

兩階段限制規劃模式求解護理人員輪值問題

Nurse Rostering Using Two-Phased Constraint Programming Models

韓復華 Anthony F. Han

李俊德 Chun-Te Li

國立交通大學運輸科技與管理學系

Department of Transportation Technology & Management, National Chiao Tung University

(Received January 26, 2006; Final Version August 14, 2006)

摘要：護理人員每月輪值排班的決策是目前醫院均面臨的重要問題之一，輪值班表結果之良窳攸關護理服務的品質與人員工作的士氣。護理人員的輪值 (Rostering) 決策是屬於 NP-hard 的高複雜度問題，傳統有關護理人員輪值問題的研究，大都把問題定式為一個最佳化的模式 (Optimization Model) 來求解。但實際上護理人員的輪值問題，除了要滿足有關各種法律與醫院等「硬限制」條件外，亦需儘量滿足員工個人偏好等「軟限制」條件。因此，本研究將護理人員輪值視為限制滿足問題 (Constraint Satisfaction Problem)，並建立「排休」與「派班」兩階段限制規劃(Constraint Programming)模式依序求解；並以署立新竹醫院某內科病房為個案，於個人電腦上執行求解 20 位護理人員與 6 種班別之月班表。與實際班表比較發現，本研究結果在求解效率與限制滿足程度兩方面均有優越之處，顯示本文建立之限制規劃模式具實際應用價值。

關鍵詞：護理人員輪值、限制滿足問題、限制規劃法

* 本研究部分承國家科學委員會 (編號NSC93-2211-E009-027) 計畫補助，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個案資料，使本研究得以順利完成，謹誌謝忱。

Abstract : Nurse rostering is a NP-hard problem because of the very complicated hospital constraints and nurse preferences involved in the problem. In this paper, we formulated the problem as a CSP (Constraint Satisfaction Problem) and developed CP (Constraint Programming) models to solve it. A two-phase heuristic approach is proposed to first solve the offday scheduling and then the shift scheduling sequentially. We applied our models to a real-world medical ward in Hisnchu General Hospital, and successfully generated a full-month timetable in less than 10 minutes. It is found our results are better than the timetables previously used by the hospital in many ways. CP-generated timetables not only can fully satisfy all the hard constraints, but also provide excellent fairness among nurses.

Keywords : Nurse Rostering, Constraint Satisfaction Problem, Constraint Programming

1. 緒論

護理人員每月輪值排班的決策是目前醫院均面臨的重要問題之一，輪值班表結果之良窳攸關護理服務的品質與人員工作的士氣。因此，本研究即針對護理人員的輪值問題進行研究，並構建有效率與限制滿足程度高之護理人員輪值模式。

護理人員輪值 (Nurse Rostering) 問題自1970年代 (Miller *et al.*, 1976) 即被探討，已被歸屬為高難度NP-hard的問題型態 (Aickelin and Dowsland, 2001; Valouxis and Housos, 2000)。以定式 (formulation) 模式區分，可分為最佳化問題與限制滿足問題兩類模式。最佳化模式 (Optimization Model) 為目前最多學者所構建之輪值模式，早期在求解護理人員輪值問題多為利用最佳化演算法 (Optimal Solution Algorithm) (郭金青，民85；郭妮吟，民91；劉光宗，民90；Jaumard *et al.*, 1998；Millar and Kiragu, 1998；Miller *et al.*, 1976)，但隨著問題複雜度的增加，最佳化演算法的效率已不敷需求。為加快求解效率，近來求解此問題則為設計適合的啟發式演算法 (Heuristic Algorithm) 來增加求解效率 (王裕元，民92；莊凱翔，民90；Aickelin and Dowsland, 2001；Berrada *et al.*, 1996)。雖然護理人員輪值問題已有許多探討，但因排班考慮因素眾多，使用最佳化模式仍無法有效應用於實務排班。

護理人員輪值問題為決定每位護理人員每月的輪值班表，並滿足複雜法律與醫院的硬限制條件 (Hard Constraints) 與儘量滿足個人偏好之軟限制條件 (Soft Constraints)。由於護理人員為典型全年無休服務業，排班不同於一般有固定休假日的人員排班問題，因此適當的輪班、休假與公平的班表對護理人員即相當重要。另外，除一般工作與休假的硬、軟限制外，國內護理人員輪值問題尚須考慮班別領導、預排、包班的排班因素。故於此複雜的限制條件考慮下，本研究即將護理人員輪值問題視為限制滿足問題 (Constraint Satisfaction Problem, CSP)。

限制滿足問題的求解法為限制規劃法 (Constraint Programming, CP)，屬人工智慧的一環。隨著近十年電腦運算技術的快速提昇，限制規劃開始重新被應用於求解高複雜度之問題中，主要為探討具有眾多限制與目標不明顯之特性的問題，且有良好的成效。如Chun *et al.* (2000) 運用限制規劃法為香港醫院管理局開發護理人員輪值模組；Cheng *et al.* (1997) 利用限制規劃法與重複模式 (Redundant Modeling) 求解護理人員輪值問題；Darmon *et al.* (1995) 運用限制規劃法為法國Rouen大學醫院開發智慧型排班系統；Kusumoto (1996) 運用限制規劃方法為日本東京之東邦大學醫院開發一套智慧型排班系統ProAINUS；Wang and Chun (2003) 利用元級推理 (meta-level reasoning) 改善護理人員限制規劃排班模式。其他如Hare and Kelowna (1998)、王國琛 (民91)、林詩芹 (民92)、唐依伶 (民92) 亦運用限制規劃法求解航空、客服等人員排班與輪值問題。

國外對護理人員輪值問題已有許多研究，甚至有醫院導入排班系統，但因國外護理人員輪值的考量與國內不盡相同，輪值週期亦有差異，因此，國外所開發的系統與模式並無法直接應用於國內護理人員輪值問題上。另外，雖然國內亦有探討護理人員輪值問題，但因排班限制未詳盡考慮，因此亦無法應用於實務排班。有鑒於此，本研究即針對國內護理人員輪值問題，建立兩階段限制規劃模式。除一般法律與醫院規定外，本研究亦考慮護理人員包班與預排之特性，探討過去文獻未曾探討的班別領導因素，並以實際病房為個案求解其護理人員月輪值班表。最後與實際班表比較，分析本研究模式之求解效率與限制滿足程度，驗證限制規劃於護理人員輪班問題之效率與效用，提供國內醫院一輪值模式之參考。

本文首先於第二節探討護理人員輪值問題特性與國內護理人員輪值所考慮之排班規則；第三節探討限制規劃模式建構與個案介紹；第四節探討第一階段排休模式構建與模式求解結果；第五節探討第二階段派班模式構建與護理人員輪值班表結果；第六節進行模式求解結果分析與比較；最後提出本研究之結論與建議。

2. 護理人員輪值問題特性

護理人員輪值問題為在固定人力與考量複雜排班限制下，決定每月護理人員輪值班表，並儘量滿足護理人員的期望。有關國內護理人員輪值相關資料與所需限制條件整理如下：

(1) 護理人員：為排班基本要素之一，相關資料如下：

1) 護理人員編號。

2) 層級(Level)：依年資深淺，通常分為 N_0 至 N_4 五種層級，其中 N_4 為最高層級。

3) 可值班班別：除新進、領導與包班護理人員為值某固定班別外，其他護理人員於輪值期內可值任一值班班別。

(2) 班別種類：除一般值班與休假班別外，本研究另考慮特殊工作班別與特殊休假，相關班別與代碼如下：

- 1) 值班班別：白班(D)、小夜班(N)與大夜班(M)。
 - 2) 一般休假班別(off)：為法律每月給予之例假。
 - 3) 特殊休假(SO)：屬預排班別種類，指法律給予之婚假、喪假、病假與事假。產前假、產假、流產假、陪產假因為長時間休假，為簡化模式複雜度，故本研究暫不考慮。
 - 4) 特殊工作班別(SW)：屬預排班別種類，為排班者事先決定護理人員之特殊工作班別，如教育訓練、體檢、公差、公出、社區服務等。
- (3) 輪值期：國外文獻探討大多以週班表為主(Berrada *et al.*, 1996; Cheng *et al.* 1997; Millar and Kiragu, 1998)，而國內輪值週期通常為月，即月班表。
- (4) 預排資料：本研究所指之預排資料為經排班者同意的預排班表，即排班時必須滿足之資料。相關預排資料如下：
- 1) 排班者預排護理人員特殊工作班別(SW)。
 - 2) 護理人員預排值班或休假班別：護理人員若於某天有要事，可向排班者預先申請值班或休假班別。若排班者同意護理人員之要求，排班時則一定要滿足預排之限制。通常預先排班之種類有 D、N、M、off 與 SO。
 - 3) 班別領導：為以往文獻未曾探討過的排班因素。即對每一種值班班別(白班、小夜班與大夜班)，各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。
 - 4) 包班：若護理人員希望整月均值小夜班(N)或大夜班(M)，可向排班者提出包小夜班或包大夜班要求。確定包班護理人員整月值班班別均為包班之班別。
 - 5) 新進護理人員之值班班別：新進護理人員需有一段熟悉病房事務之實習期，其值班班別為固定同一班別，且實習期之護理人員人力不列入實際人力需求中。經排班者認可後，始可列入正式人力。
- (5) 排班限制：

排班限制分為「硬限制」與「軟限制」兩類，硬限制代表一定要滿足、不可違反之限制條件，通常為法律與醫院規定；軟限制則表護理人員期望，於排班考慮中應儘量滿足但不一定要滿足之限制條件。本研究參考國內文獻與國外整理之排班限制(Cheang *et al.*, 2003)，並訪談排班者與護理人員相關考慮因素，整理出符合國內護理人員輪值考慮的硬限制與軟限制條件，分述如下。

1) 排班硬限制：

a. 預排需求

- H1: 預排工作班別：為排班者預排特殊工作班別給予護理人員與經排班者同意之護理人員預排值班班別的日期。
- H2: 預排休假：經排班者同意之護理人員預排休假的日期。
- H3: 領導：經排班者指派擔任領導之護理人員。

H4: 包班：經排班者同意之可包班護理人員。

H5: 新進人員：由排班者決定工作班別與實習時間。

b. 人員需求

H6: 每日白班(D)護理人員需求數。

H7: 每日小夜班(N)護理人員需求數。

H8: 每日大夜班(M)護理人員需求數。

H9: 每日白班(D)資深護理人員需求數。

H10: 每日小夜班(N)資深護理人員需求數。

H11: 每日大夜班(M)資深護理人員需求數。

c. 法規限制：

H12: 每兩週休假最少 4 天。(勞基法第三十條)

H13: 每週休假最少 1 天。(勞基法第三十條與第三十六條)

d. 工作考慮因素

H14: 每位護理人員一天只能值一班別。

H15: 每星期工作最少 2 天。

H16: 連續三天不得出現休假、工作、休假班別組合。

H17: 連續值班天數最多 6 天。

H18: 大夜班後隔日不接白班

H19: 大夜班後隔日不接小夜班。

H20: 小夜班後隔日不接白班。

e. 休假考慮因素

H21: 連續休假天數最多 5 天。

2) 排班軟限制：

a. 休假考慮因素

S1: 休假天數平均分配給每位護理人員。

S2: 於例假日的休假天數平均分配給每位護理人員。

b. 工作考慮因素

S3: 平均分配各值班班別天數給予需輪值之護理人員。其中需輪值之護理人員即不屬於班別領導、包班或新進的護理人員。

由上述護理人員輪值特性可知，護理人員輪值問題並無明顯目標式，而為求解滿足複雜限制之問題，故此問題之特性屬限制滿足問題。故本研究即利用限制規劃法求解護理人員輪值班表。

3. 限制規劃模式建構與個案資料描述

3.1 兩階段限制規劃求解架構

護理人員輪值問題屬典型的休假值勤排班問題，為人員排班型態中最複雜的一種（王勇華，民82）。因此，為求解此複雜之排班問題，本研究把護理人員輪班問題分成排休與派班兩個子問題。在已知護理人員基本資料、班別種類、輪班期與預排資料下，利用兩階段限制規劃模式分別求解滿足硬限制與軟限制的護理人員休假日與執勤班別。求解架構如圖1所示，其相關內容分述如下。

第一階段為「排休」(Offday Scheduling) 的限制滿足問題，此階段主要為處理護理人員預先排休與每位護理人員排班期內之休假天數。於此階段模式除需考慮符合休假法規與部份工作規定外，另對護理人員排班期內總休假天數與於例假日的休假總天數亦先行考慮平均分配，以滿足公平休假軟限制。限制條件如圖1排休使用限制條件所列，各條件內容如前節所定義。除外，於排休模式中，亦可產生多組休假可行解，避免第二階段無解的狀況發生。

第二階段為「派班」(Shift Scheduling) 的限制滿足問題，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之護理人員休假日期，指派值班班別（白班、小夜班與大夜班）至每位護理人員班表中非預排與非休假之日期。此階段除須滿足值班限制外，另需平均分配各值班班別天數給予需輪值的護理人員，使護理人員有較公平之班表，提高對班表之滿意度，限制條件如圖1派班使用限制條件所列。於此階段亦可產生多組輪班可行解，增加排班者決定輪班表之選擇。

若當模式在執行第二階段無法求解出可行解或求解時間過長時，則返回第一階段選擇另一組休假可行解，再將另一組休假可行解讀入第二階段派班模式中求解。以此循環的方式，找到護理人員輪值班表，確保模式之可執行性。

兩階段模式內容彙整如表1所示，模式概述為簡述各階段之問題與目的，輸入資料即為執行各模式時所需預先輸入的相關資料，輸出結果則表各階段求解所顯示的結果。以排休模式為例，此模式為探討護理人員休假時間的問題，其目的為求解每位護理人員的休假日，並達到公平分配休假數的目標。而在執行排休模式前，需預先輸入護理人員資料、輪值期的天數、護理人員預排休假與預定班別之日期與每日休假需求數共五項資料。且會求得並顯示護理人員休假日期、每位護理人員總休假數與每位護理人員總例假日休假數之結果。

表2為兩階段限制規劃模式之限制條件與限制滿足問題限制條件的對應表。主要為說明排休模式與派班模式兩個子問題所使用的限制與主問題限制之間關係，其中，**H**為限制滿足問題之硬限制條件；**S**為限制滿足問題之軟限制條件；**C**為兩階段限制規劃模式之限制條件。

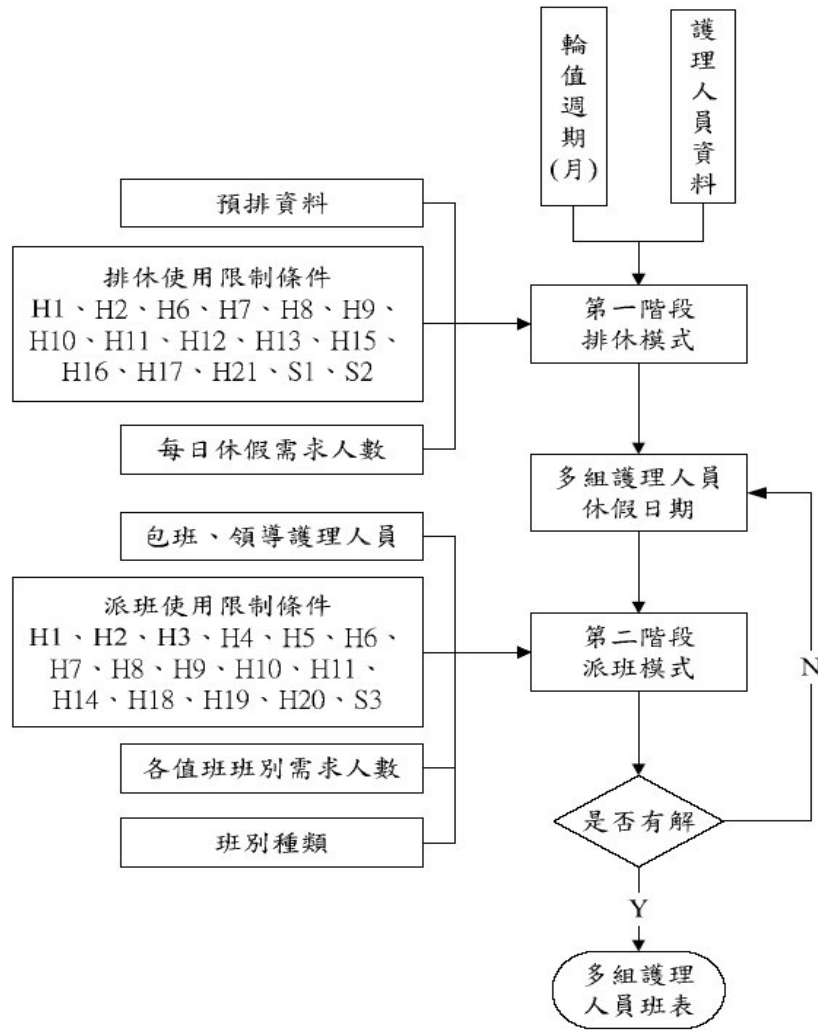


圖1 兩階段限制規劃模式求解架構

表 1 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 Model)	為一排休問題。預先決定每位護理人員之休假時間，並探討休假數與例假日休假數，達到休假公平分配之目標。	護理人員資料、 輪值天數、 預排休假期日期、 預定班別日期、 每日休假需求數。	護理人員休假期日期、 總休假數、 總例假日休假數。
派班模式 (Shift Scheduling Model)	為一派班問題。根據第一階段求解之休假期做為第二階段之輸入資料，並求解每位護理人員計畫期之值班班別。	護理人員資料、 輪值天數、 班別種類資料、 人員休假期日期、 各班別需求人數、 領導護理人員、 包班護理人員、 新進護理人員。	護理人員班表、 總休假數、 總例假日休假數、 白班值班數、 小夜值班數、 大夜值班數。

表 2 各階段限制式對應表

限制分類	CSP問題限制	排休CP模式	派班CP模式
預排需求	H1	C1	C13
	H2	C2	C13
	H3	--	C13
	H4	--	C13
	H5	--	C13
人員需求	H6	C3	C14
	H7	C3	C15
	H8	C3	C16
	H9	C4	C17
	H10	C4	C18
	H11	C4	C19
法規限制	H12	C5	--
	H13	C6	--
工作考慮因素	H14	--	變數設計已滿足
	H15	C7	--
	H16	C8	--
	H17	C9	--
	H18	--	C20
	H19	--	C21
	H20	--	C22
休假考慮因素	H21	C10	--
軟限制條件	S1	C11	--
	S2	C12	--
	S3	--	C23
第一階段休假結果匯入	--	--	C13

3.2 模式使用參數

本節為探討排休與派班模式所需使用之相關參數，提供個案與模式之對應，其使用參數定義如下：

I	護理人員集合
I^D	白班領導或實習白班之護理人員 ($I^D \subset I$)
I^N	小夜班領導、包小夜班或實習小夜班之護理人員 ($I^N \subset I$)
I^M	大夜班領導、包大夜班或實習大夜班之護理人員 ($I^M \subset I$)
I^R	需輪值班別的護理人員，不包含領導、包班與實習護理人員 ($I^R \cap (I^D \cup I^N \cup I^M) = \phi$)
T	輪班日期集合

T^W	表國定假日與例假日 ($T^W \subset T$)
S_{nd}	護理人員 n 於第 d 日預排休假或工作班別($n \in I, d \in T$)
D_demand_d	第 d 日白班需求人數($d \in T$)
N_demand_d	第 d 日小班夜每日需求人數($d \in T$)
M_demand_d	第 d 日大夜班每日需求人數($d \in T$)
SW_demand_d	第 d 日預排特殊工作班別人數($d \in T$)
$D_new_nurse_d$	第 d 日白班實習人數($d \in T$)
$N_new_nurse_d$	第 d 日小夜班實習人數($d \in T$)
$M_new_nurse_d$	第 d 日大夜班實習人數($d \in T$)
off_nurse_d	第 d 日可休假護理人員數($d \in T$)。其定義為 $ I - (D_demand_d + N_demand_d + M_demand_d + D_new_nurse_d + N_new_nurse_d + M_new_nurse_d + SW_demand_d)$
$D_level_demand_d$	第 d 日白班資深護理人員數需求數($d \in T$)
$N_level_demand_d$	第 d 日小夜班資深護理人員數需求數($d \in T$)
$M_level_demand_d$	第 d 日大夜班資深護理人員數需求數($d \in T$)
$Level_demand_d$	第 d 日需值班之資深護理人員數($d \in T$)。約為白班、小夜班、大夜班資深護理人員需求數之兩倍，定義如下： $(D_level_demand_d + N_level_demand_d + M_level_demand_d) \times 2$
off_{min}	輪班期最少休假天數。為確保每位護理人員休假數最少能有輪班期的平均休假數，故取休假平均值的整數下界作為休假最小值。定義為 $\lfloor (\sum_d off_nurse_d) / I \rfloor$ 。
off_{max}	輪班期最多休假天數。取上界值主要可縮小搜尋解空間，經測試後，以休假下界值加3最具求解效率。定義為 $off_{min} + 3$ 。
D_{min}	輪班期最少白班值班天數。取每日白班需求扣除全月值白班人員當日為白班的總和除以需輪值班別人數減1之整數下界，定義如下 $\lfloor (\sum_d (D_demand_d - \sum_{n \in I^D} ((x_{nd} = D)))) / I^R - 1 \rfloor$ 。因白班值班數受休假日與換班班別的影響，經測試後，以整數下界減1最具求解效率。
D_{max}	輪班期最多白班值班天數。同 off_{min} ，定義為 $D_{min} + 3$ 。
N_{min}	輪班期最少小夜班值班天數。同 D_{min} ，取每日小夜需求扣除全月值小夜人員當日為小夜的總和除以需輪值班別人數減1之整數下界。定義為 $\lfloor (\sum_d (N_demand_d - \sum_{n \in I^N} ((x_{nd} = N)))) / I^R - 1 \rfloor$ 。
N_{max}	輪班期最多小夜班值班天數。同 off_{min} ，定義為 $N_{min} + 3$

表4 五月預排班表(S_{nd})

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二
Nurse1																															
Nurse2		OFF	OFF	OFF			OFF	OFF									OFF			OFF											
Nurse3																															
Nurse4																															
Nurse5					OFF	OFF	OFF																								
Nurse6											OFF	OFF	OFF	OFF																	
Nurse7							OFF	OFF	OFF	OFF																					
Nurse8							OFF	OFF	OFF																						
Nurse9		OFF				D	OFF	OFF																							
Nurse10																															
Nurse11		OFF																													
Nurse12												OFF	OFF	OFF	OFF	OFF															
Nurse13														OFF	OFF																
Nurse14																															
Nurse15																															
Nurse16																OFF						OFF									
Nurse17																															
Nurse18		OFF																				OFF	OFF	OFF							
Nurse19							OFF	OFF																							
Nurse20																															

4. 排休 (Offday Scheduling) 模式分析

此階段限制滿足問題為在已知護理人員、輪值天數、每日可休假需求與預排資料下，求解滿足預排、人力需求、工作休假與休假公平性限制的護理人員休假班表。其限制規劃模式構建如下：

4.1 決策變數與值域

$$y_{nd} \in \{work, off, swork, soff\} \quad n \in I, d \in T$$

上式表護理人員 n 於第 d 天指派工作或休假班別，記為 y_{nd} 。其中 n 屬護理人員集合 I ； d 屬輪值日期集合 T 。變數值域包括四個值，分別為 $y_{nd} = work$ 表護理人員 n 第 d 天為工作； $y_{nd} = off$ 表護理人員 n 第 d 天為休假； $y_{nd} = swork$ 表護理人員 n 第 d 天為預排特殊工作與 $y_{nd} = soff$ 表護理人員 n 第 d 天為預排特殊休假。

4.2 限制式構建

(1) 排班者與護理人員預排班別：利用限制式產生器讀取預排資料 S_{nd} ，並將之轉換為限制式放入模式中求解。

C1: 排班者與護理人員預定工作班別。本項條件對應第二節所述限制滿足問題的 H1 限制，即在確定排班者預先指派護理人員特殊工作班別或護理人員預定工作班別之限制。以預定工作為例，若護理人員 n 於第 d 天預排白班、小夜班或大夜班，則 $y_{nd} = work$ ，限制定義如下：

$$y_{nd} = work \quad \text{若 } S_{nd} = D \vee S_{nd} = N \vee S_{nd} = M \quad (1)$$

上式中符號“ \vee ”表“或”，即前後兩者只需其一成立即可。

同理，預定特殊工作班別亦可定義如下：

$$y_{nd} = swork \quad \text{若 } S_{nd} = SW \quad (2)$$

以下各項限制規劃模式之限制與原限制滿足問題之限制對應如表2。

C2: 滿足護理人員預先排休之需求。對應 H2 限制，為確定護理人員預排休假之限制，同 C1 限制，其定義如下：

$$y_{nd} = off \quad \text{若 } S_{nd} = off \quad (3)$$

$$y_{nd} = soff \quad \text{若 } S_{nd} = SO \quad (4)$$

(2) 護理人力需求條件

C3: 滿足每日可休假護理人員數 off_nurse_d 。由 H6 至 H8 限制與預排特殊工作人數換算而得，為限制每日可休假護理人員數。即每日休假或預排休假之護理人員數總和等於可休假護理人員數 off_nurse_d ，定義如下：

$$\sum_n ((y_{nd} = off \vee y_{nd} = soff)) = off_nurse_d \quad \forall d \in T \quad (5)$$

上式中 $((...))$ 為邏輯運算，用以判斷敘述 $(...)$ 是否為真，並轉為數值加以計算，定義如下：

$$((...)) = \begin{cases} 1 & \text{if } \dots \text{ 爲真} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

C4: 滿足每日工作之資深護理人員數 $Level_demand_t$ 。由 H9 至 H11 限制轉換而得。因病房會要求各值班班別之最少資深護理人員數，因此為避免第一階段過多資深護理人員休假，導致第二階段無解，故需加上此一限制。本研究之個案白班、小夜班與大夜班最少各需一名 N_3 層級以上之護理人員，故每日至少需 N_3 層級以上之護理人員 $Level_demand$ 人，定義如下：

$$\sum_{n|n_{level} \geq 3} ((y_{nd} = work)) \geq Level_demand_d \quad \forall d \in T \quad (7)$$

(3) 法規、工作與休假限制

C5: 每兩週最少休假 4 天。對應 H12 限制，以每月的頭兩週 ($d=1$ 至 $d=14$) 為例，每位護理人員指派休假與特殊休假的天數總和應大於 4，定義如下：

$$\sum_{d \in \{1, \dots, 14\}} ((y_{nd} = off \vee y_{nd} = soff)) \geq 4 \quad \forall n \in I \quad (8)$$

同理，每月的次兩週 ($d=8$ 至 $d=21$) 與末兩週 ($d=15$ 至 $d=28$) 之限制，亦可定義如下：

$$\sum_{d \in \{8, \dots, 21\}} ((y_{nd} = off \vee y_{nd} = soff)) \geq 4 \quad \forall n \in I \quad (9)$$

$$\sum_{d \in \{15, \dots, 28\}} ((y_{nd} = off \vee y_{nd} = soff)) \geq 4 \quad \forall n \in I \quad (10)$$

C6: 每週最少休假 1 天。對應 H13 限制，以每月的第一週 ($d=1$ 至 $d=7$) 為例，每位護理人員指派休假或特殊休假天數總和應大於 1，定義如下：

$$\sum_{d \in \{1, \dots, 7\}} ((y_{nd} = off \vee y_{nd} = soff)) \geq 1 \quad \forall n \in I$$

同理，每月的第兩週($d=8$ 至 $d=14$)、第三週($d=15$ 至 $d=21$)與第四週($d=22$ 至 $d=28$)之限制，亦可定義如下：

$$\sum_{d \in \{8, \dots, 14\}} ((y_{nd} = \text{off} \vee y_{nd} = \text{soff})) \geq 1 \quad \forall n \in I \quad (11)$$

$$\sum_{d \in \{15, \dots, 21\}} ((y_{nd} = \text{off} \vee y_{nd} = \text{soff})) \geq 1 \quad \forall n \in I \quad (12)$$

$$\sum_{d \in \{22, \dots, 28\}} ((y_{nd} = \text{off} \vee y_{nd} = \text{soff})) \geq 1 \quad \forall n \in I \quad (13)$$

C7: 每週最多休假 5 天。對應 H15 限制，每護理人員每週最少工作兩天即為指派休假與特殊休假天數總和應小於 5。同 C6 限制，四週之限制可定義如下：

$$\sum_{d \in \{1, \dots, 7\}} ((y_{nd} = \text{off} \vee y_{nd} = \text{soff})) \leq 5 \quad \forall n \in I \quad (14)$$

$$\sum_{d \in \{8, \dots, 14\}} ((y_{nd} = \text{off} \vee y_{nd} = \text{soff})) \leq 5 \quad \forall n \in I \quad (15)$$

$$\sum_{d \in \{15, \dots, 21\}} ((y_{nd} = \text{off} \vee y_{nd} = \text{soff})) \leq 5 \quad \forall n \in I \quad (16)$$

$$\sum_{d \in \{22, \dots, 28\}} ((y_{nd} = \text{off} \vee y_{nd} = \text{soff})) \leq 5 \quad \forall n \in I \quad (17)$$

C8: 連續三天不得出現休假、值班、休假班別組合。對應 H16 限制，若第 d 天為休假或特殊休假，且第 $d+1$ 天為工作或特殊工作班別，則第 $d+2$ 天即需指派工作或為特殊工作班別。以五月為例，其定義如下：

$$\begin{aligned} & (y_{nd} = \text{off} \vee y_{nd} = \text{soff}) \wedge (y_{n(d+1)} = \text{work} \vee y_{n(d+1)} = \text{swork}) \\ & \Rightarrow (y_{n(d+2)} = \text{work} \vee y_{n(d+2)} = \text{swork}) \quad \forall n \in I, \forall d \in \{1, \dots, 29\} \end{aligned} \quad (18)$$

上式中符號“ \wedge ”表“且”，即前後兩者均需成立；

符號“ \Rightarrow ”表若...則，即若前式成立，則後式亦成立。

C9: 連續工作天數最多 6 天。對應 H17 限制，表連續 7 天中，工作或特殊工作天數總和應小於 6。以五月為例，其定義如下：

$$\sum_{d}^{d+6} ((y_{nd} = \text{work} \vee y_{nd} = \text{swork})) \leq 6 \quad \forall n \in I, d \in \{1, \dots, 25\} \quad (19)$$

C10: 連續休假不得超過 5 天。對應 H21 限制，表連續 6 天中，休假或特殊休假天數總和應小於 5。以五月為例，其定義如下：

$$\sum_d^{d+5} ((y_{nd} = off \vee y_{nd} = soff)) \leq 5 \quad \forall n \in I, d \in \{1, \dots, 26\} \quad (20)$$

(4) 休假軟限制

C11: 休假天數平均分配給每位護理人員。對應 S1 限制，因護理人員期望休假日能平均分配，故本研究以一範圍限制式限制總休假天數介於 off_{min} 值與 off_{max} 值之間。限制定義如下：

$$off_{min} \leq \sum_d ((y_{nd} = off \vee y_{nd} = soff)) \leq off_{max} \quad \forall n \in I \quad (21)$$

C12: 例假日休假天數平均分配給每位護理人員。對應 S2 限制，同 C11 限制，為一範圍限制式，其中下界為確保護理人員最少 2 天例假日休假，上界則考量實習護理人員實習期間均為週末休假，故取 5 天作為上界。限制定義如下：

$$2 \leq \sum_d ((y_{nd} = off \vee y_{nd} = soff)) \leq 5 \quad \forall n \in I, d \in T^W \quad (22)$$

4.3 求解結果

本階段主要為決定護理人員休假之日期並達到公平分配休假日之目標，結果主要有護理人員總休假數、總例假日休假數與休假日期三項。總休假數與例假日總休假數結果如表5所示，以 Nurse1 為例，即表五月共休假12天，其中有3天為例假日休假。護理人員休假日期如表6所示，因個案五月並無預排特殊工作與特殊休假，因此結果均為 *work* 與 *off*。以護理人員 Nurse2 為例，其五月1號為工作，2號至4號為預先排休，15號為模式指派的休假。其他護理人員亦同。

5. 派班 (Shift Scheduling) 模式分析

第二階段限制滿足問題為在已知護理人員、輪值天數、每日班別需求人數、第一階段休假結果、領導、包班與新進護理人員之資料下，求解滿足此階段排班限制之護理人員輪值班表。於此階段模式求解前，會預先將第一階段結果與領導、包班與新進之護理人員匯入限制式產生器，產生每位護理人員休假日、預排班別與領導、包班與新進之護理人員值班限制式。所產生之限制式即當作預排限制放入模式中，求解護理人員之整班表。

表 5 五月總休假數與例假日總休假數結果

護理人員編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
五月總休假數	12	12	11	11	11	11	10	12	10	10
五月例假日總休假數	3	3	3	2	4	2	3	4	3	3
護理人員編號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
五月總休假數	12	10	11	10	10	10	10	11	12	11
五月例假日總休假數	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4

表6 五月休假日期結果

Nurse	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	
1	off	off	off	off	work	work	work	work	off	work	work	work	work	work	off	off	off	off	work	work	work	off	work	work	work	off	work	work	work	off	work	
2	work	*off	*off	*off	work	work	*off	*off	work	work	work	work	work	work	off	work	work	*off	off	*off	work	work	off	off	work	work	work	work	work	work	off	work
3	off	work	work	off	off	off	work	work	work	off	work	work	work	work	off	off	off	work	work	work	work	off	work	work	work	work	work	off	work	work	off	work
4	work	off	off	off	off	work	work	work	work	work	off	work	work	work	work	off	off	off	work	work	work	work	off	work	work	work	work	work	off	off	work	work
5	work	work	work	work	*off	*off	*off	work	work	off	off	work	work	work	work	off	work	work	work	off	off	off	off	work	work	work	work	work	work	off	work	work
6	work	work	work	work	off	work	work	work	work	*off	*off	*off	*off	work	work	work	work	work	work	off	off	work	work	off	off	off	work	work	off	work	work	
7	work	work	work	work	work	off	*off	*off	*off	*off	work	work	work	work	work	work	off	work	work	work	off	work	work	off	off	off	work	work	work	work	work	
8	work	work	work	work	work	off	*off	*off	*off	work	work	off	work	work	work	work	work	work	off	off	work	work	off	off	work	work	work	work	off	off	off	work
9	off	*off	work	work	work	*work	*off	*off	work	work	off	work	work	work	work	work	work	off	off	work	work	work	work	work	work	off	off	off	work	work	work	
10	work	work	off	work	work	work	work	work	off	work	work	off	off	off	work	work	work	work	off	work	work	off	work	work	off	work	work	off	work	work	off	
11	work	*off	off	off	work	work	off	off	work	work	work	work	work	work	off	off	off	work	work	off	work	work	off	off	work	work	work	work	work	work	off	work
12	work	work	work	off	work	work	work	work	work	work	*off	*off	*off	*off	*off	work	work	off	work	work	work	work	off	off	work	work	work	work	off	work	work	
13	off	off	off	work	work	work	work	work	off	work	work	work	work	*off	*off	work	work	off	off	work	work	work	work	work	work	work	off	off	work	work	work	
14	work	work	off	off	off	work	work	off	off	work	work	work	work	work	work	off	off	work	work	work	off	work	work	work	work	work	work	off	off	work	work	
15	work	work	work	work	off	off	work	work	work	off	work	work	off	off	work	work	off	off	work	work	work	off	work	work	work	work	work	work	off	off	work	
16	off	work	work	work	off	work	work	work	work	off	off	off	work	work	work	*off	work	work	work	work	*off	work	work	work	work	work	work	off	off	work	work	
17	work	work	work	work	work	off	work	work	work	off	off	work	work	off	work	work	work	work	work	work	off	off	off	off	work	work	work	off	work	work	work	
18	off	*off	work	work	work	work	work	work	off	work	work	off	off	work	work	work	work	work	work	*off	*off	*off	work	work	off	work	work	work	work	off	work	
19	work	work	work	work	work	work	*off	*off	work	work	work	off	off	off	work	work	work	work	off	work	work	work	work	work	off	off	off	work	work	off	off	
20	off	work	work	work	work	off	work	work	work	work	work	work	off	off	off	work	work	work	off	work	work	work	work	work	work	off	off	work	work	off	off	

註：表中*為護理人員預排的班別。

5.1 決策變數與值域

$$x_{nd} \in \{D, N, M, off, SW, SO\} \quad \forall n \in I, d \in T$$

上式為決定護理人員 n 於第 d 天為值班、休假或特殊工作與特殊休假班別，記為 x_{nd} 。同第一階段， n 屬護理人員 I 的集合； d 屬輪值天數 T 的集合。 $x_{nd} = D$ 表護理人員 n 第 d 天值白班； $x_{nd} = N$ 表護理人員 n 第 d 天值小夜班； $x_{nd} = M$ 表護理人員 n 第 d 天值大夜班； $x_{nd} = off$ 表護理人員 n 第 d 天為休假； $x_{nd} = SW$ 表護理人員 n 第 d 天為特殊工作班別； $x_{nd} = SO$ 表護理人員 n 第 d 天為特殊休假班別。不同於數學規劃二元變數之設計，由於本研究變數之值域為班別，且一個變數只能指派一個值，故護理人員一天只能值一班別(H14)之限制於變數設計上即已滿足。

5.2 限制式構建

(1) 由限制式產生器讀取第一階段休假結果、預排班別、領導、包班與新進護理人員之資料，產生限制並放入模式中求解。

C13: 第一階段護理人員休假、預排限制與領導、包班、新進人員 (對應限制 H1 至 H5) 工作班別限制。此限制為將第一階段確定的休假日期與護理人員預排班別轉為原班別代碼，並產生領導、包班與新進護理人員的值班班別。以休假為例，限制定義如下：

$$x_{nd} = off \quad \text{若 } y_{nd} = off \quad (23)$$

同理，特殊工作班別與特殊休假班別亦可定義如下：

$$x_{nd} = SO \quad \text{若 } y_{nd} = soff \quad (24)$$

$$x_{nd} = SW \quad \text{若 } y_{nd} = swork \quad (25)$$

另外，因第一階段將預排工作均視為 $work$ ，故為確定是否為預排，須以 y_{nd} 與 S_{nd} 兩者做判斷。以預排白班為例，限制定義如下：

$$x_{nd} = D \quad \text{若 } (y_{nd} = work) \wedge (S_{nd} = D) \quad (26)$$

同理，預排小夜班與大夜班亦可定義如下：

$$x_{nd} = N \quad \text{若 } (y_{nd} = work) \wedge (S_{nd} = N) \quad (27)$$

$$x_{nd} = M \quad \text{若 } (y_{nd} = work) \wedge (S_{nd} = M) \quad (28)$$

在領導、包班與新進護理人員限制中，以白班領導與實習白班護理人員為例，限制定義如下：

$$x_{nd} = D \quad \text{若 } y_{nd} = \text{work} \quad \forall n \in I^D \quad (29)$$

同理，小夜班與大夜班之領導、包班、新進護理人員亦可定義如下：

$$x_{nd} = N \quad \text{若 } y_{nd} = \text{work} \quad \forall n \in I^D \quad (30)$$

$$x_{nd} = M \quad \text{若 } y_{nd} = \text{work} \quad \forall n \in I^M \quad (31)$$

(2) 護理人力需求

C14: 白班需求人數： $D_demand_d + D_new_nurse_d$ 。對應 H6 限制，表每日護理人員白班值班人數應等於每日白班實際需求人數與每日白班實習護理人員數之總和。限制定義如下：

$$\sum_n ((x_{nd} = D)) = D_demand_d + D_new_nurse_d \quad \forall d \in T \quad (32)$$

C15: 小夜需求人數： $N_demand_d + N_new_nursed_d$ 。對應 H7 限制，表每日護理人員小夜班值班人數應等於每日小夜班需求人數與每日小夜班實習護理人員數之總和。限制定義如下：

$$\sum_n ((x_{nd} = N)) = N_demand_d + new_nurse_d \quad \forall d \in T \quad (33)$$

C16: 大夜需求人數： $M_demand_d + M_new_nursed_d$ 。對應 H8 限制，表每日護理人員大夜班值班人數應等於每日大夜班需求人數與每日大夜班實習護理人員數之總和。限制定義如下：

$$\sum_n ((x_{nd} = M)) = M_demand_d + M_new_nurse_d \quad \forall d \in T \quad (34)$$

C17: 白班資深護理人員需求數： $D_level_demand_d$ 。對應 H9 限制，表層級大於 N_3 之護理人員，每日至少需 D_level_demand 人值白班。限制定義如下：

$$\sum_{n|n_{level} \geq 3} ((x_{nd} = D)) \geq D_level_demand_d \quad \forall d \in T \quad (35)$$

C18: 小夜班資深護理人員需求數： $N_level_demand_d$ 。對應 H10 限制，表層級大於 N_3 之護理人員，每日至少需 N_level_demand 人值小夜班。限制定義如下：

$$\sum_{n|n_{level} \geq 3} ((x_{nd} = N)) \geq N_level_demand_d \quad \forall d \in T \quad (36)$$

C19: 大夜班資深護理人員需求數： $M_level_demand_d$ 。對應 H11 限制，表層級大於 N_3 之護理人員，每日至少需 M_level_demand 人值大夜班。限制定義如下：

$$\sum_{n|n_{level} \geq 3} ((x_{nd} = M)) \geq M_level_demand_d \quad \forall d \in T \quad (37)$$

(3) 工作考慮限制

C20: 大夜班隔日不接白班。對應 H18 限制，表需輪值之護理人員，當第 d 天班別為大夜時，第 $d+1$ 天班別不能為白班。以五月為例，限制定義如下：

$$x_{nd} = M \Rightarrow x_{n(d+1)} \neq D \quad \forall n \in I^R, d \in \{1, \dots, 30\} \quad (38)$$

C21: 大夜班隔日不接小夜班。對應 H19 限制，表需輪值之護理人員，當第 d 天班別為大夜班時，第 $d+1$ 天班別不能為白班。以五月為例，限制定義如下：

$$x_{nd} = M \Rightarrow x_{n(d+1)} \neq N \quad \forall n \in I^R, d \in \{1, \dots, 30\} \quad (39)$$

C22: 小夜班隔日不接白班。對應 H20 限制，表需輪值之護理人員，當第 d 天班別為小夜班時，第 $d+1$ 天班別不能為白班。以五月為例，限制定義如下：

$$x_{nd} = N \Rightarrow x_{n(d+1)} \neq D \quad \forall n \in I^R, d \in \{1, \dots, 30\} \quad (40)$$

(4) 工作軟限制考慮

C23: 此階段軟限制主要考慮需輪值護理人員各值班班別天數應平均分配(S3)。以白班為例，同第一階段休假範圍限制(C11)，利用範圍限制式限制白班值班天數介於 D_{min} 值與 D_{max} 值之間。限制定義如下：

$$D_{min} \leq \sum_d ((x_{nd} = D)) \leq D_{max} \quad \forall n \in I^R \quad (41)$$

同理，小夜班與大夜班的範圍限制亦可定義如下：

$$N_{min} \leq \sum_d ((x_{nd} = N)) \leq N_{max} \quad \forall n \in I^R \quad (42)$$

$$M_{min} \leq \sum_d ((x_{nd} = M)) \leq M_{max} \quad \forall n \in I^R \quad (43)$$

5.3 求解結果

本階段主要決定護理人員的輪值班表，並平均分配各值班班別天數給需輪值之護理人員，結果主要有白班值班數、小夜值班數、大夜值班數與護理人員班表四項。需輪值護理人員值班班別

天數如表7所示，即五月中共有13位護理人員需輪值，以Nurse1為例，表於五月中，白班值班天數為10天；小夜班值班天數為6天；大夜班為3天。

護理人員五月輪值班表結果如表8所示，以護理人員Nurse1為例，其1號到4號為休假，5號至6號值白班，7號至8號值大夜班，9號為休假，10號至14號值小夜班等；而護理人員Nurse2因為白班領導，故除休假外，其他值班班別均為白班。其他護理人員亦同。

6. 實例應用結果分析

本研究以署立新竹醫院某內科病房為個案對象，求解其94年5月的輪值班表，並以限制滿足程度與求解效率兩類來比較模式與實際班表之結果，驗證本模式之可行性。

6.1 限制滿足程度

限制滿足程度可分為硬限制違反次數與軟限制公平性指標兩類。硬限制滿足程度如9所示，於實際班表中共出現三類違反硬限制之情況，分別為包班護理人員出現非包班之班別(H4)共1次；兩週休假最少四天之法規(H11)，違反次數共1次；連續三天出現休假、工作、休假之班別組合(H15)，違反次數共6次。相較於本研究之模式結果，硬限制條件均能達到100%的滿足程度，故於硬限制之滿足程度，本研究能有較佳之結果。

於公平性指標中，本研究以排班期之總休假數、例假日總休假數、與需輪值護理人員之白班總值班數、小夜班總值班數與大夜班總值班數五項公平性指標判斷班表是否滿足護理人員之期望。由表10之五項公平性指標全距比較可知，五月實際班表全距分別為總休假天數5天；例假日總休假天數3天；白班值班天數5天；小夜值班天數4天；與大夜值班天數5天。相較於本研究之結果，結果差異均為1至2天，因此，在軟限制之公平性指標中，本研究亦有較優良之表現。

探討軟、硬限制滿足之原因，由於人員輪值問題除需考量到複雜的硬限制外，另尚需考慮人員的期望，且因休假、輪值班別與人員三者皆會相互影響，因此排班者在手排班表時，常需耗費長時間在調整班別與班別、值班與休假、人員與人員間等的衝突，故難以排出符合全部硬限制與儘量滿足人員期望的班表。反觀在本研究的兩階段輪值模式中，於硬限制方面，因排班相關硬限

表7 五月需輪值護理人員各值班班別之天數

護理人員編號	1	3	5	6	7	9	12	14	15	16	17	18	19
白班(D)	10	11	10	10	11	11	12	12	12	12	12	12	12
小夜班(N)	6	6	7	7	7	7	6	7	7	7	7	6	5
大夜班(M)	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2

表8 護理人員五月輪值班表

Nurse	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二
1	off	off	off	off	D	D	M	M	off	N	N	N	N	N	off	off	off	off	D	D	D	off	D	D	M	off	D	D	N	off	D
**2	D	*off	*off	*off	D	D	*off	*off	D	D	D	D	D	D	off	D	D	*off	off	*off	D	D	off	off	D	D	D	D	D	off	D
3	off	D	M	off	off	off	D	N	N	off	D	N	M	M	off	off	off	D	N	N	N	off	D	D	D	D	off	D	D	off	D
**4	M	off	off	off	off	M	M	M	M	M	off	M	M	M	M	off	off	off	M	M	M	M	OFF	M	M	M	M	off	off	M	M
5	N	M	M	M	*off	*off	*off	D	N	off	off	D	D	D	N	off	N	N	N	off	off	off	off	D	D	D	D	N	off	D	D
6	D	N	N	M	off	N	N	N	M	*off	*off	*off	*off	D	D	D	D	N	N	off	off	D	D	off	off	off	D	M	off	D	D
7	D	D	D	D	M	off	*off	*off	*off	*off	D	D	D	D	N	M	off	D	N	N	off	D	M	off	off	off	D	N	N	N	N
**8	N	N	N	N	N	off	*off	*off	*off	N	N	off	N	N	N	N	N	N	off	off	N	N	off	off	N	N	N	off	off	off	N
9	off	*off	D	D	D	*D	*off	*off	N	N	off	N	N	N	M	M	M	off	off	D	D	D	N	N	off	off	off	D	D	D	D
**10	M	M	off	M	M	M	M	M	off	M	M	off	off	off	M	M	M	M	off	M	M	off	M	M	off	M	M	off	M	M	off
**11	M	*off	off	off	M	M	off	off	M	M	M	M	M	M	off	off	off	M	M	off	M	M	off	off	M	M	M	M	M	off	M
12	D	M	M	off	D	D	D	D	D	D	*off	*off	*off	*off	*off	N	M	off	D	D	D	N	off	off	D	D	N	off	N	N	N
**13	off	off	off	N	N	N	N	N	off	N	N	N	N	*off	*off	N	N	off	off	N	N	N	N	N	N	off	off	N	N	N	off
14	D	D	off	off	off	N	N	off	off	D	D	D	D	D	D	off	off	D	D	M	off	D	N	N	N	N	off	off	D	N	M
15	N	N	N	N	off	off	D	D	N	off	M	M	off	off	D	D	off	off	D	D	D	off	D	D	D	N	off	off	D	D	N
16	off	D	D	D	off	D	D	D	D	off	off	off	D	N	N	*off	D	D	D	D	*off	N	N	N	N	N	off	off	M	M	off
17	N	N	N	N	N	off	D	D	D	off	off	D	D	off	D	N	N	M	M	off	off	off	off	D	D	D	off	D	D	D	off
18	off	*off	D	D	N	N	N	N	off	D	N	off	off	D	D	D	D	D	D	*off	*off	*off	D	M	off	D	N	M	off	D	off
19	D	D	D	D	D	D	*off	*off	D	D	D	off	off	off	D	D	D	N	off	N	N	M	M	off	off	off	N	N	off	off	off
**20	off	D	D	D	D	off	D	D	D	D	D	D	off	off	off	D	D	D	off	D	D	D	D	D	off	off	D	D	off	off	off

註：表中*為護理人員預排的班別；**為領導、包班或新進護理人員

表9 護理人員排班硬限制違反次數比較表

比較項目(硬限制違反次數)	五月班表	
	實際班表	本研究
H4：包班護理人員值其他班別	1次	0次
H12：兩週休假最少四天	1次	0次
H16：連續三天不得出現休假、工作、休假班別組合	6次	0次

表 10 護理人員排班公平性結果全距比較表

比較項目(全距)	五月班表	
	實際班表	本研究
總休假天數	5	2
總例假日休假天數	3	2
白班值班數	5	2
小夜班值班數	4	2
大夜班值班數	5	1

制條件均已列為模式的限制條件，因此在求解可行解時，並不會出現與限制不符之答案。而軟限制則主要為模式中所構建的範圍限制式將休假與值班天數限制於一的範圍中，且利用 ILOG OPL Studio 的動態搜尋語法，讓電腦於求解過程中，依設定的條件讓結果符合期望之要求。以白班為例，當動態收尋設定為累積白班數最少的護理人員，其值班班別先指派白班，則模式在求解過程中，即會針對此優先指派白班的條件進行值班班別的選擇，達到白班平均分配的目標，故能求解公平分配的輪值班表。

6.2 求解效率

本研究於Windows XP作業系統、1.8GHz處理器速度與512M記憶體的個人電腦中，以ILOG OPL Studio 3.0軟體求解，其變數個數、限制式數與求解時間如表11所示。由表可知第一階段排休模式約在1分鐘內可求解出護理人員休假班表；第二階段約在2分鐘內可求出護理人員月輪值班表。且兩階段在產生第一組護理人員休假班表與輪值班表後，均可於短時間內產生其他多組可行解。相較於個案病房，目前個案以人工排護理人員輪值班表需花費約半天之時間。由此可知，本模式可在短時間內求解出個案多組輪值班表，於求解效率上已大幅提升。

而在本研究所構建的模式中，影響限制規劃模式求解的效率可從限制式構建、範圍限制式使用數與範圍限制式範圍訂定三者來探討。於限制式構建方面，影響模式求解效率主要為加入重複 (Redundant) 限制式與範圍限制式，重複限制式請參閱李俊德 (民94) 排休模式。因護理人員輪

表 11 個案之模式變數個數、限制式數及求解時間

	第一階段	第二階段
變數個數	3520	4660
限制式數	5592	4939
求解時間	1分鐘內	2分鐘內

值問題為一對稱性問題，若只以排班限制構建排班模式，並無法有效應用限制規劃搜尋解的檢驗技術。因此於模式中另須加入重覆限制式，增加變數與變數間的關聯性，提高搜尋的效率。另外，範圍限制式於模式求解中亦扮演著重要的角色，當有範圍限制式時，於求解時的解空間搜尋即可有效刪除解空間，故可於短時間內求解出輪值班表；若無使用範圍限制式，則需長時間才能求解出輪值班表，且無法達到公平性之要求。

於範圍限制式使用數方面，以第二階段的範圍限制式為例，若單使用一個範圍限制式如白班範圍限制式，雖能在極短的時間內求解出護理人員輪值班表，但小夜班與大夜班則無法達到公平分配的目標。若使用白班、小夜班與大夜班三個範圍限制式，雖然求解時間較長 (2分鐘內)，但可確保三者均達公平分配的目標。第一階段排休模式亦同，若單使用總休假天數範圍限制式，雖求解效率較同時使用兩個休假範圍限制式好，但卻無法滿足另一個例假日休假天數平均分配的公平性考慮因素。

於範圍限制式範圍訂定方面，範圍的選擇亦會影響到求解的效率。範圍太小或太大均會使得求解效率變低，如當範圍限制式上下界相差一天，雖可不用加入動態搜尋即可讓結果相差一天，但卻可能造成可行解數不多，且搜尋回朔次數增加，降低求解效率，更甚者可能會導致無解的情況；而若當範圍限制式上下界相差太大，反而會使解空間無法有效縮減，降低求解效率，另外亦可能導致無公平分配的情況發生。經本研究測試後，發現範圍相差3天為最合適的範圍。

綜合上述兩小節結果可知，於複雜的人員輪值問題中，排班者在考量複雜法律、公司規定與人員期望中，排班者往往需耗費相當大之心力與時間手排每月護理人員輪值班表。且因限制過於複雜，人工排班的結果並無法完全符合所有硬限制與護理人員之需求。相較於本研究的護理人員輪值模式，除能在短時間內求解出滿足所有硬限制之班表外，對於護理人員之休假數、例假日休假數、白班值班數、小夜值班數與大夜值班數亦可達到公平分配之目標。對需考慮複雜限制與護理人員期望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。

7. 結論與建議

本研究不同於以往以最佳化模式求解護理人員輪值問題，為將此問題視為限制滿足問題，並利用限制規劃法構建兩階段模式求解國內護理人員輪值問題。且於模式中探討未曾被考慮的班別

領導因素，並同時考慮預排、包班與多種硬、軟限制條件下，求解護理人員輪值班表，使輪值模式更符合國內實務排班之考量。最後並以實際個案為測試對象，驗證模式的效率與效用。

於模式設計上，本研究將護理人員輪值分成排休與派班兩個子問題，利用限制規劃法依序求解護理人員休假日期與護理人員輪值班表。兩階段模式之優點除能容易滿足護理人員於休假與派班公平性期望外，另外亦能有效率求解具複雜限制的休假執勤排班問題。對於目前許多不同類型的休假執勤排班問題，兩階段模式可提供一模式設計之參考。

於求解結果方面，相較於人工排班，限制規劃模式除可在短時間內求得個案多組護理人員輪值班表外，在排班硬限制可達到100%之符合程度，且軟限制亦可求解出休假與值班班別差異介於兩天內之班表。不論就效率或是限制滿足程度兩者而言，本研究所構建之模式均有良好之排班成效，驗證限制規劃法能有效處理具複雜限制條件之輪值問題。可提供國內外學術界與實務界作一參考。

就實務護理人員輪值而言，由於本研究為測試單月排班，尚未考慮前後月班別連續性、補假、離職清假與法律給予任職休假之排班因素。由於前後月班別連續性的判定需有機制紀錄上月最後幾天的工作休假狀況與最後一天的值班班別，且補假、離職清假與任職休假亦須有紀錄每月休假期數的機制，用以判斷積欠假數。因此，建議後續研究可探討如何建置一決策支援系統，紀錄每月工作與休假時數，並依各醫院之規定建立前後月班別連接與清假、補假機制的電腦化護理人員輪值模式，減少排班者之負擔並提升護理人員的服務效率與對輪值班表的滿意度。

參考文獻

- 王勇華，「人員排班問題啟發式解法之應用」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文，民國 82 年。
- 王國琛，「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，民國 91 年。
- 王裕元，「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，民國 92 年。
- 李俊德，「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，民國 94 年。
- 林詩芹，「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，民國 92 年。
- 唐依伶，「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，民國 92 年。
- 郭金青，「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，

民國 85 年。

郭妮吟，「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，民國 91 年。

莊凱翔，「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，民國 90 年。

劉光宗，「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，民國 90 年。

Aickelin, U. and Dowsland, K., "Exploiting Problem Structure in A Genetic Algorithm Approach to A Nurse Rostering Problem," *Journal of Scheduling*, Vol. 3, No. 3, 2001, pp. 139-153.

Berrada, I., Ferland, J. A., and Michelon, P., "A Multi-Objective Approach to Nurse Scheduling with Both Hard and Soft Constraints," *Socio-Economic Planning Science*, Vol. 30, 1996, pp.183-193.

Cheang, B., Li, H., and Lim, A., "Nurse Rostering Problems – a Bibliographic Survey," *European Journal of Operational Research*, Vol. 151, 2003, pp. 447-460.

Chun, H. W., Chan, H. C., Lam, P. S., Tsang, M. F., Wang, J., and Yeung, W. M., "Nurse Rostering at The Hospital Authority of Hong Kong," In Proceedings of AAAI/IAAI Conference, 2000.

Cheng, B. M. W., Lee, J. H. M., and Wu, J. C. K., "A nurse Rostering System Using Constraint Programming and Redundant Modeling," *IEEE Transactions in Information Technology in Biomedicine*, Vol. 1, 1997, pp. 44-54.

Darmoni, S. J., Fajner, A., N. Mahé, Leforestier, A., Vondracek, M., Stelian, O., and Baldenweck, M., "Horoplan: Computer-Assisted Nurse Scheduling Using Constraint Based Programming," *Journal of the Society for Health Systems*, Vol. 5, No. 1, 1995, pp. 41-54.

Hare, D. R. and Kelowna, B. C., "Staff Scheduling with ILOG Solver," In Proceedings of INFORMS National Meeting Conference, 1998.

Jaumard, B., Semet, F., and Vovor, T., "A Generalized Linear Programming Model for Nurse Scheduling," *European Journal of Operational Research*, Vol. 107, 1998, pp. 1-18.

Kusumoto, S., "Nurse Scheduling System Using ILOG Solver," In Proceedings of the Second ILOG Solver and Scheduler Users Conference, Paris: ILOG, 1996

Millar, H. and Kiragu, M., "Cyclic and Non-Cyclic Scheduling of 12h Shift Nurses by Network Programming," *European Journal of Operational Research*, Vol. 104, 1998, pp. 582-592.

Miller, H. E., William, P., and Gustave, J. R., "Nurse Scheduling Using Mathematical Programming," *Operations Research*, Vol. 24, No. 5, 1976, pp. 857-870.

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>>

Valouxis, C. and Housos, E., "Hybrid Optimization Techniques for The Workshift and Rest Assignment of Nursing Personnel," *Artificial Intelligence in Medicine*, Vol. 20, 2000, pp. 155-175.

Wang, Y. C. and Chun, H. W., "Nurse Rostering Using Constraint Programming and Meta-level Reasoning," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 2718, 2003, pp. 712-721.