

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以限制規劃法求解全年無休人員排班問題之研究-以護士排 班為例

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-009-027-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學運輸科技與管理學系(所)

計畫主持人：韓復華

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 8 月 19 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以限制規劃法求解全年無休人員排班問題之研究 —以護理人員排班為例

計畫編號：93-2211-E-009-027

執行期限：93年8月1日至94年7月31日

計畫主持人：韓復華 國立交通大學運輸科技與管理學系 教授

計畫參與人員：李俊德 國立交通大學運輸科技與管理學系 碩士

中文摘要

隨著經濟發展，人力成本亦不斷提高。對於若干無法以科技自動化取代的全年無休服務業(如運輸、醫療等)而言，人員排班確是一項重要的課題。護理人員排班為典型24小時全年無休之範例，排班者除需考慮並滿足複雜法律與醫院限制(稱為硬限制)外，另亦須儘量滿足護理人員需求(稱為軟限制)，除外，護理人員排班預排、領導與包班之特性，更減少排班者派班選擇彈性，增加排班困難度。因此，構建良好排班模式，不僅能減輕排班者負擔，更能提升護理人員對班表之滿意度。

本研究以署立新竹醫院某內科病房為個案，求解19至20位護理人員與6種班別之月班表，為能於合理時間內求解公平性班表，本研究將排班模式構建為兩階段模式。第一階段排休模式求解護理人員於排班期之休假日，第二階段派班模式求解非休假日之值班班別，並以ILOG OPL Studio 3.0軟體撰寫程式，於1.8GHz處理器上求解個案三個月之班表。兩階段模式約15分鐘內可求解符合全部硬限制之個案月班表，且公平性指標全距亦介於1至2天，結果與效率均優於實際班表，可提供有效之排班決策支援之工具。

關鍵字：護理人員排班、限制規劃法、兩階段模式

Abstract

For most service industries, the crew scheduling or rostering is a major concern of the management because the increasing cost of service professionals. Such service workforce includes transportation crews and hospital nurses, who usually cannot be replaced by automated technology. Nurse rostering problem (NRP) is a typical case of year-round service crew scheduling problems. Nurse rostering is difficult because the

scheduler has to consider that complex hard constraints (e.g. labor rules and hospital rules) and soft constraints (e.g. nurse preference rules). Moreover, hospitals in Taiwan require monthly rosters which include *a priori* voluntary shifts and the assignment of a leader for each shift. Such constraints seldom appear in literature, and thus make the problem more complicated. To tackle this problem, we proposed a two-phase approach to solve the offday scheduling and shift scheduling respectively. Using a real-world problem in Hisnchu General Hospital, which involved around nineteen to twenty nurses with six shift types in a month, as our case problem, we developed CP models to solve the problem. It is found that our results are significantly better than the actual rosters implemented by the case hospital.

Keywords : Nurse Rostering, Constraint Programming, Two-Phase Approach.

一、緒論

隨著經濟發展，人力成本亦不斷提高。對於若干無法以科技自動化取代的全年無休服務業(如運輸、醫療等)而言，人員排班確是一項重要的課題。護理人員排班為典型24小時全年無休之範例，亦為目前醫療單位均面臨之人員排班問題，排班者除需每月反覆產生護理人員值班班表外，合適之班表更能讓護理人員有適當休息時間，並有助於護理人員於醫療上之表現，故良好之護理人員排班模式，除能減輕排班者負擔外，更可增加護理人員之服務效率，提升醫院服務形象。於護理人員排班問題中，其排班除需符合基本法律與醫院規定外(稱為硬限制)，另亦需儘量滿足護理人員需求(稱為軟限制)，提高護理人員對班表之滿意度。此外，護理人員預排、領導與包班之特性，更減少排班者派班選擇彈性，增加排班之複雜度。於複

雜軟、硬限制與特殊因素之多重考慮下，護理人員排班即被視為高複雜度之組合搜尋問題。

護理人員排班問題，國內外已有許多學者對其進行研究與探討，以問題定義而言，可分為最佳化問題與限制滿足問題兩類。最佳化問題為目前最多學者所定義之問題型態，其求解可簡單分為最佳化演算法(Optimal Solution Algorithm)與啟發式演算法(Heuristic Algorithm)。最佳化演算法為在已知求解限制中，對問題目標求取可行解空間內最佳的一個解，相關學者如 Jaumard 等人[8]、Millar 與 Kiragu[11]、Miller 等人[12]、郭金青[21]。然而此法最主要面臨瓶頸為演算時間較長，對於大型護理人員排班問題往往需耗費較多求解時間，故為增加求解效率，一般對於實際或大型護理人員排班問題的處理為選擇合適的啟發式演算法，尋求一非最佳之可行解，常見的啟發式解法有禁制搜尋法(Tabu Search, TS)如 Berrada 等人[1]；基因演算法(Genetic Algorithm, GA)如莊凱翔[24]；與模擬退火法(Simulated Annealing, SA)如王裕元[16]。

另一類為限制滿足問題，隨著近十年電腦技術的快速發展，人工智慧開始重新被應用於求解高複雜度之問題中，且有良好之成效，如 Chun 等人[4]運用限制規劃法為香港醫院管理局開發護理人員派遣模組；Cheng 等人[5]利用限制規劃法與重複模式(Redundant Modeling)求解護理人員排班問題；Darmoni 等人[6]運用限制規劃法為法國 Rouen 大學醫院開發智慧型排班系統，其他如王國琛[15]、林詩芹[19]、唐依伶[20]亦運用限制規劃法求解排班問題。可知對需滿足複雜限制條件之實務排班問題，限制規劃能提供較佳且更接近實務之效用。

因此，有鑑於護理人員排班之重要性與限制規劃法之發展性，本研究即為探討國內護理人員排班問題，並以實際病房為個案對象，以限制規劃法構建其排班模式，並求解個案護理人員排班月班表。最後並與實際班表比較，驗證本研究模式於護理人員排班問題之可行性與效用。

二、護理人員排班問題

2.1 護理人員排班問題之特性

護理人員排班問題主要由護理人員、班別種類與排班期三者所構成，求解於滿足排班限制條件下，決定每日每位護理人員值何種班別

或每日每班別指派給哪幾位護理人員，並儘量滿足護理人員之需求。其相關特性如下：

1. 護理人員：

護理人員排班問題中，護理人員為一基本要素，除新進之護理人員外，每位護理人員可值任一值班班別。另外，依年資深淺，護理人員可分為 N_0 至 N_4 五種層級，其中 N_4 為最高層級，且層級低者不可取代層級高者。

2. 班別種類：

依時數計算，分工作班別與休假班別兩種：

(1) 工作班別除一般值班班別，通常為白班(D)、小夜(N)與大夜(M)三種外，另一為特殊工作班別，為排班者事先確定之特殊班別，可以 SW 簡單示之。

(2) 休假班別除法律給予之例假日休假，以 off 表示外，另一為法定給予特殊休假，可以 SO 簡單示之。

3. 排班期：

排班週期國內通常以月來計算，即排班為月班表。

4. 預排：

除上述三項排班基本要素外，通常護理人員排班尚有另一預排特性，其相關內容如下：

(1) 排班者預排護理人員特殊工作班別。

(2) 護理人員預排值班或休假：班別種類有 D、N、M、off 與 SO。

(3) 包班：若護理人員希望整月均值小夜或大夜，則可向排班者提出包小夜或包大夜要求。確定包班之護理人員整月值班班別均為包班之班別。

(4) 班別領導：對每一種值班班別(D、N 與 M)，需指派一名高層級之護理人員擔任班別領導，且班別領導整月值班班別均為領導之班別。

2.2 個案資料

個案署立新竹醫院創立於民國前十七年五月，目前此醫院仍以人工方式進行排班，本研究以一內科病房為個案對象，在已知護理人員資料、班別種類、排班期間護理人員需求、預排班別與休假、班別領導、包班護理人員與所需硬限制與軟限制情況下，求解個案整月班表。以下為個案五月相關資料。其他三月與四月份資料請參閱李俊德[18]。

1. 護理人員資料：於 94 年五月人力除護理長外，共有 20 名護理人員，分別為

7 名 N_4 護理人員(Nurse1 至 Nurse7)、

3 名 N₃ 護理人員(Nurse8 至 Nurse10)、
4 名 N₂ 護理人員(Nurse11 至 Nurse14)、
4 名 N₁ 護理人員(Nurse15 至 Nurse18)與
2 名 N₀ 護理人員(Nurse19 與 Nurse20)。

2. 班別種類包括

值班班別：白班(D)、小夜(N)與大夜(M)。
一般休假班別(off)。

特殊休假(SO)：為法律給予之產前假、產假、流產假、陪產假、婚假、喪假、病假、事假。

特殊預排班別(SW)：教育訓練、體檢、公差、公出、社區服務。

3. 排班期間護理人員需求數

白班每日需 6 名護理人員；

小夜班每日需 4 名護理人員；

大夜班每日需 3 名護理人員。

4. 預排班別與休假如表 1 所示。

表 1 五月預排班表資料

人員編號	預排休假期日期	預定班別日期
Nurse2	2、3、4、7、8、18、20	
Nurse5	5、6、7	
Nurse6	10、11、12、13	
Nurse7	7、8、9、10	
Nurse8	7、8、9	
Nurse9	2、7、8	6
Nurse11	2	
Nurse12	11、12、13、14、15	
Nurse13	14、15	
Nurse16	16、21	
Nurse18	2、20、21、22	
Nurse19	7、8	

5. 班別領導：

白班領導：Nurse2；小夜領導：Nurse8；
大夜領導：Nurse4。

6. 包班護理人員：

包小夜護理人員：Nurse13。

包大夜護理人員：Nurse10 與 Nurse11。

另外，對於新進護理人員，班別指派為第一個月均為白班。前兩星期值班時間為星期一至星期五，例假日休假，且不列入人力需求中，於兩星期後再將其列為人力需求之中。第二個月起即同一般護理人員，可值任一值班班別。

2.3 個案問題限制

1. 硬限制：

H1: 每日護理人員需求數

H2: 白班、小夜與大夜每日最少均需有一位 N₃ 以上層級之護理人員值班。

H3: 每位護理人員每週最少休假 1 天。

H4: 每位護理人員每週最多休假 5 天。

H5: 每位護理人員每兩週最少休假 4 天。

H6: 每位護理人員連續休假最多 5 天。

H7: 包小夜或包大夜之護理人員，於排班期間之值班天數最少需 15 天。

H8: 每位護理人員連續工作最多 6 天。

H9: 不得出現休假、值班、休假班別組合。

H10: 大夜隔日不接白班或小夜。

H11: 小夜隔日不接白班。

H12: 大夜後換白班，期間給予 1 天休假。

H13: 大夜後換小夜，期間給予 1 天休假。

2. 軟限制：

本個案問題軟限制主要為滿足公平性分配之目標。

S1: 休假天數平均分配給每位護理人員。

S2: 例假日休假天數平均分配給每位護理人員。

S3: 平均分配各值班班別天數給予未包班護理人員，其中未包班護理人員即非班別領導、非包班與非新進之護理人員。

三、模式構建

本研究個案排班週期為月，大於一般以週為排班期之研究，且在考量預排、班別領導、包班、所有硬限制與三項軟限制中，對個案排班進行模式構建與求解。於此排班期與複雜考量因素下，本研究問題規模與複雜度即高於一般以往之研究。為能有效於合理時間內求解個案月班表，並達到公平分配之目標，本研究將護理人員排班問題分成休假指派(排休模式)與值班班別指派(派班模式)兩階段求解，模式求解架構如圖 1 所示。

第一階段為排休限制滿足問題，此階段主要處理護理人員預先排休與排班期之休假日，除需符合休假之法規與部份工作規定外，另對護理人員期望之排班期休假天數與例假日休假數應先行計算以達平均分配，以儘量滿足此兩公平性因素。

第二階段為指派值班班別限制滿足問題，此階段除先輸入護理長預定班別資料外，另將配合第一階段所得護理人員休假時間，指派值班班別(白班、小夜、大夜)至每位護理人員班表之非休假日。此階段除須滿足值班限制外，另將平均分配各值班班別天數給予未包班護理人員，使護理人員有較公平之班表，提高對班表

之滿意度。

另外，若模式執行第二階段無法求解出可行解或因求解時間過長時，則返回第一階段重新求取另一組休假解，再放入第二階段求解，

$y_{dn} = \{work, off, swork, soff\}$ ，表將工作或休假班別指派給 d 天之護理人員 n 。其中護理人員數 n 值域為 $n \in \{1, \dots, N_s\}$ ；排班天數 d 值域為

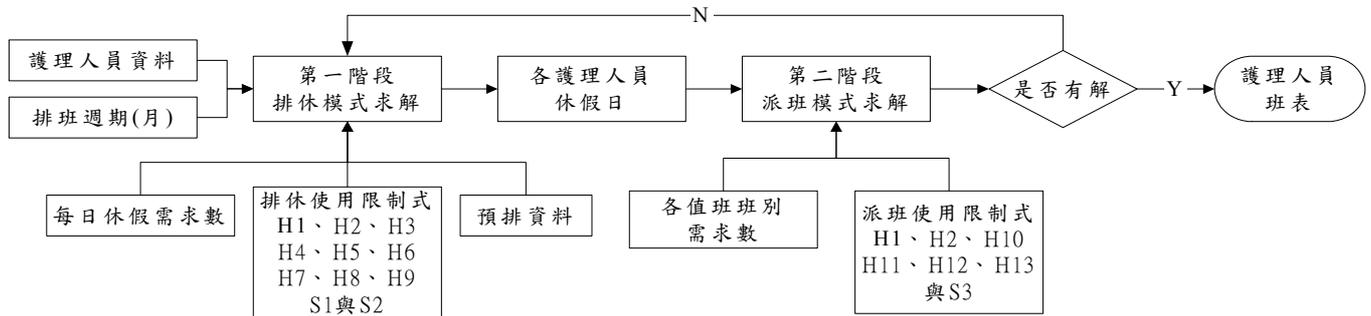


圖2 兩階段模式求解架構

確保模式之可執行性。

表 2 為本研究分階段模式求解之綜合說明，整理各階段之模式概述、模式執行所需輸入資料、與最後各階段所輸出之結果。其模式構建詳細內容請參閱李俊德[18]。

表 2 兩階段模式求解綜合說明

階段	模式概述	輸入資料	輸出結果
排休模式 (Offday Scheduling)	預先決定每位護理人員之休假時間，並探討總休假數與例假日總休假數，達到公平分配之目標。	人員數、天數、預排休假日日期、預定班別日期、每日休假需求。	休假日日期、總休假數、例假日總休假數
派班模式 (Shift Scheduling)	根據第一階段求解之休假日做為第二階段之輸入資料，並求解護理人員計畫期之值班班別。	人員數、天數、人員休假日日期、每日值班需求、包班護理人員、班別種類	人員班表、總休假數、例假日總休假數、白班總值班數、小夜總值班數、大夜總值班數

3.1 第一階段：排休(Offday Scheduling)模式

此階段模式求解主要包含兩部份，一為護理人員預排資料，另一為排班所需休假限制、工作限制與每日可休假護理人員數，利用此兩部分所構建出之限制滿足問題模式求解各護理人員排班期之休假時間、休假與例假日休假天數。其限制滿足問題模式設計如下：

1. 變數與值域：

本階段之限制滿足問題其決策變數為

$d \in \{1, \dots, D_s\}$ ；決策變數值 $work$ 表工作、 off 表休假、 $swork$ 表預排工作、 $soff$ 表預排休假。

2. 第一階段排休限制：

- C1: 排班者與護理人員預定工作班別。
- C2: 滿足護理人員預先排休之需求。
- C3: 滿足每日可休假護理人員數。
- C4: 每日工作之 N_3 以上層級之護理人員最少需五人。
- C5: 每週最少休假 1 天。
- C6: 每週最多休假 5 天。
- C7: 每兩週最少休假 4 天。
- C8: 連續休假不得超過 5 天。
- C9: 包小夜或包大夜護理人員排班期間值班天數不可少於 15 天。
- C10: 連續工作天數最多 6 天。
- C11: 不得出現休假、值班、休假班別組合。
- C12: 休假天數平均分配給每位護理人員。
- C13: 每位護理人員計畫期間例假日可休假天數。

3.2 第二階段：派班模式(Shift Scheduling)

第二階段主要為指派值班班別給予未包班護理人員，決定未包班護理人員於工作日需值何種值班班別。於此模式求解前，會預先將第一階段結果輸入限制式產生器，產生每位護理人員休假日與預排班別限制式，另對於領導、包班與新進之護理人員，因其值班班別為單一班別，故於確定休假日後，其它值班班別亦可確定，因此亦可由限制式產生器產生其之整月班表。所產生之限制式即當作預排限制放入模式中，進而求解未包班護理人員之整月班表。

1. 變數與值域：

本階段模式之決策變數類似第一階段，為

$x_{dn} = \{D, N, M, off, SW, SO\}$ ，表將值班、休假或特殊班別指派給 d 天之護理人員 n 。其中護理人員數 n 與排班天數 d 同第一階段，唯一差別為決策變數值， D 表白班、 N 表小夜、 M 表大夜、 off 表休假、 SW 表特殊工作班別、 SO 表特殊休假班別。

2. 第二階段派班限制：

- C14: 領導、包班、新進人員工作班別。
- C15: 護理人員休假日。
- C16: 白班需求人數。
- C17: 小夜需求人數。
- C18: 大夜需求人數
- C19: 白班每日最少需有 1 位 N_3 以上層級之護理人員。
- C20: 小夜每日最少需有 1 位 N_3 以上層級之護理人員。
- C21: 大夜每日最少需有 1 位 N_3 以上層級之護理人員。
- C22: 大夜隔日不接白班。
- C23: 大夜隔日不接小夜。
- C24: 小夜隔日不接白班。
- C25: 大夜後換白班，期間應給予 1 天休假。
- C26: 大夜後換小夜，期間應給予 1 天休假。
- C27: 未包班護理人員計劃期間白班可值班天數。
- C28: 未包班護理人員計劃期間小班可值班天數。
- C29: 未包班護理人員計劃期間大班可值班天數。

以上為兩階段模式之參數與各階段所需限制，其各階段限制與主問題限制對應如表 3 所示。

表 3 各階段限制式對應表

主問題	排休模式	派班模式
預排	C1、C2	C14、C15
H1	C3	C16、C17、C18
H2	C4	C19、C20、C21
H3	C5	--
H4	C6	--
H5	C7	--
H6	C8	--
H7	C9	--
H8	C10	--
H9	C11	--
H10	--	C22、C23
H11	--	C24
H12	--	C25
H13	--	C26

S1	C12	--
S2	C13	--
S3	--	C27、C28、C29

四、個案問題求解與結果分析

本研究以 ILOG OPL Studio 3.0 軟體撰寫程式並於 1.8G Hz 處理器求解個案三月至五月班表。第一階段排休模式約 1 分鐘內可求解出護理人員休假表，第二階段則約 10 分鐘內可求出護理人員月班表。依據與排班者訪談得知目前個案病房人工排班需花費約半天之時間，相較之下，本模式可在短時間內求解出個案病房之月班表，求解效率上已大幅提升。

另外結果分析主要分硬限制違反程度與軟限制公平性指標兩類來探討本模式之成效。於硬限制中，實際班表共出現三類違反限制之情況，分別為兩週休假最少四天之法規(H5)，違反次數依月份順序為 10 次、4 次與 1 次；於休假、工作、休假之班別組合(H11)中，實際班表亦違反 5 次、3 次與 6 次；於包班護理人員值班期間，除每月之第一天需考慮與前月班表銜接外，其他天數出現非包班之班別，依月份分別為 2 天、1 天與 1 天。故此三項限制於實際班表之平均違反次數分別為 5 次、5 次與 1.3 次，可知在考慮複雜限制下，以人工排班欲滿足全部硬限制為相當困難，相較於本研究，因限制已列為求解限制之一，故結果不會有違反規定之狀況。

而在公平性指標中，本研究以總休假數、例假日總休假數、與未包班護理人員之白班總值班數、小夜總值班數與大夜總值班數五項公平性指標判斷班表是否達到預期之目標，並與實際班表比較結果。以實際班表而言，除總休假數與例假日總休假數平均全距為 3 天外，其他三項值班班別分配較不平均，最大最小天數差距每月均差異相當大，平均全距分別為 9 天、8 天、6 天，可知人工排班對班別平均分配之因素較難滿足。相較於本研究，除利用動態搜尋指派機制外，另加上範圍值輔助求解，故可於短時間內求解平均分配之結果，其平均全距均介於 1 至 2 天間，故本研究模式較實際班表更能達到公平分配之目標。

由上述結果可知，以排班者而言，排班時除需考慮複雜限制外，另亦須儘量滿足護理人員之要求，在如此複雜之條件與需求中，排班者需耗費相當大之心力與時間於每月手排護理人員班表，但因問題複雜，故排班結果並無法

完全符合所有硬限制與護理人員之需求。但若以電腦排班，配合現在電腦快速的運算速度，除能短時間內求解出滿足所有硬限制之班表外，亦可滿足護理人員之公平分配之目標。對需考慮複雜限制與護理人員需求之護理人員排班問題，本研究之模式可提供一護理人員排班之參考。

六、結論與建議

本研究以典型全年無休服務業—護理人員排班為例，以限制規劃法構建兩階段排班模式求解護理人員排班問題，並以實際病房為個案，測試本研究模式。茲整理相關結論如下。

1. 本研究以限制規劃法求解護理人員排班問題，突破國內以往利用數學規劃構建護理人員排班模式，並利用兩階段求解法與重複限制式提升求解效率；2. 除能於 15 分鐘內求解符合全部硬限制之月班表外，於公平性指標結果亦較實際班表更能達到平均分配之目標，驗證本模式與護理人員排班問題之效用；3. 於測試個案三個月之班表，驗證限制規劃法對於每月排班之不同需求，較容易對排班模式進行修改與求解。

此外，由於本研究為二階段模式求解，雖可提升求解效率與休假公平分配，但其缺失為第一階段即固定休假日日期，使第二階段求解時，指派值班班別之彈性降低，可能造成護理人員需經常換班之情形，且因本研究為單月排班，於模式中並未考慮前後月班別連接、清假與補假之機制，建議後續研究除可探討將兩階段整合為一階段求解，或針對兩階段模式缺失加以探討，進而降低換班率外，另可將其建置為一決策支援系統，紀錄每月工作與休假時數，並建立前後月連接機制，使排班班表更符合實際需求。

誌謝

承蒙署立新竹醫院張景年院長、李綉彩護理主任、黃秋明護理長與多位護理人員之協助提供本研究個案資料使本研究得以順利完成，謹誌謝忱。

參考文獻

1. Berrada, I., J. A. Ferland, and P. Michelon (1996), "A multi-objective approach to nurse scheduling with both hard and soft constraints," *Socio-Economic Planning*

Science 30, pp.183-193.

2. Brailsford, S. C., C. N. Potts, and B. M. Smith (1999), "Constraint Satisfaction Problems: Algorithms and Applications," *European Journal of Operational Research* 119, pp. 557-581.
3. Cheang, B., H. Li, and A. Lim (2003), "Nurse rostering problems – a bibliographic survey," *European Journal of Operational Research*, Vol. 151, pp. 447-460.
4. Chun, H. W., H. C. Chan, P. S. Lam, M. F. Tsang, J. Wang and W. M. Yeung (2000), "Nurse Rostering at the Hospital Authority of Hong Kong," In *Proceedings of AAAI/IAAI Conference*.
5. Cheng, B. M. W., J. H. M. Lee, and J. C. K. Wu (1997), "A nurse rostering system using constraint programming and redundant modeling," *IEEE Transactions in Information Technology in Biomedicine*, Vol. 1, pp. 44-54.
6. Darmoni, S. J., A. Fajner, N. Mahé, A. Leforestier, M. Vondracek, O. Stelian and M. Baldenweck (1995), "Horoplan: Computer-Assisted Nurse Scheduling Using Constraint Based Programming," *Journal of the Society for Health Systems*, Vol. 5, No. 1, pp. 41-54.
7. Hare, D. R., and B. C. Kelowna (1998), "Staff scheduling with ILOG Solver", In *Proceedings of INFORMS National Meeting Conference*.
8. Jaumard, B., F. Semet, and T. Vovor (1998), "a generalized linear programming model for nurse scheduling," *European Journal of Operational Research* 107, pp. 1-18.
9. Lustig, I. J. and J. F. Puget (2001), "Program Does Not Equal Program: Constraint Programming and Its Relationship to Mathematical Programming," *Interfaces*, Vol. 31, No. 6, pp. 29-53.
10. Kusumoto, S. (1996), "Nurse scheduling system using ILOG Solver", In *Proceedings of the Second ILOG Solver and Scheduler Users Conference*. Paris:ILOG.
11. Millar, H., and M. Kiragu (1998), "Cyclic and non-cyclic scheduling of 12h shift nurses by network programming," *European Journal of Operational Research* 104, pp. 582- 592.
12. Miller, H. E., P. William, and J. R. Gustave (1976), "Nurse scheduling using mathematical programming," *Operations Research* 24(5), pp. 857-870.

13. Soft constraints in the nurse Rostering problem, Full description of all the constraint types in use in Plane System, February 6, 2001. Available from <<http://www.cs.nott.ac.uk/~gvb/constraints.ps21>>
14. Wang, Y. C., and H. W. Chun (2003), "Nurse rostering using constraint programming and meta-level reasoning," *IEA/AIE 2003*, pp. 712-721.
15. 王國琛 (2002), 「結合限制規劃與數學規劃求解大型後艙空勤組員排班問題」, 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
16. 王裕元 (2003), 「應用多目標決策模式建立護理人員排班方法之研究」, 屏東科技大學工業管理系碩士論文。
17. 李麗傳 (1994), 「排班」, 護理行政與病室管理, 華杏出版公司。
18. 李俊德 (2005), 「以限制規劃法求解全年無休人員排班問題之研究—以護理人員排班為例」, 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
19. 林詩芹 (2003), 「以限制規劃構建全年無休服務人員排班模式—以客服人員排班為例」, 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
20. 唐依伶 (2003), 「以限制規劃求解公平性空服組員派遣問題—以座艙長為例」, 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
21. 郭金青 (1996), 「整數目標規劃應用於護士排班之個案研究」, *國立中正大學企業管理研究所碩士論文*。
22. 郭妮吟 (2002), 「整數目標規劃應用於護理人力—以中部某醫院附設護理之家為例」, *中國醫藥學院醫務管理研究所碩士論文*。
23. 高建元 (1994), 「護理人員之排班研究」, *國立台灣科技大學管理技術研究所碩士論文*。
24. 莊凱翔 (2001), 「求解護理人員排班最佳化之研究—以遺傳演算法求解」, *國立成功大學工業管理學系碩士論文*。
25. 劉光宗 (2001), 「數位化護理人員排班系統之研究」, *國立東華大學企業管理學系碩士論文*。