

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

護理人員排程問題模式之建立與演算法之研究(2/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-009-042-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系

計畫主持人：彭文理

共同主持人：鍾淑馨

計畫參與人員：莊惠鈞

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 5 月 28 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

護理人員排班模式之建立(2/3)

計畫編號：92-2213-E-009-042-

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

主持人：彭文理 國立交通大學工業工程與管理學系教授

共同主持人：鍾淑馨 國立交通大學工業工程與管理學系教授

計畫參與人員：莊惠鈞 國立交通大學工業工程與管理學系研究生

Abstract

一、中文摘要

護理人員排班問題所涉及之因素非常複雜，若將各項影響因素納入研究中並不易，因此一般常以院方對人力之需求與成本為排班之依據。至於護理人員本身對排班之需求與喜好度通常無法完全納入考量，因此本研究將護理人員對排班之相關因素與條件以及本身對排班之喜好度納入模式中。

本研究將模式分為二階段，第一階段為主要問題，主要以所花費之最小成本為目標函數，包含人員之薪資成本等因素，以院方人力需求為其限制式；第二階段為輔助問題，將排班時可能之因素納入，包括上班時數、輪班、休假、年資等因素，並將護理人員對各項因素之喜好度納入模式中。並以整數規劃之分枝界限法(branch-and-bound method)、塔布搜尋法(tabu search)及以網路模式之最短路徑問題(shortest path problem)求解，以使整個模式更接近實際狀況之需求。

關鍵詞：分枝界限法、塔布搜尋法、最短路徑問題

Nurse scheduling involves complicated factors, so it is not an easy task to meet all related factors. To simplify the problem, the management level of hospital usually arranges the schedule based on the need and cost of human resources. As to the preferences of nursing staff, it is not possible to put into fully consideration in scheduling. Therefore, the purpose of this study is to put the related factors and preferences of the staff into model. The model of the study will be divided into two phases; the first phase is to focus on the major issues. It aims to figure out the goal function of the least costs, which include the salary cost of nursing staff. However, the above will be restricted by the need of the hospital. The second phase is to focus on the related issues. It will bring in the possible factors in scheduling, such as working hours, shifts, holidays and experiences etc. In addition, it will also take preferences of nursing staff into model. Furthermore, this model will approach to actual condition by using the branch-and-bound method of integer programming, tabu search as well as using the shortest path problem of network modeling to solve out the

answer.

Keywords: Branch-and bound method, Tabu search, shortest path problem

二、緣由與目的

由於醫療體系與環境之變動、全民健保之實施、醫療費用與成本之上漲、以及消費者意識之抬頭與醫院間之競爭壓力，使得各醫療機構需提昇自我之品質與競爭力，因此需考慮如何降低成本及促使院內之資源充分運用，而在醫療系統中，護理人員所佔人數之比例較其他專業人員為高，約佔總人員數之 30%~40%，因此如合充份分配護理人員，以獲取最高效率，為一重要課題。

目前我國各大小醫院之護理人員的排班，多以人工之排班方式處理，一般多由護士長或主任、組長等較高階人員，依照人員之數目以及實際之需求作一排程，因此在執行上不但較無效率，且有時較不具公平性，更無法將護理人員個人之喜好考量在內，因而影響工作績效。因此，如何依護理人員個人之喜好，以及對院方獲最佳效益條件下，尋求重要指標，並可利用各指標之權重建構適當之護理人員排班系統，以提供相關單位參考與使用。

護理人員之排程問題與院方以及護理人員本身有密切關係，如何以院方的角度衡量成本，以及護理人員本身對工作與環境之滿意作一調和，使獲得一最佳之平衡點為本研究之目的。

由於護理人員排班問題所涉及之因素頗多，因此所建立之模式，包涵院方之人力需求以及相關成本考量，並將護理人員對排班因素之重要性之相關權重列入模式中，以更符合醫院實際狀況之使用。

三、結果與討論

本研究分為二階段模式，一為主要問題(master problem)，一為輔助問題(auxiliary problem)。

1. 主要問題

(1) 符號與變數

s: 排程(schedule)

t: 班別(shift)

n: 護理人員編號, $n=1,2,..$

l : 職級(skill level)

p: 時段(period)

d: 第 d 天

$\alpha_{std} : \begin{cases} 1, & \text{排程 } s \text{ 中, 有分派第 } d \text{ 天之第 } t \text{ 班} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$

$\beta_{nl} : \begin{cases} 1, & \text{護士 } n \text{ 職級為 } l \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$

$\gamma_{tp} : \begin{cases} 1, & \text{第 } t \text{ 班可含蓋時段 } p \text{ 之需求} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$

$x_{ns} : \begin{cases} 1, & \text{第 } n \text{ 位護士接受排程 } s \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$

e_{pd}^l : 職級 l 之護士，被分派於第 d 天之時段 p 之喜好度

q_{LT} : 第 t 班於第 d 天之時段 p 職級 l 所需之人員數

p_{ns} : 護士 n 在排程 s 之罰值(penalty)

g_{ns} : 護士 n 在排程 s 之薪資

f_{ns} : 護士 n 分配予排程 s 之喜好度

\mathcal{L} : 在第 d 天 p 時段，職級之子集合

\mathcal{T} : 在第 d 天 p 時段，班別之子集合

\mathcal{D} : 在第 d 天 p 時段， $(\mathcal{L}, \mathcal{T})$ 集合，即 $\mathcal{D}(p, d)$

(2) 主要問題模式

Min

$$\sum_n \sum_s (p_{ns} + g_{ns} - f_{ns} - \sum_d \sum_p \sum_t \sum_\ell e_{pd}^\ell \gamma_{tp} \beta_{n\ell} \alpha_{std}) x_{ns}$$

$$\underline{x}_i = (\underline{x}_{i1}, \underline{x}_{i2}, \dots, \underline{x}_{iR})$$

\underline{x}_i : 各資源於節點 v_i 所設定之上限值所組成之向量；即
 $\underline{x}_i = (\underline{x}_{i1}, \underline{x}_{i2}, \dots, \underline{x}_{iR})$

$$\text{s.t. } \sum_s x_{ns} = 1, \quad n = 1, \dots, N \quad (1)$$

$$\sum_s \sum_n \sum_{t \in T} \sum_{\ell \in L} \gamma_{tp} \beta_{n\ell} \alpha_{std} x_{ns} \geq q_{LT}, \quad (L, T) \in \mathcal{D}(p, d) \quad (2)$$

$$x_{ns} = 0 \text{ or } 1; \quad n = 1, \dots, N; \quad s = 1, 2, \dots, S$$

(3) 目標函數說明

主要問題之目標函數為一極小化之問題，包含護士 n 分派予第 s 排程之薪資 g_{ns} 、喜好度 f_{ns} ；護士 n 分派予第 s 排程之罰值 p_{ns} ，此數值可依各院所本身之需求所訂定之值；以及護理人員對不同班別、不同時程等之期望數值。

(4) 限制式說明

限制式 (1)：每一位護士僅會分派予一個排程

限制式 (2)：第 d 天之時段 p 於第 t 班所需之人員數

2. 輔助問題

輔助問題為主要問題成立下，增加各項資源之限制，如每位護士所需工作之上限與下限所需時數、每位護士之換班比例之上限與下限之規定等資源限制，及加入護士個人對排班因素之重要性與喜好，並以網路模式之最短路徑法求解。將各項資源如工作量、輪班、休假、換班等資源限制以網路形式表之見圖一，其中 $G=(V,A)$ ， V 為節點(vertices)， A 為弧(arc)。 V_i 代表在第 d_i 天分派第 t_i 班， V_i 依時間順序排列。

(1) 符號與變數

\underline{x}_i : 各資源於節點 v_i 所設定之下限值於所組成之向量；即

\underline{h}_i : 各資源於節點 v_i 之下限閾值(threshold)所組成之向量；即

$$\underline{h}_i = (\underline{h}_{i1}, \underline{h}_{i2}, \dots, \underline{h}_{iR})$$

\overline{h}_i : 各資源於節點 v_i 之上限閾值(threshold)所組成之向量，即
 $\overline{h}_i = (\overline{h}_{i1}, \overline{h}_{i2}, \dots, \overline{h}_{iR})$

\underline{w}_{ij} : 自節點 i 至節點 j ，各資源之下限值於所組成之向量，

$$\text{即 } \underline{w}_{ij} = (\underline{w}_{ij1}, \dots, \underline{w}_{ijR})$$

\overline{w}_{ij} : 自節點 i 至節點 j ，各資源之上限值於所組成之向量

$$\text{即 } \overline{w}_{ij} = (\overline{w}_{ij1}, \dots, \overline{w}_{ijR})$$

u_{ij} : 自節點 i 至節點 j ，各資源消耗量於所組成之向量

$$\text{即 } u_{ij} = (u_{ij1}, \dots, u_{ijR})$$

c_{ij} : 自節點 i 至節點 j ，各資源之成本，

即各弧之長度。

x_i : 資源使用向量

$$\text{即 } x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iR})$$

ω_n : 給予護士 n 喜好度之權重

λ : 主要問題之對偶變數

$$\delta_{\tau d}^{td} = \begin{cases} 1, & t \in T, d^t = d. \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

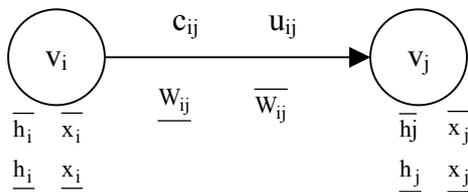
(2) 模式

$$\text{Min} \quad \sum_{(v_i, v_j) \in \mathcal{R}} c_{ij} z_{ij}$$

$$\underline{w}_{ijr} \leq x_{ir} \leq \overline{w}_{ijr}, \quad r \in \mathcal{R}$$

其中

$$c_{ij} = g_n^j - \omega_n f_n^j - \sum_p \sum_{\ell} e_{p_j}^{\ell} \gamma_{t_j p} \beta_{n_{\ell}} - \sum_{(p, d, \mathcal{L}, \mathcal{T}) \in \mathcal{D}} \sum_{\ell \in \mathcal{L}} \gamma_{t_j p} \beta_{n_{\ell}} \delta_{\mathcal{T}d}^{t_j d_j} \lambda_{pd}^{\mathcal{L}\mathcal{T}}$$



圖一

3. 求解法

主要問題以整數規劃之分枝界限法及塔布搜尋法求解，經由塔布搜尋法求解較有效率且較迅速；其次利用主要問題之可行解條件下，再以最短路徑法求算在各項資源限制及護理人員排班喜好度條件下之最佳分派方式。

4. 結論

本研究針對護理人員排班之相關因素納入模式，主要以人員相關成本以及護士個人之各項排班因素喜好度為目標，以人力之需求，以及排班各因素之限制，如換班，休假，連續上班日等資源因素為限制。充分考量到院方以及護理人員相關互之需求，以達最佳之分派員。

四、計畫成果自評

1. 本研究達成預期目標情況:

本研究可依各醫院之不同狀況進行調整，模式非常具彈性。

2. 本研究成果之學術或應用價值：

應用價值高，可應用於各相關醫療院所。

3. 本研究成果是否適合在學術期刊發表或申請專利之說明:

本研究可發表於國內外期刊，但本研究成員非工程技術之研究，因此不適宜申請專利。

4. 未來展望暨後續研究:

本研究下年度將利用實際之例，運用此模式進行分析，屆時更可驗證其使用性。

5. 計畫成果自評:

研究內容與原計畫相符，本研究計畫擬撰成論文，發表於相關之期刊，以供參考。

五、參考文獻

- [1] H. Ahuja, R. Sheppard, computerized nurse scheduling, *Industrial engineering* 7 (10) (1975) 24-29.
- [2] U. Aickelin, Genetic algorithms for multiple-choice problems, Ph.D. thesis, University of Wales, Swansea, 1999.
- [3] J.L. Arthur, A. Ravidran, A multiple objective nurse scheduling model, *AIIE Transactions* 13 (1981) 55-60.
- [4] N. Balakrishnan, R.T. Wong, A network model for the rotating workforce scheduling problem, *Networks* 20(1990) 25-41.
- [5] J.E. Beasley, *Advances in Linear and Integer Programming*, Oxford University Press, 1996.
- [6] J.G. Chen, T.w. Yeung, Hybrid expert-system approach to nurse scheduling. *Computers in Nursing* 11 (1993) 183-190.
- [7] B.M. Cheng, J.H.M. Lee, C.K. Wu, A nurse rostering system using constraint programming and redundant modeling, *IEEE Transactions in Information*

- Technology in Biomedicine 1 (1) (1997) 44-54.
- [8] K.A. Dowslan, Nurse scheduling with tabu search and strategic oscillation, European Journal of Operational Research 106 (1998) 393-407.
- [9] J.P. Howell, Cyclical scheduling of nursing personnel, Hospitals 40 (1996) 77-85.
- [10] R.Hung, Hospital nurse scheduling, Journal of Nursing Administration 25 (7/8) (1995) 21-23.
- [11] B. Jaumard, F. Semet, T. Vovor, A generalized linear programming model for nurse scheduling, European Journal of Operational Research 107 (1998) 1-18.
- [12] M.M. Kostreva, K.S.B. Jennings, Nurse scheduling on a microcomputer, Computers and Operational Research 18 (8) (1991) 731-739.
- [13] E.W. Lawler, D.E. Wood, Branch-and-bound methods: A survey, Operations Research 14 (1966) 699-719.
- [14] C. Mailer-Rothe, H.B. Wolfe, Cyclical scheduling and allocation of nursing staff, Socio-Economic Planning Science 7 (1973) 471-487.
- [15] H.E. Miller, P. William, J.R. Gustave, Nurse scheduling using mathematical programming, Operations research 24 (5) (1976) 857-870
- [16] B. Cheang, H.Li, A. Lim, B. Rodrigues, Nurse rostering problems- a bibliographic survey, European Journal of Operational Research 151 (2003)447-460.
- [17] Koji Nonobe, Toshihide Ibaraki, A tabu search approach to the constraints satisfaction problem as a general problem solver, European Journal of Operational Research, 106 (1998) 599~623.