

岸肩橋式起重機司機員排班規劃之研究

Workforce Scheduling for Quay Crane Drivers

盧華安Hua-An Lu¹

朱經武Ching-Wu Chu²

李忠益Chung-Yi Li³

摘要

岸肩橋式起重機司機員為貨櫃碼頭最主要的貨物裝卸作業人員之一，其排班方式由於船舶靠泊時間不一致、裝卸櫃量不定及人員工作負荷限制等因素，使得工作指派作業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，建構司機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司機員排班與人力規劃，且目前之人力應可略微減少，未來更可以此模式為基礎，進行更具彈性化之班表編排。

關鍵詞：岸肩橋式起重機、司機員、循環性指派原則、數學規劃

ABSTRACT

Quay crane drivers are the main parts of stevedoring workforce in the container terminal. For various berthing time periods of ships, uncertain numbers of loaded and unloaded containers, and work burden limitations of drivers, their task assignment is different than the workforce's in the general business companies. The studied company exploits a cyclic assignment principle to dispatch quay crane drivers by manual operations. No matter the time expenditure of execution or the flexibility of planning, it has always a little bit of rigidity. This paper designs a computer program according to this principle for accelerating the implementing process of driver scheduling. Meanwhile, we use mathematical programming technique to formulate a scheduling model for driver manpower. The test results of the studied company case show that this model is suitable for the practical arrangement of driver scheduling in this company and reveal that the current manpower can reduce a little more. In the basis of the formulated model, it can be considered more flexible planning of driver workforce in the future.

Keywords: Quay crane, Driver, Cyclic assignment principle, Mathematical programming

¹國立台灣海洋大學航運管理學系副教授，E-mail：halu@mail.ntou.edu.tw。

²國立台灣海洋大學航運管理學系教授E-mail：cwchu@mail.ntou.edu.tw。

³國立台灣海洋大學航運管理研究所碩士。

壹、前言

全球國際貿易之貨物運送絕大部分均透過海洋運輸，其中貨櫃化之運輸型態更爲當前海運市場的主流。在整個貨櫃運輸過程中，港口貨櫃碼頭提供一個實體的作業環境，以供貨物在不同運輸系統間進行轉換運送。其中岸肩橋式起重機(以下簡稱橋式機)又爲貨櫃碼頭之重要機具，負責貨櫃在船邊之吊卸工作。爲達到安全且迅速的作業效能，除設置足夠機具及配合設施外，尚需足夠作業人數及良好的人員排班規劃。

於貨櫃碼頭工作之人員包含理貨員、拖車司機、橋式機司機員及地勤監護人員等。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。橋式機司機員與地勤監護人員爲橋式機之主要作業人員，司機員爲橋式機駕駛，操作機具進行貨櫃抓吊作業。地勤監護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。本研究之研究對象，僅限於橋式機司機員，其他人員之排班問題不在探討之列。而司機員之工作需求與橋式機之數量與船舶對橋式機之需求，有直接之關係。

目前國內裝卸承攬公司對於橋式機作業人員班表之指派，大都採取人工作業，且司機員由於船舶靠泊時間不定、船舶裝卸量不同及工作負荷之因素，同一天中值勤班次超過兩個班次以上，需有所間隔。良好的人員排班方式，影響裝卸公司的相關成本支出與工作效率。但各公司之實務指派方式不盡相同，如部份公司將人員固定於岸肩橋式起重機與班次上，以應付需求不一致之情形；部份則是依照隔天需求，於當日指派隔日之作業人員。前者，在人員的指派方式上較爲簡單，但司機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，調整每位司機員之服務橋式機，藉以平均長期之工作負荷；後者，人員指派雖較有彈性，可因應每日變化，但指派邏輯較爲複雜，所需顧慮的指派因素較多，也較無法估計適當之司機員配當的經濟人數。因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)爲探討對象，針對其橋式機司機員之工作性質、人工排班方式及排班問題進行瞭解。

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。一般依問題的內含與性質，可分爲休假排班問題 (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。休假排班問題爲安排工作日與輪休日的排班問題，如Chew^[8]；值勤排班問題爲工作日中指派值勤班次與休息等的排班問題，如Azmat and Widmer^[9]；休假值勤排班問題即爲

休假與值勤排班問題之綜合，如Topaloglu and Ozkarahan^[10]。

在運輸業之人員排班問題中，Beaseley and Coa^[11]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，使其限制條件非常複雜，問題規模也非常龐大難解。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.^[12]、Yan and Tu^[13]，後者如Ryan and Day^[14]、Ftulis et al.^[15]、陳立欣^[16]、杜宇平與顏上堯^[17]、Yan et al.^[18]。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.^[19]、Higgins^[20]。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^[8, 21]與捷運站務人員^[22]之排班問題。

在海運業部分，船員派遣問題^[23]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^[24]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。

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，岸肩橋式機司機員排班問題之相關文獻亦付之闕如，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。因此，本文藉由 L 公司之司機員指派原則，探討貨櫃碼頭橋式機司機員之人員排班實務問題，並欲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：第二節為排班實務與電腦化排班之介紹，第三節說明模式內容，第四節利用 L 公司一週排班的需求進行實證分析與討論，第五節提出結論與建議。

貳、排班實務與電腦化

本研究藉由 L 公司之實務問題介紹橋式機司機員之工作特性與排班限制，並以該公司之排班邏輯進行程式撰寫，藉以電腦化排班的執行取代公司的人工排班。

2.1 排班實務

橋式機司機員為岸肩橋式機之駕駛，處理船舶或是岸上貨櫃之抓吊作業，為避免於高空集中注意力之作業時間過長，影響司機員的精神狀況，工作時間大約三至四小時即需輪班。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。另外根據司機員熟練度不同，在應排之時段儘量依人員熟練度及裝卸櫃量進行機具指派，熟練度高的人員以安排貨櫃量多的橋式機為優先考量。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人，除地勤組組長及司機員略多外，其它人並無不同。

司機員之值勤班別已考量人員休息、用餐時間與人員工作負荷等因素，每一個班次長度約 3 至 5 小時，各班次之值勤時數並不相同，詳如表 1 所示。L 公司所訂定的六個班別，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三點三十分，時段 C 下午三點三十分至下午六點三十分，時段 D 由下午六點三十分至晚上十一點三十分，時段 E 由晚上十一點三十分至凌晨三點三十分，時段 F 則由凌晨三點三十分至清晨七點三十分。

表 1 L 公司橋式機司機員值勤班次別

班 次	時段 A	時段 B	時段 C	時段 D	時段 E	時段 F
起 迄 時 間	08:00 12:30	12:30 15:30	15:30 18:30	18:30 23:30	23:30 03:30	03:30 07:30
	4.5	3	3	5	4	4

資料來源：裝卸公司提供，本研究整理。

休假規則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。橋式機司機員休假為按照組員編號順序(如 1、2、3 等)依序輪流安排，每人連休三天制，一天休假兩人。如表 2 所示之例，第 1 位及第 2 位司機員休六月 1 日、2 日、3 日，第 3 位及第 4 位司機員則休六月 4 日、5 日、6 日，其它依此類推，並不依據年資或是月份彈性安排休假。

表 2 作業人員休假方式舉例

6 月份	司機員休假之編號
1、2、3 日	1、2
4、5、6 日	3、4
依此類推	依此類推

資料來源：裝卸公司提供，本研究整理。

2.2 司機員排班原則

該公司租用基隆港東 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。裝卸勤務為該公司與航商之商議合約，與船舶是否靠泊所租用碼頭無關，L 公司之作業人員除東碼頭之勤務外，也會有西岸碼頭的裝卸需求。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，即代表司機員之需求，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，因當天之時段 A 業已排定值勤人員，故所安排者為時段 B 以後之司機員，其次才可指派第二天時段 A 所需值勤的人員，表 3 所示為一日之排班安排。

原則上，人員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人員指派。如表 3 中 E8、E9 碼頭開工時間一樣，即考量碼頭順序後由 E8 碼頭先指派人員。人員指派依其編號由小到大以時段別順序和所需司機員數依序安排，表 3 中的 9 位司機員，除第 5 和 6 位休假外，由 E8 碼頭之時段 A 先指派人員，

人員「1-2-3」代表指派第 1、2、3 位司機員值勤，再來則是指派 E9 號碼頭之時段 A，人員「4-7」代表指派第 4 及第 7 位司機員。時段 B 以後之指派，也可直接在排班表上依時段別，由上到下按照人員編號之順序指派人員。E8 碼頭因為後續工作之時段 C 時，僅動用兩部橋式機，故該時段僅安排兩位人員。而第 3 位司機員於 D 時段與 E 時段之接續，需從東碼頭花費約半小時移動至西碼頭，也顯示值勤上可能存在一定的彈性。

綜整上述，實務單位之排班要點如下：

- (1) 每一司機員在一天中，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司機員數，原則上與橋式機所需數量相同。
- (3) 休假人員不得排入當天之班表中。

表 3 司機員一日排班表

日期	碼頭	開工時間	完工時間	橋式機 所需數量	休假 人員	時段 A	時段 B	時段 C	時段 D	時段 E	時段 F
6/1	E8	08:00	17:00	3	5,6	1-2-3	8-9-1	4-7			
6/1	E9	08:00	18:20	2		4-7	2-3	8-9			
6/1	E10	16:30	02:30	2				1-2	3-4	9-1	
6/1	W24	20:40	03:00	2					7-8	2-3	

註：6/1 之 E8 碼頭時段 C，僅動用兩部橋式機。

資料來源：本研究整理。

2.3 實務排班電腦化與測試討論

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並無一致性，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，該公司對司機員指派方式，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，如一週以上之司機員調度。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司機員排班規劃。假設 i 為規劃日數標記， k 為班次標記， l 為人員編號， $DAYS$ 為規劃期日數， $SHIFT$ 為總班別數， $GROUP$ 為排班之總人員數， $Assign_No$ 為計數排入特定班次之人員數，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人員，令 $i = 1$ 、 $k = 1$ 、 $l = 1$ 、 $Assign_No = 0$ 。

STEP 2：若 $l > GROUP$ ，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：判斷人員 l 是否休假，若是，則 $l = l + 1$ ，並重新判斷該人員是否休假；否則，繼續。

STEP 6：將人員 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。

將該演算法應用於 L 公司 18 位司機員一週需求資料，其結果如表 4 所示，與人工排班結果一致。顯示出將實務單位排班邏輯電腦化為可行，且電腦指派結果較人工指派更為迅速。另可從此結果觀察出實務單位之司機員，由於總人數充足之關係，班表安排並無太多困擾，唯值勤班次因人數關係並不固定而已。如表 4 編號為 6 之人員，在 7 月 1 日執勤時段 B，7 月 3 日執勤時段 D，7 月 4 日則是執勤時段 A 與時段 D。

此演算法雖可將實務單位人員班表完整呈現，但若未事先對人員是否充足進行檢驗，有可能在同一班次下被重複編排，或是不符合司機員隔班不立刻值勤等規定。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。因此，欲於實務上應用此一演算法前，可再加入檢驗人數充足與否之機制。本研究後續乃從合乎司機員排班規定，並能獲得適當人員班表的概念下，為司機員構建最適排班模式，力求與實務單位班表編排之品質一致。

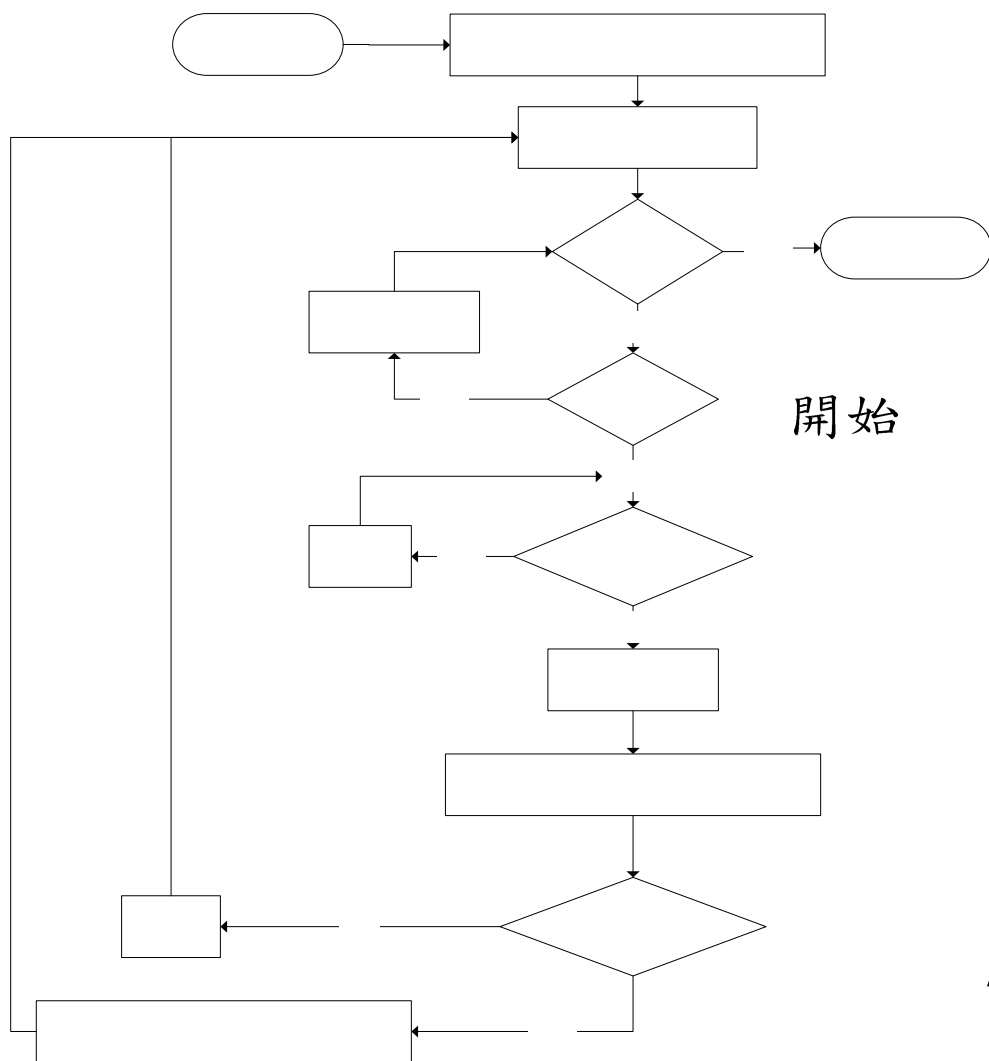


圖 1 電腦排班流程圖

表 4 實務排班電腦化之一週司機員班表

日期	船名	碼頭	開工時間	完工時間	作業量 (櫃)	休假 組別	時段 A (08:00~12:30)	時段 B (12:30~15:30)	時段 C (15:30~18:30)	時段 D (18:30~23:30)	時段 E (23:30~03:30)	時段 F (03:30~07:30)	
2004/7/1 (四)	A	E9	08:30	21:00	333	1,2	3-4	5-6	7-8	9-10			
2004/7/3 (六)	B	E9	08:30	18:55	588	1,2	11-12-13	14-15-16	17-18-3	6-7			
2004/7/3 (六)	D	E9	20:40	01:30	198					8-9	12-13		
2004/7/3 (六)	C	E10	13:30	03:10	503				4-5	10-11	14-15		
2004/7/4 (日)	H	E8	08:30	21:00	425	3,4	18-1	7-8	14-15	2-5			
2004/7/4 (日)	I	E9	08:10	22:30	713			16-17	9-10	16-17	6-7		
2004/7/4 (日)	G	E10	11:00	15:25	110			6	11				
2004/7/4 (日)	E	E11	08:30	21:20	421			2-5	12-13	18-1	8-9		

資料來源：本研究整理。

表 4 實務排班電腦化之一週司機員班表 (續)

2004/7/5 (一)	K	E8	09:50	18:20	330	3,4	12-13	14-15	18-1			
2004/7/5 (一)	J	E9	08:30	13:45	191		10-11	16-17				
2004/7/5 (一)	L	E10	19:00	01:00	209					2-5	6	
2004/7/6 (二)	M	E9	03:20	06:20	185							7-8
2004/7/6 (二)	P	E8	20:05	02:15	185	3,4				13-14	17	
2004/7/6 (二)	M	E9	08:30	12:10	238		9-10					
2004/7/6 (二)	O	E9	15:30	04:10	484				11-12	15-16	18-1	2-5
2004/7/7 (三)	R	E8	19:00	01:55	268	5,6				13-14	17-18	
2004/7/7 (三)	Q	E9	09:50	20:00	450		7-8	9-10	11-12	15-16		

資料來源：本研究整理。

參、司機員排班規劃模式

司機員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，人員熟練度為不易掌握之因素，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 公司司機員排班問題作一探討，且就一週之短期規劃而言，其可利用前一週之概況作出適當的預估。本研究所建構之司機員排班規劃模式，乃希望在必要的排班限制下，使各司機員之工作負荷儘量平均，計算的指標乃以規劃日數內的指派班次數總和為依據，此係因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。在參考業者實際需求及意見後，為了使模式能夠尋求更理想的排班結果，所建構之模式除在必要之參數為已知外，如規劃日數中各天各船舶艘數與司機人力需求量、每日休假之司機員等，尚有下列幾點假設：

1. L 公司雖可能在東、西兩岸碼頭均有司機員指派之需求，但其間人力之移動限制暫不考慮，僅以排班之指派需求為考量。
2. 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。如該公司安排時段 A 至 F 等 6 個班次，則每天此 6 個班次都存在，A 至 F 時段之工時可以不同，但每個時段 A 的起迄時間均一致，其他班次之起迄時間亦同。
3. 實務單位在每一艘船完工前之最後指派班次，若少於 30 分鐘，則指派之司機員需重新指派，但模式中仍視此為一完整班次，不做重新指派。
4. 除 2.2 小節中實務單位之排班要點外，司機員受工作負荷之限制，不得連續指派 2 個班次，包含夜班與隔日早班在內，並力求班次之平均化。

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 s 個班次， $k = 1, \dots, s$ ； l 為司機員之標記，司機人數共有 p 人， $l = 1, \dots, p$ 。模式如下：

$$\text{Min. } \alpha \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \alpha \geq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^s X_{ijkl} \quad \forall l \quad (2)$$

$$\sum_{l=1}^p X_{ijkl} = d_{ijk} \quad \forall i, j, k \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} X_{ijkl} \leq 1 \quad \forall i, k, l \quad (4)$$

$$X_{ijkl} = 0 \quad \forall i, j, k, l \in F_i \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} X_{ijkl} + X_{ij(k+1)l} \leq 1 \quad \forall i, l, k = 1, \dots, s-1 \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} X_{ijsl} + \sum_{j=1}^{n_{i+1}} X_{(i+1)jll} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, m-1, l \quad (7)$$

$$\alpha \geq 0 \quad \text{and} \quad X_{ijkl} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, k, l \quad (8)$$

此處

α ： 為一決策變數，其意乃是規劃期中司機員值勤班次總和最多的班次數。

X_{ijkl} ： 表第*i*天，第*j*艘船，第*k*班次，是否由第*l*位司機員值勤之決策變數；若是為 1，否則為 0。

d_{ijk} ： 代表第*i*天，第*j*艘船，第*k*班次所需之司機員數。

F_i ： 為第*i*天休假人員之集合。

目標式(1)及限制式之式(2)乃為極小化最多之司機員值勤班次總和，藉此可使各司機員之值勤班次較為平均。式(3)為需求滿足限制式，即該天該船舶該班次所安排的司機員必須滿足服務船舶之橋式機需求量。式(4)為時段衝突限制式，即同一位司機員，不可於同一天之同一班次中被指派服務不同船舶。舉例來說，某天有 3 艘船舶，如第 1 位司機員於第一艘船之時段A值勤，則此人員不可再被安排在第二或三艘船之時段A值勤。式(5)為輪休人員限制式，此為預知條件，例如 $F_1 = \{1, 2\}$ 即表示第一天之休假人員為編號 1 和 2 之司機員。式(6)為同一日需隔班不能連續值勤限制式，即司機員於值勤一個班次後，至少需休息一個班次後方能再被安排值勤。式(7)表示當日值勤最後時

段的司機員，隔日不可值勤第一個時段。式(8)為變數限制。

此模式為一混合整數規劃問題， α 雖僅約束為非負變數，但目標式、式(2)與 X_{ijkl} 之 0-1 變數限制，自然約束其為一整數。另此模式僅考慮一個週期之排班內容，若欲以跨週期連續規劃，應留意式(7)所代表的意涵，事先令後續週期之第一班次不可接續前一週期之最後班次。

此司機員排班規劃模式，僅於時間向度上約束滿足人力需求，不在空間上限制適當的連結，問題之複雜度不若空運之組員排班，故後續之求解可用既有之演算法，如分枝限界法(branch-and-bound method)，求取其正確解。

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司機員需求表，亦即第二節中表 4 所列示之案例。表中班次固定一天 6 個值勤班次(時段 A、B、C、D、E、F)，開始時點分別為 08:00、12:30、15:30、18:30、23:30 及 03:30，每一值勤班次工作時間為 4.5、3、3、5、4、4 小時。L 公司司機員共有 18 位，以 1 至 18 表示。

以上述司機員需求做為輸入資料，CPLEX 讀入輸入檔與求解時間為 0.03 秒，共產生限制式 1620 條、變數 1837 個，求解結果如表 5 所整理之司機員班表。一週中最大總值勤班次數為 6 次，以平均一個班次為 4 個小時來看，司機人員一週總值勤時數為 24 小時，比勞基法之規定少了許多，顯示實務單位確實有考量到司機人員之工作特性，配置適當之人員數，並未給予人員過重之工作負荷。

表 6 綜整實務排班電腦化及數學規劃模式所得結果之比較，從中可發現：(1)總值勤班次數方面，人員 1、2、3 及 4 由於休假關係，在實務排班電腦化裡總值勤班次數較少，而整數規劃模式則是不管人員是否有休假，總值勤班次數盡量要求其公平化。(2)兩模式均在 1 秒內即可獲得排班結果。另由表 4 及 5 之結果可知，實務排班電腦化可獲較有順序性之指派，可使司機員有預期心理瞭解何時需值勤，而整數規劃模式之結果則無。

儘管如此，要在整數規劃模式中，加入排休人員之總值勤數不得超過某一特定數值之限制，並不困難。可在式(2)不等式之右邊，針對休假人員加上一定的減少班次數，即可改善。但為觀察整數規劃模式是否可適用於更長之規劃期，以因應所有司機員均有排休之情形，本研究將規劃期間拉長到一個

月，期間每週之需求沿用前述，並使每位司機員在期間內均有休假以做分析。其結果如表 7 所示，月班表顯示整數規劃模式在值勤班次平均化上，略優於電腦化之排班邏輯，前者之總值勤班次數介於 21 與 22 之間，而後者介於 21 與 24 之間，第 5、15、16 位司機員均略多於其他。觀察整數規劃模式所得結果，休假人員當週總執勤班次數，也較能改善表 6 之情形，大部份當週有休假者，並未安排過多的值勤班次數。

綜合以上分析，整數規劃模式所求解出之排班結果，除在人員安排較無順序性外，其它方面均能與實務單位所編排之班表，達到相同之排班品質，且在較長規劃期之安排上，總值勤平均化之效果略優於 L 公司既有之排班邏輯。而司機員值勤班次不固定之缺點，在整數規劃模式中亦會出現，究其原因，應是 L 公司之司機員人數與班別數、船舶對橋式機需求之對應關係，無法為每一位司機員指派於固定班次與固定橋式機執勤。

表 5 整數規劃模式求得之司機員班表

日期	船名	碼頭	開工 時間	完工 時間	作業量 (櫃)	休假 組別	時段 A (08:00~12:30)	時段 B (12:30~15:30)	時段 C (15:30~18:30)	時段 D (18:30~23:30)	時段 E (23:30~03:30)	時段 F (03:30~07:30)	
2004/7/1 (四)	A	E9	08:30	21:00	333	1,2	11-16	3-4	10-9	17-3			
2004/7/3 (六)	B	E9	08:30	18:55	588	1,2	10-17-3	12-14-8	13-17-4	14-18			
2004/7/3 (六)	D	E9	20:40	01:30	198					12-15	3-4		
2004/7/3 (六)	C	E10	13:30	03:10	503				16-19	10-11	6-7		
2004/7/4 (日)	H	E8	08:30	21:00	425	3,4	11-15	18-2	11-12	13-16			
2004/7/4 (日)	I	E9	08:10	22:30	713			16-6	17-7	1-8	5-9		
2004/7/4 (日)	G	E10	11:00	15:25	110			13	5				
2004/7/4 (日)	E	E11	08:30	21:20	421			1-12	14-9	10-6	18-7		

資料來源：本研究整理。

表 5 整 數 規 劃 模 式 求 得 之 司 機 員 班 表 (續)

2004/7/5 (一)	K	E8	09:50	18:20	330	3,4	6-7	1-2	10-15			
2004/7/5 (一)	J	E9	08:30	13:45	191		16-5	11-8				
2004/7/5 (一)	L	E10	19:00	01:00	209					1-2	12	
2004/7/6 (二)	M	E9	03:20	06:20	185							13-9
2004/7/6 (二)	P	E8	20:05	02:15	185	3,4				17-6	1	
2004/7/6 (二)	M	E9	08:30	12:10	238		10-5					
2004/7/6 (二)	O	E9	15:30	04:10	484				5-7	13-14	18-8	11-7
2004/7/7 (三)	R	E8	19:00	01:55	268	5,6				18-2	3-4	
2004/7/7 (三)	Q	E9	09:50	20:00	450		2-4	1-18	15-3	13-14		

資料來源：本研究整理。

表 6 司機員排班結果之比較

排班方式	司機員	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
排班電腦化	值勤班次數	4	4	2	2	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	求解效率	1 秒內																	
整數規劃模式	值勤班次數	6	5	6	5	5	5	5	5	5	6	6	5	6	5	4	5	5	6
	求解效率	1 秒內																	

資料來源：本研究整理。

表 7 司機員月班表之比較

排班方式	司機員	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
排班電腦化	值勤班次數	22	22	21	21	24	22	21	21	21	21	21	21	21	21	23	23	21	21
整數規劃模式	值勤班次數	22	22	22	22	21	21	21	21	21	22	21	21	22	22	22	22	21	22

資料來源：本研究整理。

4.2 司機員經濟人數分析

由實務單位所給予的資料可知，每一班次可用橋式機數目為 7 架，在人員必需隔班值勤且每日休假兩人規則下，可推論出司機員之經濟人數應為 16 人以下（隔班安排至少需 14 人，再加上排休之 2 人），但實務單位所聘請之司機員卻達 18 人，其原因可能為了訓練、彈性化排班等。但經濟人數是否如所推論，仍應視船舶需求而定。本研究以整數規劃模式進行檢測，以分析司機員之經濟人數多寡與對班表編排的影響。

本小節沿用 4.1 小節之司機員需求進行測試分析，從基本人數 18 位開始測試並逐一減少人數，最後一次獲得最佳解者，即為最少人力之安排。經由模式測試出之司機員最經濟人數的確為 16 位，其工時分配結果如圖 2 所示。由圖中可知，儘管司機人數從 18 位減少到 16 位，人員最大總值勤班次數並未改變，同樣是 6。但在個別人員之總值勤班次數上，16 位比 18 位人員編排出之班表更為平均，有 15 位司機員的值勤班次為 6，僅有一位分配 5 個值勤班次，此為人員減少，工作相對增加之效應。因此在人員減少，工作更平均化之考量下，實證之裝卸公司應可考慮此一方案。

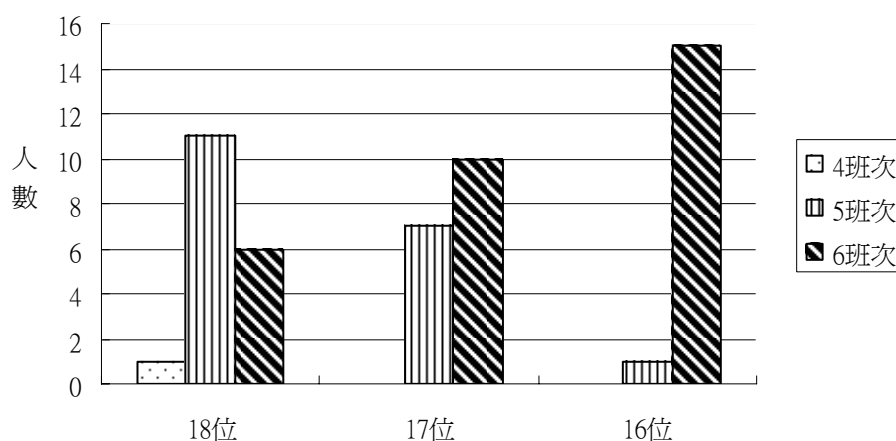


圖 2 司機員之經濟人數分析

伍、結論與建議

5.1 結論

1. L 公司人員指派作業，由於須配合各船舶進離港時間及裝卸量多寡等因素，以每日指派為原則，針對工作人員進行循環性人員指派作業，以因應所需及避免人員閒置。
2. 本研究將實務單位排班邏輯電腦化，其班表指派結果與人工排班一致，且指派效率非常快速，只要加入不足人員之判斷，即可作為實務之應用。
3. 本研究以數學規劃技巧建構司機員排班模式，除考慮實務單位既有之排班原則與工作特性外，加入班次平均化與不連續值勤之限制，以尋求更符合人性化的指派結果。
4. 數學模式經以 L 裝卸承攬公司一週之船舶裝卸需求資料作為實例分析，所得結果獲得與實務排班電腦化一樣的解算效率，且在司機員工作分配上得到一致之結果。
5. 本研究分析 L 公司司機員人數減少對總值勤班次數的影響，發現司機員之經濟人數為 16 人，且此人數下之最多值勤班次數並未因人數減少而增加。

5.2 建議

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. 本研究於司機員模式中，將人員之裝卸效率視為一致，建議未來可對人員熟練度不同之指派進行考量，以提升船舶貨物之裝卸效率。
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，本研究之研究成果恰可協助該公司，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. Chew, K. L., “Cyclic Schedule for Apron Services”, **Journal of the Operational Research Society**, Vol. 42, No. 12, pp. 1061-1069, 1991.
9. 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.
10. Topaloglu, S. and Ozkarahan, I., “Implicit Optimal Tour Scheduling with Flexible Break Assignments”, **Computers & Industrial Engineering**, Vol. 44, pp. 75-89, 2002.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.

15. 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.
16. 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。
17. 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。
18. 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.
19. 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.
20. Higgins, A., "Scheduling of Railway Track Maintenance Activities and Crews", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 49, pp. 1026-1033, 1998.
21. 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。
22. 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。
23. 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>。
24. 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.