1.64)$
	MED	$-0.5 + \text{EXPO}(5.15)$	$\text{UNIF}(0.5, 20.5)$	$-0.5 + \text{EXPO}(12)$	$\text{UNIF}(0.5, 20.5)$
	PED	$-0.5 + \text{GAMM}(5.26, 1.26)$	$0.5 + \text{EXPO}(10)$	$-0.5 + \text{LOGN}(8.68, 9.12)$	$0.5 + \text{EXPO}(10)$
	EENT	$-0.5 + \text{LOGN}(6.96, 8.35)$	$0.5 + \text{WEIB}(4.32, 0.856)$	$-0.5 + \text{EXPO}(8.71)$	$0.5 + \text{WEIB}(4.32, 0.856)$
	OBG	$0.5 + \text{LOGN}(15.7, 25.2)$	$1.5 + \text{EXPO}(7.09)$	$2.5 + \text{EXPO}(22.9)$	$1.5 + \text{EXPO}(7.09)$

**ตารางที่ 4** แสดงการกระจายตัวของข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วย และระยะเวลาการให้บริการในวันศุกร์, เสาร์ในช่วงเวลาปกติและช่วงล่วงเวลา

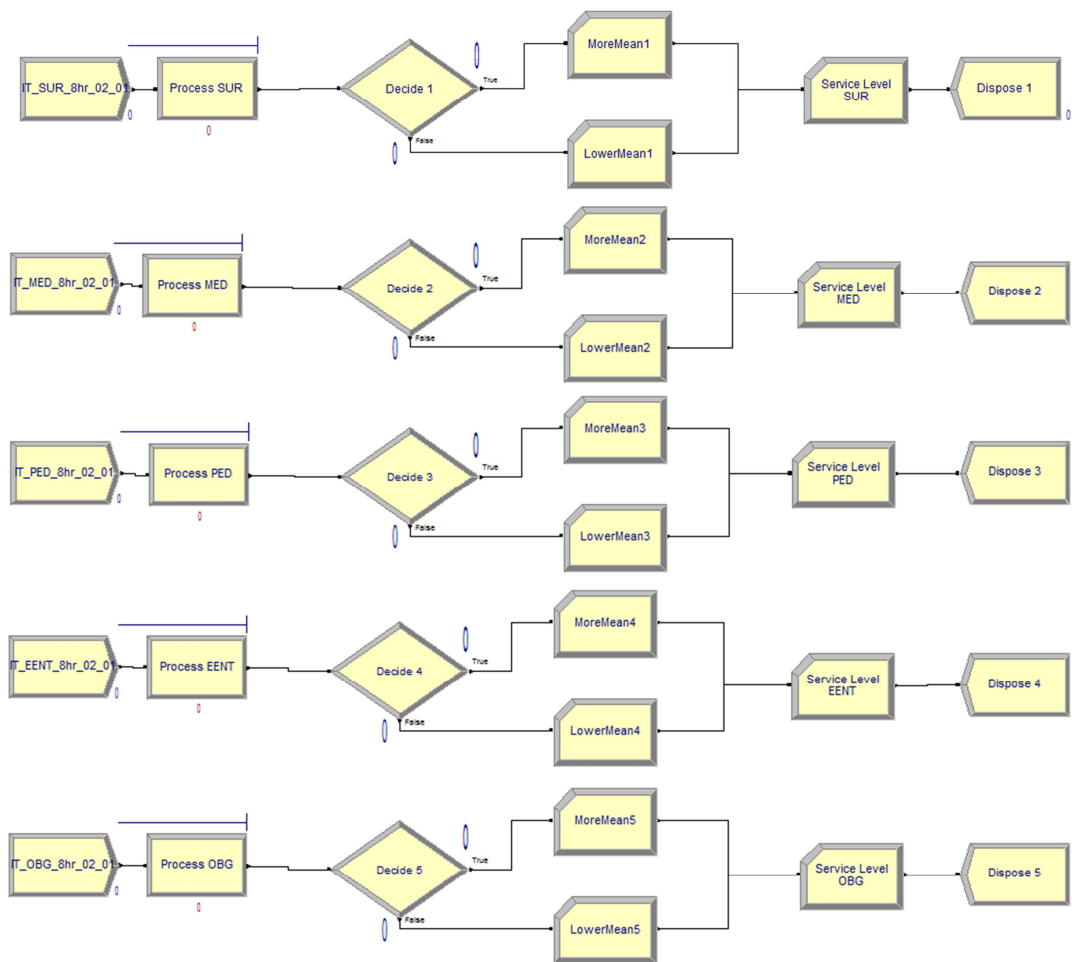
วัน	แผนก	ช่วงเวลปกติ		ช่วงล่วงเวลา	
		Interarrival Time	Service Time	Interarrival Time	Service Time
ศุกร์	SUR	$-0.5 + \text{LOGN}(12.6, 18.1)$	$\text{TRIA}(-0.5, 1, 19.5)$	$-0.5 + \text{EXPO}(8.58)$	$\text{TRIA}(-0.5, 1, 19.5)$
	MED	$-0.5 + \text{LOGN}(5.49, 7.36)$	$0.5 + \text{EXPO}(5.72)$	$-0.5 + 27*\text{BETA}(0.879, 1.39)$	$0.5 + \text{EXPO}(5.72)$
	PED	$-0.5 + \text{LOGN}(8.39, 12.5)$	$5.5 + \text{EXPO}(7.1)$	$-0.5 + \text{EXPO}(7.02)$	$5.5 + \text{EXPO}(7.1)$
	EENT	$-0.5 + \text{EXPO}(7.21)$	$0.5 + 18*\text{BETA}(0.712, 2.09)$	$1.5 + \text{EXPO}(12.6)$	$0.5 + 18*\text{BETA}(0.712, 2.09)$
	OBG	$0.5 + \text{ERLA}(4.61, 2)$	$0.5 + \text{WEIB}(9, 1.61)$	$0.5 + \text{EXPO}(38)$	$0.5 + \text{WEIB}(9, 1.61)$
เสาร์	SUR	$-0.5 + \text{EXPO}(7.97)$	$-0.5 + \text{WEIB}(7.73, 1.43)$	$-0.5 + \text{EXPO}(14.9)$	$-0.5 + \text{WEIB}(7.73, 1.43)$
	MED	$-0.5 + \text{EXPO}(5.79)$	$\text{TRIA}(0.5, 1.9, 19.5)$	$-0.5 + \text{WEIB}(7.96, 1.38)$	$\text{TRIA}(0.5, 1.9, 19.5)$
	PED	$-0.5 + \text{LOGN}(6.15, 8.08)$	$1.5 + \text{EXPO}(10.8)$	$2.5 + \text{EXPO}(11.3)$	$1.5 + \text{EXPO}(10.8)$
	EENT	$-0.5 + \text{GAMM}(16.5, 0.739)$	$1.5 + 18*\text{BETA}(1.4, 1.06)$	$6.5 + \text{EXPO}(13.8)$	$1.5 + 18*\text{BETA}(1.4, 1.06)$
	OBG	$-0.5 + \text{LOGN}(11.7, 18.7)$	$0.5 + \text{GAMM}(4.91, 0.897)$	$0.5 + \text{EXPO}(11.2)$	$0.5 + \text{GAMM}(4.91, 0.897)$

ตารางที่ 5 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วย และระยะเวลาการให้บริการในวันอาทิตย์ช่วงเวลากลางคืนและช่วงกลางวัน

วัน	แผนก	ช่วงเวลากลางคืน		ช่วงกลางวัน	
		Interarrival Time	Service Time	Interarrival Time	Service Time
อาทิตย์	SUR	$-0.5 + \text{LOGN}(9.7, 12.6)$	$0.5 + 17 * \text{BETA}(0.76, 1.06)$	$-0.5 + \text{EXPO}(14.4)$	$0.5 + 17 * \text{BETA}(0.76, 1.06)$
	MED	$-0.5 + \text{GAMM}(9.47, 1.16)$	$\text{UNIF}(0.5, 18.5)$	$1.5 + \text{EXPO}(22.4)$	$\text{UNIF}(0.5, 18.5)$
	PED	$-0.5 + \text{WEIB}(5.12, 0.841)$	$0.5 + \text{EXPO}(4.5)$	$-0.5 + \text{EXPO}(10.3)$	$0.5 + \text{EXPO}(4.5)$
	EENT	$-0.5 + \text{LOGN}(10.5, 16.6)$	$0.5 + 19 * \text{BETA}(0.898, 1.56)$	$\text{UNIF}(-0.5, 19.5)$	$0.5 + 19 * \text{BETA}(0.898, 1.56)$
	OBG	$-0.5 + \text{LOGN}(13.1, 20.7)$	$\text{POIS}(6.35)$	$0.5 + \text{EXPO}(17.5)$	$\text{POIS}(6.35)$

จากนั้นจึงทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อทำการหาจำนวนพยาบาลที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละวันดังรูปที่ 2 โดยเริ่มจำลองตั้งแต่ผู้ป่วยเข้ามาลงทะเบียนใช้บริการที่แผนก ได้รับการให้บริการจาก

พยาบาลเช่น ทำประวัติคนไข้ วัดไข้ ชั่งน้ำหนัก วัดความดัน เป็นต้น จนกระทั่งถึงขั้นตอนที่ผู้ป่วยนั่งรอเพื่อเข้าพบแพทย์



รูปที่ 2 ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์จากโปรแกรมอารีนา (Arena)

1.4. เมื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ได้ดังรูปที่ 2 แล้ว จากนั้นทำการปรับค่า  $Demand_{jkl}$  ในช่อง Resource จนกว่าผลการตอบจากโปรแกรมอารีน่าจะ

แสดงผลในส่วนของ Service Level ในแต่ละแผนกนั้นมีค่าน้อยกว่า 5% ตามที่เราต้องการครบทุกแผนก ดังรูปที่ 3

User Specified				
Tally				
Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Service Level EENT	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Service Level MED	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Service Level OBG	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Service Level PED	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Service Level SUR	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Resource SUR 1	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
2	Resource MED 1	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
3	Resource PED 1	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
4	Resource EENT 1	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
5	Resource OBG 1	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓

รูปที่ 3 ตัวอย่างค่า  $Demand_{jkl}$  ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จากโปรแกรมอารีน่า (Arena)

1.5. นำค่า  $Demand_{jkl}$  ที่ได้จากโปรแกรมอารีน่า (Arena) ไปใส่เป็นข้อมูลป้อนเข้าในโปรแกรมลินโก้

(Lingo) เพื่อคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดดังรูปที่ 4

```

Data:
S=1 2 2 2 1
1 1 1 1 1
      2 2 3 2 2
      1 2 2 2 1
            2 3 2 3 1
            1 1 1 2 1
                  2 3 3 2 2
                  1 2 2 2 1
                        1 3 2 2 2
                        1 2 2 1 1
                              2 3 2 2 2
                              1 2 2 1 1
                                    2 2 2 2 1
                                    1 1 1 1 1;

Enddata
    
```

รูปที่ 4 ตัวอย่าง Data input ในโปรแกรมลินโก้ (Lingo)



2. จำนวนพยาบาลต้องมีปริมาณเพียงพอต่อปริมาณความต้องการของผู้ป่วยในแต่ละช่วงเวลาทำงานของแต่ละวัน (3) แต่ต้องใกล้เคียงกับปริมาณพยาบาลที่เหมาะสมมากที่สุด (4)

$$\sum_{i=1}^{20} X_{ijkl} \geq Demand_{jkl} \forall_j \forall_k \forall_l \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{20} X_{ijkl} \leq 2 + Demand_{jkl} \forall_j \forall_k \forall_l \quad (4)$$

3. พยาบาลหนึ่งคนต้องทำงานอย่างน้อย 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (5) แต่ต้องน้อยกว่า 60 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (6)

$$8 * \sum_{l=1}^5 \sum_{j=1}^7 X_{ij1l} + 4 * \sum_{l=1}^5 \sum_{j=1}^7 X_{ij2l} \geq 40 \quad \forall_i \quad (5)$$

$$8 * \sum_{l=1}^5 \sum_{j=1}^7 X_{ij1l} + 4 * \sum_{l=1}^5 \sum_{j=1}^7 X_{ij2l} \leq 60 \quad \forall_i \quad (6)$$

4. พยาบาลต้องได้รับเลือกให้ทำงานทุกคน

$$\sum_{j=1}^7 X_{ijkl} \geq 1 \quad \forall_i \forall_k \forall_l \quad (7)$$

5. ในแต่ละวันพยาบาลแต่ละคนใน 1 ช่วงเวลาทำงานสามารถทำงานได้ 1 แผนกเท่านั้น

$$X_{ij11} + X_{ij12} + X_{ij13} + X_{ij14} + X_{ij15} \leq 1 \quad \forall_i \forall_j \quad (8)$$

$$X_{ij21} + X_{ij22} + X_{ij23} + X_{ij24} + X_{ij25} \leq 1 \quad \forall_i \forall_j \quad (9)$$

6. เมื่อพยาบาลทำงานเกินกว่า 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จะได้รับค่าล่วงเวลา 650 บาทต่อ 8 ชั่วโมง หรือ 81.25 บาทต่อชั่วโมง และถ้าทำงานในช่วงเวลา 16.00 – 20.00 น. จะได้รับค่าล่วงเวลาเพิ่ม 50 บาทต่อวันที่ทำงาน

$$OTD_{ij} = 50 * \sum_{l=1}^5 X_{ij2l} \forall_i \forall_j \quad (10)$$

$$OTW_i = 81.25 * \left[ \left( 8 * \sum_{l=1}^5 \sum_{j=1}^7 X_{ij1l} + 4 * \sum_{l=1}^5 \sum_{j=1}^7 X_{ij2l} \right) - 40 \right] \forall_i \quad (11)$$

$$OTW_i \geq 0 \quad \forall_i \quad (12)$$

$$OTS_i = OTW_i + \sum_{j=1}^7 OTD_{ij} \quad \forall_i \quad (13)$$

$$AVG = \frac{\sum_{i=1}^{20} OTS_i}{20} \quad (14)$$

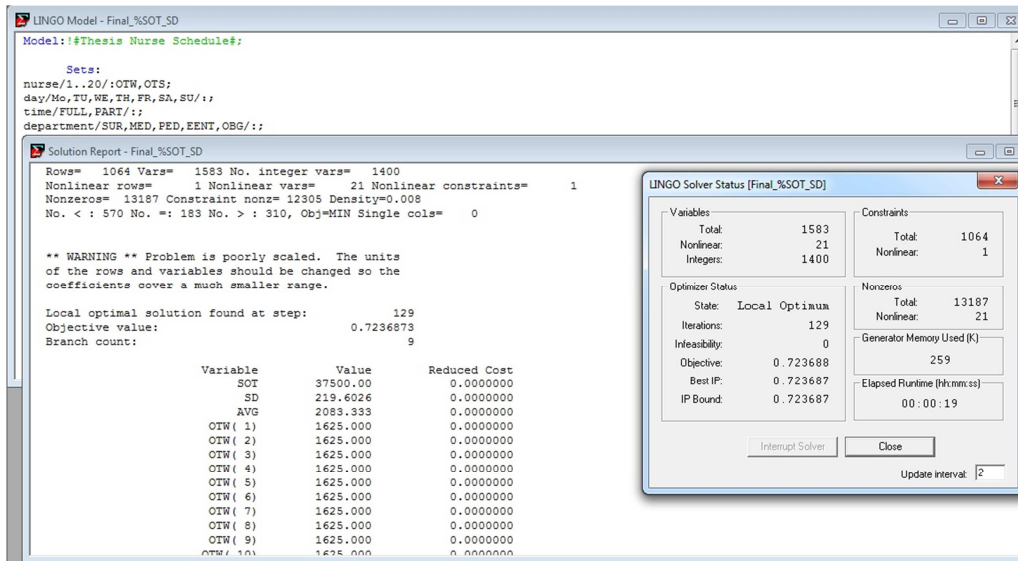
$$SOT = \sum_{i=1}^{20} OTS_i \quad (15)$$

$$SD = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^{20} (OTS_i - AVG))^2}{20}} \quad (16)$$

นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปใช้ทำการจัดการตารางการทำงานของพยาบาลด้วยโปรแกรมลินโก้ (Lingo) จากนั้นทำการหาจำนวนพยาบาล (i) ที่น้อยที่สุดที่จะสามารถจัดการตารางการทำงานได้ภายใต้ข้อจำกัดที่มีต่อไป

### 3. การเปลี่ยนแปลงค่าจำนวนพยาบาล (i)

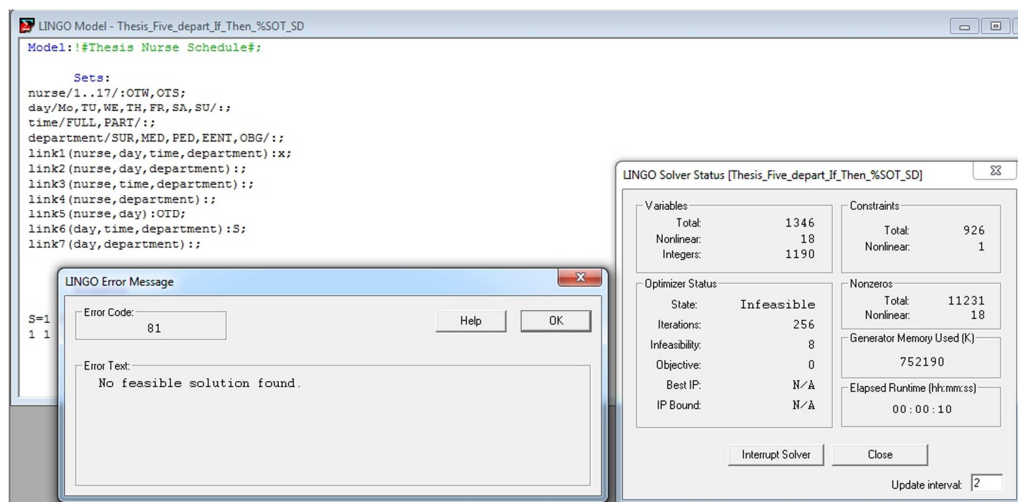
ทำการเปลี่ยนแปลงค่าจำนวนพยาบาล (i) ที่ใช้ในการคำนวณด้วยโปรแกรมลินโก้ (Lingo) เพื่อทำการหาจำนวนพยาบาล (i) ที่น้อยที่สุดที่จะสามารถจัดการตารางการทำงานได้ภายใต้ข้อจำกัดที่มี โดยทำการค่อยๆ ลดจำนวนพยาบาล (i) ลงจนถึงค่าสุดท้ายที่โปรแกรมสามารถคำนวณหาคำตอบได้ แล้วนำตารางการทำงานที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับตารางการทำงานเดิม เริ่มต้นโดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าจำนวนพยาบาล (i) ที่ใช้ในการคำนวณจากเดิม 20 คน ได้ผลดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลตอบจากโปรแกรมลินโก้ (Lingo) เมื่อมีจำนวนพยาบาล (i) เป็น 20 คน

จากรูปที่ 5 ผลตอบที่ได้มีค่าผลรวมของค่า  
 ล่วงเวลาของพยาบาลทุกคน 37,500 บาทต่อสัปดาห์ ซึ่ง  
 เป็นค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าตารางการทำงานของพยาบาลเดิม  
 2,510 บาทต่อสัปดาห์ แต่เกิดความเป็นธรรมในการจ่ายค่า  
 ล่วงเวลาให้แก่พยาบาลทุกคนมากขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากมีค่า  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าล่วงเวลารวมที่พยาบาลแต่

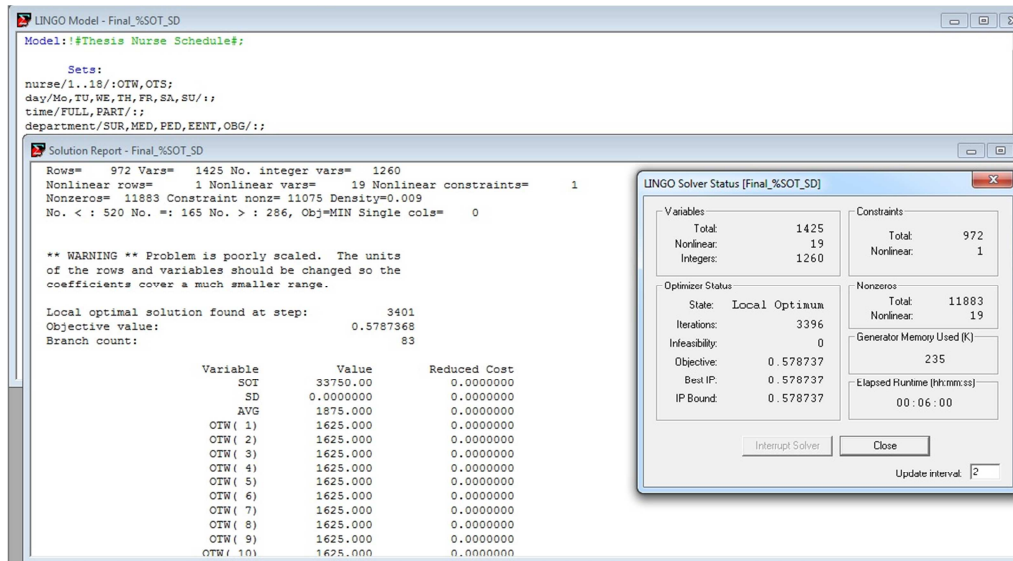
ละคนได้รับจริงเท่ากับ 219.6026 ซึ่งน้อยกว่าตารางการ  
 ทำงานเดิม 869.6094 เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าจำนวน  
 พยาบาล (i) โดยทำการลดค่าลงเรื่อยๆ พบว่าเมื่อทำการ  
 เปลี่ยนแปลงจำนวนพยาบาลเหลือ 17 คน โปรแกรมไม่  
 สามารถคำนวณหาคำตอบได้ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผลตอบจาก โปรแกรมลินโก้ (Lingo) เมื่อมีจำนวนพยาบาล (i) เป็น 17 คน ไม่สามารถหาคำตอบได้

ดังนั้นจำนวนพยาบาลที่น้อยที่สุดที่โปรแกรม  
 สามารถจัดตารางการทำงานตามข้อจำกัดที่มีได้นั้นจึง

เท่ากับ 18 คน และได้ผลตอบดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลตอบจากโปรแกรมลินโก้ (Lingo) เมื่อมีจำนวนพยาบาล (i) เป็น 18 คน

จากรูปที่ 7 ผลตอบที่ได้นั้นมีค่าสมการเป้าหมายเท่ากับ 0.578737 โดยที่ผลรวมของค่าล่วงเวลาของพยาบาลทุกคนเท่ากับ 33,750 บาทต่อสัปดาห์ และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าล่วงเวลารวมที่พยาบาลแต่ละคนได้รับจริงเท่ากับศูนย์ มีค่าผลรวมของค่าล่วงเวลาของพยาบาลทุกคนต่ำกว่าตารางการทำงานของพยาบาลเดิม 1,240 บาทต่อสัปดาห์

#### 4. ผลการดำเนินงานวิจัย

กรณีศึกษาของโรงพยาบาลแห่งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตารางการทำงานของพยาบาลที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด และเกิดความเป็นธรรมในการจ่ายค่าล่วงเวลาให้แก่พยาบาลทุกคนในอัตราที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยยังสามารถรักษาระดับการให้บริการได้ดี จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า ตารางการทำงานเดิมใช้พยาบาล

จำนวน 20 คน สลับหมุนเวียนกันทำงานใน 5 แผนก ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเป็นค่าล่วงเวลาเฉลี่ย 34,990 บาทต่อสัปดาห์ และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าล่วงเวลารวมที่พยาบาลแต่ละคนได้รับจริงเท่ากับ 1,089.212 ซึ่งจากการประยุกต์ใช้โปรแกรมอริน่า (Arena) และ โปรแกรมลินโก้ (Lingo) ร่วมกันแก้ปัญหาการจัดตารางการทำงาน of พยาบาลได้ผลตอบเป็นตารางการทำงานที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ข้อจำกัดที่มี เมื่อทำการจัดตารางการทำงานตามข้อมูลในเดือนมกราคม พบว่าตารางการทำงานที่สามารถจัดได้นั้นใช้พยาบาลทำงานเพียงแค่ 18 คน มีค่าสมการเป้าหมายเท่ากับ 0.578737 โดยที่ผลรวมของค่าล่วงเวลาของพยาบาลทุกคนเท่ากับ 33,750 บาทต่อสัปดาห์ และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าล่วงเวลารวมที่พยาบาลแต่ละคนได้รับจริงเท่ากับศูนย์ ดังรูปที่ 8

คนที่/วันที่	MO		TU		WE		TH		FR		SA		SU	
	FULL	PART	FULL	PART	FULL	PART	FULL	PART	FULL	PART	FULL	PART	FULL	PART
1	OBG	SUR	MED		PED	MED				PED	EENT	EENT	SUR	OBG
2	PED	OBG	OBG	EENT	EENT	SUR	MED	MED		PED			SUR	
3	PED		OBG	OBG	EENT	MED			MED	EENT		PED	SUR	SUR
4	EENT	MED	MED	OBG	OBG	SUR	PED	EENT			SUR	PED		
5		MED	SUR	PED	OBG	OBG	EENT	SUR			PED		MED	EENT
6			EENT	MED	OBG	SUR	SUR	EENT			PED	OBG	MED	PED
7			EENT	SUR		PED		OBG	OBG	EENT	MED	MED	PED	SUR
8	SUR	SUR			MED	OBG	PED	MED			OBG	PED	EENT	EENT
9					EENT	EENT	OBG	PED	SUR	OBG	MED	MED	PED	SUR
10	EENT		PED	PED	MED	EENT		OBG		MED	SUR	SUR	OBG	
11	EENT	PED	PED	EENT	MED		SUR		OBG		SUR	OBG		MED
12	MED	SUR	PED	EENT		OBG	EENT		OBG	PED	SUR	MED		
13	MED	OBG		SUR	PED			PED	OBG	MED	EENT	EENT	SUR	
14	SUR		EENT	OBG		PED	MED	SUR	PED		OBG	EENT		MED
15		OBG		SUR	SUR	EENT	MED		PED	OBG	OBG	PED	EENT	
16			PED	EENT			SUR	OBG	MED	PED	OBG	SUR	EENT	MED
17		PED	EENT		SUR	MED			MED	SUR	PED	OBG	OBG	EENT
18		PED		MED	SUR		PED		EENT	EENT	MED	SUR	OBG	OBG

= SUR  
 = MED  
 = PED  
 = EENT  
 = OBG

รูปที่ 8 ตารางการทำงานที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ข้อจำกัดจำนวนพยาบาล (i) 18 คน

เมื่อทำการจัดตารางการทำงานของพยาบาลด้วยโปรแกรมลินโก้ (Lingo) พบว่าไม่มีแผนกใดมีจำนวนพยาบาลต่ำกว่าความต้องการพยาบาลขั้นต่ำที่คำนวณได้

จากโปรแกรมอารีน่า (Arena) และไม่เกิดการกระจุกตัวของจำนวนพยาบาลที่แผนกใดแผนกหนึ่งมากเกินไปดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณความต้องการพยาบาลที่ได้จากโปรแกรมอารีน่า (Arena) กับจำนวนพยาบาลที่จัดได้จากโปรแกรมลินโก้ (Lingo)

S-SUR	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1
จัดจริงได้	2	3	2	3	3	3	3	2	1	1	4	3	4	3
S-MED	2	1	2	2	3	1	3	2	3	2	3	2	2	1
จัดจริงได้	2	2	2	2	3	3	3	2	3	4	3	2	2	3
S-PED	2	1	3	2	2	1	3	2	2	2	2	2	2	1
จัดจริงได้	2	3	4	2	3	1	3	2	2	4	3	4	2	1
S-EENT	2	1	2	2	3	2	2	2	2	1	2	1	2	1
จัดจริงได้	3	1	3	4	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3
S-OBG	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1
จัดจริงได้	1	3	2	2	3	3	2	3	3	1	4	3	3	2

พิจารณาจากฐานเงินเดือนเริ่มต้นที่พยาบาลของโรงพยาบาลเชียงใหม่รามได้รับนั้นอยู่ที่ประมาณคนละ 15,000 บาทต่อเดือน ดังนั้นตารางการทำงานใหม่ที่ทำการจัดได้ดังรูปที่ 8 นั้น จึงสามารถลดค่าใช้จ่ายให้กับโรงพยาบาลได้ 34,960 บาทต่อเดือน

### 5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่ได้พบที่สามารถทำการจัดตาราง

การทำงานของพยาบาลภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ คือ สามารถสร้างตารางการทำงานของพยาบาลที่ทำให้เกิดความเป็นธรรมในการจ่ายค่าล่วงเวลาให้แก่พยาบาลทุกคนในอัตราที่เท่ากันทุกคน และลดค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาลได้ 34,960 บาทต่อเดือน โดยใช้พยาบาลทำงานหมุนเวียนกันทั้งหมด 18 คน และใช้เวลาในการคำนวณและสร้างตารางการทำงานจากโปรแกรมลินโก้ (Lingo) ทั้งสิ้น 6 นาที

## 6. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ผลการศึกษาข้อมูลในเดือนมกราคมเท่านั้น ซึ่งเป็นเดือนที่มักจะมีผู้ป่วยสูงสุดในรอบ 1 ปี โดยเลือกสัปดาห์ที่มีผู้เข้ามาใช้บริการมากที่สุดมาทำการจัดตารางการทำงานของพยาบาลเพื่อใช้ในเดือนมกราคมเท่านั้น ภายใตสมมติฐานว่ามีผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาและพยาบาลมีระยะเวลาการให้บริการในวันจันทร์ของแต่ละแผนกนั้น มีการกระจายตัวแบบเดียวกันทุกวันจันทร์ในทุกสัปดาห์ของแต่ละเดือน เช่นเดียวกับกับวันอังคาร วันพุธ วันพฤหัสบดี วันศุกร์ วันเสาร์ และวันอาทิตย์ ดังนั้นควรทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วย และระยะเวลาการ

ให้บริการของพยาบาลในแต่ละเดือนนั้นๆเพิ่มเติม เพื่อหาความต้องการพยาบาลที่เหมาะสม ( $Demand_{jkl}$ ) แล้วทำการคำนวณหาตารางการทำงานใหม่อีกครั้ง เพื่อหาตารางการทำงานที่เหมาะสมสำหรับเดือนนั้นๆ อาจใช้รูปแบบการทำงานแบบ Cyclic-Scheduling เข้ามาเสริมโดยเมื่อขึ้นสัปดาห์ใหม่ ให้ทำการหมุนสับเปลี่ยนลำดับที่ของพยาบาลโดยวนลำดับเป็นวงกลม

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงพยาบาลเชียงใหม่รามที่ช่วยอำนวยความสะดวกรวมทั้งเอื้อเฟื้อข้อมูลที่เป็นต่อการทำงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างมาก

## เอกสารอ้างอิง

- [1] จิตยรัตน์ มงคลรังษฤษฎ์ และ วิภาวี ธรรมภรณ์พิลาศ (2007). การพัฒนาวิธีการจัดตารางการทำงานของพยาบาลในสภาวะความต้องการกำลังคนผันแปร, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [2] Millar, H. H. and Kiragu, M. Cyclic and non-cyclic scheduling of 12 hr. shift nurses by Network programming. *European*, 1998; 1: 582-592.
- [3] Jaumard, B., Semet, F. C. C. and Vovor, Tsevi. A generalized linear programming model for Nurse scheduling. *European Journal of Operational Research*, 1997; 107: 1-18.
- [4] Ezik, T., Gnlnk, O. and Luss, H. An integer programming model for the weekly tour scheduling problem. *Naval Research Logistics*, 2001; 48(7): 607-624.
- [5] Parr, D. and Thompson, J. M. Solving the multi-objective nurse scheduling problem with a weighted cost function. *Annals of Operations Research*, 2007; 155(1): 279-288.
- [6] Topaloglu, S. A multi-objective programming model for scheduling emergency Medicine residents. *Computers & Industrial Engineering*. 2006; 51: 375-388.
- [7] Jin, L.J., Machiraju, V., Sahai, A. Analysis on Service Level Agreement of Web Services. *Software Technology Laboratory*. HP Laboratories Palo Alto, HPL-2002-180.
- [8] Bruin, A. M. de., Rossum, A. C. van and Visser, M. C. & Koole, G. M. Modeling the emergency cardiac in-patient flow: an application of queuing theory. *Health Care Manage Sci*, 2007; 10:125-137.