

# 醫院手術房之整合以提升其使用率

## Operating Room Combination for Effective Utilization

蔣安國<sup>1</sup> 蔣安仁<sup>2</sup> 楊克平<sup>3</sup> 郭榮煌<sup>4</sup>

### 摘要

在有限醫療服務資源的環境以及同業競爭的壓力下，醫院管理者開始重視成本的控制，並且尋求提升營收的方法。手術房是醫院裡醫療資源最密集的地方，也是病人在醫院移動的瓶頸，但是，手術的收入是醫院重要的營收來源。若能有效管理手術房，不但能降低成本，也可以提高營收。要有效管理手術房，就要尋求提升手術房有效利用率的方法。本研究應用數學規劃方法，整合不同部門之使用率不高的手術房，規劃開放適當的手術房數量，並提供手術排程結果，讓排程週期內所安排的各項手術之總手術時間，盡可能吻合手術房的總開放時間，以達到提升醫院手術房有效利用率的目標。透過跨部門整合，開放適當的手術房數量，讓不同部門能共用手術房，避免資源浪費，以減少手術房閒置的情形，其結果不但能降低醫療成本，也提高醫院手術房的使用率。

**關鍵字：**醫院管理、手術房、整合、數學規劃、使用率

### Abstract

Under the limited medical care resource and severe competition among the hospitals, the administrator begins to pay attention to cost reduction for a hospital management and look for a method that can increase the hospital's revenue. The most intensive department of medical care resource is operating room in the hospital. Because it is very expensive to run the operating room in a normal course and the operating room is a bottleneck for moving inpatients during their staying in the hospital. Moreover, the operating room income is also considered an important source of the hospital revenue. So, an effective operating room management is necessary. This paper attempts to combine the operating rooms among different departments using mathematic programming. The objective of mathematic programming is set to minimize the amounts of operating room which is necessary to open, and minimize the difference between the total operation time and open time per day. At the same time, it can also derive the optimal amounts of operating room and derive the operating scheduling quickly. In other words, the appropriate operating room combination can reduce the idle time of operating room among the different departments and reduce the operating room cost. Finally, it will reach the purpose of cost reduction and increasing the effective

<sup>1</sup>逢甲大學工業工程與系統管理學系教授

<sup>2</sup>高雄榮民總醫院婦產科主治醫生

<sup>3</sup>耕莘護理專科學校校長

<sup>4</sup>逢甲大學工業工程與系統管理學系研究生

utilization of operating room in the hospital.

**Keyword:** Hospital Management, Operating Room, Combination, Mathematical Programming, Utilization

## 1. 前言

在實施全民健康保險制度的環境下，醫療需求不斷增加，政府也不斷修正各種醫療給付制度，限制醫療給付額度，造成醫療機構必須自行負起成本控制之責。另外，由於人力薪資成本不斷上漲、高成本之精密醫療儀器以及醫療糾紛頻傳之影響，使得醫療機構經營成本增加，再加上醫療機構在收入方面受限於保險給付制度的給付額度，促使醫院管理者逐漸瞭解成本控制之重要性。因此，如何有效的經營醫療機構，並降低營運成本，已經成為醫院管理者所關心的議題。

手術房是醫療機構裡資源最密集的地方，擁有高科技的精密醫療儀器，並且必須配置各類專業的醫療人員，不但設備成本高，人力成本也居高不下；另外，手術的收入是醫院重要的營收來源 (Zelenock & Zambricki, 2001)，因此，手術房具有高成本與高營收的特性。許多病人常常必須等待手術，手術完成後才能繼續進行下一步的診療，因此，手術房也是病人醫療流程的瓶頸。若能有效管理手術房，善加利用醫療資源，將能提高營收，並提昇醫師與病人的滿意度。

由於政策上的考量，在規劃手術房資源時，已將手術房分配給各個部門，因此醫院裡的不同部門各自擁有手術房，供該部門的病人進行手術。但隨著淡旺季的不同，每次排程週期的病人人數未必相同。當病人人數較多時，手術房較忙碌，其使用率較高；當病人人數較少時，手術房則較空閒，造成其使用率低落，導致手術設備資源的浪費。在管理的角度上，手術房使用率低落的情況下，有必要整合手術房，讓不同部門共用數間手術房，以最適當的手術房數量來安排手術的進行。整合後未使用的手術房，可依醫院政策暫時關閉或移作他用，盡量不讓開放的手術房有長時間閒置的情形。

手術房整合之後，接著安排病人的手術順序，此即手術的排程，手術排程的結果將會影響手術房每日可執行手術的次數，也會影響手術房的使用效率與營運效能。若手術排程過於鬆散，手術的排程彈性較大，但將導致手術房的閒置、手術房利用率低落；若手術排程過於緊湊，手術房的利用率可達到最高，但將會造成病人等待時間過久、醫護人員加班時間過長、手術較沒彈性。病人會因漫長的等候手術的時間，而選擇轉到其他較有效率的醫院。能夠有效運用手術房的資源、提升手術房使用率、增加病人流量，是降低作業成本及增加營收的重要途徑 (Viapiano & Ward, 2000)。目前對於手術排程，是以特定的排程法則來決定病人該於何時開始手術，甚至以經驗法來完成手術排程。採用特定規則的手術排程法則，並無法保證手術排程結果為最佳解。因此，正確的手術排程是相當重要的，不只是醫院的經濟因素，也是醫療市場的考量。

綜合以上，本研究擬以數學規劃的方法來進行手術房整合，並以手術的排程結果來衡量手術房整合後的效益。此模式不但可以將我們設定的目標最佳化，也能具體表現出

真實環境的限制，亦能將醫生的門診時間也考慮進去，另外，手術排程也能加入醫生的喜好，因此在手術的安排上較為人性化。文中所提出之數學規劃模式，採用 GAMS 求解，此為一最佳化軟體，可依所設定之目標函數與限制條件求得最佳解。

## 2. 模式建立

本節分為兩個部分，第一部分為模式發展，敘述本數學規劃模式的形成，第二部分為模式描述，詳細說明數學規劃模式的各項數學符號、目標函數、與限制條件。

### 2.1. 模式發展

由於醫院裡不同部門各自有其手術房，在一般情況下，各部門的手術房各自獨立運作，進行手術的安排。但在淡季時，病人人數不多，各部門的手術房使用率不高，因此有必要進行手術房整合。在進行整合之前，必須先確定不危及病人的病情，且不同部門的手術房可進行短期的整合。規劃開放適當數量的手術房，以減少手術房的資源浪費。基於此因素，本研究將以數學規劃模式來進行手術房整合。

為配合研究對象醫院的實際醫療體制，本研究考量實際環境情況來建構數學規劃模式，以求排程結果能反應出真實的環境。第一個環境條件，是手術房的開放時間。在開放時間內，中間並不休息，例如，開放時間為上午 8 時到下午 5 時，持續開放九小時。為了方便數學規劃模式的發展，本研究將手術房一整天的開放時間分為兩個階段。第二個環境條件，是醫生的門診限制。每位醫生在特定的時段必須進行門診，若在某時段有門診，則該時段的時間皆為門診時間，無法執行手術；而在無門診的時段，則可安排手術的進行。例如，第 2 位醫生於星期一下午有門診，則該醫生在星期一下午將無法被安排進行手術。若當天醫生並無門診，則該醫生在這一整天裡都可以安排進行手術。第三個環境條件，是醫生在每個排程階段的可用時間的限制。例如，第一階段手術房的開放時間為上午 8 時到下午 1 時，所以每位醫生在第一階段的可用時間共 5 小時；第二階段手術房的開放時間為下午 1 時到下午 5 時，所以每位醫生在第二階段的可用時間共 4 小時。第四個環境條件，是病人手術次數的限制。每位住院病人在一次的排程週期內，只能被安排一次手術，且必須恰好被安排一次，以確保在此排程週期內，每位等待手術的病人都能被安排進行手術。

在安排手術時，會有兩種可能的情形，一為手術房的開放時間過剩，即每天安排的各项手術之總手術時間並沒有用掉每天全部的手術房開放時間，這將造成手術房間置；另一情形為手術房的開放時間不足，即每天安排的各项手術之總手術時間超過每天手術房的開放時間，造成加班的情況。此數學規劃模式的目標，是將手術房開放時間過剩與開放時間不足這兩種情形最小化，讓手術的排程盡量吻合每天手術房的開放時間。

### 2.2 模式敘述

為方便本研究的進行，對欲進行手術排程的醫生與病人加以編號，手術排程也分兩階段進行，另外，文中所提之數學規劃模式所採用的參數、變數、目標函數與限制條件，

逐一說明如下：

- $A$  : 第一階段排程
- $P$  : 第二階段排程
- $T_A$  : 第一階段手術房可用時間
- $T_P$  : 第二階段手術房可用時間
- $T_D$  : 整天手術房可用時間
- $i$  : 醫生編號
- $j$  : 病人編號
- $k$  : 日期
- $l$  : 階段，每天的排程分為第一階段及第二階段
- $r$  : 手術房編號
- $O_j$  : 病人  $j$  的手術時間

$X_{j,k,l,r}$  : 第  $j$  位病人在第  $k$  天第  $l$  階段的第  $r$  間手術房是否進行手術

$d_{k,r}$  : 第  $k$  天，第  $r$  間手術房的不足的開放時間

$d'_{k,r}$  : 第  $k$  天，第  $r$  間手術房的剩餘的開放時間

$Z$  : 差異時間的平方和，也就是  $\sum_k \sum_r d_{k,r}^2 + \sum_k \sum_r d'_{k,r}{}^2$

目標函數：

$$\text{Min } Z = \sum_k \sum_r d_{k,r}^2 + \sum_k \sum_r d'_{k,r}{}^2 \quad (1)$$

限制條件：

$$\sum_{j \in A} X_{j,k,l,r} O_j \geq T_A \quad \forall k, \forall r, \quad j \text{ 為第一階段可排程之醫生的病人} \quad (2)$$

$$\left( \sum_{j \in P} X_{j,k,l,r} O_j \right) - \left( T_D - \sum_{j \in A} X_{j,k,l,r} O_j \right) = d_{k,r} - d'_{k,r} \quad \forall k, \forall r \quad (3)$$

$$\sum_j \sum_r X_{j,k,l,r} O_j \leq T_A \quad \forall k, l \in A, \quad j \text{ 為第二階段有門診之醫生的病人} \quad (4)$$

$$\sum_j \sum_r X_{j,k,l,r} O_j \leq T_P \quad \forall k, l \in P, \quad j \text{ 為第一階段有門診之醫生的病人} \quad (5)$$

$$\sum_j \sum_l \sum_r X_{j,k,l,r} O_j \leq T_D \quad \forall k, \quad j \text{ 為當天無門診之醫生的病人} \quad (6)$$

$$\sum_k \sum_l \sum_r X_{j,k,l,r} = 1 \quad \forall j \quad (7)$$

$$D_{k,r} * D'_{k,r} = 0 \quad \forall k, \forall r \quad (8)$$

$$D_{k,r} \geq 0 \quad \forall k, \forall r \quad (9)$$

$$D'_{k,r} \geq 0 \quad \forall k, \forall r \quad (10)$$

$$X_{j,k,l,r} = 0 \quad j \text{ 為在第 } k \text{ 天的 } l \text{ 時段有門診的醫生的病人} \quad (11)$$

$$X_{j,k,l,r} = 0 \text{ or } 1 \quad \forall j, \forall k, \forall l, \forall r$$

上述之方程式(1)為目標函數，其代表的意義為，在排程週期內，每天各項手術的總手術時間與每天手術房開放時間之差的平方和。方程式(2)：第一階段的排程，強制第一階段的手術排程超過第一階段的可用時間。方程式(3)：第二階段的排程，並計算每天每間手術房的閒置時間或加班時間。方程式(4)：針對下午有門診的醫生，其第一階段排程時，醫生可用時間為  $T_A$  小時。方程式(5)：針對上午有門診的醫生，其第二階段排程時，醫生可用時間為  $T_p$  小時。方程式(6)：對於整天皆無門診的醫生，其當天的總可用時間為  $T_D$  小時。由於醫生無法同時使用兩間以上手術房，方程式(4)、(5)、(6)，限制每位醫生在每個時段的總手術時間，皆不得超過其在該時段的醫生可用時間，因此，可避免醫生同時使用兩間以上手術房的情況發生。方程式(7)：每位住院病人在一次的排程週期內，只能被安排一次手術，且必須恰好被安排一次，以確保在此排程週期內，每位等待手術的病人都能被安排進行手術。方程式(8)、(9)、(10)：每天每間手術房可能有加班或閒置的情形，但加班與閒置不可能同時發生。方程式(11)：由於醫生會有門診的限制，在醫生有門診的時段將無法進行手術，必須令每個醫生的門診時間所對應的變數  $X_{j,k,l,r} = 0$ ，才能限制醫生在門診時段不進行手術的安排。另外，此數學規劃模式的變數  $X_{j,k,l,r}$  是二維變數，若  $X_{j,k,l,r} = 1$ ，代表第  $j$  位病人被安排在第  $k$  天的第  $r$  間手術房進行手術；若  $X_{j,k,l,r} = 0$ ，代表第  $j$  位病人並未被安排在第  $k$  天的第  $r$  間手術房進行手術。

本數學規劃模式的運算結果，是將所有進行手術安排的病人，個別分配到特定的上刀時段。舉例來說，第 1 位病人被分配到星期五上午的 2 號手術房、第 2 位病人被分配到星期三上午的 2 號手術房等等。然而，同一時段裡，可能有一位以上的病人必須進行手術，例如，星期一上午共安排了第 7、46 這三位病人進行手術，這時，被安排在同一時段的病人，還必須進行最後的排序。由於此排程結果是經由數學規劃模式運算出來的，因此同一時段的病人無論其順序為何，都不影響原本的目標函數值，此時我們只需考慮醫生門診時間的限制，讓下個時段有門診的醫生優先進行手術，以確保該醫生在下個時段能準時開始門診。

本研究所提出之數學規劃模式，屬於非線性的整數規劃模式，為方便本研究的進行，因此使用最佳化軟體來求解。GAMS 為最佳化軟體之一，且 GAMS 可求解非線性的整數規劃模式，因此本研究採用 GAMS 來求最佳解。求得之最佳解將成為本研究的最佳手術房排程，下一節將有實際案例以供說明。

### 3. 實例：

本研究是以高雄某教學醫院為例，排程週期為兩週，不含週末時間，共有 10 個工作天。A 科之手術房有 2 間，醫生共 5 位，待手術的病人共 31 位；B 科之手術房有 1 間，醫生共 3 位，待手術的病人共 19 位。假設病人在排程週期內並無立即性的危險，每位病人經醫生初步診斷後，斷定必須執行特定的手術，且並不指定於特定的手術房進行手術。

由於手術時間並不是本研究的範圍，因此，為方便本研究之進行，每項手術之時間在此設定為已知數據。每項手術的時間是經由整理過去 3 年的相關手術資料，以每位醫生執行各項手術所需時間之平均值，來作為此研究所需之各項手術的時間，由於共 13 項手術有較完整的數據資料，故以此 13 項手術作為本研究的手術所需時間。計算整理後，作成每位醫生執行相關手術之手術時間表，如表 1。對同一項手術而言，由於每位醫生的手術經驗、操作熟練度等不同，造成不同的醫生對同一項手術所需之手術時間不同，舉例來說，表 1 中的第 6 項手術由 A 科的第 2 位醫生操刀，所需時間為 2.7 小時，若由 A 科的第 5 位醫生操刀，只需 2.3 小時。

表 1 每位醫生執行相關手術之手術時間表

科別		A					B		
醫生編號		1	2	3	4	5	1	2	3
手術別	1	2.1	2.3	1.8	2.7	2.1	1.8	2.3	2.3
	2	2.9	2.8	2.1	2.2	2.5	3.3	3.0	2.8
	3	2.8	2.1	2.5	2.2	2.6	2.4	3.0	2.8
	4	5.1	5.4	5.2	6.2	5.8	5.0	5.5	5.2
	5	3.8	4.1	4.7	3.2	3.7	3.5	4.5	4.6
	6	2.6	2.7	2.6	3.2	2.3	3.2	3.3	2.5
	7	3.0	2.3	2.8	2.9	2.8	2.8	3.3	2.7
	8	5.8	4.2	4.5	3.8	4.5	3.2	3.3	4.2
	9	2.9	2.0	2.5	3.7	2.6	2.6	3.3	2.9
	10	3.7	2.1	2.4	4.3	3.9	2.7	2.4	3.0
	11	2.9	2.5	3.2	3.5	3.3	2.7	3.3	3.0
	12	3.2	2.5	3.1	3.9	3.7	3.0	3.6	3.2
	13	1.5	1.8	2.1	2.3	1.8	2.3	1.5	2.0

單位：小時

每位病人在門診過後，已確定必須執行的手術項目，且每位病人的執刀醫生也已經確定，搭配醫生的手術時間表之後，可作成醫生與欲手術病人及手術時間關係表，如表 2 及表 3。表中可清楚看出，每位醫生所需負責之病人、每位病人的手術別以及手術時間。舉例來說，表 2 中的第 1 位醫生所需負責的病人共有 5 位，其中第 5 號病人需執行第 1 項手術，而其手術時間為 2.1 小時。為方便本模式之判讀，表中所列之病人編號並非病人的入院順序，而是依據醫生別之順序加以編號，如第 1 位醫生的病人為 1 到 5 號，第 2 位醫生的病人為 6 到 10 號等。

表 2 A 科醫生與欲手術病人及手術時間關係表

<b>醫生編號</b>	<b>1</b>						
<b>病人編號</b>	1	2	3	4	5	---	---
<b>手術別</b>	3	3	4	1	1	---	---
<b>手術時間</b>	2.8	2.8	5.1	2.1	2.1	---	---

<b>醫生編號</b>	<b>2</b>						
<b>病人編號</b>	6	7	8	9	10	---	---
<b>手術別</b>	8	6	6	4	10	---	---
<b>手術時間</b>	4.2	2.7	2.7	5.4	2.1	---	---

<b>醫生編號</b>	<b>3</b>						
<b>病人編號</b>	11	12	13	14	15	16	17
<b>手術別</b>	1	1	4	6	6	9	5
<b>手術時間</b>	1.8	1.8	5.2	2.6	2.6	2.5	4.7

<b>醫生編號</b>	<b>4</b>						
<b>病人編號</b>	18	19	20	21	22	23	24
<b>手術別</b>	3	3	6	1	1	4	9
<b>手術時間</b>	2.2	2.2	3.2	2.7	2.7	6.2	3.7

<b>醫生編號</b>	<b>5</b>						
<b>病人編號</b>	25	26	27	28	29	30	31
<b>手術別</b>	6	6	13	4	9	1	1
<b>手術時間</b>	2.3	2.3	1.8	5.8	2.6	2.1	2.1



表 3 B 科醫生與欲手術病人及手術時間關係表

醫生編號	1						
病人編號	1	2	3	4	5	6	---
手術別	2	2	5	1	1	9	---
手術時間	3.3	3.3	3.5	1.8	1.8	2.6	---

醫生編號	2						
病人編號	7	8	9	10	11	12	---
手術別	5	13	4	9	2	2	---
手術時間	4.5	1.5	5.5	3.3	3	3	---

醫生編號	3						
病人編號	13	14	15	16	17	18	19
手術別	1	1	8	10	6	13	13
手術時間	2.3	2.3	4.2	3	2.5	2	2

在本次排程週期，A 科與 B 科分別各自進行手術排程，經由本文所提出之數學規劃模式，所得之手術排程結果如表 4。表中可看出，由於病人人數不多，造成此兩科的手術房間置情形嚴重，導致手術房使用率低落，其中 A 科的目標函數為 352.86，B 科的目標函數為 40.31。為了提升手術房的使用率，有必要進行手術房整合。

表 4 整合前兩週之手術房間置及加班情形比較表

			星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五
A 科	1 號 手術房	閒置 時間	9	3.6	0.7	4.8	6.3	2.1	4.5	3.8	3.8	1.3
		加班 時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2 號 手術房	閒置 時間	0.8	1.7	0	6.2	5.3	6.4	1.5	0.5	4.7	2.2
		加班 時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B 科	1 號 手術房	閒置 時間	2.2	2.2	1.5	1	2	2.2	3.8	1.5	1.1	0.8
		加班 時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

單位：小時

由於目前 A 科與 B 科之手術房必須進行整合，此兩科共有 3 間手術房，8 位醫生，以及 50 位等待手術的病人。因為 3 間手術房都開放的結果是手術房的使用率不高，因此考慮只開放 2 間手術房。再經由本文之數學規劃模式計算，可得整合後之手術排程，經整理後作成表 5，表中可看出，只開放兩間手術房的目標函數值為 6.35，雖然有部分必須加班，但整體來說，可以節省一間手術房的浪費。

表 5 整合後兩週之手術房間置及加班情形比較表

			星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五
A 科 與 B 科	1'號 手術房	閒置 時間	0	0.3	0	0	0	1.3	0.3	0.2	0	0
		加班 時間	1.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0	0	0	0
	2'號 手術房	閒置 時間	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0
		加班 時間	0	0.3	0	0	0	1.3	0.3	0.2	0	0

單位：小時

#### 4. 結論

現今國內醫療單位逐漸重視成本的控制，並積極尋求增加營收的方法。手術房是醫院裡高成本與高營收的地方，醫院管理者必須對手術房有效管理，才能讓診療流程順暢。手術房一但開放，而使其處於閒置狀態，將會造成手術房的閒置成本增加。由於在淡季時，病人人數並不多，造成手術房的使用率不高，因此有必要進行手術房的整合，規劃開放適當數量的手術房。本研究提供一個數學規劃的方法來進行手術排程，經由手術排程結果，來衡量手術房整合後之效益。依研究結果可知，手術房整合後，手術房的使用率的確優於手術房整合前。而空出來的手術房，則可依醫院的政策暫時關閉或作為其他用途。如此，不但節省手術房的閒置成本，管理者在手術房的管理上較有彈性，亦能另外再創造營收，例如接收附近醫院的病人在此空間的手術房進行手術等。

#### 致謝

感謝高雄榮民總醫院對本研究的支持與協助。

## 參考文獻

1. Baker, L. C., C. S. Phibbs, C. Guarino, D. Supina, and J. L. Reynolds (2004), "Within-year Variation in Hospital Utilization and Its Implications for Hospital Costs", *Journal of Health Economics*, 23(1): 191-211.
2. Brook, A., D. Kendrick and A. Meeraus (1992), "GAMS: A user's guide", release 2.25, Massachusetts, boyd & faser.
3. Gaynor, M. and G. F. Anderson (1995), "Uncertain Demand, the Structure of Hospital Costs, and the Cost of Empty Hospital Beds", *Journal of Health Economics*, 14(3): 291-317.
4. Guinet, A. (2001), "A Linear Programming Approach to Define the Operating Room Opening Hours", *Integrated Design and Production*, 29: 1-10.
5. Hughes, D. and A. McGuire (2003), "Stochastic Demand, Production Responses and Hospital Costs", *Journal of Health Economics*, 22(6): 999-1010.
6. Li, Ling and W. C. Benton (2003), "Hospital Capacity Management Decisions Emphasis on Cost Control and Quality Enhancement", *European Journal of Operational Research*, 146(3): 596-614.
7. Smet, M. (2002), "Cost Characteristics of Hospitals", *Social Science and Medicine*, 55(6): 895-906.
8. Viapiano, J. and D. S. Ward (2000), "Operating Room Utilization: The Need for Data", *International Anesthesiology Clinics*, 38(4): 127-140.
9. William S. Lovejoy and Li Ying (2002), "Hospital Operating Room Capacity Expansion", *Management Science*, 48(11): 1369-1387.
10. Zekienock, G. B. & C. S. Zambricki (2001), "The Health Care Crisis: Impact on Surgery in the Community Hospital Setting", *Arch Surg*, 136(5): 585-591.