

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

運用探勘關聯法則於倉儲系統儲位指派與檢貨路徑策略配 適性之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2213-E-216-018-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

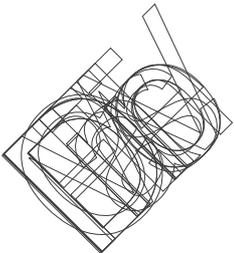
執行單位：中華大學工業管理學系

計畫主持人：謝玲芬

計畫參與人員：徐仕明、林羿吟

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢



中 華 民 國 94 年 9 月 15 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
期中進度報告

運用探勘關聯法則於倉儲系統儲位指派與撿貨路徑
策略配適性之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 93 - 2213 - E - 216 - 018 -
執行期間： 93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

計畫主持人：謝玲芬
共同主持人：
計畫參與人員： 徐仕明、林羿吟

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢
涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中華大學工業管理學系

中 華 民 國 94 年 9 月 16 日

中文摘要

在今日競爭激烈的全球市場中，由於產品週期的縮短以及顧客需求的提高，使企業必須著重於供應鏈的規劃。供應鏈管理是利用一連串有效率的方法，來整合供應商、製造商、倉庫和商店，使得商品可以正確的數量生產，並且在正確的時間配送到正確的地點，為的就在一個令顧客滿意的服務水準下，使得整體系統成本最小化。根據文獻探討與對實務界的深入瞭解，儲位指派法則的妥善運用，可達到最小化行走距離之目的；此外，適當的揀貨路徑規劃可使總揀貨成本最小化，進而達到單位時間內揀貨績效的提昇。因此，倉儲佈置設計配合揀貨路徑規劃，將可望會提高揀貨效率、提昇空間利用率及降低成本。本研究將倉儲區通道佈置、儲位指派及揀貨路徑規劃做最佳的整合規劃，其中在儲位指派部分，首先以 ABC 存取頻率分級，再運用關聯法則之 Apriori 演算法來分析產品間之關聯強度，應用此關聯強度作為儲位指派之依據，同時本文發展出一 Cross⁺揀貨法則，期望對揀貨績效有更進一步的提昇。最後，本論文以 eM-plant 軟體進行模擬分析，以總揀貨距離為績效指標，在倉儲區通道佈置、儲位指派與揀貨路徑規劃整合規劃考量下，驗證得知採取兩個交叉走道(cross aisle)搭配斜角佈置，並採取 Cross⁺揀貨法則，在最小化總揀貨距離之目標下表現最佳。

關鍵詞：倉儲區通道佈置、儲位指派、關聯法則、揀貨策略

Abstract

In today's hotly-contested international markets, due to products' short life-span and the increasing consumer demands, businesses must focus more on supply chain planning. Supply chain management uses a string of effective methods to integrate supplier, manufacturer, warehouse and retail shops to ensure that products are produced in correct quantities, as well as accuracy of time and place. This is to maintain customer satisfaction and minimize costs. According to the related research and understanding of the practical field, a well-arranged application of storage assignment strategies can attain the target of minimizing travel distance. Besides, suitable order picking route planning can lead to minimal order picking costs, which ensures increased success of order picking unit time. Hence, warehouse arrangement design in accordance with order picking route planning can within reason increase order picking efficiency, raise space effectiveness and lower costs. This research will focus on warehouse storage passage lay-out, storage assignment and order picking route planning to formulate the most suitable and effective integration plan. With regard to the storage assignment aspect, I will first use ABC access frequency classification, then applying association rule algorithm – Apriori – to analyze product association strength; using this degree of strength in relation to storage assignment. Additionally, this dissertation will develop a Cross⁺ strategy order picking principle, with the aim of advancing the achievements of order picking success. Finally, this dissertation will use eM-plant software to execute a mock analysis, using a general order picking distance as an achievement index. Considering the integrated plan of warehouse storage passageway lay-out, storage assignment and order picking route planning, I will carry out tests and verification adopting two cross aisle collocated diagonal lay-out, and selecting Cross⁺ order picking principles to ascertain the shortest distance between realizing my target regarding minimal general order picking.

Key words: Warehouse storage passageway layout; Storage assignment; Association rules; Select goods strategy.

1. 前言

在傳統的通路體系中，產品經由層層的通路據點，最後才轉交到消費者手中，不僅增加了運轉的成本，在無形中更延遲了產品的時效性；為了有效降低物流成本與提高效率，整體通路型態由傳統多層次而複雜的通路，轉變為由供應商經物流中心直接送至各零售據點之方式。物流中心主要的功能是将商品集中並分配至各個零售據點，因此物流中心的營運作業中應有集貨、分類保管、揀取裝貨、發車運送等機能，其中以揀貨作業為內部作業中最重要且繁雜的工作，多數的物流中心仍需要大量的揀貨員進行人工揀貨，如何有效的規劃揀貨作業，以期能在合理的時間內完成揀貨工作，直接關係著經營成本及績效表現。因此，如何合理的規劃才能有效達成降低揀貨時間與成本的目標，正是本論文研究的初始動機。

本研究主要探討的問題是考慮物流中心揀貨作業之儲區佈置、並配合儲位指派與揀貨策略進行系統化分析，並在已設置交叉走道之前提下，發展出一種較佳的揀貨策略，稱為 Cross⁺ 揀貨策略，希望藉由儲區佈置、儲位指派與揀貨路徑的最佳組合下，達到最小化揀貨行走距離以提高揀貨作業效率的目標。本研究期望達到下列研究目的：

- 一、針對物流中心儲位規劃問題，提出一種以考慮產品存取頻率與以 Apriori 演算法決定產品關聯性的儲位指派方法。
- 二、針對揀貨路徑規劃問題，發展出一種較佳的揀貨策略，並與目前文獻中較佳的揀貨路徑策略構成對照組，於模擬分析比較其優劣。
- 三、對於影響倉儲系統中之交叉走道數、儲區佈置、儲位指派與揀貨路徑策略等因子之各種不同水準進行模擬分析，以期得到最適組合，以提昇揀貨系統之績效，並作為業界規劃倉儲揀貨系統之參考。

2. 文獻探討

本研究針對物流中心之揀貨作業問題作探討，其中所涵蓋的層面包括儲區佈置、儲位指派、產品關聯法則以及揀貨路徑安排等。本論文將相關文獻分類整理為儲區佈置、儲位指派、產品關聯法則、揀貨路徑規劃四大議題。

2.1 儲區佈置

為了能使倉儲空間能達到最大的空間利用率，使得一般倉儲配置皆設計為以矩形的型態，Caron et.al.【1】將倉儲之儲位配置分成三種類型，第一種為平行走道，且 I/O 站位於中央；第二、三種為垂直走道，I/O 站分別位於中央或左下。Roodbergen and Koster【18】考慮兩兩平行走道間，加入交叉走道(Cross aisle)的設計，同時考量在有交叉走道與無交叉走道的情況下，兩者其平均揀貨距離有無顯著差異，其結果驗證有交叉走道確實可能降低旅行距離，但無法得知最佳的交叉走道數。由於加入交叉走道的設計，在路徑規劃上可以提供很大彈性，所以會縮短旅行距離；但當交叉走道數目過多時，不僅降低空間利用率同時也會增加其揀貨繞行距離，為解決上述問題，如何求解出最適的交叉走道數儼然成為重要的課題。

就傳統的倉儲形式而言，Gibson and Sharp【3】提到，揀貨路線方式均是依照品項儲位所在的走道順序依序進行揀取。而揀取時常採用的揀貨路徑策略是採用蛇型路徑

慮交叉走道數、儲位規畫、揀貨路徑演算法、走道內揀貨密度、訂單組合等問題的模式，模擬實驗結果顯示當交叉走道數量增加至兩個時可得到最短揀貨距離，若超過兩個交叉走道則揀貨距離又會呈現遞增狀況。

由上述各個學者的研究不難發現，要有效的規劃倉儲佈置來改善揀貨時間必須考量的因子眾多，包括平行走道的數目、交叉走道數目、走道長度等都應納入倉儲佈置設計的考量。Caron et.al.【1】評估揀貨區域佈置對於揀貨旅行距離是否有顯著的影響，其結果發現佈置設計對於揀貨旅行距離的影響差異大於 60 %。

2.2 儲位指派

儲位指派之主要目的是為了節省未來的揀貨距離，因此存取頻率較高之品項儘量儲放在I/O點鄰近處，品項間之關聯性較高者，亦採取儲放在同一主走道。Jarvis 和McDowell【11】假設在各品項揀取時間相同，且揀貨時間和揀貨距離成正比的前提下，利用定位儲存法，將商品按存取頻率的高低，依次將頻率最高者指派到最近的通道，直到頻率最低者指派至離出入口最遠的通道為止；研究結果顯示：(1)在對稱型倉庫，將揀取頻率最高的品項存放於最接近I/O點位置的儲位可以使期望揀貨距離最短；(2)如果I/O點位置不位於倉庫的中央，亦即為非對稱型倉庫時，將揀取的高頻率品項置於最近於I/O點位置的儲位不一定會使平均揀貨距離為最短。Rosenblatt and Eynan【19】利用分級儲存將儲區細分成幾個小區域，以改善揀貨時間。Guenov and Raeside【6】利用ABC分類儲存法則，有效的提高自動存取機的存取效率。分類隨機儲存之優點為可節省儲位數量，提高儲區利用率；缺點是貨品出入庫管理及盤點工作的進行困難度較高。Jeroen et.al.【10】說明分級式儲存是基於顧客需求比率，將儲存區域及產品依需求比率作有效的分類，各產品是儲存在各自所屬的等級裡。Petersen and Schmenner【14】從儲存策略以及揀貨路徑策略兩方面來評估揀貨的效率問題，並提出依需求高低分配的四種儲區佈置方式，包括：斜角佈置 (Diagonal) 內走道佈置 (Within-Aisle) 跨走道佈置 (Across-Aisle) 與週邊佈置 (Perimeter)，分別搭配揀貨路徑策略做比較，結果顯示以內走道佈置為最有效率之儲位指派法則。

2.3 產品關聯法則

資料挖掘技術之主要目的，是想從經由整理過的歷史資料中發覺出有意義的資訊，就是將資料中有用的訊息，有效的萃取出來。資料挖掘主要工作可分為分類、推估、預測、關聯分組、同質分組及序列特徵六項，而其中的關聯分組為本小節主要研討的項目。

關聯分組目的是想找出消費者購買機會較大的產品族群，可根據關聯法則的分析結果而得到消費者購買產品的偏好，於揀貨作業中可藉由關聯法則將顧客之歷史訂單中的產品進行分析，進而發現產品間之關聯程度，以作為儲位指派之依據。最典型的應用是 Simoudis【24】的市場購物籃分析(Market Basket Analysis)，就是從顧客原始的銷售紀錄中，分析顧客之歷史交易記錄與顧客的購買行為，嘗試找出其規則性，讓商店經營者可以藉由此規則性，決定相關產品的擺放位置、廣告策略與行銷方式等相關經營決策，除了可以增加顧客的便利性，亦可增加商業機會及提升服務品質。Lloyd【16】提出 K-Means 演算法，以簡單統計來將資料庫中的資料分群。目前已經被發展出之關聯法則中，應用最廣且具有有效性首推 Rakesh. Agrawal, Tomasz Imielinski, Arun Swami【15】所提出之 Apriori 演算法。

以下就關聯法則之基本定義作一說明：首先， $I = \{I_1, I_2, I_3, \dots, I_M\}$ 為所有品項的集合，

然後由集合I中的子集合所組成的集合稱之為交易 (Transaction) , 之後這些交易的集合就組成一個資料庫。若集合I中包含A與B, 當在資料庫中所有含有A的交易裡有C%同時擁有B時, 我們稱此關聯規則A =>B的信賴度 (Confidence) 為C。在資料庫中若有S%的交易同時出現A及B, 則我們稱此關聯規則A =>B的支持度 (Support) 為S。為說明A =>B [Support ,Confidence], 我們以項目集合出現的次數來代表支持度, 當A集中的項目出現在某一個交易中, B集中的項目也會出現在此交易中, 如圖3。

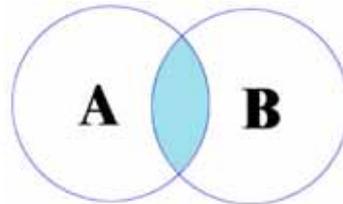


圖3 信賴度與支持度示意圖

A、B 皆是品項的集合, 支持度為資料庫中 A 項目與 B 項目交集之數目除以資料庫中所有集合的數目之值; 信賴度為資料庫中 A 項目與 B 項目交集之數目除以資料庫中 A 項目之數目之值。舉例來說, 現在總共有 5000 個顧客, 其中有 3000 人曾購買麵包 $P(A)=0.6$, 3500 個人曾經購買牛奶 $P(B)=0.7$, 且 2000 人曾同時購買牛奶及麵包 $P(A \cap B)=0.4$ 。所以我們可以得到下列的關連式法則: 麵包=>牛奶[40%,66.7%]。主要目的在於資料庫中, 尋找出能夠同時滿足使用者所設定之最小支持度和最小信賴度的所有關聯法則。

關聯法則成立的條件為挖掘出之關聯法則其支持度必需大於或等於使用者所訂的最小支持度與最小信賴度, 其中最小支持度可稱為支持度門檻值, 最小信賴度稱為信賴度門檻值。Megiddo and Srikant【13】認為支持度門檻值與信賴度門檻值的設定可依據使用者的需求而訂定, 但是這兩個門檻值的設定是很重要的, 當支持度門檻值設太低時, 會將重要性較低之項目也包含進來, 設太高又會因此失去某些重要規則, 故應該視其應用的層面來檢視關聯度的高低, 以設定適當的門檻值; 而信心度門檻值設太低則產生的規則較不具代表意義。

2.4 揀貨路徑規畫

不同之揀貨路徑策略, 會造成揀貨順序不同, 並導致揀貨人員行走路徑有所差異, 進而影響揀貨行走距離, 在此將對各種揀貨策略作一探討。Ratliff 和 Rosenthal【20】在具有一條交叉走道的長方形倉儲環境下, 以圖形理論(Graph Theory)求解揀貨路徑的安排, 其求解步驟為先決定出各走道品項的揀取順序, 再選擇兩兩走道間接連行走距離最短的連接路線, 得以重覆進行直到貨品全部揀完為止。Goetschalckx and Ratliff【5】提出求解寬通道內的揀貨路徑問題, 一般在通道內可能會用到的揀貨策略包括穿越策略 (Traversal)、切割穿越策略 (Split Traversal)、返回策略 (Return)、切割返回策略 (Split return) 四種, 如圖4所示, 圖中1B為橫越法則, 即進入走道的一端而從另一端離開, 當走道寬度為窄道式時, 揀貨人員可同時揀取兩邊商品; 反之, 若為寬通道, 則揀貨人員必須經常橫跨通道, 其經過路徑類似「Z」字型, 亦稱為「Z型揀貨法則」; 2A為來回法則, 即進入與離開於相同端, 4A、3B分別為分割橫越及分割來回法則, 該研究結果顯示, 揀貨策略的適用性與走道內的揀貨密度有關, 當走道內揀貨密度小於50%時, 有效的揀貨策略是穿越策略, 尤其在寬走道情況時則在走道內的兩邊橫越揀貨; 但當揀貨密度大於50%時, 則是, 在走道內先揀取

一邊後再揀取另一邊，亦即採取來回策略較佳。

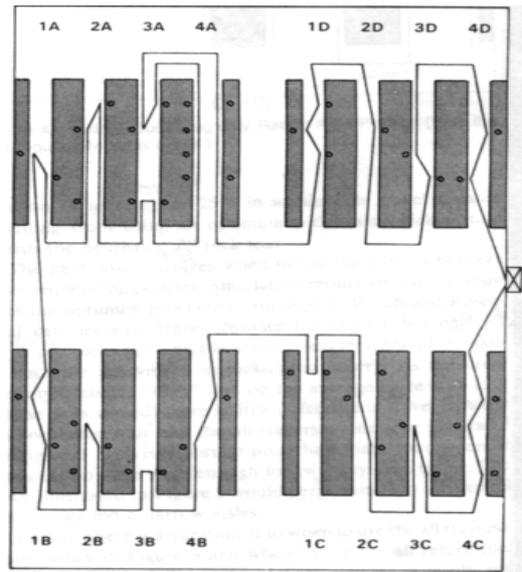


圖4 揀貨路徑圖【5】

Jeroen et. al.【9】在自動倉儲系統中，將儲位固定後再考慮區塊的順序，而進行存取作業時能夠產生最短旅行時間。Caron et. al.【1】考量倉儲系統中不同的走道形式與走道的數目對於揀貨效率的影響關係。Hall【7】假設在通道的寬度可忽略的前提下，對於不同的揀貨策略進行評估與比較，而揀貨策略包括（1）穿越策略（Traversal Strategy）；（2）中點返回策略（Midpoint Strategy）；（3）最大間隙策略（Largest Gap Strategy），研究結果以最大間隙策略表現較佳。Petersen and Schmenner【14】從儲存策略以及揀貨路徑策略兩方面來評估揀貨的效率問題，並考量穿越策略(Traversal Strategy)、來回策略(Return Strategy)、中點返回策略（Midpoint Strategy）、最大間隙策略（Largest Gap Strategy）及合成策略(Composite Strategy)五種揀貨路徑策略與最佳解比較，其中以合成策略(Composite)表現最佳。Roodbergen and Koster【17】發展出以動態規畫來決定揀貨路徑方法，該文獻中顯示以結合法改良策略(Combined⁺ strategy)有最好的績效。

3. 模式構建

由過去國內外之文獻顯示，影響一倉儲系統之運作績效的因子相當多。本論文是藉由探討倉儲系統中不同的因子包括交叉走道數、儲區佈置、儲位指派、產品關聯性、揀貨路徑規劃等，從不同的假設環境中，期望能找到最合適的組合，以提高揀貨效率。針對交叉走道數目，將於 3.1 小節加以探討；3.2 小節將介紹運用 ABC 分類結合關聯法則技術之儲位指派方法；本文在儲區佈置有交叉走道之前提下，發展一種新的揀貨策略，稱為橫跨法改良策略（Cross⁺ Strategy），並將於 3.3 小節作詳細的說明。

3.1 交叉走道數

本文主要以 Hsieh and Tsai【8】之構想為基礎，該論文共測試 11 種交叉走道數，研究結果顯示有交叉走道之佈置，確實對降低揀貨距離有所助益，但過多之交叉走道數又會造成空間利用率下降及揀貨總距離又再度增加，因此得証一般而言當物流中心的揀貨區有兩個交叉走道時可產生最佳的績效。為進一步探討本文所提出之 Cross⁺ 揀貨策略之優劣，在

此共考慮三種交叉走道數，分別為 0 個、1 個、2 個，每一揀貨走道的兩側分別有 30 個儲位，所以每個走道共有 60 個品項儲位。本文將單位走道的寬度皆設為 2.5 公尺，倉庫內另設有領單點與集貨點，也就是揀貨員的揀貨起始位置與揀貨結束位置。領單點其主要功能為提供揀貨員訂單內之揀貨資訊，而集貨點主要是負責揀貨作業完成後，進行後續處理之場所，例如貨品包裝組合及貼標籤等作業。本文將領單點與集貨點設為同一點，皆設在揀貨區的左下角。

揀貨作業之起始點為揀貨員先前往領單點領取揀貨清單，由揀貨員駕駛揀貨車穿梭於各揀貨區域間進行揀貨作業，而揀貨作業的終止點為揀貨員完成揀取訂單上所有品項後，將揀貨箱連同貨品放置於集貨點，並前往領單點進行下一回合的揀貨作業。

3.2 運用關聯法則技術之儲位指派方法

在倉儲系統的儲位規劃方面，分為兩階段進行規劃：第一階段是將品項之存取頻率依 ABC 儲存方法將儲位分為三個儲區，也就是依歷史訂單中之各品項存取頻率為基礎，將產品按存取頻率的高低，依次把頻率最低者指派至離 I/O 點最遠的通道，直到頻率最高者指派到最近的通道為止。因此存取率高的品項會被置於離 I/O 點較近的儲位，可減少揀貨人員的揀貨距離。而儲區佈置方式考慮了 Petersen and Schmenner【14】所提出的斜角佈置、內走道佈置、跨走道佈置與週邊佈置等四種佈置，而依品項 ABC 存取頻率分類後之四種佈置圖，如圖 5 所示。

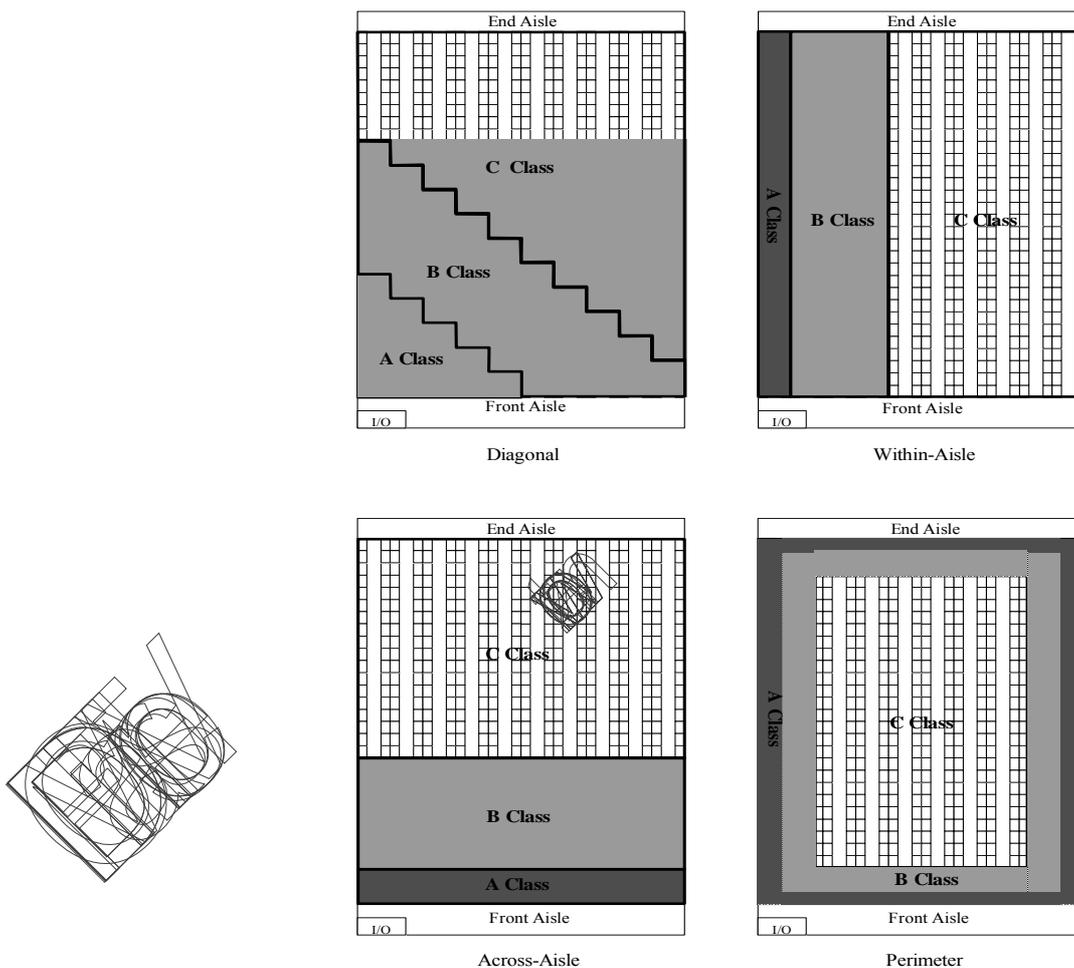


圖 5 依 ABC 存取頻率分類後之四種倉儲佈置圖

第二階段是以 ABC 存取頻率分類後，將三類品項分別以 Apriori 演算法決定品項關聯性，再加以調整儲位。Apriori 演算方法示例如下，如圖 6。

步驟 1：首先搜尋圖 6(a)中之資料庫，找出支持度大於最小支持度（目前最小支持度設定為 1）的項目稱之為 L_1 ，如圖 6(c)。其中 L_1 中的 1 代表是長度為 1 的大項目集合。

步驟 2：利用長度為 1 的大項目集合 L_1 ，來產生長度為 2 的候選項目集合 C_2 ，如圖 6(d)。再搜尋資料庫來計算 C_2 的支持度，將支持度大於最小支持度的候選項目集合選出，成為 L_2 ，如圖 6(e)。

步驟 3：重複上述計算過程，產生 C_3 ，如圖 6(f)，再計算 C_3 的支持度，最後選出 L_3 ，如圖 6(g)。由於長度為 3 的大項目集合 L_3 只剩下一組，故無法再產生新的項目集合，最後得到 1、3、8 三品項為關聯度最高的品項集合。

再將 ABC 存取頻率分類儲位規畫中加入品項相關性指派方法如下：以 ABC 分類為基礎，並在 A、B、C 類的品項中分別尋找相關性高者，再將其重新指派在同一主走道內。以 1 到 10 個品項位置為例，如圖 7，先依存取頻率分類為 A、B、C，A 分類品項位置為 1；B 分類品項位置為 2、3、4；C 分類品項位置為 5、6、7、8、9、10，如圖 7(a)。此時加入品項相關性之考量，依 Apriori 演算法得到品項 1、3、8 的相關性高時，則調整原品項位置，使品項 1、3、8 指派後的位置在同一個主走道上，如圖 7(b)所示。

| TID | Items |
|-----|---------|
| 100 | 2 3 6 |
| 200 | 1 3 8 |
| 300 | 1 2 3 8 |
| 400 | 1 8 |

(a) Database D

Step1:

| Item set | Support |
|----------|---------|
| {6} | 1 |

(b) Candidate Item set (C_1)



| Item set | Support |
|----------|---------|
| | |

(c) Large Item set (L_1)

Step2:

| Item set | Support |
|----------|---------|
| {1 2} | |
| {2 8} | 1 |

(d) Candidate Item set (C_2)



| Item set | Support |
|----------|---------|
| | |

(e) Large Item set (L_2)

Step3:

| Item set | Support |
|----------|---------|
| | |

(f) Candidate Item set (C_3)



| Item set | Support |
|----------|---------|
| | |

(g) Large Item set (L_3)

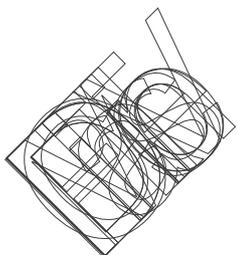


圖 6 Apriori 產品關聯性演算法示例

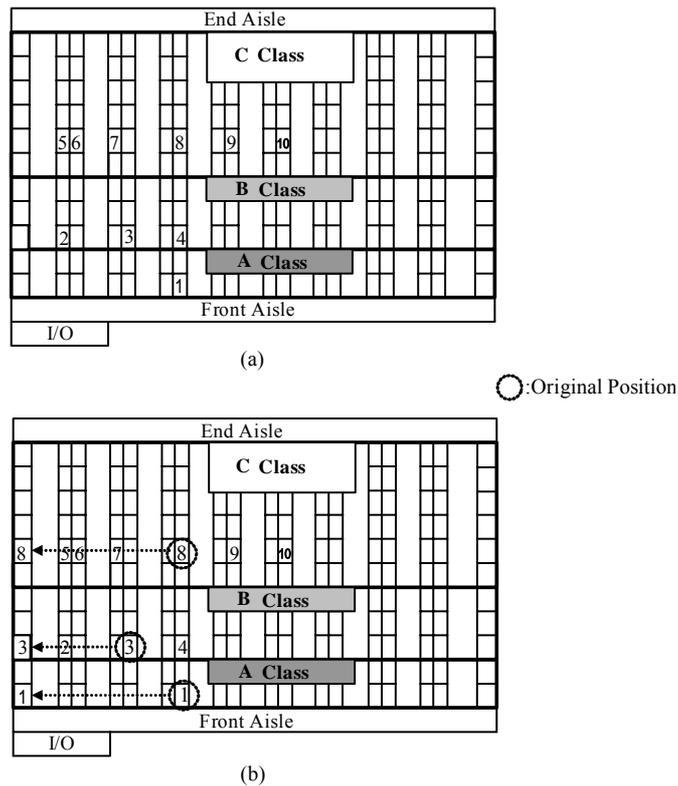


圖 7 依 ABC 存取頻率分類加入 Apriori 品項相關性之倉儲佈置

3.3 橫跨法策略與橫跨法改良策略

在進行揀貨作業過程中，由於不同之揀貨策略，會造成揀貨順序、路徑有所差異，進而影響揀貨所需行走距離與時間。Roodbergen 與 Koster【17】提出一結合法改良策略 (Combine⁺ Strategy)，並驗證結合法改良策略有最好的績效。上述揀貨路徑策略僅考量區塊內之揀貨路徑，而忽略區塊間的揀貨路徑，因此本文發展出一考量區塊與區塊間的揀貨路徑策略，稱為橫跨法策略 (Cross strategy)，並更進一步提出橫跨法改良策略 (Cross⁺ strategy)。本節主要探討揀貨路徑規畫的方法，本文考量了 I/O 點位於揀貨區的左下角之倉儲佈置，揀貨員從 I/O 點出發，當揀完訂單所有品項再回到 I/O 點，這是屬於旅行銷售員問題 (Traveling Salesman Problem, TSP)。本文發展的兩種揀貨路徑策略為橫跨法策略 (Cross Strategy) 與橫跨法改良策略 (Cross⁺ Strategy)，分別敘述如下：

1. 橫跨法策略 (Cross Strategy)

本文發展一同時考量區塊內與區塊間之揀貨途程方法稱為橫跨法策略，一開始從最遠的區塊開始揀取至前側的區塊，主要特色在於當揀貨員行經交叉走道時，同時考量當前相鄰之兩區塊間之揀貨點，揀取的順序是依揀貨點間的距離所決定，亦即同時考量區塊內與區塊間之揀貨點，其途程示例於圖 8，求解步驟敘述如下：

步驟一：找出最靠左側有揀貨點之走道。

步驟二：開始於最靠左有揀貨點之走道前側(a)，並移動至有揀貨點的區塊前側(b)。

步驟三：向前移至有揀貨點之次走道(c)。

1. 若此區塊只有一個次走道有揀貨點，則揀取後回至此區塊前側的交叉走道。

2. 若此區塊有多個次走道有揀貨點，則計算目前所在位置與目前區塊內各揀貨點之距離，並以最近距離來決定下一揀貨點，以決定該區塊內之揀貨順序。

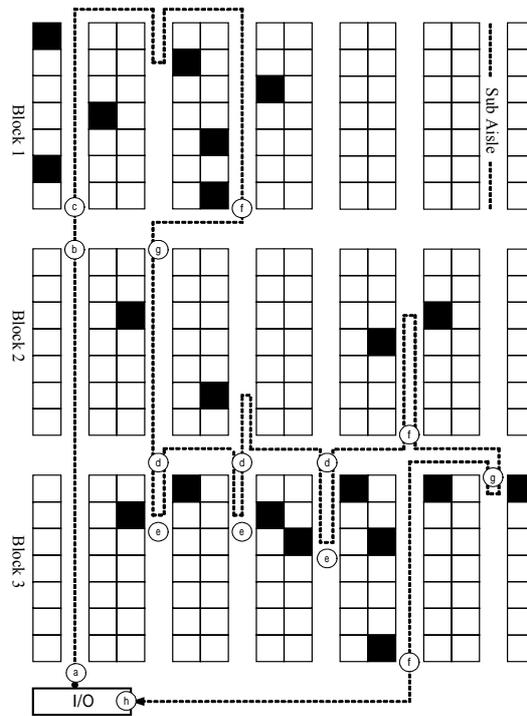


圖 8 橫跨法策略之揀貨路徑

步驟四：若仍有品項未揀貨完成，則計算離目前所在位置(區塊 1 之 f 點)至下一區塊有揀貨點之最左和最右次走道距離，繞行至較近之次走道(g)繼續揀貨；若已完成揀貨，則進入步驟六。

步驟五：進行該區揀貨途程，繞經前側交叉走道(d)時，判斷下列兩點：

1. 鄰近區塊之次走道是否有揀貨點。
2. 鄰近區塊之次走道內的揀貨點是否皆位於距該交叉走道 1/2 倍次走道長度之範圍內。

若上述兩點均成立，則先執行鄰近區塊次走道(e)之揀取作業，再回至原交叉走道(d)，繼續原區塊的揀取作業。

步驟六：當揀貨完成，則直接穿越次走道到前走道 (f) 處，回至 I/O 點(h)，完成一張訂單之揀取作業；否則回到步驟四。

2. 橫跨法改良策略 (Cross⁺ Strategy)

橫跨法改良策略就是將橫跨法策略加入下列兩點改善，以求得更優解，其途程示例於圖 9。

(1) 當揀貨作業執行至離 I/O 點最近的區塊時，揀貨方向可能是從左至右，致使最後回程時需橫跨整個前走道。所以當揀貨作業執行至離 I/O 點最近的區塊時，應限定其揀貨方向，使其從右至左。

(2) 揀貨路徑從領單點開始，揀取作業移動至離 I/O 點最遠且有揀貨點的區塊前側，這條路徑可能會經過一些完全沒有揀貨點的次走道，為了使這條路徑能揀取更多的品項，故將這條固定的路徑作修改，其修改步驟如下：

步驟一：根據每張訂單之揀貨品項，首先找出每個區塊最靠左側且有揀貨點的次走道。

步驟二：經由步驟一所尋得之次走道，移動至離卸貨點最遠且有揀貨點的區塊前側。

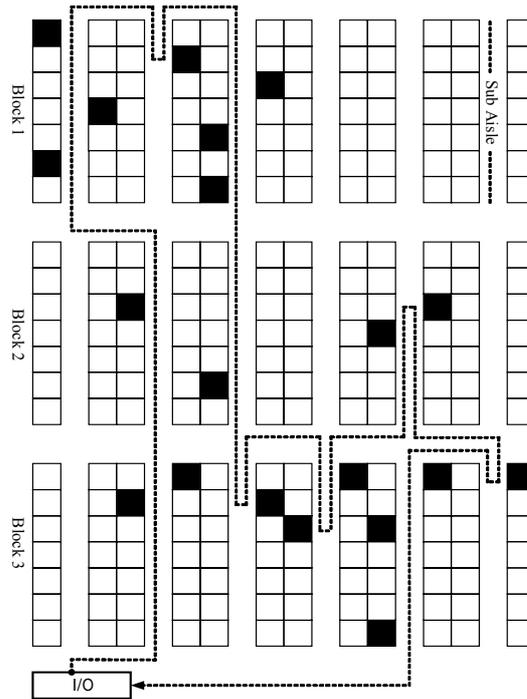


圖 9 橫跨法改良策略之揀貨路徑

4. 模擬驗證分析

4.1 模擬環境考量

本模擬實驗架構，以 eM-plant 模擬軟體構建物流中心環境，矩形物流中心共有 10 個主走道，每一主走道左右各有 30 儲位，共有 600 個儲位。設定每個儲位格寬度與深度為 1 公尺，主走道寬度為 2.5 公尺，交叉走道寬度為 2.5 公尺。本論文在此模擬環境條件下，600 種產品由電腦隨機產生包括 1000 筆歷史訂單資料，進而計算訂單內各品項之存取率與品項相關性資料，各品項之存取頻率先依 ABC 頻率分類，再依關聯法則之 Apriori 演算法找出 A、B、C 各類品項間之關聯性，並依此結果分別排出斜角佈置、內走道佈置、跨走道佈置與週邊佈置等四種佈置圖，最後就此 1000 筆歷史訂單中隨機抽出 100 筆訂單資料，以平均揀貨距離為績效評估指標，執行揀貨作業，以求得交叉走道數、儲位指派與揀貨策略之最適組合。

4.2 實驗因子各水準之組合

本實驗以不同之交叉走道數、儲區佈置、儲位指派與揀貨策略，作為實驗之因子組合。本實驗有四個因子實驗因子，共有 24 (3*4*1*2) 個實驗組合。其中因子一 交叉走道數，共考慮 0 個、1 個、2 個三個水準；因子二 儲區佈置方式，共考慮斜角佈置、內走道佈置、跨走道佈置、週邊佈置四個水準；因子三 儲位指派，僅考慮採取 ABC 分類結合關聯法則來決定儲位指派；因子四 揀貨策略，共考慮 Combined⁺ strategy、Cross⁺ strategy 兩個水準，而實驗因子的組合圖如圖 10 所示。

4.3 實驗結果分析

經由 eM-plant 模擬實驗產生所有因子組合之實驗數據，如表 1，表中考慮儲區佈置、

揀貨策略與交叉走道數三個因子之多水準組合的結果(因儲位指派僅考慮採取結合 ABC 分類與關聯法則一個水準，故不列入考慮)，並以完成 100 張訂單揀貨作業所需之平均揀貨距離為績效指標。由表 1 可看出最佳組合為 2 個交叉走道，採取斜角佈置並搭配 Cross+ Strategy。

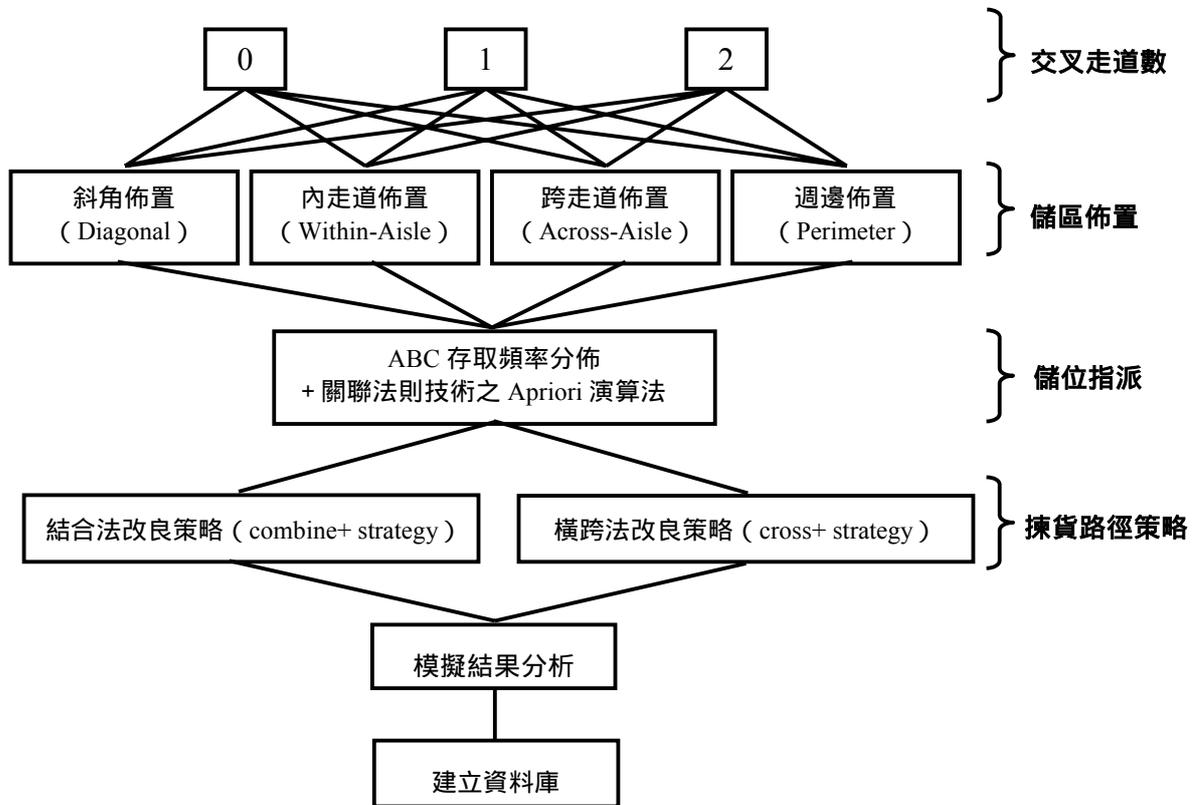
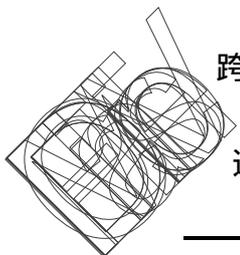


圖 10 實驗因子組合圖

表 1 平均揀貨距離 (單位：公尺)

| 儲區指派 | 揀貨策略 | 交叉走道數 | | |
|-------|---------|--------|--------|---------------|
| | | 0 | 1 | 2 |
| 斜角佈置 | 結合法改良策略 | 344.74 | 226.49 | 212.18 |
| | 橫跨法改良策略 | 347.75 | 217.15 | 203.85 |
| 內走道佈置 | 結合法改良策略 | 344.92 | 226.15 | 212.46 |
| | 橫跨法改良策略 | 348.22 | 216.81 | 204.10 |
| 跨走道佈置 | 結合法改良策略 | 345.02 | 226.13 | 212.66 |
| | 橫跨法改良策略 | 348.28 | 216.60 | 204.26 |
| 週邊佈置 | 結合法改良策略 | 410.12 | 280.61 | 214.82 |
| | 橫跨法改良策略 | 413.89 | 220.97 | 208.18 |



將上述表1之揀貨距離進行變異數分析，以信賴水準為95 %，其檢定分析結果如表2所示，因P值均小於0.05，可知交叉走道數、儲區佈置及揀貨策略等因子在平均揀貨距離皆具有顯著差異。

表 2 揀貨距離變異數分析表

| 來源 | 型 III 平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F 檢定 | P 值 |
|--------------------|--------------|------|-------------|----------|------|
| 交叉走道 | 11201201.181 | 2 | 5600600.590 | 5336.298 | .000 |
| 儲區佈置 | 480203.050 | 3 | 160067.683 | 152.514 | .000 |
| 揀貨路徑 | 47011.025 | 1 | 47011.025 | 44.792 | .000 |
| 交叉走道 * 儲區佈置 | 293517.110 | 6 | 48919.518 | 46.611 | .000 |
| 交叉走道 * 揀貨路徑 | 64238.787 | 2 | 32119.394 | 30.604 | .000 |
| 儲區佈置 * 揀貨路徑 | 28745.387 | 3 | 9581.796 | 9.130 | .000 |
| 交叉走道 * 儲區佈置 * 揀貨路徑 | 66032.254 | 6 | 11005.376 | 10.486 | .000 |
| 誤差 | 2493681.346 | 2376 | 1049.529 | | |
| 總和 | 185680676.0 | 2400 | | | |

再利用 Duncan 檢定來分別探討個別因子，不同水準間是否具有顯著差異，並可藉此檢定結果作為各因子不同水準優劣比較之根據。由表 3 可看出交叉走道數對平均揀貨距離之影響分析中，三個水準相互間均有顯著的差異，且交叉走道從 0 個增加至 2 個，也明確的表現出績效的改善是遞增的，在此說明了適量增加的交叉走道可以明顯的增加揀貨彈性，縮短平均揀貨距離。由表 4 的結果可看出，雖然其中以斜角佈置 (Diagonal) 表現最佳，但是與內走道佈置 (Within-Aisle)、跨走道佈置 (Across-Aisle) 等兩個水準間並無顯著的差異，唯有週邊佈置 (Perimeter) 的表現最差。由表 5 可看出 Cross⁺ strategy 之績效值表現較 Combined⁺ strategy 為佳，且有顯著差異。這是因為在 Combined⁺ strategy 的動態規劃模式中，只考量了單一區塊內的揀貨途程，而本文所提出的 Cross⁺ strategy 卻同時考量了區塊內與區塊間可能的揀貨路徑，可以說是更進一步的善用了交叉走道的功能，使得行走路徑較有彈性。

表 3 不同交叉走道數之 Duncan Test

| 交叉走道數 | 平均揀貨距離 | Duncan Test |
|-------|----------|-------------|
| 2 | 209.0650 | A |
| 1 | 228.8625 | B |
| 0 | 362.8675 | C |

表 4 不同儲位指派之 Duncan Test

| 儲位指派 | 平均揀貨距離 | Duncan Test |
|-------|----------|-------------|
| 斜角佈置 | 258.6938 | A |
| 內走道佈置 | 258.7754 | A |
| 跨走道佈置 | 258.8260 | A |
| 週邊佈置 | 291.4316 | B |

表 5 不同揀貨策略之 Duncan Test

| 揀貨策略 | 平均揀貨距離 | Duncan Test |
|---------|----------|-------------|
| 結合法改良策略 | 271.3575 | B |
| 橫跨法改良策略 | 262.5059 | A |

最後對各個因子之所有水準組合進行Duncan Test，希望由各因子之各水準中找到最佳組合，其結果列於表6。由表6得到三組最佳因子組合，且三組間無顯著差異。更進一步發現，三組最佳組合均為2個交叉走道即採取 Cross⁺ strategy，僅在儲區佈置部分，不論斜角佈置、內走道佈置或跨走道佈置均無顯著差異，此結果與表3至表5(僅考慮單一因子)結果一致。但是當物流中心無交叉走道時，則採取 Combined⁺ strategy 較佳，因為此時不再有區塊間之揀貨問題。另一方面，現有物流中心受限於儲區佈置方式不容許變動，亦可由表6中尋求最佳方案，如某傳統物流中心原僅有一交叉走道，亦不容許再增設交叉走道，則可由表6中建議採取跨走道佈置與Cross⁺ strategy。

表 6 所有組合之平均揀貨距離之 Duncan Test

| 交叉走道數_儲位指派_揀貨策略 | 平均揀貨距離 | Duncan Test |
|-------------------------|----------|-------------|
| 2_Diagonal_Cross+ | 203.8550 | A |
| 2_Within-Aisle_Cross+ | 204.1050 | A |
| 2_Across-Aisle_Cross+ | 204.2650 | A |
| 2_Perimeter_Cross+ | 208.1750 | A B |
| 2_Diagonal_Combine+ | 212.1750 | A B C |
| 2_Within-Aisle_Combine+ | 212.4550 | A B C |
| 2_Across-Aisle_Combine+ | 212.6650 | A B C |
| 2_Perimeter_Combine+ | 214.8250 | B C |
| 1_Across-Aisle_Cross+ | 216.6050 | B C D |
| 1_Within-Aisle_Cross+ | 216.8050 | B C D |
| 1_Diagonal_Cross+ | 217.1500 | B C D |
| 1_Perimeter_Cross+ | 220.9700 | C D |
| 1_Across-Aisle_Combine+ | 226.1250 | D |
| 1_Within-Aisle_Combine+ | 226.1450 | D |
| 1_Diagonal_Combine+ | 226.4900 | D |
| 1_Perimeter_Combine+ | 280.6100 | E |
| 0_Diagonal_Combine+ | 344.7400 | F |
| 0_Within-Aisle_Combine+ | 344.9200 | F |
| 0_Across-Aisle_Combine+ | 345.0200 | F |
| 0_Diagonal_Cross+ | 347.7527 | F |
| 0_Within-Aisle_Cross+ | 348.2221 | F |
| 0_Across-Aisle_Cross+ | 348.2757 | F |
| 0_Perimeter_Combine+ | 410.1200 | G |
| 0_Perimeter_Cross+ | 413.8897 | G |

5. 結論

本文針對影響物流中心的揀貨作業，將交叉走道數、儲區佈置、儲位指派與揀貨策略四因子之各種水準加以組合，經由模擬實驗探討其績效值，提供業界在選擇倉儲佈置與揀貨作業方式時之參考依據。根據本文之模擬實驗所蒐集之數據，經過統計分析，可以得到下面的幾點結論：

1. 本文探討揀貨作業相關問題，其中以結合ABC分類與品項關聯法則的儲位指派方法，尋

求更有效率的儲位規劃方法，可作為未來發展物流中心的學術研究與實務應用。

2. 本文綜合評估四個因子之各水準的組合，發現以平均揀貨距離為評估指標，則以兩個交叉走道數搭配斜角佈置方法，再搭配橫跨法改良策略，可得最好之因子組合。事實上，由表6中可發現，兩個交叉走道數與橫跨法改良策略不論搭配斜角佈置、內走道佈置或跨走道佈置，此三種組合之表現均佳。而若要選擇唯一最佳的因子組合，建議考量實務上之限制條件，便能使所做的決策發揮預期的效果。
3. 倉儲設計方面，發現無論是設置一個或是兩個交叉走道時，其績效值均顯著的優於不設置交叉走道，其中以兩個交叉走道設置效率最佳。在此強調，適量的增設交叉走道可增加揀貨途程之彈性，降低揀貨距離。
4. 本文所提出的 Cross⁺ strategy 經實驗結果證明，較Roodbergen and Koster【17】之 Combined⁺ strategy更能有效的改善揀貨距離，且較適用於具有交叉走道設計之倉儲佈置環境。
5. 由於儲位規劃時，有將品項的存取頻率加入考量，故放置在離I/O點愈近的品項是越常被揀取的，基於這項因素，致使模擬實驗符合預期結果以斜角佈置達到最好績效值。

本文依實際的倉儲環境，加入儲區佈置、儲位指派與揀貨策略之各項考量，經過模擬驗證，期望能提供物流中心在現有環境條件下，改善揀貨作業時參考之依據。

參考文獻

1. Caron, F., G. Marchet, and A. Perego. (2000), "Layout design in manual picking system: a simulation approach", *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 11, No. 2, pp. 94-104.
2. Caron, F., G. Marchet, and A. Perego. (2000), "Optimal layout in low-level picker-to-part systems", *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 1, pp. 101-117.
3. Gibson D. R., and G. P. Sharp (1992), "Order Batching Procedures", *European Journal of Operational Research*, Vol.58, No.1, pp57-67.
4. Gademann, A.J.R.M., P.V. D. B., Jeroen, and H. V. D. H. Hassan (2001), "An order batching algorithm for wave picking in a parallel-aisle warehouse", *IIE Transactions*, Vol.33, pp. 385-398.
5. Goetschalckx, M., and H. D. Ratliff (1988), "Order picking in an aisle", *IIE Transactions*, Vol. 20, pp. 53-62.
6. Guenov, M., and R. Raeside (1992), "Zone shapes in class based storage and multicommand order picking when storage/retrieval machines are used", *European Journal of Operational Research*, Vol. 58, pp. 37-47.
7. Hall, R. W. (1993), "Distance approximations for routing manual pickers in a warehouse", *IIE Transactions*, Vol. 25, No. 4, pp. 76-87.
8. Hsieh, L.F. and L.W. Tsai (2003), "The Optimum Design of a Warehouse System on Order Picking Efficiency" Submitted to *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.
9. Jeroen, P.V.D.B., and A.J.R.M. Gademann (1999), "Optimal routing in an automated storage/retrieval system with dedicated storage", *IIE Transactions*, Vol. 31, pp. 407-415.
10. Jeroen, P.V.D.B., and A.J.R.M. Gademann (2000), "Simulation study of an automated

- storage/retrieval system”, International Journal of Production Research, Vol. 38, No. 6, pp. 1339-1356.
11. Jarvis Jay M., Edward D., McDowell (1991), “Optimal Product Layout in an Order Picking Warehouse”, IIE Transactions, Vol.23, No.1, pp93-102.
 12. Lin, C.H., and I.Y. Lu (1999), “The procedure of determining the order picking strategies in distribution center”, International Journal Production Economics, Vol. 60, No. 61, pp. 301-307.
 13. Megiddo, N. and R. Srikant. (1998), “Discovering Predictive Association Rules”, Proc. of International Conf. on Knowledge Discovery in Databases and Data Mining, pp. 274-278.
 14. Petersen II, C. G., and R. W. Schmenner (1999), “An evaluation of routing and volume-based storage policies in an order picking operation”, Decision Sciences, vol. 30, no. 2, pp. 481-501.
 15. Rakesh. Agrawal, Tomasz Imielinski,. Arun Swami (1993), “Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases" SIGMOD, 1993, pp. 207-216.
 16. Richard J Roiger, Michael W. Geatz(2003), “Data Mining – A Tutorial-Based Primer”, Pearson Education,Inc.
 17. Roodbergen, K. J., and R. D. Koster (2001), “Routing method for warehouse with multiple aisles”, International Journal of Production Research, Vol. 39, No. 9, pp. 1865-1883.
 18. Roodbergen, K. J., and R. D. Koster (2001), “Routing order picking in a warehouse with a middle aisle”, European Journal of Operational Research, Vol. 133, pp. 32-43.
 19. Rosenblatt, M. J., and A. Eynan (1989), “Deriving the optimal boundaries for class-based automatic storage/retrieval systems", Management Science, Vol. 35, No. 12, pp. 1519-1524.
 20. Ratliff H. D., and S. Rosenthal (1983), “Order-Picking in a Rectangular Warehouse: A Solvable Case of the Traveling Salesman Problem”, Operations Research, Vol.31, No.3, May-June, pp507-521.
 21. Simoudis, E. (1996), “Reality Check for Data Mining,” IEEE Expert, Vol. 11, No. 5, pp. 26-33, 1996.
 22. Vaughan, T.S., and C.G. Petersen (1999), “The effect of cross aisles on order picking efficiency”, International Journal of Production Research, Vol. 37, No. 4, pp. 881-897.

