

橋式機監護作業員排班之研究

Workforce Scheduling for Surveillance Operators of Quay Cranes

盧華安¹ Hua-An Lu

朱經武² Ching-Wu Chu

李忠益³ Chung-Yi Li

摘要

岸肩橋式起重機作業需要監護作業員協助維護吊卸時之安全，其與司機員一樣均為貨櫃碼頭作業中最主要的工作人員之一。然而，碼頭船舶靠泊數量有尖離峰的差異、每艘船舶裝卸櫃量不同，使得各工作時段之監護組別需求產生極大的差異，其工作指派作業亦有別於一般企業的人員排班。本研究探討之實務單位，係以循環性指派原則，利用人工方式進行人力派遣，不論在作業時效上或是規劃彈性上均受限制。本研究利用該公司之排班原則，進行電腦化程式設計，以加速排班作業之遂行。同時，利用數學規劃技巧，建構監護作業員人力安排之排班規劃模式。經該公司現行作業需求之實證分析，顯示該模式確可適用於該公司之員工排班與人力規劃。此外，該公司若欲使指派結果更具人性化，而加入不連續值勤三個班次、不隔夜連續值勤，則拆組指派的情形將增加，所需額外人力則僅需增加一組。

關鍵詞：岸肩橋式起重機、監護作業員、循環性指派原則、拆組指派

Abstract

Surveillance operators of quay crane operations, as well as the drivers of quay cranes, are the main parts of stevedoring workforce in the container terminal. For the existence of berthing peak and village and the difference in numbers of loading and discharging containers, the demand in each shift might be extremely varying for each other. These characteristics also make their duty assignment different than the task in the general business companies. The studied company exploits a cyclic assignment principle to dispatch groups of surveillance operators by manual operations. No matter the time expenditure of execution or the flexibility of planning, it has always a little bit of rigidity. This research designs a computer program according to the principles of the cyclic assignment for accelerating the implementing process. Meanwhile, a mathematical programming model is formulated for the manpower scheduling problem. The test results of the studied case show that this model is suitable for the shift assignment and manpower

¹ 國立臺灣海洋大學航運管理學系副教授。

² 國立臺灣海洋大學航運管理學系教授。

³ 國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士。

planning for this company. Meanwhile, if this company would like to arrange in adding the humanistic constraints without three consecutive shifts and over-day consecutive shifts, one more group of surveillance operators is needed and the status of slicing assignment is also required.

Keywords: Quay crane, Surveillance operator, Cyclic assignment principle, Slicing assignment

壹、前言

岸肩橋式起重機（以下簡稱橋式機）為貨櫃碼頭之重要機具，負責船邊之貨櫃吊卸工作。為達到安全且迅速的作業效能，碼頭裝卸單位除設置適當機具外，仍需仰賴足夠的技術作業人員，以及良好的人員排班規劃。在貨櫃碼頭工作之主要人員包含理貨員、拖車司機、橋式機司機員及其監護作業人員等。理貨員負責船舶裝卸時，清點貨物件數，並對貨物的交接出具證明。拖車司機負責駕駛拖車，協助貨櫃之裝卸與提領。橋式機司機員與監護作業人員為橋式機之主要作業人員，司機員為橋式機駕駛，操作機具進行貨櫃吊卸作業。橋式機監護作業人員則於貨櫃裝卸作業中，在船上及岸上協助指揮橋式機司機員及拖車司機，以使每個裝卸動作能夠有效及安全的完成。碼頭作業人員的安排需配合船舶之靠港時間、裝卸量的多寡不同與個人工作負荷等因素；人員排班規劃的良窳，實影響裝卸公司相關成本的支出與工作效率的表現。

實務上，工作人員指派方式不盡相同，就橋式機作業組員（即司機員與監護作業員）之指派概念而言，最簡單的方式可將組員依橋式機分組，組員工作與否隨橋式機之任務而定。此一指派原則，在人員的指派方式上較為簡單，但組員工作負荷受橋式機服務的指派而異，容易造成特定期限中個人之分工不均。此種方式較常使用在專用碼頭之作業，且業者於逐月的工作指派，調整組員之服務橋式機，藉以平均長期之工作負荷。另一種方式則是依照隔天需求及人員狀況，於當日指派隔日之作業人員。此一原則雖較有彈性，可因應每日變化，但指派邏輯較為複雜，所需顧慮的指派因素較多，也較無法估計適當之組員配當的經濟人數。此外，每一個作動之橋式機，需要監護作業員在不同方位進行安全指揮，因此得指定多人擔任，不似司機員僅有一人，故在人員指派作業上也較司機員複雜。準此，本研究乃以租用基隆港東 8 至東 11 碼頭之裝卸承攬公司(以下簡稱 L 公司)為探討對象，針對其橋式機監護作業員之工作性質、人工排班方式及排班問題進行研析。

人員排班問題已有相當多領域之探討與豐碩成果，如護理人員排班^[1, 2, 3, 4]、監考人員排班^[5]、警察人員排班問題^[6]、收銀員排班問題^[7]等。Morris and Showalter^[8]綜整一般人員排班問題的內容與性質，將之分為休假排班問題（days-off scheduling problem）、值勤排班問題（shift scheduling problem）及休假值勤排班問題(tour

scheduling problem)三種。休假排班問題為安排工作日與輪休日的排班問題，如 Chew^[9]；值勤排班問題為工作日中指派值勤班次與休息等的排班問題，如 Azmat and Widmer^[10]；休假值勤排班問題即為同時考慮休假安排與值勤班次排班，為前兩者問題之綜合，在處理上較為複雜，如 Topaloglu and Ozkarahan^[11]。

在運輸業之人員排班問題中，Beaseley and Coa^[12]從問題規模角度，將其分為大型排班問題、中型排班問題及中小型排班問題。其中大型人員排班問題以航空公司之人員排班最具代表性，因為航空公司機組人員眾多（包括飛行員、機務員及空服員）、航線複雜、機隊龐大、服勤時間法規限制繁多等因素，特別是必須考慮人員在時間與空間之接續，限制條件非常複雜，問題規模也龐大難解。一般都將空勤組員排班問題分成值勤任務安排(crew pairing problem)與人員指派問題(crew assignment problem)，前者如 Desrosiers et al.^[13]、Yan and Tu^[14]，後者如 Ryan and Day^[15]、Ftulis et al.^[16]、陳立欣^[17]、杜宇平與顏上堯^[18]、Yan et al.^[19]。中型人員排班問題，以大眾運輸人員排班最常被討論，其中以鐵路運輸司機人員或公車駕駛員等大眾運輸系統的排班較為常見。由於大眾運輸具有旅客容量、運輸線路、列車交會、轉乘、停車場及站台的限制，因此人員排班的需求格外迫切。其中，以鐵路組員或維修人員的排班規劃較為複雜，其排班求解方式也以上述大型排班的求解步驟作為程序，如 Caprera et al.^[20]、Higgins^[21]。中小型人員排班問題則是以時間接續概念為主，問題規模均較小，與前述服務業之人員排班特性相近，排班問題包含人力、機具、休假等限制，但又不如航空公司及大眾運輸人員排班來的複雜，如機場地勤人員^[9, 22]與捷運站務人員^[23]之排班問題。

在海運業部分，船員派遣問題^[24]並不似空勤組員困難，乃因船員可於船上長期服務約達一年，其派遣僅在登船與下船時間與地點的安排。於如何使航商的成本最為節省下，可同時綜整考量各級甲板與輪機人員派遣、晉申與訓練之人力安排。而在港埠作業人員之人力規劃或人員排班問題，尚不多見，Kim and Kim^[25]探討港口碼頭跨載機(straddle carrier)司機員之排班問題，文中將其定式為一限制滿足(constraint satisfaction)問題。由於司機員的排班需考量員工的工作時間外，還需考量設備是否足夠，再加上有多種類的機器設備，使排班產生一定之困難度。其探討的限制式除了基本的需求滿足限制式、時段衝突限制式，工作時段限制式外，最特別的是加入員工休息時間限制式，除了強調司機員的偏好外，也給予其基本的休息需求。在實證求解方面，分為靜態變數排序(static variable-ordering)及循環變數排序(cyclic variable-ordering)兩種方式來做比較，說明不同順序的導入規則，對求解效率造成的影響，結果以前者求解的效率為優。另朱經武等^[26]協助實務單位建置電腦排班流程進行橋式機司機員之排班工作，並建立數學規劃模式進行人力需求最佳化評估，其中亦對其他可能較具公平性之排班法則進行探討與分析。

綜合上述可知，不同運輸產業之人員排班問題各具特性，但針對貨櫃碼頭工作機具之人員指派課題尚不多見，其原因可能是各裝卸公司對於人員排班之安排

邏輯不盡相同。本文藉由 L 公司之橋式機監護作業員指派原則之探討，進行排班作業電腦化之流程建置，並建構數學規劃模式協助實務單位進行人力規劃。後續內容安排如下：第貳節為排班實務與電腦化排班之介紹，第參節說明模式內容，第肆節利用 L 公司一週排班的需求進行實證分析與討論，並加入規劃期和需求改變之敏感性分析，第伍節提出結論與建議。

貳、排班實務與電腦化

L 公司之人員排班仍以人工作業進行，雖有機動彈性，但易造成指派人員的工作負荷。本節將介紹該公司橋式機監護作業員之工作特性與排班限制，並以該公司之排班邏輯建置電腦化程式流程之撰寫，評估取代公司人工排班作業的可行性，同時作為後續深入研析人力需求時，可供對照比較之實務單位輸出結果。

2.1 排班實務

在貨櫃裝卸作業過程中，監護作業員於船上及岸上協助指揮橋式機司機員及拖車司機，以使貨櫃能準確地從船艙、拖車被吊起或放置，同時確保其間每個裝卸動作能夠有效及安全的完成。L 公司地勤人員以一組四人肩負一部橋式機之監護職責，其權責之分配為組長、副組長及組員兩人。組長掌握該組機具所有狀況，並在碼頭上綜理貨櫃作業。副組長為協助組長，主要工作在船上看艙指揮及作業環境之檢視。組員一人在岸上協助指揮，另一人則在船上協助看艙。

班表編排之人力調度原則乃是有船才指派人員值勤，無船時人員則在家待命。且為確定可值勤人數，值勤班表的安排為每日排定，除每日早班時段所需值勤的人員於前一日指派外，其餘各班次需求人員於當天才進行指派。值勤班次按照整體之編排並不固定，有可能時為早班，時為晚班。薪資方面則是將裝卸櫃量加總所得之報酬，依比例平均分攤給所有橋式機組員，除監護組組長及司機員略多外，其它人並無不同。

橋式機監護作業員因工作負荷不同於司機員，且其值勤時必須配合司機員，因此班次型態略少於司機員，如表 1 所示。在四個值勤班次中，時段 A 由早上八點至中午十二點三十分；時段 B 由中午十二點三十分至下午六點三十分；時段 C 由下午六點三十分至晚上十一點三十分；時段 D 則由晚上十一點三十分至清晨六點三十分，距時段 A 之開工時間尚有一個半小時，為換班整備之需。各時段之值勤時數並不相同，分別為 4.5、6.0、5.0 和 7.0 小時。

表 1 L 公司橋式機監護作業員值勤班次

班次	時段 A	時段 B	時段 C	時段 D
起迄時間	08:00 12:30	12:30 18:30	18:30 23:30	23:30 06:30
工作時數(小時)	4.5	6	5	7

資料來源：裝卸公司提供，本研究整理

該公司作業人員之一日服勤時間計算，從第一天早上八點至第二天凌晨八點為一工作天，除公司規定之每月三天假期外，也可另行請假，無船舶到達時則屬待命，不算休假，監護作業員一天休一組，並不依據年資或是月份彈性安排休假。

2.2 監護作業員排班原則

L 公司租用基隆港東 8 至東 11 碼頭，共有七部橋式起重機，同時也承攬基隆港之裝卸工作。人員之指派作業分成兩個階段，首先依照港務局所提供之船舶到達通知單，將碼頭編號、開工/完工時間、橋式機需求數量，及 L 公司休假人員填入排班表。橋式機需求的數量，即代表監護組別之需求，而休假人員與前一日之排班安排，即為可安排值勤人員之參考。為使值勤銜接不致間斷之故，當天之時段 A 業已於前日排定值勤人員，故所安排者為時段 B 以後之組員，依次指派至第二天時段 A 所需值勤的組別。原則上，指派前必需先考量開工時間之先後順序，再按碼頭編號順序進行組別指派。若開工時間一樣，即以碼頭順序依序指派組別。

實務單位有時會遇上當值勤組數不足的情況，此時可進行拆組作業，形成增班組來因應。增班組由已被指派值勤之各組撥派一人組成，但增班組至少三人至多四人。可如此調整的原因，乃是：(1)船上一人協助看艙，不可缺少；(2)岸上主控者更是不可或缺；(3)貨櫃有四個角落，每個角落需有視線監控；(4)裝卸作業中不只要看護貨櫃而已，尚有其它作業環境需檢視，如橋式機移動、拖車移動、特殊櫃之準備工具、船上解固情形、準備貨櫃鎖栓等。再者，若某班次發生拆組情形時，下一班次指派之監護作業員依照當前班次指派之情形，並不做任何改變，直到可值勤組數足夠而不進行拆組時，始可依照基本規則指派人員。此一特殊的拆組作為，僅為需求組數大於可值勤組數時之權宜之計，雖名為增班組，其實質意義卻是容許在此情況下，監護人員每組可減少至三人，所以正常組別與增班組別在人數安排上，並無不同。

綜整上述，實務單位之監護作業員排班要點可歸納如下：

- (1) 每一組監護作業員在一天中，同一時段僅能指派一項工作。
- (2) 每一條船於每一時段指派的監護組數，原則上與橋式機所需數量相同。
- (3) 在同一時段組數不足時，可按當時組別的多寡組成增班組，但原則必須保持每一正常組別與增班組別，至少三人至多四人。
- (4) 某班次如發生拆組情形時，人員需待組數充分足夠之班次後，才行歸建回組。
- (5) 休假人員不得排入當天之班表中。

2.3 實務邏輯程式撰寫與測試討論

雖然 L 公司以每日兩階段進行人力指派，但船舶靠港裝卸時間可能與原先預定之時間略有誤差，工時長短也各不相同，必須以連續日的排班結果，始能洞悉實務單位之排班邏輯。由前述原則瞭解，該公司對監護作業組指派方式，乃以循環性指派為最主要的原則。由於 L 公司所服務之航商大部分為定期航商，且預先均簽訂相關之服務條件，基於定期航商之定港定時靠泊特性，在休假工作人員不同，值勤班表也會有所異動之考量下，只要休假人員的安排已知，即可進行較長期的人員排班，如一週以上之人員調度。但該公司目前仍以人工進行排班，為免除可能多次安排調整之困擾，故以一天為排班規劃期。

本研究以 C 程式語言撰寫演算法，將實務單位人員排班邏輯電腦化，希望能加速排班速度，以代替人工作業，並能提供該公司進行較長期之人員排班規劃。假設 i 為日數標記， k 為班次標記， l 為組別編號，DAYS 為規劃總日數，SHIFT 為總班別數，GROUP 為排班之總組數，Assign_No 為計數排入特定班次之組別數，程式步驟如下：

STEP 1：輸入規劃期每天各船舶各班次的工作需求與休假組別，令 $i = 1$ 、 $k = 1$ 、 $l = 1$ 、Assign_No = 0。

STEP 2：若 $l > \text{GROUP}$ ，即令 $l = 1$ ，繼續。

STEP 3：判斷 i 是否大於 DAYS，若是，結束程式；否則，繼續。

STEP 4：判斷 k 是否大於 SHIFT，若是， $k = 1$ 、 $i = i + 1$ ；否則，繼續。

STEP 5：判斷組別 l 是否休假，若是，則 $l = l + 1$ ，並重新判斷該組別是否休假；否則，繼續。

STEP 6：將組別 l 排入班表，Assign_No = Assign_No + 1。

STEP 7：判斷 Assign_No 是否等於該天該班次的需求(以 d_{ik} 表示)，若是， $k = k + 1$ 、 $l = l + 1$ 、Assign_No = 0，到 STEP 2；否則， $l = l + 1$ ，到 STEP 2。

上述步驟之演算法架構如圖 1 之流程所示，此演算法可將實務單位人員班表

完整呈現，尤其若在同一天同一班次時段有相同組數被指派，即表示該一時段需進行拆組。當然，是否拆組在執行演算法前，亦可先行以人工檢定，如值勤組數 9 組扣掉休假組 1 組則當天可值勤組為 8 組，如在同一班次上，監護作業組數總需求超過 8 組時則需拆組。而實務單位在進行排班規劃時，一定是先確定已有充足人數後，才予進行排班。

表 2 為 L 公司之實例，共有 9 組監護作業組，在一週內服務 17 條船。經電腦化執行後之輸出，結果與人工排班結果一致，顯示出將實務單位排班邏輯電腦化是可行的，且電腦排班的執行較人工排班更為迅速。表中以各日之碼頭為排序，但指派之順序則按船舶之開工時間順序，以同時段先行填滿為原則，依序循環指派工作組別。在每一艘船每一時段之指派組數，亦代表起工時使用的橋式機數量，即工作組別之需求。以船舶 B 而言，在時段 A 與 B 分別採用三部橋式機，但在時段 C 時則減少為 2 部即可，故在組別分配時，亦按其需求指定。而此一案例尚不需要進行拆組，因為最大之個別時段需求尚未超出可用組數。

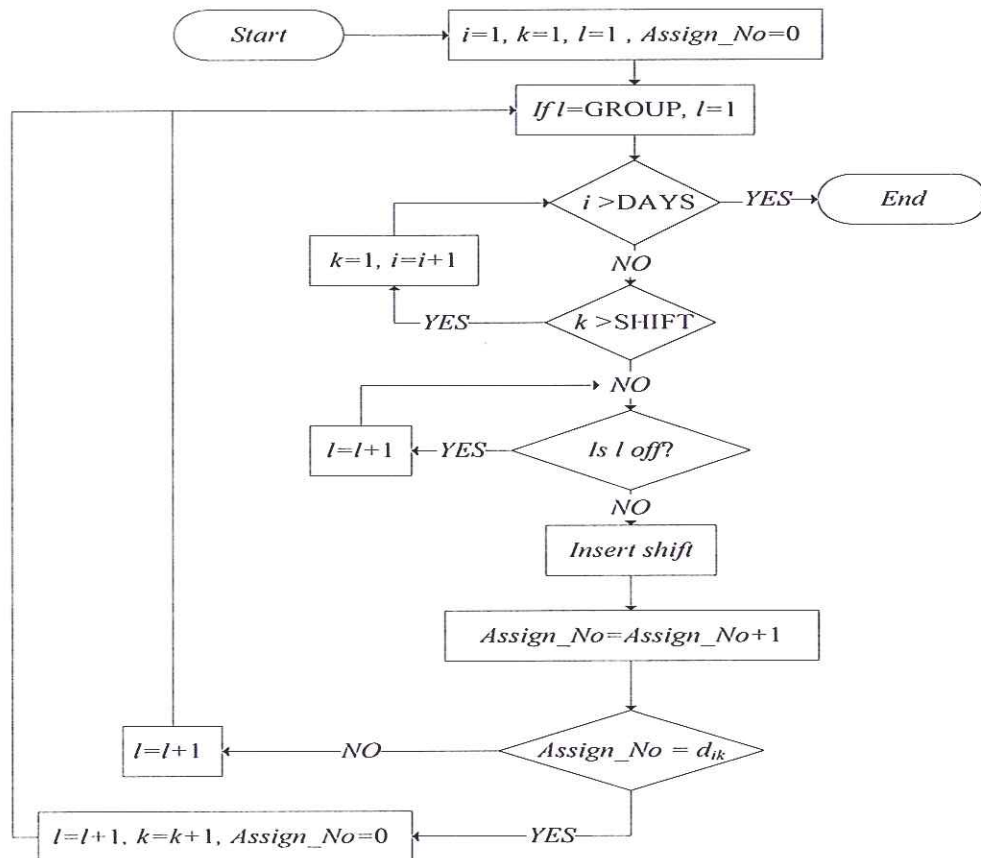


圖 1 電腦排班流程圖

按照 L 公司之排班邏輯檢討表 2 結果，發現可能存在若干人員安排上的缺憾：

- (1) 各組班次安排並不固定。如第 3 組，在 7 月 1 日執勤時段 A，7 月 3 日執勤時段 B、C，7 月 4 日則是執勤時段 A、B 及 C。
- (2) 連續作業時間過長，使得組員效率不夠穩定。如第 3、4 及 5 組，在 7 月 4 日均連續執勤 3 個時段。
- (3) 執勤時段 D 之組別，隔天有時亦需值勤時段 A，易造成組員過度疲累。如第 6、7 及 8 之地勤組，在 7 月 3 日執勤時段 D，7 月 4 日亦需執勤時段 A。

表 2 實務邏輯排班之一週監護作業組班表

日期	船名	碼頭	開工時間	完工時間	作業量	休假組別	時段 A (08:00~ 12:30)	時段 B (12:30~ 18:30)	時段 C (18:30~ 23:30)	時段 D (23:30~ 06:30)
2004/7/1 (四)	A	E9	8:30	21:00	333	1	2-3	4-5	6-7	
2004/7/3 (六)	B	E9	8:30	18:55	588	1	8-9-2	3-4-5	8-9	
2004/7/3 (六)	D	E9	20:40	1:30	198				2-3	6-7
2004/7/3 (六)	C	E10	13:30	3:10	503			6-7	4-5	8-9
2004/7/4 (日)	H	E8	8:30	21:00	425	2	4-5	9-1	8-9	
2004/7/4 (日)	I	E9	8:10	22:30	713		1-3	3-4	1-3	
2004/7/4 (日)	G	E10	11:00	15:25	110		8	5		
2004/7/4 (日)	E	E11	8:30	21:20	421		6-7	6-7	4-5	
2004/7/5 (一)	K	E8	9:50	18:20	330	2	8-9	1-3		
2004/7/5 (一)	J	E9	8:30	13:45	191		6-7	4-5		
2004/7/5 (一)	L	E10	19:00	1:00	209				6-7	8
2004/7/6 (二)	M	E9	3:20	06:20	185					9-1
2004/7/6 (二)	P	E8	20:05	2:15	185	2			7-8	3
2004/7/6 (二)	M	E9	8:30	12:10	238		3-4			
2004/7/6 (二)	O	E9	15:30	4:10	484			5-6	9-1	4-5
2004/7/7 (三)	R	E8	19:00	1:55	268	3			1-2	6-7
2004/7/7 (三)	Q	E9	9:50	20:00	450		6-7	8-9	4-5	

資料來源：本研究整理

由上面的討論可知，實務單位循環性排班邏輯所得之指派結果，存在若干可改善的空間，尤其當需求越多、越密集時，對人員工作負荷的影響會越明顯。不過，若要有均衡的排班結果，可能也需要足夠的可值勤組數，才能給予安排時的彈性。此外，該公司容許拆組的彈性，也使問題變的較為複雜，如欲改善指派的合理性或評估人力需求時，以現有的實務排班邏輯，需要反覆執行，較不具效率與彈性，需要藉由數學規劃技巧構建排班模式。

參、監護作業組排班模式

碼頭工作人員之指派作業需考量船舶進/離港時間、裝卸量、橋式機數目、碼頭數及人員熟練度等，由於橋式機數目及碼頭數短期間不易改變，人員對工作之熟練度為不易掌握的因素，因此本研究假設橋式機數目、碼頭數及人員熟練度為固定。另定期船舶進/離港時間與裝卸量雖偶有差異，但原則上不致有太大變異，乃因定期航商預先與裝卸公司訂約時，即會協調使用的橋式機數量，瞭解預計的裝卸時間，除非特別的案例需要臨時調整，否則均比照預先的商訂方式進行。故可令船舶進/離港時間及裝卸量為已知條件下，針對 L 公司之規劃所需作出適當的預估。

監護作業員排班問題必須考慮拆組排班的狀況，因此本研究所建構之監護作業員排班規劃模式的假設與已知資料如下：

1. 在規劃期間，每日之班次數均相同，且同一班次的值勤起迄時間一致。
2. 開工或完工未能與該班時段之開始或結束時間相同，被指派之組別仍以值勤全部班次視之。
3. 各組一班為 4 人，當可值勤組數不足時即可針對已被指派值勤之組別進行拆組，但每組至少維持 3 人以保障作業安全。
4. 值勤方面之平均化觀點，可追求總值勤時數平均化或是總值勤班次數平均化。本研究鑒於地勤人員工作負荷不同，各班次已按橋式機之作業特性排定，使得各班次之工時並未有太大差異，且從規劃時間長度來看，個人工時平均化未較班次平均化有顯著之意義，故本研究選擇後者作為基準，平均化觀點以總值勤班次數平均化為原則。
5. 針對人工排班邏輯所產生可改善之處，本研究假設各組每天值勤不可連續執三個班次，且當天值勤時段 D 的組別，隔天不值勤時段 A。

令 i 為規劃日數之標記，規劃期有 m 日， $i = 1, \dots, m$ ； j 為規劃日中船舶之標記，在第 i 日中之總船舶數為 n_i ， $j = 1, \dots, n_i$ ； k 為規劃日中班次之標記，共有 o 個班次， $k = 1, \dots, o$ ； l 為組別之標記，共有 p 組， $l = 1, \dots, p$ 。決策變數定義如下：

X_{ijkl} : 為 0-1 決策變數, 1 代表第 i 天, 第 j 艘船, 第 k 班次, 由第 l 組值勤; 0, 則反之。

Z_{ijkl} : 為 0-1 決策變數, 1 代表 l 組已被指派值勤於第 i 天, 第 j 艘船, 第 k 班次; 0, 則反之。

DS_{ik} : 為第 i 天, 第 k 班次所需之增班組組數。

A_{ijk} : 為第 i 天, 第 j 艘船, 第 k 班次所需之增班組組數。

參數部分, 定義如下:

d_{ijk} : 代表第 i 天, 第 j 艘船, 第 k 班次所需之監護人員組數。

M : 為一足夠大之數。

W : 增班組之效應值, 為一常數。

F_i : 第 i 天休假組數之集合。

目標式之建構概念除尋求增班組組數總合最小化外, 也尋求人員總值勤班次數平均化。拆組之發生情形為當可值勤組數不足時(需求大於供給), 才能由已被安排值勤之組別各提供一人, 湊足三人而形成另一增班組以滿足所需, 此種情況公司政策規定如無必要無須為之, 因此目標式中盡量避免產生過多的增班組, 故可如式(1)所示, 此乃使規劃期間產生的增班組總合愈少愈好。

$$\text{Min. } \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^o DS_{ik} \quad (1)$$

至於總值勤班次平均化, 此可藉由極小極大化個別組別之值勤班次數(e_l)達成, 如式(2)所示, 以使每組指派值勤之班次數能越接近越好。

$$\text{Min. Max. } e_l = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^o X_{ijkl} \quad (2)$$

但要將式(1)與(2)做一整合, 必須先將式(2)進行適當處理。令 $\alpha = \text{Max}_l e_l$, 並在限制式中令 α 必須大於等於每一組之值勤總班次數, 則式(2)可由式(3)、(4)取代。

$$\text{Min. } \alpha \quad (3)$$

$$\text{s.t. } \alpha \geq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^o X_{ijkl} \quad \forall l \quad (4)$$

式(1)與(3)在均為極小化的目標下, 可結合追求兩者總合的極小化, 但為達成該兩目標所欲達成之目的, 必須進一步處理。其概念為在完全不需拆組情形下應讓拆組數總合為 0, 若要拆組則其組數總合應為最小, 故將式(1)中之效應擴大至適

應於 α 值以上，因此將增班組數總合乘上一權重 W 與 α 加總成爲目標式，如式(5)所示。

$$\text{Min. } W \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^o DS_{ik} + \alpha \quad (5)$$

此處的 W 值雖爲一常數，但給定的值必需有一定的大小才能超出 α 之效果，但又不忽略 α 之影響，本研究建議將 W 設爲 $m \times o \times \left\lfloor \frac{N}{3} \right\rfloor$ ， N 爲橋式機數量。舉例來說，當 W 值爲 0，則模式將盡量拆組，以尋求地勤人員最少執勤組數。如 W 值爲無限大，則目標式將變得無意義。如 W 值爲 1 且目標值爲 11，模式存在多重解時，測試結果將有許多目標值均爲 11 之不同情形，如增班組總組數爲 2 且總值勤班次數爲 9，或是增班組總組數爲 1 且總值勤班次數爲 10 之情形，模式將難以判斷何種情況才符合裝卸公司之規定。如給予 W 值爲 56 ($m=7$ 、 $o=4$ 、橋式機數量 = 7)，則上述情形之目標值將分別爲 121 及 66，增班組總組數爲 1 且總值勤班次數爲 10 之情形顯然優於前者，而此也符合裝卸公司之規劃概念。因此，給定之 W 值，必須有一定之大小，方能賦予模式準確之判斷，本研究建議以規劃期間內所有班次最大拆組數加總做爲依據，以使 W 值發揮其作用。

經上述之討論，本研究將極小化增班組組數與平均化之極小極大化目標，轉換爲單一目標，建構之整數規劃模式如下：

$$\text{Min. } W \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^o DS_{ik} + \alpha \quad (6)$$

s.t.

$$\alpha \geq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^o X_{ijkl} \quad \forall l \quad (7)$$

$$\sum_{l=1}^p X_{ijkl} + A_{ijk} = d_{ijk} \quad \forall i, j, k \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} X_{ijkl} \leq 1 \quad \forall i, k, l \quad (9)$$

$$X_{ijkl} = 0 \quad \forall i, j, k, l \in F_i \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} A_{ijk} = DS_{ik} \quad \forall i, k \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} \sum_{l=1}^p Z_{ijkl} = 3 DS_{ik} \quad \forall i, k \quad (12)$$

$$Z_{ijkl} - X_{ijkl} \leq 0 \quad \forall i, j, k, l \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} X_{ijkl} + X_{ij(k+1)l} + X_{ij(k+2)l} \leq 2 \quad \forall i, l, k = 1, \dots, o-2 \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} X_{ijol} + \sum_{j=1}^{n_{i+1}} X_{(i+1)j1l} \leq 1 \quad \forall l, i = 1, \dots, m-1 \quad (15)$$

$$X_{ijkl}, Z_{ijkl} \in \{0,1\}; DS_{ik}, A_{ijk} \geq 0 \text{ and integer} \quad (16)$$

上式數學式中，目標式(6)與限制式(7)除可使總增班組組數最小化外也尋求人員總值勤班次平均化。式(8)為工作需求滿足限制式，即該天該船型之班次所安排的組別及增班組組數的總合，必須滿足其人力之需求量。式(9)為時段衝突限制式，即該天、同一組人員，於同一班次至多僅能值勤一艘船舶。式(10)為輪休人員限制式，此為已知條件。式(11)為每日每一班次中之增班組數應等於所有服務各船增班組數的總和，此可從式(8)針對 j 作加總而推得。式(12)表示增班組之形成為由已被指派值勤地勤組，各組提供一人直到湊足三人以滿足增班組之人數。舉例來說，1、2、3、4 組被安排值勤且需 1 組增班組，則增班組可由 1、2、3、4 組裡各提供一人直到湊足三人時不再提供而組成，即增班組可由 1、2、3 組或是 1、2、4 組或是 1、3、4 組等所組成。式(13)表示該天該時段已被指派值勤的組別才能分派人員予增班組。

式(14)為不可連續值勤三個時段限制式，即監護作業員每日僅能連續值勤二個時段。式(15)為隔日不連續值勤之限制式，表示當天值勤時段 D 的地勤組，隔天則不值勤時段 A。針對改善現行 L 公司地勤排班方面的缺陷，式(14)僅能針對當天班次不連續值勤三班做出限制，而無法限制住隔日連續值勤三班之狀況，因此所規劃出的限制式(14)、(15)必需要一起使用，方能達到不連續值勤三班限制。最後，式(16)為變數限制式。此一模式顧及了第二節中所描述的排班準則，並追求各組在規劃期內被分配之班次負荷盡量一致。

肆、實證分析

實證部分以 L 公司一週之司機員需求作為案例分析，以測試所建構模式之求解效率及排班品質。本模式以 C 程式語言撰寫輸入檔產生器，並使用最佳化軟體 ILOG CPLEX 9.0 中之分枝限界法進行求解，測試平台為 Microsoft Windows XP 作業系統，處理器及記憶體為 Intel Pentium 4 2.0GHz 與 256 MB DDR。

4.1 輸入資料與測試分析

由於 L 公司可服務的船舶均為每週定期靠泊，所以利用一週的長度做為規劃期，主要之輸入資料為 L 公司在 2004 年 7 月 1 日至 7 月 7 日每天每艘船舶每一時段之監護作業員需求表，亦即第二節中表 2 所列示之案例。班次固定一天 4 個值勤班次(時段 A、B、C、D)，開始時點分別為 08:00、12:30、18:30、23:30，每一值勤班次工作時間為 4.5、6、5、7 小時。L 公司監護組之基本組數共有 9 組，以 1 至 9 表示，每組 4 人。

為測試模式之排班結果及改善品質，將此案例分成兩個步驟進行分析及探討。首先為符合 L 公司實務安排之基本模式，即不加入改善限制式(14)和(15)，以觀察人員指派能否與實務排班邏輯之班表指派結果一致。其次則是加入該兩式，以分析模式之改善品質。

基本模式分析包含目標式(6)與式(7)至(13)，再加上式(16)，變數共有 1320 個，1029 個限制式，求解時間為 0.05 秒，表 3 為基本模式所求解出之監護組別安排。求解拆組方面其值為 0，一週最大值勤班次數為 9，顯示現有人力已滿足需求且並無拆組之必要。然而基本模式輸出之結果與現行 L 公司實務排班邏輯所得班表比較尚有些許之差異，詳如表 4 之分析比較。其中：

1. 在總值勤班次數上，實務邏輯排班之第 1 及 2 組為 7 和 4，其餘為 10 或 9，而基本模式排班均為 8 與 9 次。
2. 在規劃期間內曾連續值勤三班以上，實務邏輯排班中第 1、3、4、5 組曾被指派連續值勤三班，而基本模式中則只有第 6 組未曾被指派連續值勤三班以上外，其餘組別均有連續多班指派之結果。
3. 在隔日立刻值勤時段 A 方面，實務排班邏輯與基本模式在規劃期間內均曾發生，顯示出某些監護作業人員將連續值勤 10 個小時以上且無任何休息。

表 3 基本模式求得之監護組班表

日期	船名	碼頭	開工時間	完工時間	作業量	休假組別	時段 A (08:00~ 12:30)	時段 B (12:30~ 18:30)	時段 C (18:30~ 23:30)	時段 D (23:30~ 06:30)
2004/7/1 (四)	A	E9	8:30	21:00	333	1	2-4	2-4	2-9	
2004/7/3 (六)	B	E9	8:30	18:55	588	1	2-3-9	2-5-6	2-3	
2004/7/3 (六)	D	E9	20:40	1:30	198				8-9	2-3
2004/7/3 (六)	C	E10	13:30	3:10	503			8-9	4-7	6-9
2004/7/4 (日)	H	E8	8:30	21:00	425	2	1-5	1-9	7-9	
2004/7/4 (日)	I	E9	8:10	22:30	713		7-9	3-6	3-5	
2004/7/4 (日)	G	E10	11:00	15:25	110		6	5		
2004/7/4 (日)	E	E11	8:30	21:20	421		3-8	7-8	1-8	
2004/7/5 (一)	K	E8	9:50	18:20	330	2	1-7	5-7		
2004/7/5 (一)	J	E9	8:30	13:45	191		6-8	4-6		
2004/7/5 (一)	L	E10	19:00	1:00	209				1-3	4
2004/7/6 (二)	M	E9	3:20	06:20	185					7-8
2004/7/6 (二)	P	E8	20:05	2:15	185	2			1-4	1
2004/7/6 (二)	M	E9	8:30	12:10	238		1-7			
2004/7/6 (二)	O	E9	15:30	4:10	484			1-8	3-8	3-4
2004/7/7 (三)	R	E8	19:00	1:55	268	3			2-7	5-6
2004/7/7 (三)	Q	E9	9:50	20:00	450		2-5	5-9	4-6	

資料來源：本研究整理。

表 4 實務邏輯排班與基本模式班表之值勤分析比較

排班方式	比較項目	組別								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
實務邏輯排班	總值勤班次數	7	4	9	10	10	10	10	9	9
	是否連續值勤 3 班以上	是	否	是	是	是	否	否	否	否
	隔日立刻值勤時段 A 數	0	0	0	0	0	1	1	1	0
基本模式	總值勤班次數	9	9	9	8	8	8	9	9	9
	是否連續值勤 3 班以上	是	是	是	否	是	是	是	是	是
	隔日立刻值勤時段 A 數	0	0	0	0	0	0	1	0	1

資料來源：本研究整理。

由上述可知實務邏輯排班與基本模式在獲得平均化結果方面，基本模式不管人員是否有休假，均要求每位人員在規劃間期內達到平均。而實務邏輯排班則是顯示出休假與無休假人員，在總值勤班次數上的差別。此外，兩種方式均會令監護作業員在值勤安排上，無法得到適當的休息，顯示出基本模式與實務邏輯排班均會產生相同之缺點。

針對第一點，本研究嘗試將規劃期間拉長為一個月，以檢視是否尚有此情況發生。期間每週之需求則假設為相同，並使每組人員在期間內均有休假以做分析。其結果如表 5 所示，月班表可明確顯示出人員在總值勤班次數上，兩個方式均能達到平均化之展現。而從基本模式裡，本研究觀察休假人員當週總值勤班次數，已較能改善表 4 之情形，大部份有休假人員在當週並未安排過多的值勤班次數。

表 5 監護作業員月班表之值勤班次數比較

排班方式	組別								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
實務邏輯排班	35	34	36	36	36	36	36	36	35
基本模式	35	35	36	36	36	35	35	36	36

資料來源：本研究整理。

其次，在加入限制式(14)、(15)後，理應會使值勤安排更具人性化，但也可能造成值勤組數不足之情形，兩者間存在取捨關係。故以下之測試方法為從基本組數(9 組)開始測試並逐一增加組數，首先獲得最佳解者，即為最少人力組數之安排。在增加改善限制式後基本組數將無法滿足人力需求，測試此模式需增加到 10 組，即額外增加 1 組地勤人員方能得到可行解，表 6 為改善模式之監護組別班表。

表 6 改善模式之監護組別班表

日期	船名	碼頭	開工時間	完工時間	作業量	休假組別	時段 A (08:00~ 12:30)	時段 B (12:30~ 18:30)	時段 C (18:30~ 23:30)	時段 D (23:30~ 06:30)
2004/7/1 (四)	A	E9	8:30	21:00	333	1	10-2	3-6	7-9	
2004/7/3 (六)	B	E9	8:30	18:55	588	1	10-2-9	3-4-9	2-4	
2004/7/3 (六)	D	E9	20:40	1:30	198				5-8	2-9
2004/7/3 (六)	C	E10	13:30	3:10	503			6-7	10-7	10-8
2004/7/4 (日)	H	E8	8:30	21:00	425	2	3-7	6-8	1-10	
2004/7/4 (日)	I	E9	8:10	22:30	713		(4,6,7)-1	10-3	4-5	
2004/7/4 (日)	G	E10	11:00	15:25	110		5	(6,7,9)		
2004/7/4 (日)	E	E11	8:30	21:20	421		4-6	7-9	8-9	
2004/7/5 (一)	K	E8	9:50	18:20	330	2	5-7	1-3		
2004/7/5 (一)	J	E9	8:30	13:45	191		1-9	7-8		
2004/7/5 (一)	L	E10	19:00	1:00	209				3-5	1
2004/7/6 (二)	M	E9	3:20	06:20	185					10-8
2004/7/6 (二)	P	E8	20:05	2:15	185	2			4-5	5
2004/7/6 (二)	M	E9	8:30	12:10	238		5-6			
2004/7/6 (二)	O	E9	15:30	4:10	484			3-4	6-8	6-8
2004/7/7 (三)	R	E8	19:00	1:55	268	3			6-9	2-4
2004/7/7 (三)	Q	E9	9:50	20:00	450		1-2	1-2	10-7	

資料來源：本研究整理。

求解結果方面， $DS_{41} = 1$ 、 $DS_{42} = 1$ 顯示出在第四天的時段 A 及時段 B 可值勤的組數不足，而執行拆組支應，無需再增加組數。前者之增班組被安排在第四天第二艘船舶的時段 A，由 4、6、7 組個別提供一位人員所組成；而後者為第四天第三艘船舶的時段 B，由 6、7、9 組個別提供一位人員所組成。在此案例中因加入「每日不可連續值勤三個時段」、「隔日不連續值勤」兩個限制式，使得值勤安排的限制更為緊密，因此在最少 10 組的情形下，扣除休假組後，就必須在最緊密的需求時段，利用拆組方式，滿足所加入的兩個限制。 $\alpha = 8$ 顯示出地勤人員之一週總值勤班次數最多為 8 個班次，與前述案例做比較，增加一組地勤人員將使各組員一週總值勤班次數少了一個班次，此意謂增加組數將可使排班更具實務性且彈

性，而使隔日立刻值勤時段 A 及連續執三班或四班方面獲得改善，詳如表 7 所示。

表 7 改善模式之結果分析

組別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
一週總值勤班次數	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8
是否連續值勤 3 班以上	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否
隔日立刻值勤時段 A 數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

資料來源：本研究整理。

上述研究結果顯示，L 公司如欲調整現行排班方面上之概念，則現有之監護組數將會不足，必須額外招聘一組人員。不過從其班次需求可以得知，每天的組別需求頗具差異，僅只有少數天數會達到高峰，如為少數天數之需求高峰而額外聘請一組地勤人員，可能造成成本方面的增加。L 公司可另作考量，如聘請臨時工或是取消當天休假組之休假。

4.2 敏感性分析

4.2.1 擴充規劃期間

L 公司所負責裝卸之船舶主要為定期船，航商在規劃航線時，會配置適當之船隊及船期以滿足貨主之需求，在船期安排上，通常以一週為規劃期間。因此每週進港的船舶雖然不同，但是進港的時間及數量如無延遲情況並無太大變化。為此，本研究將原本一週規劃期間，擴充為二、三、四週且每週之需求並不改變，以改善模式測試求解結果與效率。

表 8 彙整擴充規劃期間之求解結果與執行時間，表中顯示不管規劃期間如何擴充，10 組地勤人員已能夠滿足，並不需要再增加。在增班組方面，並沒有隨著規劃期間延長而等量增加，本研究從輸出之結果觀察出，其為休假組交替及時段 D 隔日不立刻值勤時段 A 限制式所造成，如表 5 所示，在第 3 及第 4 天，剛好是第 1 組人休假完，換第 2 組人休假，而第 2 組人在第 3 天時段 D 可被指派值勤，第 1 組人在第 4 天時段 A 可被指派值勤，形同不違反時段 D 隔日不立刻值勤限制式，使得不必增加增班組，如情況為休假組不交替，則必須拆組以因應可值勤組數不足之情況。

另外在問題規模上，一、二、三、四週之限制式分別為 1302、2604、3906、5208 個；變數分別有 1457、2913、4369、5825 個；求解時間分別為 0.11、0.19、

0.27、0.67 秒，可觀察到數學規模大小與求解時間有關，規模越大則求解時間相對增加。然而，模式求解時間均在一秒以內，此乃因 ILOG CPLEX 軟體求解時，事先會檢驗出多餘的限制式與變數將之去除，形成求解效率上有極為良好展現。

表 8 擴充規劃期間之求解比較

規劃期	一週	二週	三週	四週
限制式	1302	2604	3906	5208
變數	1457	2913	4369	5825
所需監護組數	10	10	10	10
增班組	2	5	8	10
最大總值勤班次數	8	16	23	31
求解時間(秒)	0.11	0.19	0.27	0.67

資料來源：本研究整理。

4.2.2 擴大需求規模

擴大需求規模方面，假設 L 公司未來將有更多可服務之機具與碼頭，將現行規劃期間內之需求以等倍方式擴充船舶數量與需求，以瞭解改善模式之求解結果。在擴增現有規模方面，考量 L 公司各機具、碼頭等因素下，除非需求有大幅增加，否則 10 組人員已可滿足其大部份之狀況。表 9 為擴充需求規模之求解比較表，在等倍擴充硬體規模與需求方面，當機具數、碼頭數及船舶需求以 2、3 倍方式擴充後，其所需組數分別為 17 及 25，可知監護作業組數並不需要也以等倍方式擴充，其原因為當人員組數愈多，可拆組數相對也愈多，因而減少了組數的增加。兩個案例均有良好的求解效率，求解時間分別為 0.45、1.77 秒。

表 9 擴充需求規模之求解比較

	原本需求	等倍擴充硬體規模與需求	
		2 倍	3 倍
機具數	7	14	21
碼頭數	4	8	12
限制式	1302	3549	7005
變數	1457	4929	10841
所需監護組數	10	17	25
求解時間(秒)	0.11	0.45	1.77

資料來源：本研究整理。

伍、結論與建議

岸肩橋式起重機作業需要監護作業員協助確保貨櫃吊卸時之安全，由於工作內容所需，其必須以四個人一組，形成監護組別，但在人力較為缺乏的情況下，容許形成增班組，但每一監護組別最少不得低於三人。本研究之實證單位 L 公司，配合各船舶進離港時間及裝卸量多寡等因素，利用人工作業以每日指派為原則，針對監護作業員進行循環性值勤組別的指派作業，以因應所需並避免人員閒置。本研究首先利用其排班邏輯進行程式撰寫，以方便作為研究比較時之實務排班結果；其次，亦參酌其目前排班邏輯之概念，利用數學規劃技巧建構監護作業員排班模式，除了此一基本模式外，亦考量未來人性化排班之需求，建議加入「每日不連續值勤三個時段」與「隔日不連續值勤」之限制，建立改善之數學規劃模式。經以目前該公司之作業需求與人力供給為案例進行測試，數學規劃基本模式亦能獲得符合實務需求之排班結果。不過，若加入上述兩個限制後，目前 9 組的人力供給，並無法支應所需，必須多增加一組監護作業員，且在值勤之尖峰時段，需有拆組調度方能滿足限制。

此外，較短的排班規劃期限雖可使期限內之工作平均化，但對休假返回之人員形成較大的工作負擔，延長規劃期限可改善此一情況。在作業需求不變的情況下，工作人力的需求也不致於需要增加，但若擴充需求規模，監護組別需有適當的擴增，才能滿足所需。

L 公司之實務排班邏輯是就現有人力進行循環指派，較難在公司規劃未來人力時，因更多的裝卸需求或新的排班限制（如本文所增加的兩個額外限制），診斷出較適當的人力規模。最佳化模式除可供排班安排外，也適用於未來環境改變之人力規劃，應能提供實務單位參考。本文雖然探討了實務單位之排班內涵，也提出可能減少工作人員負擔的方案，但仍有若干角度，可做為未來後續研究之參考：

1. 本研究因實務單位採統一報酬制度，而未考慮人力成本，後續研究可從此一角度再加以瞭解其他公司之實務考量，進行深入探討，或從個人工時平均化的角度加以評估。
2. 本研究於基本模式中加入改善限制後，確實可增進實務單位班表指派之品質，建議未來可加入更多改善條件，以使排班之結果更具實務性因素。
3. 實務單位若能實際進行電腦化排班，將能有效改善排班效率，並作為未來人力規劃之平台，本研究之研究成果應可協助該公司，建立排班決策支援系統。

參考文獻

1. 張慶源、李淑賢，“護理人員排班系統之實驗計”，醫院與電腦，第八卷，頁65-72，民國81年。
2. 黃允成，“以整數規劃法解醫院護理排班之問題”，技術學刊，第十四卷第四期，頁563-570，民國88年。
3. 黃榮華、蔡智豪，“護理人員之僱用及排班整合問題”，輔仁管理評論，第十卷第三期，頁105-137，民國92年。
4. Azaiez, M. N. and Sharif, S. S., “A 0-1 Goal Programming Model for Nurse Scheduling”, *Computer & Operations Research*, Vol. 32, pp. 491-507, 2005.
5. 李宇欣、楊承道，“雙勤務人員排班問題”，運輸計劃季刊，第二十八卷第三期，頁409-420，民國88年。
6. 楊光宗，“警察派出所人員排班問題之研究”，海洋大學航運管理研究所碩士論文，民國91年。
7. Melachrinoudis, E. and Olafsson, M., “A Scheduling System for Supermarket Cashiers”, *Computer and Industrial Engineering*, Vol. 23, No. 1-4, pp. 121-124, 1992.
8. Morris, J. G. and Showalter, M. J., “Simple Approaches to Shift, Days-off and Tour Scheduling Problems”, *Management Science*, Vol. 29, No. 8, pp. 942-950, 1983.
9. Chew, K. L., “Cyclic Schedule for Apron Services”, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 42, No. 12, pp. 1061-1069, 1991.
10. Azmat, C. S. and Widmer, M., “A Case Study of Single Shift Planning and Scheduling under Annualized Hours: A Simple Three-Approach”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 153, pp. 148-175, 2004.
11. Topaloglu, S. and Ozkarahan, I., “Implicit Optimal Tour Scheduling with Flexible Break Assignments”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 44, pp. 75-89, 2002.
12. Beaseley, J. E. and Coa, B., “A Tree Search Algorithm for Crew Scheduling Problem”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 94, No. 3, pp. 517-526, 1996.
13. Desrosiers, J., Mesaulniers, G., Dumas, Y., Marc, S., Rioux, B., and Soumis, F., “Crew Pairing at Air France”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 97, pp. 245-259, 1997.
14. Yan, S. and Tu, Y. -P., “A Network Model for Airline Cabin Crew Scheduling”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 140, pp. 531-540, 2002.
15. Ryan, D. M. and Day, P. R., “Flight Attendant Rostering for Short-Haul Airline Operations”, *Operations Research*, Vol. 45, No. 5, pp. 649-661, 1997.
16. Ftulis, S. G., Giordano, M., Pluss, J. J. and Vota, R. J., “Rule-Base Constrains Programming: Application to Crew Assignment”, *Expert System with Applications*, Vol. 15, pp. 77-85, 1998.
17. 陳立欣，“考慮公平性之後艙組員派遣模式---以座艙長為例”，交通大學運輸科

- 技與管理學研究所碩士論文，民國 91 年。
18. 杜宇平、顏上堯，“空服員排班網路模式與求解演算法之研究”，*運輸學刊*，第十四卷第二期，頁 15-29，民國 91 年。
 19. Yan, S., Tun-Tai Tang, T. -T. and Tu, Y. -P., “Optimal Construction of Airline Individual Crew Pairings”, *Computers and Operations Research*, Vol. 29, pp. 341-363, 2002.
 20. Caprera, A., Fischetti, M., Toth, P., Vigo, D., and Guida, P. L., “Algorithms for Railway Crew Management”, *Mathematical Programming*, Vol. 79, pp. 125-141, 1997.
 21. Higgins, A., “Scheduling of Railway Track Maintenance Activities and Crews”, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 49, pp. 1026-1033, 1998.
 22. 戴佐敏，“地勤人員排班問題之研究兼論類神經網路應用”，報告編號：NSC84-2211-E-006-049，台北市國科會，民國 85 年。
 23. 蘇昭銘、張靖，“捷運系統站務人員排班模式之研究”，*運輸學刊*，第十二卷第二期，頁 1-14，民國 89 年。
 24. 陳春益、辛孟鑫，“定期貨櫃船船員指派問題之探討”，成功大學交通管理科學系專題報告，<http://www.cju.edu.tw/~logistics/research/b14.htm>。
 25. Kim, K. H. and Kim, K. W., “Operator-Scheduling Using A Constraint Satisfaction Technique in Port Container Terminals”, *Computer & Industrial Engineering*, Vol. 46, pp. 373-381, 2004.
 26. 朱經武、盧華安、李忠益，“岸肩橋式起重機司機員排班規劃之研究”，*航運季刊*，第十五卷第三期，頁 1-20，民國 95 年。