

運用最佳化模式探討外包業務稽查—以醫院外包稽核為例

陳盈達

高雄醫學大學附設中和紀念醫院總務室

yitach@ms.kmuh.org.tw

摘要

醫院將非醫療核心業務外包已是成本控制不得不為的重要策略。為確保外包執行品質減少合約風險，擬定稽核計劃、實施稽查、發現問題進而改善缺失，PDCA 循環式促使外包品質持續改善，為各企業管理外包的常規作法。對於擬定外包稽核計劃、實施稽查過程中，如何避免（1）因人工經驗方式的安排，導致稽查比規劃時間過早結束或因稽查時間延長影響外包公司日常營運；（2）由於非有系統之稽查人員編派，容易造成相同稽查人員至同家外包廠商稽核次數增加、同質性太高而無法達到普查外包公司目的，失去定期稽查之意義，卻少有文獻探討。針對上述問題，本研究提出以三項最佳化模式進行改善，並以個案醫院之外包業務聯合稽查作業為例，擬定合適的年度稽核規劃，將外包公司進行分群、稽查順序安排以及查核人員編派，使用 LINGO 數學規劃套裝軟體求解模式並將結果導出至 Microsoft Excel 軟體分析。研究結果顯示，的確可以改善以往人工經驗編派作法，時間及品質難以掌握問題，提供決策者實施查核作業時規劃參考。

關鍵詞：外包業務聯合稽查、最短路徑安排、稽查員編派、最佳化

Investigating Outsourcing Job Management Auditing through an Optimization Model—The Evidence of Outsourcing Job in a Hospital

Yin-Tar Chen

Department of General Affair, Kaohsiung Medical University Chung-Ho Memorial Hospital

Abstract

The hospital suffers more severe pressure and a higher demand for their operational management. Therefore, more and more non-healthcare related services are considered to be outsourced. In order to have good implementation effects of outsourcing suppliers, an audit team which aimed to identify problems and improve outsourcing quality was set up for the task of internal auditing each quarter. However, the assignment of auditing manpower practically depends upon the management's experiences, which is deficient in either systematical or scientific basis and thus leads to drawbacks of, for example, unfair assignment of manpower, time wasting, slow job progress, etc. To satisfy particular demands and prerequisite conditions for the auditing outsourcing suppliers assignment of manpower, this study develops three optimal assignment model using integer regression, where the LINGO software is adapted for problem solving. The model was evaluated with hospital outsourcing management as a case study. Experimental results demonstrate that the proposed model is superior to traditional methods using heuristics solution in terms of the fairness and the efficiency of manpower assignment.

Keywords: Outsourcing Job Management Auditing, Shortest Path Arrangement, Manpower Allocation, Optimization

壹、前言

醫院經營在面對環境多變，特別是健保給付制度壓力下，為求長期的生存與發展，非醫療核心業務外包已成為成本控制不得不為的重要策略。企業「是否委外」的決策，從以往的二分法轉變為「委外程度」較新的看法，特別是委外成效的評估，更是企業主所關注（黃河川，2002）。業務外包雖然可達到組織精簡、減輕營運獲利壓力以及管理上負擔之目的，但是外包人員素質、服務態度以及廠商配合度等不易掌控，更多的是外包人員直接接觸醫院的消費者，例如：病人或家屬。而消費者所認知的一切服務都來自整個醫院，一旦發生違規事件醫院必須與外包廠商負起連帶責任，並不區分是醫院或外包廠商誰提供之服務。換言之，業務可以外包，監督及管理責任卻無法外包。因此，如何管理外包廠商、評估外包人員配合度、維護醫院所能提供服務品質以及降低外包廠商或人員違反合約的風險，為醫院管理所須面對的重要課題。

108 年底國際間爆發 COVID-19 疫情，彷彿 91 年 SARS 疫情暴發時同樣具備新興病毒之不可預測特性，包括（1）潛伏期短、（2）初期判斷不易、（3）傳染路徑不明確、（4）容易產生變異造成防疫困難。為防範 COVID-19 病毒造成醫院內部群聚感染，個案醫院在首長明確指示下，無論是院內或外包人員共同執行一連串「大門口防疫」、「公共衛生」、「傳染病監測通報系統」等方面管控措施。為使醫院整體服務能維持一致的標準，透過外包管理機制，使合約執行的風險降至最低，相關外包管理內容包括：教育訓練（e-learning 線上學習課程）、監督（業管單位日常作業查核、控管單位外包聯合稽查）、品質指標衡量（顧客意見表、滿意度調查、標準化、持續改善）。104 學年度成立「外包業務聯合稽查機制」，每月至少實施一次外包聯合稽查，規劃查核時間為 2.5 小時。外包業務稽查管理小組（簡稱外包小組）幹事每月排定外包公司稽查時間及順序，評估各業管單位是否落實外包人員之外包業務遴選、專業教育訓練、合約規範、專業證照、醫院教育訓練等事項進行稽核，並記錄於「外包業務稽核管理小組稽核表」。外包聯合查檢結果若發現不合格事項，將以稽核表單通知承攬者立即處理、限期改善，承攬者須填寫「外包業務稽核管理小組稽核改善事項回覆表」繳交業管單位備查，而業管單位也將進行複查，直至缺失完全改善為止。外包小組幹事定期於會議中報告外包業務聯合稽查執行狀況以及檢討改進事項，外包業務稽核管理相關流程作業（圖 1）。

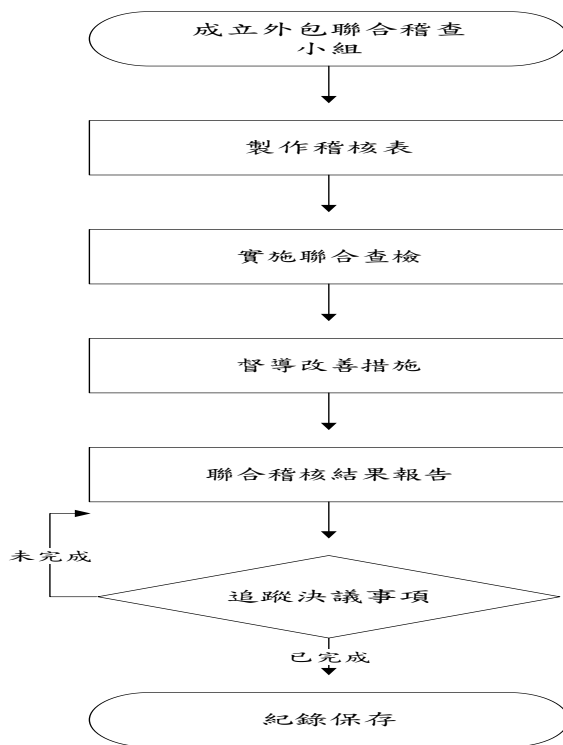


圖 1 外包業務稽核管理相關流程作業

實施外包業務聯合稽查過程中，外包控管單位查核人員之編組或者是外包小組幹事安排外包公司稽查順序時，往往採取以個人主觀經驗方式來規劃，容易造成（1）年度稽查作業結束後，由於編派不平均導致部份稽查人員不曾查核過某些外包公司；（2）原排定查核作業時間，過早結束或者超出預定時間甚多而影響外包公司日常運作情形。本研究提出以應用整數規劃方法，建立最佳化數學模式，並參考已發表最短路徑安排論文，使用 LINGO 軟體求解模式，搭配 Microsoft EXCEL 軟體作為參數輸入、求解結果輸出以及分析使用（Lindo Systems, 2018），藉以改善人工經驗方法（heuristics solution）所衍生前述之缺點，並以南部某教學醫院外包稽查為實作範例，證明模式運作後效果良好。

貳、文獻回顧

回顧以往外包品質文獻，多著重於外包廠商評選、外包策略評估以及成本管控方面，以華藝線上圖書館（Airiti Library）電子資料庫進階檢索功能，查詢條件關鍵字設定為“外包品質管理”或“委外品質管理”且非“外包裝”、其餘條件採用預設值，查詢結果得到 98 篇期刊論文。歸納整理後得出以廠商評選（含廠商服務品質及人員管理）方面文獻 47 篇最多，其次是策略評估 35 篇，接著為成本管控 10 篇，其它為 6 篇（圖 2），尚無探討外包稽查人力指派最佳化決策，亦無外包查核督導人力指派最小成本方面研究。而人工經驗法的指派方式，進行外包作業查核時經常無法於規劃時間內查核完畢，稽查人員由於隨機排定緣故，容易造成年度結束時不曾查核過某些外包廠商，未能達到普查外包廠商預期之目標。而良好的稽核作業指派，可以有效運用人力資源，普查外包作業維持外包服務品質。（黃允成與侯宜璇，2020）指出目前國內醫療院所之護理班表，乃由護理長或副護理長依據工作經驗，以試誤法或經驗法則，進行人工式護理排班，此方式既繁瑣費時且有諸多缺失，故常造成護理人員之抱怨與不平，間接影響人員工作效率與病患服務之品質。（顏上堯、陳柏華與林淑梅，2015）表示傳統人工經驗法缺乏效率且欠缺公平性等缺點，如果決策規模增大或限制條件增多，則人工經驗法將愈難以求解，求解亦將更為費時。（陳翰威，2015）以往勤務排班經常以傳統人工經驗方式為之且令決策者花費大量時間，但並非最佳化指派結果。（辜士銘，2012）經驗法則排班會有排班上的盲點，因為在人員人數愈多情形之下，所要面對的排班組合將會有更多更大的組合變化，排班人員將會無法在短時間內完成排班需求。綜合上述，可預期當稽查人員數目或受稽核之外包公司數量達某水準時，傳統人工編派方式明顯地將無法進行合適安排。

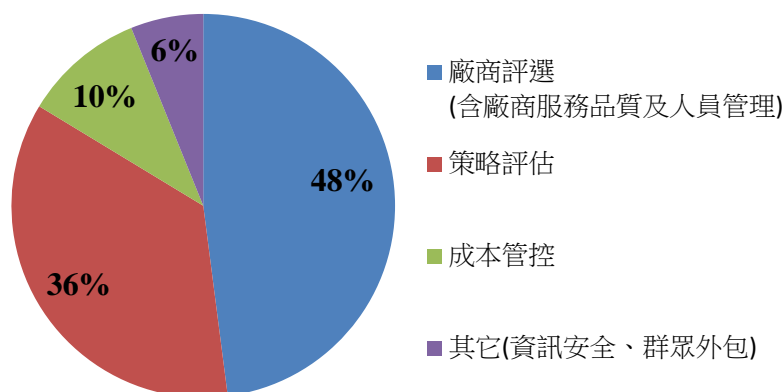


圖 2 外包品質研究文獻百分比統計

研究方法的選擇，除了效能（正確性）亦考慮到效率（求解過程所需時間、重覆性以及容易實施）方面。本研究規劃三個數學模式（模式一及模式三為研究者自建、模式二參考自文獻，圖 3）應用於個案醫院外包業務聯合稽查作業，並利用 0-1 整數規劃（0-1 interger programming）方法，有效率地求解出最佳化之稽查作業編派。藉由敏感度分析機制，瞭解參數之變動以及限制條件增減對整體目標值變化的影響，

依實際需求擬定出因應策略，提供決策者更合理與靈活之運用。

首先將外包公司依常駐人數、合約車輛數目、合約服務範圍或租賃辦公空間設定不同權值，權值愈大代表稽查人員所須查核時間愈久，接著將加總後權值匯入模式一並以 LINGO 軟體求解出總權值差異最小 3 個外包群。搜集完外包群內被查核外包公司彼此位置距離後，將距離參數匯入模式二並以 LINGO 軟體求解出經過分群內各外包公司之最短路徑安排，作為依次查核外包公司順序。模式三則應用於外包控管單位稽查人數確認後，符合相關限制條件下，藉由 LINGO 軟體求解出稽查人員年度稽核班表，包括年度內各稽查員至少須查過任一家外包公司 1 次、考量原單位部門業務推展避免同一位稽查員同一季連續安排 2 次查核任務、每位稽查員每年稽查同 1 個外包群不得大於 1 次等限制條件，目標值設定為年度稽查班表最小總分派次數，僅就與本研究有關之文獻進一步探討。

一、資料分群

廖怡欽、羅尹呈與張維倫（2017）表示資料分群（data clustering）技術是一種簡單有效的資料分析技術，廣泛應用在許多領域（資料探勘、樣型識別、人工智慧、商業行為分析、顧客行為分析…等）中。（彭國芳與張尚鈞，2001） Data classification 是根據資料的屬性（attribute）和一些預先建立的規則來將資料分類，這種做法事前必先對資料的結構和資料之間的關係有一定的了解和認知才能實行，但 data clustering 的特點在於它不需要了解資料庫中的資料特色和結構，就能把資料分類，它的做法首先是選出一些群組樣本（seed），透過分類演算法把資料庫中的樣本分類，這種做法高度依靠群組樣本的正確性與否。（吳姿瑩、張家榮與吳文祥，2018）運用集群分析法將 2009 至 2016 年傳染病疫情通報系統病例數資料分群做為疫情嚴重程度分級依據，利用疫情監控模組中之 c 管制圖監控疫情何時開始發出警訊與爆發以進行預警分析，並提出疫情監控的管理作為與對醫療品質指標解讀之管理意涵。（顏上堯、楊雅玲與王俊懿，2019）蒐集研究消防人員針對各勤務之出勤次數、勞累程度等意見，歸納出值班、救護班、行動急救、水源查察、宣導等不同勤務，進行加權值 1 或 2 分配，再以 0-1 整數規劃方法建構出「加權排班次數平均化」之排班最佳化模式，並以 LINGO 12 套裝軟體運算求解。

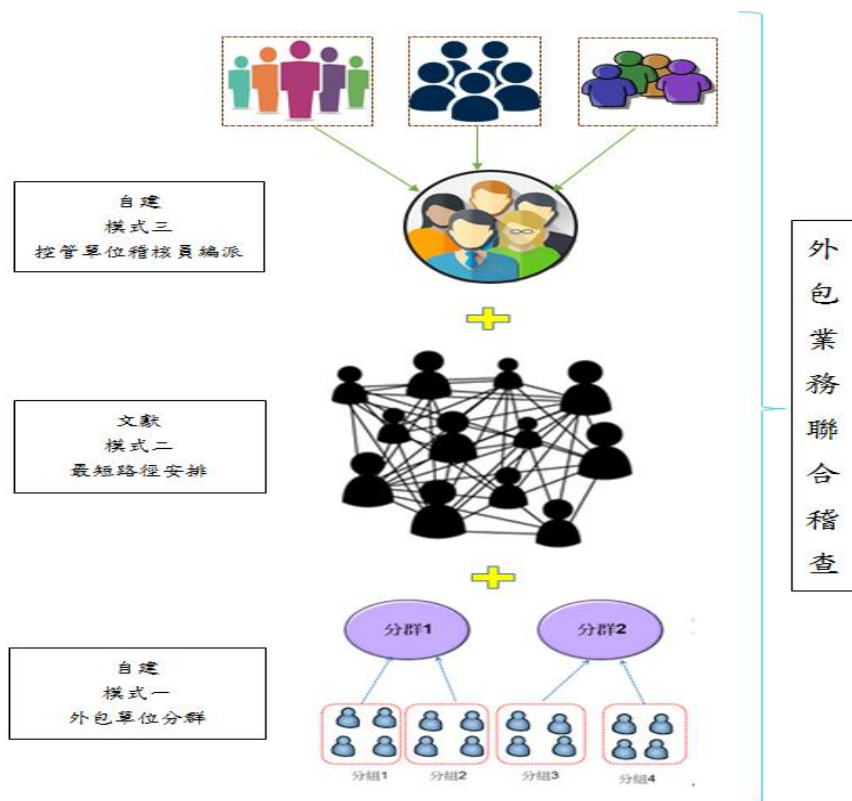


圖 3 模式功能示意圖

本研究的外包分群採用 data classification 分類方式，依據人為主觀決定外包公司權值，權值愈高代表稽核過程所須花費時間更多，例如：常駐人員 30 名以上外包公司抽查人員基本資料的樣本數多於 10 名以下外包公司；合約中規範車輛愈多（救護車、交通車及接駁車）或管理空間愈大（來賓停車場）的外包公司，稽查過程也將愈久。

二、最短路徑安排

最短路徑安排應用於道路搜尋或路線安排上已經被研究多年，許多有效率的解決方法亦陸續被提出。旅行銷售員問題（traveling salesperson problem, TSP）是路線規劃中最典型的一種，其定義為從某城市出發，求解所有城市拜訪一次後回到初始城市之最短路徑。對於企業來說旅行銷售員的求解方法之速度或品質能有所改善，則可以減少金錢或時間成本（劉文義，2000）。（劉昱德與黃士滔，2011）比較三種萬用啟發式演算法（metaheuristics）：粒子群演算法（particle swarm optimization algorithms, PSO）、蟻群演算法（ant colony optimal, ACO）、人工免疫演算法（artificial immune algorithm, AI）求解旅行推銷員問題的計算效率，進一步探討參數設定條件對於全區搜索能力以及模擬時間的影響。（黃志鵬與賴柏諭，2011）以基因演算法（GA）結合模糊理論（fuzzy），提出以歸屬度做為基因配對基準的引導演化模式，減少基因演算嘗試不必要的組合運算，提高演算效率，並以 TSPLIB 所提供之國際標準範例做為演算法之驗證。（李俊民與蔡佳郎，2013）首先配對出滿意度較高的護理師、病人個案及家屬組合後，接著以旅行銷售員問題演算法藉由 Lingo 軟體計算出護理師外出服務的最低出診成本路徑。然而探討最短路徑安排於室內應用者極為少數，鄧宇程（2008）提出一套夜間路徑指引的技術，結合智慧型 LED 地磚及電腦路徑掃描演算法，藉由修正後的 BFS 路徑拓樸掃描演算法，來改善寬度搜尋演算法的不足，配合改良後 Dijkstra 最短路徑演算法，讓老人在起點與目的地之間，能夠找出最短的路線行走，以營造一個適合老人生活起居的安全之環境，避免因照明不良的疏忽而造成傷害。

本研究最短路徑安排應用於外包公司接受稽查時順序之排定，首先選擇從某一外包公司出發，求解經過所有其它外包公司一次後回到初始點之最短路徑。

三、稽查人員編派最佳化及最小成本研究

線性規劃對於實際問題的應用，例如：護理人員或駕駛員排班、工廠生產線排程或人員任務編派最佳化等問題，皆可利用規劃之數學模式求解。（顏上堯、黃紹凱與王俊懿，2018）探討電力公司職安查核作業人力指派問題，考量相關限制條件，以查核人員指派次數最大者最小化為目標，同時兼顧人員指派之公平性及有效性下，使用 LINGO 12.0 版數學規劃套裝軟體求解模式。（洪輝宗，2011）探討管線工程督導小組辦理品質查驗時人力指派問題，在人力資源及出差旅費預算限制條件下，建立一個人員公平指派以及成本降低為目的之最佳化人力指派模式，並利用 LINGO 8.0 版套裝軟體求解模式。（葉泰維，2012）則針對某營造公司之品質管理稽核任務編組問題，在年度稽核任務所需之專業需求及限制條件下，以稽查人員公平指派為目標，建構一最佳化人員指派模式，利用 LINGO 8.0 版套裝軟體求解模式。（Tsai, C.C. & Lee, C.J., 2010）構建兩階段數學模式求解護理師排班調度問題，第一階段為自我安排假期，模式中進一步檢查是否有違反政府法規、醫院管理政策以及排班表公平性，並使用 LINGO 套裝軟體求解。第二階段則為總體班表調度模式，使用遺傳演算法進一步得出近似最佳解。（廖宣雅，2008）運用兩階段最佳化模式求解護理人員輪調問題，第一階段目標式為極大化部門效用、第二階段目標式則為極大化技能增進之比率，並使用 LINGO 10.0 版進行求解。（Suleiman Kabiru et al., 2017）探討最少教師人數下，應用匈牙利演算法（Hungarian algorithm method）和 LINGO 軟體進行最佳化計算，求解出最適配的教師-傳授科目組合，期使學校將來獲得更多獎牌數量。（Nur Atika Masbah et al., 2018）探討兼職和全職公車司機人力調度問題，在符合派車需求限制條件下，建立一個最佳人員指派以及總成本降低為目標之最佳化人力指派模式，並利用 LINGO 17.0 版求解模式。（顏上堯與謝國彬，2020）探討如何更有效率的規劃施工動線及人力安排，並以管線地下化工程前期規劃為例，運用最佳化理論模式及 LINGO 12.0 版數學規劃套裝軟體求解出最佳解，進行成本最小化的工班指派作業。

本研究模式一求解目標設定為外包單位分群總權值相近之總分最少、模式三求解目標設定為公平原

則下，求解每位稽查人員至各外包群之稽核總次數取其中最大者，並令其最小化之工作指派結果。

參、模式建構

一、問題描述與現況作法

個案醫院「外包業務聯合稽查小組」（簡稱外包小組）歸屬在職業安全衛生委員會下，外包小組所要查核的外包單位共計 17 個，範圍包括兩側大廳入口及周邊（保全、交通車）、急診（救護車）、院內（合約服務範圍及租賃辦公空間）、來賓停車場以及一家距離個案醫院 25 公里被服洗滌工廠，每季至少須完成一次所有外包公司及被服洗滌工廠查核（表 1）。外包小組執行稽查時，小組成員由 1 位外包小組幹事以及 4 位外包控管單位稽查員（感染管制中心、職業安全衛生室、資材室、人力資源室各指派 1 員代表，表 2），合計 5 位所組成，排定查核時間 2.5 小時。

104 年起實施外包業務聯合稽查，查核外包公司的順序以及控管單位編派稽查人員，均採用人工經驗方式安排（heuristics solution），除了容易造成（1）稽查過程比規劃時間過早結束或延遲完成時間，影響外包公司日常作業，而當季結束前如無法查核所有外包公司則須增加稽核次數、（2）外包控管單位稽查人員因編派不平均，同一位稽查人員重覆查核相同之外包公司，同質性高無法發揮普查外包廠商目的。為改善上述情形，本研究期能以數學模式及最佳化理論，提出應用三個最佳化模式規劃出合適的外包稽查分群及執行順序，同時兼顧稽查人員指派之公平性及有效性下，進行稽查人員編派，期能減輕外包小組成員之工作負荷並兼顧外包管理品質之目標。

表 1 外包公司資料

外包服務性質	廠商數量	稽核地點（棟-樓）
環境清潔	2	W-B1、S-B1
保全	2	E-1、T-4
被服租賃洗滌+外部工廠	1+1	E-B3、Outside
設施設備維護	1	E-B1
交通運輸	2	E-1、C-1
美食購物	2	C-B1&P-1、E-1
場地租用	4	W-1、U-B1、E-B1、S-B1
合約人力派駐	3	E-5、A-3、A-1

表 2 外包控管單位資料

外包控管單位	稽查成員人數
感染管制中心	5
職業安全衛生室	4
資材室	6
人力資源室	5

二、模式建構

以 LINGO 優化軟體先將 17 個外包公司分成 3 群（模式一），再以最短路徑演算法求解出各外包群經過一次之最短路徑安排（模式二），接著以模式三求解出外包控管單位稽查人員指派之結果，達成稽查員公平且普查所有外包公司目的，本研究模之假設條件、參數及決策變數定義分述如下。

（一）模式一：將外包公司區分為總權值相近的外包群

1. 假設條件及已知資訊

（1）外包單位共計 17 處，先以外包公司之常駐人數、合約服務經營範圍或租賃辦公空間、車輛數目等設定權值，再以 LINGO 軟體求解出總權值相近之 3 個外包群。

- (2) 每季稽查外包公司除了3個外包群，須再加上1處被服洗滌工廠，合計為4群。
- (3) 外包小組每季至少須稽查 4 個外包群一次。
- (4) 每組外包群至少包含權值總分 2~3 者 3 間外包公司。
- (5) 每組外包群至少包含權值總分 4~6 者 2 間外包公司。
- (6) 不考量稽查人員之工作效率。
- (7) 考量外包小組稽查時能於排定時間內，避免過早或延後完成稽核作業，以外包公司分群總權值相近總分最少做為目標式。

2. 參數定義

- (1) i ：第 i 項外包公司，共有 n 個外包公司， $i=1\sim n$ 。
- (2) j ：第 j 個外包群，共有 p 個外包群， $j=1\sim p$ 。

3. 決策變數定義

- (1) X_{ij} ：第 i 項外包公司歸納至第 j 個外包群。“1”表示 是，“0”表示 否。
- (2) C_{ij} ：第 i 項外包公司歸納至第 j 個外包群之加權值。

4. 數學模式

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij} * c_{ij} \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^3 x_{ij} = 1 \quad , \quad \forall i = 1\sim 17 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{11} x_{ij} \geq 3 \quad , \quad \forall j = 1\sim 3 \quad (3)$$

$$\sum_{i=12}^{17} x_{ij} \geq 2 \quad , \quad \forall j = 1\sim 3 \quad (4)$$

$$5 \leq \sum_{i=1}^{17} x_{ij} \leq 6 \quad , \quad \forall j = 1\sim 3 \quad (5-6)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad , \quad \forall i \quad , \quad \forall j \quad (7)$$

5. 模式說明

- (1) 目標函數 (1)：外包單位分群總權值相近總分最少為目標函數。
- (2) 限制式 (2)：每 1 外包公司須歸納至 1 項外包群。
- (3) 限制式 (3)：每 1 外包群包含至少 3 間權值 2~3 分之外包公司。
- (4) 限制式 (4)：每 1 外包群包含至少 2 間權值 4~6 分之外包公司。
- (5) 限制式 (5)、(6)：每 1 外包群包含 5~6 項外包公司。
- (6) 限制式 (7)：建立 X_{ij} 決策變數數值範圍。歸納至此外包群為“1”，不歸納為“0”。

(二) 模式二：最佳路徑安排

1. 數學模式 (藍宜祥, 2004)

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (8)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1 \quad , \quad \forall i \quad (9)$$

$$\sum_{i=1, i \neq j}^n x_{ij} = 1 \quad , \quad \forall j \quad (10)$$

$$X = (x_{ij}) \in S \quad , \quad \forall i \quad , \quad \forall j \quad (11)$$

$$S = \{(x_{ij}): \sum_{i \in Q} \sum_{j \in Q} x_{ij} \geq 1\}$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad , \quad \forall i \quad , \quad \forall j \quad (12)$$

2. 模式說明

- (1) 目標函數 (8): 每個節點到達過一次且僅到過一次後, 再回到原出發節點, 選擇總路程最短。
- (2) 限制式 (9): 考量每個節點的前面僅有一個節點。
- (3) 限制式 (10): 考量每個節點的後面僅有一個節點。
- (4) 限制式 (11): 每個節點子集合 Q 內至少要有一節點與 Q 外的某一節點相連, 避免節點 i 與節點 j 形成互不連通的子迴路。
- (5) 限制式 (12): $x_{ij} = 0$ 若節點 i 不到節點 j 。 $x_{ij} = 1$ 若節點 i 到節點 j , 且 i 在 j 前。

(三) 模式三：外包控管單位稽查人員編派模式

1. 假設條件及已知資訊

- (1) 外包控管單位既有稽查人員共計 20 名。
- (2) 受稽查外包群共計 4 個。
- (3) 外包小組每季至少須稽查 4 個外包群一次。
- (4) 外包控管單位稽查人員可隨意編派至各外包群稽核。
- (5) 外包控管單位執行稽查時, 小組成員為 4 人 (不包含外包小組幹事)。
- (6) 外包業務聯合稽查時, 至少包含感染管制中心、職業安全衛生室、資材室、人力資源室各 1 位稽查人員。
- (7) 考量稽查公平性, 外包小組任一稽查人員不得同一季連續安排兩次稽核任務。
- (8) 任一稽查人員每年稽查同 1 外包群不得大於 1 次。
- (9) 不考量稽查人員之工作效率。
- (10) 考量稽查人員稽查項目之公平性且顧及平常單位業務推展, 以稽查人員年度最少稽核總次數做為目標式。

2. 參數定義

- (1) i : 第 i 位稽查人員, 共有 n 位稽查人員, $i=1\sim n$ 。
- (2) j : 第 j 個受稽查外包群, 共有 p 個受稽查外包群, $j=1\sim p$ 。
- (3) k : 第 k 季稽查時程, 共有 q 季稽查時程, $k=1\sim q$ 。
- (4) E : 所有感染管制中心稽查人員集合, $i=1\sim 5$ 。
- (5) F : 所有職業安全衛生室稽查人員集合, $i=6\sim 9$ 。
- (6) G : 所有資材室稽查人員集合, $i=10\sim 15$ 。
- (7) H : 所有人力資源室稽查人員集合, $i=15\sim 20$ 。

3. 決策變數定義

- (1) x_{ijk} : 第 i 個稽查人員於第 k 季至第 j 個外包群稽查“1”表示 出勤, “0”表示 不出勤。
- (2) Z : 每位稽查人員每年至各外包群稽核次數最大平均數。

4. 數學模式

$$\text{Min } z \quad (13)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{ijk} \leq z, \forall i \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} = 4, \forall j, \forall k \quad (15)$$

$$\sum_{i \in E} x_{ijk} \geq 1, \forall j, \forall k \quad (16)$$

$$\sum_{i \in F} x_{ijk} \geq 1, \forall j, \forall k \quad (17)$$

$$\sum_{i \in G} x_{ijk} \geq 1, \forall j, \forall k \quad (18)$$

$$\sum_{i \in H} x_{ijk} \geq 1, \forall j, \forall k \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{ijk} \geq 3, \forall i = 1 \sim 5 \quad (20)$$

$$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{ijk} \geq 3, \forall i = 6 \sim 9 \quad (21)$$

$$2 \leq \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{ijk} \leq 3, \forall i = 10 \sim 15 \quad (22)$$

$$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{ijk} \geq 3, \forall i = 16 \sim 20 \quad (23)$$

$$X_{ijk} + X_{ij(k+1)} \leq 1, \forall i, \forall j, \forall k = 1 \sim 3 \quad (24)$$

$$\sum_{k=1}^q x_{ijk} \leq 1, \forall i, \forall j \quad (25)$$

$$X_{ijk} \in \{0, 1\}, \forall i, \forall j, \forall k \quad (26)$$

5. 模式說明

- (1) 目標函數 (13)：在公平原則下，求每位稽查人員至各外包群之稽核總次數取其中最大者，並令其最小化之工作指派結果。
- (2) 限制式 (14)：每位稽查人員稽核總次數，不得大於稽核總次數其中最大數。
- (3) 限制式 (15)：每季、每次至各外包群稽查成員為 4 位。
- (4) 限制式 (16)：每季、每次感染管制中心至少派 1 位稽查人員至各外包群稽查。
- (5) 限制式 (17)：每季、每次職業安全衛生室至少派 1 位稽查人員至各外包群稽查。
- (6) 限制式 (18)：每季、每次資材室至少派 1 位稽查人員至各外包群稽查。
- (7) 限制式 (19)：每季、每次人力資源室至少派 1 位稽查人員至各外包群稽查。
- (8) 限制式 (20)：每位感染管制中心稽查人員每年至少安排 3 次外包稽核任務。
- (9) 限制式 (21)：每位職業安全衛生室稽查人員每年至少安排 3 次外包稽核任務。
- (10) 限制式 (22)：每位資材室稽查人員每年至少安排 2~3 次外包稽核任務。
- (11) 限制式 (23)：每位人力資源室稽查人員每年至少安排 3 次外包稽核任務。
- (12) 限制式 (24)：稽查人員不可以同一季連續安排兩次稽核任務。
- (13) 限制式 (25)：每位稽查人員每年稽查同 1 個受稽查外包群不得大於 1 次。
- (14) 限制式 (26)：建立 X_{ijk} 決策變數數值範圍。指派稽查為“1”，不指派稽查為“0”。

肆、範例測試

為測試本研究模式在實務上之績效，以南部某醫學中心外包業務聯合稽查年度規劃實施方式為測試範例。執行 LINGO 18.0 版數學規劃套裝軟體之作業平台為 Microsoft Windows 10、系統類型 64 位元，硬體設備 Intel I7 CPU 4.4GHz、8GB RAM，搭配 Microsoft EXCEL 軟體作為參數輸入、求解結果輸出分析使用。將三項規劃數學模型的目標函數及各項限制式條件轉換為 LINGO 程式語言，每項數學模型求得最佳解時間約 1 秒鐘。再與人工經驗編組方式互為比較，以驗證兩種結果之差異性，最後探討重要參數變化對模式求解之影響程度以及應用分析，提供決策者規劃時參考。

一、測試結果分析

LINGO 軟體的最大特色在所有可行解中找出全域最佳解 (global optimal solution)，林吉仁 (2014) 指出 LINGO 軟體求解線性最佳解，若最佳解恰巧符合整數限制條件，那麼此求解結果亦為整數規劃問題之最佳解。模式中觀察的不僅僅是最佳解 (模式三最佳解為 4 班次)，決策變數 0 或 1 代表第 i 個稽查人員於第 k 季至第 j 個外包群是否出勤稽查更是觀察重點。

(一) 模式一：外包公司分群

模式中限制條件設定為每個外包群中加權值相近之外包公司個數，例如：每個外包群至少包含加權

值 2~3 外包公司 3 家，目標值為加總權值後相近之最小 3 組外包群。將外包公司加權值參數帶入模式一計算後，外包公司分群執行結果（表 3）。

表 3 模式一：外包公司分群執行結果

權值	外包業務	第一群	第二群	第三群
2	體重管理中心	0	1	0
2	眼鏡行	1	0	0
2	被服租賃及洗滌	0	0	1
2	保全(乙)	1	0	0
2	美髮室	0	0	1
2	24 小時心電圖室	1	0	0
3	工務	0	0	1
3	保全(甲)	1	0	0
3	往生室	0	0	1
3	交通車及接駁車	0	1	0
3	運輸人力	0	1	0
4	環保清潔(甲)	0	0	1
4	環保清潔(乙)	1	0	0
4	1F 便利商店	0	0	1
5	救護車	1	0	0
5	來賓停車場	0	1	0
6	美食街	0	1	0

(二) 模式二：最短路徑安排

先選擇距離集合點最近之外包公司作為出發點（本例為 24 小時心電圖室），接著估算出同一外包群外包公司稽查位置彼此間距離，將參數帶入模式二進行最短路徑計算安排，可求得經過每一家外包公司的最短距離總和以及行走順序（稽核外包公司順序），外包群 1 最短路徑計算結果（圖 4）。

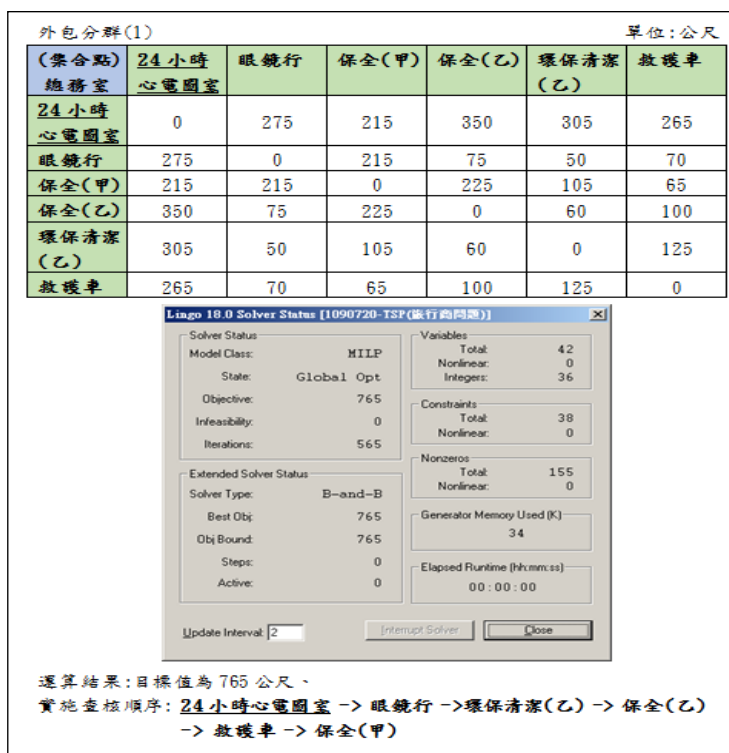


圖 4 模式二：外包群 1 最短路徑安排結果

(三) 模式三：外包控管單位稽查人員年度編派稽核次數

求解結果可以發現，目標值為 4 班次，表示所有外包控管單位稽查人員年度內最多執行 4 班次查核可完成查看所有外包廠商之目標。進而觀察 0 或 1 求解內容，外包控管單位稽查人員編派稽核次數介於 2~4 班次，個別四個控管單位（I1~I5 感染管制中心、I6~I9 職業安全衛生室、I10~I15 資材室、I16~I20 人力資源室）內部級距差異僅 1 班次（表 4）。稽查人員不可以同一季連續安排兩次稽核任務（表 5）、每位稽查人員每年稽核同 1 外包群不得大於 1 次，符合限制式 (12)、(13) 之限定條件。由此，足以證明本研究模型的準確性及實用性，不但合乎模型設定原則，其輸出結果也確定為最佳稽查人員編派模型，完整的模式三執行結果（表 6）。

表 4 外包控管單位稽查人員年度編派表

控管單位	稽核員 (I)	季 (K) - 外包群 (J)
感染管制中心	I 1	2-2 3-1、3-4
	I 2	1-4 2-3
	I 3	1-1 2-4
	I 4	1-3 3-2
	I 5	1-2 2-1
職業安全衛生室	I 6	1-3 2-4
	I 7	1-1、1-4 2-2
	I 8	1-2 2-3
	I 9	2-1 3-3
資材室	I 10	1-3 2-4
	I 11	1-4 2-2
	I 12	3-4
	I 13	1-1 2-4
	I 14	2-1、2-3 3-2
	I 15	1-2 3-1、3-3
人力資源室	I 16	1-2 2-3
	I 17	2-4 3-3
	I 18	1-4 3-2
	I 19	1-3 2-1
	I 20	1-1 2-2

表 5 同一季不連續安排兩次稽查

查核季(K)	外包商(J)	感染管制中心	職業安全衛生室	資材室	人力資源室
第一季	第 1 群	I 3	I 7	I 13	I 20
	第 2 群	I 5	I 8	I 15	I 16
	第 3 群	I 4	I 6	I 10	I 19
	第 4 群	I 2	I 7	I 11	I 18
第二季	第 1 群	I 5	I 9	I 14	I 19
	第 2 群	I 1	I 7	I 11	I 20
	第 3 群	I 2	I 8	I 14	I 16
	第 4 群	I 3	I 6	I 13	I 17
第三季	第 1 群	I 1	I 8	I 15	I 16
	第 2 群	I 4	I 6	I 14	I 18
	第 3 群	I 3	I 9	I 15	I 17
	第 4 群	I 1	I 8	I 12	I 19
第四季	第 1 群	I 4	I 6	I 12	I 17
	第 2 群	I 2	I 9	I 10	I 19
	第 3 群	I 5	I 7	I 11	I 18
	第 4 群	I 4	I 9	I 10	I 20

表6 模式三：稽查人員年度編派稽核次數執行結果

控管單位	K	第一季	第二季	第三季	第四季	第一季	第二季	第三季	第四季	第一季	第二季	第三季	第四季	第一季	第二季	第三季	第四季	每人年度 查核總次數
	I/J	外包第1群				外包第2群				外包第3群				外包第4群				
感染管 制中心	第1位	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
	第2位	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	3
	第3位	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3
	第4位	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	4
	第5位	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
職業安 全衛生 室	第6位	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4
	第7位	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	4
	第8位	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	4
	第9位	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	4
資材室	第10位	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3
	第11位	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3
	第12位	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
	第13位	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
	第14位	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
	第15位	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
人力資 源室	第16位	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
	第17位	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3
	第18位	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3
	第19位	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	4
	第20位	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
外包群年度 查核總次數		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	

二、最佳化模式與人工經驗編派之效益比較

實務上人工編組作業經常會因不同人之經驗及認知差異而有不同結果，亦即僅有大致上的原則且不同決策者的編組作業結果可能都不同，導致變異加大難以掌握品質。本研究應用三個最佳化模式進行改善，並以個案醫院 107 及 108 年度外包業務聯合稽查編派資料與模式三進行比較（表 7）。

表 7 (模式三)最佳化規劃與人工經驗規劃之效益比較表

項目	(模式三)最佳化規劃		人工經驗規劃		效益比較	
	107	108	107	108	107	108
年度 *	107	108	107	108	107	108
目標值 (班次)	3	4	4	6	25%	33.33%
所有班次 (z)	$1 \leq z \leq 3$	$2 \leq z \leq 4$	$1 \leq z \leq 4$	$1 \leq z \leq 6$	稽查人員稽核次數更平均、公平、外包普查性更具效益。	
平均值	2.4	3.2	2.4	3.2		
標準差	0.68	0.62	0.99	1.40		

*修訂模式三限制條件以符合 107 年度無規定於同一季內查核完所有外包公司。

由比較表得知同年度的班次平均值雖然相同，然而最佳化模式編派結果的標準差遠低於人工經驗編派結果，也代表稽查人員稽核次數更平均、公平、外包普查性更具效益，顯示經由電腦運算求解結果的模式三比人工經驗編派為佳，驗證了本模式符合實務上之需求與應用（圖 5）。

三、應用分析

(一) 外包公司分群及最短路徑安排

決策者可依據資料的屬性進行 data classification 或 data clustering 方式計算出權值，並加上相關限制條件（分群數目、每群間至少包含某些範圍權值數量），接著將權值匯入模式一計算，可求解出總權值相近分群數目及群組內容。最短路徑安排方面，如果節點與節點之間無法通行時，例如：工程進行無法通行，則節點間距離可設定較大數值，模式二運算時選擇經過每一節點之總距離最短，作為優先路徑安排。例如：每年一次各護理站以及科室自衛消防編組實地演練，以往排定演練日程採取同棟別加上同樓層作為演練時分群依據。然而，如果從火警發生時人員疏散風險角度探討，則可考慮依照樓層位置、樓地板面積、防火區劃大小、護理站、科室數目以及病人行動便利等因素進行權重值設定，藉以區分出高、中、低度風險層級的「弱勢避難族群」。接著應用模式一計算出總權值相近的群組以及同一群中所包含的病房科別、單位數目等，進一步決定群組演練順序或者針對不同風險層級進行人力上之調配運作。

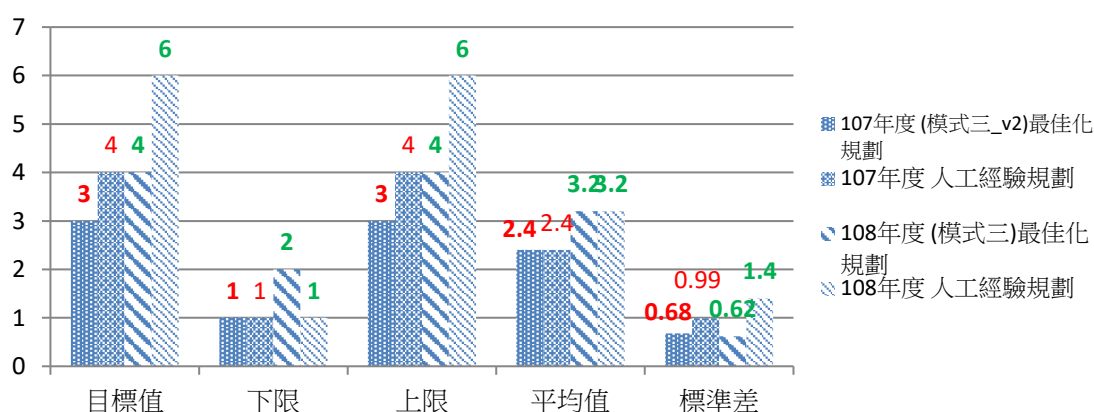


圖 5 (模式三)最佳化規劃與人工經驗規劃之效益比較圖

不同於應用在戶外的行車導航，地圖涵蓋面積不僅非常大且計算過程須要隨時更新。室內行走路徑規劃則可參照全院平面圖預先估算出定點間距離，使用 LINGO 軟體之 OLE(object linking and embedding)

介面函數建置及定義參數資料及表格，透過 Excel 軟體引入特定範圍的彙總資料至模式二進行計算，並將運算之求解結果輸出至 Excel 並整理成易懂的格式，得出快速、高效率的行走路徑決策。

(二) 外包控管單位稽查人員年度編派稽核次數

為瞭解參數之調整以及限制條件增減變動對整體目標值變化之影響，藉由敏感度分析對於外包控管單位稽查人員最少（職業安全衛生室）與最多（資材室）之單位，進行稽查人員數目調整。而因應勞基法值勤時數規定、職能認證要求及評鑑作業準備等政策法規以及各項實務上之限制問題，則採取相關限制條件增減變動方式。

1.職業安全衛生室稽查人員由 4 人減為 3 人

為避免相同稽查人員不同季的查核任務再次被編派至已查核過外包公司，造成同質性高無法普查外包公司情形，因此以限制式 (13) 規範每位稽查員一年僅能查核第 n 群外包公司 1 次。然而，當稽查人員低於 4 人時，模式三將無可行解。此時限制式 (13) 須修訂為

$$\text{(原程式)} \quad \sum_{k=1}^q x_{ijk} \leq 1, \quad \forall i, \forall j,$$

$$\text{(修訂為)} \quad \sum_{k=1}^q x_{ijk} \leq 2, \quad \forall i, \forall j。$$

其餘程式內容不變，職業安全衛生室稽查人員最佳解將由 4 增加為 6（也是外包控管單位稽查人員每年編派查核次數最佳解）。當稽查人數減少時，每人需分擔較多次查核，此時個別外包控管單位計算出的目標值，亦為整體外包控管單位編派查核次數的目標值。

2.資材室稽查人員由 6 人增加為 8 人

資材室個別單位稽查人員之最佳解（資材室稽查人員每年編派查核次數）由 3 降低為 2。換言之，當稽查員人數增加，可讓排班愈趨於公平。

3.模式三之限制式 (12)：稽查人員不可以同一季連續安排兩次稽核任務

考量人工經驗編派方式，容易因分配任務次數不平均，造成某些稽查人員無法兼顧原單位部門之業務，增加同一位稽查人員同一季不連續兩次安排稽核任務。決策者亦可將其應用於人員排班規劃，例如：剛完成大夜班勤務不得再安排接續隔日第一班，可避免人員因工時過長違反勞基法情形（輪班制勞工更換班次間隔之休息時間仍以連續 11 小時為原則）。

4.考量稽核者之知識、經驗與技術背景，符合職能認證才可執行該項稽查任務

須具備相關職能才可執行第 k 項稽核，無具備職能要求則不得執行該項稽核工作。例如：編號 5、11、18 稽核員由於尚未完成部份職能認證，無法擔任稽查外包群 1 任務。新增加限制條件及執行結果（圖 6）。

$$\sum_{k=1}^q x_{ijk} = 0, \quad \forall i = 5 \text{ or } 11 \text{ or } 18, \quad \forall j = 1, \quad \forall k。$$

控管單位	I \ J	K	第 1 季				第 2 季				第 3 季				第 4 季				每人年度查核總次數		
			第 1 季	第 2 季	第 3 季	第 4 季	第 1 季	第 2 季	第 3 季	第 4 季	第 1 季	第 2 季	第 3 季	第 4 季	第 1 季	第 2 季	第 3 季	第 4 季			
感管中心	第 1 位	性	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	第 2 位	性	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
	第 3 位	性	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	第 4 位	性	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	第 5 位	性	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3
職業安全衛生室	第 6 位	性	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	4
	第 7 位	性	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
	第 8 位	性	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4
	第 9 位	性	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	4
資材室	第 10 位	性	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	第 11 位	性	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
	第 12 位	性	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3
	第 13 位	性	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
	第 14 位	性	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	第 15 位	性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
人力資源室	第 16 位	性	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
	第 17 位	性	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3
	第 18 位	性	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3
	第 19 位	性	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	4
	第 20 位	性	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
外包群年度查核總次數			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	

圖 6 編號 5、11、18 稽核員不編派稽查外包群 1 任務

5.查核外包頻率週期由每季完成一輪查核（四個外包群）調整為每季完成二輪查核

原模式三之查核週期為每季完成一輪外包查核，為因應即將到來的評鑑（醫學中心評鑑、JCI 國際評鑑）準備作業，調整查核頻率為每季完成二輪查核。模式中變更之限制式及參數如下所示：

(1) 修訂限制式 (15) 每季、每次至各外包群稽查成員為 8 位。

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} = 8, \forall j, \forall k。$$

(2) 修訂限制式 (20) ~ (23) 各職類（感染管制中心、職業安全衛生室、資材室、人力資源室）每位稽查人員每年至少安排外包稽核任務次數。

$$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{ijk} \geq 6, \forall i = 1 \sim 5,$$

$$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{ijk} \geq 8, \forall i = 6 \sim 9,$$

$$6 \leq \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{ijk} \leq 5, \forall i = 10 \sim 15,$$

$$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{ijk} \geq 6, \forall i = 16 \sim 20。$$

(3) 比對原方案（每季查核週期一輪）與調整方案（每季查核週期二輪）之執行結果（圖 7）。隨著查核週期之調整，目標值各職類稽核人員亦隨著比例適當指派，依職類指派次數分布區間差（圖 8），顯示各職類間之人員指派呈現平均狀態。證明本研究之模式三具有良好的穩定性與可應用性，並可得知於不同方案及限制條件下，對整體目標值變化之影響。

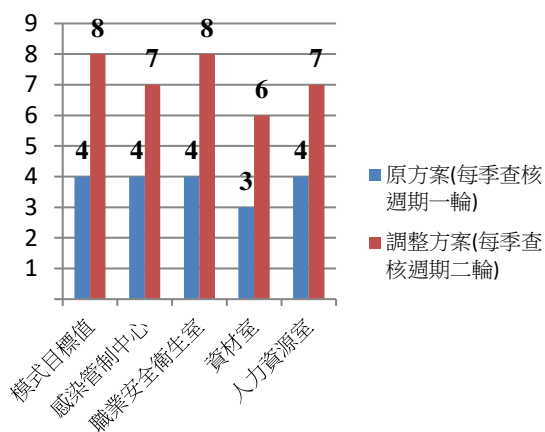


圖 7 調整查核週期目標值、各職類最大編派次數

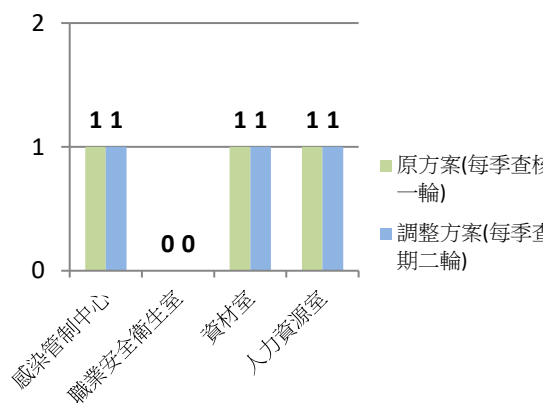


圖 8 調整查核週期各職類編派次數分布區間差

本研究以南部某醫學中心外包業務聯合稽查年度規劃與執行方式為例，考量相關限制條件下，應用三個最佳化模式（2 個模式研究者自建、1 個模式參考自文獻），將外包單位分群、排定前往稽查順序以及稽查人員編派查核次數最大者最小化為目標，並兼顧查核人員之公平性及普查外包廠商目的，使用 LINGO 數學規劃套裝軟體進行求解，接著與人工經驗之作法進行比較，結果良好。決策者可依據企業之特性，單獨或調配組合使用本研究之三個最佳化模式進行應用，修改參數及限制式（稽查數目、稽查地點、人員數量及專業背景限制等規定）後進行最佳化模式計算，求解出符合需求之任務編派。

參考文獻

李俊民與蔡佳郎（2013）。雲端平臺上的居家護理管理支援系統之研究。醫務管理期刊，14（4），285-309。

- 林吉仁 (2014)。作業研究。高立圖書公司出版。
- 洪輝宗 (2011)。管線工程品質督導人力指派最佳決策模式之研究 (碩士論文)。國立中央大學，桃園市。
- 吳姿瑩、張家榮與吳文祥 (2018)。以醫療區為基礎之流感併發重症疫情監控系統。醫務管理期刊，19 (3)，227–248。
- 陳翰威 (2015)。環保稽查人員排班最佳化模式之研究 (碩士論文)。國立中央大學，桃園市。
- 黃允成與侯宜璇 (2020)。一例一休下智慧型護理排班系統之研製。管理與系統，27 (3)，213–235。
- 黃河川 (2002)。企業工作委外程度之影響因素分析-以國內生物科技廠商為例 (碩士論文)。國立成功大學，台南市。
- 黃志鵬與賴柏諭 (2011)。適應模糊度配對之基因演算法應用於 TSP 問題。嶺東學報，30，129–154。
- 辜士銘 (2012)。職能別限制下之人員排班問題 (碩士論文)。高雄應用科技大學，高雄市。
- 彭國芳與張尚鈞 (2001)。資料挖掘 Data mining，中央大學資訊管理研究所高等資料庫報告，頁 48–49。
- 葉泰維 (2012)。年度稽查小組人員指派最佳化 (碩士論文)。國立中央大學，桃園市。
- 廖怡欽、羅尹呈與張維倫 (2017)。快速雲端 k-means 分群方法初探。高雄應用科技大學工程科技學刊，3 (2)，35–43。
- 鄧宇程 (2008)。智慧型地磚路徑掃描暨最短路徑演算法之研究 (碩士論文)。南開科技大學，南投縣。
- 劉文義 (2000)。以 k-opt 為基礎之分支切面法求解旅行銷售員問題 (碩士論文)。國立成功大學，台南市。
- 劉昱德與黃士滔 (2011)。比較三種萬用?發式演算法於 TSP 問題之探討。工程科技與教育學刊，8 (3)，443–452。
- 廖宣雅 (2008)。運用兩階段最佳化模式探討人力配置與工作輪調-以醫院護理人員為例 (碩士論文)。東海大學，台中市。
- 顏上堯、陳柏華與林淑梅 (2015)。負荷平均排班最佳化模式之研究-以模具加工廠為例。中央大學土木工程學系技術學刊，27 (2)，163–171。
- 顏上堯、黃紹凱與王俊懿 (2018)。職業安全衛生查核人員指派最佳化。中央大學土木工程學系技術學刊，33 (3)，173–190。
- 顏上堯、楊雅玲與王俊懿 (2019)。勤業務專責下消防人員每日勤務排班最佳化之研究。中央大學土木工程學系技術學刊，31 (1)，91–102。
- 顏上堯與謝國彬 (2020)。多處地下管線作業工班指派最佳化研究。中國土木水利工程學刊，32 (7)，609–619。
- 藍宜祥 (2004)。巢狀分割法應用於旅行推銷員問題之研究 (碩士論文)。中華大學，新竹市。
- Lindo Systems Inc. (2018). *LINGO user's manual*. United States : Lindo Systems.
- Masbah, N.A., Nordin, S.Z. & Ahmad, R. (2018). Binary linear programming in solving bus crew scheduling. *Department of Mathematical Sciences Final Year Project Proceeding, UTM, Malaysia*.
- Kabiru, S., Saidu, B.M., Abdul, A.Z. & Ali, U.A. (2017). An Optimal Assignment Schedule of Staff-Subject Allocation. *Journal of Mathematical Finance*, 7, 805–820.
- Tsai, C.C. & Lee, C.J. (2010). Optimization of nurse scheduling problem with a two-stage mathematical programming model. *Asia Pacific Management Review*, 15, 503–516.