


國立交通大學

運輸科技與管理學系

碩士論文

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

Constraint Programming Models for 7x24 Manpower Scheduling Problem:
A Case of Nurse Scheduling Application



研究生：李俊德

指導教授：韓復華 教授

中華民國九十四年六月

以限制規劃構建全年無休人員排班問題之研究—以護理人員排班為例

研究生：李俊德

指導教授：韓復華

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

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(Nurse Scheduling)為典型之 24 小時全年無休之範例，護理人員排班除須滿足勞基法(法律)、連續值班、包班、人員需求等(醫院)眾多硬性限制，並儘量滿足護理人員需求之軟性限制外，預先排班的特性更讓此問題的複雜度變得相當高，故此問題即被視為一高複雜度之組合搜尋問題。

護理人員排班問題，為求解滿足複雜限制之問題，其目標式並不明顯，特性較近似於限制滿足問題(CSP)，故本研究定義此問題為一限制滿足問題，利用限制規劃法求解，並以某署立醫院內科病房為個案病房。本研究之排班期為月，大於大部分以週或雙週為排班期之研究，並考慮多種排班情況，故其問題極為複雜。為有效求解此大規模排班問題，本研究將其分為兩階段求解，第一階段為「排休」模式，求解每位護理人員排班期之休假期，並將休假結果匯入第二階段「派班」模式，求解整月護理人員值班班表。

本研究測試環境為 Windows XP 作業系統、1.8G Hz 處理器速度，以 ILOG OPL Studio 3.0 軟體撰寫程式並求解個案三月至五月班表。測試結果每月可於 15 分鐘內求解完成，與實際班表比較，在兩週休假最少四天、010 班別組合與包班之硬限制中，個案病房均有出現違反之情況，平均每月會出現 11 次違反次數，本研究則為全部符合；而在五項公平性指標分析中，個案病房平均全距最小為 2 天(休假天數)，但最大平均全距為 9 天(白班天數)，相較於本研究平均全距之結果，皆為 1 至 2 天，公平性結果亦優於實際班表。對於需反覆產生護理人員值班班表之排班者可提供一排班參考依據。

關鍵字：護理人員排班、組合搜尋問題、限制滿足問題、限制規劃法、公平性班表

Constraint Programming Models for 7x24 Manpower Scheduling Problem: A Case of Nurse Scheduling Application

Student : Chun-Te Li

Advisor : Dr. Anthony Fu-Wha Han

Institute of Transportation Technology and Management
National Chiao Tung University

Abstract

For most service industries, the crew scheduling or rostering is a major concern of the management because the increasing cost of service professionals. Nurse scheduling problem (NSP) is a typical case of year-round service crew scheduling problems. The scheduler not only has to provide a timetable or roster to satisfy all labor and the hospital regulations (hard constraints) but also needs to consider to fit individual preferences (soft constraints) as much as possible. Moreover, some nurse shift pre-assignments often reduce the choice for other unfilled slots. Thus the complicated NSP is considered as a combinatorial search problem.

The character of NSP is like a constraint satisfaction problem (CSP). Thus, we formulate the NSP as a CSP, using constraint programming (CP) Model to solve the problem and conducted a case study of the medical ward in a general hospital, department of health. In order to solve the problem efficiently, we separate the NSP in two phases. The first phase is “Off-day Scheduling Problem”, which solve the off-day roster for each nurse. The second phase is “Shift Scheduling Problem”, which use the off-day roster result to solve the equitable roster.

The CP models were implemented on a P4 1.8G Hz personal computer and used the ILOG OPL Studio 3.0 to solved our CP. The result of a full-month roster of case problem can be generated in 15 minutes. Compared with case rosters, and obtained very positive response. In addition to the roster schedule results, our model also provides as a reference for the scheduler.

Keywords : Nurse Scheduling, Combinatorial Search Problem, Constraint Satisfaction Problem, Constraint Programming, equitable duty roster.

誌謝

經過一年嘔血的努力，碩士論文總算得以順利完成。首先感謝恩師韓復華教授研究所兩年的嚴格教導與啟發，老師嚴謹的治學態度與處事邏輯，與近一年來費心指導學生論文，讓學生不論在處事與研究學問的態度均獲益匪淺，師恩浩蕩，永銘於心！

論文進行期間，承蒙個案醫院之護理主任李女士與護理長黃女士不厭其煩地提供本研究個案參考資料與建議，使得本研究更加完整，另外還有可愛的小護士朋友，忍受我無止盡的問題騷擾，為我解惑，在此由衷地表示感謝。論文口試期間，承蒙中華大學張靖教授、系上黃寬丞教授不吝指教與斧正，提供諸多寶貴意見使本論文更臻完善，在此特別感謝。論文審查時系上王晉元教授與黃寬丞教授所給予之建議，與專題研討時系上卓訓榮教授與吳水威教授所給予之建言，均使本論文更加嚴謹充實，學生衷心感佩。

兩年的研究所生活即將在此劃下句點，其中的酸甜實在難以言喻，在此最要感謝同窗的戰友與夥伴，貝哥、小刀、昆諭、阿界、承正…(人實在太多了，版面有限，敬請見諒)，尤其是有出現名字的五位，記得每天外出覓食、出遊玩樂的日子，真是超快樂。除了核電計畫，貝哥、小刀、昆諭咱們四個一起到東北角調查、泡湯、奮鬥趕案子睡研究室與看新竹的日出外，你們的小馬與步兵支援，讓我免於慘遭韓國人、波斯大象等電腦的蹂躪；另外加上阿界、承正幫我擋敵人的子彈，讓我存錢買槍等，更讓我感動至深，除發洩壓力外，更看出咱們彼此間的默契。還有室友阿龍跟易呈，雖然你們不常回宿舍，但你們還真是好室友。當然網路實驗室新的生力軍威哥、水餃、淑詩、育廷、裕智跟對面的俊吟，還有對岸的交流學生陳娟，更讓我碩二的生活更加鮮豔生動，有如雨後的彩虹、朝陽的光輝與清晨的露珠那樣亮麗動人，咱們共甘苦共患難建立的革命情感，更讓我永生難忘。另外，特別要感謝除了研究所兩年上演多部精采連續劇的演員，讓我有茶餘飯後的閒聊話題外，還有可愛的學妹，帶給我的不僅是一抹色彩，更加激發了我內心濃烈的火焰，讓我研究所生活多了另一番調味。一路走來感謝有你們的陪伴。

最後，我要將此論文獻給我摯愛的家人，感謝父母辛苦的栽培與無悔的付出，老哥的支持鼓勵，雖然期間不常回去，都快變不孝子，但你們的體諒也讓我深深感動，儘管中間發生了一些事，但也更加深家人的牽繫，是你們讓我堅持到此刻順利取得碩士學位。感謝有你們默默的支持與鼓勵。

碩士論文的完成，要感謝的人太多了，想說的話，有如滔滔江水，但又怕一發不可收拾，只能怪版面太少，無法如祖譜般一一列舉，只能將這點點滴滴，深記在腦海中，直到我變笨。僅將這份榮耀與喜悅，與你們分享！

李俊德 謹誌

于 網路實驗室 2005.6

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

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
致謝	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	viii
第一章 續論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的與範圍	2
1.3 研究方法與流程	2
第二章 文獻回顧	5
2.1 護理人員排班	5
2.2 護理人員排班限制	7
2.3 限制規劃法	10
2.3.1 限制滿足問題	10
2.3.2 限制規劃法	11
2.3.3 限制規劃之求解演算法	12
第三章 護理人員排班問題介紹	19
3.1 護理人員排班概述	19
3.2 護理人員排班問題定義	20
3.3 排班限制整理	21

第四章 護理人員排班個案介紹與模式構建.....	26
4.1 個案介紹.....	26
4.2 個案限制條件整理.....	27
4.3 兩階段求解模式設計.....	30
4.4 第一階段：排休(Offday Scheduling).....	31
4.4.1 限制滿足問題模式構建.....	31
4.4.2 限制規劃演算程序.....	36
4.4.3 第一階段求解結果.....	39
4.5 第二階段：派班模式(Shift Scheduling).....	39
4.5.1 限制滿足問題模式構建.....	39
4.5.2 限制規劃演算程序.....	45
4.5.3 第二階段求解結果.....	46
第五章 護理人員排班個案結果分析.....	48
5.1 各階段模式規模及求解時間.....	48
5.2 個案參數設定及資料輸入.....	49
5.2.1 第一階段模式參數設定與資料輸入.....	49
5.2.2 第二階段模式參數設定與資料輸入.....	50
5.3 個案執行結果與分析.....	52
第六章 結論與建議.....	57
6.1 結論.....	57
6.2 建議.....	58
參考文獻.....	59
附錄 A—護理人員排班三月班表結果.....	62
附錄 B—護理人員排班四月班表結果.....	63
附錄 C—護理人員排班五月班表結果.....	64

表目錄

表 2.1	護理人員排班限制條件彙整表	10
表 3.1	國外文獻與本研究整理之護理人員排班限制比較表	25
表 4.1	護理人員排班考慮限制比較表	29
表 4.2	兩階段模式求解綜合說明	31
表 4.3	護理人員之工作與休假時間示意表	39
表 4.4	兩階段變數數值對應表	40
表 4.5	各階段限制式對應表	44
表 4.6	護理人員之值班班表	47
表 4.7	護理人員公平性指標累積表	47
表 5.1	個案之模式變數個數、限制式數及求解時間	48
表 5.2	三、四、五月護理人員每日休假人數	49
表 5.3	三月預排班表資料	49
表 5.4	四月預排班表資料	50
表 5.5	五月預排班表資料	50
表 5.6	三月護理人員每日各班別需求人數	51
表 5.7	四月護理人員每日各班別需求人數	51
表 5.8	五月護理人員每日各班別需求人數	51
表 5.9	每月包班與預定班別之護理人員	52
表 5.10	計劃期間休假數結果	52
表 5.11	計劃期間例假日休假數結果	53
表 5.12	三月未包班護理人員各值班班別之天數	53
表 5.13	四月未包班護理人員各值班班別之天數	53
表 5.14	五月未包班護理人員各值班班別之天數	54
表 5.15	護理人員排班公平性結果(CV 值)比較表	54

表 5.16	護理人員排班休假天數分佈結果比較表	55
表 5.17	護理人員排班例假日休假天數分佈結果比較表	55
表 5.18	護理人員排班白班值班天數分佈結果比較表	55
表 5.19	護理人員排班小夜值班天數分佈結果比較表	55
表 5.20	護理人員排班大夜值班天數分佈結果比較表	56
表 5.21	護理人員排班公平性結果比較表	56



圖目錄

圖 1.1	研究流程圖	4
圖 2.1	BT 搜尋法-以 4-queens 為例	15
圖 2.2	FC 搜尋法-以 4-queens 為例	16
圖 2.3	MAC 搜尋法-以 4-queens 為例	18
圖 4.1	模式求解架構	30
圖 4.2	排休 OPL 模式	38
圖 4.3	排休 OPL 資料檔	38
圖 4.4	派班 OPL 模式 PartI	45
圖 4.5	派班 OPL 模式 PartII	46
圖 4.6	派班 OPL 資料檔	46



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

現實世界的組織如醫院、客服中心，航空站、金融業等，均需面臨組織內人員排班的問題，依照組織環境與需求的不同，所衍生出的排班限制與複雜度也將有所差異，此外，一個合適且良好的班表，除可減少人事成本的支出外，更會影響工作人員處理事務之心態，提高組織的服務品質，減少組織內部分歧，因此人員排班問題也越來越受到許多學者與組織排班規劃者的重視。

醫院組織，為一典型全年無休的服務單位(一天 24 小時，一週七天)，每個醫院在經營時，均需反覆產生某段期間(週或月)的員工執勤班表，因此，排班問題對醫院而言也就相形重要。護理部門在醫院中擁有最多的職員人數，按護理主要功能及其任務，係對病患於療養上照顧，醫師診療輔助[30]。因此，護理人員的表現對於醫院服務品質與病患療養佔重要的地位。且一合適的班表於護理人員在醫療保健的品質、新進護理人員與其他相關護理服務上有相當大的影響[3]，故一公平且滿意度高之護理人員班表對醫院與護理人員而言即相當重要。

於護理人員排班問題中，除須滿足勞基法(法律)、連續值班、包班、人員需求等(醫院)眾多硬性限制外，醫院通常會允許護理人員預先排定欲排之班別並限制某些休假時間，並儘量滿足護理人員需求與班別公平分配之軟性限制。相較於傳統人員排班問題，此類排班問題特別重視人力之適當分配與護理人員滿意度，且護理人員不同於一般企業組織有固定假日，適當的輪班調度與休假對護理人員而言更顯得重要，因此在排班與休假政策的選定需考慮周詳。

在上述軟、硬限制、休假與技能考量的多重限制下，護理人員排班問題也就相當複雜，屬於高複雜度之組合搜尋問題。若以人力排班則需花費極長之時間，且還需每段期間重複產生班表，更加重排班人員的負擔，因此，若可應用適當的方法建立良好的排班模式，配合現今快速的電腦運算處理能力，除可節省相當多的排班人力與時間成本，也能排出較佳且令護理人員滿意的班表。有關護理人員排班之研究，國內外已有許多學者對其進行研究與探討，至今求解護理人員排班問題目前仍以數學規劃(MP)為主，但隨著電腦的迅速發展，開始有學者利用限制規劃法(CP)來求解此類問題，其結果較以往更能符合實際需求。

有鑑於該問題之重要性，本研究目的即在以護理人員排班問題為例，來探討全年無休服務人員排班問題。擬利用求解限制程度高之限制滿足問題並以極有效率的限制規劃法[7, 22, 23]建構全年無休服務人員的排班模式，配合 ILOG OPL Studio 3.0 軟體與現今電腦的快速運算，求解符合醫院、法規規定及護理人員滿意且具公平性的班表，並建立良好的排班機制，減少排班人員排班時的負擔，提升護理人員滿意度與服務效率，降低

彼此間之衝突，提升醫院服務形象。

1.2 研究目的與範圍

本研究之目的為以護理人員排班為例，來探討全年無休服務人員排班問題。並以限制規劃法構建其排班模式，期利用現今電腦的快速運算能力，有效率地產生滿足全部硬限制與滿意度高且具公平性之班表，一方面可減少排班人員之負擔；另一方面也可增加護理人員對班表的滿意度，進而提升醫院服務形象。

就國內而言，一般護理人員排班多指各病房之排班，護理人員依所配置之病房執行其職務。一個病房可能會包含不同科別或多個病床，規模依病房別、病人數與病床加以增減，亦由於醫院之需求具有高度不確定性，因此對於護理人員之需求人數目前多以病房之護理長依經驗判斷其需求。

因此，本研究以某署立醫院之內科病房為個案，並構建其護理人員排班模式，在已知每日值班班別種類、人數需求、計劃期間所需之班別種類與預排班別時間下來進行排班作業，期驗證限制規劃法於護理人員排班問題上之效率與效用。

另外，因不同部門如急診、內科、外科等會有不同限制要求，故本模式之構建為單考慮個案病房之需求，若欲將建構之模式應用於其他部門，則需對模式限制加以調整，以符合其他部門需求。且本研究排班班表主要為單月班表，且不考慮補假與清假之考慮限制，若要考慮跨月排班、清假與補假狀況，則需有另一累積機制，將所記數之數值於下月排班時先行計算，以判斷上述未考慮之狀況。

1.3 研究方法與流程

護理人員排班問題除有複雜之軟、硬限制式外，亦具有變動性高之特性(如班別種類除值班班別與休假外，每月可能會有其他如教育訓練、公差等預排班別)，且因需求難以預測，因此此類問題之目標並不明顯，多為求取滿足複雜限制之解即可，故問題類型較類似限制滿足問題，加上限制規劃近幾年之快速發展與於人員排班上有不錯之結果。故本研究將護理人員排班問題定義為限制滿足問題，利用限制規劃法之特性配合 ILOG OPL Studio 3.0 軟體來求解。最後將求解出之班表結果與護理長手排班表進行比較分析與討論，以方便進行模式修正與改善，並確立限制規劃法應用於護理人員排班問題之效率。

本研究之流程與執行步驟如圖 1 所示，茲說明如下：

1. 研究範圍與問題界定：認識護理人員排班問題之特性，並了解目前排班所遭遇之困難與過去學者對此問題之求解方法，以確立本研究之發展方向。
2. 文獻蒐集與回顧：回顧護理人員排班與限制規劃相關文獻，大致可分為護理管理與

護理人員排班文獻、限制滿足問題與限制規劃文獻回顧、限制規劃求解人員排班文獻三類，整理有關護理人員排班解法與考慮的限制條件，了解以限制規劃求解的模式建構與限制式規劃。

3. 個案對象之資料收集與排班規則整理：實際拜訪個案醫院與病房，了解護理人員相關排班規定與人力(各層級)需求，並查閱現行政府法規，取得相關休假政策、班別種類、員工資料、工作班別規定等，並了解個別護理人員對工作與休假的偏好。
4. 護理人員排班模式建立：取得排班相關規定與資料後，隨而進行護理人員排班問題之限制滿足問題模式構建，決定本研究之決策變數與限制式之設定，已達到有效率求解之目標。
5. 實驗設計：設計限制規劃法所需之決策變數、中間變數、參數、公平性指標(如一般休假、週休、值班班別)等結構，並探討限制之表示法，以將限制滿足問題所構建之模式轉至限制規劃中求解。
6. 護理人員排班模式求解：將本研究建構出護理人員限制規劃排班模式之參數資料結構、變數與限制式關係，以 OPL(Optimization Programming Language)語法撰寫成一模式檔(.mod)與資料檔(.dat)，並利用 ILOG OPL Studio 套裝軟體進行求解。
7. 求解結果分析：針對求解出之護理人員班表，進行求解品質(如公平性、是否符合個案病房要求與護理人員滿意度)與求解效率之分析，探討本研究所構建之模式其可行性與優劣。若符合個案要求，則進行本研究之結論與建議；若不符合或無法於有效時間內求得可行解，則進行模式修正。
8. 模式修正：若無法產生可行解，則重新調整其資料結構、變數設計與限制式之表示法，並加以修正重新求解；若檢驗結果與護理長討論並不符合護理長之需求，則探討其缺失之地方，作為模式調整之依據，進而進行模式之微調。
9. 結論與建議：根據上述各步驟所得之護理人員班表結果，提出具體之結論與建議，研擬未來後續研究之方向與重點項目。

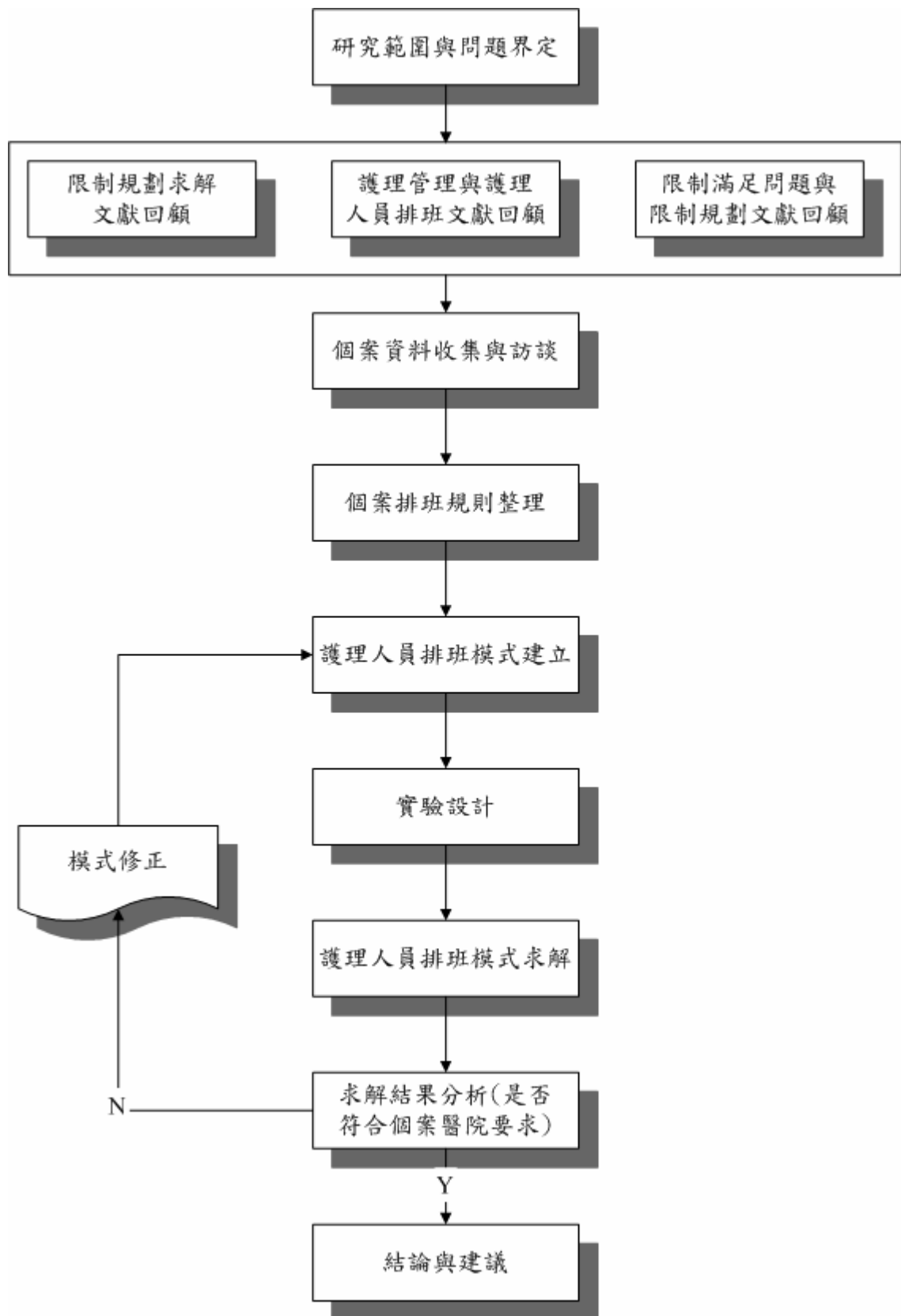


圖 1.1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

求解護理人員排班的方法與限制條件有很多，因此對於相關文獻之回顧，本章主要分為三部分，2.1 節回顧護理人員排班之問題定義與求解方法；2.2 節探討國外護理人員排班之限制條件；2.3 節針對本研究使用之限制滿足問題與限制規劃法進行回顧與說明。

2.1 護理人員排班

關於護理人員排班問題於早期即開始有學者對其進行研究，國外目前已有許多學者作過相關研究，但在國內相關文獻仍不多。以問題定義而言，主要分為最佳化問題與限制滿足問題兩類，求解最佳化問題在過去國內外學者的研究下，已發展出許多種求解概念與方法，基本上求解方式可簡單分為兩派，一為最佳化演算法(Optimal Solution Algorithm)，另一為啟發式演算法(Heuristic Algorithm)；而在限制滿足問題中，多為利用限制規劃(Constraint Programming, CP)來求解問題。各類解法探討如下：

1. 最佳化演算法與啟發式演算法：

最佳化演算法是在求解條件與限制式已知條件下，對於問題的目標求取其可行解空間內最佳的一個解，以問題求解目標來分，可分為最小人力需求與最大滿足護理人員需求。然而此法最主要面臨的瓶頸為演算時間較長，對於大型護理人員排班問題往往需要耗費過多的求解時間。基於最佳演算法無法在特定時間內求得可行解的原因下，一般對於實際或大型護理人員排班問題的處理會選擇設計適合的啟發式演算法，以尋求一可行解，雖然不盡然為最佳解，但其以縮短時間所換取的求解效率往往更符合實務所需，關於護理人員排班常見的啟發式解法有禁制搜尋法(Tabu Search, TS)、基因演算法(Genetic Algorithm, GA)、模擬退火法(Simulated Annealing, SA)等。國內外學者多以數學規劃模式來求解護理人員排班問題，如[1]、[10]、[13]、[14]、[19]、[25]、[27]、[28]。

Berrada et al. [1]將之建構為一多目標數學模式，於目標函式中引入鬆弛變數(Slack Variable)至軟限制，利用這些變數來決定各目標之目標函式，並利用接續法(Sequential Technique)與相同權重法(Equivalent Weight Technique)產生效用解 x' ，求解目標函式的優先次序，最後利用禁制搜尋法(Tabu Search)來求解此問題。

Jaumard et al. [10]以含資源受限最短路徑附屬問題之 0-1 變數產生模式求解護理人員排班，主問題為找一滿足最小薪資成本與最大護理人員意願之個人班表，附屬問題之可行解為護理人員可接受的班表，著重於達成團隊協議之需求如工作量、輪替、休假等，為了滿足複雜的特殊團隊協議問題，將新的資源結構定義於附屬問題中。

Millar and Kiragu [13]使用一路網模式，利用含額外限制最短路徑問題，求取兩工作班別制的週期性與非週期性護理人員排班問題，最後以 CPLEX 軟體求解。

Miller et al. [14]將護理人員排班建構為一數學模式模型，目標函式為求取人事成本與護理人員意願之交互損益的最小值，利用違反人員層級與成本之懲罰值與違反排班限制的懲罰值來求出最小成本；於限制式上，若將軟硬限制同時考慮，則無法找到可行解，故將限制式區分兩者，分別為可滿足限制式與無法同時使用之限制式，無法同時使用之限制式以懲罰值的形式表示，限制某些情況的發生。並以 CCD(cyclic coordinate descent) 法求解問題。

王裕元[19]將護理排班建構成一多目標規劃之數學模式，藉由模擬退火演算法能有效處理組合最佳化問題之特性，來進行模式的求解，利用實驗設計對模擬退火演算法參數設定加以探討，獲得初始溫度及降溫時機的最佳設定。

郭金青[25]引用 Huarng 發展的整數目標規劃模型為基礎，採二階段方式來規劃護理人員排班問題。第一階段為分組與決定各組之人力負荷，採用啟發式演算法決定分組之組數及各組人數，再以整數目標規劃決定各組每天每班之人力需求；第二階段以另一整數規劃模型指派分組內每一護理人員於排班週期內每一天之工作別。

高建元[27]採用線上交談的方式協助護理行政人員完成排班工作，其考量項目有：排班作業的起始日期、本月參與排班的人數，每個人員職別的區分，每個人員本月班別，每個人員上月末派班狀況以及類計的休假數紀錄，以及人員預約休假資料與人力需求等。

莊凱翔[28]在求解護理人員排班最佳化時，先就護理人員的排班現象加以分析，歸納其中規則，並採數學規劃方式加以整理。研究中採用修定的自我排班法 (Self-scheduling)，僅開放人員自行排定上班休假日日期，而不能決定工作排班種類，並結合基因演算法，提出一整合性演算架構，演算法編碼方式採用人員與週期為主軸的二維編碼架構，導入基因複製、交配運算步驟，並加入依模式特性設計的突變機制，使模式產生滿足限制式的可行班表，完成一套整合性排班班表。

2. 限制規劃法：

目前已有一些學者利用限制規劃求解護士排班問題，並實際作出決策資源系統，已有提供醫療單位極佳之功效，但在國內尚未有人使用限制規劃法求解護理人員排班問題。國外學者如[4]、[6]、[8]。

Chun et al. [4]，運用限制規劃方法為香港醫院管理局(Hospital Authority, HA)開發一項護士人員派遣模組(Rostering Engine, RE)，並將此模組放入香港醫院管理局之人員派遣系統中。

Cheng et al. [6]，運用「Redundant Modeling」之模式技巧將香港鄧肇堅醫院急診部之護士人員排班問題模式化成兩個具有相等意義之限制滿足問題模式且加入相連此兩模式之溝通限制式(Channeling Constraints)，藉由兩個模式之相互運作影響，增加模式之限制式繁衍 (Constraint Propagation)能力，以加快限制規劃方法之求解速度。其測試的

問題範圍為「25-28 位護士與 11 種值勤班次型態(shift types)」，由於此系統之運作績效相當良好且具有彈性，使得醫院當局已開始採用此系統來輔助排班人員。

Darmoni et al. [8]，運用限制規劃方法為法國之 Rouen 大學醫院開發一套智慧型的排班系統 Horoplan，其能彈性地允許使用者定義、新增、刪除、修改法規限制式與大量縮短排班人員排一次班表所需花費的時間。此外，由於此套系統如此彈性，作者們亦積極推廣此一系統到法國各大醫院當中，以進而大量縮減法國醫療系統每年花費在排班之人力小時。

上述護理人員排班解法分別具有其求解規模與彈性特性，根據不同規模大小其求解效率也不盡相同。

2.2 護理人員排班限制

護理人員排班限制條件相當複雜，除需符合現行政府法規與醫院規定之硬限制外，另外尚須滿足護理人員之軟性限制，因此，本節主要為探討護理人員相關限制條件。於護理人員限制條件 Berghe[16]有較詳盡的彙整，以下為其所敘述之限制：

1. 醫院限制：

- (1) 兩班別間的最小休息時間：在兩工作班別間應有合理的休息時間，避免護理人員休息時間不足或連續工作。
- (2) 護理人員層級替換：通常在護理人員層級中，資深者可替代資淺者，但資淺者不可替代資深者。

2. 工作法規限制：

- (3) 計畫期間最大工作天數：決定各護理人員在計畫期間之最大工作天數量，每個護理人員工作天數總合均不能超過此值。
- (4) 最大、最小連續工作天數：決定各護理人員最大與最小連續工作天數，限制最小連續工作天數，主要為避免發生在兩個休假班別中有一工作班別(即休假、上班、休假，010)的情況。
- (5) 最大、最小工作時數：決定計畫期間或每週各護理人員的最大與最小工作時數總合，避免違反現行法規規定。
- (6) 最大、最小連續休假天數：此限制類似於上述連續工作的限制，規定各護理人員最大與最小的連續休假天數，以免發生 010 的情況。
- (7) 某星期幾的最大工作次數(計畫期內)：此限制在限制如每月星期一最多能工作三次，則至少會有一個星期一放假，常被用來限制週末的工作次數。

- (8) 計畫期間各班別的最大工作天數：避免某些工作班別的指派，如大夜班護理人員工作班別只有大夜班，因此其他上班班別種類可將數值設為 0，則不會選到大夜班以外的上班班別。
- (9) 每星期某一班別的最大工作天數：限制每星期各工作班別的最大數，能避免一星期指派 7 個大夜班的工作班別，且也能用來定義兩星期工作班別的週期。
- (10) 可連續的班別種類：主要先將所有班別(包含上班班別與休假班別)編號，接著在列出可連續指派的班別種類。如有 1-10 種班別種類，可連續指派班別種類為 2, 4, 6 三個班別。
- (11) 大夜後休假兩天：因大夜班上班時間為凌晨 12 點至上午，因此此限制限制執勤大夜班後休假需兩天，若於更換上班班別的情況下，能讓護理人員能充分休息並調整時間。
- (12) 指派完整例假日休假：不允許六、日兩天中有一天上班，可使護理人員有完整的週末休假。
- (13) 例假日指派相同值班班別：限制若週末需上班，則在週末應指派相同的工作班別。
- (14) 最大連續週末工作數：限制最大連續週末的工作次數，避免護理人員連續多星期週末上班，中間無週休。
- (15) 四星期最大週末工作次數：限制連續四星期週末最大工作次數，避免護理人員整月都無週休。
- (16) 特殊假日最大工作天數：在國外通常指 Bank Holidays，長時間的特殊假日，國內可考慮農曆過年長時間休假之最大工作天數。
- (17) 連續班別的限制：雖然工作班別間的休息時間之前已有限制條件限制，但此限制條件能限制其他情況發生，如休假後禁止值班之班別。
- (18) 排班組合(Pattern)：既定班表組合，排班組合為一複雜的限制條件，能迫使班表遵循某事先指派的週期性班別，適用於某些特殊的班別組合。
- (19) 記數器：計算長時間的工作時數、休假數等，平衡護理人員的工作負擔，於跨月班表可用來計算累積數，決定下月班表之班別。

3. 護理人員限制：

- (20) 休假：通常護理人員於每年均會有特殊休假，如病假、訓練、家庭因素等，此限制能預先讓護理人員排定休假需求，儘量滿足護理人員要求。
- (21) 避免某天某班別工作：避免計畫期間護理人員於某天某班別工作，用法類似於

班別組合，但此限制為非週期性的。

- (22) 期望班表：通常護理人員會希望某天上某班別，此限制能儘量滿足護理人員需求。
- (23) 指導：通常實習護士需有較資深的護理人員帶領學習，因此，當有需要指導之護理人員時，其工作班別需與帶領之護理人員相同。
- (24) 不允許某些人一起工作：避免不合的護理人員在相同工作班別工作，避免工作效率與品質降低。

另外，除上述 Berghe 所列的三項分類限制外，尚有人力需求限制，求算每天各班別之需求量，另外，可當作目標式求算人力成本最小。

人力需求限制：

- (1) 每天每班別之需求人數：每天每班別有固定需求人數，若人力過多則造成成本浪費，人力過少則造成效率低落，因此對人力需求需根據不同情況加以限制。
- (2) 每天每班別之各層級需求人數：於需求人數中，通常另會要求不同層級護理人員的最少人數，故需對層級需求人數加以限制，避免出現全為資淺護理人員的狀況。

綜合上述限制條件，可知護理人員排班之複雜性，但因各醫院之需求不同，且有些限制式實際上為相互重複，因此，Cheang et al. [3]將護理人員相關限制整理成 16 項，本研究以此 16 項限制條件為基準，分別將文獻所用之限制條件整理如表 2.1。

從文獻可知限制規劃法[6]相對能滿足較多之限制式，主要原因為限制規劃法之模式構建邏輯與特性與數學規劃不同，其為電腦邏輯語言為基礎構建，故對於一些較難數學模式化之限制，其可較容易表達並敘述，且因其求解邏輯亦不相同，故對於此類非最佳化問題能有較佳之效率，因此本研究亦選擇以限制規劃法求解護士人員排班，以儘量使研究之問題較符合實際情況，並能滿足護理人員之個人需求。

表 2.1 護理人員排班限制條件彙整表

限制條件	相關文獻
1. 護理人員工作量(最大/最小)	[1, 6, 14, 16, 19, 25]
2. 連續相同工作班別天數(最大/最小/精確)	[6, 13, 16, 19, 25]
3. 連續工作班別/天數(最大/最小/精確)	[13, 14, 16, 25]
4. 護理人員技能與層級	[16, 19]
5. 護理人員期望班別	[1, 6, 13, 16]
6. 護理人員休假天數(最大/最小/連續數)	[1, 6, 13, 14, 16, 19]
7. 兩工作班別間之休息時間(最小)	[6, 16, 19]
8. 各班別分派(各班別之需求量)	[1, 6, 16]
9. 假日與假期(預先排定)	[6, 16, 25]
10. 週末工作	[1, 6, 13, 14, 16]
11. 限制護理人員團體(允許/不允許一起工作)	[1, 13, 16]
12. 排班組合	[6, 14, 16, 19, 25]
13. 歷史紀錄(先前之指派)	[16]
14. 其他短時與長時的需求	[6, 16]
15. 班別間的限制	[6, 16, 25]
16. 護理人員各層級需求與班別人力需求(最大/最小/精確)	[1, 6, 13, 14, 16, 19, 25]

2.3 限制規劃法

2.3.1 限制滿足問題

所謂限制滿足問題(Constraint Satisfaction Problem, CSP)是由一群變數(variables)、值域(Domain)與限制(constraints)所構成，「在給定一組決策變數 $X \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 、各決策變數相對應之有限值域 $D \in \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ 、一組限制式 $C \in \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ 條件下，尋找滿足各項限制式之一組或多組可行解」[2]，其中， n 表示決策變數之個數， m 表示限制式之個數，有限值域具有上、下限值為每一變數可能值所構成之集合。從 CSP 定義來看，包含了變數、有限值域、限制式三個部分，一般即以 (C, X, D) 來描述一個 CSP 問題：

- 變數：CSP 中有多個變數 x_1, x_2, \dots, x_n ，這些變數構成的集合為 $X \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 。
- 有限值域：CSP 中每一個變數都有其可能值 d_1, d_2, \dots, d_k ，每一個可能值所構成的集合為該變數之值域 $D_i \in \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ ，各變數值域集合所構成之有限值域為 $D \in \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ ，值域中的值不一定是數值型態，可以是其他型態，如：字串...
- 限制式：CSP 中的限制式是用來描述變數之間的關係。CSP 當中的限制式可能影響任意個變數，若某個限制式剛好影響所有的變數，稱該限制式具有 arity 的性質，若 CSP 中的限制都只影響兩個變數，稱之為二元限制式(binary constraint)。

在問題的本質上，限制滿足問題不同於最佳化問題，其求解目的在於求得一組或多組可行解，而所謂的可行解是指「每一個變數 x_i 從其對應值域 D_i 中挑選出一個值 d_i ，能夠滿足所有限制式。每個變數的值所構成的集合 $\{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ 即為可行解」。Brailsford et al. [2]等學者指出，在 CSP 中通常會尋找幾種不同的解答：

1. 只要有解即可，CSP 求解可能出現多組解，但是只要其中任何一個即可滿足需求。
2. 所有的解，亦即找出 CSP 中所有的可行解。
3. 最佳解：許多人常常誤解 CSP 問題並非求解最佳解，但透過設定目標限制式，用以評估多個可行解，以獲得最符合需求的解。

2.3.2 限制規劃法

限制規劃法(Constraint Programming, CP)為一種空間搜尋技術，緣起於電腦科學(Computer Science)在人工智慧(Artificial Intelligence, AI)領域的發展，Brailsford et al. [2]將限制規劃定義為「運用電腦程式發展模式化語言，讓使用者能簡單地、輕易地描述(state)限制滿足問題，並透過精緻的電腦演算法(sophisticated computer algorithm)有系統地、有效率地求解(solve)限制滿足問題」，主要目的在於「簡化理論與實務問題解決的間距，讓一般對於程式語言(如：C 語言)不熟的使用者，亦能很快的發展其問題模式並進行求解」。這些精緻的電腦演算法最早是在邏輯語言(如：Prolog)中設計，但是由於此種邏輯求解程序(logical solution procedure)非常沒效率，也沒有善用限制式系統中限制式與限制式間的關係來加快求解效率，針對此一缺點，部分科學家便開始針對用來求解限制滿足問題之邏輯語言作大幅度的修正，於是便產生如CHIP (Constraint Handling in PROLOG)這類的限制式邏輯語言(Constraint Logic Programming, CLP)。近年來，由於電腦科技的發達與企業對於運用限制規劃方法來求解實務問題(如：組員排班、課表排定、工廠排程等)的需求，已經開始有物件導向式(C++/Java)的限制規劃程式庫被發展出來，常見的有ILOG Solver (C++)、ILOG Jsolver (Java)與COSYTECH的CHIPv5 (C++)。

限制規劃求解為一種二層式(Two-Level)的架構，其中一層為描述限制滿足問題的限制式元件，另一層為則用來求解限制滿足問題的程式求解元件。各元件的相關內容，茲詳述如下：

1. 限制式元件(Constraint Component)：

限制式元件又稱為限制式模式化元件(Constraint Modeling Component)，其功能乃在於提供一套親和的模式化語言，讓使用者能直覺地(intuitive)、輕易地宣告決策變數(decision viables)與限制式。然而，由於實務問題之限制式的種類相當多(如logical constraint、arithmetic constraint、cardinality constraint, alldifferent constraint, atleast constraint, atmost constraint等)，所以對於任何實務問題可能使用之限制式，限制規劃中皆存在一個其對應的限制式元件以供使用者進行問題之模式化(Modeling)動作，因此，就問題的描述方便性而言，限制規劃較傳統之數學規劃更容易讓使用者所使用。

2. 程式求解元件(Programming Component)：

為了使限制規劃能有效率地求解限制滿足問題，程式求解元件中必須包含一個智慧型的限制式系統邏輯推理元件；相對地，為了使限制規劃能有系統地來求解限制滿足問題，程式求解元件中必須包含一個系統化的空間搜尋元件。然而，藉由此二元件的充分配合，促使限制規劃的求解效率相當的不錯。

限制規劃除了能求解限制滿足問題之外，亦能求解組合最佳化問題，其運作方式為將最佳化問題視為一個連續型的CSP問題(A Sequence of CSP)，意即當運用限制規劃在求解一個最大(小)化問題時，限制規劃視此最大(小)化問題中的限制式系統為一個限制滿足問題並進行空間搜尋求解，當在搜尋空間中找到一個可行解 Z^* 時，便加入「目標值變數 $\geq Z^*$ (目標值變數 $\leq Z^*$)」的目標限制式(Objective Constraint)至此限制滿足問題中並繼續搜尋下一可行解，如此依此類推，直至所有可行解空間皆搜尋完為止，而最後的 Z^* 值，即為此最大(小)化問題的最佳解。然而，雖然可運用限制規劃來求解組合最佳化問題，但於規模很大且可行解相當連續的組合最佳化問題而言，文獻上大多不建議使用者使用限制規劃來求解此類問題，因為對於此類型的問題，限制規劃較無法發其快速、有效地求解能力。

綜合歸納應用限制規劃方法來求解限制滿足問題之優越特性，可發現限制規劃包含下列三項優點：

1. 有效率之求解機制：由於在限制規劃的求解機制中，充分地結合了一致性檢驗技術(Consistency Checking Techniques)、限制式遺傳機制(Constraint Propagation)與智慧型的搜尋演算法(如：Forward Checking Algorithm、LookAhead Checking Algorithm)，使得限制規劃的求解效率相當高。
2. 模式建立之方便性：由於限制規劃語言屬於程式語言中之「宣告式語言(Declarative Language)」，使得使用者可以很容易地運用限制規劃語言來建構其限制滿足問題模式。
3. 可處理多樣之限制式：限制規劃可以處理各種實務問題之限制式類型而其中有許多是數學規劃所無法直接使用的，如：布林限制式(Boolean Constraints)、邏輯限制式(Logical Constraints)、序列限制式(Sequence Constraints)等，所以對於不熟悉數學規劃理論的使用者，仍然可很直覺地(Intuitively)、容易地(Easily)運用限制規劃來就構其限制滿足問題或組合最佳化問題。

2.3.3 限制規劃之求解演算法

限制規劃中的求解演算法主要是由一致性檢驗技術、系統化之空間搜尋演算法所構成，其運作機制是在每個分枝節點中運用一致性檢驗技術來縮減少變數之值域(Variables' Domain Reduction)，以減少可行解之搜尋空間，以期達到運用電腦演算法系統化且有效地求得限制滿足問題可行解之目標，亦即限制規劃中的求解演算法為一種智

慧型的空間搜尋演算法(Intelligent Tree Search Algorithm)。以下即分別介紹目前限制規劃中最基本的一致性檢驗技術與目前限制規劃中最常使用之智慧型空間搜尋演算法。

1. 一致性檢驗技術

限制規劃理論中最基本的一致性檢驗技術包括：節點一致性(Node Consistency)、節線一致性(Arc Consistency)、界限一致性(Bounds Consistency)、一般化之一致性(Generalized Consistency)四種。每種一致性檢驗技術的複雜度皆不同，越簡單的一致性檢驗技術意味著其所需花費之運算時間越短，反之，越複雜的一致性檢驗技術意味著其所需要花費之運算時間越長，使得每一種一致性檢驗技術皆有其優點與適用時機。

因每一種一致性檢驗技術，皆有其最適合使用之限制式類型。如當限制式為一元限制式時，適用節點一致性檢驗技術；當限制式為二元限制式時，適用節線一致性檢驗技術；當 $n(n \geq 3)$ 元限制式時，適用界限一致性檢驗技術。舉例而言，某一限制式為 $X^2 = 1 - Y^2 \wedge X \neq 0 \wedge Y \neq 0$ ，其決策變數所對應之值域為 $D(X) = D(Y) = \{-1, 0, 1\}$ ，首先分析此一限制式中，最多為二元限制式，最少為一元限制式，所以最適合此一限制式之一致性檢驗技術同時包含節點與節線一致性檢驗技術，因此，若不先經過限制式之特性分析而一味地運用界限一致性檢驗技術來縮減變數值域時，由於此限制式和與其決策變數的值域為 bounds consistent，所以決策變數之值域完全不會被縮減，但若同時運用節點與節線一致性檢驗技術來縮減變數值域，由於此限制式和它的值域不為 arc consistent，所以此限制式之決策變數值域將被縮減至空集合，亦即 $D(X) = D(Y) = \emptyset$ 。

對於實務上的限制滿足問題，由於其包括的限制式種類可能同時出現一元、二元及多元限制式，所以，設計一個整合性的一般化一致性檢驗技術來有效地處理各種限制式，實為目前限制規劃領域中的一個重要課題。

2. 空間搜尋方法

為了讓限制規劃中的空間搜尋方法能更有系統、更有效率，電腦科學家經過評估目前文獻上所提的 Generate-and-Test (GT) 及 Backtracking (BT) 二種系統化搜尋演算法與結合一致性檢驗技術之可行性，最後決定採行 Backtracking 演算法作為限制規劃之空間搜尋演算法。

(1) 系統化的空間搜尋演算法

系統化的空間搜尋演算法乃指「系統化地(Systematically)、完整地(Completely)搜尋問題的可行解空間」。

GT 與 BT，其間之差異性可從兩個角度來分析，從變數指派之角度來看，GT 是獨立且同時地一次指派給每個決策變數一個可能值(generating value to each variable independently and simultaneously)，而 BT 是獨立但依序地指派給每個決策變數一個可能值(generating value to each variable independently but orderly)；從限制式之角度來看，GT 的限制式檢驗時機為當所有變數皆被指派一個可能值時，才進行限制式之檢

驗，而 BT 的限制式檢驗時機為每當一個變數被指派一個可能值，即進行限制式檢驗，所以就空間搜尋之搜尋效率而言，BT 演算法之執行績效較 GT 演算法較佳。

a. Generate and Test (GT) :

GT 演算法為系統化搜尋演算法中最原始也最容易懂懂演算法，其演算法中包含兩個重要之元件，一個是 Generator(解產生器)和 Tester(解檢查器)，其運作方式為「由解產生器產生所有的可能解，然後將其丟入解檢查器中檢查看看是否滿足問題的所有限制式」。其中，GT 演算法中的解產生器完全沒有依據變數間的相關性(即限制式)來產生可能解，使得 GT 的產生器搜尋較無效率，因為 GT 是盲目地產生可能解而無法事先避免未來可能發生之衝突。

b. Backtracking (BT) :

換枝檢驗法(BT)為系統化搜尋演算法中最基本、最常使用之演算法，其演算法之運作概念為「以 Tree Search 為核心搜尋架構、以深度搜尋(Depth First Search, DFS)為搜尋策略、以初始化(initiate)決策變數(從決策變數所對應之值域中選擇一個值指派給此決策變數)作為分枝(Branching)之目的、以決策變數值域和限制式間之一致性檢驗與紀錄每個決策變數之目前值域狀態為每個分枝節點之必要工作、以遇到死巷節點(deadend node)為定限(Bounding)及換枝檢驗之準則」，其中由於每個分枝節點需負責記錄每個決策變數之目前值域狀態，所以分枝節點又可稱為一個狀態節點(State Node)，而在 BT 演算法中，所謂的決策變數值域和限制式間之一致性檢驗乃指「新初始化變數與已初始化變數間之一致性檢驗」；所謂的死巷節點乃指「在進行決策變數值域和限制式間之一致性檢驗時，若發生上述之不一致現象，即表示此時的分枝節點為一個死巷節點，而不能再進行分枝；反之，則為一個分枝節點，能再進行分枝」；所謂的換枝檢驗乃指「因遇到死巷節點而回溯至死巷節點之前一個分枝節點，並從此狀態節點選擇另一個分枝進行搜尋」。

在 BT 演算法之運作過程中，可依據「初始化」因素，將決策變數之類型分為已初始化變數(already initiated variables)、新初始化變數(newly initiated variable)/正初始化變數(currently initiated variable)、未初始化變數(not-yet initiated variables)三類，而所謂的已初始化變數乃指「在目前狀態節點之前，已被初始化之決策變數」，由於已初始化變數的值與問題的所有限制式皆具有一致性(Consistency)，所以由已初始化變數所形成的解集合可稱為「部分解(Partial Solution)」；所謂的新初始化變數乃指「在目前狀態節點上，所選擇要進行之分枝/初始化變數」；所謂的未初始化變數乃指「尚未進行任何初始化之變數」。

BT 演算法之運作流程為「根據 DFS 準則，依序地擴充(extend)一個部分解(partial solution)，直至找到一個可行解為止，若在擴充部分解的過程中遇到死巷節點，則換枝檢驗的動作立即發生並回溯至死巷節點之前一個分枝節點，以進行

另一個分枝搜尋」，其中，所謂的擴充乃指「從未初始化變數中，選擇一個變數作為新初始化變數，並從此一新初始化變數的值域中，選擇一個值(Value)作為此變數的初始化值(Initiate Value)。

就演算法之執行效率而言，BT 演算法確實較 GT 演算法有效率，因為從 BT 演算法之運作流程中，可明顯地發現，當換枝檢驗發生時，即表示 BT 演算法刪除了一個不必要的搜尋空間，而此搜尋空間之大小即為所有未初始化變數值域的卡式積(Cartesian Product)。以運用 BT 演算法於求解 4-queens 問題為例，便可更清楚地瞭解之 BT 演算法之實際運作流程，其實際運作流程即如圖 2.1 所示：

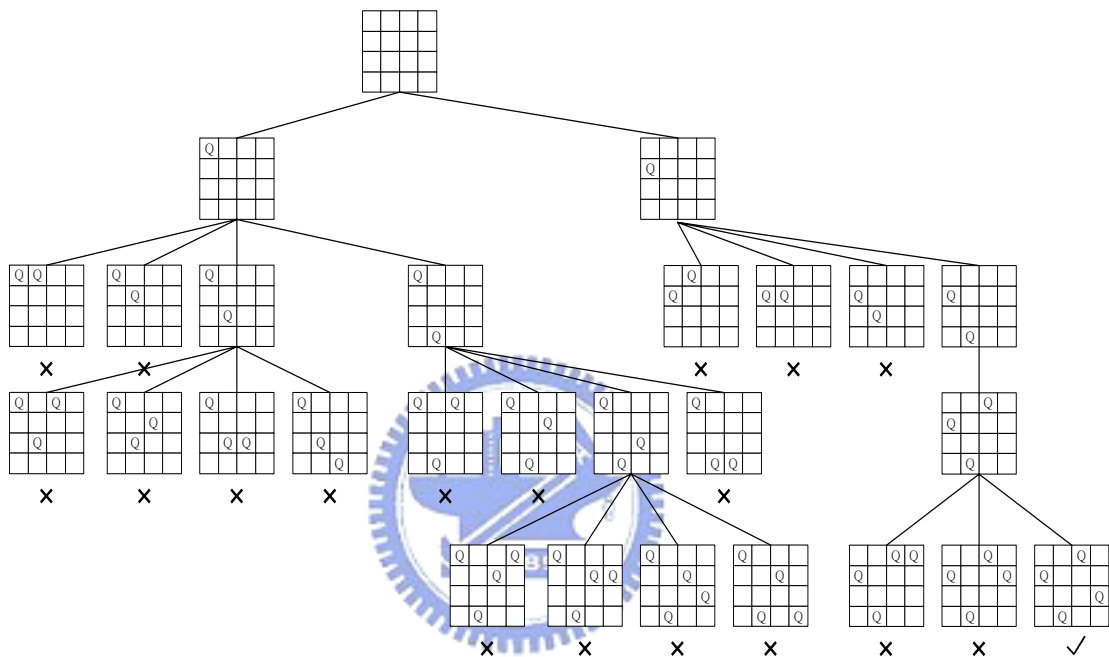


圖 2.1 BT 搜尋法-以 4-queens 為例

資料來源：[18]

綜觀上述，可明確地發現，雖然 BT 演算法較 GT 演算法有效率，但由於 BT 演算法之運作方式只能透過死巷節點的發生而減少部分的搜尋空間，仍然無法事先避免未來會發生的衝突，尤其當我們使用 BT 演算法於求解複雜度高且問題規模大的組合最佳化或限制滿足問題時，便能更明顯地凸顯 BT 演算法的無效率性。為了改善 BT 演算法之缺點，電腦科學家則透過引進一致性檢驗技術於 BT 演算法中，構成一種新的智慧型空間搜尋演算法。

(2) 系統化的智慧型空間搜尋演算法 BT 搜尋法-以 4-queens 為例

系統化的智慧型空間搜尋演算法乃指能系統化地、完整地、有效率地搜尋問題的可行解空間，最有名的有 Forward Checking (FC)與 Look-Ahead Checking(LC)兩種。理論上，BT、FC、LC 三種演算法之差異能以「演算法中，使用一致性檢驗技術於哪些變數類型之配對間」此原則來加以區分。

在系統化的智慧型空間搜尋演算法中，由於其最基本地一定有使用一致性檢驗技術於「新初始化變數與未初始化變數間」，使得在搜尋過程中之每個狀態節點中，未初始化變數之值域一定與已初始化變數之值域保持一致性(Consistency)，因此，每當從某個狀態節點進行分枝時，無須像 BT 演算法一樣要進行新初始化變數與已初始化變數間之一致性檢驗，此一優點除了可大幅降低智慧型空間搜尋演算法花費在一致性檢驗之執行時間而且還能使慧型空間搜尋演算法透過事先避免未來會發生的衝突，來減少換枝檢驗次數、增加空間搜尋之效率，進而提高整體演算法之執行效率。

a. Forward Checking (FC) :

由 Haralick 與 Elliott 兩位學者於 1980 年所發展出來的 FC 演算法為智慧型空間搜尋演算法中最基本、最常使用之演算法，其運作概念與 BT 大致相同，差異性在於 FC 演算法是運用一致性檢驗技術於新初始化變數與未初始化變數間而不是運用在新初始化變數與已初始化變數間，藉此差異使得 FC 演算法能透過事先地刪除未初始化變數值域中與目前部分解具有不一致性的值域值(Domain Values)以避免目前部分解將面臨的未來衝突，進而大大縮減搜尋樹空間與搜尋過程中可能產生之換枝檢驗次數，大幅地提升傳統 BT 演算法之執行效率，成為一種智慧型空間搜尋演算法。同樣地，以運用 FC 演算法於求解 4-queens 問題為例，便可更清楚地瞭解之 FC 演算法之實際運作流程，其實際運作流程即如圖 2.2 所示：

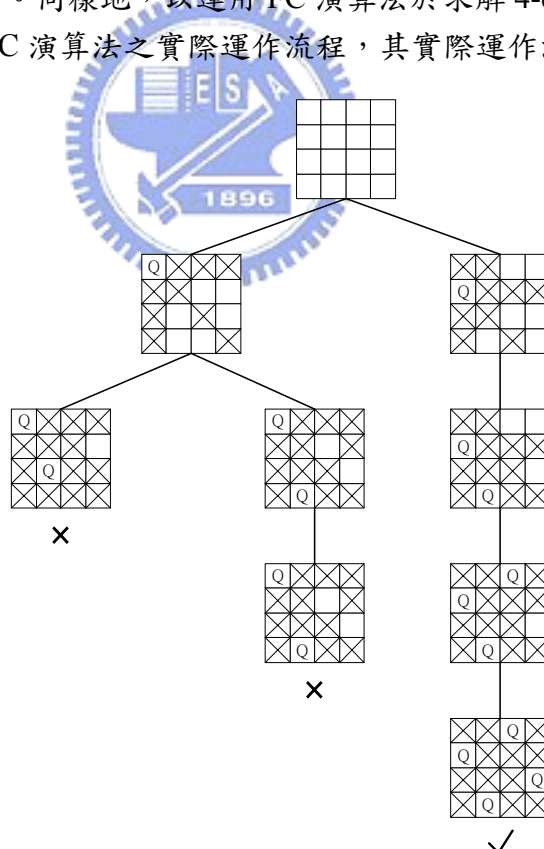


圖 2.2 FC 搜尋法-以 4-queens 為例

資料來源：[18]

詳細比較 FC 與 BT 演算法之搜尋樹空間，可明顯地發現，FC 之分枝節點數 (Branch Node) 較 BT 少很多，且 FC 的分枝深度 (Depth of Branch) 亦較 BT 短，從此可得知，FC 演算法之執行效率較 BT 演算法好很多。

b. Look-Ahead Checking (LC) :

LC 演算法是一種比 FC 更智慧型 (Intelligent) 的演算法，其運作方式與 FC 皆相同，不同的是，LC 進一步地將一致性檢驗技術擴充運用至「未初始化變數與未初始化變數間」，使得 LC 較 FC 能更大幅度地縮減不必要的搜尋空間，然而此一額外之一致性檢驗使得 FC 在搜尋中的每個分枝節點上必須比 FC 花費更多的時間來執行一致性檢驗。

由 Sabin 與 Freuder 兩位學者於 1994 年所發展出來 MAC (Maintaining Arc Consistency) 一致性檢驗技術為目前文獻上最常使用在未初始化變數與未初始化變數間之一致性檢驗技術，其運作方式乃「以節線一致性檢驗技術為基礎、以未初始化變數與其對應之值域所構成的子限制滿足問題 (sub-CSP) 為一致性檢驗之對象」，當 MAC 偵測到某個未初始化變數之所有值域與目前之 sub-CSP 呈現不一致 (non-consistent) 之現象時，即表示目前之 sub-CSP 不存在任何可行解，所以無須再從目前之分枝節點進行分枝。

以 4-queens 為例，運用 MAC 求解此問題之運作方式如圖 2.5 所示，其中有數字的格子表示「未初始化變數中與目前 sub-CSP 呈現不一致之值域值」，而數字的標示順序乃表示「當標示數字為 i 之未初始化變數值域值因與目前之 sub-CSP 不一致而被刪除時，便會進一步促使標示數字為 $i+1$ 之未初始化變數值域值與目前 sub-CSP 產生不一致之現象，其中 $i \geq 1$ 」，由此可知，標示數字為 1 的個格子表示，最開始與 sub-CSP 產生不一致之未初始化變數值域值，而標示數字為 2 的格子表示，當標示數字為 1 的值域值從其相對應之未初始化變數值域中移除之後，標示數字為 2 的未初始化變數值域值也必須因而從其對應之值域中移除，而其他的標示數字則依此類推。從圖 2.3 之左分枝來分析，由於經過 MAC 之一致性檢驗之後，發現最後一列之目前 queen 變數值域值完全與目前 sub-CSP 不一致，使得 LC 演算法能提早判定此一分枝完全不可能存在任何可行解而提止分枝和進行換枝檢驗，藉此減少空間搜尋之分枝數與提高整體空間搜尋演算法之執行效率。

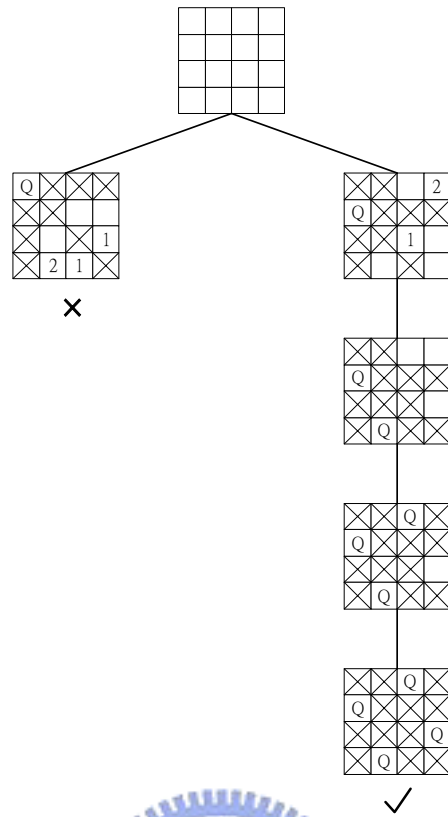


圖 2.3 MAC 搜尋法-以 4-queens 為例

資料來源：[18]



第三章 護理人員排班問題介紹

護理人員排班問題較一般企業人員排班來得複雜，主要因醫院為一全年無休運作之單位，其護理人員不同於一般企業員工有固定的工作時間及休假，因此在排班時需考慮更多的限制條件以滿足護理人員對班表的需求，另外除了複雜的限制條件與考慮外，國內大部分醫院的護理人員其流動性都相當高，且每月均可能會有護理人員需外出公差、接受體檢或教育訓練等特殊班別種類，因此若欲每個月均需產生護理人員班表，排班者通常需耗費極長之時間與心力。就建立排班模式而言，除求解方法須能有效處理此類限制滿足問題外，模式亦需具高度彈性來因應每月之狀況。目前國內大多數之醫療單位仍以傳統人工方式處理排班問題，主要為以往所構建之模式無法因應高變動性之特性，且因問題之型態不同，於模式構建與求解上較無法考慮周詳之限制。因此，為能有效處理複雜之限制式與高彈性之排班問題，本研究將其定義為限制滿足問題，並以某署立醫院為個案醫院，構建其護理人員排班模式，期有效率且快速產生符合需求與公平之班表。本章於3.1節先就護理人員排班簡略介紹，3.2節再針對護理人員排班問題定義作一介紹，並於3.3節整理國內目前護理人員排班可能考慮之限制條件。

3.1 護理人員排班概述

醫院為一龐大之組織，包含許多單位，護理部門為其中一單位，掌管醫院內護理人員之分派與薪資等事項。護理人員排班通常以病房為基礎單位，排班種類按權力的歸屬可分為三種：集權式排班、分權式排班與自我排班法[20]。集權式排班其排班者為護理部門的最高行政主管，此種排班最大優點為掌握多病房單位之人力，可在各病房單位中靈活調派合適之人力，缺點為無法了解各病房單位之需求，其班表結果可能無法符合病房或護理人員之需求；分權式排班排班者為各病房單位之護理長，其班別安排通常考慮護理人員之意願，此排班優點在於護理長了解自己單位之需求，作有效安排，缺點則為護理長無權責調派其他病房單位之護士，若當單位人力不足時，則無法靈活運用人力；自我排班法則由護理人員自行決定值班時段與休假日，再由協調者做最後統整，此方式雖然能提高護理人員於排班上之自主性，但其溝通協調工作不易為最大缺點。目前護理人員排班多以分權式排班為主。

於排班流程上，首先由護理長預訂護理人員工作班別(如教育訓練、公差、體檢等)與護理人員預排值班或休假班別，於確定預訂班表後，再由護理長考慮各種排班限制因素，排入各護理人員之值班班別與休假班別，隨後公佈班表給予護理人員參考，若護理人員對班表有不滿意或有欲調班者，則由其私下溝通，經護理長同意後，即可更改或調班，最後公佈下月護理人員值班班表。由此可知，若不考慮最後由護理人員調整班表之流程，護理人員排班問題主要可分為預排班表與考慮各種排班限制排出班表兩部分。

3.2 護理人員排班問題定義

護理人員排班問題其定義為「於排班期間內，指派工作或休假班別給予不同層級之護理人員，並滿足各值班班別之需求人數。」故其主要因素可分為護理人員、班別與排班期三類，並於排班時滿足其排班限制。其內容分述如下：

1. 護理人員因素：

於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(白班、小夜、大夜)，其相關內容有護理人員僱用方式、護理人員層級與值班人數需求三類：

依醫院之僱用方式分為正式護理人員、約僱、基僱與僱用護理人員，依不同之僱用方式其適用之法律也不同，以正式護理人員而言，其適用公務員職員請假規則；約僱、基僱與僱用護理人員則適用勞基法僱工請假規則，差別為法律給予各類休假天數有所不同。

層級則依護理人員年資深淺一般分成五種層級 N_0 至 N_4 ，年資滿四年以上為 N_4 ，三年以上未滿四年為 N_3 ，兩年以上未滿三年為 N_2 ，兩年以下為 N_1 ，新進未滿三個月之護理人員為 N_0 。於排班之層級替代中，層級高者可替代層級低者，但層級低者不可代替層級高者，如排班時 N_3 護理人員可替代 N_2 護理人員， N_2 護理人員不可替代 N_3 護理人員。

值班人數需求即每天各值班班別需要之護理人員人數與所需層級之人數，如白班需要六名護理人員，且最少需有一名 N_3 層級護理人員，以避免值班人員皆為新進護理人員。於大部分的病房中，各值班班別的護理人力需求多為固定人員數，因病房之護理人員需求人數不同於其他企業，可用過去資料來預測未來之需求人數，護理人員需求人力涉及病人復原率、環境與其他工作人員、護理部門、護理人員、醫院與社區等不確定性因素[20]，因此較難預測未來之需求，故目前護理人力需求多為護理長依經驗判斷各班別所需之護理人力需求數。

2. 班別因素：

若依時數計算，班別可分為工作班別與休假班別兩種：

工作班別包括一般值班班別(白班、小夜、大夜)，此值班班別也為最主要之指派班別，表護士需於哪天哪時段至病房工作，另一工作班別為護理人員需接受教育訓練或是因公事而須公出或出差等，此種工作班別為護理長在排班前即先確定之工作班別。

休假班別則有依公務員請假規則與勞基法所規定之休假，如依年資深淺與僱用方式給予不同之任職休假、每星期之休假(例假日)、產前假、產假、喪假、流產假、陪產假、婚假、病假與事假等。

3. 排班期：

排班期通常以週或月來計算，若以月為排班期，則其班表通常指下月班表，即當月排出下月護理人員值班班表，護理人員下月之值班以此班表為依據。且因護理人員排班允許護理人員可預定班別，故於排班期之前會有一段護理人員預排期，依照各醫院與病房之不同，預排期通常也會不同，如國定假日有些病房會要求護理人員於年初即預訂全年之國定假日休假，包班需於半年前預訂等。

4. 排班限制：

排班限制分為硬限制與軟限制兩類。硬限制通常指一定要滿足、不可違反之限制條件，通常為法律規定與醫院規定；軟限制通常為護理人員之期望狀況，於排班考慮中應儘量滿足但不一定要滿足之限制條件。由於排班限制眾多，故有關護理人員之排班相關限制於下節討論。

3.3 排班限制整理

本研究參考 Berghe[16]整理之限制，並回顧收集國內護理人員相關限制，將其可能限制重新分類與敘述如下。

1. 排班硬限制：

人員需求

- (1) 護理人員數需滿足每日各值班班別之需求。
- (2) 適當之資深護理人員數配置：於任一值班班別中，需指派一定數量之資深護理人員。
- (3) 護理人員之層級替代：層級高者可取代層級低者，反之不可。

法規限制

- (1) 符合工作時數規定：勞基法第三十條規定勞工每日正常工作時間不得超過八小時，每二週工作總時數不得超過八十四小時。雇主經工會同意，得將其二週內二日之正常工作時數，分配於其他工作日。其分配於其他工作日之時數，每日不得超過二小時。但每週工作總時數不得超過四十八小時。
- (2) 輪值班別規定：勞基法第三十四條規定勞工工作採晝夜輪班制者，其工作班次更換時，應給予適當之休息時間。
- (3) 休假規定：勞基法第三十六條規定勞工每七日中至少應有一日之休息，作為例假。第三十七條規定紀念日、勞動節日及其他由中央主管機關規定應放假之日，均應休假。第三十八條則規定依年資深淺給予之特別休假



工作考慮因素

- (1) 領導(Leader)：於各值班班別中，需指派一名 N₃ 層級以上之護理人員作為班別之領導，且擔任領導之護理人員於計畫期間均需指派其領導之班別。即若為白班領導，則其計畫期之值班班別均為白班。
- (2) 包班：限大夜班與小夜班，若護理人員選擇某月包班，則當月班別均為包班之班別。
- (3) 每位護理人員一天只能值一班別：於指派班別時，每護理人員每天只能指派一種班別，避免當天連續上兩種班別，違反法律規定。
- (4) 每星期工作最少 2 天。
- (5) 不得出現工作、休假、工作(010)之班別組合。
- (6) 連續值班天數最多 6 天。
- (7) 連續值班班別限制：大夜後不接白班或小夜、小夜後不接白班。
- (8) 大夜後換白班或小夜休假 2 天：給予護理人員充足之休息時間，並調整身理時鐘，除非有突發狀況，因人力需求而給予一天休假，不然均須給予兩天休假。

休假考慮因素

- (1) 連續休假天數最多 5 天

護理人員因素

- (1) 帶領實習護理人員年資需半年以上：若病房有新進護理人員，則帶領其熟悉護理事務之護理人員年資需半年以上。
- (2) 護理長預定護理人員班別：護理長於排班時，會預定某些護理人員於下月值特殊班別如公差、公出等，故於排班時應先確定此預定班別日期，避免值班班別指派與特殊班別衝突。
- (3) 護理人員預定值班班別：護理人員可能於某日某段時間有要事，如晚上需至學校上課，因此當日之班別則應先預定白班班別。

2. 排班軟限制：

法規限制

- (1) 每週更換一次值班班別：勞基法第三十四條規定勞工工作採晝夜輪班制者，其工作班次，每週更換一次。但經勞工同意者不在此限。因護理人員供給人數就需求而言相當吃緊，因此較無法達到讓每為護理人員每星期都只上同一值班班別，故本研究將此限制放於軟限制中，儘量使各護理人員每星期值班種類單純

化，減少花班情況產生。

工作考慮因素

- (1) 工作時數應平均：即所有班別種類中，其時數計算歸類為工作時數之班別，除一般三種值班班別(白班、小夜班、大夜班)外，其他如教育訓練、公差、公出也屬於工作時數之班別。故於此項公平性因素中，除最大工作時數需符合法律規定外，也應儘量使各護理人員之工作時數平均分配，其計算分為兩部分，首先為預排班表之部分，即先對各護理人員之工作時數進行計算，於確定預排班表後，並將其結果作為指派工作班別之基準，使最後班表工作時數平均。
- (2) 值班班別天數平均分配給每位護理人員：為求各護理人員有相同之值班班別天數，因此於排班時，會考慮儘量讓每位護理人員各值班數相同，但包班、領導與新進護理人員除外。計算方式為在預排班表時先確定護理人員是否為包班、各值班班別之領導、或新進護理人員，若有以上狀況，則扣除其值班班別天數，之後再計算各種班別之平均上班天數。如某病房有 20 位護理人員、排班期為 30 天、假設白班需求人數為 6 人，且無包班護理人員與新進護理人員，白班領導當月值白班天數為 20 天，則其餘護理人員白班平均值班天數為 $(30*6-20)/19$ ，即未包班護理人員下月班表其白班值班天數應儘量等於 8 次。
- (3) 例假日值班天數平均分配給每位護理人員：於排班期間，每位護理人員星期六、日工作天數應儘量平均分配給各護理人員，以滿足其例假日工作之公平性。

休假考慮因素

- (1) 休假天數平均分配給每位護理人員：將計劃期間可休假數平均分配每位護理人員，如某病房有 20 位護理人員、排班時間為 30 天，假設每日可休假人數為 7 人，則 30 天總休假數為 210，平均分配給 20 位護理人員，故每位護理人員排班期可休假天數約 10 天。
- (2) 例假日休假天數平均分配給每位護理人員：同例假日值班天數指派，為滿足例假日休假之公平性。雖然法律規定每星期最少需一至兩天休假，但因醫院為一全年無休之企業，因此，星期六、日護理人員仍需值班，故法律規定之每星期休假可能會排於非例假日之時段，若護理人員於某月中都未於例假日排休，亦可能會造成護理人員之不滿，因此，平均的分派例假日也為相當重要之公平性因素。
- (3) 國定假日輪流放假：依各醫院或病房之護理長排班而有不同分配方式，如年初護理人員即預排全年之國定假日，以容易並公平分配國定假日給予各護理人員。
- (4) 計畫期間最多休假天數：即指護理人員於計畫期間最多可以休假之天數，一般以當月之例假日天數、國定假日天數與法定任職休假數三者所構成，若有其他如補假、清假、產假等特殊因素，則應另外計算。

護理人員因素

- (1) 預先排休：護理人員會希望於某日期排休，故除非同日預先排休人數太多，不然則應儘量滿足護理人員排休之要求。
- (2) 人際關係：於工作環境中，通常會有人與人之間之問題，護理人員也不例外，因此如何將哪些護理人員比較適合一起工作與哪些比較不適合一起工作之護理人員值派到合適班別，也可為一考慮因素。

因護理人員排班之考慮因素各國均有所差異，故對於 Berghe[16]所提出之護理人員限制考慮因素，本研究將其與上述所整理之限制比較如表 3.1，其中本研究與國外文獻相比，未考慮之限制如下：

- (1) 某星期幾之最大工作天數。
- (2) 每星期某一值班班別之最大工作天數。
- (3) 例假日指派相同值班班別。
- (4) 指派完整例假日休假。



表 3.1 國外文獻與本研究整理之護理人員排班限制比較表

限制種類		護理人員排班相關限制條件	國外文獻	國內應用
硬 限 制	人力需求	滿足每日各值班班別之需求	✓	✓
		適當之資深護理人員數配置	✓	✓
		護理人員之層級替代	✓	✓
	法規限制	符合工作時數規定	✓	✓
		輪值班別規定	✓	✓
		休假規定	✓	✓
	工作考慮因素	領導(Leader)	*NA	✓
		包班	✓	✓
		每位護理人員一天只能值一班別	✓	✓
		每星期工作最少 2 天	✓	✓
		不得出現工作、休假、工作班別組合	✓	✓
		連續值班天數最多 6 天	✓	✓
		連續值班班別限制	✓	✓
	大夜後換白班或小夜休假 2 天	✓	✓	
	休假考慮因素	連續休假天數最多 5 天	✓	✓
	護理人員因素	帶領實習護理人員年資需半年以上	✓	✓
		護理長預定護理人員班別	✓	✓
護理人員預定值班班別		✓	✓	
軟 限 制	工作考慮因素	值班班別天數平均分配給每位護理人員	✓	✓
		例假日值班天數平均分配給每位護理人員	✓	✓
		某星期幾之最大工作天數	✓	NA
		每星期某一值班班別之最大工作天數	✓	NA
		例假日指派相同值班班別	✓	NA
	休假考慮因素	指派完整例假日休假	✓	NA
		休假天數平均分配給每位護理人員	✓	✓
		例假日休假天數平均分配給每護理人員	✓	✓
		國定假日輪流放假	✓	✓
		計畫期間最大休假天數	✓	✓
	護理人員因素	預先排休	✓	✓
人際關係		✓	✓	

*NA：Not Available 未使用

第四章 護理人員排班個案介紹與模式構建

本章主要介紹個案目前現況與探討個案護理人員排班模式構建，首先於 4.1 節介紹個案病房之規模與班別種類，於 4.2 節整理訪談護理長後，個案排班所需之限制條件，於 4.3 節介紹本研究之護理人員排班求解模式設計，並於 4.4 節與 4.5 節分別介紹各階段之模式構建。

4.1 個案介紹

個案醫院創立於民國前十七年五月，目前此醫院大多仍以人工方式來進行排班，因醫院病房眾多，本研究選擇以其一內科病房作為本研究之個案對象。

個案病房於 94 年五月其人力除護理長外，共有 20 名護理人員，依年資之深淺，可分為 N_0 至 N_4 五種層級，其中包括 7 名 N_4 層級護理人員、3 名 N_3 層級護理人員、4 名 N_2 層級護理人員、4 名 N_1 層級護理人員與 2 名 N_0 層級護理人員。

護理人員每天需值一種班別，分為工作班別與休假班別兩種。一般而言，一天內包含三種基本值班班別，每種班別各 8 小時，分別為白班(D：上午八點至下午四點)、小夜班(N：下午四點至凌晨十二點)與大夜班(M：凌晨十二點至上午八點)；休假班別則分為一般休假(OFF)與法律給予之產前假(ET)、產假(DT)、流產假(AT)、陪產假(LT)、婚假(WT)、喪假(FT)、病假(IT)、事假(PT)、其他班別如教育訓練(ZT)、體檢(HC)、公差(TT)、公出(GT)、社區服務(CT)。上述 17 種班別可歸納為四種指派班別(D、N、M、OFF)與 14 種預排班別(OFF、ET、DT、AT、LT、WT、ET、IT、PT、ZT、HC、TT、GT、CT)，時數以工作時數與休假時數兩種計算。排班測試週期為月，天數為 30 天或 31 天。

其中對於新進護理人員，護理長指派班別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。於第二個月後，其值班班別指派即同一般護理人員，可值任一值班班別。

另外個案病房排班有一特殊排班需求，即過年時段病房之護理人員排班，因過年為國內之重要節日且休假時間長，故為能讓護理人員於此假期有公平之休假天數，護理長處理此特殊休假為將過年休假總天數分為 3 時段，以輪流值班將值班班別平均分配給予每位護理人員；此時段之需求人數亦不同於一般日值班人數，分別為白天 5 人；小夜 3 人；大夜 3 人。因此需求為特殊月份，一年中只有一個月有此特殊休假，故於構建此個案之護理人員排班模式，並無將此特殊休假列入考慮，排班模式構建以一般月份之需求與考量為主。

4.2 個案限制條件整理

護理人員排班限制眾多，但其中有些限制會相互重複規定，如每週最大、最小工作天數與每週最大、最小休息天數，故於訪談護理長後，本研究依求解模式設計，將個案病房護理人員排班之限制條件整理並萃取如下：

1. 硬限制規定：

(1) 護理人力需求：

- H1: 白班需求人數：6 人。
- H2: 小夜需求人數：4 人。
- H3: 大夜需求人數：3 人。
- H4: 白班每日最少需有一 N3 以上層級之護理人員。
- H5: 小夜每日最少需有一 N3 以上層級之護理人員。
- H6: 大夜每日最少需有一 N3 以上層級之護理人員。
- H7: 護理長預定護理人員班別。
- H8: 護理人員預定值班班別。
- H9: 護理人員預先排休。

(2) 休假與法規限制：

- H10: 每週最少休假 1 天。
- H11: 每週休假天數最多 5 天。
- H12: 每兩週休假天數最少 4 天。
- H13: 連續休假天數最多 5 天。

(3) 工作考慮因素：

- H14: 領導：各班別需有一 N3 以上層級之護理人員當此班別之領導。
- H15: 包班：限小夜與大夜，值班天數不可少於 15 天。
- H16: 每位護理人員一天只能值一工作班。
- H17: 連續工作天數最多 6 天。
- H18: 不得出現休假、值班、休假班別組合(010)出現。

H19: 大夜隔日不接白班。

H20: 大夜隔日不接小夜。

H21: 小夜隔日不接白班。

H22: 大夜後換白班，期間應給予 1 天休假。

H23: 大夜後換小夜，期間應給予 1 天休假。

除上述所整理之硬限制外，另外尚有護理人員層級替代與帶領新進護理人員護理人員年資需半年以上兩項硬限制。其中護理人員層級替代，由於個案已限制每日各班別最少需一名 N₃ 層級之護理人員，故此限制以自然滿足，故不需另外考慮；另外帶領新進護理人員之年資需求，本個案若有新進護理人員進入，則帶領者只需資深者帶領即可，並未限制需固定某資深人員帶領，且於人員需求規定中，規定每種值班班別最少需有一位 N₃ 層級以上之護理人員值班，故於帶領之限制即不需另外列式求解即可滿足。

2. 軟限制規定：

S1: 未包班護理人員其各值班班別天數平均分配。

S2: 休假天數平均分配給每位護理人員。

S3: 例假日休假天數平均分配給每位護理人員。

以上為本研究所考慮之軟限制規定，於訪問護理長之結果，除上述三項軟限制外，另外尚有例假日工作輪流排班、例假日休假輪流休假、計畫期間最多休假天數(例假日+平均任職休假數)與國定假日輪流放假(以全年計算)四項軟限制條件。本研究未考慮所有軟限制條件，主要原因於下說明：以例假日工作與休假輪流指派而言，因護理人員排班有允許護理人員預先排班與護理長預定班別之特性，因此，對於例假日輪流指派之軟限制較難滿足；計畫期間最多休假天數則與休假天數平均分配給每位護理人員(S2)相互衝突，且計畫期間最多休假天數常因非一般休假之休假種類而使其無法滿足，故本研究不考慮計畫期間最多休假天數，而以休假天數平均分配為主；國定假日輪流放假則因本研究探討之排班期並未考慮跨月與整年排班，故此軟限制亦先不予考慮。

有關本研究所考慮之限制條件，整理如表 4.1。

表 4.1 護理人員排班考慮限制比較表

限制種類		本研究整理限制	本研究使用限制
硬 限 制	人力需求	滿足每日各值班班別之需求	H1、H2、H3
		適當之資深護理人員數配置	H4、H5、H6
		護理人員之層級替代	資深人員配置已滿足
	法規限制	符合工作時數規定	H12
		輪值班別規定	H22、H23
		休假規定	H10
	工作考慮因素	領導	H14
		包班	H15
		每位護理人員一天只能值一班別	H16
		每星期工作最少 2 天	H11
		不得出現工作、休假、工作班別組合	H18
		連續值班天數最多 6 天	H17
		連續值班班別限制	H19、H20、H21
	休假考慮因素	大夜後換白班或小夜休假 2 天	H22、H23
		連續休假天數最多 5 天	H13
	護理人員因素	帶領實習護理人員年資需半年以上	人員層級配置已滿足
護理長預定護理人員班別		H7	
護理人員預定值班班別		H8	
軟 限 制	工作、休假與護理人員因素	值班班別天數平均分配給每位護理人員	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護理人員	S3
		預先排休	H9
		每週更換一次值班班別	未考慮
		例假日值班天數平均分配給每位護理人員	未考慮
		國定假日輪流放假	未考慮
		計畫期間最大休假天數	未考慮
		人際關係	未考慮

4.3 兩階段求解模式設計

護理人員排班問題除護理人員數、排班天數與班別種類所組成之龐大求解規模外，值班班別、休假班別與預排班別之高度彈性使得排班問題具有高複雜度，若再加上各類限制與護理人員期望，則更增加護理人員排班問題之求解難度，因此，護理人員排班問題也被視為極為複雜且解題難度高的組合搜尋問題。所謂組合搜尋問題是指這類問題的解通常經由指派適當的值給問題變數，並且滿足模式限制式之要求，其求解時間與搜尋空間具有高度關聯，當問題規模大時，解空間也會相對急速增加，求解所需之耗費時間也隨問題規模成指數成長，故欲於廣大的解空間且於合理時間內找尋一組或多組可行解極相當困難。

而在分階段模式設計中，有許多方法可簡化問題複雜度，如將月班表以天數劃分，第一階段先求前兩週之班表，第二階段再求剩下天數之班表；另外可將休假指派與值班指派分開求解，第一階段先求所有護理人員之休假時間，第二階段再求其值班班別。其求解結果各有利弊，因此，為能有效於合理時間內求解出一組或多組班表之可行解，且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與值班班別指派兩階段求解，模式求解架構如圖 4.1 所示，詳細內容於後兩節介紹，並使用 ILOG 公司所開發之 OPL Studio 軟體來撰寫限制規劃程式即求解。

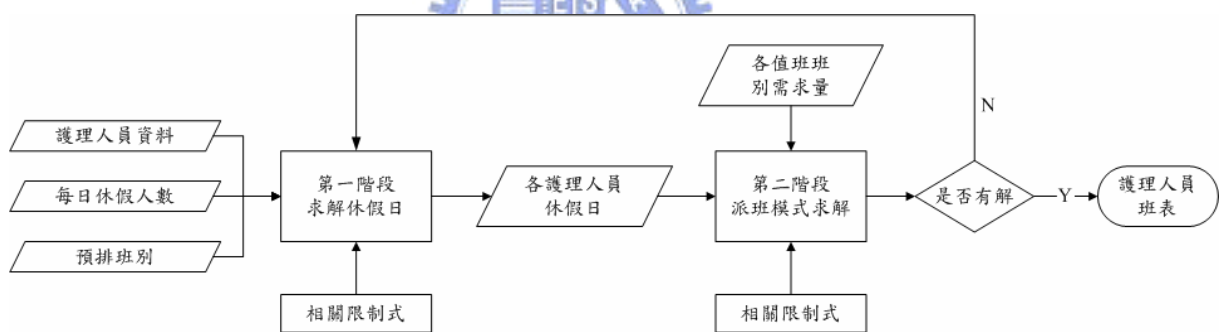


圖 4.1 兩階段模式架構

第一階段為排休之限制滿足問題，此階段主要處理護理人員預先排休與排班期內之休假時間，除需符合休假之法規與規則條件外，另對護理人員期望之排班期內休假天數與例假日休假數應先行計算以達平均分配，儘量滿足此兩公平性因素。

第二階段為指派值班班別之限制滿足問題，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各護理人員休假時間，指派值班班別(白班、小夜、大夜)至每位護理人員排班期中未指派之日期。此階段除須滿足值班之法規與規則條件外，另將各種值班班別平均分配給未包班之護理人員，使護理人員有較為公平之班表，提高對班表之滿意度。

另外，若當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，以確保模式之可執行性。

表 4.2 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。其模式構建內容於後兩節說明。

表 4.2 兩階段模式求解綜合說明

階段	模式概述	輸入資料	結果
排休模式 (offday scheduling)	為一排休問題。於此階段預先決定每位護理人員之休假時間，並預先探討其休假數與例假日休假數，以達到公平分配之目標。	護理人員數、 計畫期天數、 預排休假期日期、 預定班別日期、 每日休假需求。	護理人員休假期日期、 總休假數、 總例假日休假數
派班模式 (shifts scheduling)	為一派班問題。根據第一階段求解出之休假期日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非假日值班班別。	護理人員數、 計畫期天數、 人員休假期日期、 每日值班需求、 包班護理人員、 班別種類	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

4.4 第一階段：排休(Offday Scheduling)模式

此階段模式求解主要包含兩部份，一為護理人員預先排休資料，另一為休假限制與每日休假需求人數限制，利用此兩部分所構建出之限制滿足問題模式來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。

4.4.1 限制滿足問題模式構建

限制滿足問題為限制式 C 、變數 X 與變數值域 D 三者所構成，主要目的為在滿足所有限制條件下，求取問題中各變數之值。故其模式構建重點即在於變數、限制式與參數之設計，第一階段排休模式之限制滿足問題構建如下：

1. 決策變數：

$$y_{dn} \in \{work, off, swork, soff\} \quad \forall d, \forall n$$

上式表將工作與休假班別指派給 d 天之護理人員 n ，記為 y_{dn} ，即每位護理人員需於哪天工作或休假。其中 $n(n=1, \dots, N_s)$ 表排班期之護理人員，因每月護理人員總數可能會有所不同，故 N_s 值也會隨之變動； $d(d=1, \dots, D_s)$ 表排班期之日期，以月為單位， D_s 值隨月份天數變動。另外，變數之指派首先依據是否為預排班別之 $[0,1]$ 資料矩陣來做判斷，若矩陣值為 0，則 $y_{dn} = work$ 表第 d 天護理人員 n 為工作，或 $y_{dn} = off$ 表第 d 天護理人員 n 為休假；若矩陣值為 1，則 $y_{dn} = swork$ 表第 d 天護理人員 n 為預排工作，或 $y_{dn} = soff$ 表第 d 天護理人員 n 為預排休假。待求出休假班表後，在將其休假結果輸入第二階段模式，求取每位護理人員值班班別種類。於第一階段因主要著重於休假時間之確定，因此本階段之變數指派值為工作與休假，並未以原班別代碼表示，待第二階段指

派班別時，再將預排之班別轉回成原班別種類代碼。

2. 限制式構建：

於限制式構建之前，因限制規劃不同於數學規劃，故於模式之表示即會有一些特殊符號與用法，以下先對對其進行說明：

$x \vee y$ ：其中 \vee 表或，即 x 或 y ，兩者只需其一成立即可。

$x \wedge y$ ：其中 \wedge 表且，即 x 且 y ，兩者均需成立。

$x \Rightarrow y$ ：其中 \Rightarrow 表若...則，即若 x 成立，則 y 也要成立。

$$((statement)) = \begin{cases} 1 & \text{if } statement \text{ 爲真} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

上式 $((statement))$ 為邏輯計數器，用以判斷敘述是否為真，並轉為數值加以計算。於介紹特殊符號後，以下即為本研究之排班模式限制式之構建。

(1) 護理人力需求

C1: 滿足每日可休假護理人員數。

$$\sum_n ((y_{dn} = off \vee y_{dn} = soff)) = off_nurse_d \quad \forall d \quad (C1)$$

式(C1)限制由H1、H2與H3限制衍生而來，因排休模式主要為滿足每日護理人員休假人數，故其休假人數 (off_nurse_d) 為總護理人員數-(白班需求人數+小夜需求人數+大夜需求人數)。公式如下式所示。

$$off_nurse_d = Ns - (D_nurse_d + N_nurse_d + M_nurse_d) \quad \forall d$$

其中 D_nurse_d 表白班需求人數、 N_nurse_d 表小夜需求人數、 M_nurse_d 表大夜需求人數。

C2: 每日工作之 N_3 以上層級之護理人員最少需五人。

$$\sum_{n|n_{level} \geq 3} ((y_{dn} = work \vee y_{dn} = swork)) \geq 5 \quad \forall d \quad (C2)$$

式(C2)限制由H4、H5與H6限制衍生而來，因個案各值班班別最少需 N_3 層級護理人員一人以上，且有包班護理人員之情況，故為避免於此階段指派護理人員休假，導致二階段層級人員需求不足而無法指派之情況，故經過數值測試，於此階段即限制每日至少須有5位 N_3 以上層級之護理人員值班，提高二階段求解之彈性，其中 $n|n_{level} \geq 3$ 表所有護理人員中，層級大於3之護理人員。

C3: 護理長與護理人員預定工作班別。

$$y_{dn} = swork \quad \forall n \in n_ske_work, \forall d \in d_ske \quad (C3)$$

式(C3)限制為原限制之 H7 與 H8，為預先確定護理長指派給護理人員之工作班別，避免指派休假時另外指派班別，造成衝突。其中 n_ske_work 表有預定工作班別之護理人員， d_ske 表預排之日期。

C4: 滿足護理人員預先排休之需求。

$$y_{dn} = soff \quad \forall n \in n_ske_off, \forall d \in d_ske \quad (H9)$$

式(C4)限制為原限制之 H9，為滿足護理人員預先排休之需求，於模式中亦可先將護理人員預先排休之日期先予以限制，其中 n_ske_off 表有預先排休之護理人員， d_ske 表預排之日期。

(2) 休假與法規限制

C5: 每週最少休假一天。

$$1 \leq \sum_{d \in \{1, \dots, 7\}} ((y_{dn} = off \vee y_{dn} = soff)) \quad \forall n \quad (C5_a)$$

$$1 \leq \sum_{d \in \{8, \dots, 14\}} ((y_{dn} = off \vee y_{dn} = soff)) \quad \forall n \quad (C5_b)$$

$$1 \leq \sum_{d \in \{15, \dots, 21\}} ((y_{dn} = off \vee y_{dn} = soff)) \quad \forall n \quad (C5_c)$$

$$1 \leq \sum_{d \in \{22, \dots, 28\}} ((y_{dn} = off \vee y_{dn} = soff)) \quad \forall n \quad (C5_d)$$

式(C5_a)至(C5_d)為原限制 H10，分別表第一週至第四週。以式(C5_a)為例，表每位護理人員於第一天至第七天中，指派休假或預排休假天數總和應大於 1。其他第二週至第四週亦同。

C6: 每週最多休假五天。

$$\sum_{d \in \{1, \dots, 7\}} ((y_{dn} = off \vee y_{dn} = soff)) \leq 5 \quad \forall n \quad (C6_a)$$

$$\sum_{d \in \{8, \dots, 14\}} ((y_{dn} = off \vee y_{dn} = soff)) \leq 5 \quad \forall n \quad (C6_b)$$

$$\sum_{d \in \{15, \dots, 21\}} ((y_{dn} = off \vee y_{dn} = soff)) \leq 5 \quad \forall n \quad (C6_c)$$

$$\sum_{d \in \{22, \dots, 28\}} ((y_{dn} = off \vee y_{dn} = soff)) \leq 5 \quad \forall n \quad (C6_d)$$

式(C6_a)至(C6_d)為原限制 H11，同 H10 之限制式，分別表第一週至第四週，限制每位護理人員每週之指派休假或預排休假天數總和需小於 5。

C7: 每兩週最少休假四天。

$$\sum_{d \in \{1, \dots, 14\}} ((y_{dn} = \text{off} \vee y_{dn} = \text{soff})) \geq 4 \quad \forall n \quad (\text{C7_a})$$

$$\sum_{d \in \{8, \dots, 21\}} ((y_{dn} = \text{off} \vee y_{dn} = \text{soff})) \geq 4 \quad \forall n \quad (\text{C7_b})$$

$$\sum_{d \in \{14, \dots, 28\}} ((y_{dn} = \text{off} \vee y_{dn} = \text{soff})) \geq 4 \quad \forall n \quad (\text{C7_c})$$

式(C7_a)至(C7_c)為原限制 H12，因法律規定勞工於兩星期工作天數不得超過 10 天，故將其轉為休假數而言，即每兩週最少需休假四天。其中式(C7_a)表第一週與第二週總休假天數最少需 4 天，式(H12_b)表第二週與第三週，以此類推。

C8: 連續休假不得超過 5 天。

$$\sum_d^{d+5} ((y_{dn} = \text{off} \vee y_{dn} = \text{soff})) \leq 5 \quad \forall n, \forall d \in \{1, \dots, (Ds-5)\} \quad (\text{C8_a})$$

$$\sum_d^{d+4} ((y_{dn} = \text{work})) \geq 1 \quad \forall n, \forall d \in \{1, \dots, (Ds-4)\} \wedge d \notin d_ske_off \quad (\text{C8_b})$$

式(C8_a)為原限制 H13，而(C8_b)為衍生限制式。以式(C8_a)而言，表連續 6 天中，休假天數不得超過 5 天，主要作為週與週銜接之連續休假天數限制，避免護理人員連續休假超過 5 天。式(C8_b)表連續 5 天中，最少工作 1 天，且連續 5 天中並不包含預排休假之班別，其中 d_ske_off 表 d 天為非預排休假。

(3) 工作考慮限制

C9: 連續工作天數最多 6 天。

$$\sum_d^{d+6} ((y_{dn} = \text{work} \vee y_{dn} = \text{swork})) \leq 6 \quad \forall n, \forall d \in \{1, \dots, (Ds-6)\} \quad (\text{C9})$$

式(C9)為原限制 H17，表連續 7 天中，工作天數不得超過 6 天，同 H13，主要作為週與週銜接之連續工作天數限制，避免護理人員連續工作超過 6 天。

C10: 不得出現休假、值班、休假班別組合(010)。

$$(y_{dn} = \text{off} \vee y_{dn} = \text{soff}) \wedge (y_{(d+1)n} = \text{work} \vee y_{(d+1)n} = \text{swork}) \\ \Rightarrow (y_{(d+2)n} = \text{work} \vee y_{(d+2)n} = \text{swork}) \quad \forall n, \forall d \in \{1, \dots, (Ds-2)\} \quad (\text{C10})$$

式(C10)為原限制 H18，表若 d 天班別為休假或預排休假，且 $d+1$ 天班別為工作或預定工作，則 $d+2$ 天班別即需指派工作班別或原本即為預定工作，即不得指派休假班別。另外此限制也可表示連續工作天數最少 2 天。

(4) 休假軟限制

由於本階段為排休模式，故對於本研究休假相關之公平性指標亦可先予以滿足，其相關限制如下：

C11: 每位護理人員計劃期間可休假天數。

$$off_{\min} \leq \sum_d ((y_{dn} = off \vee y_{dn} = soff)) \leq off_{\max} \quad \forall n \quad (C11)$$

式(C11)為原軟限制 S2 之範圍限制式，因本研究之排班有考慮預先排休之排班特性，因此若單以 ILOG OPL Studio 中之動態搜尋語法來進行平均休假指派，則效果並不佳，故以每位護理人員計劃期間可休假天數限制輔助求取平均休假之結果。式中 off_{\min} 值與 off_{\max} 值之計算為(計畫期間總休假數/計劃期間護理人員數)，待求得平均休假數後，再取平均休假鄰近值作為護理人員休假天數範圍值。如下列所示。

$$\begin{cases} (\sum_d off_demand_d) / Ns = off_avg \\ \lfloor off_avg \rfloor = off_{\min} \\ \lfloor off_avg \rfloor + 3 = off_{\max} \end{cases}$$



C12: 每位護理人員計劃期間例假日可休假天數。

$$1 \leq \sum_d ((y_{dn} = off \vee y_{dn} = soff)) \leq 5 \quad \forall n, \forall d \in weekend \quad (C12)$$

式(C12)為原軟限制 S3，其作用同 C4，限制每位護理人員計劃期間例假日休假最少 1 天、最多 5 天。

(5) 附加限制式

為加快求解效率與每位護理人員之休假較平均分配於班表中，本研究另外引入兩個限制式，來達到其效果。

C13: 週與週間之休假天數組合(4 ≤ 休假天數 ≤ 5)。

$$weekoff_{ni} = 1 \Rightarrow weekoff_{n(i+1)} \neq 1 \wedge weekoff_{n(i+1)} \neq 2 \quad \forall n, \forall i \in \{1, \dots, 3\} \quad (C13_a)$$

$$weekoff_{ni} = 2 \Rightarrow weekoff_{n(i+1)} \neq 1 \wedge weekoff_{n(i+1)} \neq 4 \quad \forall n, \forall i \in \{1, \dots, 3\} \quad (C13_b)$$

$$weekoff_{ni} = 3 \Rightarrow weekoff_{n(i+1)} \neq 3 \wedge weekoff_{n(i+1)} \neq 4 \quad \forall n, \forall i \in \{1, \dots, 3\} \quad (C13_c)$$

$$weekoff_{ni} = 4 \Rightarrow weekoff_{n(i+1)} = 1 \quad \forall n, \forall i \in \{1, \dots, 3\} \quad (C13_d)$$

式(C13)限制主要為輔助 C7 與 C11 限制式，預先決定週與週間之休假天數關係，來達到縮小解空間之目的，以較有效率找尋班表之可行解。式中的 $weekoff_{ni}$ 表護理人員 n 於第 i 週之總休假天數，此限制主要將週視為一區塊，利用當週之總休假天數來判斷下週可休息之天數，以式(C13_a)為例，即當第 i 週休假天數為 1 時，則 $i+1$ 週之休假天數不能為 1 天與 2 天，用以提前刪除不需要之解空間，加快求解速度。

C14: 每兩週之例假日休假天數組合(3 ≤ 例假日休假天數 ≤ 4)。

$$weekwo_{n1} = 1 \Rightarrow weekwo_{n2} = 2 \vee weekwo_{n2} = 3 \quad \forall n \quad (C14_a)$$

$$weekwo_{n1} = 2 \Rightarrow weekwo_{n2} = 1 \vee weekwo_{n2} = 2 \quad \forall n \quad (C14_b)$$

$$weekwo_{n1} = 3 \Rightarrow weekwo_{n2} = 0 \vee weekwo_{n2} = 1 \quad \forall n \quad (C14_c)$$

$$weekwo_{n1} = 4 \Rightarrow weekwo_{n2} = 0 \quad \forall n \quad (C14_d)$$

式(C14)限制主要為輔助 C12 限制式，其作用同 C13。式中的 $weekwo_{n1}$ 表護理人員 n 於第一週與第二週之總例假日休假天數， $weekwo_{n2}$ 表護理人員 n 於第三週與第四週之總例假日休假天數，同週與週間之休假天數組合，此限制主要將兩週視為一區塊，利用前兩週之總例假日休假天數來判斷後兩週可休息之例假日天數，以式(C14_a)為例，當前兩週例假日休假天數為 1 時，則後兩週之例假日休假天數應為 2 天或 3 天，用以達到較平均分配例假日休假之目標。

4.4.2 限制規劃演算程序

於構建護理人員限制滿足問題模式後，接著即以限制規劃法求解問題之可行解。本研究以 ILOG OPL Studio3.0 撰寫限制規劃演算程序，內容主要分為模式檔與資料檔兩部份，第一階段之排休 OPL 模式如圖 4.2 所示。

行 1 至行 11 為模式資料型態宣告，其資料均紀錄於另一資料檔中，當模式執行求解時，會先讀取參數之資料，以進行模式運算。其中語法 enum 宣告參數為字串型態，行 1 與行 2 即表宣告參數 Nurses 與 oshifts 之資料可包含字串之類型；int 則宣告參數為整數型態，行 3 即表 nbdays 之資料只能為整數形式，若輸入值為整數之外之值，則會出現錯誤；range 為定義參數之範圍，如行 4 表參數 days 的範圍為 1 至 nbdays；struct 為結構語法，表當某參數之資料包含有其他多項屬性，即可利用此語法構建參數資料之屬性

值，共有三個部份組成此結構語法，首先 struct Nurse 為宣告 Nurse 為一結構型態，大括號中則表所包含之屬性資料型態、屬性名與順序，最後 Nurse Nurse_data[Nurses]宣告參數 Nurse_data 屬於 Nurse 結構，表每位護理人員所包含之屬性類別。如行 5 至行 9 為宣告 Nurse 結構有 level、avgholiday 與 acctime 三項資料，行 10 則宣告每位護理人員有上述三項基本資料。var 語法為變數宣告，如行 12 宣告 y 為二元變數，由 days 與 Nurses 所組成，並指派 oshifts 給予此變數。

Solve 語法為宣告模式開始求解，即行 13 所示，所有問題之限制條件均需列於 solve 之大括號中(行 13 至行 22)；行 14 至行 16 為預先排班之限制式，以行 14 而言，即表護理人員 1 於第一天預排工作，以先給予變數定值之方式，來確定護理人員於某天預排之班別；行 17 至行 21 為問題限制式之構建，行 17 之 forall(d in days)語法表對所有 days sum(n in Nurses) (“statement”)語法則表示總合，即將 statement 之陳述為真者作一加總計算，故 forall(d in days) sum(n in Nurses) (workday[d,n]=0)=off_demand[d]表對所有 days 其每日總休假人數需等於每日休假人數需求 off_demand[d]。

行 23 至行 29 為限制規劃求解之搜尋策略，本研究採用 ILOG OPL Studio 所提供之最小動態搜尋語法 dmin 來求取平均休假數。行 23 之 search 為宣告搜尋法由此開始定義，並將欲使用之搜尋策略寫於 search 大括號內。行 25 即為依據每位護理人員之累積休假數最少者優先指派休假(increasing dmin(sum_offday[n]))，若確定指派休假之護理人員，則將其當日班別設為休假 workday[d,n]=0，以達到較公平分配休假數之目標。

限制規劃求解另一部份為資料檔，即記錄模式所需使用之參數資料，如圖 4.3 所示。行 1 表參數 Nurses 之資料，共有 20 位護理人員，代號從 Nurse1 至 Nurse20；行 2 表參數 oshifts 之資料，共包含有四種班別；行 3 表計畫期天數；行 4 為護理人員基本資料，由於模式中宣告護理人員包含 level、avgholiday 與 acctime 三項資料，因此每位護理人員均有三項數值分別代表之，以 Nurse1 為例，其 level=1、avgholiday=2 與 acctime=0，記為<4,2,0>；行 5 則表每日護理人員休假之需求人數，共有 30 筆數值。

```

1  enum Nurses = ...;
2  enum oshifts = ...;
3  int nbdays = ...;
4  range days 1..nbdays;
5  struct Nurse {
6      int level;
7      int avgholiday;
8      int acctime;
9  };
10 Nurse Nurse_data[Nurses]=...;
   ⋮
11 int off_demand[days] = ...;
12 var oshifts y[days,Nurses];
   ⋮
13 solve {
14     y[1,Nurse1]=SW;
15     y[1,Nurse2]=SW;
16     y[2,Nurse2]=SO;
   ⋮
17     forall(d in days) sum(n in Nurses) (workday[d,n]=0)=off_demand[d];
   ⋮
18     forall(n in Nurses, d in 1..nbdays-3) {
19         workday[d,n]=0 & workday[d+1,n]=1 => workday[d+2,n]=1;
20     };
21     forall(n in Nurses) 10 <= sum(d in days) (workday[d,n]=0) <= 12;
22 };
23 search {
24     forall(d in days) {
25         tryall(n in Nurses ordered by increasing dmin(sum_offday[n])) {
26             workday[d,n]=0;
27         };
28     };
29 };

```

圖 4.2 排休 OPL 模式

```

1  Nurses = {Nurse1 Nurse2 ... Nurse19 Nurse20};
2  oshifts = {work off swork soff};
3  nbdays=30;
4  Nurse_data=[<4,2,0>,<4,2,0>,... ,<1,0,0>,<1,0,0>];
   ⋮
5  off_demand=[6 7 8 6 7 ... 7 7 7 7 7];
   ⋮

```

圖 4.3 排休 OPL 資料檔

4.4.3 第一階段求解結果

第一階段排班結果主要為護理人員每日指派班別為工作或休假，其示意表如表 4.3：

表 4.3 護理人員之工作與休假時間示意表

	Nurse1	*Nurse2	Nurse3	*Nurse4	Nurse5	...	Nurse19	*Nurse20
1	soff	**swork(D)	soff	swork (M)	swork (M)	...	swork (D)	soff
2	off	soff	work	off	work	...	work	work (D)
3	off	soff	work	off	work	...	work	work (D)
4	off	soff	work	off	work	...	work	work (D)
5	work	work (D)	off	off	soff	...	work	work (D)
6	work	work (D)	off	work (M)	soff	...	work	off
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
29	work	work (D)	work	off	off	...	off	off
30	off	off	off	work (M)	W	...	off	off

*表領導或包班之護理人員，以 Nurse2 為例，其為白班領導，故班別均為白班。

**表預定班別之護理人員，如 Nurse2 於第一天為預定白班。

表 4.3 為第一階段護理人員工作與休假時間之結果，work 表護理人員於某天值班；off 表護理人員於某天休假；swork 表護理人員於某天預定值班；soff 表護理人員於某天預排休假。此結果主要為第二階段之資料檔，以放入第二階段模式中求解完整護理人員班表，其細節於下節說明。

4.5 第二階段：派班模式(Shift Scheduling)

於第一階段排休模式求解出每位護理人員休假日期後，第二階段主要即為派班給予未包班之護理人員，決定未包班護理人員於工作日需值何種值班班別。於此階段模式求解前，會預先將第一階段之結果輸入限制式產生器，產生每位未包班護理人員休假與預排班別之限制式，另外對於領導、包班或新進之護理人員，亦會經由輸入資料之判斷，產生其整月值班班別與休假之限制式。故對於 H14 領導與 H15 包班限制式已於模式自然滿足，因此此階段之模式求解，主要針對未包班護理人員進行求解。

4.5.1 限制滿足問題模式構建

1. 決策變數：

$$x_{dn} \in \{D, N, M, off, Sw, So\} \quad \forall d, \forall n$$

上式表將值班、休假或特殊班別指派給 d 天之護理人員 n ，記為 x_{dn} ，即每位護理人員需於哪天值何種班別，其中護理人員 n 與計畫期之日期 d 之值域同排休模式。若 $x_{dn} = D$ 表第 d 天護理人員 n 為白班； $x_{dn} = N$ 表第 d 天護理人員 n 為小夜； $x_{dn} = M$ 表

第 d 天護理人員 n 為大夜； $x_{dn} = off$ 表第 d 天護理人員 n 為休假； $x_{dn} = Sw$ 表第 d 天護理人員 n 為特殊工作班別； $x_{dn} = So$ 表第 d 天護理人員 n 為特殊休假班別。兩階段之變數值對應如下表 4.4 所示：

表 4.4 兩階段變數數值對應表

排班模式決策變數(y_{dn})	派班模式決策變數(x_{dn})
work	D、N、M
off	off
swork	Sw、D、N、M
soff	So、off

2. 限制式構建：

工作與休假法規之規定於第一階段均以符合，另外，因包班護理人員之排班期每日班別與未包班護理人員之休假與預定班別以由限制式產生器產生限制，並放入模式求解中，故此階段只需考慮有關未包班護理人員班別間之限制，與各班別所需之護理人員數與層級需求即可。此階段所考慮之硬限制整理如下：

(1) 護理人力需求

C15: 白班需求人數：6 人(含白班領導)。

$$\sum_n ((x_{dn} = D)) = D_demand_d \quad \forall d, \forall n \notin pw_nurse \quad (C15)$$

式(C15)為原限制 H1，表未包班之護理人員值班班別為白班者，其總和應等於每日白班需求人數減去白班領導其班別為白班者，其中 pw_nurse 表領導或包班之護理人員。 D_demand_d 即為扣除白班領導其 d 天班別為白班後，所剩餘之白班人數需求。其公式如下式所示， n_D 表白班領導之護理人員。

$$D_demand_d = 6 - ((x_{dn_D} = D)) \quad \forall d$$

C16: 小夜需求人數：4 人(含小夜領導與包小夜護理人員)。

$$\sum_n ((x_{dn} = N)) = N_demand_d \quad \forall d, \forall n \notin pw_nurse \quad (C16)$$

式(C16)為原限制 H2，表未包班之護理人員值班班別為小夜者，其總和應等於每日小夜需求人數減去小夜領導與包小夜護理人員其班別為小夜者。 N_demand_d 即為扣除小夜領導與包小夜護理人員其 d 天班別為小夜後，所剩餘之小夜人數需求。其公式如下式所示， n_N 表小夜領導之護理人員。

$$N_demand_d = 4 - \left(\left((x_{dn_N} = N) \right) + \sum_{n \in pw_nurse} \left((x_{dn} = N) \right) \right) \quad \forall d$$

C17: 大夜需求人數：3 人(含大夜領導與包大夜護理人員)。

$$\sum_n \left((x_{dn} = M) \right) = M_demand_d \quad \forall d, \forall n \notin pw_nurse \quad (C17)$$

式(C17)為原限制 H3，表未包班之護理人員值班班別為大夜者，其總和應等於每日大夜需求人數減去大夜領導與包大夜護理人員其班別為大夜者。 M_demand_d 即為扣除大夜領導與包大夜護理人員其 d 天班別為大夜後，所剩餘之大夜人數需求。其公式如下式所示， n_M 表大夜領導之護理人員。

$$M_demand_d = 3 - \left(\left((x_{dn_M} = M) \right) + \sum_{n \in pw_nurse} \left((x_{dn} = M) \right) \right) \quad \forall d$$

C18: 白班每日最少需有一 N3 以上層級之護理人員(含白班領導)。

$$\sum_{n \in n_{level} \geq 3} \left((x_{dn} = D) \right) \geq D_level_demand_d \quad \forall d, \forall n \notin pw_nurse \quad (C18)$$

式(C18)為原限制 H4，表未包班護理人員且層級大於 3(即 N_3)者，每日至少需 $D_level_demand_d$ 人值白班。若白班領導於 d 天值白班，則 $D_level_demand_d = 0$ ，若白班領導於 d 天休假，則 $D_level_demand_d = 1$ 。

C19: 小夜每日最少需有一 N3 以上層級之護理人員(含小夜領導與包小夜護理人員)。

$$\sum_{n \in n_{level} \geq 3} \left((x_{dn} = N) \right) \geq N_level_demand_d \quad \forall d, \forall n \notin pw_nurse \quad (C19)$$

式(C19)為原限制 H5，表未包班護理人員且其層級大於 3(即 N_3)者，每日至少需 $N_level_demand_d$ 人值小夜。若小夜領導或包小夜之 N_3 護理人員於 d 天值小夜，則 $N_level_demand_d = 0$ ，若小夜領導或包小夜之 N_3 護理人員於 d 天均休假，則 $D_level_demand_d = 1$ 。

C20: 大夜每日最少需有一 N3 以上層級之護理人員(含大夜領導與包大夜護理人員)。

$$\sum_{n \in n_{level} \geq 3} \left((x_{dn} = M) \right) \geq M_level_demand_d \quad \forall d, \forall n \notin pw_nurse \quad (C20)$$

式(C20)為原限制 H6，表未包班護理人員且其層級大於 3(即 N_3)者，每日至少需 $M_level_demand_d$ 人值大夜。若大夜領導或包大夜之 N_3 護理人員於 d 天值大夜，則 $M_level_demand_d = 0$ ，若大夜領導或包大夜之 N_3 護理人員於 d 天均休假，則 $D_level_demand_d = 1$ 。

(2) 工作考慮限制

C21: 大夜隔日不接白班。

$$x_{dn} = M \Rightarrow x_{(d+1)n} \neq D \quad \forall d \in \{1, \dots, (Ds-1)\}, \forall n \notin pw_nurse \quad (C21)$$

式(C21)為原限制 H19，表未包班之護理人員，當 d 天班別為大夜時， $d+1$ 天之班別不能為白班。

C22: 大夜隔日不接小夜。

$$x_{dn} = M \Rightarrow x_{(d+1)n} \neq N \quad \forall d \in \{1, \dots, (Ds-1)\}, \forall n \notin pw_nurse \quad (C22)$$

式(C22)為原限制 H20，表未包班之護理人員，當 d 天班別為大夜時， $d+1$ 天之班別不能為小夜。

C23: 小夜隔日不接白班。

$$x_{dn} = N \Rightarrow x_{(d+1)n} \neq D \quad \forall d \in \{1, \dots, Ds-1\}, \forall n \notin pw_nurse \quad (C23)$$

式(C23)為原限制 H21，表未包班之護理人員，當 d 天班別為小夜時， $d+1$ 天之班別不能為白班。

C24: 大夜後換白班，期間應給予 1 天休假。

$$x_{dn} = M \wedge x_{(d+2)n} = D \Rightarrow x_{(d+1)n} = off \quad \forall d \in \{1, \dots, Ds-2\}, \forall n \notin pw_nurse \quad (C24)$$

式(C24)為原限制 H22，表對未包班之護理人員，當 d 天班別為大夜且 $d+2$ 天班別為白班時， $d+1$ 天應指派休假班別。

C25: 大夜後換小夜，期間應給予 1 天休假。

$$x_{dn} = M \wedge x_{(d+2)n} = N \Rightarrow x_{(d+1)n} = off \quad \forall d \in \{1, \dots, Ds-2\}, \forall n \notin pw_nurse \quad (C25)$$

式(C25)為原限制 H23，表未包班之護理人員，當 d 天班別為大夜且 $d+2$ 天班別為小夜時， $d+1$ 天應指派休假班別。

(3) 工作軟限制考慮

於此階段之軟限制主要為考慮未包班護理人員其各值班班別天數應平均分配(S1)，故其相關限制如下所示：

C26: 未包班護理人員計劃期間白班可值班天數。

$$D_{\min} \leq \sum_d ((x_{dn} = D)) \leq D_{\max} \quad \forall n \notin pw_nurse \quad (C26)$$

式(C26)為原限制 S1，表未包班護理人員計劃期間白班可值班天數。同第一階段排休模式，為求得一公平性護理人員班表，故以此限制來輔助達到值班班別平均分配給未包班之護理人員。式中 D_{\min} 值與 D_{\max} 值之計算為(計畫期間未包班護理人員總白班值班數/計畫期間未包班護理人員數)。待求得平均值班數後，再取其鄰近值作為未包班護理人員白班值班天數範圍值。計算公式如下式所示。

$$\begin{cases} D_demand_d / Ns - (n_D + n_N + n_M + n_{pw_nurse}) = D_avg \\ \lfloor D_avg \rfloor = D_{\min} \\ \lfloor D_avg \rfloor + 3 = D_{\max} \end{cases}$$

C27: 未包班護理人員計劃期間小班可值班天數。

$$N_{\min} \leq \sum_d ((x_{dn} = N)) \leq N_{\max} \quad \forall n \notin pw_nurse \quad (C27)$$

式(C27)為原限制 S1，表未包班護理人員計劃期間小夜可值班天數。同式(C26)，式中 N_{\min} 值與 N_{\max} 值之計算為：(計畫期間未包班護理人員總小夜值班數/計畫期間未包班護理人員數)。待求得平均值班數後，再取其鄰近值作為未包班護理人員小夜值班天數範圍值。計算公式如下式所示。

$$\begin{cases} N_demand_d / Ns - (n_D + n_N + n_M + n_{pw_nurse}) = N_avg \\ \lfloor N_avg \rfloor = N_{\min} \\ \lfloor N_avg \rfloor + 3 = N_{\max} \end{cases}$$

C28: 未包班護理人員計劃期間大班可值班天數。

$$M_{\min} \leq \sum_d ((x_{dn} = M)) \leq M_{\max} \quad \forall n \notin pw_nurse \quad (C28)$$

式(C28)為原限制 S1，表未包班護理人員計劃期間大夜可值班天數。同式(C26)，式中 M_{\min} 值與 M_{\max} 值之計算為：(計畫期間未包班護理人員總大夜值班數/計畫期間未包班護理人員數)。待求得平均值班數後，再取其鄰近值作為未包班護理人員大夜值班天數範圍值。計算公式如下式所示。

$$\begin{cases} M_demand_d / Ns - (n_D + n_N + n_M + n_{pw_nurse}) = M_avg \\ \lfloor M_avg \rfloor = M_{min} \\ \lfloor M_avg \rfloor + 3 = M_{max} \end{cases}$$

由於此問題於考量眾多硬、軟限制式，故使得此問題也極為複雜，為有效求解此問題，本研究將其分為排休模式與派班模式兩個子問題，以快速求取護理人員班表，而因各階段模式所考慮與使用之限制並不大相同，故整理一限制式對應表來對應子問題與主問題之限制。內容如表 4.5 所示。

表 4.5 各階段限制式對應表

主問題	排休模式	派班模式
H1	C1	C15
H2		C16
H3		C17
H4	C2	C18
H5		C19
H6		C20
H7	C3	--
H8		--
H9		--
H10	C4	--
H11		--
H12	C5	--
H13		--
H14	兩階段模式轉換已滿足	
H15	兩階段模式轉換已滿足	
H16	--	變數設計已滿足
H17	C6	--
H18	C7、C13	--
H19	C8	--
H20	--	C9
H21	--	C10
H22	--	C21
H23	--	C22
S1	--	C23
S2	--	C24
S3	--	C25
S1	--	C26、C27、C28
S2	C11、C13	--
S3	C12、C14	--

4.5.2 限制規劃演算程序

第二階段之限制規劃派班模式如圖 4.4 與圖 4.5 所示，同第一階段模式構建，行 1 至行 15 為模式資料型態宣告，其中{“參數”}語法表為某參數之子集合，如行 12 之 nor-nurses 即表參數 Nurses 之子集合。行 13 為模式變數宣告。

行 14 之 solve 為宣告模式開始求解；行 15 至行 17 為預先排班之限制式，此階段之預排限制式除將護理人員預排休假與值班之班別恢復為原代碼外，另外限制式產生器所產生之包班護理人員值班與休假時間亦放於此；以行 16 而言，即表護理人員 2 於第一天值白班；行 18 至行 20 為每日未包班護理人員之總數需等於每日白班護理人員剩餘需求數。

行 24 至行 30 為限制規劃求解之搜尋策略，同第一階段，本研究以 ILOG OPL Studio 所提供之最小動態搜尋語法 dmin 來求取平均值班數，雖然值班班別分為白班、小夜與大夜三種，但由於小夜與大夜之分配數不多，因此動態搜尋策略主要以白班為主。行 24 之 search 為宣告搜尋法由此開始定義；行 26 即為依據未包班護理人員之累積白班數最少者優先指派休假(increasing dmin(sum_d1[n])), 若確定指派白班之護理人員，則將其當日班別設為白班 $d1[d,n]=1$ ，以達到較公平值班班別數之目標。

```
1  enum Nurses = ...;
2  enum shifts = ...;
   ⋮
3  int nbday = ...;
4  range days 1..nbday;
5  struct Nurse {
6      int level;
7      int avgholiday;
8      int acctime;
9  };
10 Nurse Nurse_data[Nurses]=...;
   ⋮
11 int nurse_demand[workshift,days] = ...;
12 {Nurses} nor-nurse=...;
   ⋮
13 var shifts x[days,Nurses];
14 solve {
15     x[1,Nurse1]=off;
16     x[1,Nurse2]=D;
17     x[2,Nurse2]=off;
   ⋮
18     forall(d in 2..nbday,ws in workshift: ws=D) {
19         nurse_demand[ws,d]= (sum(n in nor-nurse) (d1[d,n]=1)
20     };
   ⋮
```

圖 4.4 派班 OPL 模式 PartI

```

21 forall(n in Nurses, d in 1..nbdays-1) n1[d,n]=1 => d1[d+1,n]=0;
22 forall(n in nor-nurse) 11 <= sum(d in days) (d1[d, n]=1) <= 14;
23   ⋮
24 };
25 search {
26   forall(d in days) {
27     tryall(n in Onurse ordered by increasing dmin(sum_d1[n])) {
28       d1[d,n]=1;
29     };
30 };

```

圖 4.5 派班 OPL 模式 PartII

第二階段之資料檔如圖 4.6 所示。行 1 表參數 Nurses 之資料，共有 20 位護理人員，代號從 Nurse1 至 Nurse20；行 2 表參數 shifts 之資料，共包含有五種班別，其中 ZT 為一護理人員須接受之教育訓練；行 3 表計畫期天數；行 4 為護理人員基本資料；行 8 至行 11 表每日護理人員各值班班別之需求，依續而下分別為白班、小夜、大夜之需求人數，每種班別為 30 或 31 筆資料；行 12 則表未包班之護理人員。

```

1 Nurses = {Nurse1 Nurse2 ... Nurse19 Nurse20};
2 shifts = {D N M off ZT};
3 nbdays=30;
4 Nurse_data=[
5   <4,2,0>,<4,2,0>,<4,1,0>,<4,1,01>,<4,1,0>,<4,1,0>,<4,1,0>,
6   <3,1,0>,<3,1,0>,<3,1,0>,<2,0,0>,<2,0,0>,<2,0,0>,<2,0,0>,
7   <1,0,0>,<1,0,0>,<1,0,0>,<1,0,0>,<1,0,0>,<1,0,0>];
8   ⋮
9 nurse_demand=[
10  [5 6 6 5 5 ... 6 5 5 6 6]
11  [3 3 4 4 2 ... 2 3 4 4 4]
12  [3 2 1 1 1 ... 3 2 2 1 1] ];
13 nor-nurse= {Nurse1 Nurse3 Nurse5 ... Nurse18 Nurse19 };
14   ⋮

```

圖 4.6 派班 OPL 資料檔

4.5.3 第二階段求解結果

第二階段排班結果主要分為兩項，分別為護理人員每日指派班別為工作或休假，另一為公平性指標累積值，如表 4.4 與表 4.5 所示：

表 4.4 為第二階段護理人員之月班表結果，由此表可知道每位護理人員每日之值班

班別與休假日期，若護理人員對此班表結果滿意且不需修改，則其結果即為下月之正式值班班表。另外，於求解完結果後，另會產生一公平性指標累積表，用以判斷各值班班別天數與休假天數是否平均分配，如表 4.5 所示。

表 4.6 護理人員之值班班表

	Nurse1	Nurse2	Nurse3	Nurse4	Nurse5	Nurse6	...	Nurse19	Nurse20
1	off	D	off	M	N	D	...	D	D
2	off	off	D	off	M	N	...	D	D
3	off	off	M	off	M	N	...	D	D
4	off	off	M	off	M	M	...	D	D
5	D	D	off	off	off	off	...	D	D
6	D	D	off	M	off	N	...	D	off
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
29	D	D	D	off	off	off	...	off	off
30	off	off	off	M	D	D	...	off	off

表 4.7 護理人員公平性指標累積表

	Nurse1	Nurse2	Nurse3	Nurse4	...	Nurse19	Nurse20
白班值班數	10	19	11	0	...	12	20
小夜值班數	6	0	6	0	...	5	0
大夜值班數	3	0	3	20	...	2	0
休假天數	12	12	11	11	...	12	11
週休天數	3	3	3	2	...	4	4

第五章 護理人員排班個案結果分析

本章目的在探討某署立醫院內科病房護理人員排班之求解績效與結果分析，首先 5.1 節先就個案問題之求解規模作一說明，包含模式變數個數、限制式個數與求解時間；5.2 節說明個案測試月份之參數設定與資料輸入；5.3 節就目前所測試之月班表作一結果分析與說明。

5.1 各階段模式規模及求解時間

個案探討之護理人員排班模式的各階段變數個數及限制式數如表 5.1 所示。其中變數個數與限制式數隨著護理人員之人數增減、排班期天數與使用班別種類數而有所不同，以求解效率而言，其時間受變數、參數設定與限制式之嚴格程度影響，但大都於 1 分鐘內即可求出第一階段排休之解，第二階段則依平均值班天數之範圍值大小求解時間亦不同，大約約 10 分鐘內可求出護理人員月班表。求解效率對護理人員排班而言是相當有效率的，依據與護理長之訪談得知目前於個案病房護理長人工排班需花費半天之時間，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。

表 5.1 個案之模式變數個數、限制式數及求解時間

第一階段	
變數個數	3500-4000
限制式數	4500-6000
求解時間	1 分鐘內
第二階段	
變數個數	4400-4700
限制式數	4500-5000
求解時間	10 分鐘內

5.2 個案參數設定及資料輸入

5.2.1 第一階段模式參數設定與資料輸入

1. 參數設定：主要有三項參數，由使用者自行設定，依各月之需求其值也有所不同。

三月：Nurses：19 人；Days：31 天；Shifts：work、off、swork、soff。

四月：Nurses：20 人；Days：30 天；Shifts：work、off、swork、soff。

五月：Nurses：20 人；Days：31 天；Shifts：work、off、swork、soff。

2. 資料輸入：此階段之資料主要為每日休假人數需求、預定班別與預排休假三種資料。三、四、五月之護理人員每日之休假人數需求如表 5.2 所示；預排班表資料如表 5.3、表 5.4 與表 5.5 所示。

表 5.2 三、四、五月護理人員每日休假人數(off_nurse_d)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
三月	5	5	5	5	6	7	5	5	5	5	5	6	7	6	6	6
四月	6	7	8	6	7	6	6	6	7	7	6	6	7	7	7	7
五月	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
三月	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	
四月	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
五月	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	

表 5.3 三月預排班表資料

護理人員編號	預排休假日期	預定班別日期
Nurse2	12、13	
Nurse3	1、2、15、16	
Nurse5	19、20	
Nurse8	6、20、21	
Nurse11	5、6、12、13	1、2、3、4、7、8、9、10、11
Nurse12	12、13	
Nurse13	12、13、14、31	
Nurse15	11、12、13	
Nurse17	3、4	
Nurse18	27、31	

表 5.4 四月預排班表資料

護理人員編號	預排休假期	預定班別日期
Nurse2	2、3、4、5	
Nurse4	13、14、15、16、17	
Nurse5	16、17	
Nurse6	9、10	
Nurse8	1、2	
Nurse9	21、30	
Nurse10	2、3、4	
Nurse11	8、9、20	
Nurse14	18、19、20	
Nurse15	3、4、5	
Nurse17	15、16	
Nurse18	1、2	
Nurse20	2、3、9、10	1、4、5、6、7、8、11、12

表 5.5 五月預排班表資料

護理人員編號	預排休假期	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	

5.2.2 第二階段模式參數設定與資料輸入

1. 參數設定：主要有三項參數，由使用者自行設定，依各月之需求其值也有所不同。

三月：Nurses：19 人；Days：31 天；Shifts：D、N、M、OFF、ICU(ZT)

四月：Nurses：20 人；Days：30 天；Shifts：D、N、M、OFF、抽血(HC)

五月：Nurses：20 人；Days：31 天；Shifts：D、N、M、OFF

2. 資料輸入：此階段之資料主要為每日各執班班別之需求、包班、領導護理人員、是否有新人與預排工作班別資料，並將一階段之結果匯入至第二階段當初始既定資料，求解未包班護理人員之值班班別指派。三、四、五月之每日各值班班別之需求人數如表 5.6、表 5.7 與表 5.8 所示；包班資料如表 5.9 所示。

表 5.6 三月護理人員每日各班別需求人數

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
D	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
M	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
D	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
M	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

表 5.7 四月護理人員每日各班別需求人數

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
D	7	6	5	7	6	7	7	7	6	6	7	7	6	6	6	6
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
M	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
D	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
M	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		

表 5.8 五月護理人員每日各班別需求人數

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
D	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
M	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
D	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
M	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

表 5.9 每月包班與預定班別之護理人員

包班種類	三月包班人員編號	四月包班人員編號	五月包班人員編號
白班領導	2	2	2
包小夜	8(領導)、13、17	8(領導)、17	8(領導)、13
包大夜	4(領導)、10、11	4(領導)、10、11	4(領導)、10、11
新進人員	無	20	20
預定工作班別	11(ICU)	20(D)	9(D)

5.3 個案執行結果與分析

於求解效率上，人工手排月班表大約需花費半天的時間，而本研究之整體時間約於 30 分鐘內即可搜尋出可行解，此 30 分鐘除實際執行求解時間約 11 分鐘外，另外尚包括第一階段輸入參數資料與預排班表資料、執行限制式產生器之時間與第一階段結果轉入第二階段之時間，若能將其製成一自動化流程，則其求解時間將能再縮短。

而在結果分析主要以公平性指標來研判本研究求解之護理人員班表是否達到預期之目標，其指標共有計畫期間休假數、計畫期間例假日休假數、白班值班次數、小夜值班次數與大夜值班次數五項。其中，因包班、白班領導與新進護理人員其值班班別只有其固定之班別種類，因此，不會出現計畫期間三種值班班別混合值班之狀況，故白班、小夜與大夜值班數只需針對未包班之護理人員進行分析與探討。最後並與護理長手排班表比較結果。班表結果請參閱附錄 A 至附錄 C。

1. 計畫期間休假數：三、四、五月之護理人員休假數結果如表 5.10 所示。其平均值與標準差分別為：三月：9.53 與 0.51；四月：10.2 與 0.41；五月：10.8 與 0.81。

表 5.10 計劃期間休假數結果

護理人員編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三月休假數	10	9	9	9	9	9	9	9	9	10
四月休假數	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
五月休假數	12	12	11	11	11	11	10	12	10	10
護理人員編號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
三月休假數	9	10	10	10	10	10	10	10	10	
四月休假數	11	10	10	10	10	10	10	11	11	10
五月休假數	12	10	11	10	10	10	10	11	12	11

2. 計畫期間例假日未休假數：三、四、五月之護理人員例假日休假數結果如表 5.11 所示。其平均值與標準差分別為：三月：2.68 與 0.65；四月：3.55 與 0.6；五月：3.15 與 0.59。其中，本研究並未將國定假日休假數列入結果分析中，主要因為若欲將國定假日平均分配給每位護理人員，所需探討之國定假日休假數即需以全年休假數作

判斷，否則若單以單月來推斷是否公平，其成效有限。

表 5.11 計劃期間例假日休假數結果

護理人員編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三月例假日休假數	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
四月例假日休假數	4	4	3	4	4	3	4	3	3	3
五月例假日休假數	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
三月例假日休假數	4	3	3	3	3	1	2	2	2	
四月例假日休假數	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4
五月例假日休假數	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4

3. 三月未包班護理人員值班班別數：三月白班、小夜與大夜值班數結果如表 5.12 所示。其平均值與標準差分別為：白班：13.25 與 0.62；小夜：5.08 與 0.79；大夜：3.08 與 1。

表 5.12 三月未包班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	18	19
白班(D)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	15	14
小夜(N)	4	6	4	6	5	5	6	6	5	5	4	5
大夜(M)	4	3	5	3	4	4	2	2	3	3	2	2

4. 四月未包班護理人員值班班別數：四月白班、小夜與大夜值班數結果如表 5.13 所示。其平均值與標準差分別為：白班：11.23 與 1.16；小夜：6.15 與 1.14；大夜：2.4 與 0.8。

表 5.13 四月未包班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	13	14	15	16	18	19
白班(D)	10	10	11	10	10	13	12	13	12	10	12	12	11
小夜(N)	8	6	6	8	8	5	6	5	6	6	6	5	5
大夜(M)	2	4	3	2	2	2	2	2	2	4	2	2	3

5. 五月未包班護理人員值班班別數：五月白班、小夜與大夜值班數結果如表 5.14 所示。其平均值與標準差分別為：白班：11.3 與 0.8；小夜：6.54 與 0.66；大夜：2.54 與 0.52。

表 5.14 五月未包班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(N)	6	6	7	7	7	7	6	7	7	7	7	6	5
大夜(M)	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2

由以上五個公平性指標結果可知，除四月未包班護理人員值班班別數差異較大外，其他差異性均不大，滿足本研究公平性班表之目標。另與護理長手排班表比較分析如表 5.15 至表 5.20 所示。

表 5.15 為本研究與護理長之變異係數值比較表，在五個公平性指標比較中，除三月之例假日休假數略高於人工手排班表外，其他變異係數均小於人工手排班表之分配，可知由本研究模式所排出之班表結果，其公平性較佳。而五月公平性指標不比較之原因主要為當月有離職人員清班之狀況，但因本研究並未考慮清班之狀況，故於五月整體公平性指標即不予比較。

表 5.15 護理人員排班公平性結果(CV 值)比較表

比較項目	三月班表		四月班表		五月班表	
	護理長	本研究	護理長	本研究	護理長	本研究
休假數(CV)	0.06	0.05	0.1	0.04	--	0.08
例假日休假數(CV)	0.22	0.24	0.22	0.14	--	0.19
白班值班數(CV)	0.08	0.05	0.23	0.1	--	0.07
小夜值班數(CV)	0.45	0.16	0.4	0.19	--	0.1
大夜值班數(CV)	0.71	0.32	0.84	0.32	--	0.20

表 5.16 至表 5.20 為各公平性指標之天數分佈結果比較表，由此五個比較表中可知護理長手排與本研究結果之天數分佈範圍。就手排班表而言，除休假天數與例假日休假天數外，其他三項值班班別之分配較不平均，其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，故在考慮眾多排班限制，另還需考慮儘量滿足護理人員之需求，對於排班者而言，是相當困難的事。而在本研究中，因其為使用電腦運算求解，且於模式構建時，已將其以區間範圍限制並輔以動態搜尋機制來求解公平性分派，故較易達到公平分配之目標，平均全距分別為 2 天、2 天、2 天。故由此結果可知，構建模式並於電腦執行可較有效率滿足護理人員需求。

表 5.16 護理人員排班休假天數分佈結果比較表

月份	平均天數	護理長結果		本研究結果	
		分佈範圍(天)	全距(天)	分佈範圍(天)	全距(天)
三月	9.5	8-10	2	9-10	1
四月	10	9-11	2	10-11	1
五月	10.8	8-13	5	10-12	2
平均全距			3		1

表 5.17 護理人員排班例假日休假天數分佈結果比較表

月份	平均天數	護理長結果		本研究結果	
		分佈範圍(天)	全距(天)	分佈範圍(天)	全距(天)
三月	2.7	2-4	2	1-4	3
四月	3.5	2-5	3	3-4	1
五月	3.15	2-5	3	2-4	2
平均全距			3		2

表 5.18 護理人員排班白班值班天數分佈結果比較表

月份	平均天數	護理長結果		本研究結果	
		分佈範圍(天)	全距(天)	分佈範圍(天)	全距(天)
三月	13	12-15	3	13-15	2
四月	11	9-19	10	10-13	3
五月	11	8-21	13	10-12	2
平均全距			9		2

表 5.19 護理人員排班小夜值班天數分佈結果比較表

月份	平均天數	護理長結果		本研究結果	
		分佈範圍(天)	全距(天)	分佈範圍(天)	全距(天)
三月	2.7	1-8	7	4-6	2
四月	3.5	1-10	9	5-8	3
五月	3.15	1-9	8	5-7	2
平均全距			8		2

表 5.20 護理人員排班大夜值班天數分佈結果比較表

月份	平均天數	護理長結果		本研究結果	
		分佈範圍(天)	全距(天)	分佈範圍(天)	全距(天)
三月	3.1	0-7	7	2-5	3
四月	2.46	0-6	6	2-4	2
五月	2.5	0-5	5	2-3	1
平均全距			6		2

另外，除上述五項公平性因素比較外，於探討人工手排班表亦發現其中有違反兩週休假最少四天之法規，依月份順序分別違反 10 次、4 次與 1 次；於休假、工作、休假之班別組合中，人工手排亦出現 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，依月份順序亦分別出現 2 天、1 天與 1 天，故此三項限制手排班表平均違反次數分別為 5 次、5 次與 1.3 次。究其原因，主要因護理人員排班其限制繁雜，若以人工手排班表，則可能無法兼顧所有排班規定，而若以構建模式並於電腦上執行，因限制已列為求解條件之一，故結果不會有違反規定之狀況。

表 5.21 護理人員排班公平性結果比較表

比較項目	三月班表		四月班表		五月班表	
	護理長	本研究	護理長	本研究	護理長	本研究
H12:兩週休假最少四天(違反次數)	10 次	0 次	4 次	0 次	1 次	0 次
H15:010 班別組合(違反次數)	5 次	0 次	3 次	0 次	6 次	0 次
包班護理人員值其他班別(違反天數)	2 天	0 天	1 天	0 天	1 天	0 天

故由表 5.15 至表 5.21 總結可知，本研究除滿足所有硬限制外，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之軟限制亦有不錯之結果，根據每月之需求變動，於求解模式也只需稍微調整或增加減少參數，即可求解出班表，證明本研究模式之效用與適用性。

第六章 結論與建議

近年來由於電腦運算技術快速成長，已有不少國內外學者開始將限制規劃應用於許多問題上，其中也有一些國外學者利用限制規劃求解護理人員排班問題，且均有不錯之效果，相對於國內，限制規劃尚未廣泛發展，於護理人員排班問題目前均以數學規劃來構建其模式，尚無學者利用限制規劃來求解此問題，因此，本研究以限制滿足問題構建其模式，並以限制規劃法求解，突破國內以往利用數學規劃來構建護理人員排班模式。

限制規劃其模式構建邏輯為電腦程式語言之邏輯，故使用者能較容易將問題轉成限制式並求解，相對於數學規劃而言，其模式構建較為方便；另外，由於限制規劃模式構建與求解兩者相互獨立，使得限制規劃在問題求解時具有高度彈性，提供變動性大之護理人員排班問題一良好之模式構建與修改性，以因應各種不同之情況。

本研究以護理人員排班為例，探討高複雜度之全年無休排班問題，並以實際醫院病房作為本研究之個案，將其構建為限制滿足問題模式，並以限制規劃法求解護理人員排班問題，在滿足多重複雜限制條件下，求得良好的排班績效，可供國內外學術界與實務界作一參考。

6.1 結論

1. 本研究整理國內外相關護理人員排班規則，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，來降低護理人員排班之解空間規模，以提升求解效率。
2. 提出以週為單位來提升求解效率之概念，以往護理人員排班問題多將每日每位護理人員視為變數，並指派班別給變數，但此架構就整體求解而言較無效率，故除每日每位護理人員之決策變數外，另外加入每週總休假數，判斷週與週間之休假天數，預先刪除不可行解，加快求解效率。
3. 與護理長手排班表結果比較，於硬限制中結果優於手排班表，另外在公平性指標之結果分析上，亦有不錯之結果。且護理人員排班問題具有高變動性，使得模式常需對其限制進行調整或增減。以具有高彈性之限制規劃法來構建並求解模式，較能容易滿足每月排班不同之需求。
4. 測試三個月之個案護理人員班表，驗證限制規劃法於護理人員排班之可行性，且因限制規劃之邏輯為電腦程式語言之邏輯，故若欲構建護理人員排班決策支援系統(DSS)，此方法可提供較佳之核心演算機制。
5. 兩階段求解能有效縮減求解空間，使求解效率大幅提升，並較容易滿足公平性之目標，但相對其缺點即為第二階段求解彈性降低，值班班別指派會受到影響，而產生各值班班別較無法平均分配或出現連續三天值不同班別之情況。

6.2 建議

1. 本研究模式為二階段求解，目前於模式轉換間需人工手動轉換，建議後續可以決策支援系統之概念，撰寫程式以連接二階段求解模式之流程。
2. 本研究所構建之兩階段求解法，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期，使得第二階段求解時，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。建議後續研究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，提升護理人員對班表之滿意度。
3. 本研究模式為單變數設計，即將班別 s 指派給 d 天之護理人員 $n(x_{dn} = s)$ ，但就限制規劃法而言，此變數設計對於解空間之刪除效率並不大，建議後續可用雙變數如將班別 s 指派給 d 天之護理人員 $n(x_{dn} = s)$ 與將護理人員 n 指派給 d 天班別 $s(x_{ds} = n)$ 以有效率刪除解空間，加快求解效率。
4. 通常班表需考慮前後月連續性問題，本研究之測驗每次僅單對一個月進行測試，僅考慮於全月班表第一天之班別銜接，並未考慮前月班表各護理人員之連續值班天數，故可能會有違反法規之情況發生，建議後續研究可將排班加入連續排班之因素，以使班表結果更符合實際需求。
5. 護理人員排班常有補假或離職清假之情形，於本研究中均未考慮，因其需有每月時數累積機制，以計算補假或清假之天數，故建議後續研究可將其建置為一決策支援系統，紀錄每月之工作與休假時數，用以構建補假與清假機制。
6. 本研究為在 ILOG OPL Studio 介面下直接將資料輸入，若於實際應用上則有許多困難，且因其為套裝軟體，故在模式構建上會受限於資料型態與語法之限制，較無法有彈性構建模式，建議後續可改以 ILOG Solver 並配合 C++ 語言建構護理人員排班問題模式，且因其模式構建較富有彈性。

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., K. M. F. Choi, J. H. M. Lee, and J. C. K. Wu (1999), "Increasing constraint propagation by redundant modeling: an experience report," *Constraints: An international journal*, 4, pp. 167-192.
6. 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.
7. Cheng, B. M. W., J. H. M. Lee, and J. C. K. Wu (1996), "A constraint-based nurse rostering system using a redundant modeling approach," *8th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI '96)*, November 16-19, pp. 140-148.
8. 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.
9. Hare, D. R., and B. C. Kelowna (1998), "Staff scheduling with ILOG Solver", In *Proceedings of INFORMS National Meeting Conference*.
10. 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.
11. 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.
12. Kusumoto, S. (1996), "Nurse scheduling system using ILOG Solver", In *Proceedings of*

the Second ILOG Solver and Scheduler Users Conference. Paris:ILOG.

13. 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.
14. Miller, H. E., P. William, and J. R. Gustave (1976), "Nurse scheduling using mathematical programming," *Operations Research* 24(5), pp. 857-870.
15. Pesant, G., M. Gendreau (1999), "A constraint programming framework for local search methods," *Journal of Heuristic*, 5, pp. 255-279.
16. 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>>
17. Wang, Y. C., and H. W. Chun (2003), "Nurse rostering using constraint programming and meta-level reasoning," *IEA/AIE 2003*, pp. 712-721.
18. 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。
19. 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。
20. 李麗傳 (1994), 「排班」, 護理行政與病室管理, 華杏出版公司。
21. 林美玲、周幸生, 「加護病房護理人員自我排班法之成效評值」, 護理雜誌, 民國八十八年六月, 第四十六卷第三期, 第 29-38 頁。
22. 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。
23. 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。
24. 徐子玲 (2001), 「建構一 Web-Based 護理排班支援系統」, 台北醫學院醫學資訊研究所碩士論文。
25. 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。
26. 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。
27. 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。

28. 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。
29. 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。
30. 謝水森 (2002), 「醫院管理」, 國興出版社。
31. CP-AI-OR 網頁 <http://cpaior05.mff.cuni.cz/>



附錄 A—護理人員排班三月班表結果

日期 人員	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
	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	三	四
Nurse1	D	OFF	N	N	M	M	M	OFF	OFF	OFF	D	D	N	N	M	OFF	D	D	OFF	D	D	D	D	D	OFF	OFF	OFF	D	D	D	OFF
Nurse2	D	D	D	OFF	D	D	D	D	OFF	D	D	OFF	OFF	D	D	D	OFF	D	D	OFF	D	D	D	D	OFF	D	D	OFF	D	D	OFF
Nurse3	OFF	OFF	D	D	OFF	D	D	D	D	M	OFF	N	M	M	OFF	OFF	N	N	N	N	OFF	D	D	D	N	OFF	OFF	D	D	D	D
Nurse4	M	M	OFF	M	M	OFF	M	M	M	OFF	OFF	M	M	M	M	M	OFF	M	M	M	OFF	M	M	M	M	OFF	OFF	M	M	OFF	M
Nurse5	OFF	D	N	N	N	M	OFF	M	M	OFF	D	D	N	OFF	D	D	D	M	OFF	OFF	D	D	D	OFF	D	D	OFF	D	M	OFF	D
Nurse6	N	N	M	OFF	D	N	M	OFF	D	D	OFF	OFF	D	D	N	N	M	OFF	D	D	N	OFF	OFF	D	D	D	OFF	D	D	OFF	D
Nurse7	M	M	M	M	OFF	D	N	OFF	D	N	N	N	OFF	OFF	D	D	D	D	D	OFF	D	D	OFF	OFF	D	D	D	OFF	D	N	OFF
Nurse8	N	N	N	N	N	OFF	OFF	OFF	N	N	N	N	N	OFF	N	N	N	N	OFF	OFF	OFF	N	N	N	OFF	N	N	N	N	OFF	N
Nurse9	D	D	D	D	OFF	OFF	D	N	N	OFF	M	M	M	OFF	D	D	D	D	D	OFF	OFF	N	M	OFF	D	D	D	OFF	N	N	OFF
Nurse10	M	M	M	M	M	OFF	OFF	M	M	M	M	M	OFF	OFF	OFF	M	M	M	OFF	M	M	M	OFF	OFF	OFF	M	M	M	OFF	M	M
Nurse11	ICU	ICU	ICU	ICU	OFF	OFF	ICU	ICU	ICU	ICU	ICU	OFF	OFF	M	M	M	M	OFF	M	M	OFF	M	M	M	OFF	M	M	OFF	OFF	M	M
Nurse12	D	D	D	OFF	D	M	OFF	D	D	D	M	OFF	OFF	N	N	N	N	OFF	D	N	OFF	D	D	OFF	OFF	OFF	D	N	OFF	D	D
Nurse13	OFF	N	N	N	N	OFF	N	N	N	N	N	OFF	OFF	OFF	N	N	OFF	OFF	N	N	N	OFF	N	N	N	N	N	OFF	N	N	OFF
Nurse14	OFF	D	D	D	OFF	OFF	D	D	D	OFF	D	D	D	N	OFF	OFF	OFF	N	N	N	M	OFF	D	D	D	N	OFF	D	M	OFF	N
Nurse15	D	D	D	D	OFF	N	N	N	N	M	OFF	OFF	OFF	D	D	OFF	OFF	D	D	D	M	OFF	OFF	OFF	D	D	D	M	OFF	D	N
Nurse16	N	N	OFF	D	D	N	OFF	OFF	D	D	OFF	D	D	D	D	D	OFF	OFF	OFF	D	D	OFF	N	N	M	M	M	OFF	OFF	D	D
Nurse17	D	OFF	OFF	OFF	N	N	N	N	OFF	N	N	N	N	N	OFF	OFF	N	N	N	OFF	N	N	OFF	N	N	OFF	N	N	OFF	N	N
Nurse18	OFF	OFF	OFF	D	D	D	D	D	OFF	D	D	D	D	D	OFF	OFF	D	D	M	OFF	N	N	OFF	D	N	N	OFF	D	D	M	OFF
Nurse19	N	OFF	OFF	OFF	D	D	D	D	OFF	D	D	D	D	D	OFF	D	D	OFF	OFF	D	D	OFF	N	M	M	OFF	N	N	N	OFF	D

人員■：表包班護理人員；班別■：表預排班別。

附錄 B—護理人員排班四月班表結果

日期 人員	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
	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	三	四	五	六
Nurse1	D	OFF	D	D	N	N	OFF	OFF	OFF	N	N	N	M	OFF	D	D	N	N	N	OFF	D	D	OFF	D	D	M	OFF	OFF	D	OFF
Nurse2	D	OFF	OFF	OFF	OFF	D	D	D	D	D	OFF	D	D	D	D	D	OFF	D	D	OFF	OFF	D	D	D	D	D	OFF	OFF	D	D
Nurse3	N	N	OFF	D	D	M	M	OFF	OFF	OFF	D	N	N	M	OFF	D	D	D	D	M	OFF	D	D	N	N	OFF	OFF	OFF	OFF	D
Nurse4	M	M	M	M	M	OFF	OFF	M	M	M	M	M	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	M	M	M	M	M	OFF	OFF	M	M	M	M	OFF	M
Nurse5	D	D	N	N	N	OFF	OFF	D	N	N	N	OFF	OFF	M	M	OFF	OFF	OFF	D	D	D	D	OFF	D	D	D	M	OFF	D	OFF
Nurse6	OFF	D	D	D	D	M	OFF	OFF	OFF	OFF	D	D	N	N	M	OFF	D	D	D	N	N	OFF	N	N	N	N	OFF	OFF	OFF	D
Nurse7	D	D	D	OFF	D	N	N	N	OFF	N	N	OFF	OFF	N	N	OFF	D	D	OFF	D	D	D	OFF	M	M	OFF	OFF	D	N	OFF
Nurse8	OFF	OFF	N	N	N	N	N	OFF	N	N	N	N	N	OFF	N	N	OFF	N	N	OFF	OFF	N	N	OFF	OFF	N	N	N	OFF	N
Nurse9	N	N	N	N	N	OFF	D	D	D	D	D	OFF	OFF	OFF	D	D	D	D	D	OFF	OFF	OFF	OFF	D	D	D	M	M	OFF	
Nurse10	M	OFF	OFF	OFF	M	M	M	M	M	OFF	M	M	M	M	OFF	M	M	M	M	OFF	OFF	M	M	M	OFF	OFF	M	M	OFF	M
Nurse11	N	M	M	M	M	OFF	OFF	OFF	OFF	M	M	M	M	OFF	M	M	M	M	M	OFF	OFF	M	M	OFF	M	M	OFF	OFF	M	OFF
Nurse12	N	N	M	M	OFF	D	N	N	N	OFF	D	D	OFF	OFF	D	N	OFF	OFF	D	D	D	OFF	OFF	D	D	D	D	OFF	OFF	D
Nurse13	OFF	D	D	D	OFF	D	D	D	D	D	OFF	D	D	OFF	N	M	OFF	OFF	N	M	OFF	N	N	OFF	OFF	D	D	D	N	OFF
Nurse14	D	OFF	OFF	D	D	N	N	N	OFF	D	D	OFF	D	N	N	N	M	OFF	OFF	OFF	D	D	D	M	OFF	OFF	D	D	OFF	D
Nurse15	D	D	OFF	OFF	OFF	D	M	M	M	M	OFF	OFF	D	D	OFF	N	N	OFF	OFF	N	N	N	OFF	OFF	D	D	D	D	D	N
Nurse16	OFF	D	D	D	OFF	D	D	D	D	D	OFF	OFF	D	D	OFF	D	N	OFF	OFF	D	N	N	M	OFF	OFF	N	N	N	M	OFF
Nurse17	OFF	N	N	N	OFF	OFF	OFF	N	N	OFF	OFF	N	N	N	OFF	OFF	OFF	N	N	N	N	OFF	N	N	OFF	N	N	N	N	N
Nurse18	OFF	OFF	OFF	OFF	D	D	D	OFF	D	D	OFF	D	D	D	OFF	OFF	D	D	OFF	D	M	OFF	D	N	N	OFF	N	N	N	M
Nurse19	M	M	OFF	OFF	OFF	OFF	D	D	D	OFF	D	D	OFF	D	D	OFF	N	N	OFF	N	M	OFF	D	D	N	OFF	OFF	D	D	N
Nurse20	D	OFF	OFF	D	D	D	D	D	OFF	OFF	D	D	OFF	D	D	D	D	OFF	OFF	D	D	OFF	D	D	OFF	OFF	D	D	D	D

人員■：表包班護理人員；班別■：表預排班別。

附錄 C—護理人員排班五月班表結果

日期 人員	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	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	
Nurse2	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	
Nurse3	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	
Nurse4	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	M	OFF	OFF	M	M
Nurse5	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	
Nurse6	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	OFF	D	M	OFF	D	D
Nurse7	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	OFF	D	N	N	N	N
Nurse8	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	N
Nurse9	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	
Nurse10	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	
Nurse11	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	
Nurse12	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	
Nurse13	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	
Nurse14	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	
Nurse15	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	
Nurse16	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	
Nurse17	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	
Nurse18	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	
Nurse19	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	
Nurse20	OFF	D	D	D	D	OFF	D	D	D	D	D	OFF	OFF	OFF	D	D	D	OFF	D	D	D	D	D	OFF	OFF	D	D	OFF	OFF	OFF	OFF	

人員■：表包班護理人員；班別■：表預排班別。